veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Ontwerp-projectbesluit Cuijk - Ravenstein

Motivering en overwegingen ten behoeve van de dijkverbetering tussen Cuijk en Ravenstein en uitvoering KRW-maatregel beekmonding Raam



Bijlage 2 Milieueffectrapport [MER] bij projectbesluit – 2025, Sweco en Aanvulling MER - 2026

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Milieueffectrapport Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein

WBS: WSD.3.1
Datum: september 2025
Versienummer: D1.1



Inhoud

Inhoud 3

Samenvatting 10

Aanleiding en doel 10

Projectgebied 11

Veiligheidsopgave 11

Van opgave naar voorkeursalternatief 12

Van voorkeursalternatief naar projectbesluit 13

1. Inleiding 20

1.1 Aanleiding 20

1.2 Doelstelling en korte projectbeschrijving 21

1.3 Mer-procedure 21

1.4 Leeswijzer 22

2. Veiligheidsopgave en voorgeschiedenis 23

2.1 Project- en studiegebied 23

2.2 Primaire doelstelling: Veiligheidsopgave en inpassing 26

2.2.1 Uitgangspunten bij bepalen veiligheidsopgave 27

2.2.2 Waterveiligheidsopgave gronddijk 31

2.2.3 Waterveiligheidsopgave kademuur Grave 32

2.2.4 Waterveiligheidsopgave kunstwerken 33

2.2.5 Waterveiligheidsopgave gasleidingen 34

2.2.6 Inpassingsopgave 35

2.3 Secundaire doelstelling: Gebiedsopgave 37

2.3.1 Proces meekoppelkansen 37

2.3.2 Meekoppelkansen in planuitwerkingsfase 38

2.4 Proces en besluitvorming 43
2.5 Participatie 44
2.5.1 Participatie verkenningsfase 45
2.5.2 Participatie planuitwerkingsfase 46
3. Beleidskader 48
3.1 Europees beleid 48
3.2 Nationaal beleid 48
3.3 Provinciaal beleid 50
3.4 Waterschapsbeleid 53
3.5 Gemeentelijk beleid 54
4. Trechtering van alternatieven en totstandkoming van het voorkeursalternatief (verkenningsfase) 59
4.1 Proces verkenningsfase 59
4.2 Ontwerpproces van uitgangspunten tot kansrijke alternatieven 60
4.2.1 Ontwerpstappen 60
4.2.2 Afwegingskader 64
4.3 Kansrijke alternatieven 66
4.3.1 Beschrijving kansrijke alternatieven 66
4.3.2 Effectbeoordeling kansrijke alternatieven 70
4.4 Totstandkoming van het voorkeursalternatief 72
4.4.1 Hoofdkeuzes, specifieke afwegingen en bepalende milieueffecten voor het Voorkeursalternatief 72
4.4.2 Nota Voorkeursalternatief 77
5. Uitwerking voorkeursalternatief en mogelijke varianten (planuitwerkingsfase) 78
5.1 Ontwerpproces planuitwerking 78
5.2 Algemene redeneerlijn en ontwerpprincipes 80
5.2.1 Algemene redeneerlijn 80
5.2.2 Ontwerpprincipes 82
5.3 Beschrijving van het ontwerp 84
5.3.1 Overzicht Voorlopig Ontwerp 85
5.3.2 Deeltraject Haven Cuijk (dijkvak 1 t/m 4) 88
5.3.3 Deeltraject Kraaijenbergse Plassen (dijkvak 5 t/m 14) 89
5.3.4 Deeltraject Grave Oost (dijkvak 15 t/m 17) 91

5.3.5 Deeltraject Grave Vesting (dijkvak 18 t/m 21) 95
5.3.6 Deeltraject Grave West (dijkvak 22 t/m 23) 98
5.3.7 Deeltraject Lage Wijth (dijkvak 24 t/m 29) 99
5.3.8 Deeltraject Reek (dijkvak 30 t/m 35) 103
5.3.9 Deeltraject Neerloon (dijkvak 35 t/m 38) 105
5.4 Openstaande varianten in het ontwerp 107
5.4.1 Varianten verticale oplossing piping 107
5.4.2 Varianten onderbouw kademuur Grave 108
5.4.3 Effecten varianten onderbouw kademuur Grave 109
6. Onderzoeksmethodiek 110
6.1 Inleiding 110
6.2 Beoordelingskader 110
6.3 Opbouw effectanalyse en -beoordeling alternatieven 112
7. Bodem 113
7.1 Inleiding 113
7.2 Beoordelingscriteria 113
7.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling 114
7.4 Effectbeschrijving en -beoordeling 116
7.4.1 Bodemverontreinigingen 116
7.4.2 Benodigd grondverzet 116
7.4.3 Samenvatting effectbeoordeling 118
7.5 Mitigerende en compenserende maatregelen 118
8. Waterhuishouding 119
8.1 Inleiding 119
8.2 Beoordelingscriteria 119
8.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling 122
8.4 Effectbeschrijving en -beoordeling 131
8.4.1 Binnendijks watersysteem 131
8.4.2 Grondwaterstanden 135
8.4.3 Kwel en wegzijging 153
8.4.4 Waterkwaliteit 163

8.4.5 Samenvatting effectbeoordeling 165
8.5 Mitigerende en compenserende maatregelen 166
9. Rivierkunde 168
9.1 Inleiding 168
9.2 Beoordelingscriteria 168
9.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling 170
9.4 Effectbeschrijving en -effectbeoordeling 170
9.4.1 Hoogwaterveiligheid 170
9.4.2 Morfologie 173
9.4.3 Scheepvaart (stroombeeld in vaarweg) 174
9.4.4 Samenvatting effectbeoordeling 174
9.5 Mitigerende en compenserende maatregelen 174
10. Natuur 175
10.1 Inleiding 175
10.2 Beoordelingscriteria 175
10.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling 178
10.3.1 Natura 2000-gebieden 178
10.3.2 Provinciaal beschermde gebieden 179
10.3.3 Beschermde en Rode Lijst-soorten 183
10.3.4 Houtopstanden 186
10.4 Effectbeschrijving en -beoordeling 186
10.4.1 Natura 2000-gebieden 186
10.4.2 Beschermde soorten 187
10.4.3 Provinciaal natuurbeleid 192
10.4.4 Houtopstanden 199
10.4.5 Samenvatting effectbeoordeling 200
10.5 Mitigerende en compenserende maatregelen 201
11. Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid 203
11.1 Inleiding 203
11.2 Beoordelingscriteria 204
11.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling 207

11.3.1 Referentiesituatie monumentale gebouwen 207
11.3.2 Referentiesituatie monumentale en beeldbepalende bomen 211
11.3.3 Referentiesituatie overige cultuurhistorische elementen en structuren 213
11.3.4 Referentiesituatie landschappelijke waarden 218
11.3.5 Referentiesituatie archeologie en aardkundige waarden 220
11.4 Effectbeschrijving en -beoordeling 225
11.4.1 Effecten op monumentale gebouwen 225
11.4.2 Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen 227
11.4.3 Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren 228
11.4.4 Effecten op landschappelijke waarden 229
11.4.5 Effecten op aardkundige waarden 231
11.4.6 Effecten op archeologische (verwachtings)waarden 232
11.4.7 Samenvatting effectbeoordeling 233
11.5 Mitigerende en compenserende maatregelen 233
12. Leefomgeving 234
12.1 Inleiding 234
12.2 Beoordelingscriteria 234
12.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling 236
12.4 Effectbeschrijving en -beoordeling 238
12.4.1 Geluids- en lichthinder 238
12.4.2 Luchtkwaliteit 239
12.4.1 Trillingshinder 239
12.4.2 Externe veiligheid 239
12.4.3 Gezondheid 239
12.4.4 Samenvatting effectbeoordeling 240
12.5 Mitigerende en compenserende maatregelen 240
13. Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid 241
13.1 Inleiding 241
13.2 Beoordelingscriteria 241
13.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling 243
13.4 Effectbeschrijving en -beoordeling 247

13.4.1 Effecten op het woongenot 247
13.4.2 Effecten op bedrijfsfuncties (landbouw, bedrijfsterreinen) 249
13.4.3 Effecten op de verkeersveiligheid 250
13.4.4 Samenvatting effectbeoordeling 251
13.5 Mitigerende en compenserende maatregelen 251
14. Vrijetijdseconomie (recreatie) 252
14.1 Inleiding 252
14.2 Beoordelingscriteria 252
14.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling 253
14.4 Effectbeschrijving en -beoordeling 254
14.4.1 Effecten op recreatieve functies 254
14.4.2 Effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied 256
14.4.3 Samenvatting effectbeoordeling 256
14.5 Mitigerende en compenserende maatregelen 257
15. Duurzaamheid 258
15.1 Inleiding 258
15.2 Beoordelingscriteria 258
15.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling 261
15.4 Effectbeschrijving en -beoordeling 261
15.4.1 Energieverbruik 261
15.4.2 Materialenverbruik 263
15.4.3 Circulariteit 265
15.4.4 Samenvatting effectbeoordeling 267
15.5 Mitigerende en compenserende maatregelen 268
15.5.1 Energieverbruik 268
15.5.2 Materialenverbruik 268
15.5.3 Circulariteit 268
16. Hinder tijdens aanleg 270
16.1 Inleiding 270
16.2 Beoordelingscriteria 270
16.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling 271

16.4 Effectbeschrijving en -beoordeling 272

16.4.1 Ruimtebeslag 272

16.4.2 Bereikbaarheid van functies 272

16.4.3 Vervoersbewegingen en verkeersveiligheid 273

16.4.4 Geluids- en trillingshinder 273

16.4.5 Samenvatting effectbeoordeling 274

16.5 Mitigerende en compenserende maatregelen 275

17. Samenvatting effectbeoordelingen 276

18. Leemten in kennis en aanzet monitorings- en evaluatieprogramma 283

18.1 Leemten in kennis 283

18.2 Aanzet tot monitorings- en evaluatieprogramma 283

Bijlage-overzicht 285

Bijlage A. Begrippen en afkortingen

Bijlage B. Referentielijst

Bijlage C. Kaarten dijkvakindeling

Bijlage D. Kaart ontwerp

Bijlage E. Effectbeoordelingen van de Kansrijke Alternatieven in de verkenningsfase

Bijlage F. Overzichtskaart plaatsnamen en locaties op en rondom het dijktraject Cuijk-Ravenstein 295

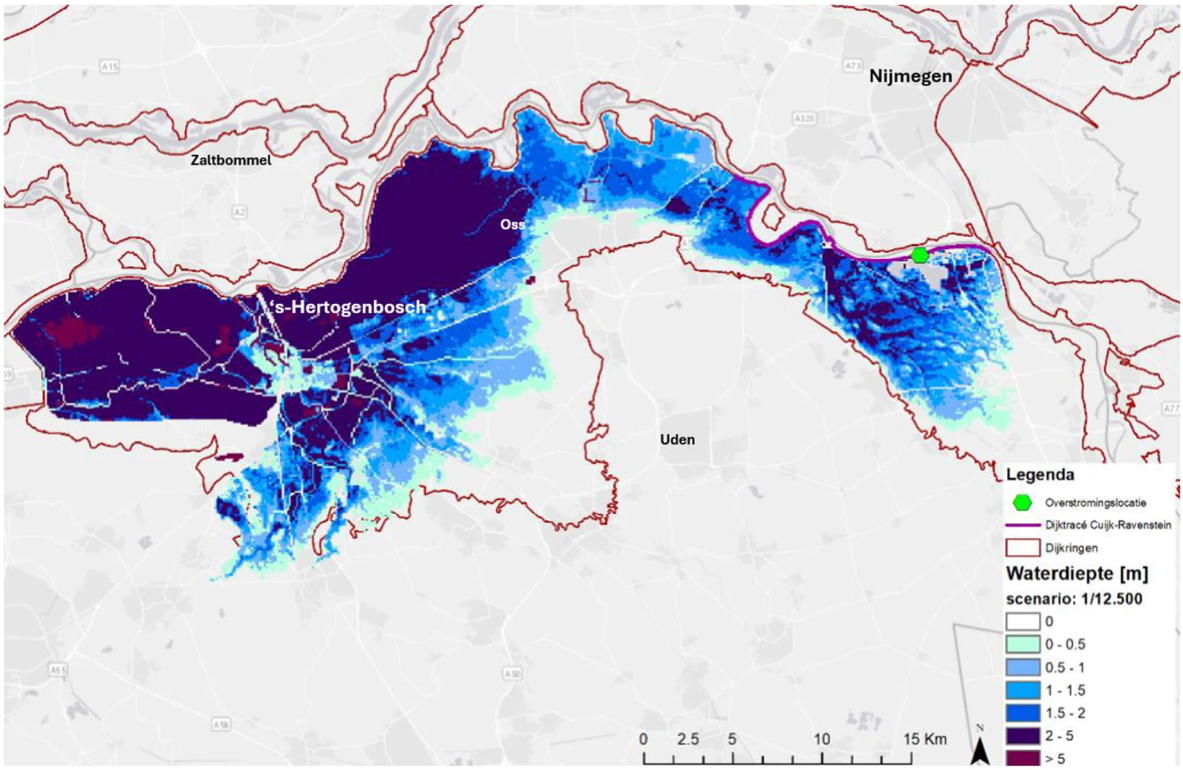
Bijlage G. Kwel- en wegzijgingsfluxen (bijlage bij thema waterhuishouding)

Bijlage H. Achtergrondrapport Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid bij het milieueffectrapport

Samenvatting

Aanleiding en doel

Door klimaatverandering valt er steeds meer neerslag en neemt de intensiteit van de buien toe. Dat betekent dat de Nederlandse rivieren, waaronder de Maas, in de toekomst steeds meer water moeten afvoeren en daardoor vaker erg hoog staan. Alle dijken in Nederland moeten daarom voldoen aan de waterveiligheidseisen voor het beschermen van de inwoners en de economische waarden in het achterland. De normen voor waterveiligheid zijn in 2017 vastgelegd in de Waterwet en overgenomen in de Omgevingswet als zogenaamde omgevingswaarden. De dijk tussen Cuijk en Ravenstein is een van de dijktrajecten met de strengste norm langs de Maas vanwege de grote gevolgen bij een dijkdoorbraak. Het gebied dat zou overstromen bij een dijkdoorbraak strekt zich uit tot voorbij 's-Hertogenbosch.



Figuur S-1 Voorbeeld van overstromingsscenario bij doorbraaklocatie Kraaijenbergse Plassen

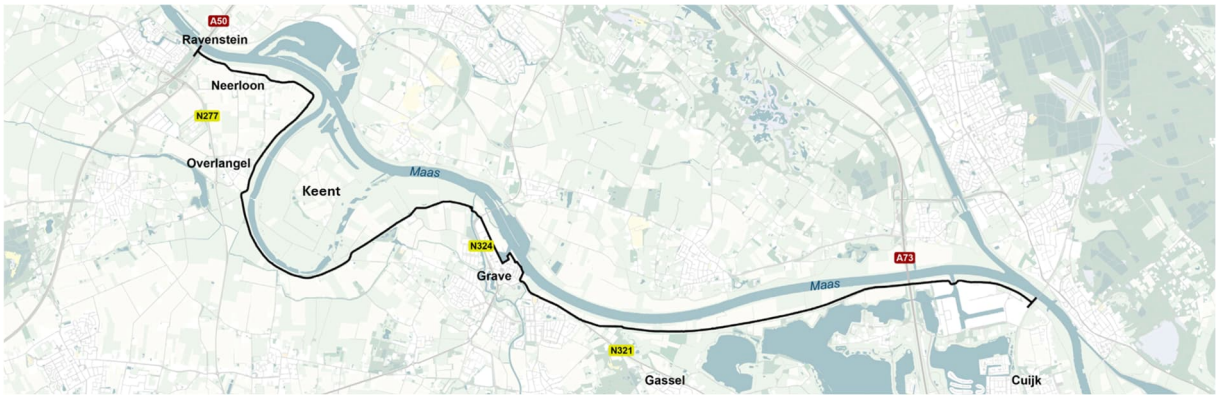
De dijk tussen Cuijk en Ravenstein is beoordeeld aan de hand van de geldende veiligheidsnormen in het Besluit kwaliteit leefomgeving. Uit de uitgevoerde beoordeling blijkt dat vrijwel het hele dijktraject niet voldoet aan de waterveiligheidseisen. Waterschap Aa en Maas (WSAM) gaat daarom aan de slag om de dijk te verbeteren. Het project Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein is opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het HWBP is onderdeel van het Deltaprogramma waarin de waterschappen en Rijkswaterstaat samenwerken om Nederland te beschermen tegen overstromingen.

De primaire doelstelling van het project is om de waterkering Cuijk-Ravenstein te laten voldoen aan de landelijke normen voor primaire waterkeringen waarbij bestaande waarden en functies worden ingepast. De secundaire doelstelling van het project is om, waar mogelijk, een bijdrage te leveren aan (verbetering van) de kwaliteit van de leefomgeving. De opgave voor de dijkverbetering bestaat daarmee uit een opgave voor waterveiligheid, inclusief de daarbij behorende landschappelijke inpassing en meekoppelkansen.

Voor deze dijkverbetering wordt een projectbesluit genomen. Het voorliggend milieueffectrapport biedt de benodigde informatie om het milieubelang volwaardig mee te kunnen wegen bij de besluitvorming. Het MER wordt samen met het ontwerpprojectbesluit en de ontwerpvergunningsaanvragen gecoördineerd en ter inzage gelegd door de provincie.

Projectgebied

Het dijktraject Cuijk-Ravenstein heeft een lengte van ongeveer 21 km (van dijkpaal 174 tot en met dijkpaal 382) en ligt aan de zuidzijde van de Maas vanaf de spoorbrug nabij Katwijk (gemeente Land van Cuijk) tot direct westelijk van de autosnelweg A50 over de Maas nabij Ravenstein (gemeente Oss). Het dijktraject sluit aan de westzijde bij Ravenstein aan op project 'Meanderende Maas'. Het dijktraject bestaat voor een groot deel uit een gronddijk. Halverwege het dijktraject, in de vestingstad Grave, is een kademuur aanwezig als primaire waterkering. Daarnaast zijn ook diverse kunstwerken in de dijk aanwezig, zoals de Keersluis Cuijk en Gemaal van Sasse. De gronddijk, de kademuur en de kunstwerken zijn allen onderdeel van het project dijkverbetering Cuijk-Ravenstein.



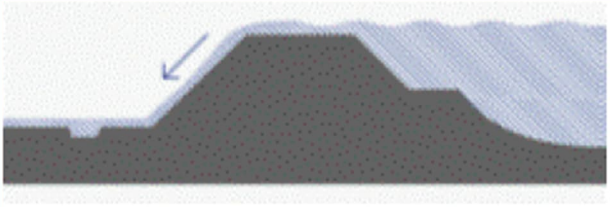
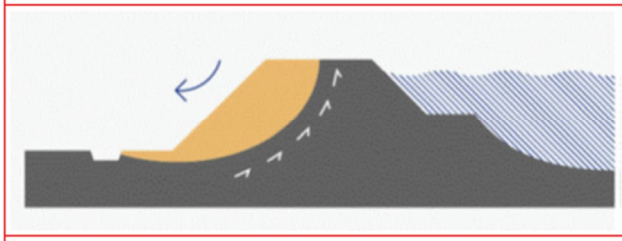
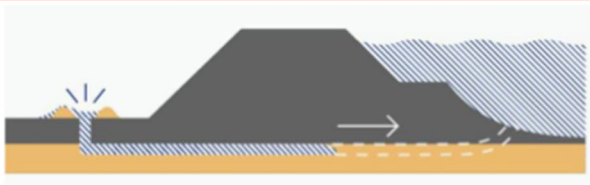
Figuur S-2 Dijktraject Cuijk-Ravenstein met belangrijkste plaatsnamen, N-wegen en snelwegen (het dijktraject is met een zwarte lijn weergegeven)

Veiligheidsopgave

De opgave voor waterveiligheid gaat over het zorgen dat de waterkering voldoende functioneert om te voldoen aan de landelijke normen voor primaire waterkeringen. In de waterveiligheidsbeoordeling is onderzocht wat de kans is dat, door falen van de dijk, het achterliggende gebied onder water loopt. In 2018 is het dijktraject Cuijk-Ravenstein beoordeeld volgens het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium. Uit deze veiligheidsbeoordeling kwam naar voren dat vrijwel het gehele dijktraject tussen Cuijk en Ravenstein niet voldoet aan de waterveiligheidseisen en een oordeel D heeft gekregen. Een oordeel D staat voor "voldoet ruim niet aan ondergrens". Dit betekent dat de dijk moet worden verbeterd.

De relatief grote afstand tot de norm voor het dijktraject wordt veroorzaakt door een combinatie van faalmechanismen die niet voldoen aan de gestelde ondergrens in de norm. De dijk in dit traject is niet hoog genoeg en voldoet niet aan de normen voor piping (als bij hoogwater water onder de dijk doorstroomt) en de macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts.

Figuur S-3 hieronder geeft een weergave en toelichting van de verschillende faalmechanismen.

	**Hoogte**: wanneer het water door stijging van het rivierpeil of harde wind over de dijk heen loopt, kan dat leiden tot beschadiging of zelfs gaten in de dijk. Dit wordt ook wel erosie genoemd. Als dit overstromen te lang duurt, kan de schade aan de dijk zo groot worden dat deze doorbreekt.
	**Stabiliteit**: als er langdurig water tegen de dijk staat, vult deze zich met water en kan de dijk 'slap' worden. Hierdoor wordt deze instabieler en kan bezwijken. Dit gebeurt meestal aan de binnendijkse kant, door de waterdruk vanuit de rivier.
	**Piping**: als er hoog water tegen de dijk staat, kan er water onder de dijk naar het achterland stromen. Dit (kwel)water dat onder de dijk doorstroomt, kan grond meenemen. Hierdoor ontstaat een 'tunnel' of 'pipe' die de dijk uitholt. In de volksmond worden dit 'wellen' genoemd. Dit kan leiden tot inzakken van de dijk.

Figuur S-3 Toelichting faalmechanismen

Het voorgaande geldt voor de gronddijk. Ook voor kunstwerken kan sprake zijn van een veiligheidsopgave, het gaat daarbij om een hoogteopgave of 'betrouwbaarheid sluiten' (de betrouwbaarheid dat een afsluitmechanisme zoals een klep, schuif of afsluitbare constructie in de dijk goed functioneert wanneer dat nodig is). De kademuren in Grave hebben in elk geval een hoogteopgave. Daarnaast loopt er nog constructief en geotechnisch onderzoek naar de onderbouw (fundering) van deze kademuur. Er is in het huidige ontwerp uitgegaan van de beschikbare gegevens, met (voor dit MER) een worst-case-scenario dat alle locaties waar de onderbouw mogelijk niet voldoet, deze vervangen zou moeten worden.

Van opgave naar voorkeursalternatief

In het proces om te komen tot het dijkontwerp is onderscheid te maken tussen de verkenningsfase en de planuitwerkingsfase. In de verkenningsfase bestond het ontwerpproces uit een aantal stappen. Hierbij is vanuit de waterveiligheidsopgave, rekening houdend met (omgevings)effecten, stap voor stap toegewerkt naar één haalbaar, betaalbaar en gedragen voorkeursalternatief (VKA).

Het ontwerpproces om te komen tot het voorkeursalternatief bestond uit vier stappen. Stapsgewijs zijn achtereenvolgens 'kansrijke bouwstenen', 'mogelijke oplossingen' en 'kansrijke alternatieven' voor het verbeteren van de dijk afgewogen, met uiteindelijk de stap van kansrijke alternatieven naar het voorkeursalternatief.

De kansrijke alternatieven zijn beoordeeld en vergeleken aan de hand van een afweegkader. De beoordeling op milieuaspecten maakt daar onderdeel van uit. De toetsing op de milieueffecten in de verkenningsfase, op basis van de twee uitgewerkte kansrijke alternatieven, heeft de keuze en totstandkoming van het voorkeursalternatief ondersteund. De wijze van toetsing is in lijn met de voor dit project opgestelde notitie "Reikwijdte en Detailniveau". Op basis van deze afweging is door het waterschap gekomen tot één integraal voorkeursalternatief voor het gehele dijktraject.

Van voorkeursalternatief naar projectbesluit

Na de totstandkoming van het VKA is de planuitwerkingsfase gestart. Hierin is het voorkeursalternatief verder uitgewerkt om een goede effectbeoordeling te kunnen uitvoeren ten behoeve van het te nemen besluit over de dijkverbetering. Deze fase heeft geresulteerd in een ontwerp van de dijkverbetering (aanpassingen en verbeteringen van de waterkering) op basis waarvan het projectbesluit kan worden opgesteld. In deze fase heeft opnieuw een beoordeling van milieueffecten plaatsgevonden. De uitkomsten hiervan zijn meegenomen in de totstandkoming van het uiteindelijke definitieve vergunningenontwerp ten behoeve van het projectbesluit en bijbehorende vergunningen voor de dijkverbetering.

Resultaten effectenanalyse

In de onderstaande tabel zijn de beoordelingen weergegeven van alle criteria die in dit MER zijn onderzocht. De criteria zijn beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. Dit is de huidige situatie inclusief autonome ontwikkelingen, maar zonder de voorgenomen dijkverbetering. Waar van toepassing is ook benoemd op basis van welke kwantitatieve waarde deze beoordeling tot stand is gekomen. Onder de tabel zijn voor alle thema's de belangrijkste effecten samengevat.

Tabel S1 Samenvatting effectbeoordelingen

Thema	Criterium	Beoordeling		Kwantitatieve score (indien van toepassing)
Bodem	Effecten op aanwezige bodemverontreinigingen	0		Het dijktraject doorsnijdt geen verontreinigde locaties.
	Benodigd grondverzet	- -		Het totale grondverzet van grond en zand bedraagt 901.000 m^3.
Waterhuishouding	Effecten op het binnendijks watersysteem	0		N.v.t.
	Effecten op de grondwaterstanden	0		N.v.t.
	Effecten op kwel en wegzijging	+		N.v.t.
	Effecten op de waterkwaliteit	0		N.v.t.
Rivierkunde	Effecten op de hoogwaterveiligheid	+		N.v.t.
	Effecten op de morfologie	0		N.v.t.
	Effecten op de scheepvaart (stroombeeld in vaarweg)	0		N.v.t.
Natuur	*Voor natuur is de beoordeling gesplitst in aanlegfase en eindsituatie:*	aanlegfase	eindsituatie	
	Effecten op instandhoudingsdoelstellingen van habitattypen en soorten in Natura 2000-gebied(en)	-	0	Tijdelijke toename van stikstofdepositie van maximaal 0,02 mol per hectare per jaar op gebied Sint Jansberg en maximale tijdelijke toename van stikstofdepositie van 0,01 mol per hectare per jaar op de Natura 2000-gebieden Rijntakken en De Bruuk. Deze toenames zijn ecologisch gezien als niet significant beoordeeld.
	Effecten op beschermde en rode lijst-soorten	-	- -	N.v.t.
	Effecten op provinciaal beschermde gebieden (NNB, groenblauwe waarden, weidevogelleefgebieden, rustgebied smienten en ganzen)	- -	- -	N.v.t.
	Effecten op houtopstanden	- -	- -	N.v.t.

Thema	Criterium	Beoordeling	Kwantitatieve score (indien van toepassing)
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	Effecten op monumentale gebouwen	0	N.v.t.
	Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen	0	N.v.t.
	Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren	0	N.v.t.
	Effecten op landschappelijke waarden	-	N.v.t.
	Effecten op aardkundige waarden	-	N.v.t.
	Effecten op archeologische (verwachtings)waarden	- -	N.v.t.
Leefomgeving	Licht- en geluidshinder	0	Toename geluid ten gevolge van aanpassing N321 ongeveer 0,5 dB op geluidsgevoelige objecten, maar lichte afname t.o.v. referentiesituatie.
	Luchtkwaliteit	0	N.v.t.
	Trillingshinder	0	N.v.t.
	Externe veiligheid	0	N.v.t.
	Gezondheid	0	Geen relevant onderscheidend effect.
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	Effecten op het woongenot	- -	Nul te amoveren woningen. Bij 6 woningen is sprake van ruimtebeslag op het perceel en enig uitzichtverlies voor verschillende woningen langs het tracé.
	Effecten op bedrijfsfuncties (landbouw, bedrijfsterreinen)	-	Nul te amoveren bedrijfsgebouwen, verlies van 1,7 hectare grond waarop een bedrijfsbestemming rust. Ruimtebeslag op het huidige beschikbare areaal aan landbouwgrond bedraagt circa 8,7 hectare.
	Effecten op de verkeersveiligheid	+ +	N.v.t.
Vrijetijdseconomie (recreatie)	Effecten op recreatieve functies	+ +	N.v.t.
	Effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied	+ +	N.v.t.
Duurzaamheid	Energieverbruik (CO_2)	+	De ambitie van 60 tot 90% minder CO_2-emissie gedurende de realisatie dan met conventioneel materieel, wordt gehaald inclusief verbetering van de ambitie.
	Materialenverbruik	+ + +	Verwacht percentage van circa 12% van het totaal aan volume primaire grondstoffen. Hiermee zal de doelstelling van maximaal 30-50% primair grondstofverbruik ruimschoots worden gehaald.
	Circulariteit	+	De doelstelling van maximaal 80-100% herbruikbaarheid van materialen wordt gehaald.
Hinder tijdens aanleg	Tijdelijk ruimtebeslag	- -	Tijdelijk ruimtebeslag van in totaal circa 15 hectare.
	Tijdelijke effecten op de bereikbaarheid van functies	- -	N.v.t.

Thema	Criterium	Beoordeling	Kwantitatieve score (indien van toepassing)
Hinder tijdens aanleg	Tijdelijke effecten op vervoersbewegingen en verkeersveiligheid	0	N.v.t.
	Tijdelijke effecten op geluids- en trillingshinder	- -	N.v.t.

Bodem

Er bevinden zich geen locaties met sterke verontreinigingen binnen de projectlocatie. Er is daarom geen sprake van sanering, dit leidt tot een neutrale beoordeling.

Het totale grondverzet (901.000 m^3) is gezien de omvang negatief beoordeeld. In totaal komt circa 661.000 m^3 gebiedseigen grond vrij die grotendeels hergebruikt zal worden. Hiernaast zal er nog circa 15.000 m^3 grond moeten worden aangevoerd en circa 75.000 m^3 zand moeten worden afgevoerd. Door het gebruik van gebiedseigen grond worden de transportafstanden beperkt en treedt minder hinder op voor de omgeving.

Waterhuishouding

De effecten van de dijkmaatregelen op het binnendijks watersysteem variëren per deelgebied, maar zijn overwegend neutraal beoordeeld. De effecten van de dijkmaatregelen op de grondwaterstanden hebben overwegend een neutrale of positieve invloed op de functies binnendijks in het gebied. Enige uitzondering zijn de licht negatieve effecten op de grondwaterstanden bij hoogwater, binnendijks van dijkvak 35. Hiervoor dienen mitigerende maatregelen onderzocht te worden. Per saldo, over het gehele dijktraject, zijn de effecten op grondwater als neutraal beoordeeld.

De dijkmaatregelen hebben een positief effect op de kwel en wegzijging. Als gevolg van de barrièrewerking van de verticale schermen neemt namelijk de kwel binnendijks bij hoogwater af. Deze kwelafname vermindert het waterbezwaar binnendijks. Met deze vermindering neemt het risico op wateroverlast tijdens een hoogwatersituatie af. Onder gemiddelde omstandigheden (normale rivierwaterstanden) zijn de effecten van de dijkmaatregelen zeer beperkt. Over het gehele dijktraject zijn de effecten als licht positief beoordeeld.

Over het gehele dijktraject zijn de effecten op de waterkwaliteit als neutraal beoordeeld. In het ontwerp zijn voor waterhuishouding op enkele onderdelen effecten gemitigeerd. Een voorbeeld hiervan is de keuze voor een niet-doorlatende verticale constructie in plaats van een steunberm. Door deze keuze blijft de afvoercapaciteit van het oppervlaktewatersysteem binnendijks intact en wordt een toename van het risico op wateroverlast afgewend.

Rivierkunde

Door de compensatiemaatregel uiterwaardenverlaging Neerloon, die integraal onderdeel is van het ontwerp, wordt de waterstandsverhoging ontstaan door de buitendijkse de dijkversterkingen ruimschoots gecompenseerd. Er treedt wel een benedenstroomse piek op, maar deze wordt gecompenseerd door de drie keer grotere totale waterstandsverlaging. Per saldo kan daarom geconcludeerd worden dat de dijkversterking met de compensatiemaatregel leidt tot een beperkte verlaging van de waterstanden en daardoor tot een verbetering van de hoogwaterveiligheid.

Zowel in het zomerbed als in de uiterwaarden en nevengeulen zijn de veranderingen in stroomsnelheid beperkt, waardoor de effecten op erosie en sedimentatie neutraal zijn beoordeeld.

De rivierwaartse dijkversterkingen en de uiterwaardenverlaging Neerloon leiden nauwelijks tot verandering van de dwarsstroming en hebben daardoor geen noemenswaardige invloed op de dwarsstroming in de vaarweg. Effecten op de scheepvaart zijn daardoor verwaarloosbaar.

Natuur

De dijkverbetering en meekoppelkansen leiden in het geheel tot een negatief effect tijdens de aanlegfase. De effecten zijn te mitigeren en te compenseren. Uit de resultaten van de effectbeoordeling stikstof is beoordeeld dat de effecten van stikstofdepositie als gevolg van de voorgenomen werkzaamheden beperkt zijn en niet significant. In de gebruikersfase is er geen verandering ten opzichte van de huidige situatie.

Voor beschermde en rode-lijst-soorten zijn de effecten tijdens de aanlegfase negatief door ruimtebeslag en verstoring door onder andere geluid en trillingen. Mitigerende en compenserende maatregelen zijn noodzakelijk om de effecten te voorkomen of te verzachten. Voor alle soorten blijven in de eindsituatie voldoende leefgebied of nest- en verblijfmogelijkheden aanwezig waarmee het effect op beschermde en rode - lijst-soorten beperkt negatief is beoordeeld. Diverse ecologische effecten zijn waar mogelijk al rechtstreeks in het ontwerp gemitigeerd. Overige mitigerende en compenserende maatregelen zijn beschreven in het activiteitenplan voor de vergunning voor beschermde soorten. Het activiteitenplan bestaat uit de minimale maatregelen waaraan de initiatiefnemer/aannemer moet voldoen om effecten op beschermde soorten te beperken danwel te mitigeren en/of compenseren.

De effecten op provinciaal beschermde gebieden is beperkt tot effecten op het Natuurnetwerk Brabant en groenblauwe waarden. De effecten treden op tijdens de aanlegfase door ruimtebeslag op aanwezige beheertypen door het dijkontwerp en de benodigde tijdelijke werkstrook. Het ruimtebeslag op graslanden is tijdelijk doordat deze na afronding weer worden hersteld. Het areaal van beheertypen als bloemendijk en kruiden- en faunarijk grasland neemt niet af en kan zich na realisatie van de dijkverbetering herstellen. De effecten op houtopstanden zijn wel permanent aangezien het herstel, ook bij herplant op de locatie zelf, circa tien jaar nodig heeft om zich te ontwikkelen tot een kwalitatief gelijkwaardige houtopstand. Ook het tijdelijk ruimtebeslag op het areaal groenblauwe waarden leidt tijdelijk tot degradatie van de natuurwaarden op deze locaties, maar na afronding blijft het gebruik van het areaal nagenoeg gelijk aan de referentiesituatie.

Door een afstand van meer dan 3 kilometer tot weidevogelgebieden of rustgebieden voor smienten en ganzen zijn negatieve effecten zowel tijdens de aanlegfase als in de eindsituatie uitgesloten. Het effect op provinciaal beschermde gebieden wordt door het ruimtebeslag binnen het NNB negatief beoordeeld.

Voor zowel het NNB als groenblauwe waarden zijn mitigerende maatregelen noodzakelijk om effecten van geluid, licht, trillingen of optische verstoring tijdens de aanlegfase te voorkomen. In dit MER zijn diverse maatregelen beschreven. Het oppervlak en gebruik van het areaal binnen de begrenzing blijft gelijk aan de huidige situatie. Voor het NNB wordt een compensatieplan opgesteld om de wijze van compenseren toe te lichten. De compensatie van de bloemendijken en kruiden- en faunarijke graslanden wordt gerealiseerd op het nieuwe talud van de dijk waarbij minimaal het aangetaste areaal wordt hersteld. De compensatie van houtopstanden binnen het NNB wordt zoveel mogelijk op de plek van aantasting weer hersteld. Locaties waar het terugbrengen van houtopstanden om veiligheidsredenen niet mogelijk is worden iets verder van de dijk gecompenseerd.

Voor het voorkomen van effecten op beschermde soorten zijn diverse mitigerende en compenserende maatregelen noodzakelijk. In het activiteitenplan ten behoeve van de vergunningsaanvraag voor de flora- en fauna-activiteit zijn de mitigerende en compenserende per soort beschreven.

Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

De criteria monumentale gebouwen, monumentale en beeldbepalende bomen, landschappelijke waarden en overige cultuurhistorische elementen zijn beoordeeld op de effecten op herkomstwaarde en belevingswaarde. Voor een toelichting van de begrippen herkomstwaarde en belevingswaarde zie paragraaf 11.2.

Langs de dijk zijn diverse monumentale gebouwen (rijks- of gemeentelijke monumenten) aanwezig die ofwel (licht) negatief of (licht) positief beoordeeld zijn op herkomst- en belevingswaarde. Per saldo voor de gehele dijk komen deze beoordelingen uit op neutraal.

Alle monumentale en beeldbepalende bomen langs de dijk worden behouden. De herkomstwaarde en belevingswaarde van de monumentale en beeldbepalende bomen wordt daardoor niet aangetast.

De effecten op de herkomstwaarde en belevingswaarde van cultuurhistorische elementen en structuren zijn beoordeeld voor diverse locaties waar zich verspreid over het dijktraject historisch groen, historische stedenbouw of historische zichtrelaties bevinden. Er is op één locatie een niet-neutrale beoordeling, namelijk ter plaatse van het historisch groen Maasheggen in het deelgebied Kraaijenbergse Plassen. Hier treedt enige aantasting op van de herkomstwaarde omdat de Maasheggen enkele meters binnenwaarts op een overhoogte worden teruggebracht, in plaats van dicht tegen de dijk op het maaiveld van het binnendijkse landschap. Dit leidt tot een licht negatieve beoordeling van de herkomstwaarde. Omdat bij alle andere cultuurhistorische elementen en structuren geen effect optreedt is de beoordeling gemiddeld neutraal.

Effecten op landschappelijke waarden zijn in dit MER beschreven op herkomstwaarde en belevingswaarde van respectievelijk de dijk, het binnenlandse landschap en het buitendijkse landschap en per deeltraject. De herkomstwaarde scoort (per saldo voor alle deeltrajecten) voor de drie landschapsonderdelen licht negatief. De belevingswaarde scoort (per saldo voor alle deeltrajecten) neutraal.

Het dijktracé ligt in drie aardkundig waardevolle gebieden. De bodemingrepen die gepaard gaan met de geplande werkzaamheden zullen deze aardkundige waarden echter minimaal verstoren. De effectbeoordeling voor aardkundige waarden is per saldo beoordeeld als beperkt negatief.

Voor het criterium archeologische (verwachtings)waarden verschilt het effect per deeltraject op basis van de archeologische verwachting. Het eindoordeel is als negatief beoordeeld omdat de dijkvakken een hoge archeologische verwachtingswaarde hebben.

In het ontwerp is rekening gehouden met alle landschappelijke waarden op en aan de dijk en zijn alle effecten zo veel als mogelijk gemitigeerd/gecompenseerd. Een aandachtspunt dat volgt uit dit thema en als mitigerende maatregel kan worden gezien voor de uitvoeringsfase is om rekening te houden met de overlap van de werkstrook en aanwezig waardevol groen (maatwerk bij de uitvoering). Daarnaast is een mitigerende maatregel om op locaties waar bossen en bosschages worden geraakt door de dijkversterking, te zorgen voor een goede afronding van de beplanting die over blijft, door het aanplanten van een nieuwe randbeplanting.

Leefomgeving

De mogelijke effecten op de leefomgeving in de gebruiksfase zijn gekoppeld aan de verlegging of verhoging van (dijk)wegen. Doordat de dijkverbetering niet of nauwelijks leidt tot een verlegging van (dijk)wegen (de maximale verlegging bedraagt enkele meters) treden er geen effecten op voor geluids- en lichthinder, luchtkwaliteit, trillingshinder, externe veiligheid en gezondheid. Alle criteria zijn daarom neutraal beoordeeld.

Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid

Voor het aspect woongenot is voor het project sprake van een negatief effect. Bij zes woningen is sprake van ruimtebeslag op het perceel. Verder is voor diverse woningen langs het dijktraject sprake van (enige mate van) verlies van uitzicht.

Voor bedrijfsfuncties is sprake van een beperkt negatief effect. Er is sprake van enig ruimtebeslag vanwege verlies van 1,7 hectare grond met een bedrijfsbestemming, maar er worden geen gebouwen geamoveerd.

Het ruimtebeslag op het huidige beschikbare areaal aan landbouwgrond bedraagt langs het gehele dijktraject 8,7 hectare. Met die afname is sprake van een beperkt negatief effect.

Waar mogelijk is in het ontwerp rekening gehouden met het zoveel mogelijk beperken van impact op woongenot en bedrijfsfuncties. Dit is steeds afhankelijk van de lokale mogelijke alternatieven en afweging ter plaatse. Er zijn geen verdere mitigerende maatregelen mogelijk om de effecten op woongenot, bedrijfsfuncties en agrarische percelen verder te beperken.

Het uitgangspunt voor de dijkverbetering is dat bestaande infrastructuur gelijkwaardig wordt teruggebracht. Dat betekent dat in de gebruiksfase de verkeerssituatie op en rond de dijk in de basis niet verandert. Wel wordt een aantal maatregelen getroffen, zoals de verbreding van de N321, de aanleg van een rotonde, het realiseren van een vrijliggend fietspad en het aanleggen van snelheidsbeperkende maatregelen. Deze maatregelen leiden gezamenlijk tot een positief effect op de verkeersveiligheid.

Vrijetijdseconomie

Binnen het criterium recreatieve functies is vanwege enig ruimtebeslag op het evenemententerrein bij Grave en het verplaatsen van het gilde sprake van enkele zeer beperkt negatieve effecten enerzijds. Het effect op het gilde wordt echter gecompenseerd door verplaatsing iets verder richting het noorden. Vanwege de verbeteringen van de dijk als fietsroute en verbetering en toevoeging van diverse recreatieve rustpunten langs de dijk is sprake van verschillende positieve effecten. Als eindoordeel is daarom sprake van een verbetering van recreatieve functies.

Er worden enkele verbeteringen doorgevoerd in de beleefbaarheid van vestingstad Grave en de fietsroute op of langs de dijk wordt op een aantal locaties verbeterd. De beleefbaarheid van het gebied rondom de dijk wordt op de locaties van de (meekoppelkansen) Beerse Overlaat en Schans Reek verbeterd en er worden recreatieve voorzieningen verbeterd. De effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied worden om deze reden beoordeeld als een verbetering ten opzichte van de referentiesituatie.

Duurzaamheid

De duurzaamheidsambities op het gebied van energieverbruik, materialenverbruik en circulariteit zijn haalbaar in het project. Vanwege de grote hoeveelheid grond die kan worden hergebruikt in het project/gebied wordt er sterk positief gescoord op het materialenverbruik en licht positief op circulariteit. Voor het energieverbruik wordt de reductielijn gevolgd voor emissieloos bouwen van het HWBP wat een lichte verbetering is ten opzichte van de ambitie.

‘Mitigerende maatregelen’ ter verbetering van duurzaamheid zien voor energieverbruik met name toe op verminderen van vervoersbewegingen, met name door stappen te nemen in uitvoeringsplanning en uitvoeringsplan. Voor materialenverbruik zijn mogelijke mitigerende maatregelen benoemd op het gebied van verminderen grondverbruik en primair materialengebruik. Ook voor circulariteit zijn mitigerende maatregelen benoemd op het gebied van hergebruik grond en materialen, alsook voor herbruikbaarheid aan het einde van de levensfase.

Hinder tijdens aanleg

Om de werkzaamheden uit te voeren worden langs de gehele dijk tijdelijke werkstroken en gronddepots aangelegd. Ook is er een tijdelijk ruimtebeslag voor de aanleg van een kabels- en leidingenstrook. Ondanks dat het aantal tijdelijke grondopslaglocaties zoveel mogelijk wordt beperkt, is er tijdelijk ruimtebeslag nodig op met name buitendijkse gronden (circa 15 hectare). Deze gronden zijn veelal in gebruik als landbouw of natuur. Dit tijdelijke ruimtebeslag is negatief beoordeeld.

De bereikbaarheid van woningen, bedrijven en percelen wordt gegarandeerd tijdens de dijkversterking. Werkzaamheden kunnen er echter wel toe leiden dat hinder ontstaat doordat mogelijk moet worden omgereden. Dit is, mede omdat de duur van de hinder nog niet precies bekend is, negatief beoordeeld.

Grondtransport zal zoveel mogelijk over het water plaatsvinden, vervoersbewegingen zullen daarom vooral buitendijks en over de dijk/werkstrook plaatsvinden. Doordat het vervoer van grond in principe niet plaatsvindt op wegen waarover ook ander verkeer rijdt, worden geen effecten verwacht op de verkeersveiligheid.

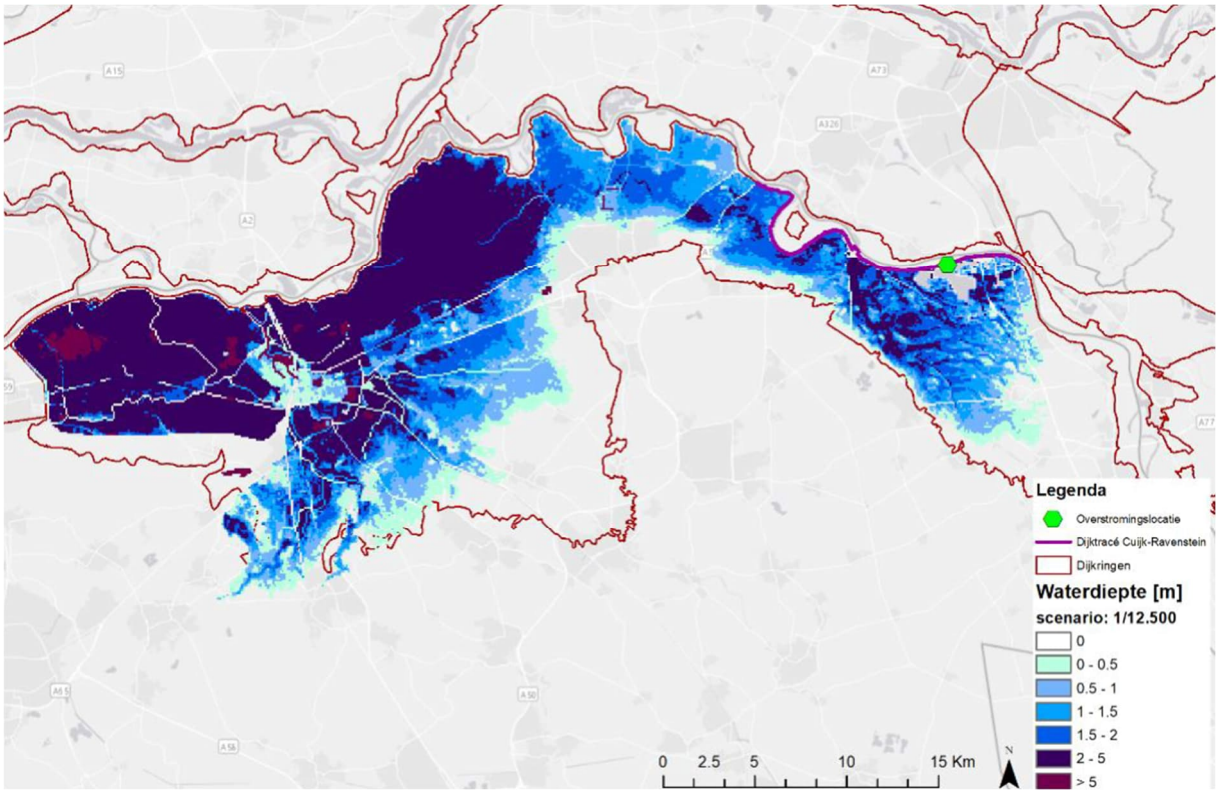
Wat betreft geluid- en trillingshinder kan met name het aanbrengen van verticale constructies in de nabijheid van bebouwing, eventueel leiden tot schade aan bebouwing. Maar doordat in de nabijheid van bebouwing waar nodig een trillingsarme uitvoeringsmethode wordt toegepast, zullen de negatieve effecten over het algemeen beperkt zijn. De uitvoeringsmethode en monitoring (trillingen en vervormingen) zal worden afgestemd op de lokale situatie, waarbij zal worden voldaan aan de SBR-trillingsrichtlijn deel A, schade aan bouwwerken. Echter, gezien de nabijheid van woningen en de mogelijke overlast van transport en grondwerkzaamheden, met bijbehorende effecten van geluidshinder, zijn de effecten negatief beoordeeld.

De nog te selecteren opdrachtnemer zal mede worden geselecteerd op maatregelen die negatieve effecten op het woon- en leefmilieu zo veel mogelijk voorkomen. In dit MER zijn enkele mogelijkheden hiervoor benoemd.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Door klimaatverandering valt er steeds meer neerslag en neemt de intensiteit van de buien toe. Dat betekent dat de Nederlandse rivieren, waaronder de Maas, in de toekomst steeds meer water moet afvoeren en daardoor vaker erg hoog staat. Alle dijken in Nederland moeten daarom voldoen aan de waterveiligheidseisen voor het beschermen van de inwoners en de economische waarden in het achterland. De normen voor waterveiligheid zijn in 2017 vastgelegd in de Waterwet en overgenomen in de Omgevingswet als zogenaamde omgevingswaarden. De dijk tussen Cuijk en Ravenstein is een van de dijktrajecten met de strengste norm langs de Maas (overstromingskans 1:10.000 per jaar op basis van het Besluit kwaliteit leefomgeving) vanwege de grote gevolgen bij een dijkdoorbraak. Het gebied dat zou overstromen bij een dijkdoorbraak strekt zich uit tot voorbij 's-Hertogenbosch.



Figuur 1-1 Voorbeeld van overstromingsscenario bij doorbraaklocatie Kraaijenbergse plassen (dit vormt uiteraard niet het enige mogelijke doorbraakpunt maar is ter illustratie) (*bron: Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen*)

De dijk tussen Cuijk en Ravenstein is beoordeeld aan de hand van de geldende veiligheidsnormen in het Besluit kwaliteit leefomgeving. Uit de uitgevoerde beoordeling blijkt dat vrijwel het hele dijktraject niet voldoet aan de waterveiligheidseisen. Waterschap Aa en Maas (WSAM) gaat daarom aan de slag om de dijk te verbeteren. Het project Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein is opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het HWBP is onderdeel van het Deltaprogramma waarin de waterschappen en Rijkswaterstaat samenwerken om Nederland te beschermen tegen overstromingen.

Het verbeteren van de waterveiligheid aan de Brabantse zijde van de Maas heeft prioriteit ten opzichte van de Gelderse zijde en de dijkring Keent. De Brabantse zijde heeft namelijk meer inwoners en een hogere economische waarde, wat tot gevolg heeft dat het beschermingsniveau hier hoger is en dat de dijk hier nu eerst wordt aangepakt. Voor deze dijk geldt dat in 2050 een minimaal beschermingsniveau gegarandeerd dient te zijn met een overstromingskans van 1/10.000 per jaar.

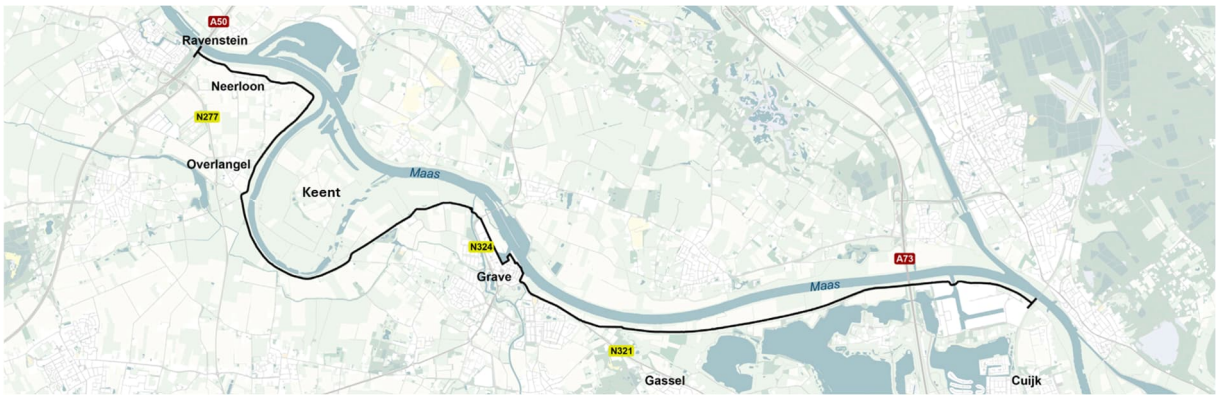
Voor deze dijkverbetering wordt een projectbesluit genomen. Dit Milieueffectrapport is geschreven ten behoeve van het projectbesluit en betreft de beoordeling van milieueffecten van het project.

1.2 Doelstelling en korte projectbeschrijving

De primaire doelstelling van het project is om de waterkering Cuijk-Ravenstein (dijktraject 36-2) te laten voldoen aan de landelijke normen voor primaire waterkeringen waarbij bestaande waarden en functies worden ingepast. De secundaire doelstelling van het project is om, waar mogelijk, een bijdrage te leveren aan (verbetering van) de kwaliteit van de leefomgeving. De opgave voor de dijkverbetering bestaat daarmee uit een opgave voor waterveiligheid (nader toegelicht in paragraaf 2.1), inclusief de daarbij behorende landschappelijke inpassing en meekoppelkansen (nader toegelicht in paragraaf 2.3).

Het dijktraject Cuijk-Ravenstein is circa 21 km lang en bestaat voor een groot deel uit een gronddijk. Halverwege het dijktraject, in de vestingstad Grave, is een kademuur aanwezig als primaire waterkering. Daarnaast zijn ook diverse constructieve objecten (kunstwerken) in de dijk aanwezig zoals de Keersluis Cuijk en Gemaal van Sasse. De gronddijk, de kademuur en de kunstwerken zijn allen onderdeel van het project dijkverbetering Cuijk-Ravenstein.

Hieronder is in Figuur 1-2 is het dijktraject met een zwarte lijn weergegeven.



Figuur 1-2 Dijktraject Cuijk-Ravenstein met belangrijkste plaatsnamen, N-wegen en snelwegen

1.3 Mer-procedure

De mer-procedure heeft als doel om de effecten van een ingreep op de fysieke leefomgeving in beeld te brengen, zodat bij de besluitvorming (vaststelling projectbesluit) optimaal rekening kan worden gehouden met de belangen van de fysieke leefomgeving. De procedure is geborgd in de Omgevingswet. Uit bijlage V van de Omgevingswet (nr. K4) blijkt dat de voorgenomen dijkversterking mer-beoordelingsplichtig is. Het waterschap heeft in overleg met de provincie ervoor gekozen om direct een MER op te stellen. Het MER wordt samen met het ontwerp-projectbesluit en de ontwerp-vergunningaanvragen gecoördineerd terinzage gelegd, door de provincie.

In de verkenningsfase is in een aantal stappen toegewerkt naar één voorkeursalternatief (VKA). Daarbij zijn stapsgewijs kansrijke bouwstenen, mogelijke oplossingen en kansrijke alternatieven voor het verbeteren van de dijk afgewogen. In het tweede deel van het MER (planuitwerkingsfase) zijn de effecten van het uitgewerkte vergunningenontwerp op een gedetailleerder niveau onderzocht. Dit MER bestaat uit twee delen: (1) de effectbeoordelingen van kansrijke alternatieven in de verkenningsfase, zoals samengevat in hoofdstuk 4 en (2) de effectbeoordelingen van het uitgewerkte ontwerp in de planuitwerkingsfase.

1.4 Leeswijzer

Dit MER bestaat inclusief dit inleidende hoofdstuk uit achttien hoofdstukken en enkele bijlagen, waaronder de begrippen- en afkortingenlijst. Het volgende hoofdstuk (2) bevat een beschrijving van de veiligheidsopgave en voorgeschiedenis. Hierin komen de waterveiligheidsopgave en bijbehorende inpassing (gebiedsopgave) aan bod, alsook het proces en de besluitvorming die voor het project doorlopen worden en de manier waarop participatie in dit proces een rol heeft gespeeld. Daarop volgt in hoofdstuk 3 het beleidskader. Daarin wordt het relevante (kadervormend) beleid besproken dat voor de dijkverbetering van toepassing is.

Hoofdstuk 4 geeft vervolgens een beschrijving van het trechteringsproces en de totstandkoming van het voorkeursalternatief (VKA). Dit door middel van een beschrijving van het proces in het algemeen, de daarbij gemaakte keuzes en (de milieueffecten van) de verschillende Kansrijke Alternatieven. Daaruit volgt een beschrijving van de onderliggende keuzes die hebben geleid tot het voorkeursalternatief. De uitwerking van dit voorkeursalternatief tot een vergunningenontwerp wordt vervolgens beschreven in hoofdstuk 5, alsmede het ontwerpproces in de planuitwerkingsfase en de openstaande varianten dit het ontwerp op onderdelen nog kent.

Hoofdstuk 6 beschrijft vervolgens de onderzoeksmethodiek zoals is gebruikt voor de effectbeoordeling van het dijkontwerp. Deze effectbeoordelingen per thema uit het beoordelingskader zijn vervolgens uiteengezet in hoofdstuk 7 t/m 16. Hoofdstuk 17 vat de beoordelingen samen in een overzichtstabel en beschrijving van de belangrijkste effecten. Tot slot worden in hoofdstuk 18 leemten in kennis en monitoring besproken.

2. Veiligheidsopgave en voorgeschiedenis

Dit hoofdstuk bevat ten eerste een beschrijving van het plan- en studiegebied in paragraaf 2.1. Daarna worden de veiligheidsopgave (paragraaf 2.2) en inpassing en meekoppelkansen (paragraaf 2.3) besproken. Paragraaf 2.4 geeft vervolgens op hoofdlijnen een beschrijving van het proces dat is doorlopen van opgave tot en met projectbesluit en de manier waarop milieu-informatie daarin is betrokken. Tot slot komt in paragraaf 2.5 aan bod op welke manier de omgeving is betrokken.

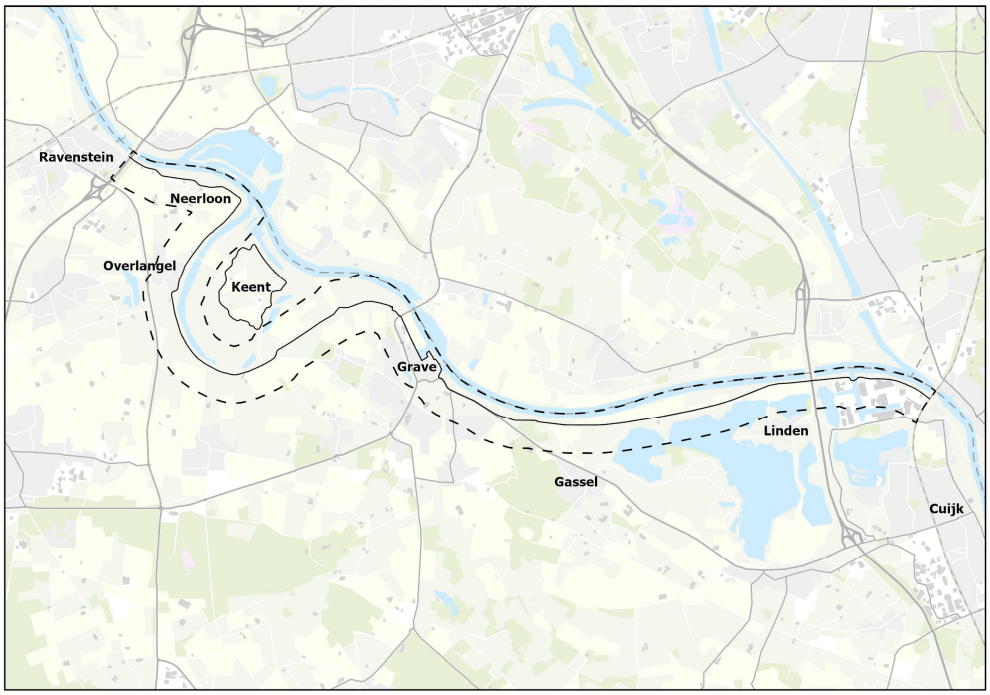
2.1 Project- en studiegebied

In dit MER wordt onderscheid gemaakt tussen het projectgebied en het studiegebied. Het projectgebied is het gebied waarbinnen de ingrepen kunnen plaatsvinden voor de dijkverbetering en is hieronder in het kaartbeeld in Figuur 2-1 weergegeven.

De effecten van de dijkverbetering reiken soms verder dan van het *projectgebied*. In het MER is hiermee rekening gehouden. Het gebied waarbinnen effecten te verwachten zijn, heet het *studiegebied*. Het studiegebied verschilt per milieuthema. Voor archeologie beperkt het zich bijvoorbeeld tot het projectgebied (het dijktracé zelf), terwijl het studiegebied voor grondwatereffecten bijvoorbeeld groter is, omdat die effecten ook buiten het projectgebied kunnen optreden.

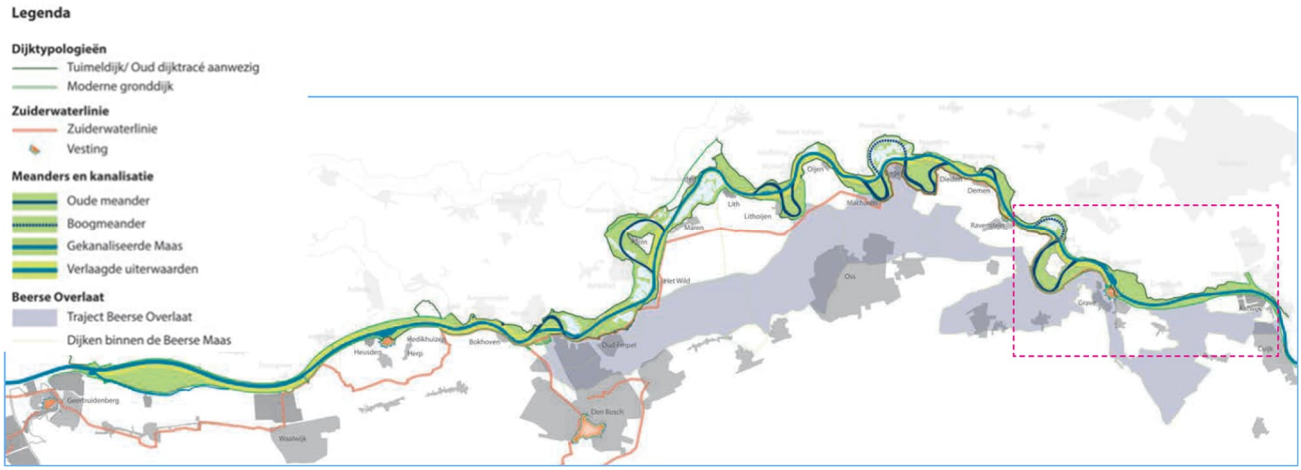
Beschrijving en weergave van het projectgebied

Het dijktraject Cuijk-Ravenstein heeft een lengte van ongeveer 21 km (van dijkpaal 174 tot en met dijkpaal 382) en ligt aan de zuidzijde van de Maas vanaf de spoorbrug nabij Katwijk (gemeente Land van Cuijk) tot direct westelijk van de autosnelweg A50 over de Maas nabij Ravenstein (gemeente Oss). Het dijktraject sluit aan de westzijde bij Ravenstein aan op project ‘Meanderende Maas’. Ook onderdeel van het project is een maatregel tegen piping die aan de westzijde van dijktraject Cuijk-Ravenstein voor een gedeelte doorloopt in het naastgelegen dijktraject (van Meanderende Maas). Het ingelegen dijktraject Keent (dijktraject 36a) valt buiten de scope van het project. Langs het dijktraject Cuijk-Ravenstein liggen verschillende kernen, waarvan Grave de grootste is.



Figuur 2-1 Dijktraject Cuijk-Ravenstein (doorgetrokken zwarte lijn) en projectgrenzen projectgebied (onderbroken zwarte lijn). Het dijktraject rondom Keent valt buiten de scope

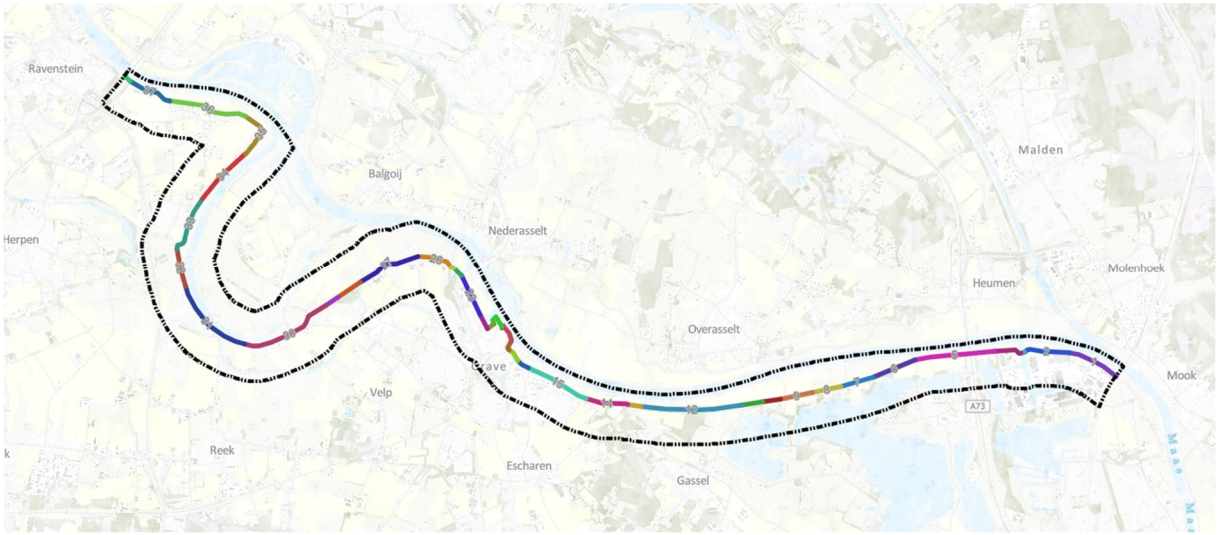
Figuur 2-2 hieronder geeft de ligging van het projectgebied in grotere context weer. Het dijktraject Cuijk-Ravenstein maakt deel uit van twee gebiedsoverstijgende en elkaar overlappende historische structuren: de Beerse Overlaat en de Zuiderwaterlinie. Ook geeft onderstaande kaart de meanders en kanalisatie in de Maas weer (zie voor verdere toelichting de Nota Voorkeursalternatief Cuijk-Ravenstein).



Figuur 2-2 Dijktraject Cuijk-Ravenstein (rechts op deze weergave) als onderdeel van het grotere geheel (*bron: Nota Voorkeursalternatief Cuijk-Ravenstein*)

Het dijktraject is ingedeeld in 38 dijkvakken. De dijkvakken zijn gebruikt om het ontwerp gestructureerd uit te werken. De dijkvakindeling is vanuit de verkenningsfase (met toen nog 37 dijkvakken) verder uitgewerkt en nader toegespitst op de planuitwerkingsfase. Hierin is informatie die beschikbaar is gekomen verwerkt, zoals het aanvullend grondonderzoek en het ontwerp. Er is niet gekozen om de dijkvakindeling nog verder te verfijnen op basis van het grondonderzoek, omdat dit lokaal tot verschillende dijkontwerpen zou kunnen leiden terwijl die verschillen er in de huidige situatie niet zijn. Vanuit landschap en ruimtelijke kwaliteit is dit niet altijd wenselijk en is ervoor gekozen om in de planuitwerking grotendeels dezelfde vakindeling aan te houden als in de verkenning. De nadere inzichten zijn uiteraard wel gebruikt om binnen de dijkvakken optimalisaties door te voeren. Ook zijn de dijkvakgrenzen op enkele plekken verschoven tussen de verkennings- en planuitwerkingsfase in het kader van een goede inpassing en om de verschillende stakeholders goed te kunnen bedienen.

De indeling van deze dijkvakken is in Figuur 2-3 hieronder weergegeven. Dit betreft de dijkvakindeling zoals gehanteerd in de planuitwerkingsfase. In bijlage C is deze dijkvakindeling ook in uitvergrote versie toegevoegd.



Figuur 2-3 Dijktraject Cuijk-Ravenstein met dijkvakindeling

Daarnaast is hieronder in Figuur 2-4 ook een overzichtskaart opgenomen waarop alle plaatsnamen en locaties staan aangegeven die in dit rapport worden genoemd. In bijlage F is deze kaart in grotere weergave bijgevoegd.



Figuur 2-4 Plaatsnamen en locaties op en rondom het dijktraject Cuijk-Ravenstein (groter leesbaar weergegeven in bijlage F)

Indeling projectgebied in deelgebieden en deeltrajecten

Bij de effectbeoordelingen later in dit rapport wordt ten eerste onderscheid gemaakt tussen drie deelgebieden (gebruikt bij het beoordelen van alternatieven in de verkenningsfase):

- deelgebied Cuijk;
- deelgebied Grave;
- deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR).

De begrenzing van deze deelgebieden is in onderstaande Figuur 2-5 weergegeven.



Figuur 2-5 Drie deelgebieden Cuijk, Grave en Neerloon-Overlangel-Reek (NOR) binnen dijktraject Cuijk-Ravenstein, gebruikt bij het beoordelen van alternatieven in de verkenningsfase

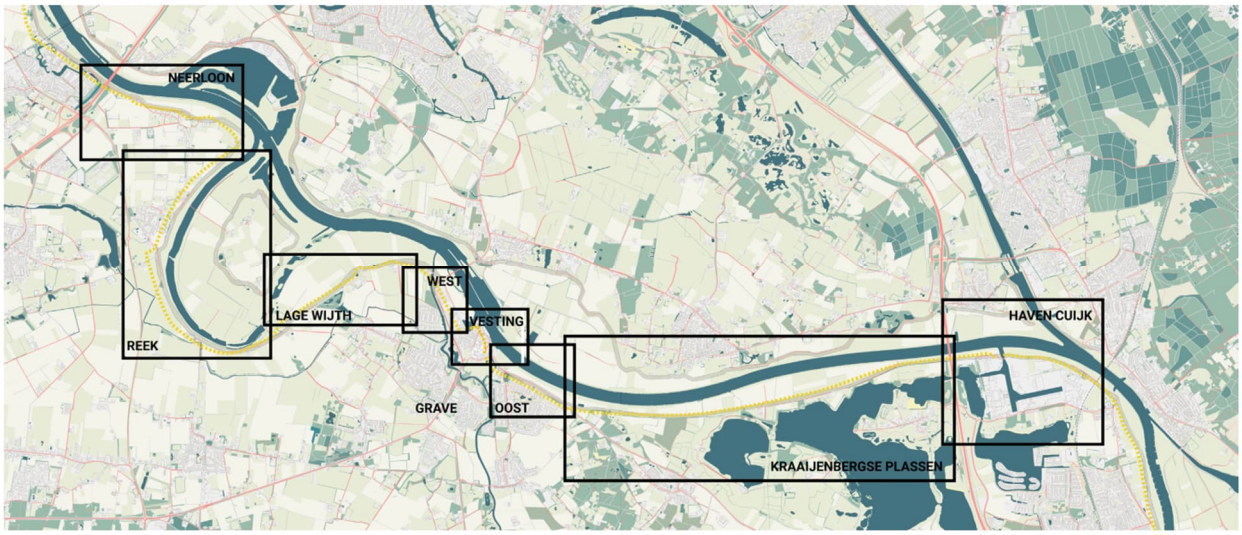
Daarnaast wordt het project voor de beschrijving van de gekozen oplossingen en voor de effectbeoordelingen in dit MER ook onderscheiden in een aantal ‘deeltrajecten’. De deeltrajecten bestaan uit logisch samenhangende gedeelten van het dijkracé, die qua omgeving en/of oplossing min of meer een eenheid vormen. Dit zijn dezelfde ruimtelijke eenheden als het Ruimtelijk Kwaliteitskader en Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld Cuijk-Ravenstein. De acht deeltrajecten betreffen:

- Haven Cuijk (dijkvak 1 t/m 4);
- Kraaijenbergse Plassen (dijkvak 5 t/m 14);
- Grave Oost (dijkvak 15 t/m 17);

- Grave Vesting (dijkvak 18 t/m 21);
- Grave West (dijkvak 22 t/m 23);
- Lage Wijth (dijkvak 24 t/m 29);
- Reek (dijkvak 30 t/m 34)*;
- Neerloon (dijkvak 35 t/m 38).

* NB Deelgebied Reek is in dit rapport dus groter dan Reek 'geografisch op basis van gemeentegrenzen is

Hieronder zijn deze acht deeltrajecten aangeduid in Figuur 2-6.



Figuur 2-6 Deeltrajecten binnen dijktraject Cuijk-Ravenstein (tevens de ruimtelijke eenheden volgens het Ruimtelijk Kwaliteitskader en Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld Cuijk-Ravenstein), gehanteerd bij effectbeoordeling in dit MER

2.2 Primaire doelstelling: Veiligheidsopgave en inpassing

De opgave voor waterveiligheid is het zorgen dat de waterkering voldoende functioneert om te voldoen aan de landelijke normen voor primaire waterkeringen.

In de waterveiligheidsbeoordeling is onderzocht wat de kans is dat, door falen van de dijk, het achterliggende gebied onder water loopt. In 2018 is het dijktraject Cuijk-Ravenstein (36-2) beoordeeld volgens het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI). Uit deze veiligheidsbeoordeling kwam naar voren dat vrijwel het gehele dijktraject tussen Cuijk en Ravenstein niet voldoet aan de waterveiligheidseisen en een oordeel D heeft (voldoet ruim niet aan ondergrens). De relatief grote afstand tot de norm voor het dijktraject is bepaald door een combinatie van faalmechanismen die niet voldoen aan de gestelde ondergrens in de norm. Het dijktraject 36-2 is niet hoog genoeg en voldoet niet aan de normen voor piping en macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts. Vanuit de veiligheidsanalyse in de verkenningsfase geldt dit voorgaande voor de *gronddijk*.

Voor de *kunstwerken* kunnen alleen een hoogteopgave of betrouwbaarheid sluiten van toepassing zijn. Verderop in deze paragraaf zijn de kunstwerken nader toegelicht. De kademuren in Grave hebben in elk geval een hoogteopgave. Daarnaast loopt er nog constructief en geotechnisch onderzoek naar de onderbouw van deze kademuur. Later in dit MER (zie paragraaf 5.4) zijn de resterende varianten hiervoor toegelicht alsook het uitgangspunt op basis waarvan de effectbeoordelingen in dit MER zijn uitgevoerd.

In de volgende paragraaf wordt toegelicht welke uitgangspunten zijn gebruikt bij het bepalen van deze veiligheidsopgave en waarom daarvoor gekozen is (paragraaf 2.2.1). Deze keuzes werken door in hoe groot en zwaar de dijk moet worden. Daarnaast komen de faalmechanismen aan bod en de waterveiligheidsopgave die daaruit volgt voor de gronddijk (paragraaf 2.2.2), kademuur Grave (paragraaf 2.2.3) en de kunstwerken in het

dijktraject (paragraaf 2.2.4). De uitgangspunten en de weergave van de veiligheidsopgave in deze paragrafen betreft de meest actuele veiligheidsopgave waarop in de planuitwerkingsfase is ontworpen. Soms verschilt dit licht van de opgave zoals die eerder in de verkenningsfase werd gehanteerd vanwege later geactualiseerde berekeningen.

2.2.1 Uitgangspunten bij bepalen veiligheidsopgave

Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste uitgangspunten bij het bepalen van de veiligheidsopgave, opgedeeld in:

- adaptieve ontwerpstrategie;
- uitgangspunten voorverkenning t/m planuitwerking;
- hydraulische ontwerpbelasting en klimaatscenario;
- planperiode en restlevensduur;
- faalmechanisme hoogte;
- faalmechanisme stabiliteit;
- faalmechanisme piping;
- uitgangspunten kademuur Grave.

Adaptieve ontwerpstrategie

Het waterschap heeft een bestuurlijk vastgesteld Kader Uitgangspunten Dijkversterking met daarin de relevante uitgangspunten voor het ontwerpproces. Dit kader wordt periodiek geactualiseerd, de vigerende versie tijdens de planuitwerking is van medio 2023. Omdat het ontwerp na deze fase niet meer op algemene uitgangspunten zal worden aangepast, blijft dit het uitgangspunt voor deze dijkverbetering. In het kader zijn ook algemene uitgangspunten opgenomen voor techniek en beheer. Een aantal van deze algemene uitgangspunten is projectspecifiek ingevuld. Verder volgt het project Cuijk-Ravenstein de vaste ontwerpbenadering van dijkversterkingen uit het Kader uitgangspunten dijkversterking (WSAM, 2023).

Als algemeen uitgangspunt voor het ontwerpproces geldt altijd dat de maatregelen om de waterveiligheid te verbeteren sober en doelmatig zijn. Dit is een uitgangspunt dat het hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) aan alle dijkverbeteringen stelt. Daarnaast dient de nieuwe waterkering altijd het vereiste beschermingsniveau conform de Omgevingswet (voorheen Waterwet) te bieden. Er is ook rekening gehouden met de eisen en wensen van de beheerder ten aanzien van beheerbaarheid van de kering.

Het ontwerpproces in de planuitwerking heeft bestaan uit verschillende ontwerprondes (nader toegelicht in hoofdstuk 5). Per fase is in een Integrale Uitgangspunten Notitie (IUN) vastgelegd wat de ontwerpopgave voor die fase is. Door uitgangspunten steeds te herijken, is een iteratieve ontwerpstrategie gehanteerd en het ontwerp steeds verder geoptimaliseerd: van grof naar fijn, met mogelijkheid om nieuwe inzichten te verwerken in het ontwerp. Op die manier is ook de veiligheidsopgave in relatie tot de impact van het dijkontwerp zo efficiënt mogelijk.

Uitgangspunten veiligheidsopgave voorverkenning t/m planuitwerking

In een voorverkenning is een beeld gevormd van de scope van het project en de verschillende waterveiligheidsopgaven die daarin een rol spelen. In de Integrale Uitgangspuntennotitie van de daaropvolgende verkenningsfase is vervolgens de eerste waterveiligheidsopgave van het dijktraject opgenomen. In de verkenningsfase is het dijktraject opgedeeld in 37 dijkvakken waarop de verschillende opgaven in beeld zijn gebracht (en later binnen de verkenningsfase en bij start van de planuitwerkingsfase nog aangescherpt). De uitgangspunten behorend bij de waterveiligheidsopgave voor het Voorkeursalternatief zijn vastgelegd in de Integrale Uitgangspuntennotitie (IUN) en de Technische Uitgangspuntennotitie (TUN). Deze zijn in de planuitwerkingsfase (en subfasen daarbinnen) vervolgens steeds geüpdatet.

De verkenningsfase is uitgevoerd aan de hand van het OI2014v4 (Handreiking ontwerpen met overstromingskansen, OI2014v4, Rijkswaterstaat, ministerie van Infrastructuur en Milieu, februari 2017). Inmiddels wordt gewerkt aan een overgang naar een nieuwe versie het BOI (Handleiding Overstromingskansanalyse – Algemeen, Rijkswaterstaat, juni 2023) (groene versies), waar echter de achtergrondrapporten (toepassingen) nog ontbreken. In de planuitwerking is waar mogelijk uitgegaan van het BOI, om zodoende zo goed mogelijk te kunnen aansluiten op de ontwikkelingen. Voor de voortgang van het project is, indien nodig, teruggevallen op het OI2014v4.

Het dijktraject 36-2 Cuijk-Ravenstein is ontworpen aan de ondergrenswaarde van kans 1/10.000 keer per jaar. Deze volgt uit de wettelijke eis zoals vastgelegd in § 2.1.1 van het Besluit kwaliteit leefomgeving (Omgevingswaarden veiligheid primaire waterkeringen) en bijbehorende Bijlage II van het Besluit kwaliteit leefomgeving. De omgevingswaarde voor primaire waterkeringen wordt uitgedrukt in de overstromingskans. Dit is de kans per jaar dat een gebied achter een dijktraject overstroomt. Tabel 2-1 geeft een overzicht van de normering en trajectlengte voor Cuijk-Ravenstein.

Tabel 2-1 Overzicht normeringen en trajectlengte

Traject 36-2	Waarde	Eenheid
Ondergrenswaarde	1/10.000	Kans [1/jaar]
Trajectlengte	21,0	Afstand [km] van het dijktraject

Hydraulische ontwerpbelasting en klimaatscenario

Een van de uitgangspunten voor het bepalen van de opgave en het ontwerpen van de kering is het vaststellen met welke waterstanden in de rivier rekening gehouden wordt: de ‘hydraulische ontwerpbelasting’ (HOB). Deze waterstanden worden onder meer beïnvloed door de rivierverruimende maatregelen vanuit het Deltaprogramma Maas.

Er wordt uitgegaan van klimaatscenario W+, conform het projectoverstijgend beleid van het waterschap dat geldt voor alle dijkversterkingen (Kader uitgangspunten dijkversterking). De toe te passen Hydraulische Ontwerpbelasting (HOB2020) is in combinatie met klimaatscenario W+ door het dagelijks bestuur van het Waterschap Aa en Maas vastgesteld op 30 juni 2020. Dit wil zeggen dat de uitgangspunten bij het bepalen van deze veiligheidsopgave zijn gebaseerd op een maximaal klimaatscenario “Warm met verandering van atmosferische circulatie”, hoogste mate van klimaatverandering. Dit klimaatscenario van het KNMI past bij een wereldwijde temperatuurstijging van ongeveer 4 graden in 2100.

Inmiddels zijn door het KNMI de KNMI'23-klimaatscenario's gepubliceerd, deze vervangen de KNMI'14-klimaatscenario’s waaruit het bovengenoemde klimaatscenario W+ voortkomt. Het effect van de nieuwe klimaatscenario’s op de hydraulische database voor heel Nederland is nog niet bekend. De effecten zijn naar verwachting wel beperkt waardoor de keuzes voor het voorkeursalternatief niet zullen wijzigen.

Naast het versterken van de dijk zijn er andere mogelijkheden om de veiligheidsopgave aan te pakken. Zo kunnen maatregelen worden getroffen in het riviersysteem, zoals rivierverruiming. Bij het ontwerp van de dijkverbetering is rekening gehouden met de rivierverruimingsmaatregelen die bovenstrooms (buiten dit dijktraject) worden getroffen. Op het dijktraject Cuijk-Ravenstein is bij de voorverkenning gebleken dat rivierverruiming geen bijdrage levert aan beperking van de opgave voor dijkverbetering. Om de opgave te beperken zou een flink aantal cm of het liefst decimeters waterstandsdaling nodig zijn. Op dit traject is het voorland echter redelijk kort en zijn er geen grote uiterwaarden, waardoor het effect op de rivierwaterstand te beperkt is als het voorland (deels) verlaagd zou worden, of het voorland zodanig aangepast zou moeten worden dat de impact te groot wordt. Tijdelijke maatregelen zijn, gezien de ontwerplevensduur (vijftig tot honderd jaar), niet onderzocht.

Planperiode en (rest)levensduur

Het waterschap Aa en Maas hanteert in haar 'Kader Uitgangspunten Dijkversterking' een vaste ontwerphorizon tot 2075 voor gronddijken en tot 2125 voor nieuwe constructies. Voor nieuwe constructies kan echter ook worden gekozen voor een ontwerphorizon tot 2075, waarbij deze dan uitbreidbaar moet zijn tot 2125.

Deze jaartallen volgen uit het uitgangspunt van levensduur van respectievelijk 50 en 100 jaar. Feitelijk zijn deze dus iets korter, aangezien naar verwachting in 2027 wordt gestart met de uitvoeringsfase. Het vasthouden aan een ontwerphorizon op jaartal (gerekend vanaf 2025) helpt om een stabiele scope te behouden en aan te sluiten op de jaartallen zoals gehanteerd in de verkenningsfase (bij het uitgangspunt van een planperiode 50 of 100 jaar zou de ontwerpopgave meebewegen bij elke vertraging van het project).

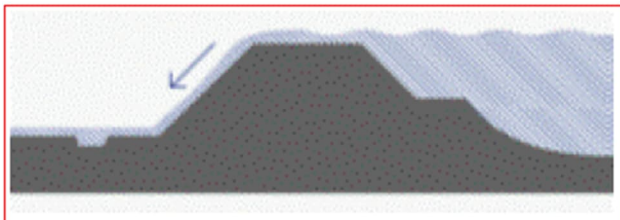
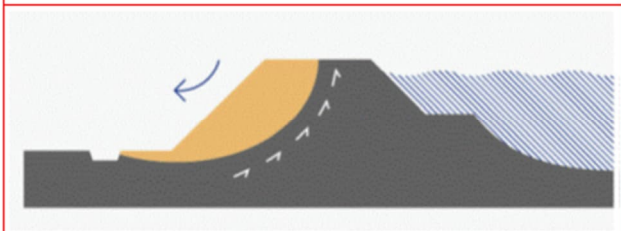
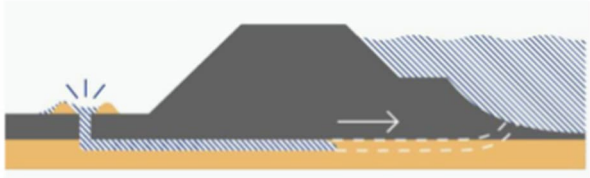
Het kader biedt de mogelijkheid om waar wenselijk af te wijken van deze ontwerphorizon. Wanneer dat wordt gedaan, dient dit te zijn onderbouwd op basis van een LCC-analyse (berekening van de levensduurkosten). Deze moet dan aantonen dat een kortere levensduur beter is (bijvoorbeeld als daardoor de bestaande constructie gehandhaafd kan worden). Een oplossing met een kortere levensduur moet goed zijn aan te passen en de kostenverschillen ten opzichte van een LCC-analyse over honderd jaar mogen niet te groot zijn.

Voor bestaande constructies en kunstwerken wordt in de basis aangesloten op de huidige (rest)levensuur van het betreffende object met een minimum levensduur van vijftig jaar. In het geval dat hier niet op kan worden aangesloten, dient ook dit te worden onderbouwd met een LCC.

De doorwerking van deze uitgangspunten voor de opgave van kademuur Grave in dit project, wordt onder het betreffende kopje hieronder nader toegelicht.

Faalmechanismen

De relevante faalmechanismen voor het dijktraject Cuijk-Ravenstein zijn hieronder in Figuur 2-7 toegelicht: hoogte, stabiliteit en piping.

	**Hoogte**: wanneer het water door stijging van het rivierpeil of harde wind over de dijk heen loopt, kan dat leiden tot beschadiging of zelfs gaten in de dijk. Dit wordt ook wel erosie genoemd. Als dit overstromen te lang duurt, kan de schade aan de dijk zo groot worden dat deze doorbreekt.
	**Stabiliteit**: als er langdurig water tegen de dijk staat, vult deze zich met water en kan de dijk 'slap' worden. Hierdoor wordt deze instabieler en kan bezwijken. Dit gebeurt meestal aan de binnendijkse kant, door de waterdruk vanuit de rivier.
	**Piping**: als er hoog water tegen de dijk staat, kan er water onder de dijk naar het achterland stromen. Dit (kwel)water dat onder de dijk doorstroomt, kan grond meenemen. Hierdoor ontstaat een 'tunnel' of 'pipe' die de dijk uitholt. In de volksmond worden dit 'wellen' genoemd. Dit kan leiden tot inzakken van de dijk.

Figuur 2-7 Toelichting faalmechanismen (*bron: Notitie Reikwijdte en detailniveau Cuijk-Ravenstein*)

Hieronder komen kort de (onderliggende bronnen bij) de belangrijkste uitgangspunten voor het berekenen van de waterveiligheidsopgave aan de orde.

Het zichtjaar voor de hoogteopgave is 2075 voor zowel de gronddijk als voor de kademuur in Grave (waar het aanwezige verstrekt wordt, bij volledige vervanging geldt wél 2125). Zie nadere toelichting op de keuze voor Grave verderop in deze paragraaf. Er is daarbij uitgegaan van een overslagdebiet van 1 l/s/m (het volume water dat per seconde per meter over de kering mag slaan).

In de voorverkenning en verkenningsfase was alleen een stabiliteitsopgave binnenwaarts (STBI) in beeld. Op sommige plekken langs het dijktraject is in de planuitwerkingsfase daarnaast echter ook een opgave stabiliteit buitenwaarts in beeld gekomen. Voor de conditionele faalkans voor stabiliteit buitenwaarts (STBU) heeft Waterschap Aa en Maas (WSAM) een waterschapsbrede aanpak opgesteld in de ”Memo aanpak STBU” (december 2022).

De opgave op het gebied van piping (STPH) is afhankelijk van de norm, de faalkansruimte en het lengte-effect. De uitgangspunten voor het lengte-effect voor dijktraject 36-2 zijn gehanteerd, conform de “Handleiding Overstromingskansanalyse Dijken/Dammen deel 2 piping”. Het faalmechanisme piping kent de drie ‘deelfaalmechanismen’ (piping, opbarsten en heave). Hiervoor zijn de partiële veiligheidsfactoren bepaald conform het OI2014v4 (de vergelijkingen 4.5, 4.9 en 4.12 uit “Handreiking ontwerpen met overstromingskansen”).

Alle uitgangspunten die zijn gehanteerd rondom het bepalen van de veiligheidsopgave voor de verschillende faalmechanismen zijn door het Waterschap vastgelegd in de Technische Uitgangspunten Notitie behorende bij het VO-ontwerp in de planuitwerkingsfase.

Uitgangspunten kademuur Grave

Op grond van het Kader Uitgangspunten Dijkversterking van het waterschap is de ontwerplevensduur voor waterkerende kunstwerken normaliter honderd jaar. Zoals eerder beschreven biedt het kader de mogelijkheid om waar wenselijk af te wijken van deze ontwerphorizon.

Een ontwerplevensduur van honderd jaar zou resulteren in 2125 als zichtjaar voor de kademuur van Grave. Het simpelweg ophogen van deze kademuur met zichtjaar 2125 is vanwege de forse benodigde hoogte (van in dat geval 140 cm) in Grave echter geen inpasbare oplossing bevonden. Daarom is een oplossing in de vorm van een bijzondere constructie in beeld gekomen. Daarnaast is deze hoogte voor het waterschap aanleiding om voor deze specifieke locatie een kortere ontwerplevensduur voor het aspect hoogte in beschouwing te nemen van vijftig jaar. Met de ontwerplevensduur van vijftig jaar is er dus ontworpen voor zichtjaar 2075, waarmee de benodigde hoogte voor deze periode beperkt kan worden. Deze keuze is beschreven in de Nota voorkeursalternatief.

In de Nota Voorkeursalternatief is tevens beschreven dat de eis voor de sterkte van de kade in principe wel gebaseerd blijft op een levensduur van honderd jaar, tenzij met een LCC-analyse (berekening van de levensduurkosten) kan worden aangetoond dat een kortere levensduur beter is. Voor Grave en kunstwerken heeft dit geleid tot het volgende onderscheid in uitgangspunten in de planuitwerkingsfase:

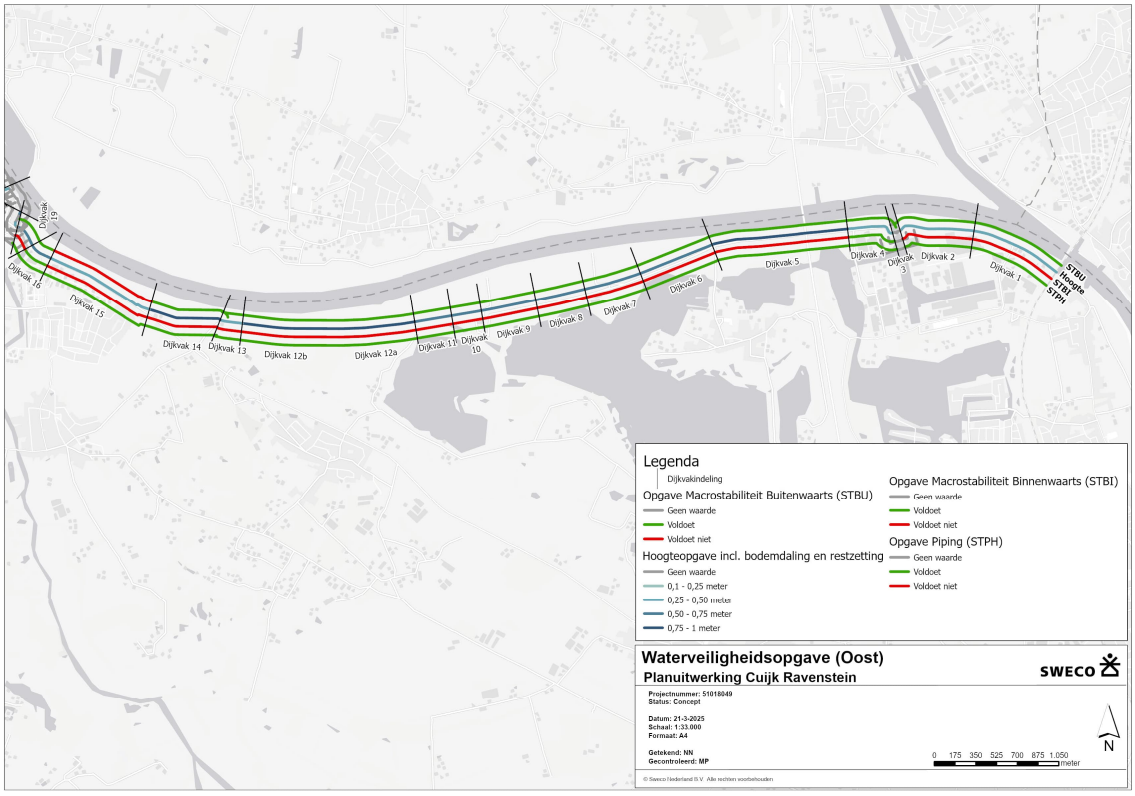
- *Bij nieuwbouw*: levensduur van honderd jaar, waarbij de onderbouw bestand is voor honderd jaar en de bovenbouw die nog uitbreidbaar is voor zichtjaar vijftig jaar;
- *Bij versterken van de bestaande kademuur*: levensduur vijftig jaar.

Dit onderscheid is relevant omdat onderbouw van de huidige kademuur op basis van lopend constructief onderzoek mogelijk gedeeltelijk vervangen blijkt te moeten worden. In hoofdstuk 5, waarin het ontwerp wordt toegelicht, komt dit nader aan bod.

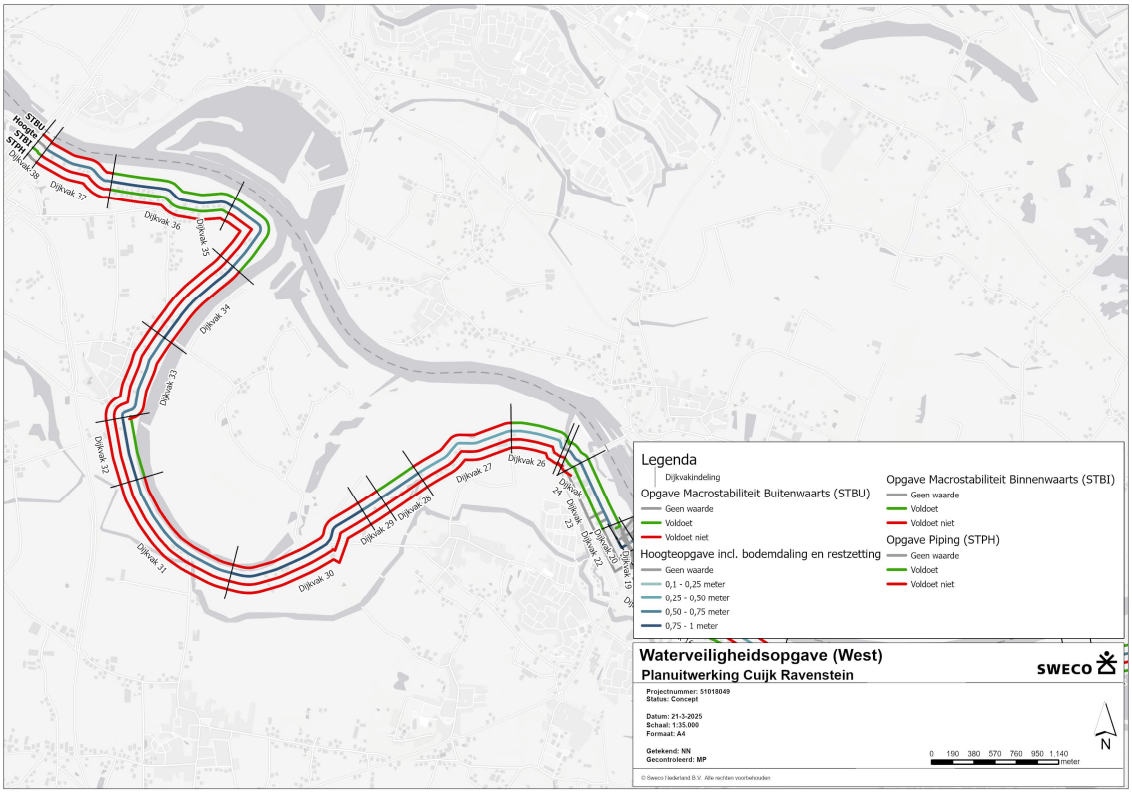
2.2.2 Waterveiligheidsopgave gronddijk

In Figuur 2-8 en 2-9 is de waterveiligheidsopgave voor de gronddijk weergegeven. Er is over bijna de volledige lengte (circa 95%) van het dijktraject een hoogteopgave. Uitzonderingen hierop zijn het vestingdeel Bekaf in Grave, een deel van de Koninginnedijk in Grave en de dijk ter hoogte van de toerit naar de John S. Thompsonbrug (N324). Daar waar wel een hoogteopgave is, varieert de extra hoogte die nodig is om aan de normering te voldoen voor de (grond)dijk tussen circa 10 en 100 cm opleverhoogte (zie specificering per dijkvak in de figuren hieronder). Waar de gronddijken voor een levensduur van vijftig jaar worden ontworpen, is de hoogteopgave voor harde constructies in principe hoger, omdat constructies voor een levensduur van honderd jaar worden ontworpen. Voor de kademuur Grave is echter gekozen (zoals hierboven bij uitgangspunten al is toegelicht) om ook een ontwerplevensduur van vijftig jaar te hanteren.

De weergave in de figuren hieronder betreft de hoogteopgave inclusief bodemdaling en restzetting: de opleverhoogte. Deze opleverhoogte betreft de hoogte als de aannemer klaar is met het werk en verschilt van de 'ontwerphoogte' (dat is de hoogte die de dijk in 2075 moet hebben, rekening houdend met bodemdaling en restzetting). In dit rapport en in communicatie naar de omgeving in de planuitwerkingsfase is steeds de opleverhoogte aangehouden. Onderaan deze paragraaf is tevens een schematische weergave weergegeven. Daarnaast is er op veel locaties sprake van een opgave voor stabiliteit. De opgave met betrekking tot macrostabiliteit binnenwaarts speelt op ongeveer 90% van het dijktraject Cuijk-Ravenstein. Uitzonderingen hierop zijn een deel van de Oude Maasdijk ter hoogte van Overlangel (dijkvak 33), de Koninginnedijk in Grave (dijkvak 23 en 24) en de Jan van Cuykdijk ter hoogte van de begraafplaats aan de Estersveldlaan (dijkvak 16). In de overige vakken is er dus sprake van een opgave voor binnenwaartse stabiliteit. Voor macrostabiliteit buitenwaarts bestaat er een opgave in acht van de 38 dijkvakken, voornamelijk aan de westzijde van het dijktraject. In de figuren hieronder zijn ook de dijkvakken met een stabiliteitsopgave weergegeven.
De pipingopgave, tot slot, bevindt zich over vrijwel de gehele westzijde van het dijktraject (dijkvak 24 t/m 37). In het oostelijk deel is geen sprake van een pipingopgave. Ook de dijkvakken met een pipingopgave ('STPH') zijn in de onderstaande figuren aangeduid.

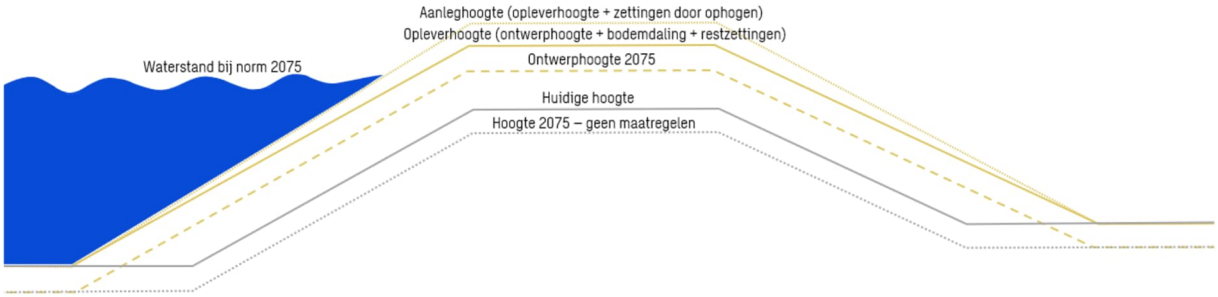


Figuur 2-8 Waterveiligheidsopgave opleverhoogte, stabiliteit en piping in het oostelijk deel van het dijktraject, per dijkvak



Figuur 2-9 Waterveiligheidsopgave opleverhoogte, stabiliteit en piping in het westelijk deel van het dijktraject, per dijkvak

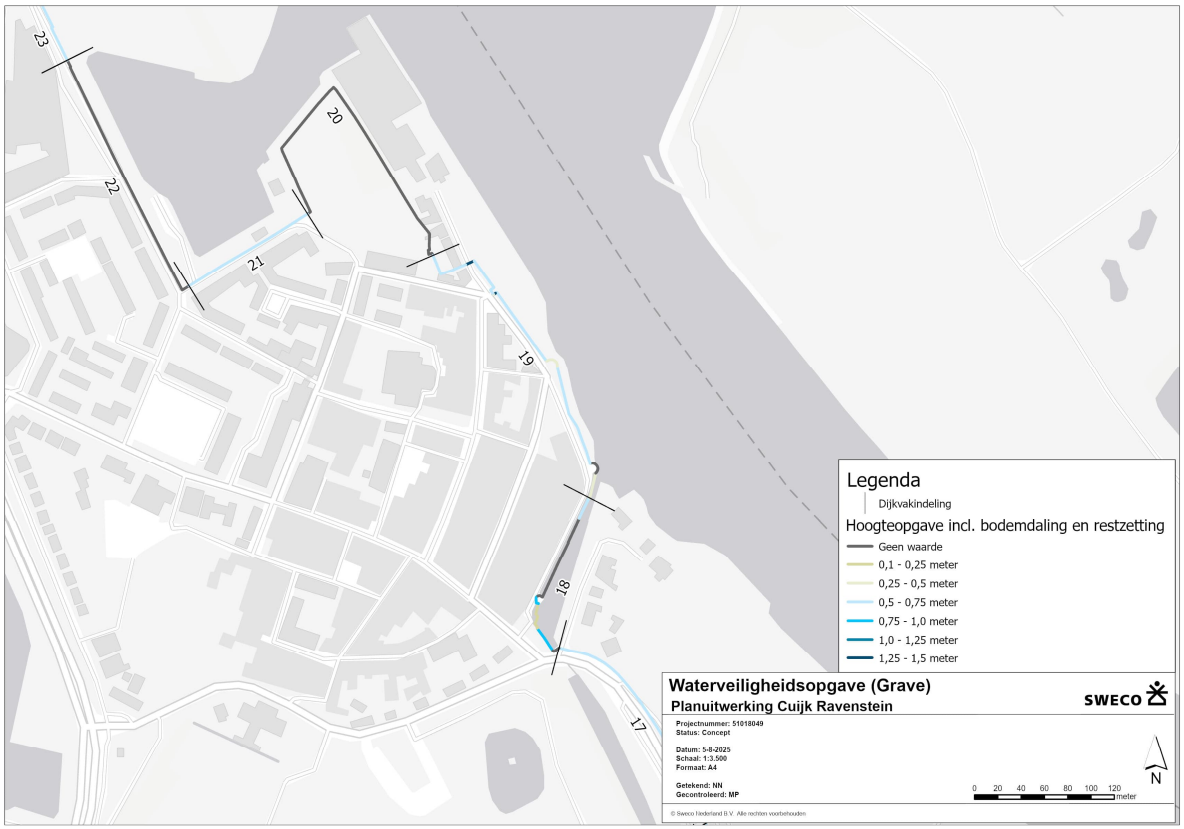
In Figuur 2-10 een duiding van het aspect hoogte, waarbij (zoals hierboven beschreven) in de communicatie wordt uitgegaan van de opleverhoogte.



Figuur 2-10 Schematische weergave van definities van de verschillende dijkhoogtes

2.2.3 Waterveiligheidsopgave kademuur Grave

Voor kademuur Grave (dijkvakken 18 t/m 21) is ten eerste sprake van een hoogteopgave (met ontwerplevensduur van vijftig jaar). De hoogteopgave voor de betreffende dijkvakken van de kademuur in Grave is in de figuur hieronder weergegeven. Er is een hoogteopgave voor alle dijkvakken met uitzondering van dijkvak 20. De constructieve opgave van de kademuur is nog onderwerp van onderzoek; voor het MER is uitgegaan van het ongunstigste scenario dat de gehele onderbouw van de kademuur voor alle dijkvakken 18 t/m 21 versterkt dient te worden. Nadere toelichting hierop wordt gegeven in hoofdstuk 5 waarin de uitwerking van het ontwerp aan bod komt.



Figuur 2-11 Hoogteopgave bij Grave, per dijkvak

2.2.4 Waterveiligheidsopgave kunstwerken

De belangrijkste kunstwerken waarvoor een waterveiligheidsopgave geldt, zijn Keersluis Cuijk en de kademuur Grave (die laatste is al besproken in voorgaande paragraaf). Keersluis Cuijk wordt nader toegelicht in deze paragraaf. Daarnaast zijn er nog verschillende kleinere kunstwerken (een gemaal, een inlaatwerk, uitwateringssluizen en coupures) waarvoor soms waterveiligheidsopgaven zijn of aanpassingen aan het kunstwerk nodig zijn vanwege de dijkversterking.

Behalve de kademuur Grave bevinden zich in het dijktraject Cuijk-Ravenstein de volgende kunstwerken (zie locaties in Figuur 2-12 hieronder):

1. gemaal en riooloverstort Cuijk Haven KW178;
2. keersluis Cuijk KW188;
3. persleiding gemaal Sluisgraaf KW197;
4. uitwateringssluis Tochtsloot KW232;
5. uitwateringssluis Gasselse Loop KW245;
6. raamsluis Grave KW266;
7. coupure Maaspoort Grave KW269;
8. coupure Maasstraat Grave KW270;
9. uitwateringssluis Havenstraat Grave KW274;
10. Gemaal van Sasse KW286.



Figuur 2-12 Locaties kunstwerken dijktraject Cuijk-Ravenstein

Voor Keersluis Cuijk (nr. 2 in de figuur hierboven) is aangetoond dat er in ieder geval tot 2075 nog geen sprake is van een hoogteopgave voor de keersluis, maar wel voor de deksloof (de constructie waarmee de bovenkant van het kunstwerk wordt bedekt). Deze moet opgehoogd worden. De keersluis voldoet ook nog op faalmechanismen piping en sterkte/stabiliteit. De enige waterveiligheidsopgave die resteert voor de keersluis is op het aspect 'betrouwbaarheid sluiting'. Hieraan kan de keersluis met beperkte aanpassingen tot 2075 voldoen. De restlevensduur wordt hiermee optimaal benut.

Voor de coupures en uitwateringssluis in de Havenstraat geldt dat deze geïntegreerd zijn in het ontwerp van de waterveiligheidsoplossingen voor Grave.

2.2.5 Waterveiligheidsopgave gasleidingen

Er liggen kruisende hoge-druk-gasleidingen (ontwerpdruk van 66,2 Bar) in dijkvak 37 en een parallelle leiding in dijkvakken 22/23. De ligging van de kruisende gasleidingen in dijkvak 37 is in Figuur 2-13 hieronder weergegeven.

In de verkenningsfase is voor de gasleidingen bij dijkvak 37 middels een leidingberekening gebleken dat de kruisende gasleidingen de dijkverbetering kunnen dragen. Aandachtspunt hierbij is dat deze de dijk in de huidige situatie kruisen zonder vervangende waterkering, terwijl een 'eigen' waterkering volgens de normen (NEN3650/3651) wel vereist is, tenzij kan worden aangetoond dat zonder ook wordt voldaan aan de norm. Dat laatste is het geval, nader onderzoek samen met Gasunie in de planuitwerkingsfase heeft uitgewezen dat een vervangende waterkering voor de gasleiding niet noodzakelijk is.

Omgekeerd is de aanwezigheid van de gasleidingen wel van invloed op de waterveiligheid. Er is met een gedetailleerde waterveiligheidsanalyse aangetoond dat de gasleiding van invloed is op het faalmechanisme macrostabiliteit binnenwaarts (Tweede afschuiving) en daarmee wordt niet voldaan de norm voor waterveiligheid. De stabiliteitsopgave in de waterkering bij dijkvak 37 is daarom meegenomen in het ontwerp van de dijk.



Figuur 2-13 Kruisende leidingen binnen dijkvak 37 aan de westzijde van het dijktraject

De leiding in dijkvak 22/23 is eveneens beoordeeld en heeft geen risico's voor de waterveiligheid (zoals bepaald in het 'Integraal ontwerp veiligheidsraamwerk gasleidingen' in samenwerking met Gasunie). Aandachtspunten bij deze leiding zijn alleen de inrichting van de dijk zodat de leiding bereikbaar blijft en de mogelijk optredende spanningen als gevolg van het verhogen van de kering.

2.2.6 Inpassingsopgave

De primaire doelstelling voor waterveiligheid (hoogte, sterkte en piping van de dijk zoals hierboven beschreven) bevat tevens een opgave voor het versterken van die waterkering *binnen de bestaande omgeving*, dus om deze goed in te passen. Deze paragraaf beschrijft de invulling van dit onderdeel door in te gaan op de (wettelijke) inpassing van het dijktraject en de meekoppelkansen. Hierbij wordt duidelijk wat er met de landschappelijke inpassing nagestreefd wordt door deze te vertalen naar functies en waarden.

Het projectgebied dient na uitvoering van de dijkverbetering minimaal een gelijke ruimtelijke kwaliteit te hebben, met zoveel mogelijk behoud van bestaande voorzieningen ten opzichte van de huidige situatie: dat wil zeggen 'een goede inpassing'. De inpassingsopgave beschrijft de bestaande functies en waarden die ingepast dienen te worden bij het realiseren van de veiligheidsopgave. De functies en waarden van het gebied die behouden moeten worden, vormen de uitgangspunten voor een goede inpassing.

Deze functies en waarden volgen uit het Ruimtelijk Kwaliteitskader (RKK) (verkenningsfase), het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld (RKB) (update planuitwerkingsfase) en de referentiesituatie (de huidige situatie aangevuld met autonome ontwikkelingen). De referentiesituatie komt later in dit rapport aan bod als deze per thema wordt besproken in het hoofdstuk effectbeoordeling.

De visie uit het ruimtelijk kwaliteitskader luidt: *"Het traject Cuijk-Ravenstein is onderdeel van de Bedijkte Maas en wordt gekenmerkt door afgesneden meanders tussen dijken naar aanleiding van de Maas-kanalisatiewerken in de jaren '30. Dit kenmerk onderscheidt de bedijkte Maas van de andere deelgebieden langs de Maas. Ter hoogte van Cuijk is de overgang van terrassen naar het bedijkte gedeelte van de Maas. Om dit leesbaar te maken en te behouden in het landschap, is het belangrijk om de dijk als waardevol landschapselement te behandelen en te ontwikkelen in de komende dijkversterkingsopgave. Een van de randvoorwaarden is om het dijktracé als een herkenbaar landschapselement te ontwikkelen. Want naast dat de primaire functie van een dijk is om het achterliggende land te beschermen, is het ook een landschapselement dat twee werelden (landschappen) van elkaar scheidt. Een binnendijkse en buitendijkse wereld. Een klein gedeelte van de dag is de dijk in gebruik als waterkering, een groot gedeelte van de tijd is de dijk iets anders. Het is o.a. een oriëntatiepunt vanuit de beleving van het landschap en een mooi balkon met uitzicht over de rivier."*

Op basis van die visie zijn in de verkenningsfase de volgende ontwerpuitgangspunten geformuleerd voor de dijkverbetering (zie ook het RKK en RKB):

(1) Eén herkenbare dijk, waarbij wordt gestreefd naar:

- Behoud van het huidige tracé en het voorkomen van lokale asverschuiving.
- Een herkenbaar en continu dijkprofiel met een standaardhoofdvorm (eenduidige kruinbreedte met eenduidige taluds) en aan weerszijden een beheerstrook (per deeltraject kan deze hoofdvorm variëren).
- Een dijk die zichtbaar is als een continu landschapselement, waarbij het landschap doorloopt tot aan de teen van de dijk.
- Samenhang in detaillering en materialisatie op het gehele dijktraject.

(2) Een dijk met aandacht voor landschap en cultuurhistorie, waarbij wordt gestreefd naar:

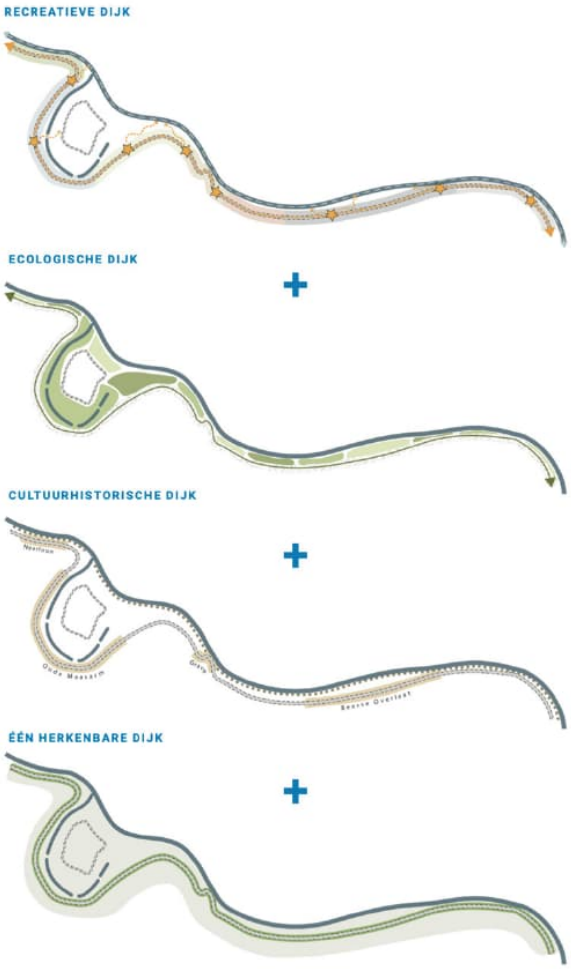
- Rekening houden met de geomorfologische opbouw van het landschap.
- Rekening houden met historische stedenbouw en landschappelijke structuren.
- Herkenbaarheid militair erfgoed behouden en versterken.
- Beleefbaar maken van de watergeschiedenis.

(3) Een ecologische dijk, waarbij wordt gestreefd naar:

- Het verbeteren van de ecologische waarde buitendijks, waar kansen worden verkend voor natuurontwikkeling.
- Het leveren van een bijdrage aan de realisatie van het Natuurnetwerk Brabant en de natuurdoelen van de provincie Noord-Brabant.

(4) Een recreatieve dijk, waarbij wordt gestreefd naar:

- Ontwikkelen van de dijk als recreatieve route, door onder andere een doorgaande fietsroute en een recreatieve vaarverbinding tussen de verschillende steden langs de Maas.
- Behoud en toevoegen van rustpunten op de dijk met eenduidige inpassing, materialisering en meubilair.
- Vergroten toegankelijkheid naar de Maas en de uiterwaarden door buitendijks struinroutes toe te voegen in natuurontwikkelingen en langs landbouwpercelen, vanaf knooppunten op de dijk.
- Behouden en versterken van het karakter van de verschillende deelgebieden langs de dijk.



Ontwerpuitgangspunten Ruimtelijke Kwaliteit (*bron: Ruimtelijk Kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein*)

Specifiek de vestingstad Grave kent een eigen karakter met ontwikkelingen en ambities die de dijkverbetering mogelijk raken. In 2017 is een Vestingvisie Grave opgesteld. Het waterschap streeft ernaar dat dijkverbetering bij Grave niet alleen wordt ingevuld vanuit de principes uit het ruimtelijk kwaliteitskader maar ook vanuit de Vestingvisie. Deze geeft handvatten voor een goede inpassing van de maatregelen.

2.3 Secundaire doelstelling: Gebiedsopgave

De secundaire doelstelling van het project is om, waar mogelijk, een bijdrage te leveren aan (verbetering van) de kwaliteit van de leefomgeving. Er is een aantal gebiedsopgaven waarover op bestuurlijk niveau is afgesproken om deze gezamenlijk met het project Cuijk-Ravenstein uit te werken en te realiseren: zogeheten meekoppelkansen.

Het gaat dan om het verbeteren van de kwaliteit van andere functies op of langs de dijk, bijvoorbeeld op het gebied van recreatie (door toevoegen van fiets- en wandelpaden) of verkeer (door met een aangepaste weginrichting de verkeersveiligheid te bevorderen).

De invulling van deze secundaire doelstelling volgt uit verschillende sporen. Deze komt voort uit:

- (beleids)ambities en wensen van de samenwerkpartners (gemeenten en provincie);
- wensen die door bewoners en andere belanghebbenden zijn aangedragen (met name rondom inpassing);
- het Ruimtelijk Kwaliteitskader (RKK) en geactualiseerd Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld dat door het waterschap voor dit project is opgesteld.

Diverse meekoppelkansen zijn in de verkennings- en planuitwerkingsfase onderzocht. Een gedeelte van deze meekoppelkansen is uiteindelijk ook opgenomen in het projectbesluit. Dit zijn:

- Herinrichting Koninginnedijk;
- Herinrichting N321;
- Beerse overlaat;
- Herstel beekmonding Raam;
- Recreatieve voorzieningen op/aan de dijk;
- Voetpad tuimeldijk Neerloon.

In onderstaande paragrafen 2.3.1 en 2.3.2 volgt een uitgebreidere toelichting op deze meekoppelkansen. Voor het al dan niet integreren van meekoppelkansen in het projectbesluit is onder andere afgewogen of de meekoppelkans een waterschapstaak betreft (5.44 jo. 2.17 1 sub a Ow) door na te gaan of waterschap initiatiefnemer en/of bevoegd gezag is en of het project na realisatie in eigen beheer/eigendom komt bij het waterschap.

Naast de in het projectbesluit te integreren meekoppelkansen, kunnen besluiten over meekoppelkansen ook worden meegenomen in de procedure van de gecoördineerde besluitvorming indien deze gelijktijdig kunnen worden doorlopen en uitgevoerd. Hieronder volgt een overzicht om welke meekoppelkansen het gaat (over welke er een positief besluit is genomen en of deze vervolgens wel/niet meegaan in het projectbesluit).

2.3.1 Proces meekoppelkansen

Stakeholders en samenwerking

Waterschap Aa en Maas wil de dijk niet alleen sterker maken, maar waar mogelijk ook mooier, beter en passender. Daarom is ruimte gemaakt in het proces om wensen, ambities en ideeën van andere partijen in het gebied te koppelen aan de dijkverbetering als zogenaamde ‘meekoppelkans’. Meekoppelkansen vormen de invulling van de verschillende gebiedsambities die het waterschap, gemeenten en de provincie nastreven en kunnen ook particuliere initiatieven zijn. Deze meekoppelkansen betreffen meer dan alleen de wettelijke inpassingsopgave. Daarom zijn ze als zodanig los beschouwd in het proces en in de uitwerking.

Voor de meekoppelkansen is medewerking van andere stakeholders dan het waterschap nodig. Bij de start van de verkenningsfase is door het waterschap, betrokken gemeenten en de provincie een intentieverklaring ondertekend. Hierin spraken partijen af zich in te zetten om te komen tot een voorkeursalternatief waarbij de doelstellingen van de partners zo goed mogelijk tot hun recht komen. Ook met Rijkswaterstaat wordt

samengewerkt in het project. Voor het succesvol meekoppelen van de verschillende wensen, ambities en ideeën is er voor iedere meekoppelkans een eigenaar die ook verantwoordelijk is voor de financiering van het initiatief.

Tussen de bestuurlijke stakeholders (waterschap, provincie en de drie gemeenten) is aan het eind van de verkenningsfase vervolgens een samenwerkingsovereenkomst vastgesteld waarin de meekoppelkansen zijn benoemd om nader uit te werken in de planuitwerkingsfase.

De signalering en uitwerking van meekoppelkansen in de verschillende stappen van de planvorming is hieronder beschreven:

- In de verkenningsfase zijn meekoppelkansen gesignaleerd in afstemming met de samenwerkpartners. Alle meekoppelkansen die door Aa en Maas, partners en andere belanghebbenden zijn aangedragen zijn onderdeel geweest van de verkenning van de gebiedsopgave zoals ook is beschreven in de IUN. Bij het samenstellen van de kansrijke alternatieven in de verkenningsfase en het voorkeursalternatief is de haalbaarheid van de verschillende meekoppelkansen beoordeeld. Voor meekoppelkansen waar gemeenten of provincie initiatiefnemer zijn, zijn verschillende overleggen en schetssessies georganiseerd. Hierin is gezamenlijk onderzocht op welke manier de dijkverbetering en de meekoppelkans samen gerealiseerd kunnen worden. Ook tijdens de werkateliers en de dijkgesprekken is de haalbaarheid besproken waarbij vooral het draagvlak is getoetst. Bij het opstellen van de kansrijke alternatieven in de verkenningsfase werd al geconstateerd dat veel meekoppelkansen meerwaarde kunnen bieden maar ook onafhankelijk van de gekozen veiligheidsmaatregelen kunnen worden gerealiseerd. De haalbaarheid is niet onlosmakelijk verbonden met het dijkontwerp. Dat betekent dat veel meekoppelkansen ook in de planuitwerking nog verder ingevuld en ontworpen konden worden (deze stonden op een zogenaamde menukaart). In de Nota Voorkeursalternatief zijn ook de meekoppelkansen beschreven die reeds in de ‘kansrijke alternatieven’-fase waren afgevallen (inclusief onderbouwing van de afweging). De meekoppelkansen die nader zijn onderzocht in de planuitwerking zijn in de nota voorkeursalternatief verzameld op de zogenoemde ‘menukaart’.
- Als onderdeel van de planuitwerkingsfase is een deel van de meekoppelkansen nader uitgewerkt. De gesignaleerde meekoppelkansen in de verkenningsfase (zoals beschreven in het VKA) enerzijds en de daadwerkelijk nader onderzochte meekoppelkansen in de planuitwerkingsfase anderzijds zijn niet een-op-een dezelfde (niet alle gesignaleerde meekoppelkansen zijn meegenomen naar de uitwerkingsfase en andersom zijn ook nog enkele ‘extra’ meekoppelkansen bekeken). De meekoppelkansen zijn in afstemming met de betreffende eigenaar van iedere meekoppelkans uitgewerkt tot op het niveau om een besluit te nemen over het wel/niet uitvoeren als onderdeel van het dijkversterkingsproject.
- Op basis van de uitwerking in de planuitwerkingsfase is door WSAM en/of stakeholders (eigenaren) besloten welke meekoppelkansen daadwerkelijk meegenomen zijn in het project. Deze keuze is door de initiatiefnemers gemaakt op basis van aspecten zoals haalbaarheid, vergunbaarheid en betaalbaarheid. Naar aanleiding hiervan zijn wederom diverse meekoppelkansen afgevallen. Voor de meekoppelkansen die in het project worden meegenomen, is beoordeeld of deze passen binnen de kaders van de procedure voor het projectbesluit. Indien dat niet het geval is kan er een ander besluit nodig zijn (en wordt in dit MER de meekoppelkans verder niet behandeld).

2.3.2 Meekoppelkansen in planuitwerkingsfase

Hieronder is een overzicht opgenomen van de gesignaleerde, uitgewerkte en uiteindelijk in het project meegenomen meekoppelkansen. Meekoppelkansen die reeds in de verkenningsfase zijn afgevallen, bijvoorbeeld de meekoppelkans om een nieuwe doorvaart te realiseren naar de Kraaijenbergse plassen, zijn niet meer opgenomen in dit overzicht (zie daarvoor de Nota VKA). De in de Nota VKA genoemde meekoppelkansen Ganzenorgel, Monument Thompson en Vergeten sluisje zijn uiteindelijk niet opgenomen in

de Samenwerkingsovereenkomst (SOK) vanuit keuze van de betreffende initiefnemer (gemeente) en dus niet nader onderzocht in de planuitwerkingsfase (zoals hieronder ook zichtbaar in de tabel).

Tabel 2-2 Overzicht meekoppelkansen

Meekoppelkansen zoals in beeld bij VKA* (tussen haakjes betreffende initiatiefnemer)	Meekoppelkans onderzocht in Planuitwerking	Positief besluit over meekoppelkans door betreffende stakeholder(s) n.a.v. onderzoek tijdens planuitwerkingsfase	Op welke manier onderdeel van procedure? (wel/niet meenemen in projectbesluit)
Herstel halfbastion Blauwkop (gemeente Land van Cuijk)	Ja	Ja	Wordt niet meegenomen in het projectbesluit
Herinrichten Koninginnedijk (gemeente Land van Cuijk)	Ja	Ja (in aangepaste vorm)	Wordt als onderdeel van het dijkontwerp meegenomen in het projectbesluit
Ganzenorgel (gemeente Land van Cuijk)	Is komen te vervallen	N.v.t.	N.v.t.
Monument Thompson (gemeente Land van Cuijk)	Is komen te vervallen	N.v.t.	N.v.t.
Vergeten sluisje (gemeente Land van Cuijk)	Is komen te vervallen	N.v.t.	N.v.t.
Recreatieve aansluiting dijkje Klooster Velp (gemeente Land van Cuijk)	Ja	Nee (vervalt)	N.v.t.
Recreatieve aansluiting Romeinse Oversteek (gemeente Oss)	Ja	Nee (vervalt)	N.v.t.
Beerse overlaat (WSAM)	Ja	Ja	Wordt als onderdeel van het dijkontwerp meegenomen in het projectbesluit
Herstel Beekmonding Raam (WSAM)	Ja	Ja	Wordt als onderdeel van het dijkontwerp meegenomen in het projectbesluit
Aanbrengen doorgaande fietsroute Cuijk-Grave (gemeente Land van Cuijk)	Ja	Ja	Mee in het projectbesluit daar waar het bestaand fietspad betreft. Nieuwe gedeelten van het fietspad niet in projectbesluit.
Fietsbrug bij keersluis Cuijk (gemeente Land van Cuijk)	Ja	Nee (vervalt)	N.v.t.
Fietspad Reek-Overlangel benedendijks (gemeenten Land van Cuijk, Oss en Maashorst)	Ja	Nee (vervalt)	N.v.t.
Nieuwe recreatieve voorzieningen op/aan de dijk (WSAM)	Ja	Ja	Wordt als onderdeel van het dijkontwerp meegenomen in het projectbesluit
Wandelpad Lelyzone (gemeente Land van Cuijk)	Ja	Ja	Niet meenemen in het projectbesluit
Wandelpad Lage Wijth (gemeente Land van Cuijk)	Ja (in samenhang met recreatieve aansluiting Klooster Velp)	N.v.t. (zie recreatieve aansluiting klooster Velp)	N.v.t. (zie recreatieve aansluiting klooster Velp)
Wandelpad Neerloon (gemeente Oss)	Ja	Nee (vervalt)	N.v.t.

Meekoppelkansen zoals in beeld bij VKA* (tussen haakjes betreffende initiatiefnemer)	Meekoppelkans onderzocht in Planuitwerking	Positief besluit over meekoppelkans door betreffende stakeholder(s) n.a.v. onderzoek tijdens planuitwerkingsfase	Op welke manier onderdeel van procedure? (wel/niet meenemen in projectbesluit)
Herinrichten N321 (provincie Noord-Brabant)	Ja	Ja	Wordt als onderdeel van het dijkontwerp meegenomen in het projectbesluit
-	Schans Reek ** (gemeente Maashorst)	Ja	Wordt als onderdeel van het dijkontwerp (als opwaardering van rustpunt) meegenomen in het projectbesluit
-	Voetpad tuimeldijk** (gemeente Oss)	Ja	Wordt als onderdeel van het dijkontwerp meegenomen in het projectbesluit

** NB: op dat moment was een deel van de meekoppelkansen uit de verkenningsfase al afgevallen, zie Nota Voorkeursalternatief voor een nadere beschrijving en onderbouwing*
*** Nog niet benoemd in Nota VKA maar tijdens (beginfase van) de planuitwerking in beeld gekomen en meegenomen als potentiële MKK*

Waar sprake is van opname in het projectbesluit, is de meekoppelkans in dit MER ook beoordeeld op de eventuele milieueffecten. De meekoppelkansen zijn in dit MER op dezelfde manier beoordeeld als de ontwerpoplossingen voor de waterveiligheidsopgave. In principe zijn deze meekoppelkansen namelijk onderdeel geworden van het beoordeelde ontwerp: namelijk de dijk inclusief meekoppelkansen als één integraal ontwerp. In de meeste gevallen en bij de meeste thema's is die beoordeling integraal met het dijkontwerp omdat het daar onlosmakelijk mee verbonden is geworden (bijvoorbeeld alle meekoppelkansen die infrastructuur/inrichting op de dijk betreffen). Beekmonding Raam wordt in sommige van de beoordeelde thema's wel los behandeld.

De effecten van meekoppelkansen die in de planuitwerkingsfase zijn afgevallen (meestal vanwege kostenafwegingen van de initiatiefnemer), zijn alleen beoordeeld op niveau van initiatief tijdens verkenningsfase en geven daarmee indicatief een inzicht in de effecten (al dan niet positief) die naar verwachting hadden kunnen optreden als deze doorgang hadden gevonden.

Hieronder worden de meekoppelkansen die daadwerkelijk onderdeel zijn geworden van het project kort toegelicht. Andere meekoppelkansen die niet in het projectbesluit worden opgenomen maar waar de initiatiefnemer wel een positief besluit over heeft genomen, ligt het verdere proces bij de betreffende initiatiefnemer.

Herinrichting Koninginnedijk

Gemeente Land van Cuijk wil (anders dan in het voorkeursalternatief) een tuimeldijk met vrijliggend fietspad langs de Koninginnedijk in Grave realiseren. Dit vanwege de wens om de veiligheid van fietsers (en voetgangers) op de dijk te verbeteren. Deze meekoppelkans is uitgewerkt en als zodanig ook opgenomen in het dijkontwerp. De mate waarin de dijk door deze meekoppelkans (extra) richting de rivier komt te liggen (en de bijbehorende rivierkundige compensatie) blijft beperkt doordat de bestaande weg op de Koninginnedijk dichter bij de bedrijfspanden komt te liggen en de tuimeldijk met vrijliggend fietspad op die manier gerealiseerd kan worden (er is niet méér ruimte nodig dan de oplossing zoals in de Nota VKA).

Beerse Overlaat

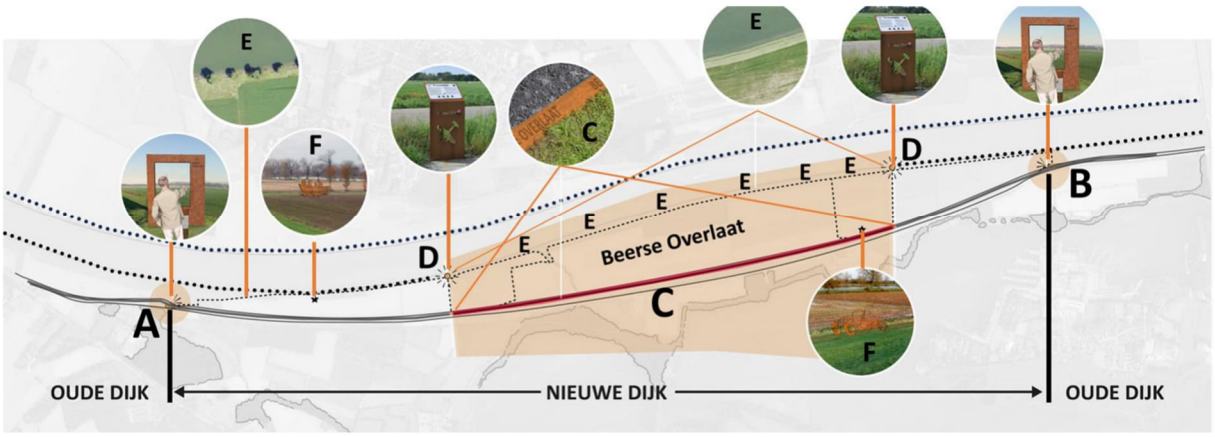
De Beerse Overlaat had tot 1942 een belangrijke watermanagementfunctie in een gebied strekkende van Cuijk tot 's-Hertogenbosch. Het heeft daarmee een belangrijke invloed gehad op de inrichting van het landschap. Maar door diverse herinrichtingsplannen sinds het sluiten van de Beerse Overlaat is de historie van het waterstaatswerk niet of onvoldoende beleefbaar. Het verdwijnt uit het collectief geheugen.

Het doel van deze meekoppelkans is het bieden van een kwaliteitsimpuls aan het deelgebied tussen de Hardweg en de Driesenweg, door het zichtbaar en beleefbaar maken van cultuurhistorisch erfgoed in het landschap: de Beerse Overlaat.

Het overstroombare gebied van de overlaat wordt beleefbaar gemaakt door de overgangen tussen oude dijken (aansluitend op hogere gronden) en de nieuwe dijk (in het overstroombare gebied) meer zichtbaar te maken. Dit is gedaan door de bochten en knikken op de overgangen te versterken. Tevens zijn juist daar rustpunten gemaakt met voorzieningen die het systeem van de overlaat zichtbaar maken en uitleggen, met uitzicht op het overstroombare gebied van de overlaat en de daadwerkelijke locatie van de overlaat. Hiervoor is een ontwerp op hoofdlijnen weergegeven in de situatietekening van Figuur 2-14 hieronder.

De Beerse Overlaat wordt weer zichtbaar en beleefbaar gemaakt door het realiseren van verschillende elementen, in de figuur aangeduid met letters (A t/m F):

- Twee markante rustpunten op beeldbepalende locaties met per rustpunt een kijkvenster gericht op de uiterwaarden en de oorspronkelijke locatie van de overlaat (A, B).
- Een verbijzondering van het fietspad parallel aan de oorspronkelijke locatie van de Beerse Overlaat, indien het fietspad over de dijk door de gemeente Land van Cuijk wordt gerealiseerd (C).
- Een informatievoorziening voor wandelaars langs de oever van de Maas en markante dijktrappen, indien het wandelpad naar de Maas door de gemeente Land van Cuijk wordt gerealiseerd (D).
- Een uitsparing in de bakenbomenstructuur langs de Maas ter plaatse van de oorspronkelijke locatie van de Beerse Overlaat (E). Voor de bakenbomen wordt op deze locatie een uitsterfbeleid gehanteerd (geen terugplanting na natuurlijke levensduur). Dit onderdeel van de meekoppelkans is geen onderdeel van het ontwerp en geen onderdeel van het projectbesluit.
- Een aantal kunstobjecten nabij de rustpunten (F) die het verhaal van de maatschappelijke impact van de overlaat op het leven van de bewoners verteld/illustreert. Dit onderdeel van de meekoppelkans is geen onderdeel van het ontwerp en geen onderdeel van het projectbesluit.



Figuur 2-14 Schetsontwerp van meekoppelkans Beerse Overlaat, met indicatieve afbeeldingen van de beoogde inrichting

Herstel Beekmonding Raam

Integraal onderdeel van het projectbesluit is het herstel van de Beekmonding Raam. Vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW) heeft het waterschap nog een opgave voor het natuurvriendelijk inrichten van de beekmonding van de Graafsche Raam. Deze opgave loopt vanaf Gemaal van Sasse tot aan de Maas met een lengte van circa 300 meter (zie Figuur 2-15 hieronder). De bedoeling is om de natuurlijke vorming van de zandwaaiermonding te versnellen door herinrichting van de beekmonding. Daarmee geeft het waterschap invulling aan de KRW-opgave en geeft het een impuls aan de ecologische potenties van de Graafsche Raam, waaronder het verbeteren van de vismigratie tussen de Maas en de vispassage. Het schetsontwerp en ruimtebeslag zijn

bepaald en daarmee op voldoende uitwerkingsniveau voor dit MER. Het exacte ontwerp wordt komende tijd nader uitgewerkt.



Figuur 2-15 Luchtfoto herstel Beekmonding Raam, bron: Cyclomedia

Nieuwe recreatieve voorzieningen op/aan de dijk

Deze meekoppelkans betreft het plaatsen van (nieuwe) recreatieve voorzieningen en verblijfplekken op en aan de dijk. Die recreatieve voorzieningen bestaan bijvoorbeeld uit bankjes/picknicktafel, een dijktrappetje, platform op de dijk, fietsnietjes en informatieborden.

Bij De Steeg wordt de bestaande recreatieve voorziening aan de dijk iets verlegd en gecombineerd met het zichtbaar maken van de Schans bij Reek. Ter plaatse is hier sprake van een rijke historie van veldslagen en oorlog (onder andere de tijdens de Spaanse Oorlog, de tijd van Napoleon en operatie Market Garden in de Tweede Wereldoorlog). De locatie is onderdeel van de Zuidwaterlinie. Om dit zichtbaar/beleefbaar te maken wordt een recreatief rustpunt aangelegd in de vorm van een schans met daarbij een historisch informatiepunt.

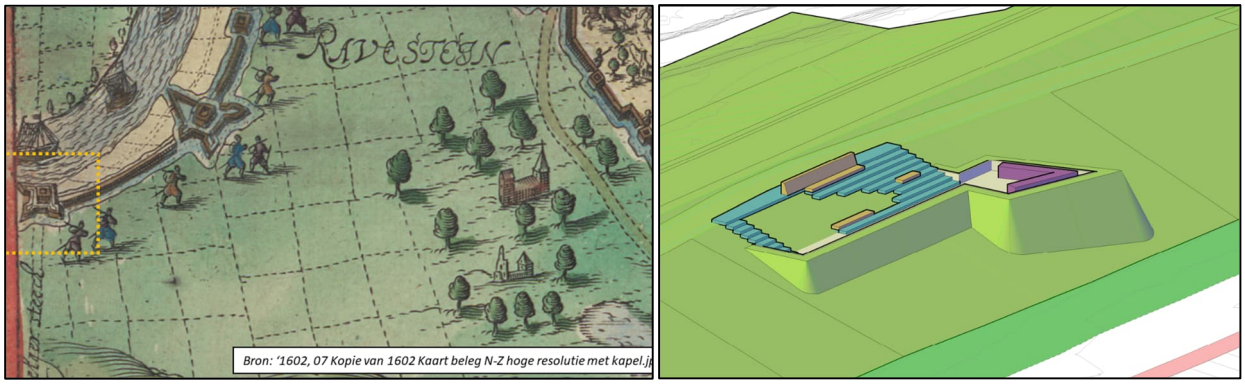
Herinrichting N321

Deze meekoppelkans betreft de reconstructie van de N321. Deze loopt over een deel van de dijk ten oosten van Grave. Om de verkeersveiligheid en doorstroming te verbeteren, zijn diverse maatregelen overwogen.

In het huidige ontwerp voor de N321 is deze meekoppelkans vormgegeven met beperkte aanpassingen die beter passen bij de huidige standaarden (duurzaam veilig). Hiervoor wordt een iets breder wegprofiel gerealiseerd met tussenberm en bredere bermen aan weerszijde van de weg. Daarnaast wordt op de kruising van de N321 met de Estersveldlaan een rotonde gerealiseerd. De dijk komt als gevolg hiervan beperkt verder buitenwaarts te liggen (rivierkundig getoetst bij RWS en haalbaar bevonden).

Schans Reek

Deze meekoppelkans, geïnitieerd door de gemeente Maashorst, betreft een recreatieve voorziening die qua vormgeving, beleving en informatievoorziening verwijst naar de schans die daar ooit lag als onderdeel van de tijdelijke circumvallatielinie bij de belegering van Grave in 1602.



Figuur 2-16 In het gele vierkant in de linker afbeelding de originele schans. Rechts het schetsontwerp.

Voetpad tuimeldijk Neerloon

Ter hoogte van dijkvak 37 wordt een tuimeldijk aangelegd. De huidige dijk met rijbaan blijft bestaan, aan de Maaszijde komt een verhoging tegen de dijk aan. Deze meekoppelkans betreft het aanleggen van een (halfverhard) wandelpad op de tuimeldijk/de verhoging, dat tevens gebruikt zal worden voor onderhoud (maaien van de taluds).

2.4 Proces en besluitvorming

Van opgave naar projectbesluit

In de hoofdstukken 4 en 5 wordt het doorlopen proces van opgave tot en met ontwerp ten behoeve van het projectbesluit uitvoerig beschreven. Het ontwerp is tot stand gekomen middels een proces waarin het detailniveau van het ontwerp gaandeweg steeds verder toenam (van grof naar fijn). De verkenningsfase betreft het proces van trechtering en besluitvorming over alternatieven met uiteindelijk de totstandkoming van het voorkeursalternatief. In die fase zijn milieu-aspecten meegewogen op basis van effectbeoordelingen op alternatieven. In de planuitwerkingsfase is vervolgens het voorkeursalternatief verder uitgewerkt. In deze fase heeft opnieuw een beoordeling van milieueffecten plaatsgevonden op basis van het uitgewerkte ontwerp (beschreven in dit MER).

De uitkomsten hiervan zijn meegenomen in de totstandkoming van het uiteindelijke definitieve vergunningenontwerp ten behoeve van het projectbesluit voor de dijkverbetering.

Hoofdvergunningen en coördinatie

Naast het projectbesluit zijn vergunningen nodig om de dijkverbetering mogelijk te maken. Voor de hoofdvergunningen geldt dat deze verplicht gecoördineerd ter inzage moeten worden gelegd (zie de artikelen 5.45 lid 2, 5.46 lid 2 en 16.7 Ow). De coördinatieprocedure staat beschreven in afdeling 3.5 van de Awb.

Voor dit projectbesluit zijn Gedeputeerde Staten van de provincie Noord-Brabant het coördinerend bevoegd gezag. De coördinatie betekent dat de ontwerpbesluiten en de definitieve besluiten van dit projectbesluit en de hoofdvergunningen tegelijkertijd ter inzage worden gelegd en worden bekend gemaakt.

Het is mogelijk om besluiten in tranches te coördineren. Voor deze fase van het project is ervoor gekozen om hoofdvergunningen te coördineren met het projectbesluit. In tabel 2-3 hieronder staat een overzicht van de hoofdvergunningen.

Tabel 2-3: Overzicht hoofdvergunningen

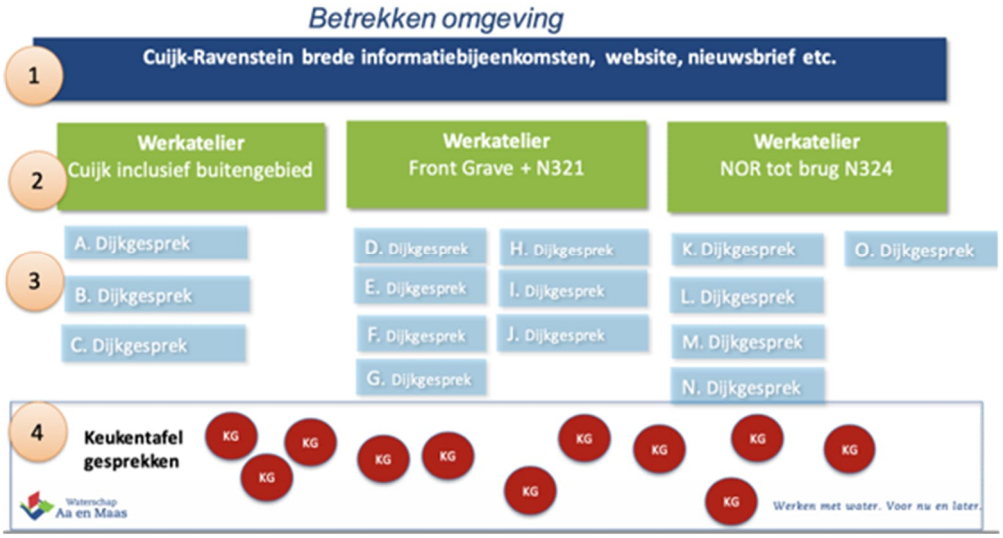
Vergunning	Activiteit	Bevoegd gezag
Omgevingsvergunning Flora- en fauna-activiteit	Verstoring beschermde diersoorten	Provincie Noord-Brabant (mandaat: omgevingsdienst: Brabant Noord)
Ontgrondingsactiviteit	Graven uiterwaardverlaging en beekmonding Raam	Provincie Noord-Brabant (mandaat: omgevingsdienst Zuidoost-Brabant)
Omgevingsvergunning monumenten en bouwen	Ingrepen bij kademuur Grave en aanwijzen verticale constructiezones	Gemeente Land van Cuijk
Omgevingsvergunning bouwen	Aanwijzen verticale constructiezones	Gemeente Oss
Omgevingsvergunning bouwen	Aanwijzen verticale constructiezones	Gemeente Maashorst
Beperkingengebiedactiviteit	Activiteiten in het beheergebied van het Rijk	Ministerie van I&W (mandaat: Rijkswaterstaat)

Uitvoeringsvergunningen

Nog niet alle vergunningen kunnen in deze fase worden aangevraagd, omdat hiervoor een meer gedetailleerd ontwerp nodig is. Deze vergunningen worden in de realisatiefase aangevraagd door de aannemer. Ook vergunningen en meldingen die nodig zijn voor de daadwerkelijke uitvoering zoals aanleg/gebruik van tijdelijke bouwwegen, het oprichten van een tijdelijke depot, lozingsactiviteiten en dergelijke worden aangevraagd door de aannemer, voorafgaand of tijdens de realisatie.

2.5 Participatie

Goede samenwerking met de omgeving is essentieel voor een het succesvol tot stand brengen van de dijkverbetering. Daarom zijn belanghebbenden middels een zorgvuldig participatieproces betrokken. In deze paragraaf is beschreven hoe participatie heeft plaatsgevonden in de verkenningsfase (paragraaf 0) en de planuitwerkingsfase (paragraaf 2.5.2). De participatie-aanpak is in lijn met het participatiebeleid van waterschap Aa en Maas (vastgesteld juli 2022) en anticiperend op het belang van participatie onder de Omgevingswet. Onderstaande figuur geeft een overzicht van hoe de omgeving bij dit project betrokken is.



Figuur 2-17 Overzicht betrekken van de omgeving

2.5.1 Participatie verkenningsfase

Formele inspraak m.e.r.-procedure/Notitie Reikwijdte en Detailniveau
In de verkenningsfase vond ook een formeel inspraakmoment plaats inzake de procedure milieueffectrapportage. Begin 2022 kon iedereen een zienswijze indienen op de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) van het op te stellen Milieueffectrapport (MER). Daarbij werd de NRD door de provincie Noord-Brabant als coördinerend bevoegd gezag ter inzage gelegd. Zienswijzen konden zowel online als per post worden ingediend. In totaal zijn er dertien zienswijzen binnengekomen. Ook de commissie voor de milieueffectrapportage en Brabant Advies hebben een advies gegeven op de NRD. Alle zienswijzen zijn van een reactie voorzien in de Nota van Zienswijzen. Deze nota is aan alle indieners van een zienswijze toegestuurd. gedeputeerde staten van Noord-Brabant hebben met de NRD en de Nota van Zienswijze de reikwijdte en het detailniveau van de m.e.r.-procedure op 6 september 2022 vastgesteld.

Omgevingsparticipatie
Op de projectwebsite www.aaenmaas.nl/cuijkravenstein zijn de relevante documenten ten aanzien van de m.e.r.-procedure te vinden. Vanaf de start van de verkenningsfase werkt het waterschap samen met de omgeving. Belanghebbenden zijn niet alleen de gebiedspartners binnen het projectgebied (gemeenten en provincie), maar ook belangenorganisaties en bewoners, (agrarische) bedrijven en eigenaren rondom de dijk. Daarnaast kunnen bijvoorbeeld ook recreanten, natuurliefhebbers of weggebruikers belanghebbenden zijn. Alle belanghebbenden zijn door het waterschap uitgenodigd om mee te denken met de plannen voor de dijkverbetering via informatiebijeenkomsten en werkateliers. In deze paragraaf wordt dit nader beschreven.

Voor het meedenken over de oplossingen is bij de start van de verkenning een werkateliergroep samengesteld. Hierin namen bewoners, agrariërs, bedrijven, natuurverenigingen en de gebiedspartners deel. In acht bijeenkomsten, die begeleid werden door de landschapsarchitect, zijn belangen, ambities en wensen geïnventariseerd en zijn de verschillende afwegingen - van mogelijke oplossingen naar kansrijke alternatieven naar het voorkeursalternatief - getoetst. De werkateliers zijn veelal per deelgebied (Cuijk, Grave en Neerloon-Overlangel-Reek) georganiseerd. Deze vorm van participatie heeft bijgedragen aan het ontwerp van het voorkeursalternatief.

Vóór ieder besluit over de belangrijkste stappen (uitgangspunten, mogelijke oplossingen, kansrijke alternatieven en het voorkeursalternatief) is met de omgeving in gesprek gegaan via informatiebijeenkomsten. In het begin van de verkenningsfase vanwege de coronamaatregelen vooral digitaal en later wanneer het mogelijk was ook in de vorm van fysieke bijeenkomsten.

Gedurende de verkenningsfase zijn de volgende werkateliers en bijeenkomsten gehouden:

- september 2020: informatiebijeenkomst start verkenningsfase;
- oktober 2020: werkatelier 1 – start verkenningsfase;
- december 2020: werkatelier 2 – bouwstenen;
- februari 2021: werkatelier 3 – samenstellen mogelijke oplossingen;
- maart 2021: werkatelier 4 – bespreken mogelijke oplossingen;
- juli 2021: werkatelier 5 – afwegen mogelijke oplossingen;
- juli 2021: digitale informatiebijeenkomst met presentatie mogelijke oplossingen;
- september 2021: werkatelier 6 – bespreken kansrijke alternatieven en aanpak milieueffectrapportage;
- januari 2022: informatiebijeenkomst kansrijke alternatieven en aanpak milieueffectrapportage;
- april 2022: werkatelier 7 – samenstellen voorkeursalternatief;
- juni 2022: werkatelier 8 – toelichten voorkeursalternatief.

Daarnaast hebben er diverse dijkgesprekken (keukentafelgesprekken) plaatsgevonden met verschillende stakeholders over specifieke wensen, zorgen en belangen. Van de dijkgesprekken zijn afzonderlijke verslagen gemaakt (die vervolgens met de betreffende stakeholders zijn gedeeld).

Via nieuwsbrieven en berichten op de projectwebsite zijn belanghebbenden regelmatig geïnformeerd en betrokken. De projectwebsite is als centrale plaats ingezet om op een transparante manier informatie te geven. Ten slotte is in de laatste fase van de verkenning met een aantal partijen/bewoners in gesprek gegaan over specifieke onderwerpen of locaties. Deze dijkgesprekken dienden enerzijds om nog beter te begrijpen wat de ideeën en wensen zijn. Aan de andere kant zijn deze gesprekken benut om de twee kansrijke alternatieven voor te leggen en te onderzoeken welke aandachtspunten en voorkeuren de omgeving heeft. Met de gemeente Land van Cuijk is in deze periode ook een intensievere samenwerkvorm gevolgd waarbij de veiligheidsmaatregelen en eisen/wensen voor een goede ruimtelijke kwaliteit nauw zijn afgestemd.

Alle verzamelde wensen en ideeën zijn geregistreerd zodat ze expliciet in het besluitvormings- en ontwerpproces meegewogen konden worden. Bij het opstellen van het voorkeursalternatief is afgewogen of deze 'klanteisen' konden worden gehonoreerd, afgewezen of doorgeschoven naar de volgende fase van het project. Dit laatste is van toepassing wanneer keuzes in de verkenningsfase nog niet gemaakt konden worden of nog niet relevant waren.

2.5.2 Participatie planuitwerkingsfase

Formele inspraak kennisgeving voornemen en participatie
Volgens de Omgevingswet start de projectprocedure (om te komen tot het vaststellen van een projectbesluit) Met het bekendmaken van een kennisgeving voornemen en een kennisgeving participatie. Met de kennisgeving voornemen geeft het bevoegd gezag kennis van zijn voornemen om een verkenning uit te voeren naar een (toekomstige) opgave in de fysieke leefomgeving (zoals volgt uit artikel 5.47, lid 1, Ow). Bij dit voornemen geeft het bevoegd gezag kennis van de wijze waarop burgers, bedrijven, maatschappelijke organisatie en bestuursorganen zullen worden betrokken, de kennisgeving participatie (zoals volgt uit artikel 5.47, lid 4, Ow). Voor het project is geen voorkeursbeslissing genomen als bedoeld in artikel 5.49 Ow.
De gecombineerde kennisgeving (Externe link naar kennisgeving) voornemen en participatie is gepubliceerd op 25 juli 2024. Deze kennisgeving is gedaan om (nogmaals) de gelegenheid te geven te reageren en om te voldoen aan de vereisten vanuit de Omgevingswet. De kennisgeving heeft zes weken ter inzage gelegen. Er zijn geen reacties ontvangen naar aanleiding van de kennisgeving, derhalve hebben deze ook niet geleid tot ontwerpaanpassingen of wijzigingen in het proces.

Omgevingsparticipatie
Participatie uit de verkenningsfase is in de planuitwerkingsfase voortgezet.

Projectbreed voor alle geïnteresseerden
Middels informatiebijeenkomsten, nieuwsbrieven, website en de media.

Algemene inloopbijeenkomsten
Voor alle geïnteresseerden zijn op 23, 25 en 30 juni 2025 inloopbijeenkomsten gehouden om iedere geïnteresseerde het conceptvergunningenontwerp te tonen en een algemene prestentatie over het dijkverbeteringsproject te geven. Deze bijeenkomsten zijn bezocht door ruim 250 bezoekers.

Dijkgesprekken
In de planuitwerkingsfase is de informatie steeds concreter op bepaalde stukken van de dijk. Per tracédeel spelen andere zaken; soms omdat er nog geen keuze is gemaakt voor een oplossing (de maatwerklocaties). In de planuitwerking is in kleine groepen het gesprek aangegaan met de stakeholders (bewoners, bedrijven, grondeigenaren, ambtenaren, beheerders e.d.) van de verschillende tracédelen. In deze dijkgesprekken is het conceptdijkontwerp toegelicht. Oplossingsrichtingen zijn uitgewerkt, wensen en ideeën zijn opgehaald en er is gekeken of we deze binnen de uitgangspunten van de dijkverbetering kunnen passen. Van te voren is duidelijk

aangegeven wat de uitgangspunten en randvoorwaarden zijn. Zo was helder wat vast staat en waar nog ruimte is voor ideeën.

Drie specifieke bijeenkomsten Maaskade Zuid
Voor aanwonenden en aanliggende bedrijven zijn drie avonden specifiek ingegaan op de opties, afgevallen opties en de uiteindelijke keuze voor versterking van kademuur Maaskade Zuid. Uiteindelijk is de keuze gemaakt voor het verbeteren van de kademuur door middel van een demontabele kering.

Twee specifieke bijeenkomsten N321 op de dijk
Voor aanwonenden en aanliggende bedrijven zijn twee avonden gehouden over de N321 op de dijk. Op de eerste avond heeft provincie Noord-Brabant een toelichting gegeven over de voorkeursoplossing van provincie Noord-Brabant voor de N321 en ook de mogelijke terugvalopties en alternatieven toegelicht. Op de tweede avond is het conceptdijkontwerp met daarop de voorgenomen inrichting van de N321 gepresenteerd.

Drie bijeenkomsten voor aanwonenden dijk nabij toekomstige rivierkundige compensatiemaatregel locatie
Op deze avonden voor aanwonenden en aanliggende bedrijven en grondeigenaren is ingegaan op het conceptdijkontwerp ter plaatse en voor de uiterwaarden de opties voor de rivierkundige compensatiemaatregel en de pipingmaatregel buitendijks

Twee bijeenkomsten meekoppelkansen gemeente Land van Cuijk (1) en gemeenten Oss en Maashorst (2) waarbij WSAM bij beide haar meekoppelkansen toonde
In twee openbare bijeenkomsten, één binnen gemeente Land van Cuijk en één voor gemeenten Oss en Maashorst zijn de meekoppelkansen van de betreffende gemeente(n) en het waterschap gepresenteerd. De avonden boden de ruimte voor het reageren op de meekoppelkansen en het stellen van vragen.

Keukentafelgesprekken
Met alle bewoners en bedrijven direct aan de dijk heeft het waterschap graag persoonlijk contact. Het waterschap is langs gegaan om te horen wat zorgen of aandachtspunten zijn en heeft toegelicht waar het waterschap mee bezig is. Het omgevingsteam is altijd bereid geweest individuele gesprekken aan te gaan.

Bijeenkomsten met bestuurders
De bestuurders direct betrokken bij de dijkverbetering hebben zitting in de stuurgroep. Buiten de stuurgroepvergaderingen hebben ook waar nodig bilaterale gesprekken met onder meer wethouders en het DB-lid van het waterschap plaats gevonden voor draagvlak en het beantwoorden van vragen van stakeholders. Naast bestuurlijke betrokkenheid via de stuurgroep, worden ook de bestuurlijke achterbannen (algemene besturen, staten-en raadsleden) geïnformeerd over het project. Hiertoe zijn o.a. informatiebrieven, raadsinformatiebrieven en bestuurlijke werkbezoeken ingezet.

Communicatie en participatie planuitwerkingsfase in cijfers
- Drie algemene inloopbijeenkomsten concept vergunningenontwerp voor alle geïnteresseerden (ruim 250 bezoekers);
- 225 keukentafelgesprekken bij bewoners/bedrijven/ grondeigenaren;
- 25-tal dijkgesprekken met kleine groepen aanwonenden/bedrijven/grondeigenaren;
- Diverse besprekingen met de dijkbeheerder over onder meer graverij;
- Interne update over de stand van zaken voor medewerkers WSAM (600 genodigden);
- 8 stuurgroep overleggen met bestuurders;
- 8 overleggen met de ambtelijke begeleidingsgroep (ABG);
- 7 overleggen met de ambtelijke werkgroep bevoegd gezag (AWBG);
- 14 nieuwsbrieven verstuurd in de periode van december 2022 (einde verkenning) tot heden (in totaal 10.126 ontvangers, gemiddeld 723 ontvangers per nieuwsbrief).
- Continue updates op de projectpagina www.aaenmaas.nl/cuijkravenstein.

3. Beleidskader

Wettelijke- en beleidskaders geven randvoorwaarden aan de voorgenomen activiteit. In het MER is hiermee rekening gehouden, zowel bij het opstellen van het beoordelingskader als bij de effectbeoordelingen zelf. Naast de geldende wet- en regelgeving, vormt staand beleid van overheden een kader voor het ontwerp van de dijkverbetering. Hieronder is het belangrijkste kadervormende beleid voor dit project toegelicht op respectievelijk Europees, nationaal, provinciaal, waterschaps- en gemeentelijk niveau.

3.1 Europees beleid

Vanuit Europees beleid is voor dit project de Kaderrichtlijn Water relevant.

Europese Kaderrichtlijn Water

Sinds december 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water van kracht. De belangrijkste doelstelling is het geven van een kader voor het beheer van oppervlaktewater en grondwater op basis van stroomgebieden en stroomgebiedsdistricten. De richtlijn wil het duurzaam gebruik van water bevorderen en de gevolgen van overstroming en droogte beperken. Daarnaast wil de richtlijn de aan water gebonden natuur beschermen en verbeteren met als uitgangspunt een goede ecologische toestand van het water. De Commissie Waterbeheer 21e eeuw heeft onderzocht welke maatregelen genomen kunnen worden om Nederland ook in de toekomst veilig en leefbaar te houden. De adviezen van de commissie staan in het rapport “Waterbeleid voor de 21e eeuw”. De belangrijkste aanbevelingen zijn: anticiperen in plaats van reageren, meer ruimte naast techniek en 'vasthouden-bergen-afvoeren'.

Middels het initiatief is er geanticipeerd op toekomstige hogere waterstanden. Dit is in lijn met de aanbeveling ‘anticiperen in plaats van reageren’. Ook zijn er in het ontwerp van de dijkverbetering verschillende technieken gezocht om met de toekomstige hogere waterstanden om te kunnen gaan.

3.2 Nationaal beleid

De volgende documenten zijn als zijnde nationaal beleid in deze paragraaf besproken:

- Nationale Omgevingsvisie (NOVI);
- Nationaal Water Programma 2022-2027 (NWP);
- Nationaal Deltaprogramma;
- Nationaal bestuursakkoord water;
- Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl);
- Uitvoeringsstrategie Maas en Integraal Riviermanagement;
- Beleidslijn grote rivieren (2025);
- Klimaatakkoord (2019);
- Grondstoffenakkoord;
- Deltaplan Biodiversiteitsherstel;
- Convenant Schoon en Emissieloos Bouwen.

Nationale Omgevingsvisie (NOVI)

Op 11 september 2020 is de Nationale Omgevingsvisie (hierna: NOVI) vastgesteld. De NOVI brengt middels een toekomstperspectief op 2050 de lange-termijn-visie van het Rijk op de inrichting en ontwikkeling van de Nederlandse leefomgeving in beeld. De NOVI richt zich hierin op vier prioriteiten:

1. ruimte voor klimaatadaptatie en energietransitie;
2. duurzaam economisch groeipotentieel;
3. sterke en gezonde steden en regio’s;
4. toekomstbestendige ontwikkeling van het landelijk gebied.

Het project sluit aan bij de eerste prioriteit, ruimte voor klimaatadaptatie en de energietransitie. Als onderdeel van deze prioriteiten stelt de NOVI tevens 21 nationale belangen vast, waaronder: Waarborgen van de waterveiligheid en de klimaatbestendigheid (inclusief vitale infrastructuur voor water en mobiliteit). Er worden drie elementen gegeven om de waterveiligheid te borgen; waaronder inzet op het voorkomen van een overstroming door sterke dijken, dammen en duinen. Hiervoor wordt als opgave gesteld “het onderhouden, versterken en het reserveren van voldoende ruimte voor primaire keringen duinen, het kustfundament en stormvloedkeringen om overstromingen te voorkomen.” Het project sluit hier goed op aan, gezien het een primaire waterkering betreft die versterkt zal worden en draagt hiermee bij aan dit nationale belang.

Nationaal Water Programma 2022-2027 (NWP)

Het landelijk en regionaal waterbeleid wordt vastgelegd in waterprogramma’s. Het Rijk doet dit voor de rijkswateren in het Nationaal Water Programma (hierna: NWP). Voorheen werd dit vastgelegd in het Nationaal Waterplan en het Beheerplan voor de Rijkswateren. In het NWP staat welke maatregelen genomen moeten worden om Nederland veilig en leefbaar te houden en om de kansen die water biedt, te benutten. Dit is belangrijk om meer samenhang in het waterbeleid aan te brengen en om voor te bereiden op klimaatverandering.

In het NWP worden de nieuwe veiligheidsnormen voor primaire waterkeringen van het waterveiligheidsbeleid benoemd, die sinds 1 januari 2017 gelden. Deze normen zijn gebaseerd op een overstromingsrisico-benadering en stellen dat in 2050 al deze waterkeringen aan de wettelijke normen dienen te voldoen. Uit de wettelijke veiligheidsbeoordeling is gebleken dat het normtraject waar het circa 21 km lange dijktraject dat verbeterd zal worden in dit project onder valt, niet voldoet aan de waterveiligheidsnormen. Het project heeft als doel om urgent en doelmatig deze primaire waterkering te versterken en sluit hiermee aan op de doelen in het NWP.

Nationaal Deltaprogramma

Ieder jaar stelt de Deltacommissaris een Deltaprogramma op. In het Nationaal Deltaprogramma werken Rijk, provincies, waterschappen en gemeenten samen onder regie van de Deltacommissaris aan de grote opgave van klimaatadaptatie tot 2050 en voor de lange termijn. Dit omvat doelen voor waterveiligheid, beschikbaarheid van zoetwater en ruimtelijke adaptatie. Voor het thema waterveiligheid is het Deltaplan Waterveiligheid een onderdeel van het Nationaal Deltaprogramma. Hierbinnen is het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) het grootste uitvoeringsprogramma. Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein is onderdeel van het HWBP.

Nationaal bestuursakkoord water

Het Rijk, de Vereniging van Nederlandse Gemeenten (VNG), het Interprovinciaal Overleg (IPO), de Unie van Waterschappen (UvW) en de Vereniging van waterbedrijven in Nederland (Vewin) sloten in 2011 het Bestuursakkoord Water (BAW). In het Bestuursakkoord Water is afgesproken om de doelmatigheid van het waterbeheer te vergroten. Minder bestuurlijke drukte, heldere verantwoordelijkheden, slim en kosteneffectief samenwerken staan centraal in deze afspraken. Het doel van het Bestuursakkoord Water is te blijven zorgen voor:

- veiligheid tegen overstromingen;
- een goede kwaliteit water;
- voldoende zoet water.

Op 31 oktober 2018 hebben de waterpartners aanvullende afspraken gemaakt op het Bestuursakkoord Water:

- de kansen van de informatiesamenleving;
- de risico’s van digitale dreigingen;
- het succes van regionale samenwerking tussen gemeenten, waterschappen en drinkwaterbedrijven;
- implementatie van de Omgevingswet in de waterketen.

Het initiatief draagt bij aan het verbeteren en/of het blijven faciliteren van de veiligheid tegen overstromingen.

Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl)

In het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) staan regels over omgevingswaarden, instructieregels, beoordelingsregels en regels voor monitoring. Het Bkl geldt voor het Rijk en decentrale overheden. Uit het Bkl vloeit tevens de ladder voor duurzame verstedelijking voort. Het voorgenomen initiatief wordt niet beschouwd als een nieuwe stedelijke ontwikkeling. Een toetsing aan de ladder is derhalve niet nodig.

Uitvoeringsstrategie Maas en Integraal Riviermanagement

De Adaptieve Uitvoeringsstrategie Maas (AUM) is een pakket van potentiële rivierverruimende maatregelen. Beoogd wordt om een waterstandslijn voor de periode 2020-2050 beleidsmatig vast te leggen. De borging loopt via het spoor van Integraal Riviermanagement.

Binnen het programma Integraal Riviermanagement (IRM) werken regionale overheden en het Rijk vanuit één gezamenlijke visie samen aan een veilig, bevaarbaar, vitaal en aantrekkelijk Maas- en Rijngebied, dat duurzaam is te beheren en voorbereid is op de toekomst. Dit wordt gedaan met inbreng van maatschappelijke organisaties en andere belangengroeperingen en kennisinstellingen.

Beleidslijn groten rivieren

De beleidslijn (Rijkswaterstaat, 2025) schrijft voor welke activiteiten binnen het rivierbed van de grote rivieren zijn toegestaan en onder welke voorwaarden. De rivierkundige voorwaarden zijn nader uitgewerkt in het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK), welke gebruikt wordt bij vergunningsplichtige activiteiten. De beoogde maatregelen in de uiterwaarden moeten hieraan getoetst worden.

Klimaatakkoord (2019)

In het Klimaatakkoord hebben overheden, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties samen afspraken gemaakt over welke maatregelen genomen dienen te worden om de uitstoot van broeikasgassen in Nederland tegen te gaan. Dit volgt uit het internationale akkoord van Parijs, de inhoud daarvan is in Nederland vastgelegd in de Klimaatwet. Het Klimaatakkoord geeft hiermee invulling aan de doelen uit de Klimaatwet. Verschillende sectoren hebben zelf hun eigen doelen gesteld en maatregelen bepaald. Het duurzaamheidsbeleid van Waterschap Aa en Maas is opgesteld binnen de doelen uit het Klimaatakkoord.

3.3 Provinciaal beleid

Provinciaal relevant beleid voor de fysieke leefomgeving betreft de provinciale Omgevingsvisie, de Omgevingsverordening en de Beleidsregel omgevingsrecht van de provincie Noord-Brabant.

Omgevingsvisie provincie Noord-Brabant

De provincie Noord-Brabant heeft op 14 december 2018 de omgevingsvisie Noord-Brabant “De kwaliteit van Brabant” vastgesteld. Het doel van de visie is om de kwaliteit van de leefomgeving voor alle Brabanders te verbeteren. In de visie is geformuleerd hoe de Brabantse leefomgeving er in 2050 uit moet zien. Daarbij zijn tussendoelen gesteld voor 2030 om het einddoel te kunnen bereiken.

De basisopgave van de visie is het werken aan veiligheid, gezondheid en omgevingskwaliteit. Deze basisopgave is veelomvattend en gaat over milieuaspecten zoals een schone bodem, schoon water (ondergrond) en schone lucht. Maar ook over landschappelijke- en cultuurhistorische aantrekkelijkheid, een goede woon- en werkomgeving met een aantrekkelijk aanbod aan voorzieningen, stilte en een natuurrijke omgeving, waarin biodiversiteit en recreatie hand in hand gaan. Voor 2030 heeft Brabant een aanvaardbare leefomgevingskwaliteit en voldoet het voor alle aspecten aan de wettelijke normen. Voor 2050 presteert Brabant voor alle aspecten beter dan de wettelijke normen.

Naast de basisopgave staan er in de omgevingsvisie ook vier hoofdopgaven, namelijk:

I. Werken aan de Brabantse energietransitie.
II. Werken aan een klimaatproof Brabant: In 2030 zijn de eerste grote gebiedsopgaven ten behoeve van waterrobuustheid gerealiseerd. In 2050 is Brabant klimaatbestendig en waterrobuust ingericht.
III. Werken aan de slimme netwerkstad.
IV. Werken aan concurrerende, duurzame economie.

Bij opgave II speelt waterveiligheid een belangrijke rol in het bestendig maken van de provincie tegen de effecten van klimaatverandering. Het initiatief draagt bij aan de waterveiligheid, door de dijkverbetering over een lengte van 21 kilometer aan de Brabantse zijde van de Maas.

Omgevingsverordening Noord-Brabant

De Omgevingsverordening Noord-Brabant (hierna: omgevingsverordening) is op 1 januari 2024 in werking getreden. De Omgevingsverordening is een nadere uitwerking van de Omgevingsvisie, waarin regels staan over allerlei activiteiten in de fysieke leefomgeving. Deze regels zijn nodig om de ambities van de Omgevingsvisie te realiseren.

Vanuit de Omgevingsverordening gelden er verschillende provinciale aanwijzingen voor het initiatiefgebied Cuijk-Ravenstein. Deze zijn relevant voor het uitwerken van het project (tabel 3-1).

Tabel 3-1 *Relevante bepalingen Omgevingsverordening Noord-Brabant voor het projectgebied*

Thema	Bepalingen van toepassing op het projectgebied
Aardkundige, cultuurhistorische en Groenblauwe waarden	Groenblauwe waarden Aardkundige waarden Cultuurhistorische waarden
Natuur- en stiltegebieden	Natuur Netwerk Brabant Natuur Netwerk Brabant – ecologische verbindingszone Behoud en herstel van watersystemen
Stedelijk gebied, landelijk gebied	Landelijk gebied Stedelijk gebied (Grave en Overlangel) Natuur Netwerk Brabant
Watersystemen, -veiligheid en -berging en waterbeschermingsregels	Normvrij gebied Norm wateroverlast buiten stedelijk gebied Norm wateroverlast stedelijk gebied (Grave) Peilbesluitgebied Diep grondwaterlichaam Attentiezone waterhuishouding Geen attentiezone waterhuishouding Rivierbed Reservering waterberging
Infrastructuur	Provinciale weg (N321) Attentiezone geluid provinciale weg (N321)

Met deze bepalingen is op de volgende wijze rekening gehouden bij het ontwerp en de uitvoering van het project.

Aardkundige, cultuurhistorische en Groenblauwe waarden

Middels diverse conditionerende onderzoeken zijn de aardkundige, cultuurhistorische en groenblauwe waarden in kaart gebracht. Voor deze onderdelen is een effectbeoordeling opgenomen in dit MER.

Natuur- en stiltegebieden

Een deel van het projectgebied is aangewezen als Natuur Netwerk Brabant en als ecologische verbindingszone, zie Figuur 3-1. Voor het projectgebied is in beeld gebracht welk effect het project heeft op de Natuur Netwerk Brabant (hierna: NNB) gebieden en ecologische zones. Waar mogelijk worden mitigerende maatregelen genomen. Voor verloren NNB-gebieden en ecologische verbindingszones wordt een compensatieplan opgesteld. Deze gebieden worden gecompenseerd conform art. 5. 30 t/m 5.39 van de omgevingsverordening Noord-Brabant gecompenseerd.

De aanduiding behoud en herstel van watersystemen ligt enkel op het deel van het projectgebied bij Beekmonding Raam. Het project ziet toe op het behoud en herstel van het watersysteem door de realisatie van een natuurvriendelijke oever.



Figuur 3-1 kaart NNB-gebieden, ecologische verbindingszones en behoud en herstel van watersystemen.

Stedelijk gebied, landelijk gebied en Natuur Netwerk Brabant

Het grootste deel van het projectgebied is in de provinciale omgevingsverordening aangewezen als landelijk gebied. Enkel delen van het dijktracé bij Grave en bij Overlangel zijn aangewezen als stedelijk gebied. Verspreid over het dijktracé is NNB-gebied aanwezig. De beoogde ontwikkeling ziet niet toe op de realisatie van veehouderijen, windturbines of zonneparken. Middels de diverse hydrologische rapporten is uitgerekend hoe het ontwerp wateroverlast in het aan te passen gebied kan minimaliseren. De NNB-gebieden die worden geraakt worden conform art. 5. 30 t/m 5.39 van de omgevingsverordening Noord-Brabant gecompenseerd. De ontwikkeling is daarom niet in strijd met deze aanduidingen van de omgevingsverordening en behoud een evenwichtige balans tussen stedelijk, landelijk en NNB-gebied.

Watersystemen, -veiligheid en -berging en waterbeschermingsregels

Wat betreft water gelden diverse aanduidingen vanuit de Omgevingsverordening Noord-Brabant zoals in Tabel is te zien. Hierbij is rekening gehouden in het ontwerp van de dijkverbetering. Waar nodig worden vergunningen voor het uitvoeren van de werkzaamheden aangevraagd.

Beleidsregel omgevingsrecht Noord-Brabant

De Beleidsregel omgevingsrecht Noord-Brabant is een document waarin de provincie Noord-Brabant de uitgangspunten vastlegt die Gedeputeerde Staten hanteren bij het uitvoeren van hun bevoegdheden op grond van de Omgevingswet en de Omgevingsverordening Noord-Brabant.

De beleidsregel bevat richtlijnen voor besluiten over onder andere:

- Omgevingsvergunningen;
- Ontheffingen;
- Adviezen en zienswijzen;
- Beroepsprocedures en interventiebesluiten;
- Toezicht, handhaving en bestuurlijke boetes.

Voor Cuijk-Ravenstein zijn met name de richtlijnen voor de beoordeling van en besluiten over omgevingsvergunningen relevant die aan de orde zijn voor de dijkverbetering.

3.4 Waterschapsbeleid

Relevant kaderstellend beleid van het Waterschap betreft:

- Waterbeheerplan;
- Waterschapsverordening Aa en Maas 2024;
- Kader Uitgangspunten Dijkversterking.

Waterbeheerplan

Op 19 november 2021 is het Waterbeheerplan van Waterschap Aa en Maas vastgesteld. Dit plan omschrijft de doelstellingen die het waterschap nastreeft in de periode 2022-2027 en de beoogde manier om deze te behalen. Het Waterbeheerplan is uitgewerkt in drie programma's. Deze zijn als volgt:

1. Waterveiligheid

Het programma Waterveiligheid heeft als doelstelling de bescherming tegen overstromingen vanuit de Maas en het regionale watersysteem.

2. Klimaatbestendig en gezond watersysteem

Het programma Klimaatbestendig en gezond watersysteem draait om een goed functionerend watersysteem in normale en in extreem droge en natte situaties, dat klimaatbestendig, robuust, veerkrachtig en stuurbaar is. Daarbij let het waterschap op de hoeveelheid – hieronder vallen goede waterpeilen, het vasthouden van water en het omgaan met wateroverlast en droogte – en op de kwaliteit van het water, zowel chemisch als ecologisch.

3. Schoon water

In het programma Schoon water speelt het zuiveren van afvalwater een centrale rol.
Voor bebouwde gebieden heeft het waterschap specifieke doelen geformuleerd. In bebouwd gebied werkt het waterschap toe naar een klimaatrobuust watersysteem waarin:

- Schoon water niet naar de zuivering gaat, maar het grondwater voedt;
- De waterkwaliteit geen risico's geeft voor de volksgezondheid en geschikt is voor een goede ontwikkeling van flora en fauna, maar ook voor recreatie en evenementen;
- De kans op wateroverlast en problemen door droogte en hittestress acceptabel is;
- De betrokkenheid en het waterbewustzijn van inwoners, bedrijven en andere stedelijke partners is toegenomen.

Deze programma's zijn verder uitgewerkt in het waterbeheerplan naar concrete doelstellingen. Deze doelstellingen vinden onder andere doorwerking in de Waterschapsverordening. Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein draagt bij aan de waterveiligheid en een kilmaatbestendig en gezond watersysteem. Het initiatief is daarmee in lijn met het Waterbeheerplan van Waterschap Aa en Maas.

Waterschapsverordening Aa en Maas 2024

De Waterschapsverordening Aa en Maas 2024 bevat alle regels over de fysieke leefomgeving die Waterschap Aa en Maas stelt binnen haar beheergebied. De Waterschapsverordening is van toepassing op de rivieren, beken, sloten, grondwater en dijken (waterkeringen) die in beheer zijn bij het waterschap. Maar ook op alle sloten en watergangen die eigendom zijn van anderen, zoals agrariërs en tuinders.

De Waterschapsverordening kent aanwijzingen voor het initiatiefgebied die waar relevant moeten worden meegenomen in het project.

Kader Uitgangspunten Dijkversterking

Het Kader Uitgangspunten Dijkversterking van Waterschap Aa en Maas beschrijft de algemene projectoverstijgende uitgangspunten die door het waterschap worden gehanteerd bij dijkversterkingen. Deze uitgangspunten zijn in project Cuijk-Ravenstein gehanteerd en waar nodig projectspecifiek gemaakt.

3.5 Gemeentelijk beleid

Als gemeentelijk kaderstellend beleid worden de omgevingsvisies van de drie gemeenten in het projectgebied gezien:

- Omgevingsvisie Land van Cuijk;
- Omgevingsvisie Maashorst;
- Omgevingsvisie Oss.

Omgevingsvisie Land van Cuijk

Aan de omgevingsvisie van gemeente Land van Cuijk wordt op dit moment nog gewerkt. Het voorontwerp is 6 februari 2025 gedeeld. Vanuit deze versie wordt in 2025 doorgewerkt naar een ontwerpversie welke ter inzage kan worden gelegd en later kan worden vastgesteld. Voor onderhavig projectbesluit (en daarmee ook dit MER) is in overleg met gemeente Land van Cuijk besloten te toetsen aan de Voorontwerp Omgevingsvisie. Deze keuze is genomen, omdat de op dit moment nog vigerende structuurvisies (Structuurvisie Cuijk, 2017; Structuurvisie gemeente Grave, 2014) gedateerd zijn.

De Omgevingsvisie voor Land van Cuijk is de integrale visie op de fysieke leefomgeving waarin de gemeente allerlei ambities op gebied van water, natuur, landbouw, klimaat, economie, energie, wonen en voorzieningen samenbrengt; gebundeld in één samenhangend plan voor een vitaal en duurzaam Land van Cuijk in 2050. Deze visie is opgedeeld in ambities en opgaven voor zes thematische visies. Deze worden hieronder kort langsgelopen.

1. Klimaat, energie en water

Ambitie: Wij werken samen aan een klimaatneutraal en klimaatbestendig Land van Cuijk door reductie van CO-2 uitstoot, duurzame energieopwek en energienetwerken en een integraal waterbeheer op basis van de kwaliteiten van bodem- en waterstructuren.

Opgaven:

- Energiebesparing, warmtetransitie en opwek van duurzame energie;
- Ontsluiten van duurzame energiebronnen en transport van energie;
- Integrale aanpak van klimaatadaptatie en duurzaam waterbeheer.

2. Natuur en Landbouw

Ambitie: Wij werken samen aan een duurzame balans tussen natuur en landbouw in Land van Cuijk. Enerzijds door het versterken van onze natuur en biodiversiteit en anderzijds het verduurzamen van landbouw met slimme innovaties voor minder milieubelasting en het sluiten van kringlopen in grondstoffen, hulpbronnen en afval.

Opgaven:

- Versterking van natuurgebieden en de biodiversiteit;
- Verduurzaming en innovatie van de landbouwsector;
- Natuur en landbouw samen voor een vitaal landelijk gebied.

3. Duurzame mobiliteit

Ambitie: Wij werken samen aan de bereikbaarheid en duurzame mobiliteit in Land van Cuijk door tverknoping van het OV-netwerk, nieuwe BRT-verbindingen en mobiliteitshubs met deelmobiliteit. We zetten ons in voor betere wandel- en fietsroutes en het ontwikkelen van multifunctionele stationsgebieden en aantrekkelijke (dorps)centra.

Opgaven: Meer veilige, gezonde en duurzame mobiliteittBetere bereikbaarheid en toegankelijkheid voor iedereentBijdragen aan een aantrekkelijk vestigingsklimaat.

4. Economie van stad en land

Ambitie: Wij werken samen aan het verduurzamen en toekomstbestendig maken van onze economie zowel in stedelijk als landelijk gebied. We stimuleren de samenwerking tussen bedrijven, kennisinstellingen, overheden en gebruikers. Dit versterkt de innovatie, veerkracht en aantrekkingskracht van onze economische ecosystemen.

Opgaven: Aantrekkelijk vestigingsklimaat met focus op agri, food, tech en health Toekomstbestendige en duurzame werklocaties in stad en landelijk gebiedmToerisme en recreatie versterken als economische drager.

5. Wonen en woonomgeving
Ambitie: Wij werken samen aan een evenwichtige woningmarkt met meer betaalbare en duurzame woningen, gericht op diverse doelgroepen met aandacht voor jongeren, starters en senioren. We zetten ons in voor de leefbaarheid en vitaliteit van de kernen met focus op voorzieningen, sociale cohesie en een groene leefomgeving.
Opgaven:

- Meer (betaalbare) woningen en meer variatie in woningen;
- Versterking van leefbaar en vitaal wonen in alle kernen;
- Verduurzamen van woningen en klimaatbestendige woonomgeving.

6. Samenleving en gezondheid
Ambitie: We werken samen aan een gezond, inclusief en duurzaam Land van Cuijk, waar de leefbaarheid en toegang tot voorzieningen voor iedereen vooropstaan. Met een groene leefomgeving die beweging en ontmoeting stimuleert. We zetten ons in voor een schone, veilige leefomgeving die bijdraagt aan het welzijn van alle inwoners.

Opgaven:

- Versterken van de leefbaarheid en voorzieningen;
- Groene, gezonde en actieve leefomgeving inrichten;
- Goede milieukwaliteit om gezondheid te beschermen.

Betekenis voor het project Cuijk Ravenstein
In de bijbehorende kaart bij de Voorontwerp Omgevingsvisie Land van Cuijk maakt het projectgebied Cuijk-Ravenstein onderdeel uit van de deelgebieden Maasoeverwal en Raamvallei. Deze worden hieronder besproken. Onderdeel van de keuzes die zijn gemaakt voor het gebied Maasoeverwal is “Versterking van het rivierlandschap met waterberging en natte natuur.” Onderdeel van de keuzes die zijn gemaakt voor het gebied Raamvallei is ‘Waterpeilverhoging met het ontwikkelen van waterberging en natte natuur’.

Het project sluit aan bij het thema klimaat, natuur en water en de opgave ‘Integrale aanpak van klimaatadaptatie en duurzaam waterbeheer’. Ook sluit het project aan bij de keuzes voor de deelgebieden Maasoeverwal en Raamvallei. Het project voorziet in de dijkverbetering van het dijktracé tussen Cuijk en Ravenstein, waarmee de dijk toekomstbestendig wordt gemaakt en overstromingsgevaar wordt beperkt.

Omgevingsvisie Oss
Het ontwerp Omgevingsvisie Oss 2024 vernieuwen, verduurzamen & verbinden heeft van 16 januari tot en met 26 februari 2025 ter inzage gelegen maar is op moment van schrijven nog niet vastgesteld. Deze paragraaf is geschreven op basis van de ontwerp-Omgevingsvisie.

De visie geeft richting aan toekomstige ontwikkelingen, initiatieven en beleid van de gemeente Oss voor de komende jaren. Daarnaast beschrijft de visie hoe de gemeente daar op hoofdlijnen uitvoering aan wil geven.

Voorafgaand aan de omgevingsvisie zijn eerst drie gebiedsvisies opgesteld: de gebiedsvisie Vitaal Buitengebied, de gebiedsvisie Stedelijk gebied Oss-Berghem en de gebiedsvisie Stadjes en Kernen. Deze drie gebiedsvisies gelden als bouwstenen voor de Omgevingsvisie en vormen samen met de ambitienota het fundament van de Omgevingsvisie.

Aan de hand van de analyse van de geschiedenis van Oss, een schets van de huidige situatie en het toekomstverhaal van Oss in 2040 gelden er vier structurerende principes: (1) de groei langs het spoor, (2) een gezonde en sociale samenleving, (3) groen en blauw verbonden en (4) ondernemersgeest Oss. Deze zijn in de visie door vertaald naar vier integrale kernambities voor Oss richting 2040:

1. Toekomstbestendige verstedelijking en vitale kernen;
2. Een gezonde, veilige en groene leefomgeving;
3. Energieneutraal, circulair en klimaatbestendig Oss in 2050;
4. Ondernemend en uitnodigend Oss.

Bijbehorende visiekaart toont welke koers de gemeente wil zetten en welke ontwikkelingen op welke locaties vorm moeten krijgen, met in elk gebied zijn eigen accent en snelheid. Kijkend naar projectgebied Cuijk-Ravenstein draagt het project in beperkte mate bij aan de locatiespecifieke visies op de visiekaart, maar is hier ook niet mee in strijd. De nadruk van het project ligt op het Maasoevergebied. Dit gebied wordt behouden en versterkt, door in te spelen op de toekomstige behoeftes van het gebied, namelijk de waterveiligheid op lange termijn. Ook is er voldoende aandacht voor ecologische en recreatieve waarde op en langs de dijk.

Het project Cuijk-Ravenstein sluit daarnaast aan op de kernambities 2 en 3 van de gemeente Oss. Het project is ten behoeve van de toekomstige waterveiligheid essentieel. Het draagt daarmee bij aan een veilige en klimaatbestendige leefomgeving. Aanvullend wordt de dijk ook zo groen mogelijk teruggebracht en worden er bijvoorbeeld voldoende recreatieve voorzieningen gecreëerd.

Omgevingsvisie Maashorst

De Omgevingsvisie van Maashorst (vastgesteld op 23 mei 2024) richt zich op de toekomst van de gemeente en heeft een driedelige missie:

I. het bevorderen van gezondheid;
II. het verbeteren van de omgevingskwaliteit;
III. het werken aan een duurzame samenleving.

De visie legt de ambities en beleidsdoelen voor de fysieke leefomgeving vast, met als doel de identiteit van de gemeente te behouden en te versterken.

De ambities van de gemeente voor een toekomstbestendige Maashorst zijn onderverdeeld in vier thema's:

1. Bodem, water en natuur
   De focus ligt op ruimte voor water, breukenstelsel en wijstverschijnsel, water vasthouden, vernatten, schoon en gezond water, vitale bodem, natuur en landschap versterken, robuust natuurnetwerk, de Maashorst, natuur tot in de kern, kern vergroenen, biodiversiteit buitengebied.
2. Transitie landelijk gebied
   De transitie van het landelijke gebied bestaat uit drie schillen namelijk: natuur centraal, gemend samenleven, agrarische productie.
3. Mobiliteitstransitie, voorzieningen & verstedelijking
   Binnen dit thema is er aandacht voor *mobiliteit* waarbij brede, veilige wandel- en fietspaden, hoogwaardige openbaarvervoerverbindingen, aanvullende mobiliteitsnetwerken en lokale/sociale vormen van mobiliteit centraal staan. Ook is er aandacht voor voldoende en goed bereikbare *voorzieningen* en duurzame en gezonde *verstedelijking*.
4. Recreatie
   De ambities is om extensieve en intensieve recreatie te versterken, terwijl het kostbare landschap van de gemeente wordt behouden.

Het project Cuijk-Ravenstein draagt bij aan de ambitie bodem, water en natuur van de Omgevingsvisie Maashorst en specifiek voor het onderdeel “Ruimte voor water”. Onder Ruimte voor water wordt benoemd dat de gemeente in de uiterwaarden en reserveringsgebieden voor waterberging langs de Maas geen nieuwe bebouwing meer toe laat om ruimte te reserveren voor toekomstige dijkversterkingen en waterbergings-locaties. Ook stellen ze de biodiversiteit in de omgeving van de dijken te willen verhogen. Het project is in lijn met deze ambitie en draagt met de natuurlijke inrichting van de dijk bij aan de biodiversiteit. Daarmee is de beoogde ontwikkeling in lijn met de Omgevingsvisie van gemeente Maashorst.

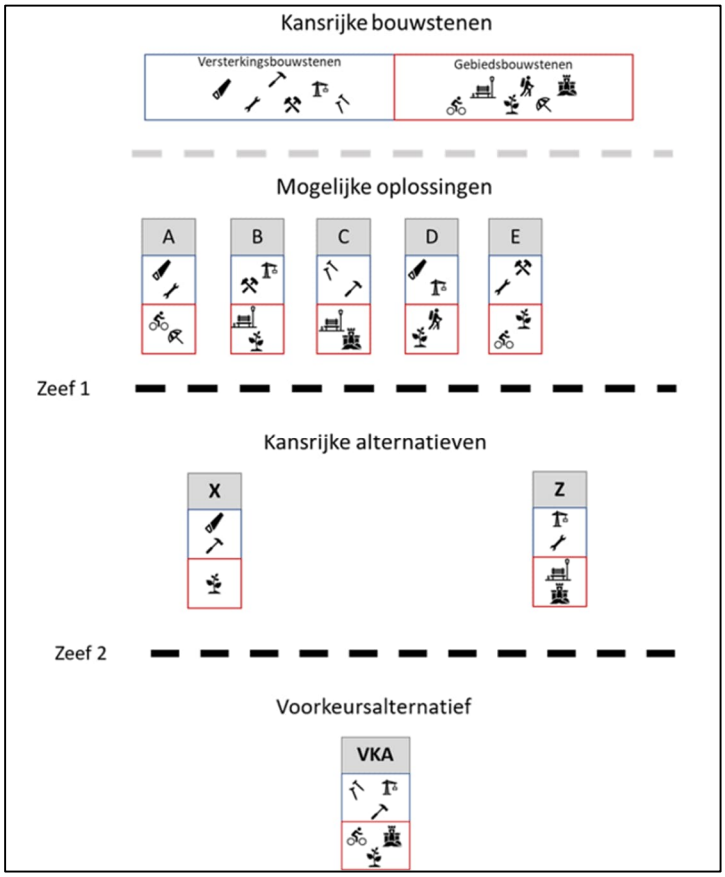
4. Trechtering van alternatieven en totstandkoming van het voorkeursalternatief (verkenningsfase)

Dit hoofdstuk beschrijft de belangrijkste resultaten van de verkenningsfase, met een toelichting op de trechtering en de totstandkoming van het voorkeursalternatief (VKA).

Paragraaf 4.1 start met een algemene beschrijving van het zeefproces in de verkenningsfase. Vervolgens is in paragraaf 4.2 ingezoomd op de kansrijke alternatieven, waaronder een beschrijving van deze alternatieven. Ook is daarin het afwegingskader beschreven dat gebruikt is bij de selectie van deze alternatieven en in het maken van een keuze voor een VKA. De milieueffecten van de kansrijke alternatieven zijn uiteengezet in paragraaf 4.3. De keuzes en milieuargumenten voor het uiteindelijk gekozen VKA komen aan bod in paragraaf 4.4.

4.1 Proces verkenningsfase

Tijdens het ontwerpproces in de verkenningsfase is vanuit een veelheid aan bouwstenen naar één VKA toegewerkt. Het ontwerpproces om te komen tot het VKA bestaat uit vier stappen. Stapsgewijs zijn achtereenvolgens ‘kansrijke bouwstenen’, ‘mogelijke oplossingen’ en ‘kansrijke alternatieven’ voor het verbeteren van de dijk afgewogen met uiteindelijk de stap van kansrijke alternatieven naar een VKA. Dit ontwerpproces van de verkenningsfase is in Figuur 4-1 weergegeven. Een beknopte toelichting op dit proces is onder de figuur uiteengezet. De verdere paragrafen in dit hoofdstuk lichten dit nader toe.



Figuur 4-1 Ontwerpproces verkenningsfase

Als eerste stap is een set mogelijke maatregelen ontwikkeld, die 'bouwstenen' zijn genoemd. De Nota Bouwstenen bevat de beschrijving en verantwoording van mogelijke maatregelen voor versterking van de waterkering (i.e. versterkingsbouwstenen), verbetering van de ruimtelijke kwaliteit en maatregelen die door stakeholders in het participatieproces zijn aangedragen (i.e. gebiedsbouwstenen). Het is de gereedschapskist voor het samenstellen van mogelijke oplossingen.

Vervolgens zijn de bouwstenen gecombineerd tot vijf mogelijke oplossingen. Een mogelijke oplossing is een logische combinatie van de verschillende bouwstenen voor de veiligheidsopgave (waterveiligheid op de verschillende faalmechanismen die in hoofdstuk 2 besproken zijn) en de inpassingsopgave. De mogelijke oplossingen (MO) zijn het resultaat van een integrale aanpak van het ontwerp voor de dijkverbetering. De MO verkennen zo een bandbreedte aan mogelijkheden: de hoeken van het speelveld (de volledige breedte aan mogelijkheden waar aan gedacht kan worden).

De kansrijke alternatieven (KA) zijn vervolgens samengesteld op basis van een beoordeling van de mogelijke oplossingen met behulp van het afweegkader (zeef 1). Het afweegkader is in de volgende paragraaf nader toegelicht. De kansrijke alternatieven zijn schetsmatig in ontwerptekeningen verbeeld en beslaan het gehele plangebied. Het zijn integrale alternatieven die onderling onderscheidend zijn.

Vanuit de KA is in de laatste ontwerpstap van de verkenningsfase het voorkeursalternatief (VKA) samengesteld. De twee KA zijn beoordeeld aan de hand van hetzelfde afweegkader. De milieueffecten van beide kansrijke alternatieven zijn beschreven in paragraaf 4.3. De twee alternatieven zijn bovendien voorgelegd aan de betrokken stakeholders en de bestuurders. De effectbeoordelingen en input zijn gebruikt om met de bouwstenen uit de kansrijke alternatieven het integrale voorkeursalternatief samen te stellen.

4.2 Ontwerpproces van uitgangspunten tot kansrijke alternatieven

4.2.1 Ontwerpstappen

In deze paragraaf is per ontwerpstap op hoofdlijnen toegelicht welke keuzes zijn gemaakt, inclusief welke afwegingen omtrent milieueffecten hebben plaatsgevonden. De essentie beschreven om het trechteringsproces in de verkenningsfase weer te geven. Bij iedere stap wordt ook specifiek ingegaan op de afweging van milieueffecten in die betreffende stap. Achtergrondinformatie is beschikbaar in de nota's die per ontwerpstap zijn opgeleverd.

Uitgangspunten

Aan het begin van de verkenningsfase is de 'Integrale Uitgangspuntennotitie Verkenningsfase' ontwikkeld. Hierin zijn organisatorische, technische, conditionerende en ruimtelijke uitgangspunten voor het dijkontwerp vastgelegd.

De organisatorische uitgangspunten (ook wel: procesuitgangspunten/procedurele uitgangspunten) gaan over de fasering van het ontwerpproces (de MIRT-systematiek) en de samenwerking met medeoverheden. Deze fasering betreft ook de stappen in verkenningsfase en planuitwerkingsfase zoals die in dit en het opvolgende hoofdstuk worden toegelicht.

De technische uitgangspunten zijn gedetailleerd opgenomen in de Technische Uitgangspuntennota (TUN) Verkenningsfase en betreffen onder andere het hanteren van klimaatscenario W+ (zoals eerder in dit document al toegelicht, zie paragraaf 2.2.1) en een ontwerplevensduur van de waterkering van vijftig jaar (voor grondoplossingen) of honderd jaar (voor constructies, met uitzondering van de muur Grave). Ook is er een voorkeur voor binnendijkse oplossingen in grond. Het debiet (hoeveel water over de dijk mag slaan bij

hoogwater) kan variëren per locatie en is een uitgangspunt dat niet op voorhand is vastgesteld. De uitgangspunten voor een goede beheerbaarheid zijn door het waterschap opgeschreven in de Basisspecificatie Dijk (BSD). Enkele voorbeelden hiervan zijn uitgangspunten voor een goede bereikbaarheid (beheerstroken), taludhellingen van 1:3 voor goed graslandbeheer, voorkomen van graafschade door bevers en dassen, beheer en onderhoud (zoals de uitgangspunten voor inrichting van beheerstroken), de betrouwbaarheid van sluiting voor kunstwerken en het zoveel mogelijk beperken van niet-waterkerende objecten in de dijk.

De uitgangspunten voor conditionering houden in dat rekening is gehouden met de aanwezige kenmerken en waarden in het gebied. Denk aan natuur, bodem, landschap, cultuurhistorie en archeologie. De manier waarop met mogelijke aantasting van deze waarden wordt omgegaan, is gebaseerd op het geldende wettelijk kader.

De ruimtelijke uitgangspunten zijn in de verkenningsfase gebaseerd op het Ruimtelijk Kwaliteitskader (RKK) en later aangevuld met het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld in de planuitwerkingsfase. Het RKK is een visie op de ontwikkeling van het gehele dijktraject en, meer in detail, op ontwerpprincipes voor dijkprofielen en voor de versterkingsopgaven. In zowel de visie als de principes is ingezet op een eenduidig beeld van de dijk. De bijbehorende ruimtelijke ontwerpuitgangspunten voor de dijkverbetering zijn in paragraaf Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. van dit MER al aan bod gekomen.

De afweging van milieueffecten in de stap ‘Uitgangspunten’ zit met name in de uitgangspunten voor conditionering (zie hierboven). Met deze uitgangspunten zijn in dit vroege stadium de benodigde milieuonderzoeken bepaald. In deze stap is ook al voorgesorteerd op het MER, omdat het beoordelingskader voor milieueffecten in de stap ontwikkeld is.

Bouwstenen

Als eerste stap in het ontwerpproces zijn bouwstenen ontwikkeld, specifiek voor het dijktraject Cuijk-Ravenstein. De Nota Bouwstenen bevat de beschrijving en verantwoording van mogelijke maatregelen voor versterking van de waterkering en verbetering van ruimtelijke kwaliteit, inclusief de maatregelen die door stakeholders in het participatieproces zijn aangedragen.

Een bouwsteen is een oplossing voor één vraagstuk. Het betreft principes die nog niet zijn vormgegeven, gedimensioneerd of uitgetekend. De bouwstenen zijn wel beoordeeld op kansrijkheid, wat betekent dat ze kunnen bijdragen aan het behalen van de doelstellingen en ambities.

Er is daarbij onderscheid gemaakt tussen technische bouwstenen (versterkingsbouwstenen) en gebiedsbouwstenen. Op basis van de veiligheidsopgave is bepaald welke versterkingstechnieken kunnen voldoen aan de waterveiligheidsdoelstelling en haalbaar zijn. Dit zijn de technische bouwstenen. Voor ieder faalmechanisme zijn diverse bouwstenen geformuleerd. Ook is bepaald welke inpassingsopgaven er zijn en welke meekoppelkansen en raakvlakken er zijn. Dit zijn de gebiedsbouwstenen, opgedeeld in categorieën (cultuurhistorie, ecologie, recreatie, verkeer woon-/werkklimaat en duurzaamheid). De gebiedsbouwstenen zijn tot stand gekomen vanuit vooronderzoek en het Ruimtelijk Kwaliteitskader, aangevuld met oogst van de eerste twee werkateliers waaraan omwonenden en belangenorganisaties hebben deelgenomen.

De versterkingsbouwstenen zijn tot stand gekomen op basis van kennis en ervaring binnen het technisch team van zowel het waterschap als het ingenieursbureau. Daarbij is gekeken naar bouwstenensets die ontwikkeld zijn voor vergelijkbare dijkverbeteringsprojecten en de laatste stand van zaken van kennisontwikkeling in onder andere de projectoverstijgende verkenningen (POV’s) van het HWBP. Op basis van expert-judgement (gezamenlijk door waterschap en ingenieursbureau) is de inschatting gemaakt of de bouwstenen maakbaar, haalbaar en uitvoerbaar zouden kunnen zijn; dit zijn de kansrijke bouwstenen. Gezien de zeer verkennende aard van deze ontwerpstap, zijn alle bouwstenen kansrijk geacht om mee te nemen naar de volgende stap, behalve de drie bouwstenen ‘overslagbestendige dijk’, ‘restaureren en beleefbaar maken historische bebouwing vesting Grave’ en ‘terugbrengen veerverbinding Grave’.

De afweging van milieueffecten in de stap ‘Bouwstenen’ is onderdeel geweest van het geheel aan ‘voor- en nadelen’ die per bouwsteen is beschreven in de Nota Bouwstenen. Hieronder vallen ook voor- en nadelen omtrent milieuthema’s.

Mogelijke oplossingen

In de ontwerpstap ‘Mogelijke oplossingen’ (vastgelegd in de Nota Mogelijke Oplossingen) is breed gekeken naar kansen die de dijkverbetering biedt en is de bandbreedte aan mogelijkheden verkend. Een mogelijke oplossing (MO) is een logische combinatie van de verschillende bouwstenen. Hierin is gestreefd naar een zo groot mogelijke ruimtelijke kwaliteit. Dat is gedaan door te zoeken naar de optimale synergie en balans tussen de maatregelen voor waterveiligheid, het verbeteren van het landschap en de invulling van wensen vanuit de omgeving. De mogelijke oplossingen zijn het resultaat van een integrale aanpak van het ontwerp voor dijkverbetering. Het samenstellen is, vanwege de integraliteit en ambitie voor maatschappelijke meerwaarde, samen met stakeholders doorlopen.

Vanuit een beschouwing op de versterkings- en de gebiedsbouwstenen is een aantal overkoepelende gebiedsthema’s naar voren gekomen die in het gebied spelen. Deze thema’s zijn beschreven en vastgelegd in de Nota Mogelijke Oplossingen.

Deze thema’s zijn vervolgens vertaald in vijf scenario’s of accenten. Deze zijn de basis voor de mogelijk oplossingen (MO). Bij elk scenario is een dijkverbeteringsstrategie uitgewerkt. De vijf scenario’s zijn:

1. Dijkverbetering met zo min mogelijk ruimtelijke impact;
2. Krachtige ontwikkeling van een vitaal en prachtig landschap;
3. Iconische cultuurhistorie en dijkverbetering verbinden;
4. Natuurlijk Maaslandschap;
5. Beleefbaar en toegankelijk Maaslandschap.

In de Nota Mogelijke Oplossingen zijn de mogelijke oplossingen uitgebreid toegelicht, inclusief visualisaties en toelichting op hoe invulling is gegeven aan de gebiedsthema’s. De scenario’s zijn daarnaast in de eerste helft van 2021 besproken met verschillende stakeholders en aangevuld/verfijnd naar aanleiding van uitgevoerde werkateliers.

Qua afweging van milieueffecten in de stap ‘Mogelijke oplossingen’ is getracht om logische combinaties van bouwstenen te maken en de hele bandbreedte van oplossingen te verkennen. Daarbij zijn bouwstenen onder andere (impliciet) gesorteerd op vergelijkbare milieueffecten. Zo is MO 1 (Dijkversterking met zo min mogelijk ruimtelijke impact) vooral bedoeld om de effecten op wonen, werken, verkeer en ruimtelijke kwaliteit zo veel mogelijk te beperken. Een ander voorbeeld is MO 4 (Natuurlijk Maaslandschap). Deze mogelijke oplossing heeft als doel om de effecten op de natuur/ecologie zo klein mogelijk te maken en bovendien de natuur in de omgeving te verbeteren. Op die manier zijn te verwachten milieueffecten van individuele bouwstenen meegewogen bij de samenstelling van de mogelijke oplossingen.

Kansrijke alternatieven

De kansrijke alternatieven (KA) zijn samengesteld op basis van de beoordeling van ieder van de vijf mogelijke oplossingen met behulp van het afweegkader voor het dijkontwerp (zie volgende paragraaf). Deze trechtering van mogelijke oplossingen naar kansrijke alternatieven is ‘zeef 1’ genoemd. In de Nota Kansrijke Alternatieven is uitgebreid beschreven hoe de kansrijke alternatieven voor de dijkverbetering tot stand zijn gekomen op basis van de beoordelingen en de voor- en nadelen van de mogelijke oplossingen uit de vorige stap. Uiteindelijk zijn er twee kansrijke alternatieven ontworpen die zijn opgebouwd vanuit de waterveiligheidsopgave. Hieronder zijn de afwegingen en keuzes in die totstandkoming toegelicht.

Eerst is gekeken naar de verschillende manieren waarop de waterveiligheidsopgave kan worden opgelost. Per faalmechanisme kunnen er immers verschillende bouwstenen zijn met een verschillend ruimtebeslag. Daarbij zijn er 3 combinaties te bedenken, mede gevormd vanuit de analyse van de mogelijke oplossingen:

1. Standaardoplossing in grond binnendijks: Hoogteopgave oplossen in grond, opgave macrostabiliteit binnenwaarts d.m.v. een binnendijkse stabiliteitsberm en de pipingopgave d.m.v. een binnendijkse pipingberm. Deze variant zou de 'standaardoplossing in grond' genoemd kunnen worden en heeft een groter ruimtebeslag dan een verticale oplossing voor piping doordat de pipingopgave volledig in grond wordt opgelost.
2. Smalle dijk, huidige kwaliteiten ontzien: Hoogteopgave oplossen in grond, opgave macrostabiliteit binnenwaarts d.m.v. een binnendijkse stabiliteitsberm en de pipingopgave d.m.v. een verticale pipingmaatregel. Het doel van deze variant zou zijn om het dijkprofiel zo smal mogelijk te houden en huidige kwaliteiten op of aan de dijk te ontzien, omdat het ruimtebeslag door de verticale pipingmaatregel kleiner is in deze variant.
3. Vertrekpunt buitendijks versterken: Hoogteopgave oplossen in grond, opgave macrostabiliteit binnenwaarts d.m.v. een binnendijkse stabiliteitsberm en de pipingopgave d.m.v. een getrapte aanpak waarbij er eerst wordt ingezet op een buitendijkse klei-inkassing en de resterende pipingopgave wordt opgelost d.m.v. een binnendijkse pipingberm. Het binnendijkse ruimtebeslag kan hierdoor op veel plekken beperkt blijven, terwijl er buitendijks kansen voor meekoppelen ontstaan door het meenemen van een buitendijkse zone in het dijkprofiel.

Uit deze varianten bleek dat er vooral onderscheid te maken is in de manier waarop er wordt omgegaan met de pipingopgave: langere binnendijkse pipingbermen, verticale oplossingen of klei-inkassingen met kleinere binnendijkse pipingbermen. Zodra de varianten 1 en 3 worden ingetekend met het ruimtebeslag van de pipingbermen erin, blijkt al snel dat er veel knelpunten ontstaan bij de vele bebouwing langs de dijk, vooral in het westelijke gedeelte van het plangebied van Neerloon tot Grave. Hier zal maatwerk geleverd moeten worden, wat vrijwel altijd zal neerkomen op een verticale maatregel, oftewel het toepassen van variant 2. Er zit nog enige vrijheid in de manier van toepassen van de verticale maatregel: alleen toepassen waar strikt noodzakelijk vanwege knelpunten met bebouwing en de rest in grond óf de verticale maatregel over een langer gebied toepassen om de 'versnippering' van het ruimtelijke beeld met overal losse stukjes berm te voorkomen. In de standaardoplossing past het beter om zoveel mogelijk in grond te werken, dus zijn de maatwerklocaties kleiner. De optie met de langere maatwerklocaties kan worden uitgewerkt in de variant Vertekpunt buitendijks versterken.

Daarnaast is er in variant 1 soms sprake van een zeer lange pipingberm van meer dan 50 meter. Dat betekent dat er (tijdelijk) veel grond moet worden verworven of werkruimte nodig is voor het aanbrengen van de pipingberm, en er is mogelijk negatieve invloed op de landbouw binnendijks. In deze gevallen kan ook worden gekozen voor het toepassen van variant 2, namelijk een verticale pipingmaatregel. Doordat variant 2 in beide andere varianten moet worden toegepast is het logischer om verder te gaan met twee varianten: de eerste variant is een combinatie van variant 1 (standaardoplossing in grond) en 2 (smalle dijk), terwijl de tweede variant een combinatie is van variant 3 (vertrekpunt buitendijks) en 2 (smalle dijk).

De conclusie hiervan is dat verder is gewerkt aan twee versterkingsvarianten die zijn uitgewerkt tot kansrijke alternatieven:

1. standaardoplossing in grond binnendijks, met maximale bermlengte en verticaal maatwerk waar nodig;
2. balans binnen- en buitendijks, met kansen voor meekoppelen en langere aaneengesloten stukken verticaal maatwerk.

Deze zijn schetsmatig in ontwerptekeningen verbeeld en beslaan het gehele plangebied. Het zijn integrale alternatieven voor de dijkverbetering, die onderling onderscheidend zijn. Per deelgebied (Cuijk, Grave, Neerloon-Overlangel-Reek) is bekeken welke oplossingen voor de waterveiligheidsopgave kansrijk zijn en ook

binnen de deelgebieden is er aandacht voor specifieke locaties die om specifieke oplossingen vragen. Daaronder vallen onder andere ‘maatwerklocaties’, waar te weinig ruimte is om een reguliere gronddijk in te passen zonder bebouwing te raken. Het betreft dus locaties waar de dijk aan objecten zal raken.

De twee kansrijke alternatieven als resultaat daarvan zijn in dit MER weergegeven in paragraaf 4.3, samen met de beoordeling op milieueffecten die voor de twee KA is uitgevoerd.

4.2.2 Afwegingskader

In zeef 1 is een ‘afwegingskader’ gebruikt om te komen tot een selectie van kansrijke alternatieven waarvan vervolgens in paragraaf 4.3 de milieueffecten zijn beschreven. Vervolgens is in zeef 2 hetzelfde afwegingskader gebruikt om een keuze te maken voor een voorkeursalternatief (VKA). Het afwegingskader sluit aan op de hoofddoelen en bevat daarmee de belangrijkste (bestuurlijke) afwegingscriteria. Met behulp van het afwegingskader is beoordeeld of de mogelijkheden om de dijk te versterken passen binnen deze hoofddoelen. De zeven criteria uit dit afwegingskader zijn weergegeven in Figuur 4-2. Deze criteria vallen onder de drie thema’s doelbereik, maatschappelijke meerwaarde & ruimtelijke kwaliteit en haalbaarheid.

	Criterium
Doelbereik	1. Veilig, beheerbaar, toekomstbestendig
Maatschappelijke meerwaarde & Ruimtelijke kwaliteit	2. Cultuurhistorie, landschap & beleefbaarheid
	3. Natuur/Biodiversiteit
	4. Vrijetijdseconomie (recreatie)
	5. Woon & werkklimaat & verkeersveiligheid
	6. Duurzaam & circulair
Haalbaarheid	7. Betaalbaar en haalbaarheid

Figuur 4-2: Criteria in het afwegingskader

Er zit enig verschil in het karakter van de verschillende criteria. Zo hebben doelbereik en haalbaarheid meer een randvoorwaardelijk karakter, waar de criteria onder maatschappelijke meerwaarde en ruimtelijke kwaliteit altijd ook in hun relatieve weging ten opzichte van de andere criteria moeten worden afgewogen.

Het afwegingskader maakt het mogelijk om met een vaste systematiek en op een eenduidige manier de keuzes in het ontwerpproces te onderbouwen. Dit zorgt voor transparante en navolgbare besluitvorming. Om diezelfde reden is gedurende het hele proces dit afwegingskader gehanteerd, dus ook ná vaststelling van het voorkeursalternatief en in het afwegen en beargumenteren van op dat moment nog te maken keuzes in de planuitwerkingsfase.
De onderstaande figuur toont een nadere uitwerking van het afwegingskader met per criterium de bijbehorende beoordelingsaspecten en werkwijze van die beoordeling.

	Criterium	Beoordelingsaspecten	Werkwijze
doelbereik	1. Veilige, beheerbaar, toekomstbestendig 	a. Het ontwerp kan voldoen aan de nieuwe normering voor waterveiligheid b. Het ontwerp is uitvoerbaar en beheerbaar c. Er is rekening gehouden met "geaccepteerde innovaties" d. Een meekoppelkans leidt niet tot een significante extra veiligheidsopgave	De expertbeoordeling heeft plaatsgevonden in het technisch team en op onderdelen kan het Adviesteam dijkontwerp worden ingeschakeld Daarnaast wordt ook een "beheerdersoordeel" gevraagd. Een negatief oordeel is een knock-out.
Maatschappelijke meerwaarde/Ruimtelijke Kwaliteit	2. Cultuurhistorie, landschap & beleefbaarheid 	a. het ontwerp voldoet aan de uitgangspunten wat betreft "één herkenbare dijk met aandacht voor landschap en cultuurhistorie"	Expert-beoordeling in ontwerpteam op basis van het ruimtelijk kwaliteitskader. De beoordeling vindt plaats op basis van de mate waarin ruimte is voor meekoppelkansen en in hoeverre bestaande waarden worden aangetast dan wel versterkt
	3. Natuur/Biodiversiteit 	a. Bestaande natuurwaarden worden niet aangetast in kwaliteit of oppervlak b. Het ontwerp draagt bij aan versterking van bestaande natuurwaarden van het dijktalud c. Het ontwerp levert een bijdrage aan de realisatie van het Natuurnetwerk Brabant en de natuurdoelen van de provincie Noord-Brabant.	Expert beoordeling in ontwerpteam. De beoordeling vindt plaats op basis van de mate waarin ruimte is voor meekoppelkansen en in hoeverre bestaande waarden worden aangetast dan wel versterkt
	4. Vrijetijdseconomie (recreatie) 	a. Het ontwerp zorgt voor behoud en waar mogelijk een verbetering van recreatieve routes (fiets, wandelen, varen) b. Het ontwerp bevat rustpunten op de dijk en vergroot de toegankelijkheid van de Maas met (struin)routes c. Het ontwerp kan een bijdrage leveren aan het verbeteren of uitbreiden van recreatieve voorzieningen (zoals horeca, aanlegplaatsen)	Expert beoordeling in ontwerpteam. De beoordeling vindt plaats op basis van de mate waarin ruimte is voor meekoppelkansen en in hoeverre bestaande waarden worden aangetast dan wel versterkt
	5. Woon& werkklimaat & verkeersveiligheid 	a. Het ontwerp draagt bij aan behoud van woonkwaliteit van woningen aan de dijk. b. Het ontwerp draagt bij aan verbetering van de verkeersveiligheid c. Het ontwerp zorgt voor behoud van de bereikbaarheid van bedrijven en bewoners	Expert beoordeling in ontwerpteam. De beoordeling vindt plaats op basis van de mate waarin ruimte is voor meekoppelkansen en in hoeverre bestaande waarden worden aangetast dan wel versterkt
	6. Duurzaam & circulair 	a. De maatregelen dragen bij aan de doelstellingen van het Waterschap	Expert beoordeling in ontwerpteam op basis van Ambitieweb (Duurzaam GWW)
Haalbaarheid	7. Betaalbaar en haalbaarheid 	a. De aanlegkosten zijn sober en doelmatig volgens criteria HWBP b. Voor meekoppelkansen is zicht op financiering c. Het risicoprofiel is acceptabel (w.o. vergunbaarheid) d. Het ontwerp kan rekenen op draagvlak van belanghebbenden	De expert-beoordeling vindt plaats op basis van expert-judgement in het technisch team en omgevingsteam. Er worden in bij zeef 1 geen kostenramingen gemaakt. De beoordeling vindt plaats op basis van ervaring en kentallen. Het draagvlak meten we in de werkateliers. Een negatief oordeel is een knock-out

Figuur 4-3: Afwegingskader inclusief beoordelingsaspecten en werkwijze

4.3 Kansrijke alternatieven

4.3.1 Beschrijving kansrijke alternatieven

Zoals in paragraaf 4.2 toegelicht zijn twee kansrijke alternatieven samengesteld uit onderdelen van de mogelijke oplossingen: de meest negatieve elementen zijn in deze zeef afgevallen, de positieve elementen hebben een plek gekregen in één of beide kansrijke alternatieven. Hiermee zijn twee integrale kansrijke alternatieven samengesteld die onderscheidend zijn per dijkvak/deelgebied. In deze paragraaf zijn de twee overgebleven kansrijke alternatieven op hoofdlijnen beschreven.

Beide kansrijke alternatieven zijn hieronder weergegeven middels een korte beschrijving en kaartbeelden. Voor een nadere toelichting van de kansrijke alternatieven wordt verwezen naar de Nota Kansrijke Alternatieven.

Kansrijk alternatief 1

In kansrijk alternatief 1 is het vertrekpunt een binnendijkse oplossing in grond met verticaal maatwerk op plekken waar dat voor een goede inpassing nodig is. In Grave wordt bij de versterking het tracé van de huidige kering gevolgd met voornamelijk een lijnvormige oplossing. De focus ligt op behouden en versterken van huidige kwaliteiten van landschap en cultuurhistorie.

De waterveiligheidsopgave wordt in kansrijk alternatief 1 geheel binnenwaarts opgelost. Dit betekent dat buitendijks geen versterkingsmaatregelen worden toegepast. Voor alle vakken wordt vanuit de bestaande buitenteen versterkt, waardoor er geen buitendijks ruimtebeslag is en er daarom ook geen opgave is om iets in het rivierbed te compenseren. Daarnaast worden in dit alternatief de waterveiligheidsmaatregelen grotendeels toegepast in grond. Daar waar een opgave is voor macrostabiliteit binnenwaarts en/of piping wordt dit opgelost met grondbermen. Pipingbermen langer dan 50 m worden niet aangelegd, omdat voor die situaties een verticale oplossing in de vorm van een pipingscherm voordeliger is (goedkoper, minder ruimtebeslag en minder impact op landschap).

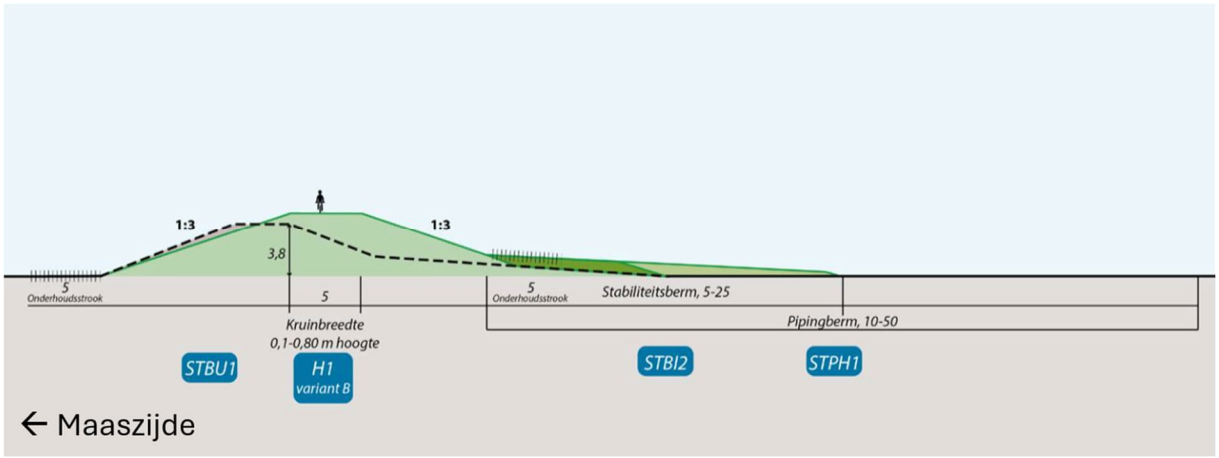
In dit alternatief zijn voor de dijken de volgende technische bouwstenen per faalmechanisme toegepast:

- Hoogte: Kruinverhoging in grond (H1) binnenwaarts verhogen (variant b) en toepassen van een tuimeldijk (variant d) alleen bij bestaande tuimeldijk Neerloon;*
- Macrostabiliteit buitenwaarts: verflauwing van het buitentalud naar 1:3 (STBU1). Dit is geen waterveiligheidsopgave, maar een verbetering van de beheerbaarheid;
- Macrostabiliteit binnenzijde: het aanleggen van een stabiliteitsberm (STBI2) en het plaatsen van een verticaal stabiliteitsscherm (STBI3) op maatwerklocaties;
- Piping: het aanleggen van een pipingberm (STPH1) en het plaatsen van een verticaal pipingscherm (STPH3).

** Een tuimeldijk betreft een dijktype waarbij de kruin gesplitst wordt in twee delen doordat aan de buitendijkse zijde een kruinverhoging wordt aangebracht, waarbij de oorspronkelijke kruin niet wordt opgehoogd. Dit dijktype is in de bestaande situatie aanwezig bij Neerloon (dijkvak 36).*

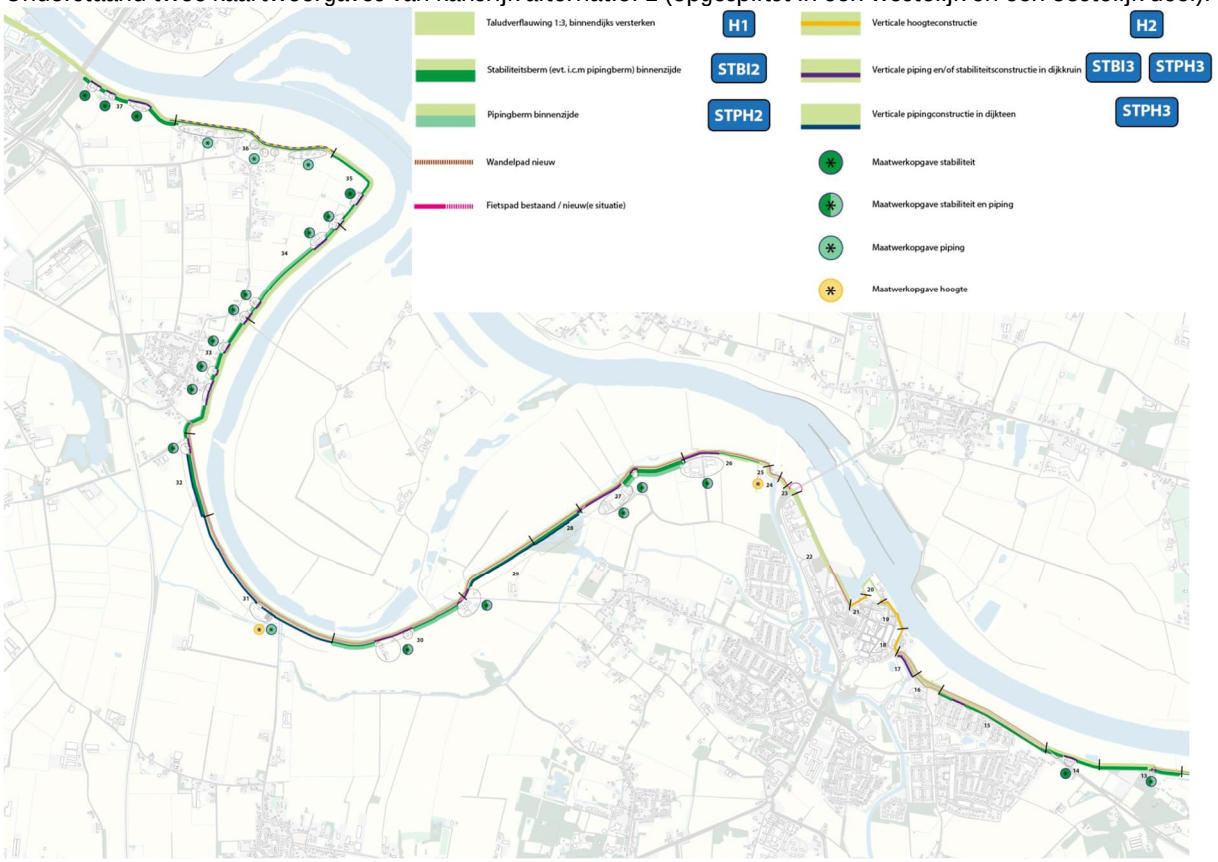
Een voorbeeld van een principeprofiel van KA 1 is weergegeven in Figuur 4-4. Hierin zijn de verschillende technische bouwstenen per faalmechanisme weergegeven (STBU1, STBI2, etc.). In Figuur 4-4 is het huidige dijkprofiel weergegeven (zwart onderbroken lijn) en een schets van het principeprofiel voor dat vak. Er is te zien dat de bestaande buitenteen op zijn plek is gebleven en dat vanaf dit punt het nieuwe profiel is ingetekend. Daarnaast is te zien dat de nieuwe dijk is verhoogd en dat het binnen- en buitentalud is verflauwd naar een talud van 1:3. Binnendijks op een derde van de kerende hoogte van de dijk is een stabiliteits- en pipingberm aangelegd. Deze berm is aangelegd onder een talud van 1:20 en is op het einde aangesloten op het bestaande maaiveld onder een talud van 1:3.

Daarnaast zijn op verschillende locaties langs het dijktraject maatwerkoplossingen nodig. Het betreft vooral locaties bij binnendijkse bebouwing en de tuimeldijk bij Neerloon. Er worden bij de dijkverbetering geen huizen gesloopt. Op de betreffende locaties worden verticale maatregelen toegepast om het ruimtebeslag te beperken. In KA 1 is ervoor gekozen om de bestaande kunstwerken te behouden, eventueel met aanpassingen.



Figuur 4-4 Principeprofiel voor Kansrijk Alternatief 1 (het profiel voor dijkvak 26, 27, 30, 33 en 34), stippellijn betreft huidige dijkprofiel, *bron: Nota Kansrijke Alternatieven*

Onderstaand twee kaartweergaves van kansrijk alternatief 1 (opgesplitst in een westelijk en een oostelijk deel).



Figuur 4-5 Kansrijk Alternatief 1 (westelijk deel), *bron: Nota Kansrijke Alternatieven*



Figuur 4-6 Kansrijk Alternatief 1 (oostelijk deel), *bron: Nota Kansrijke Alternatieven*

Kansrijk alternatief 2

In kansrijk alternatief 2 is het vertrekpunt een buitendijkse oplossing in grond met aanvullingen binnendijks en aaneengesloten trajecten van verticaal maatwerk. In Grave wordt bij de versterking ingezet op een integrale aanpak van de openbare ruimte en worden nieuwe tracés voor de kering bij Bomvrije en Maaskade Noord opgenomen. De focus ligt op behouden, versterken en ontwikkelen van beleving en kwaliteiten van landschap en cultuurhistorie.

In kansrijk alternatief 2 wordt, net als in kansrijk alternatief 1, veel gewerkt met oplossingen in grond. In KA 2 is het doel om het binnendijkse ruimtebeslag van de versterkingsmaatregel voor piping te verkleinen door zoveel mogelijk gebruik te maken van een versterkingsmaatregel buitendijks in de vorm van een klei-inkassing. Een klei-inkassing wordt ingegraven onder het voorland (de uiterwaard), waardoor hiervoor geen riviercompensatie nodig is. Door het toepassen van klei-inkassingen zijn er minder pipingbermen nodig in KA 2. Echter, deze versterkingsmaatregel is alleen toe te passen in gebieden waar voldoende voorland aanwezig is, waardoor niet alle pipingbermen volledig te vervangen zijn door klei-inkassingen.

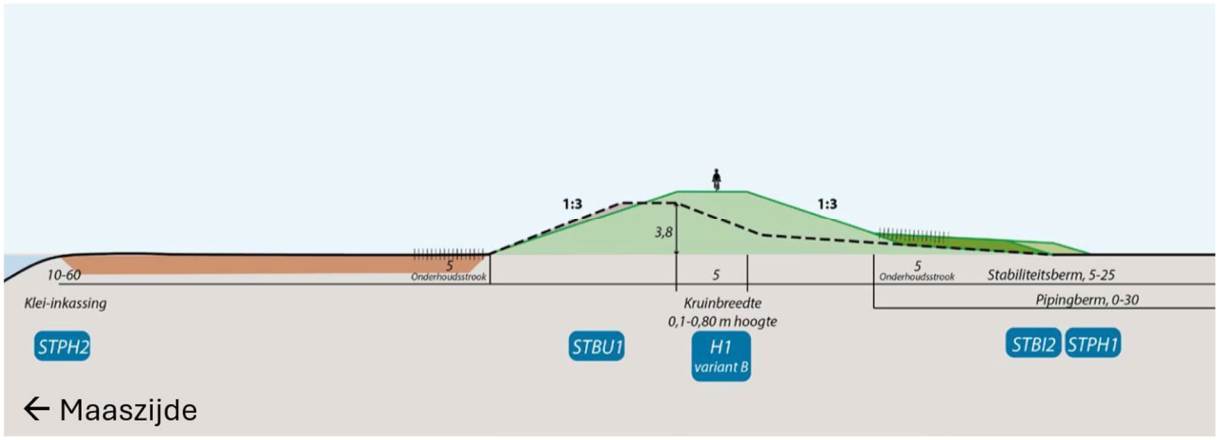
Pipingbermen langer dan 50 m worden niet aangelegd, omdat voor die situaties een verticale oplossing in de vorm van een pipingscherm voordeliger is (goedkoper, minder ruimtebeslag en minder impact op het landschap). In KA 2 wordt op een aantal locaties waar weinig ruimte is (zoals bedrijventerrein Cuijk en tuimeldijk Neerloon) wel een stukje buitendijks versterkt, waarvoor wel een riviercompensatie noodzakelijk is. Daarom worden in KA 2 uiterwaardverlagingen meegenomen om te compenseren voor het buitendijkse versterken op een aantal locaties.

In dit alternatief zijn voor de dijken de volgende technische bouwstenen per faalmechanisme toegepast:

- Hoogte: Kruinverhoging in grond (H1) binnenwaarts verhogen (variant b), vierkant verhogen (variant a) alleen bij bedrijventerrein Cuijk en toepassen van een tuimeldijk (variant d) alleen bij bestaande tuimeldijk Neerloon;
- Macrostabiliteit buitenwaarts: verflauwing van het buitentalud naar 1:3 (STBU1). Dit is geen waterveiligheidsopgave, maar een verbetering van de beheerbaarheid;
- Macrostabiliteit binnenzijde: het aanleggen van een stabiliteitsberm (STBI2) en het plaatsen van een verticaal stabiliteitsscherm (STBI3) op maatwerklocaties;
- Piping: het aanleggen van een pipingberm (STPH1), het aanleggen van een klei-inkassing in het voorland (STPH2) en het plaatsen van een verticaal pipingscherm (STPH3).

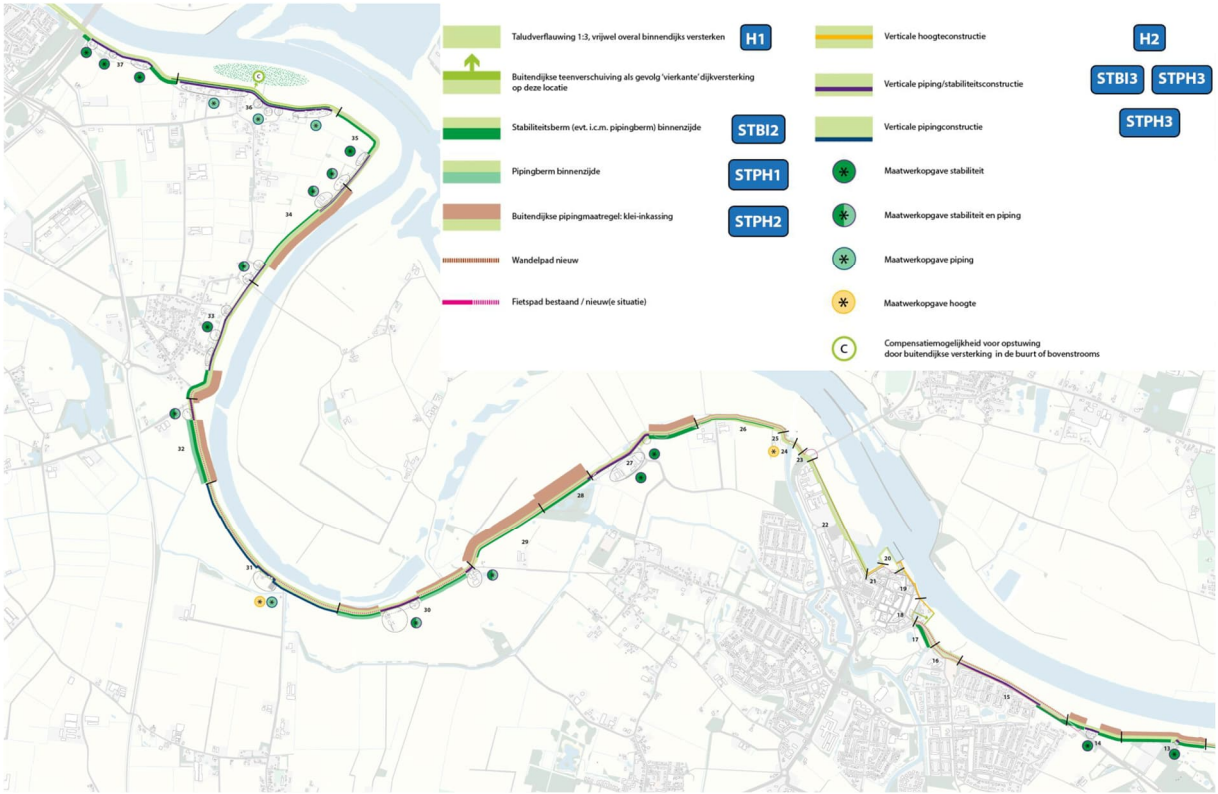
In de figuur hierna is het principeprofiel voor vak 26, 27, 30, 33 en 34 voor kansrijk alternatief 2 weergegeven. Hierin zijn de verschillende technische bouwstenen per faalmechanisme weergegeven (STBI2, STPH2, etc.). Hierin is een combinatie van twee verschillende piping maatregelen te zien, namelijk een klei-inkassing in het voorland (STPH2) en een korte pipingberm (STPH1) in het achterland. Verder is te zien dat de nieuwe dijk is verhoogd en dat het huidige buitentalud (zwart onderbroken lijn) is verflauwd naar 1:3. Daarnaast is de bestaande kruinbreedte behouden en is het binnentalud aangelegd onder een helling van 1:3. Als laatste is te zien dat op een derde van de kerende hoogte van de dijk een stabiliteits-/pipingberm is aangelegd. Deze berm

is aangelegd onder een talud van 1:20 en is op het einde aangesloten op het bestaande maaiveld onder een talud van 1:3.



Figuur 4-7 Principeprofiel voor kansrijk alternatief 2 (het profiel voor dijkvak 26, 27, 30, 33 en 34), *bron: Nota Kansrijke Alternatieven*

Onderstaand twee kaartweergaves van kansrijk alternatief 2 (opgesplitst in een westelijk en een oostelijk deel).



Figuur 4-8 Kansrijk Alternatief 2 (westelijk deel), *bron: Nota Kansrijke Alternatieven*



Figuur 4-9 Kansrijk Alternatief 2 (oostelijk deel), *bron: Nota Kansrijke Alternatieven*

4.3.2 Effectbeoordeling kansrijke alternatieven

De milieueffecten van de twee kansrijke alternatieven zijn in de verkenningsfase in beeld gebracht en beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. Dit is gedaan aan de hand van het beoordelingskader met daarin 'thema's in het MER'. Niet alle onderdelen uit het afwegingskader dat in paragraaf 4.2.2 gepresenteerd is, komen een-op-een terug in het beoordelingskader van het MER. Zo is er geen beoordeling van doelbereik in het MER (wel een thema in het afwegingskader), alle varianten dienen immers veilig, beheerbaar en toekomstbestendig te zijn. Ook het criterium 'haalbaar en betaalbaar' is niet in het MER-beoordelingskader geland. Kosten en financiering worden namelijk niet beoordeeld in het MER.

Zodoende zijn de volgende aspecten beschouwd (overeenkomstig met de Notitie Reikwijdte en Detailniveau):

- ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid;
- natuur/biodiversiteit;
- vrijetijdseconomie (recreatie);
- woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid;
- duurzaamheid;
- bodem;
- waterhuishouding;
- rivierkunde;
- leefomgeving;
- hinder tijdens aanleg.

Bovenstaande thema's zijn gebruikt om de kansrijke alternatieven te beoordelen in de verkenningsfase. Dezelfde thema's zijn in hoofdstuk 6 en 7 gebruikt bij de effectbeoordeling van het uitgewerkte ontwerp. Het beoordelingskader geeft inzicht in de te verwachten (milieu)effecten en de onderscheidende effecten tussen de onderzochte mogelijkheden om de dijk te versterken.

In de onderstaande overzichtstabel zijn de effectbeoordelingen van de kansrijke alternatieven per thema en per deelgebied weergegeven. In paragraaf 4.4 zijn de milieueffecten die bepalend zijn geweest voor het samenstellen van het VKA beschreven per deelgebied, met daarbij aangegeven welke eventuele negatieve effecten verzacht of gecompenseerd moeten worden als opgave richting de planuitwerkingsfase.

Deze effectbeoordeling van Kansrijke Alternatieven is tijdens de verkenningsfase als tussenrapport opgesteld. Deze volledige effectbeoordelingen en de onderbouwingen daarvan zijn opgenomen in bijlage E. Daarin is per thema een opsomming gegeven van de criteria waaraan is getoetst. Daarna is steeds per criterium een toelichting gegeven over hoe de beoordeling heeft plaatsgevonden, gevolgd door de effectbeoordelingen (de toegekende beoordelingsscores) en de effectbeschrijvingen (de onderbouwingen bij de beoordelingsscores). Deze effecten zijn bepaald ten opzichte van de referentiesituatie (huidige situatie plus autonome ontwikkeling). De referentiesituatie komt ook in dit rapport aan bod als basis voor de effectbeoordelingen van het uitgewerkte ontwerp (zie H5 en verder). De uitkomsten van deze effectbeoordelingen uit de verkenningsfase, zoals hieronder weergegeven, zijn gebruikt voor de totstandkoming van het voorkeursalternatief, als input voor het ontwerp in de daaropvolgende planuitwerkingsfase, en voor het bepalen van benodigde nader onderzoek.

Tabel 4-1: Overzichtstabel effectbeoordelingen KA 1 en KA 2 per thema en per deelgebied (*NB: 'NOR' = deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek)*

Thema	Beoordeling per thema per deelgebied	KA 1	KA 2
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	Cuijk	-	-
	Grave	- -	+
	NOR	-	-
Natuur/biodiversiteit	Cuijk	- -	-
	Grave	o	o
	NOR	- -	-
Vrijetijdseconomie (recreatie)	Cuijk	o	o
	Grave	o	+ +
	NOR	o	o
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	Cuijk	- -	-
	Grave	- -	-
	NOR	- -	- -
Duurzaamheid	Cuijk	-	- -
	Grave	-	- -
	NOR	- -	- -
Bodem	Cuijk	-	- -
	Grave	-	-
	NOR	-	- -
Waterhuishouding	Cuijk	o	o
	Grave	o	o
	NOR	o	o
Rivierkunde	Cuijk	o	- -
	Grave	o	- -
	NOR	o	-
Leefomgeving	Cuijk	o	o
	Grave	o	Planuitwerking
	NOR	o	o
Hinder tijdens aanleg	Cuijk	Planuitwerking	Planuitwerking
	Grave	Planuitwerking	Planuitwerking
	NOR	Planuitwerking	Planuitwerking

In paragraaf 4.4 hieronder is nader toegelicht op welke manier de verschillen in beoordeling (en de achterliggende redenen voor die verschillen) zijn vertaald naar het voorkeursalternatief. Daarmee maakt het de milieu-afwegingen inzichtelijk die op basis van de effectbeoordelingen in de verkenningsfase zijn gemaakt.

De meekoppelkansen bij beide kansrijke alternatieven zijn in de milieueffectbeoordelingen van de verkenningsfase eveneens beoordeeld. Dit is gebeurd in de vorm van een oordeel voor alle milieuthema's met een oordeel of de meekoppelkansen naar verwachting kunnen leiden tot (↧) een overwegend negatief effect of aandachtspunt voor verdere uitwerking, (o) geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie, (↥) een overwegend positief effect of (*) onvoldoende informatie. Een diepgaandere beoordeling was in het stadium van de verkenningsfase nog niet mogelijk omdat op dat moment slechts sprake was van initiatieven en er voor deze meekoppelkansen op dat moment nog geen uitwerkingen in de vorm van een toetsbaar ontwerp lagen.

In dit MER zijn (in latere hoofdstukken) de meekoppelkansen die ook daadwerkelijk onderdeel zijn geworden van het projectbesluit volwaardig mee-beoordeeld.

4.4 Totstandkoming van het voorkeursalternatief

4.4.1 Hoofdkeuzes, specifieke afwegingen en bepalende milieueffecten voor het Voorkeursalternatief

Vanuit de twee kansrijke alternatieven is toegewerkt naar een voorkeursalternatief (VKA). Deze paragraaf beschrijft deze totstandkoming van het VKA op basis van:

- Hoofdkeuzes voor het gehele dijktraject;
- Specifieke afwegingen op het niveau van een of enkele dijkvakken;
- Bepalende milieueffecten per deelgebied vanuit de effectbeoordelingen van de twee kansrijke alternatieven.

Hoofdkeuzes voor het gehele dijktraject

De drie hoofdkeuzes voor het gehele dijktraject betreffen de keuzes die aan het eind van de verkenningsfase ten behoeve van het voorkeursalternatief zijn gemaakt. Deze gaan over drie onderwerpen:

- versterken in grond;
- binnen-/buitendijks;
- maatwerk.

Hoofdkeuze Versterken in grond

Versterken in grond heeft in principe de voorkeur boven een constructieve oplossing. Dit komt doordat een grondoplossing beter inspecteerbaar en beheerbaar is dan een constructie (ondergronds). Daarnaast kan in de toekomst een grondoplossing ook makkelijker worden uitgebreid waardoor deze oplossing ook toekomstbestendig is. Versterking in grond heeft ook vanuit het oogpunt van duurzaamheid de voorkeur, zeker wanneer gebruik gemaakt kan worden van gebiedseigen grond. Om deze reden is voor macrostabiliteit binnenwaarts in beide kansrijke alternatieven uitgegaan van een steunberm.

Voor piping speelt de afweging grond versus verticaal alleen in deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR). In de andere deelgebieden is er geen pipingopgave. Versterken in grond tegen piping kan binnendijks (met een pipingberm) of buitendijks (door middel van een klei-inkassing). In deelgebied NOR is over het algemeen sprake van een grote pipingopgave en weinig voorland, waardoor de buitendijkse oplossing (klei-inkassing) uit KA2 in de meeste gevallen geen oplossing kan bieden. Op enkele onderdelen van het dijktraject is in KA2 wel uitgegaan van een klei-inkassing, soms in combinatie met een binnendijkse berm om de complete opgave in grond te kunnen oplossen. Op grond van een kostenanalyse is echter gebleken dat deze klei-inkassingen, gezien de noodzakelijke afmetingen, veel duurder zouden zijn dan een pipingberm of een verticale oplossing.

Alleen in dijkvak 36 is in het VKA gekozen voor een klei-inkassing. Er is hier binnendijks namelijk geen ruimte voor een pipingberm. Ook een verticale oplossing voor piping ligt hier niet voor de hand, omdat er weinig werkruimte is (zowel vanwege de bebouwing dicht aan de dijk als de aanwezigheid van een bomenrij) en er sprake is van risico op schade bij het inbrengen. Omdat er hier geen opgave voor macrostabiliteit binnenwaarts is, kan de oplossing hier volledig buitendijks plaatsvinden in de vorm van een klei-inkassing. In de verkenningsfase werd uitgegaan van een zone van ruim 60 m uit de buitenteen (in de latere planuitwerkingsfase zijn hierover ook nog nieuwe inzichten beschikbaar gekomen waaruit blijkt dat een klei-inkassing van circa 30 m nodig is, waardoor ook het kostennadeel wegvalt).

Voor de overige dijkvakken is een afweging gemaakt tussen een verticale oplossing of een pipingberm. Vanuit kostenoogpunt is een analyse gemaakt welke oplossing het meest sober en doelmatig is (afhankelijk van de omvang van de pipingopgave). Hieruit volgt een omslagpunt bij een bermlengte van ongeveer 30-40 m. Als de opgave kleiner is, dan is een pipingberm voordeliger en als de opgave groter is, dan is een scherm voordeliger. Binnen deelgebied NOR is de pipingopgave in veel vakken fors groter dan 30-40 m, waardoor in het VKA voor

een verticale oplossing voor piping is gekozen. Deze oplossing scoort, bij dergelijke dimensies, ook beter op ruimtelijke kwaliteit. In dijkvakken waar de pipingopgave kleiner is dan 30-40 m (dit geldt voor dijkvak 26, 33 en 35) is er ook een opgave voor stabiliteit binnenwaarts, waarvoor ook een berm wordt aangelegd. Hier kan één berm gemaakt worden waarmee beide opgaven worden opgelost. Dijkvak 37 is als maatwerk bestempeld en pas verder uitgewerkt in de planuitwerkingsfase.

Voor de overige delen van het dijktraject in deelgebied NOR is een verticale maatregel toegepast voor piping, veelal in combinatie met een stabiliteitsberm. Bij de maatwerklocaties is de verticale maatregel voor piping gecombineerd met de verticale maatregel voor stabiliteit, omdat ook hier geen ruimte is voor een stabiliteitsberm. Voor alle verticale oplossingen geldt dat het type maatregel en de materialisatie in de verkenningsfase (het moment van deze hoofdkeuzes) nog niet werd bepaald. Reden hiervoor is om verschillende (ook innovatieve) maatregelen in beeld te houden.

Hoofdkeuze Binnen-/buitendijks
Buitendijkse versterking is op grond van de projectuitgangspunten zoveel als mogelijk vermeden. Dit is in lijn met de Beleidslijn grote rivieren (2006, ten tijde van het VKA de meest actuele versie). In KA2 zitten wel enkele buitenwaartse versterkingsmaatregelen. Voor deze dijkvakken is onderzocht wat het rivierkundige effect is van de buitenwaartse versterking. Per dijkvak is in KA1 een binnenwaarts alternatief opgenomen en vervolgens is bepaald of dit een realistisch alternatief is. Deze afweging verschilt per deelgebied.

Alleen bij deelgebied Neerloon (dijkvak 36 en 37) is het binnendijkse alternatief in de verkenningsfase geen goed alternatief voor buitendijks versterken geacht en is in het VKA daarom uitgegaan van een buitenwaartse versterking. In de planuitwerkingsfase is bij de maatwerklocaties onderzocht in hoeverre de versterking (deels) buitenwaarts moet plaatsvinden. Uiteindelijk is voor de dijkvakken 32 (deels) t/m 35 (deels) ook voor een buitendijkse verplaatsing gekozen vanwege het gebrek aan ruimte aan de binnenzijde door aanwezigheid van bebouwing. Dit in afwijking van het VKA waar binnendijks versterken tot de mogelijkheid werd ingeschat.

Het effect van de buitendijkse versterking bij Neerloon is rivierkundig onderzocht. Het effect op de maatgevende hoogwaterstanden is beperkt. De eventuele rivierkundige compensatie die daarvoor noodzakelijk is, kan gerealiseerd worden door een beperkte vergraving van de uiterwaard bij Neerloon of door de aanleg van een nevengeul (in het Voorkeursalternatief aan het einde van de verkenningsfase stonden deze beide opties nog open). Daarnaast was ten tijde van het voorkeursalternatief de optie nog in beeld om ruimte in de riviercompensatie binnen het project Meanderende Maas in te zetten (inmiddels is duidelijk dat deze binnen het project moet worden gecompenseerd).

Hoofdkeuze Maatwerk
Locaties waar te weinig ruimte is om een reguliere gronddijk in te passen zonder objecten te raken, zijn aangewezen als ‘maatwerk’. Op deze locaties is binnendijks onvoldoende ruimte vanwege bebouwing of andere objecten. Voor maatwerklocaties zijn in de kansrijke alternatieven verschillende principeontwerpen gemaakt. In KA1 werd het maatwerk alleen daadwerkelijk bij de gevel van de bebouwing toegepast (niet voor het gehele perceel) en werd er tussen twee maatwerklocaties een stukje berm ingetekend. In KA2 werden deze maatwerklocaties veelal aaneengeschakeld. Daar waar de tussenafstand tussen twee maatwerklocaties klein is, is in het VKA gekozen voor het aaneenschakelen van de verticale maatwerkoplossing. Het omslagpunt hiervoor ligt bij circa 150 m tussenafstand (dat wil zeggen dat als de tussenafstand tussen twee maatwerklocaties kleiner is dan circa 150 m het maatwerk aaneengeschakeld wordt). Bermen toepassen op zulke kleine stukjes, dus tussen twee maatwerklocaties in, zou zorgen voor een sterk versnipperd profiel (en nadelig effect hebben op ruimtelijke kwaliteit). Daarnaast is er op de overgang van grondlichaam naar maatwerkconstructie een overgangsconstructie nodig van circa 30 m lang, waardoor bij deze kleine tussenafstanden het kostenvoordeel van een gronddijk ten opzichte van een maatwerkconstructie vervalt. Ook vanuit het oogpunt van draagvlak, beheerbaarheid en uitbreidbaarheid in de toekomst is een eenduidig profiel met weinig overgangen gunstiger.

Specifieke afwegingen op het niveau van een of enkele dijkvakken

Daarnaast spelen er uiteraard op dijkvakniveau specifieke afwegingen waarvoor keuze is gemaakt tussen de beschikbare alternatieven. Per dijkvak is op basis van het afwegingskader een vergelijking gemaakt tussen de twee kansrijke alternatieven, waarbij een beoordeling is gedaan op basis van het afweegkader zoals beschreven in paragraaf 4.2.2. Per dijkvak zijn de beoordelingen van de kansrijk alternatieven weergegeven in matrixdiagrammen en hebben de mogelijke ontwerpkeuzes uit de KA een beoordeling. Per dijkvak is op basis daarvan een voorkeur gekozen en is vervolgens de genomen ontwerpkeuze in het VKA verwerkt.

Bepalende milieueffecten voor samenstellen VKA – deelgebied Cuijk

In deelgebied Cuijk zijn de twee kansrijke alternatieven op een aantal aspecten onderscheidend beoordeeld. Hieronder is per aspect toegelicht hoe daar in de totstandkoming van het voorkeursalternatief (VKA) rekening mee is gehouden.

- In deelgebied Cuijk heeft vooral de beoordeling op het aspect rivierkunde een belangrijke rol gespeeld in de keuze van het voorkeursalternatief (VKA). In dit deelgebied zou buitenwaarts versterken (dijkverbetering aan de zijde van de Maas) leiden tot een opstuwing in de Maas tijdens hoogwater. Deze opstuwing bedraagt meer dan 1 mm. Bovendien is binnenwaarts versterken (dijkverbetering aan de binnendijkse zijde) een realistisch alternatief. Daardoor is de vergunbaarheid van KA1 bij Rijkswaterstaat onzeker en/of zou de ruimte voor de rivier gecompenseerd moeten worden met rivierverruimende maatregelen. Om deze reden is de binnenwaartse versterking bij het bedrijventerrein Haven Cuijk opgenomen in het VKA.
- De bovenstaande keuze leidt echter tot een (sterk) negatieve beoordeling op het aspect bedrijfsfuncties. Behalve agrarische grond wordt ook circa 0,5 hectare aan bedrijfsterrein in de Haven Cuijk geraakt door de voorziene grondbermen aan de binnendijkse zijde. Er wordt echter geen bebouwing geraakt.

Er is een aantal aspecten waarop in dit deelgebied een negatieve score is gegeven in de beoordelingen in de verkenningsfase voor beide kansrijke alternatieven. Hier is in de planuitwerkingsfase nadere aandacht voor geweest.

- Monumenten. De (potentiële) aantasting van de twee kazematten in de dijk bij Katwijk zorgt voor een negatieve score. Deze historische bouwwerken zouden kunnen ‘verdwijnen’ onder de te verhogen en verbreden gronddijk. Daarom zijn dit maatwerklocaties voor de planuitwerking.
- Landschap. De aanleg van bermen leidt tot het kappen van struweel en bomen langs het bedrijventerrein Haven Cuijk en langs de Kraaijenbergse Plassen. In de planuitwerking wordt exact uitgewerkt om welke bosschages en bomen het gaat en wordt bepaald waar deze herplant kunnen worden. In het VKA is opgenomen dat er een nieuwe bomenrij wordt aangeplant langs het bedrijventerrein Haven Cuijk.
- Natura 2000-gebieden. De precieze mate van stikstofdepositie op de nabijgelegen Natura 2000-gebieden moet nog worden onderzocht in de planuitwerkingsfase. De werkzaamheden in het deelgebied Cuijk leiden mogelijk tot effecten op onder andere het Natura 2000-gebied Oeffelter Meent.
- Natuurnetwerk Brabant. Het aanleggen van de stabiliteitsberm langs de Kraaijenbergse Plassen leidt tot permanent verlies van 0,14 ha bos dat gecompenseerd moet worden. Ook is er een verlies van 0,13 hectare terrein dat nog is om te vormen tot natuur. Beide gebieden vallen onder het beschermde Natuurnetwerk Brabant. In de planuitwerkingsfase moet onder andere hiervoor een compensatieplan opgesteld worden.
- Beschermde soorten. Het kappen van bomen en struweel langs het bedrijventerrein Haven Cuijk, de Kraaijenbergse Plassen en bij het moestuinencomplex De Driessen kan leiden tot een sterk negatief effect op beschermde soorten (waaronder dassen, vleermuizen en broedvogels). Ook bij de kazematten bij Katwijk moet rekening worden gehouden met de aanwezigheid van vleermuizen. In de planuitwerkingsfase wordt een veldinventarisatie uitgevoerd en wordt bepaald op welke wijze mitigatie en/of compensatie mogelijk is.
- Archeologie. Langs het gehele dijktracé is in de planuitwerkingsfase archeologisch onderzoek nodig omdat het binnendijkse gebied een middelhoge tot hoge verwachtingswaarde voor archeologische vondsten heeft.

- Hindereffecten tijdens aanleg. In de verkenningsfase is nog geen aandacht besteed aan de wijze van uitvoering. In de planuitwerkingsfase wordt de wijze van uitvoering op hoofdlijnen bepaald en worden de effecten van de uitvoering op verschillende hinderaspecten, zoals geluid en trillingen, onderzocht.

Bepalende milieueffecten voor samenstellen VKA – deelgebied Grave

Ook in het deelgebied Grave zijn de twee kansrijke alternatieven op een aantal aspecten onderscheidend beoordeeld. Hieronder is per betreffend aspect toegelicht hoe daar in de totstandkoming van het voorkeursalternatief (VKA) rekening mee is gehouden.

- Monumenten. Kansrijk alternatief 1 scoort sterk negatief vanwege het ophogen van de muur aan de Maaskade (een Rijksmonument) met een glazen kering. Het oordeel is dat een glazen opbouw bovenop deze muur een sterke aantasting van de monumentale waarde zou betekenen. De oplossing uit kansrijk alternatief 2 betreft het integraal ophogen en opwaarderen van de Maaskade. Dit heeft een neutraal effect op de monumentale waarde van de muur aan de Maaskade. Tijdens de verkenningsfase is geconcludeerd dat dit deel van de vesting een maatwerklocatie is met veel detailontwerpopgaven die in de planuitwerking nader moeten worden uitgewerkt.
- Cultuurhistorische elementen en structuren. Kansrijk alternatief 2 scoort zeer positief op het aspect cultuurhistorische elementen en structuren, omdat goed wordt aangesloten op de Vestingvisie Grave. In het VKA zijn elementen uit kansrijk alternatief 2 overgenomen, maar beslist niet alle elementen. Zo zijn de tracéverleggingen aan het noordelijke deel van de Maaskade en rondom de Bomvrije niet overgenomen, onder andere vanwege het opstuwende effect op de Maaswaterstanden.
- Vrijetijdseconomie. De integrale opwaardering van de Maaskade die in kansrijk alternatief 2 en het VKA is opgenomen, heeft naar verwachting een zeer positief effect op de recreatieve en toeristische aantrekkingskracht van Grave.
- Woongenot. Bij kansrijk alternatief 2 zijn de effecten op het woongenot als sterk negatief beoordeeld, onder andere doordat een berm wordt aangelegd door de tuinen langs de Dokter Kanterslaan. Ook de verlegging rondom de Bomvrije heeft een negatief op het woongenot. In het VKA is voor beide ingrepen niet gekozen.
- Verkeersveiligheid. In kansrijk alternatief 2 scoren de vrijliggende fietspaden langs de N321 en de Koninginnedijk positief op verkeersveiligheid. In het VKA is alleen het vrijliggende fietspad langs de N321 opgenomen.
- Bereikbaarheid van functies. Kansrijk alternatief 2 heeft een negatief effect op de bereikbaarheid van functies, omdat enkele parkeerplaatsen langs de Maaskade en de Nieuwe Haven komen te vervallen. In het VKA geldt dit alleen voor de Maaskade. In de planuitwerking wordt het verkeersplan verder uitgewerkt en worden negatieve effecten waar mogelijk verzacht.
- Rivierkunde. Het nieuwe tracé van de waterkering in kansrijk alternatief 2, met de rivierwaartse verlegging van de kering rondom het noordelijke deel van de Maaskade Noord en Bomvrije én de tuimeldijk langs de Koninginnedijk scoort sterk negatief omdat dit strijdig is met de Beleidslijn grote rivieren. Deze ingrepen zorgen namelijk voor opstuwing van de Maaswaterstanden. Deze rivierwaartse dijkverleggingen zijn allemaal niet opgenomen in het VKA.

Er is een aantal aspecten waarop in dit deelgebied een negatieve score is gegeven voor beide kansrijke alternatieven in de verkenningsfase. Hier is in de planuitwerkingsfase nadere aandacht voor geweest.

- Beeldbepalende bomen. In beide kansrijke alternatieven wordt ervan uitgegaan dat de beeldbepalende bomen op de Maaskade verwijderd moeten worden. In het VKA wordt uitgegaan van herplanten.
- Archeologie. Langs het gehele dijktracé is in de planuitwerking archeologisch onderzoek nodig omdat het binnendijkse gebied een middelhoge tot hoge verwachtingswaarde voor archeologische vondsten heeft.
- Hindereffecten tijdens aanleg. In de huidige verkenningsfase is nog geen aandacht besteed aan de wijze van uitvoering. In de planuitwerking wordt de wijze van uitvoering op hoofdlijnen bepaald en worden de effecten van de uitvoering op verschillende hinderaspecten, zoals geluid en trillingen, onderzocht.

Bepalende milieueffecten voor samenstellen VKA – deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek

Tot slot zijn ook in het deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR) de twee kansrijke alternatieven op een aantal aspecten onderscheidend beoordeeld. Hieronder is per beoordelingsaspect toegelicht hoe daar in de totstandkoming van het Voorkeursalternatief (VKA) rekening mee is gehouden.

- Monumenten. In kansrijk alternatief 2 is het effect op monumenten negatief, vanwege de damwanden die op korte afstand van het rijksmonument Sint Victorkerk en vijf gemeentelijke monumenten in de grond worden aangebracht. Al deze monumenten bevinden zich in Neerloon. Het aanbrengen van damwanden in de grond geeft een risico op schade aan deze monumenten. Aangezien in het VKA wél is gekozen voor deze oplossing, verdient dit speciale aandacht bij het bepalen van de uitvoeringswijze in de planuitwerking.
- Landschap. In kansrijk alternatief 1 liggen in Overlangel en Neerloon een groot aantal maatwerklocaties, waardoor grondbermen en verticale constructies elkaar op korte afstand afwisselen. Dit geeft een negatief effect op de ruimtelijke kwaliteit vanwege het 'rommelige' landschappelijke beeld dat daardoor ontstaat. In het VKA wordt een andere keuze gemaakt, namelijk het aaneensluiten van de damwanden (zoals in kansrijk alternatief 2). Hierdoor wordt een rommelig landschappelijk beeld voorkomen.
- Beschermde soorten. In beide kansrijke alternatieven wordt leefgebied aangetast van beschermde soorten door de verbreding van het dijklichaam. Kansrijk alternatief 1 scoort sterk negatief door het grotere binnendijkse ruimtebeslag. Het VKA heeft een minder groot ruimtebeslag dan kansrijk alternatief 1, maar zal ook negatieve effecten met zich meebrengen. Met name de aantasting van een bosgebied langs de Mars en Wijthdijk en leefgebied van de steenuil ter hoogte van Overlangel verdient nadere aandacht in de planuitwerkingsfase.
- Woongenot. Door de verhoging van de dijk neemt het uitzicht van de woningen langs de dijk in beide kansrijke alternatieven af. In Overlangel en Neerloon is wordt in kansrijk alternatief 1 het woongenot extra aangetast (sterk negatief) door de aanleg van grondbermen tussen de woningen in. In het VKA is daar niet voor gekozen, maar wordt een doorlopende verticale constructie toegepast.
- Rivierkunde. In kansrijk alternatief 1 is het effect op rivierkunde neutraal doordat geen buitenwaartse versterking plaatsvindt. In Neerloon is in kansrijk alternatief 1 een (kostbare) kistdam opgenomen. In het VKA is daar niet voor gekozen, maar is een maatwerkoplossing opgenomen, die in de planuitwerkingsfase wordt uitgewerkt. Door het realiseren van een uiterwaardverlaging bij Neerloon kan een eventueel negatief effect op de Maaswaterstanden (opstuwing) worden gecompenseerd.

Naast deze onderscheidende effecten zijn er een aantal aspecten waarop in dit deelgebied een negatieve score is gegeven voor beide kansrijke alternatieven. Hier is in de planuitwerking nadere aandacht voor geweest.

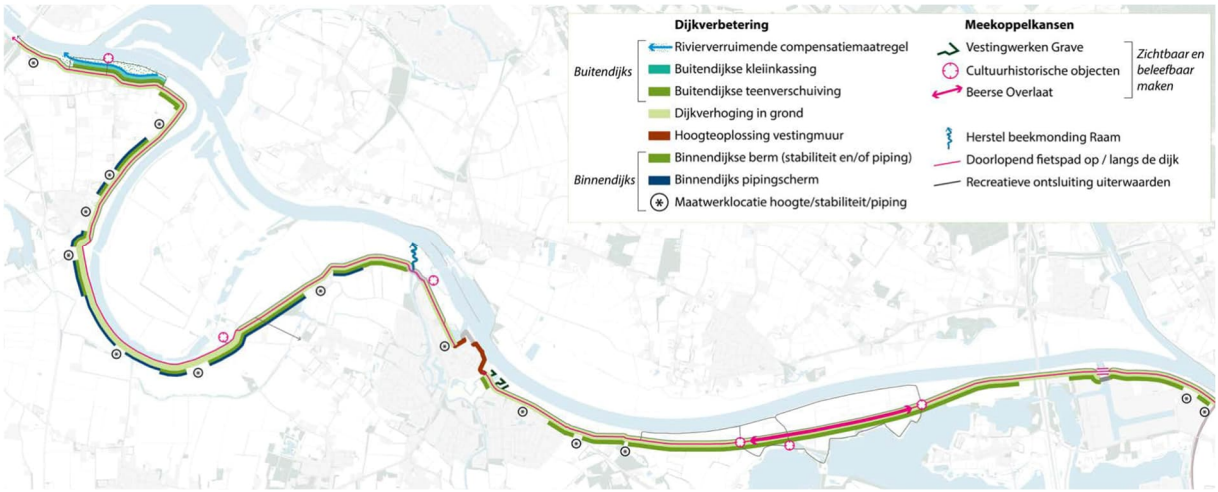
- Natuurnetwerk Brabant. De verbreding van de dijk zorgt in beide alternatieven voor een sterk negatief effect op het Natuurnetwerk Brabant. In totaal wordt bij het VKA 0,72 ha aan bosgebied geraakt. In de planuitwerkingsfase zal hiervoor een compensatieplan worden gemaakt. Daarnaast wordt het natuurbeheertype Bloemendijk aangetast. Hiervoor wordt een mitigatieplan opgesteld, om de negatieve effecten te verzachten.
- Bedrijfsfuncties. Beide alternatieven hebben een sterk negatief effect op bedrijfsfuncties in dit deelgebied, vanwege het verlies aan landbouwareaal. In het VKA zal dit vergelijkbaar zijn met kansrijk alternatief 2. In kansrijk alternatief 1 is het verlies aan landbouwareaal nog iets groter, vanwege het grotere binnendijkse ruimtebeslag.
- Archeologie. Langs het gehele dijktracé is in de planuitwerking archeologisch onderzoek nodig omdat het binnendijks een middelhoge tot hoge verwachtingswaarde voor archeologische vondsten heeft.
- Hindereffecten tijdens aanleg. In de huidige verkenningsfase is nog geen aandacht besteed aan de wijze van uitvoering. In de planuitwerking wordt de wijze van uitvoering op hoofdlijnen bepaald en worden de effecten van de uitvoering op verschillende hinderaspecten, zoals geluid en trillingen, onderzocht.

Locaties Maaskade zuid, Koninginnedijk en N321 (Grave) en dijkvak 37 (Neerloon)

Op het moment van de vaststelling van het voorkeursalternatief in de Nota VKA is voor enkele onderdelen van het dijktraject nog geen eenduidige keuze gemaakt. Dit geldt ten eerste voor Maaskade Zuid in Grave. Daarnaast geldt het ook voor de Koninginnedijk en de Jan van Cuykdijk (N321) (beide Grave), waar voor beiden een meekoppelkans wordt uitgewerkt voor een herinrichting (met invloed op het dijkontwerp). Voor deze deeltrajecten is tijdens de planuitwerkingsfase nog nader onderzocht en afgewogen wat de best passende oplossing is op basis van de criteria uit het afwegingskader. De oplossingen die voor deze deeltrajecten worden voorgesteld worden beschreven in het volgende hoofdstuk als onderdeel van de uitwerking van het gehele VKA. Daarnaast is dijkvak 37 in het VKA geheel als maatwerklocatie aangeduid. In de planuitwerkingsfase is ook hier een invulling aan gegeven en tot een voorkeursalternatief gekomen. Ook voor dit dijkvak worden de onderliggende afwegingen nader beschreven in het volgende hoofdstuk.

4.4.2 Nota Voorkeursalternatief

Bovenstaande hoofdkeuzes, afwegingen en milieuargumenten hebben gezamenlijk geleid tot één voorkeursalternatief voor de dijkverbetering. Hieronder is een kaartweergave opgenomen van dit voorkeursalternatief. De afronding van de Nota VKA markeert tevens het eindresultaat van de verkenningsfase.



Figuur 4-10 Samenvattende kaart voorkeursalternatief aan het eind van de verkenningsfase (zie vergrote versie in de Nota Voorkeursalternatief)

Het bovenstaande voorkeursalternatief is vervolgens in de planuitwerkingsfase nader uitgewerkt. Een beschrijving van deze uitwerking van het ontwerp, welke ook de basis vormt voor de effectbeoordelingen verderop in dit MER, volgt in het volgende hoofdstuk.

5. Uitwerking voorkeursalternatief en mogelijke varianten (planuitwerkingsfase)

Dit hoofdstuk beschrijft wat er is gedaan na de keuze van het voorkeursalternatief: de planuitwerkingsfase. Het bespreekt ten eerste hoe de uitwerking van het voorkeursalternatief tot een vergunningenontwerp tot stand is gekomen (paragraaf 5.1) door in te gaan op het ontwerpproces. Vervolgens zijn (in paragraaf 5.2) de algemene redeneerlijn en ontwerpprincipes die gelden voor het gehele ontwerp besproken. In paragraaf 5.3 is de uitwerking van het VKA beschreven. Hierin komen de voorgenomen activiteiten met de onderliggende keuzes voor het gehele dijktraject uitgebreid aan bod. Tot slot is beschreven welke varianten er nog zijn in het ontwerp (paragraaf 5.4) en hoe deze getoetst zijn op milieueffecten.

5.1 Ontwerpproces planuitwerking

In de planuitwerkingsfase zijn verschillende stappen gezet om te komen van voorkeursalternatief naar vergunningenontwerp. Diverse (milieu)onderzoeken zijn uitgevoerd (onder andere conform bevindingen in de effectbeoordelingen van de eerdere kansrijke alternatieven), het ontwerp is in verschillende rondes nader uitgewerkt en de milieueffecten zijn beschreven in dit MER (hoofdstuk 7 en verder). In deze paragraaf wordt ingegaan op het doorlopen ontwerpproces van de planuitwerkingsfase.

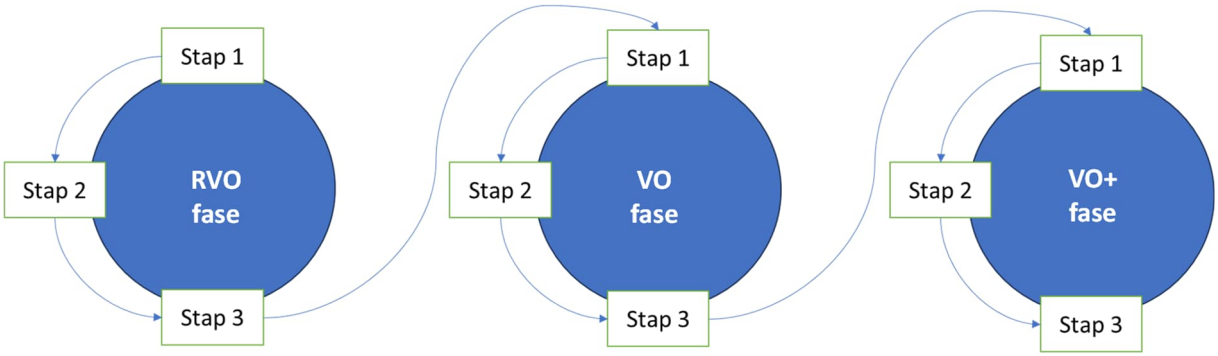
Het ontwerp van de waterkering is opgesteld aan de hand van het technisch ontwerpproces (Systems Engineering) en een landschappelijk ontwerpproces (inpassing) in verschillende rondes:

- RVO (referentie voorontwerp): In deze ronde zijn verschillende analyses en principeoplossingen uitgewerkt om het voorkeursalternatief voor de hele dijk op gelijk uitwerkingsniveau te krijgen (als basis voor de VO-ontwerprondes). Ook is in de RVO-fase tot een voorkeur gekomen voor de onderdelen waar in de verkenningsfase nog geen eenduidige voorkeur voor was.
- VO1.0 (ontwerpronde 1 – voorlopig ontwerp) : Op basis van het VKA en met nieuwe (technische) inzichten is op een gedetailleerder niveau een ontwerp uitgewerkt in de VO1.0-ontwerpronde. Dit is het waterbouwkundig ontwerp en is vervolgens voorgelegd aan diverse stakeholders. Waar mogelijk zijn resultaten uit het omgevingsproces (dijkgesprekken, informatiebijeenkomsten) direct verwerkt.
- VO2.0 (ontwerpronde 2 – voorlopig ontwerp): In deze ronde is een aantal knelpunten verwerkt en opgelost in het ontwerp. Knelpunten volgen bijvoorbeeld uit het omgevingsproces, nieuwe technische inzichten en inpassing van bomen en struiken. Dit ontwerp is tevens het ontwerp dat in het MER getoetst is.
- VO+ (vergunningenontwerp): Deze stap is gericht op het inbedden van mitigerende maatregelen die volgen uit milieuanalyses in het kader van het MER, meekoppelkansen en enkele laatste nieuwe inzichten bij het bespreken van de ontwerpen met diverse stakeholders. Dit vergunningenontwerp is het ontwerp waarover het projectbesluit wordt genomen en dat hieronder in de beschrijving van het ontwerp uiteen wordt gezet.

Elke ronde doorloopt hetzelfde proces en bestaat uit drie stappen:

1. informatie verzamelen;
2. vaststellen IUN (Integrale Uitgangspunten Notitie) & SES (systeemeisen);
3. doorlopen activiteiten ondersteunend aan het ontwerpproces.

In Figuur 5-1 is dit proces schematisch weergegeven.



Figuur 5-1. Schematische weergave ontwerpproces op hoofdlijnen (*Plan van aanpak ontwerpproces)*

De eisen en uitgangspunten zijn opgehaald bij en het ontwerp is voorgelegd aan aanwonenden tijdens keukentafelgesprekken. Daarnaast zijn groepen aanwonenden en bedrijven aan de dijk betrokken met dijkgesprekken. De betreffende overheden (gemeenten en provincie) zijn betrokken tijdens overleggen van de ABG (Ambtelijke Begeleidingsgroep), AWBG (Ambtelijke Werkgroep Bevoegd Gezag) en individuele overleggen.

De onderwerpen van de Maaskade in Grave en Gemaal van Sasse zijn vanwege de beschermde status ook besproken met de Planvoorbereidende Adviescommissie omgevingskwaliteit van gemeente Land van Cuijk, met de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed en de provincie Noord-Brabant. De locaties met buitendijks ruimtebeslag zijn voorgelegd tijdens ambtelijke overleggen tussen het waterschap en Rijkswaterstaat. ProRail en beheerders van kabels en leidingen zijn met aparte overleggen betrokken bij het ontwerpproces.

Hieronder is op twee onderdelen nader toegelicht omdat deze een aangepast ontwerpproces hebben doorlopen.

Ontwerpproces uiterwaardverlaging (riviercompensatie)

In het ontwerp is op een aantal locaties in afstemming met Rijkswaterstaat gekomen tot een voorkeursoplossing met een rivierwaartse verplaatsing van de dijk. Dit heeft een opstuwend effect op de rivierwaterstanden en dient gecompenseerd te worden. De voorkeurslocatie uit het VKA (nabij Neerloon) is nader uitgewerkt aan de hand van enkele varianten. De voorkeursvariant is vervolgens rivierkundig gemodelleerd en geoptimaliseerd. De variant is landschappelijk ingepast aan het eind van de VO1.0-ontwerpronde om aan te sluiten op het ontwerp van de aangrenzende dijkvakken (35-36) en rekening te houden met overige eisen.

Ontwerpproces Grave

Vanwege de complexe interactie tussen het ontwerp van de boven- en onderbouw is voor het ontwerp van de vesting Grave een aangepaste ontwerpproces doorlopen.

Het ontwerpproces voor de bovenbouw is gestart met de landschappelijke inrichting van de Maaskade. In overleg met de gemeente Land van Cuijk is in de verkenningsfase gekozen voor een ontwerp van de openbare ruimte, de zogenaamde ‘brede variant’. Door middel van ontwerpend onderzoek is samen met de bewoners en bestuurders gezocht naar een optimale inrichting van de openbare ruimte waarbij van bewoners veel weerstand kwam voor het opmetselen van de kademuur vanwege afnemend uitzicht. Door middel van een gedetailleerde analyse met specialisten is onderzocht of het mogelijk is om de hoogte-opgave in Grave met een demontabele/flexibele kering op te lossen. Daarvoor is het dijktraject als geheel beschouwd en gekeken naar de faalkansruimte voor de belangrijkste kunstwerken in het traject. Na een positieve uitkomst van die analyse is er vervolgens met de beheerders van het waterschap overlegd over de beheerbaarheid van een demontabele kering. Op basis van een integrale afweging is uiteindelijk besloten om in Grave demontabele keringen te realiseren. Dat ontwerp is technisch uitgewerkt en geïntegreerd met het technisch ontwerpwerk van de onderbouwconstructie. De nadere beschrijving van het ontwerp volgt verderop in dit hoofdstuk.

Het ontwerp van de onderbouw wordt beïnvloed door het ontwerp van de bovenbouw en is nog op het niveau schetsontwerp (SO). Er is aan de hand van bureauonderzoek informatie verzameld over de constructie per sectie. Vervolgens is de stabiliteit en sterkte van de onderbouw gecontroleerd. Er bleken echter te weinig gegevens beschikbaar te zijn en nader geotechnisch en constructief onderzoek is daarom nodig. Er is een deelproject voor geotechnisch veld- en laboratoriumonderzoek en constructief onderzoek in gang gezet. Er is in het huidige ontwerp uitgegaan van de beschikbare gegevens, met (voor dit MER) een worst-case dat alle locaties waar de onderbouw *mogelijk* niet voldoet, vervangen zou moeten worden. Voor deze 'afgekeurde' secties is een nieuwbouw ontwerp (twee varianten) voor de onderbouw uitgewerkt (worst-case-oplossingen) en keuze gemaakt voor voorlopige voorkeursoplossing voor de nieuwbouw vanuit deze twee varianten. De varianten komen verderop in dit hoofdstuk aan bod in paragraaf 5.4.

Voor alle objecten is het ontwerp uitgewerkt tot het niveau dat nodig is voor de vergunningen. In hoofdstuk 18 van dit MER is ingegaan op de verwerkte mitigerende maatregelen ten opzichte van het getoetste ontwerp.

Raakvlak project Meanderende Maas

Ten westen van het dijktraject Cuijk-Ravenstein bevindt zich het project Meanderende Maas. Project Meanderende Maas versterkt de dijk van Ravenstein tot Lith en geeft de Maas aan Gelderse en Brabantse zijde meer ruimte. Waar beide dijktrajecten elkaar raken is afstemming geweest met project Meanderende Maas, ook om de aansluiting van beide dijktrajecten op elkaar (d.w.z. de aansluiting van dijkvak 38 aan de westelijke zijde op het dijktraject aan de andere kant van de A50), op een juiste manier te ontwerpen.

5.2 Algemene redeneerlijn en ontwerpprincipes

Voor het voorlopig ontwerp zijn het voorkeursalternatief en het RVO als uitgangspunt genomen. De uitwerking van het voorkeursalternatief naar een voorlopig ontwerp vindt plaats op basis van aanvullend verkregen informatie zoals aanvullende onderzoeken, berekeningen en inbreng van stakeholders. Daarnaast is het voorlopig ontwerp op een hoger detailniveau uitgewerkt dan het voorkeursalternatief. Dat leidt tot meer inzicht in de inpasbaarheid van het ontwerp.

5.2.1 Algemene redeneerlijn

Bij het opstellen van het voorlopig ontwerp is de volgende redeneerlijn gehanteerd voor de moderne gronddijk:

De dijk wordt naar de binnenzijde opgehoogd om de hoogteopgave in te vullen en er komt een berm aan de binnenzijde voor de opgave van piping en stabiliteit. Op de locaties met een opgave voor stabiliteit buitenwaarts wordt het talud aan de buitenzijde verflauwd.

Tenzij…

<u>Voor piping:</u>

- De berm breder wordt dan 30-40 meter, dan komt er een verticale oplossing voor piping. Dit vanwege het ruimtebeslag en daardoor toenemende kosten en uitdagingen voor de inpassing.

<u>Voor piping en stabiliteit:</u>

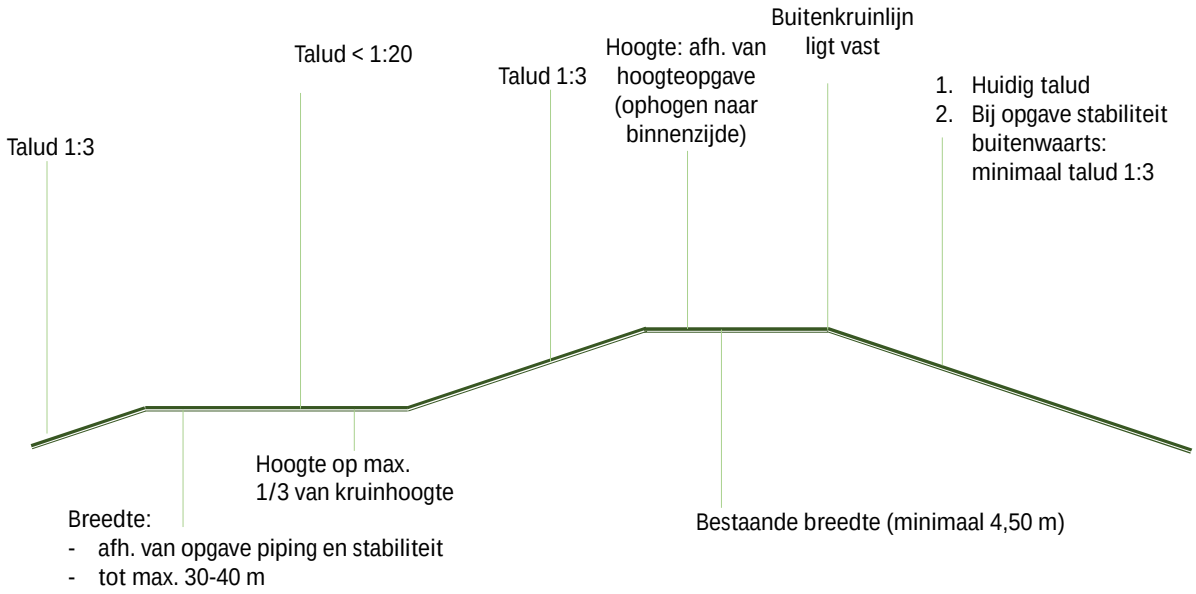
- Er binnendijks geen ruimte is voor een berm vanwege belendingen (zoals bebouwing, monumentale objecten), dan komt er een verticale oplossing voor piping en stabiliteit.

<u>Voor hoogte:</u>

- Er binnendijks geen ruimte is vanwege belendingen (zoals bebouwing, monumentale objecten) én er beperkte invloed is (of invloed die gecompenseerd kan worden) op het rivierkundig functioneren van de Maas, dan wordt buitenwaarts opgehoogd.

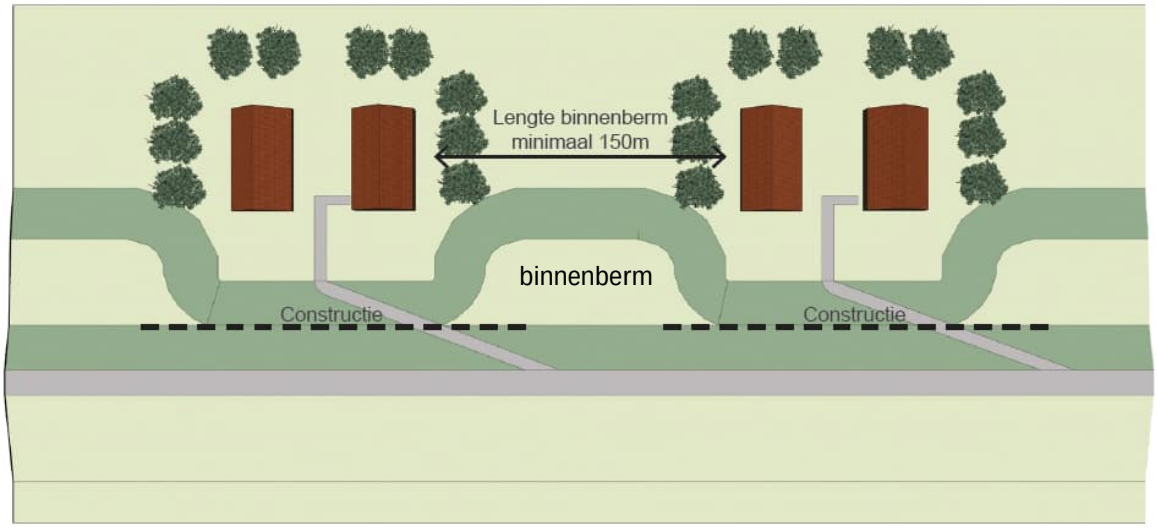
- Er binnendijks geen ruimte is vanwege belendingen (zoals bebouwing, monumentale objecten) én er wel invloed is (of invloed die niet gecompenseerd kan worden) op het rivierkundig functioneren van de Maas, dan wordt een verticale oplossing toegepast.

Het principeprofiel van de moderne gronddijk hoort bij de eerste stap van de redeneerlijn (zie Figuur 5-2). De gronddijk is een waterkering die grotendeels of volledig bestaat uit een grondlichaam. Het grootste deel van het dijktraject Cuijk-Ravenstein bestaat uit een gronddijk, zowel in de huidige situatie als in het voorlopig ontwerp.



Figuur 5-2 Principeprofiel gronddijk (Maaszijde aan rechterkant)

Door het toepassen van de redeneerlijn ontstaan er in de lengterichting overgangen in het profiel van de dijk, bijvoorbeeld tussen stukken met en zonder steunberm. Vanwege doelmatigheid en de ruimtelijke inpassing worden overgangen op korte afstand van elkaar zo veel mogelijk vermeden. Voor de grondoplossingen is het uitgangspunt dat er binnen een afstand van 150 meter maar één overgang aanwezig kan zijn (zie Figuur 5-3hieronder). Voor constructies is die afstand 25 meter, omdat die overgangen minder ruimte vragen en niet zichtbaar zijn in het landschap.



Figuur 5-3 Weergave van de minimale afstand tussen twee overgangen (op deze weergave zijn overgangen zichtbaar tussen constructies en steunberm)

5.2.2 Ontwerpprincipes

Hieronder staan alle ontwerpprincipes voor het principeprofiel van de gronddijk. Afhankelijk van de locatie kunnen er nog specifieke wensen en eisen bijkomen. Aan de rechterzijde staat (waar mogelijk) de bron van het uitgangspunt.

Ruimtelijke kwaliteit (volgens Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld, RKB)

- Een sobere en doelmatige inpassing.
- De huidige dijkvorm is de basis: dijk met tuimelkade of moderne gronddijk.
- Geen grote asverschuivingen.
- Continuïteit in het ruimtelijk beeld en de profielopbouw.
- Per ruimtelijk eenheid wordt zo veel mogelijk een eenduidig profiel toegepast. Mocht dit door technische of ruimtelijke redenen niet mogelijk zijn, dan wordt een minimale lengte van 150 meter gehanteerd voor het toepassen van een profiel.
- Inpassing in het landschap en reageren op het landschap; behouden van essentiële waarden en bestaande kwaliteiten zoals wielen, historische bebouwing en landschappelijke structuren.
- Het omliggende landschap loopt door tot aan de teen van de dijk of tot de teen van de berm (als die aanwezig is).
- Eenheid in verscheidenheid: grotere aaneengesloten dijksecties en tegengaan van versnippering. Dit geldt in het bijzonder binnen de in het ruimtelijk kwaliteitskader benoemde ruimtelijke eenheden: Haven-Cuijk, Kraaijenbergse Plassen, Jan van Cuykdijk (‘oost’ in ruimtelijk kwaliteitskader), Vesting Grave, Koninginnedijk (‘west’ in ruimtelijk kwaliteitskader), Lage Wijth, Reek, Neerloon.

Dwarsprofiel

- De waterkering wordt in principe versterkt in grond.
- Er wordt ontworpen vanaf de buitenkruinlijn (ter plaatse van een tuimeldijk kan hiervan afgeweken worden).
- De versterking is in principe naar binnen toe.
- De huidige kruinbreedte wordt gehandhaafd met een minimum van 4,5 m.
- Kruin van de dijk heeft een helling van 1:100 (in dwarsrichting) voor afwatering.
- Er dient een pad (mag onverhard) van minimaal 3,0 m voor beheer en onderhoud op de kruin aanwezig te zijn.
- De huidige weg wordt gehandhaafd.
- Weg of pad ligt op de as van de dijk.
- Langs wegen in het waterstaatswerk dient aan weerszijden een strook van grasbeton van circa 0,4 m breedte op een puinfundering aangebracht te worden.
- De tekeningen worden gemaakt op basis van opleverhoogte (inclusief restzetting en autonome bodemdaling).
- Het talud van de dijk heeft een helling van 1:3 of flauwer (indien nieuw aangelegd).
- Bij een opgave voor stabiliteit buitenwaarts of bij herprofileren voor B&O wordt de helling van het talud 1:3.
- Het talud van de berm heeft een helling van 1:20.
- De berm ligt op maximaal 1/3 van de hoogte van de dijk.
- De berm heeft een minimale breedte van 4,0 m.
- De berm wordt in stapgroottes van 0,5 m gedimensioneerd.
- Vanaf het dijkontwerp wordt een werkstrook van 11 m gehanteerd.
- Vanaf de werkstrook wordt een K&L zone van 2 m gehanteerd in geval van langsliggende K&L.

Materialisatie/grondopbouw

- Materialisatie wordt bepaald in de DO-fase (die plaatsvindt na start van de ruimtelijke procedure en vóór de realisatie).
- Huidige toplaag wordt eraf gehaald en hergebruikt.
- Buitenzijde: er wordt een kleilaag van 0,8 m (categorie II) gehanteerd met een toplaag van 0,3 m teelaarde. De rest van de ophoging en versterking wordt uitgevoerd met klei categorie III.
- De bekleding is in principe gesloten graszoden.

Inpassing

- Overgang in lengterichting voor dijk- en bermtalud heeft een helling van 1:30.
- Overgang in lengterichting voor de bermhoogte heeft een helling van 1:50.
- Overgang in lengterichting voor de kruinhoogte heeft een helling van 1:100.
- Alle overgangen tussen de vlakken van de buitengeometrie van het dijktraject met een grasbekleding dienen een bochtstraal van R=1,0 m te hebben (maaibeheer).
- Huidige taludhelling voor en op- afritten wordt gehandhaafd.
- Bij op- en afritten aan buitenzijde wordt uitgegaan van de huidige situatie. Nieuwe op- en afritten worden aangelegd met de stroming van de Maas mee.
- Op- en afritten zijn ondergeschikt aan de dijk (zie onderstaande afbeelding).
- De dijk dient zoveel mogelijk obstakelvrij te zijn.

Inpassing bomen en struiken

Uit een waterveiligheidsanalyse volgt de basisgeometrie van de waterkering. Deze geometrie van de waterkering raakt op bepaalde locaties een bestaande boom of struik. Anderzijds kan een grondophoging ook invloed hebben op de gezondheid van een boom. Onderstaande principes zijn gehanteerd bij het opstellen van het voorlopig ontwerp.

- Bomen worden in principe behouden, tenzij deze een risico zijn voor de waterveiligheid of de uitvoerbaarheid.
- Monumentale bomen worden behouden, tenzij alternatieve oplossingen om de waterkering te realiseren niet haalbaar zijn (niet vergunbaar of niet subsidiabel).
- Bomen die binnen het waterkeringsprofiel tussen buitenteen en de binnenteen (het nieuwe dijkontwerp) vallen worden gekapt.
- Bomen die binnen nieuwe binnenteen tot 3,6 m vanaf de teen vallen, worden in het VO gezien als ‘te kappen bomen’. De boom heeft een negatieve invloed op de waterveiligheid. Dit volgt uit de ontgrondingsdiameter van 7,2 meter en aanverwante eisen zoals beschreven staat in de Technische uitgangspunten nota (TUN VO).
- Bomen buiten de 3,6 meter zone vanaf de nieuwe binnenteen, maar binnen de werkstrook, worden behouden in het voorlopig ontwerp, tenzij dit vanuit waterveiligheid of uitvoerbaarheid niet mogelijk is.
- Bomen in de kabels en leidingenstrook worden gekapt, indien een vergelijkbare alternatieve kabels en leidingenstrook onhaalbaar is of significante nadelen heeft.
- Indien de boom dient te worden behouden, dan mag de waterkering geen invloed hebben op de boom; er mogen geen grondophogingen of afgravingen plaatsvinden binnen kroonprojectie van +1,5 m. Deze zone kan worden geoptimaliseerd met een Boom-effectanalyse.
- Als er bomen of struiken binnen 10 m vanaf de buitenteen en 4 m vanaf de binnenteen aanwezig zijn, dienen anti-graverijmaatregelen getroffen te worden.

Inpassen op- en afritten van openbare wegen:
Openbare wegen hebben een belangrijke functie in het gebied en worden ingepast in het dijkontwerp. Voor het inpassen gelden de volgende principes:

- Beheerafritten en oversteekjes zijn ondergeschikt gemaakt aan de dijk.
- De dijk is landschappelijk gezien dominant ten opzichte openbare wegen, waardoor de dijk een herkenbaar element in het landschap is/blijft.
- Een dijk is een overwegend groen element in het landschap, waarbij het aantal verkeerskundig benodigde elementen, zoals bebording, tot een minimum dient te worden beperkt.

Bij wijze van nadere toelichting worden hieronder nog enkel zaken uit bovenstaande ontwerpprincipes toegelicht:

- Vanaf het dijkontwerp wordt een werkstrook van 11 meter gehanteerd. Deze werkstrook betreft alleen tijdelijk ruimtebeslag en wordt tijdens de uitvoeringsfase gebruikt om de dijkverbetering te kunnen uitvoeren.
- Naast de dijk wordt een K&L zone van 2 m gehanteerd in geval van langsliggende kabels en leidingen. De ligging van de K&L zone is niet altijd direct naast de dijk. Afhankelijk van het type nutsvoorziening is er op locaties soms ook voor gekozen de K&L strook buiten de werkstrook te plaatsen, dus meer dan 10 m van de dijk. In de ontwerptekeningen is deze strook zichtbaar gemaakt.
- Voor de op- en afritten op particulier terrein is bewust gekozen in het detailniveau van het ontwerp. De exacte uitwerking is onderdeel van de DO-fase (die plaatsvindt na de start van de ruimtelijke procedure en vóór realisatie), maar voor het VO is wel een controle uitgevoerd voor het behouden van de functie van de op- en afritten (er is gekeken of het past met bestaande bebouwing gegeven redelijke taludhellingen). In de beoordelingen in dit MER is een ‘worst-case’ ruimtebeslag aangehouden waarbinnen de op- en afritten zullen worden ontworpen.
- Voor stabiliteitsbermen betreft de algemene redeneerlijn om geen bermen toe te passen wanneer deze een kortere afstand dan 150 meter zouden beslaan. Het wel aanleggen van dergelijke (korte) stabiliteitsbermen zou zorgen voor een sterk versnipperd profiel tussen maatwerklocaties (negatief voor de ruimtelijke kwaliteit). Daarnaast is er op de overgang van grondlichaam naar maatwerkconstructie een overgangsconstructie nodig van circa 30 m lang, waardoor bij deze kleine tussenafstanden het kostenvoordeel van een gronddijk ten opzichte van een maatwerkconstructie zou vervallen. Ook vanuit het oogpunt van draagvlak, beheerbaarheid en uitbreidbaarheid in de toekomst is een eenduidig profiel met weinig overgangen gunstiger.

De bovenstaande onderdelen zijn zodanig meegenomen in de toetsing van dit mer dat het milieueffect niet zal toenemen na de besluitvorming. Zo zijn bijvoorbeeld de ruimtereserveringen voor op- en afritten meegenomen in de toetsing als zijnde worst case.

Vanwege lokale omstandigheden wijkt het ontwerp op sommige locaties in het tracé af van de algemene redeneerlijn zoals gepresenteerd in dit hoofdstuk. Het gehele ontwerp wordt in de navolgende paragrafen doorlopen en de locaties waar sprake is van dergelijke afwijkingen komen daarin aan bod.

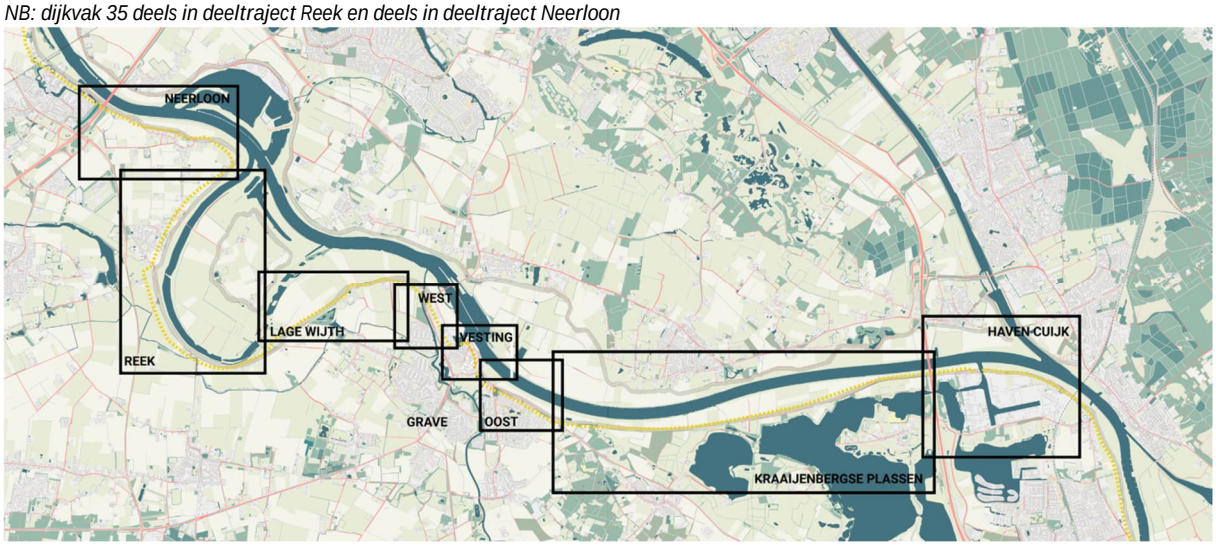
5.3 Beschrijving van het ontwerp

In deze paragraaf wordt de uitwerking van het VKA in een vergunningenontwerp besproken (dit uiteindelijke vergunningenontwerp ‘VO+’ is het ontwerp waarover het projectbesluit wordt genomen). Hierin komen de voorgenomen activiteiten met de onderliggende keuzes voor het gehele dijktraject uitgebreid aan bod, zo uitgebreid als nodig is om een goede effectbeschrijving mogelijk te maken. Het ontwerp is dus beschreven op een detailniveau dat past bij het te nemen besluit. Voor ieder dijktraject komen de huidige situatie, de ontwerpkeuzes en aandachtspunten aan bod.

Er volgt een beschrijving van het ontwerp en specifieke aandachtspunten per deeltraject:

- Haven Cuijk (dijkvak 1 t/m 4);
- Kraaijenbergse Plassen (dijkvak 5 t/m 14);
- Grave Oost (Jan van Cuykdijk) (dijkvak 15 t/m 17);
- Grave Vesting (dijkvak 18 t/m 21);
- Grave West (Koninginnedijk t/m Gemaal van Sasse) (dijkvak 22 t/m 25);
- Lage Wijth (dijkvak 26 t/m 29);
- Reek (dijkvak 30 t/m 35);
- Neerloon (dijkvak 35 t/m 38).

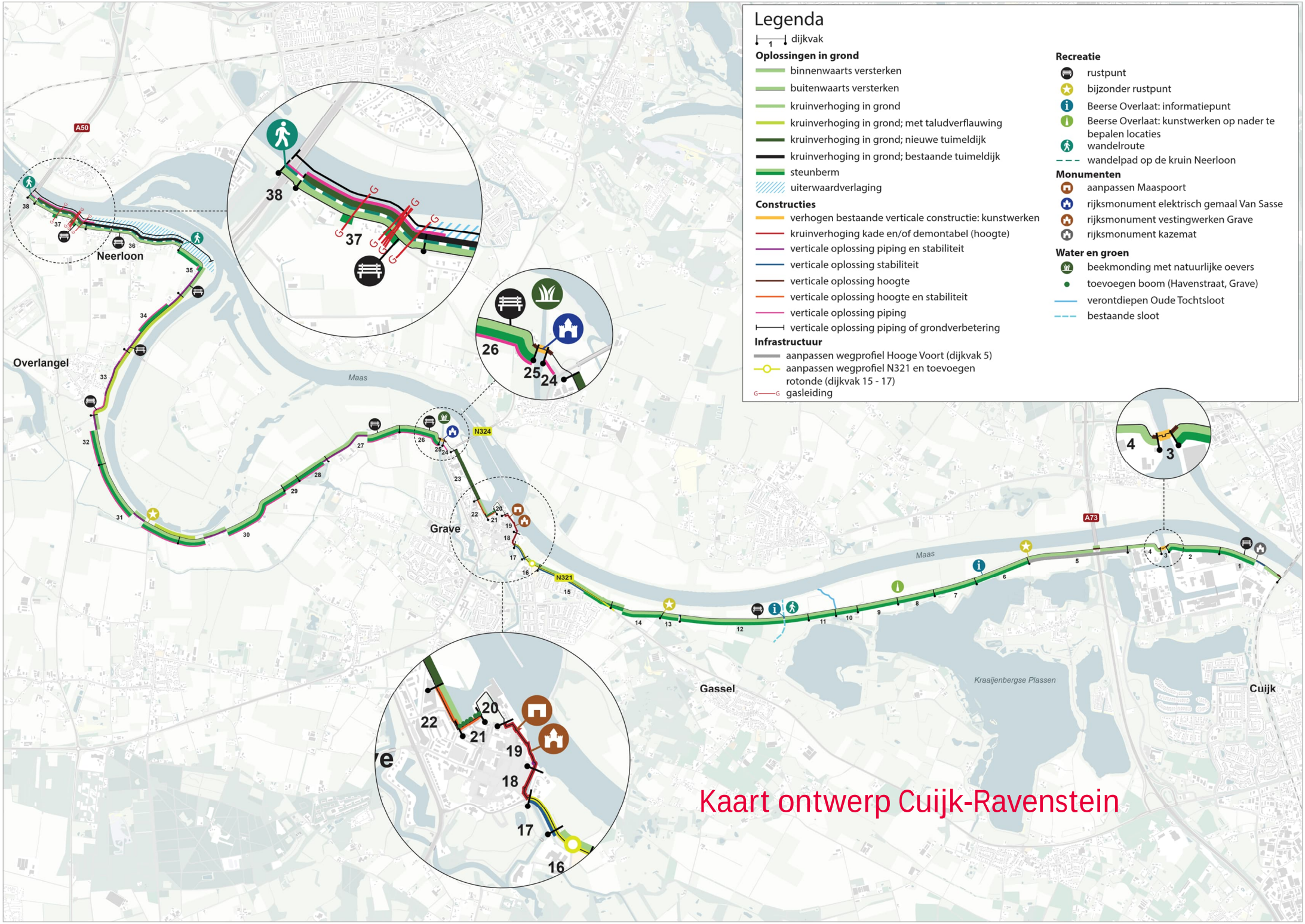
NB: dijkvak 35 deels in deeltraject Reek en deels in deeltraject Neerloon

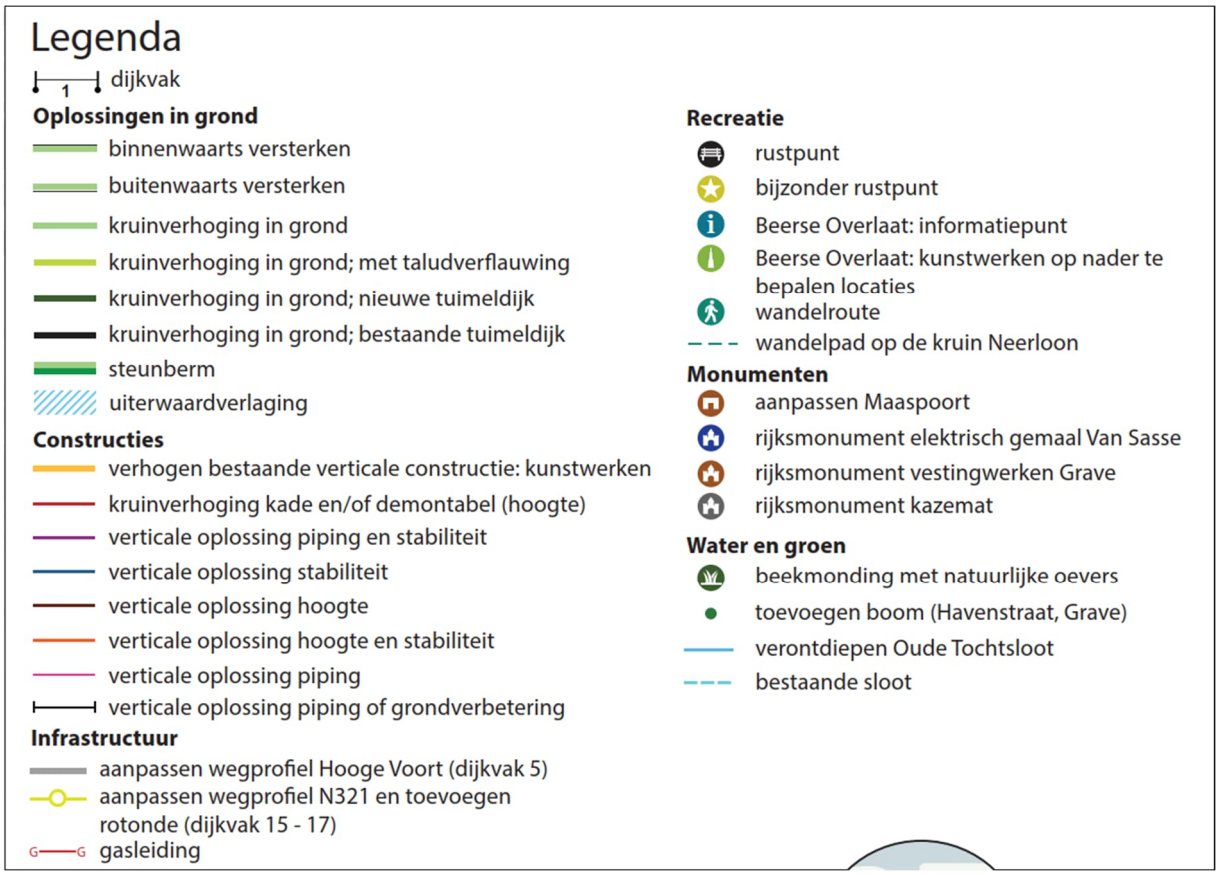


Figuur 5-4 Deeltrajecten Cuijk-Ravenstein

5.3.1 Overzicht Voorlopig Ontwerp

Het ontwerp is weergegeven in Figuur 5-5 hieronder. Het kaartbeeld laat zien dat over een groot gedeelte van het dijktraject de gronddijk gerealiseerd wordt. Op de locaties waar dat niet het geval is, is aangegeven welke maatregelen wel getroffen worden. Daarnaast zijn op kaart de meekoppelkansen weergegeven die zijn opgenomen in het voorlopig ontwerp (zoals de rustpunten en aanpassing van de N321).


Legenda
dijkvak
Oplossingen in grond
binnenwaarts versterken
buitenwaarts versterken
kruinverhoging in grond
kruinverhoging in grond; met taludverflauwing
kruinverhoging in grond; nieuwe tuimeldijk
kruinverhoging in grond; bestaande tuimeldijk
steunberm
uiterwaardverlaging
Constructies
verhogen bestaande verticale constructie: kunstwerken
kruinverhoging kade en/of demontabel (hoogte)
verticale oplossing piping en stabiliteit
verticale oplossing stabiliteit
verticale oplossing hoogte
verticale oplossing hoogte en stabiliteit
verticale oplossing piping
verticale oplossing piping of grondverbetering
Infrastructuur
aanpassen wegprofiel Hooge Voort (dijkvak 5)
aanpassen wegprofiel N321 en toevoegen rotonde (dijkvak 15 - 17)
gasleiding
Recreatie
rustpunt
bijzonder rustpunt
Beerse Overlaat: informatiepunt
Beerse Overlaat: kunstwerken op nader te bepalen locaties
wandelroute
wandelpad op de kruin Neerloon
Monumenten
aanpassen Maaspoort
rijksmonument elektrisch gemaal Van Sasse
rijksmonument vestingwerken Grave
rijksmonument kazemat
Water en groen
beekmonding met natuurlijke oevers
toevoegen boom (Havenstraat, Grave)
verontdiepen Oude Tochtsloot
bestaande sloot
A50
Neerloon
Overlangel
Maas
N324
Grave
N321
A73
Gassel
Kraaijenbergse Plassen
Cuijk
Kaart ontwerp Cuijk-Ravenstein



Figuur 5-5 Kaartbeeld en legenda van het ontwerp voor Cuijk-Ravenstein (zie ook vergrote versie in bijlage D)

In de paragrafen hieronder is per deeltraject het ontwerp toegelicht. Het ontwerp kent een aantal afwijkingen ten opzichte van het voorkeursalternatief. De grootste afwijkingen zijn:

- Er zijn meer maatregelen nodig voor stabiliteit buitenwaarts, omdat deze opgave is toegenomen. Dit heeft te maken met het gewijzigde rekenmethoden (onder andere op een hoger detailniveau berekeningen uitvoeren) en gedetailleerder inzicht in de opbouw van de dijk en de ondergrond buitendijks (onder andere aanvullend grondonderzoek).
- Bij dijkvak 37 is gekozen voor een tuimeldijk in plaats van een verticale constructie aan de binnenzijde. Daarmee sluit het dijkvak qua vormgeving aan bij de omliggende dijkvakken 36 en 38. De ingreep heeft een beperkt ruimtebeslag en hierdoor wordt een constructie dicht bij de woningen vermeden. De aanleg van de tuimeldijk betekent een lager risico op schade bij realisatie en lagere kosten.
- De dijkverbetering vindt op een aantal plaatsen aan de buitenzijde van de dijk plaats, op basis van het doorlopen van de algemene redeneerlijn. Dit heeft te maken met binnendijkse belendingen, waardoor binnendijks versterken geen mogelijkheid is. Het gaat bijvoorbeeld om de dijkvakken 32, 33 en 34 en plaatselijk bij andere dijkvakken (zie verder de beschrijving bij de deelgebieden).
- In het voorkeursalternatief is bij dijkvak 36 ruimte voor uiterwaardverlaging of een nevengeul in de uiterwaarden opgenomen als rivierkundige compensatie voor eventuele buitendijkse versterking. In de ontwerptekeningen werd een nevengeul weergegeven. In de planuitwerkingsfase is gekozen voor de vorm van een uiterwaardverlaging.

Er zijn ook enkele locaties waarvoor nog geen eenduidige keuze was gemaakt in het voorkeursalternatief aan het einde van de verkenningsfase. Dit geldt voornamelijk voor Grave, de Koninginnedijk, de N321 en dijkvak 37. De keuzes voor deze locaties worden toegelicht in de onderstaande paragrafen.

5.3.2 Deeltraject Haven Cuijk (dijkvak 1 t/m 4)

Huidige situatie

Het deelgebied Haven Cuijk ligt tussen de spoorbrug en de A73 en bestaat uit dijkvak 1 t/m 4 en een deel van dijkvak 5 . Er is veel bedrijvigheid aanwezig aan de binnendijkse zijde. De industriehaven van Cuijk bepaalt sinds de jaren '60 van de vorige eeuw het beeld. Via een keersluis is de haven toegankelijk. De uiterwaarden zijn smal en kennen een intensief (onder andere maïs) landbouwkundig gebruik. De Maas ligt dichtbij en langs de oever staan hier de karakteristieke bakenbomen. Aan de horizon zijn de bosgebieden van Overasselt en ook de hoge beboste gronden van het Rijk van Nijmegen zichtbaar. De kerk van Heumen vormt een herkenningspunt aan de noordzijde van de Maas.

De dijk vormt een scherpe scheidslijn tussen het binnendijkse industriegebied en de groene buitendijkse rivieromgeving. De dijk is deels toegankelijk, maar heeft beperkte recreatieve waarde, omdat de invaart van de haven een niet te passeren barrière vormt. De keersluis biedt toegang tot het water in de haven van Cuijk en de Kraaijenbergse Plassen.

In dijkvak 1 ligt een smalle onverharde weg op de dijk (Everdineweerd). Dijkvak 2 bevat geen weg of pad. Dijkvak 3 betreft een kunstwerk. In dijkvak 4 ligt de weg (Keersluisweg) op een brede kruin en is voorzien van fietssuggestiestroken. De weg vormt de ontsluiting voor vrachtverkeer naar de industrie aan de dijk. Deze weg loopt door in dijkvak 5.

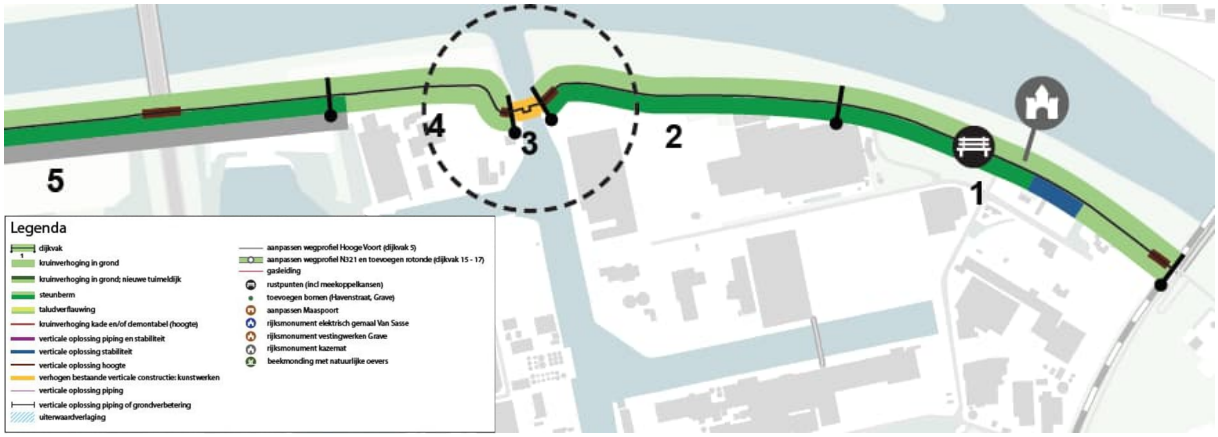
In de binnendijkse dijkteen staat beplanting in dit dijkvak, die het zicht op het bedrijventerrein deels ontneemt. Enkele beplantingstructuren aan de Everdineweerd geven de sfeer van Maasheggen langs de dijk. Door de binnendijkse boomstructuur bij het bedrijf Berry Global past het industriegebied enigszins in het landschap. Desalniettemin is het bedrijventerrein sterk aanwezig. Het buitendijkse talud gaat over in het grasland van de uiterwaarden.

In dijkvak 1 liggen bovenin het buitentalud twee kazematten van de Maaslinie (rijksmonumenten). De kazematten liggen nog op hun originele locatie en zijn goed beleefbaar. De kazematten zijn niet toegankelijk en liggen door voormalige dijkverhogingen niet meer met hun ingang aan de kruin van de dijk. De dorpels van de ingangen liggen net iets te laag in het talud, waardoor grond over de dorpels de kazematten in loopt.

Ontwerpkeuzes

In Figuur 5-6 hieronder is het voorlopig ontwerp voor het deelgebied opgenomen. De aanwezigheid van het bedrijventerrein heeft invloed op de beschikbare ruimte voor de dijkversterking en er moet rekening worden gehouden met de bereikbaarheid van de aanwezige bedrijven. Het aansluiten van de keersluis op de gronddijk is daarnaast ook een belangrijk aandachtspunt.

De opgave begint bij dijkvak 1 met een hoogteopgave, maar daar komt al snel een opgave voor stabiliteit bij. De stabiliteitsopgave wordt deels opgelost met een constructie, vanwege de aanwezigheid van een bedrijfsgebouw dicht bij de dijk. Daarna is er een steunberm opgenomen in het ontwerp.



Figuur 5-6 Voorlopig ontwerp voor deelgebied 1 – Haven Cuijk (voor grotere legenda zie Figuur 5-5)

Tabel 5-1 Overzicht aandachtspunten ontwerp deelgebied 1

Dijkvak	Aandachtspunt
1	In dijkvak 1 is een woning aanwezig. Op basis van een variantenanalyse is de voorkeur het realiseren van een verticale oplossing (muur) langs de binnenkruinlijn met een coupure.
	Aanwezige bomen en een haag worden zo veel mogelijk herplant op overhoogte aan de binnenzijde van de dijk.
2	Binnendijks van dijkvak 2 liggen bedrijventerreinen. Voor de dijkverbetering waren twee varianten in beeld: een steunberm en een verticale oplossing. Er is, onder andere op basis van een kostenafweging, gekozen voor een steunberm.
	In dijkvak 2 ligt aan de binnenzijde ter plaatse van de oprit Korte Oijen een rioolgemaal van het waterschap. Het rioolgemaal wordt voor de helft gesloopt en de oude perskoker die door de dijk gaat wordt buiten werking gesteld.
	De kazematten langs de buitenzijde van dijkvak 2 worden gehandhaafd.
	Aanwezige bomen worden zo veel mogelijk herplant op overhoogte aan de binnenzijde van de dijk.
3	Het hoogtetekort van de keersluis wordt opgelost door de deksloof tussen de keermiddelen te verhogen. De aangrenzende damwanden worden verhoogd en over een grotere lengte doorgetrokken om geen lokale laagtes bij de overgangen te creëren. Een aandachtspunt is een goede aansluiting van de keersluis op de gronddijk van dijkvak 2 en 4.
4	Ter plaatse van dijkvak 4 is het wegprofiel van de Keersluisweg geoptimaliseerd. De wegbermen zijn minder breed gemaakt om het ruimtebeslag op de aangrenzende percelen te beperken. Daarnaast zijn de bestaande op- en afritten ingepast.
5	De Hooge Voort is verbreed naar 4,80 meter vanwege de bereikbaarheid voor de recreatievoorzieningen bij de Kraaijenbergse Plassen door auto's met boottrailers. Hiermee wordt ook het groot verkeer door het dorp Linden teruggedrongen.
	Ter hoogte van de A73 komt een versmalling in het wegprofiel naar één rijstrook, vanwege de beperkt beschikbare ruimte. Onder de A73 is een L-wand voorzien om voldoende kruinbreedte voor waterveiligheid en een eventueel toekomstig fietspad op de kruin bieden.

5.3.3 Deeltraject Kraaijenbergse Plassen (dijkvak 5 t/m 14)

Huidige situatie

Het deelgebied Kraaijenbergse Plassen loopt van de A73 tot aan de N321 bestaat uit een deel van dijkvak 5 en de vakken 6 t/m 14. De omgeving van de dijk was onderdeel van de Beerse Overlaat. Het gebied tussen Linden en Gassel was laaggelegen en overstroomde regelmatig vanuit de Maas. Dit werd bewust gedaan om het Maaswater bij hoge afvoer de ruimte te bieden. De huidige dijk, de uiterwaarden met zijn bakenbomen en het zomerbed van de Maas zijn overduidelijk ontworpen en aangelegd als onderdeel van de Maaswerken in de jaren ‘30 van de vorige eeuw, waarmee de Beerse Overlaat buiten gebruik raakte.

Binnendijks bevinden zich de Kraaijenbergse Plassen, een stelsel van forse zandwinningsplassen die recent zijn afgerond en zijn ingericht ten behoeve van recreatie en natuur. Rond het door de zandwinning getransformeerde landschap liggen nog tal van oorspronkelijke landschapsstructuren: leidijken (de Hogendijk), watergangen en Maasheggenlandschap.

In de jaren '30 is de dijk teruggelegd en kent de dijk zijn huidige tracé. Sindsdien verbindt de dijk met één lange duidelijke curve de hoge gronden rond Kraaijenberg/Linden in het oosten en de hoge gronden rond de Driesenweg in het westen.



Figuur 5-7 Landschap tussen Cuijk en Grave zonder (bovenste figuur) en met (onderste figuur) winterdijk

In dijkvak 6 tot 9 ligt op afstand van de binnenteen de Lommerstraat als ontsluiting voor de boerderijen en fietsers. De zuidkant van de weg wordt grotendeels begeleid door bossages en Maasheggen. De dijkkruin en taluds zijn hier groen en niet toegankelijk (met uitzondering voor aanwezige pachters). De hoge dijk belemmert het zicht op de rivier vanaf de weg.

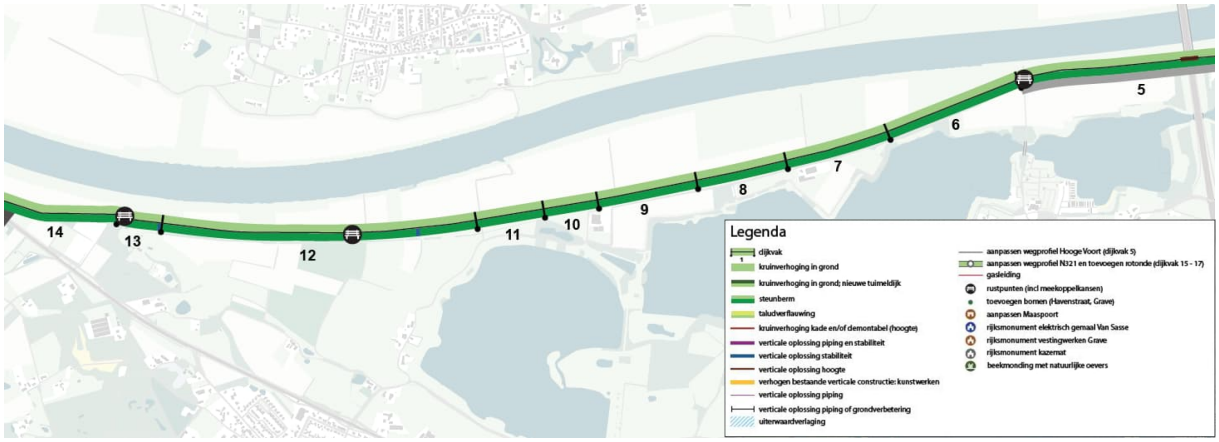
In dijkvak 7 tot 13 is de dijk voorzien van een fietspad op de kruin, met uitzicht over de uiterwaarden. Op afstand van de binnenteen wordt de dijk begeleid door bossages en hagen die meedoen in het patroon van kavelgrensbeplantingen als onderdeel van het Maasheggenlandschap.

Ontwerpkeuzes

In Figuur 5-8 is het voorlopig ontwerp voor het deelgebied opgenomen. In dit deelgebied zijn er weinig woningen of andere objecten die dicht bij de dijk staan, waardoor op de meeste locaties ruimte is voor het principeprofiel van de gronddijk. Naast een verhoging van de dijk wordt er binnendijks een berm in grond aangebracht voor de stabiliteitsopgave. De breedte van de steunberm is afhankelijk van de stabiliteitsopgave.

Voor het gehele deelgebied geldt een hoogteopgave en een stabiliteitsopgave binnenwaarts. Voor een kort gedeelte ter hoogte van de westelijke plas van de Kraaijenbergse Plassen geldt ook een pipingopgave. De pipingopgave wordt opgelost met een verondieping van de oude Tochtsloot buitendijks.

Voor de dijkvakken 7 t/m 12 moeten de op- en afritten nog nader worden ingepast en besproken worden met de eigenaren van de aangrenzende agrarische percelen. Het uitgangspunt is dat de huidige locaties worden behouden.



Figuur 5-8 Voorlopig ontwerp voor deelgebied 2 – Kraaijenbergse Plassen (voor grotere legenda zie Figuur 5-5)

Tabel 5-2 Overzicht aandachtspunten ontwerp deelgebied 2 (de beschrijving van dijkvak 5 is opgenomen in deelgebied 1)

Dijkvak	Aandachtspunt
5	Aanwezige Maasheggen worden teruggeplaatst op de overhoogte aan de binnenzijde van de dijk.
	Het aanwezige kunstwerk (bij dijkpaal A197) wordt gehandhaafd en wordt ingepast in het ontwerp.
6	De kruising van de Hardweg met de Lommerstraat vormde een aandachtspunt, deze is met aandacht voor verkeersveiligheid en toekomstbestendigheid ontworpen.
	In het dijkvak wordt een recreatief rustpunt gerealiseerd, dit is een extra rustpunt.
	Aanwezige Maasheggen worden herplant.
7 t/m 11	Geen bijzonderheden.
12	In het dijkvak wordt een recreatief rustpunt gerealiseerd, het huidige bankje wordt teruggeplaatst.
	Er worden opstelplaatsen voor noodpompen gerealiseerd bij de kunstwerken uitwateringssluis Tochtsloot en uitwateringssluis Gasselse Loop om bij extreme omstandigheden overtollig water van het achterland af te voeren.
	Het aanwezige kunstwerk (bij dijkpaal A233) wordt gehandhaafd en wordt ingepast in het ontwerp.
13	In het dijkvak wordt een recreatief rustpunt gerealiseerd.
	Het aanwezige kunstwerk (bij dijkpaal A245) wordt gehandhaafd en wordt ingepast in het ontwerp.
14	Hier is geen stabiliteitsopgave en daardoor ook geen maatregelen voor stabiliteit vanwege de ondergrond ter plekke.
	Bij één woning zal vanwege ruimtegebrek binnenwaarts de verhoging buitenwaarts gerealiseerd worden.

5.3.4 Deeltraject Grave Oost (dijkvak 15 t/m 17)

Huidige situatie

Het deelgebied Grave Oost is het gedeelte van de dijk waar de N321 over de dijk loopt en bestaat uit dijkvak 15, 16 en 17. De N321, de oude straatweg van Cuijk naar Grave, komt hier samen met de Maasdijk. Bij de Oude Haven in Grave maakt de doorgaande weg een scherpe bocht, doorkruist de oude vestingstructuur en volgt de westelijke rand van de historische stadskern.

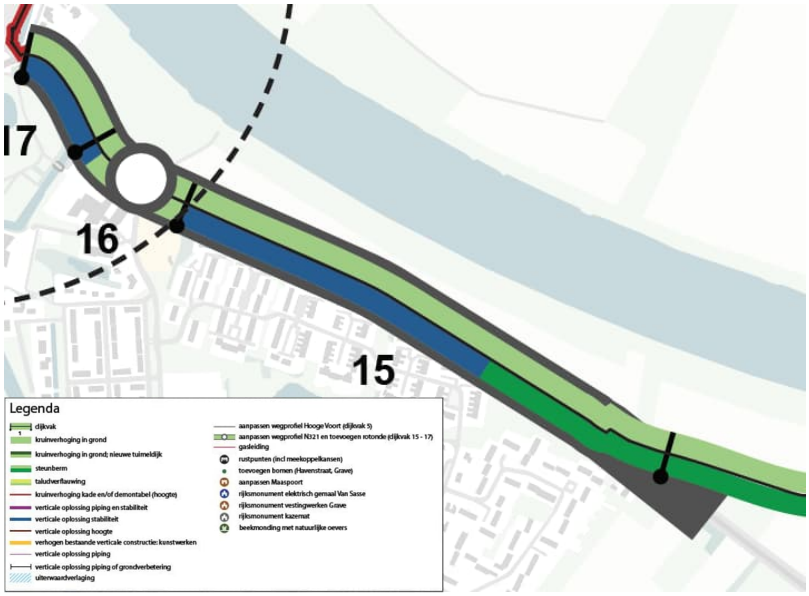
Aan de binnendijkse zijde liggen de woningen aan de Dokter Kanterslaan. Dit is een woonwijk uit jaren ‘80. De woningen zijn via hoven ontsloten en met de achterzijde op de dijk en de Maas georiënteerd. Woonkamers liggen op de eerste verdieping en bieden zicht op de dijk en het Maaslandschap. Tegen de binnenteen staan grote populieren. Rond de Estersveldlaan liggen binnendijks, op een hoog maaiveld, een begraafplaats en een scholencomplex. Tussen Grave en de Estersveldlaan ligt het voormalige Visioterrein. Hier ligt een primaire watergang die de verbinding vormt tussen de Raamsluis en de verder gelegen Raam tegen de teen van dijk.

De dijk heeft een brede kruin, bij de Estersveldlaan met voorsorteervakken, en vrij liggende fietspaden. Op de dijk ligt de N321 waar 80 km/u gereden mag worden. Vanaf de Estersveldlaan geldt het 50 km/u regime.

Het fietspad binnendijks ligt grotendeels aan de teen van de dijk en biedt zicht op de achterkanten van de woningen van de Dokter Kanterslaan. Tussen de Estersveldlaan en Grave ligt het fietspad op de dijk.
Het fietspad buitendijks ligt iets hoger dan de teen van dijk en biedt, in de periodes als er geen mais op de akkers staat, zicht op de Maas en de bakenbomen.

Ontwerpkeuzes

In Figuur 5-9 is het voorlopig ontwerp voor het deelgebied opgenomen. Het deelgebied Grave Oost bestaat uit het gedeelte waar de N321 op de dijk ligt. Voor dit deel is een integraal ontwerp gemaakt waar zowel de maatregelen voor waterveiligheid als voor verkeersveiligheid in zijn opgenomen. Bij de aansluiting van de Estersveldlaan wordt er een rotonde in de N321 aangelegd. Binnendijks is er heel weinig ruimte vanwege de aanwezige bebouwing, waardoor op deze locatie de dijkversterking aan de buitendijkse zijde plaatsvindt. In dit deelgebied is er een hoogteopgave en een stabiliteitsopgave, zowel binnenwaarts als buitenwaarts. Er is ook een opgave voor piping. De hoogteopgave en stabiliteit buitenwaarts worden in grond opgelost, voor de stabiliteitsopgave binnenwaarts is een constructie voorzien. In het oostelijk gedeelte van dit deelgebied wordt de stabiliteitsopgave opgelost met een steunberm.

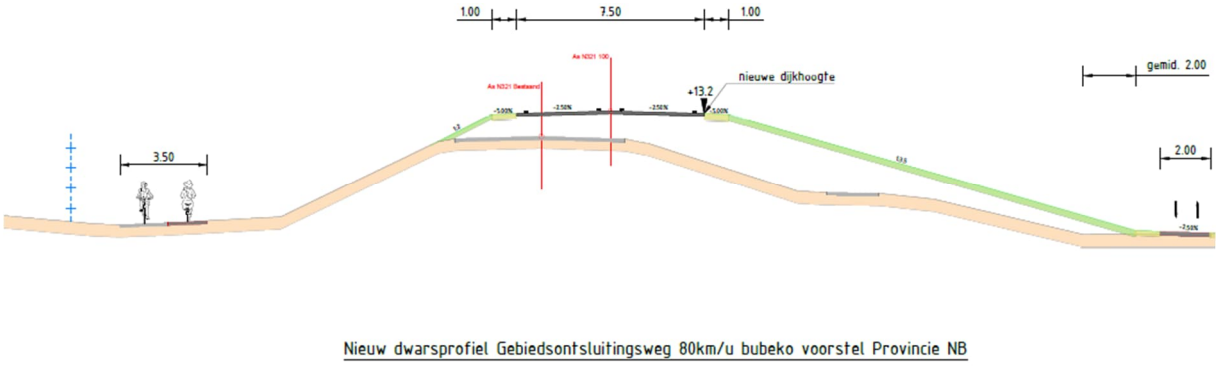


Figuur 5-9 Voorlopig ontwerp voor deelgebied 3 – Grave Oost (voor grotere legenda zie Figuur 5-5)

Ten opzichte van de verkenningsfase is de breedte van de kruin aanzienlijk geoptimaliseerd. In het VKA was hier een breedte van 16,5 m voor opgenomen, door de aanwezigheid van een obstakelvrije zone van 4,5 m aan beide zijden van de weg.

In het uiteindelijke ontwerp van de N321 is slechts een obstakelvrije zone van 1,0 m aan beide zijden van de weg opgenomen. Dit heeft geleid tot een kruinbreedte van 7,5 m voor dijkvak 15 (zie Figuur 5-10).

Voor de N321 past provincie Noord-Brabant, zoals alle wegbeheerders, de visie Duurzaam Veilig toe. Dit is een landelijke gedachte voor het verkeersveilig inrichten van wegen. De N321 is een gebiedsontsluitingsweg en moet dan ook conform ingericht zijn. De belangen vanuit verkeersveiligheid en van Rijkswaterstaat voor rivierkundige aspecten op deze locatie komen niet overeen. Dit heeft geleid tot optimalisatie van het ontwerp, waarbij de verkeersveiligheid verbetert ten opzichte van de huidige situatie, zie figuur hieronder.



Figuur 5-10 Dwarsprofiel inrichting gebiedsontsluitingsweg N321 (binnendijkse zijde aan linkerkant, maaszijde aan rechterkant)

Tabel 5-3 Overzicht aandachtspunten ontwerp deelgebied 3

Dijkvak	Aandachtspunt
15	Het fietspad aan de binnenzijde van de dijk wordt behouden en verbreed tot een tweerichtingenfietspad. De ligging van het fietspad binnendijks is aangepast om de bestaande bomen zoveel mogelijk te behouden. Als dat niet lukt doordat een berm wordt toegepast, worden bomen en struiken herplant.
	Binnendijks worden bomen geraakt, deze worden zoveel mogelijk herplant op deze locatie met een overhoogte.
16	Bij de aansluiting van de Estersveldlaan wordt er een rotonde in de N321 aangelegd voor de verkeersveiligheid als snelheidverlagende maatregel. Er is rekening gehouden met de binnendijkse gelegen begraafplaats.
	Het aanwezige middenspanningshuisje wordt behouden en ingepast.
	De exacte inpassing van het terrein van het gilde moet nog verder uitgewerkt worden in de DO-fase (die plaatsvindt na start van de ruimtelijke procedure en vóór de realisatie). Door het ruimtebeslag van de nieuwe rotonde en de aansluiting naar het evenemententerrein, zal het gildeterrein richting het noorden verplaats worden.
17	In de aansluiting tussen dijkvak 17 en dijkvak 18 rond de Raamsluis zit de overgang van een gronddijk naar een constructieve oplossing. Hierdoor is dit een locatie waar veel vakgebieden bij elkaar komen. Ter plaatse van Bomvrije zorgt de verhoging van de reeds aanwezige muur voor de benodigde kerende hoogte. Hierdoor kan de N321 de aansluiting maken op de huidige hoogte van de N321 bovenop de Raamsluis en is hier geen ophoging nodig. Vanaf de inrit naar Bomvrije wordt de benodigde hoogte verkregen door een demontabele kering. Ter plaatse van de inrit is een maatregel voorzien in de vorm van een coupure om de inrit vrij te houden. Na de inrit wordt de demontabele kering gerealiseerd bovenop de reeds aanwezige muur bovenop de Raamsluis en vormt deze de overgang naar Grave.
	De aanwezige muur in de buitenbocht (boven de Raamsluis op de kop van de oude haven) van de N321 wordt verwijderd om het aangezicht van de stenen vesting te versterken. Er komt wel een voertuigwerende voorziening om oa een veilige situatie voor voetgangers te creëren.
	Het muurtje langs de Jan van Cuykdijk (nr. 2) wordt vervangen door een waterkerende wand voor overslag en onderloopsheid.
	In de verkenningsfase was er sprake van het dempen van de watergang die de verbinding is tussen de Raam en de Raamsluis, als onderdeel voor het ontwerp van het Visioterrein. Het waterschap heeft besloten om deze watergang niet te dempen en een verticale oplossing aan het ontwerp toe te voegen. Daar zijn de ontwerptekeningen van het Visioterrein op aangepast. Reden is tevens om doorgang van de dijkverbetering te waarborgen en niet afhankelijk te zijn van de planning van het Visioterrein.

Hieronder is een visualisatie van de Raamsluis en omgeving opgenomen, tevens de overgang van het grondlichaam (rechts op de visualisatie) en de start van de vesting (centraal/links op de visualisatie).



Figuur 5-11 Visualisatie van de Raamsluis en omgeving bij extreem hoogwater

5.3.5 Deeltraject Grave Vesting (dijkvak 18 t/m 21)

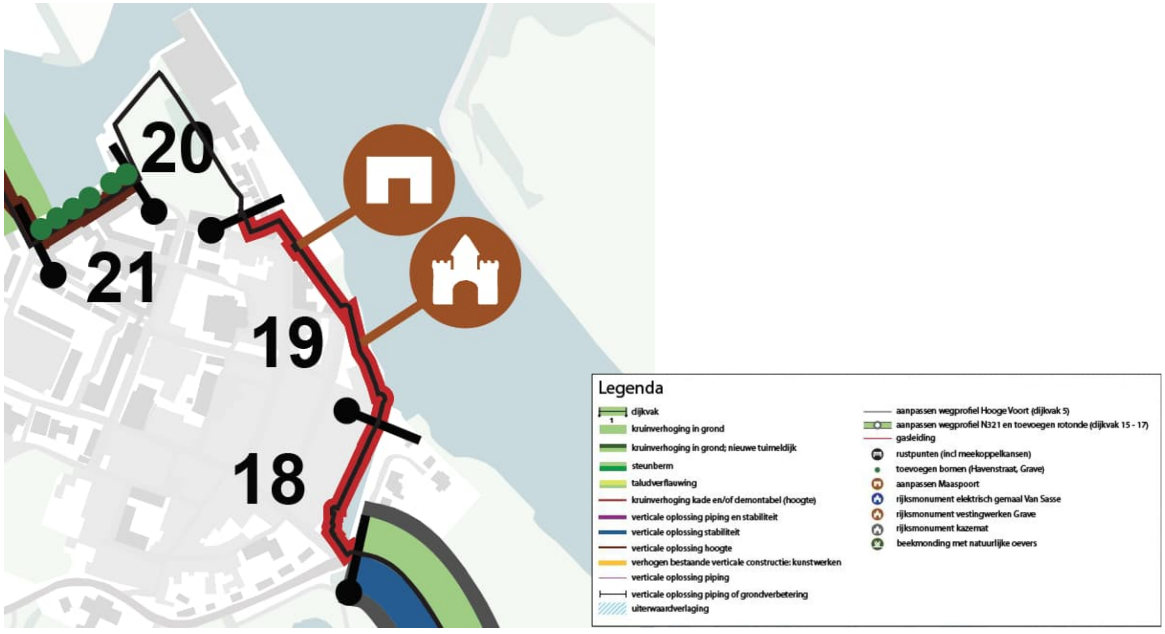
Huidige situatie

Het deelgebied Grave Vesting loopt vanaf de N321, via de oude vesting Grave, tot aan de Koninginnedijk en bestaat uit dijkvak 18 t/m 21. Vestingstad Grave en de rivier de Maas zijn historisch, ruimtelijk en functioneel aan elkaar verbonden. De vestingwerken zijn onderdeel van de primaire kering en hebben daarmee een belangrijke functie voor de waterveiligheid. De historische relatie bestond vooral uit verdediging en handel. De vestingmuren waren hoog en robuust ter verdediging, waardoor zicht op de Maas vanuit de stad zeer beperkt was. Met de Raamsluis konden de waterstanden van de vestinggrachten worden geregeld en het achterland onder water worden gezet. De Maaspoort, Oude Haven en Nieuwe Haven zorgden voor de functionele verbinding tussen stad en Maas: handel. De verdedigingsfunctie van de hedendaagse vestingwerken is verdwenen. De vestingwerken hebben recreatieve en cultuurhistorische waarden. Ze bepalen de huidige identiteit van de stad en bieden ruimte aan verblijfsplekken (onder andere terrassen bij Maaspoort), attractieve wandel- en fietsroutes en mooie vergezichten over de Maas.

Kenmerkend voor de Maaskade is het grote contrast tussen de beslotenheid van de vesting en de weidse ruimte van de Maas. Bewoners hechten zeer aan het zicht over de Maas en willen dit behouden. Tegelijkertijd is de Maaskade voor de slechting van de vesting aan het eind 18e eeuw hoger geweest. Een historische aanleiding voor een andere inrichting is dus aanwezig. De krappe openbare ruimte is verouderd en is aan verbetering toe. Er rijdt vrachtverkeer van en naar de scheepswerf, er wordt geparkeerd, gewandeld en gefietst, er zijn terrassen met windschermen op de smalle trottoirs. De kastanjebomen zijn onderdeel van de waardevolle boomstructuur op de vestinggordel. Ze zijn echter niet allemaal meer vitaal.

Ontwerpkeuzes

De bebouwing van de oude vesting en de vestingmuur maken het inpassen van een waterveiligheidsoplossing een uitdaging. In het ontwerp kan onderscheid gemaakt worden tussen het ontwerp voor de kademuur (hoogteopgave) en voor de onderbouw (stabiliteitsopgave). In Figuur 5-12 is het voorlopig ontwerp voor het deelgebied opgenomen.



Figuur 5-12 Voorlopig ontwerp voor deelgebied 4 – Grave Vesting (voor grotere legenda zie Figuur 5-5)

Ten aanzien van de hoogteopgave voor de kademuur Grave is in de verkenningsfase uitgegaan van een overslagdebiet van 1 tot 10 l/s/m. In de planuitwerking is dit uitgangspunt aangescherpt naar 1 l/s/m voor het ontwerp. Deze ontwerpkeuze zorgt voor eenduidigheid en uniformiteit in uitgangspunten over de dijktrajecten Meanderen Maas en Cuijk-Ravenstein, op die locaties is hetzelfde uitgangspunt gekozen. Bovendien levert een hoger overslagdebiet van 10 l/s/m slechts een marginale verlaging van de benodigde kruinhoogte op, in de orde van enkele centimeters. Een hoger overslagdebiet zou onder maatgevende situaties ook leiden tot extra waterbezwaar en -overlast.

De hoogteopgave voor de kademuur wordt opgelost door het aanpassen van twee bestaande coupures en het realiseren van nieuwe coupures (voorbeeld van een coupure, zie Figuur 5-13) en het plaatsen van een demontabele kering (zie Figuur 5-14 hieronder). Er zijn in dit deelgebied vier coupures bij de toegang van: Bomvrije, Maaskade Noord, Haventerrein Nieuwe Haven en de laaggelegen parkeergelegenheid op hoek Havenstraat – Koninginnedijk. Deze coupures worden aangepast en verhoogd. Op basis van een Trade-Off Matrix (TOM) is gekozen voor een demontabele kering, waarbij ook rekening is gehouden met het behouden van het karakter van de Maaskade. De demontabel kering is voorzien voor een deel van dijkvak 18 en voor dijkvak 19 (straten Prinsenstal en Maaskade).



Figuur 5-13 Visualisatie van de coupure Maaskade bij extreem hoogwater



Figuur 5-14 Visualisatie van de demontabele kering Maaspoort (links) en Maaskade (rechts) bij extreem hoogwater

In Figuur 5-15 is weergegeven op welke locaties er mogelijk sprake is van een stabiliteitsopgave. In het vervolg van het project wordt de veiligheidsanalyse voor Grave aangescherpt. Bovendien komt nog aanvullende informatie beschikbaar vanuit onderzoeken voor de onderbouw Grave. Het gaat om constructieve onderzoeken en geotechnisch veld- en laboratoriumonderzoeken. Op basis daarvan worden de exacte locaties met een versterkingsopgave bepaald en kunnen de locaties met een potentiële stabiliteitsopgave (zoals weergegeven in onderstaande) nog wijzigen. In paragraaf 5.4 wordt nader ingegaan op varianten voor de onderbouw.

Voor de stabiliteitsopgave is het uitgangspunt dat bestaande constructies versterkt worden met een zogenaamde J-wand op palen die in de bestaande muur wordt geplaatst door een deel van de muur te slopen. De J-wand is op alle afgekeurde delen toepasbaar (in tegenstelling tot andere oplossingen) en constructief sluit het makkelijker aan op bestaande secties die niet aangepast worden. Het geeft de minste buitenwaartse verplaatsing en daarmee het behoud van de huidige lijn en locatie van de historische kademuur.



Figuur 5-15 Voorlopige locaties met een stabiliteitsopgave in Grave Vesting, weergegeven met de rode lijn. De groene lijn geeft de locaties zonder stabiliteitsopgave weer. (NB: locaties stabiliteitsopgave zijn nog niet definitief, dit MER gaat uit van worst-case voor de beoordelingen)

In de Havenstraat (DV21) wordt een nieuwe verticale constructie (verankerde stalen damwand) gerealiseerd voorzien van metselwerk bekleding (zie Figuur 5-16), aansluitend bij de Visie op de Vestingstad Grave uit 2018.



Figuur 5-16 Visualisatie van de kering achter het havengebouw in afwijkend materiaal

Tabel 5-4 Overzicht aandachtspunten ontwerp deelgebied 4

Dijkvak	Aandachtspunt
18	Op de overgang van dijkvak 18 en 19 kan door een goede inpassing de brug Prinsenstal behouden worden.
19	Bij de Maaspoort wordt de coupure aangepast en verhoogd. Daarnaast vindt ook herstel van de Maaspoort plaats, geïnspireerd op de oorspronkelijke situatie en gericht op een betere verbinding tussen vesting Grave en de Maas.
20	Geen maatregelen nodig vanwege de hoge ligging.
21	Langs de Havenstraat wordt een nieuwe verticale constructie aangebracht. Dit is in het ontwerp opgenomen als een constructiezone om nog ruimte te bieden aan een andere oplossing (als nog op te leveren onderzoeksresultaten daar aanleiding voor geven).
	In de Havenstraat worden bomen geplaatst vanuit de Visie op de Vestingstad Graven uit 2018.
	Ter plekke van het havengebouw kan de historische vestingmuur niet in één lijn worden doorgetrokken. Er wordt gebruik gemaakt van afwijkend materiaal om duidelijk onderscheid te maken tussen de historische vestingmuur en de aanpassing voor het havengebouw.
	Voor het herstel van de kademuur moeten parkeerplaatsen verplaatst worden.
	De aansluiting van de bestaande overstort moet nog verder uitgewerkt worden in het vervolg.

5.3.6 Deeltraject Grave West (dijkvak 22 t/m 23)

Huidige situatie

Het deelgebied Grave West gaat om het gebied van de Koninginnedijk tot aan de N324. Ingeklemd tussen de dijk en de N324, ligt een binnendijks uitbreidingsgebied van Grave met onder ander bedrijventerrein Wisseveld, parkeerterreinen, braakliggende terreinen, woningen en zorgcomplex Catharinahof. Het bedrijventerrein ligt circa één meter lager dan de nieuwe hoogte van de Koninginnedijk. De nieuwere woningen zijn reeds gebouwd op ongeveer de nieuwe dijkhoogte. Catharinahof ligt ruim hoger dan de nieuwe dijkhoogte.

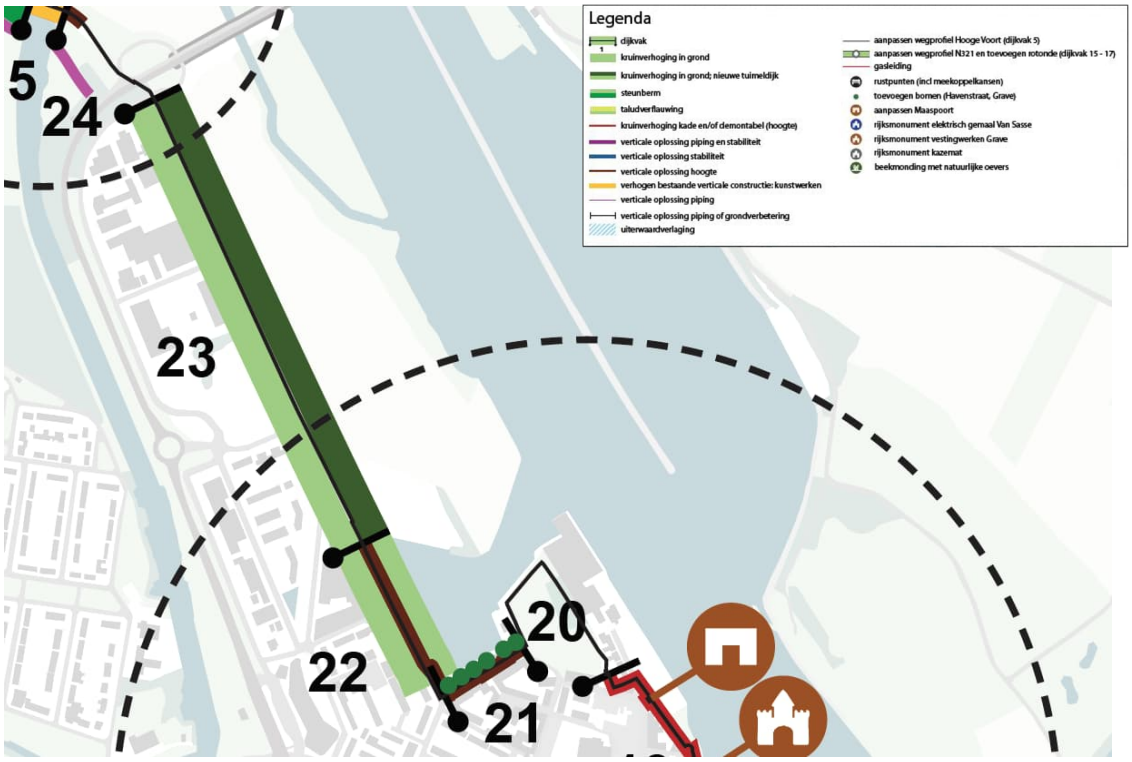
Buitendijks ligt de Nieuwe Haven, grenzend aan het overwoekerde, gedeeltelijk verharde EMAB-terrein. Het terrein strekt zich circa 140 meter langs de dijk en is omlijst door hoge populieren, die de rivier aan het zicht onttrekken. De uiterwaarden ernaast bestaan uit landbouwgrond met een vistrap die doorloopt onder de John S. Thompsonbrug. Ter hoogte van de brug stuit de Koninginnedijk op de N327. De dijk en het fietspad buigen af en lopen door onder de brug.

De weg op de Koninginnedijk dient voornamelijk voor fietsers, bewoners en bezoekers van de bedrijven. Fietsers die vanaf de Mars en de Wijthdijk Grave binnenrijden zien als eerste het bedrijventerrein. Vanaf de weg is er zicht op de Maas en op het agrarisch terrein tussen de dijk en de rivier, dat circa 4 meter lager ligt dan de dijk.

Ontwerpkeuzes

In Figuur 5-17 is het ontwerp voor het deelgebied weergegeven en de specifieke aandachtspunten zijn per dijkvak opgenomen in onderstaande tabel.

In het ontwerp voor het deelgebied Grave West is in dijkvak 22 een stabiliteitsscherm opgenomen voor de stabiliteit buitenwaarts en deels voor een hoogteopgave. Deze opgaves worden in dijkvak 23 opgelost met een buitenwaartse versterking in grond in de vorm van een tuimeldijk met vrij liggend fiets- en voetpad, dit tegenstelling tot het vastgesteld VKA. Dit was een wens vanuit de gemeente voor een verbeterde inrichting voor de veiligheid van de fietsers en voetgangers. Het scheiden van fietsers en autoverkeer heeft tevens voordelen voor autoverkeer van de aanliggende bedrijven.



Figuur 5-17 Voorlopig ontwerp voor deelgebied 5 – Grave West (voor grotere legenda zie Figuur 5-5)

Tabel 5-5 Overzicht aandachtspunten ontwerp deelgebied 5

Dijkvak	Aandachtspunt
22	Vanwege een gebrek aan ruimte (parkeerplaatsen, toegangsweg, woonboot en leiding) wordt hier een stabiliteitsscherm aangebracht voor stabiliteit buitenwaarts en deels voor een hoogteopgave. Het scherm komt in een zone tussen de buitenkruinlijn en de buitenteen. Mogelijk komen er nieuwe inzichten voor de stabiliteitsopgave, waardoor het toepassen van het stabiliteitsscherm opnieuw overwogen wordt.
23	Het ontwerp van de gronddijk wordt in de vorm van een tuimeldijk uitgevoerd.
	Het uitgangspunt is tweerichtingsverkeer. De bermen van het fietspad zijn geoptimaliseerd naar 0,75 meter om het binnendijkse ruimtebeslag te beperken.
	Er is een gasleiding aanwezig onder de weg, deze mag van de eigenaar blijven liggen als de weg bestraat wordt met elementverharding.
	Een oprit aan de oostzijde van het dijkvak wordt weggehaald op verzoek van bewoners en in afstemming met de perceeleigenaar. Er wordt aan de westzijde een nieuwe oprit gerealiseerd.

5.3.7 Deeltraject Lage Wijth (dijkvak 24 t/m 29)

Huidige situatie

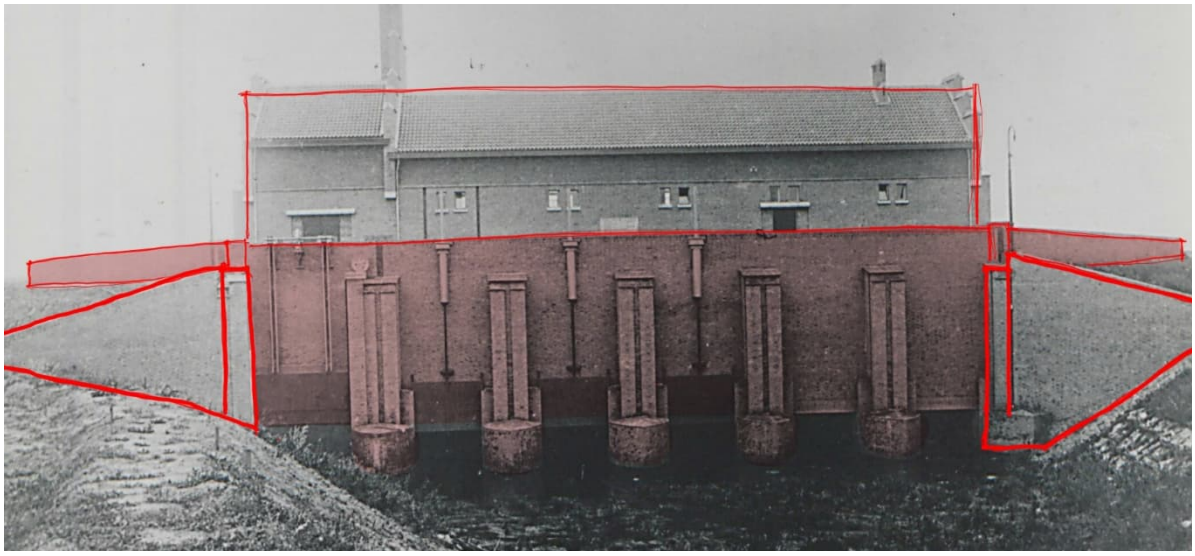
Het deelgebied Lage Wijth ligt tussen de N324 en de aansluiting op de Pannestaartweg en bestaat uit de dijkvakken 24 t/m 29. De dijk loopt door open agrarisch landschap tussen de N324 en de oude rivierarm van Keent. Binnen- en buitendijks liggen agrarische gronden. De Maas is niet zichtbaar vanaf de dijk, behalve bij het Gemaal van Sasse. Het zicht op Keent is open en wordt alleen onderbroken door enkele wild uitgegroeide heggen en erfbeplantingen. Buitendijks liggen de relicten van een oude Maasdijk: wielen, struweelbeplanting en de loop van de Horsensche Graaf (tussen het Velps Sluisje en de ‘vergeten sluis’ bij de Hans en Grietweg). Bij de Thompsonbrug staan binnen- en buitendijks kazematten ter verdediging van de brug in de Tweede Wereldoorlog.

De dijk ligt op de plek van de oorspronkelijke Maasdijk, die de Polder van de Wijth en Polder de Mars scheidde. De oude kronkeldijk Mars en Wijthdijk is omstreeks 1955 tijdens de aanleg van de moderne gronddijk rechtgetrokken, waarbij de oude dijkkronkels en wielen bewaard zijn gebleven. Het bewaren van deze cultuurhistorische landschapselementen lijkt destijds een bewuste keuze te zijn geweest. Dit tezamen met het rijke cultuurhistorische landschap en gebouwen (Gemaal van Sasse, Schuttershuisje en Mars en Wijth 3) maakt dat de dijk een authentiek karakter heeft. Dat de dijk alleen toegankelijk is voor fietsers en dat de verharding daardoor relatief smal is, is een grote kwaliteit van dit deelgebied.

De dijk ligt circa vier meter hoger dan de omgeving en snijdt door het polderlandschap dat onderdeel was van het inundatieterrein van de Beerse Overlaat. De boerderijen met erfbeplanting liggen binnendijks dicht tegen de dijkteen. Het smalle fietspad (asfalt) op de kruin wordt hier en daar onderbroken door oversteekjes van de aanliggende boerderijen die buitendijks grond bezitten.

Rijksmonument Gemaal van Sasse:
Het gemaal bestaat ogenschijnlijk uit een gebouw met aan de andere zijde van de rijbaan een muur (frontmuur) met daaraan de regelwerken en de sluisdeuren. Het gebouw en de frontmuur zijn echter één geheel, dat onder de rijbaan functioneel is verbonden. Dit is terug te zien in samenhangende architectuur van het geheel. Tevens manifesteert het gemaal zich als een solitair object in de lange lijnstructuur van de dijk. De frontmuur vormt de waterkering. Twee architectonische uitgangspunten zijn leidend:

- De frontmuur is een tweede, vooruitgeschoven, gevel van het gebouw. In de lengterichting is de muur (inclusief de vleugelmuren) symmetrisch aan het volume van het gebouw. Parallel aan het gebouw weerspiegelt de vlakverdeling van de muur de functionele relatie tussen gebouw en muur.
- Het gemaal (gebouw en frontmuur) is een object in de lange doorgaande lijn van de dijk, dit moet zo behouden worden. Het is belangrijk om het ensemble te behouden als bijzonder object in de dijk.



Figuur 5-18 Op de historische foto is de architectonische samenhang tussen het gebouw en de frontmuur (rood ingekleurd) te zien

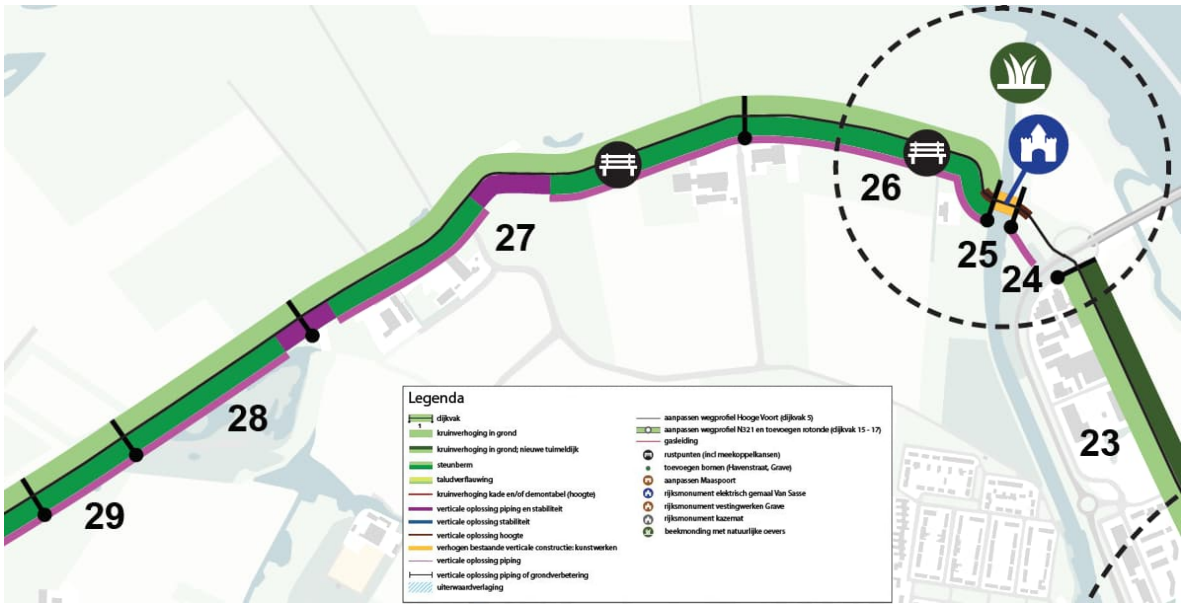
Beekmonding Raam
De beekmonding van de Raam, ten noorden (rivierwaarts) van het Gemaal van Sasse, wordt natuurlijk ingericht. Er komen planten die langs de beek groeien en schaduwrijke plekken creëren. Dit verbetert het leefgebied in het water tussen de Maas en het Gemaal van Sasse en maakt het aantrekkelijker voor vissen om te migreren. Harde oevers worden zoveel mogelijk verwijderd, behalve waar ze nodig zijn voor stabiliteit.

De oostelijke oeverlijn blijft zoveel mogelijk hetzelfde zodat de recreatieve functie behouden wordt en de nabijgelegen kazemat zichtbaar blijft. Er wordt rekening gehouden met bevers door een beschermingszone van 30 meter rondom de aanwezige takkenburcht. De keuze voor bomen en struiken zorgt voor schaduw, beschutting voor dieren en vissen en een divers leefgebied, wat de biodiversiteit stimuleert. Dit wordt later uitgewerkt. Uitgangspunt is dat geen gronden van particuliere eigenaren nodig zijn. Deze maatregelen vormen een natuurlijke corridor tussen de Maas en de Graafsche Raam en dragen bij aan de KRW-doelstellingen, na afronding van de werkzaamheden wordt voldaan aan de te nemen KRW-maatregelen.

Ontwerpkeuzes

Op de meeste locaties is voldoende ruimte aanwezig om het principeprofiel van de gronddijk toe te passen. De dijk wordt grotendeels versterkt met maatregelen voor de faalmechanismen hoogte, piping, stabiliteit binnenwaarts en stabiliteit buitenwaarts. De maatregelen zijn respectievelijk een kruinophoging, grof-zand-barrière, steunberm en taludverflauwing naar 1:3,5. Het fietspad op de kruin van de dijk komt terug en krijgt een breedte van 3 meter.

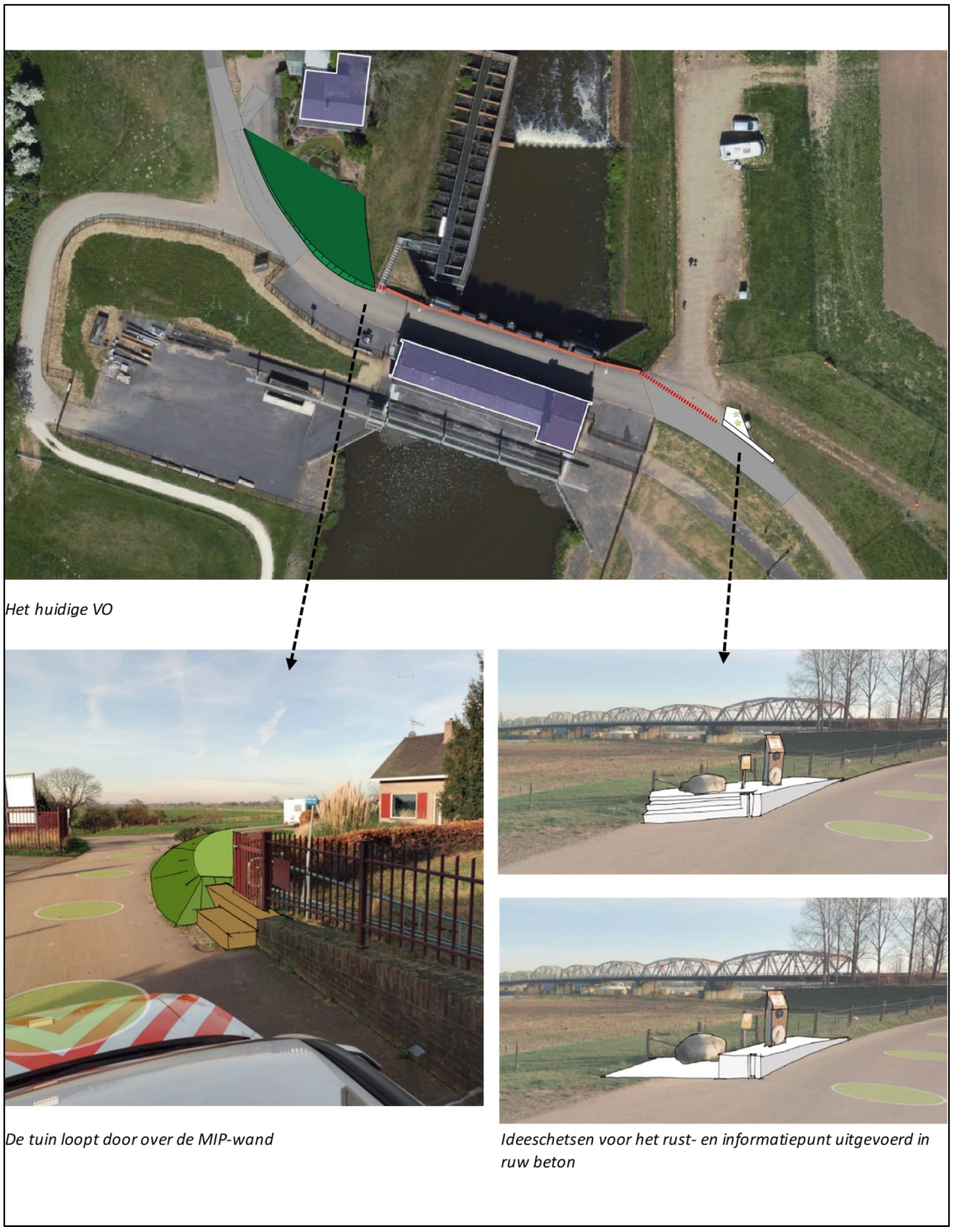
Alleen bij aanwezige woningen is een andere oplossing gekozen. Daar is vanwege ruimtegebrek veelal gekozen voor een verticale constructie. In het ontwerp voor dit deelgebied is ook aandacht besteedt aan de continuïteit in het dijkprofiel, hierbij wordt voorkomen dat wisselingen in profielen binnen een afstand van 150 meter gaan plaatsvinden. In Figuur 5-19 is het ontwerp voor het deelgebied weergegeven en de specifieke aandachtspunten zijn per dijkvak opgenomen in Tabel 5-6.



Figuur 5-19 Voorlopig ontwerp voor deelgebied 6 – Lage Wijdth (voor grotere legenda zie Figuur 5-5)

Bij het kunstwerk Gemaal van Sasse zijn verschillende maatregelen nodig (zie ook Figuur 5-20):

- Mixed-in-place (MIP) wand ophogen.
- De muur van het gemaal (oranje lijn) zo veel mogelijk in ere herstellen.
- Tuin over verhoogde MIP-wand trekken (groene vlak).
- Betonnen kunstwerk met informatievoorziening maken als ophoging MIP (witte element rechts).
- Coupure naar parkeerplaats (rode lange stippellijn).
- Coupure naar vistrap (rode korte stippellijn), kan mogelijk ook met trapje over muur.
- Bij de vistrap procedurele maatregelen voor de betrouwbaarheid sluiting, zoals het vroegtijdig sluiten van de vistrap bij dreigend hoogwater.



Figuur 5-20 Ingepast ontwerp Gemaal van Sasse (versie VO2.0)

In het VO is het ruimtelijk ontwerp van het Gemaal van Sasse nader uitgewerkt, waarbij gekeken is naar de aansluiting op de aanwezige kenmerkende structuren en objecten in de omgeving. In het ontwerp is het gemaal (gebouw en frontmuur) als eenheid behouden. Aan de oostzijde wordt aangesloten op het defensieverleden van het landschap: de kazematten van de Peel Raamstelling. Deze hadden de functie van het verdedigen van de John S. Thompsonbrug. De aanleg van de brug en het bijbehorende sluizencomplex zijn weer de reden waarvoor het Gemaal van Sasse is gebouwd. De verhoogde MIP-wand wordt vormgegeven als rust- en informatiepunt. Het wordt uitgevoerd als een robuust object in ruw beton, dat verwijst naar het de verschijningsvorm van de kazematten. Aan de westzijde wordt aangesloten op de voortuin van de woning. Een deel van de voortuin wordt met grond opgehoogd, over de MIP-wand heen. De tuin loop door over de MIP-wand, net zoals in de huidige situatie.

Tabel 5-6 Overzicht aandachtspunten ontwerp deelgebied 6

Dijkvak	Aandachtspunt
24	Dijkvak 24 is een kort dijkvak met een verticale constructie voor piping. Een deel van het dijkvak tegen het Gemaal van Sasse kent een hoogteopgave. De dijk kan daar niet traditioneel worden verhoogd, doordat dan de aansluitingen op het gemaal en de rijbaan van het gemaal onmogelijk worden. De hoogteopgave wordt opgelost door de huidige MIP-wand van het gemaal te verhogen en in te passen door middel van een coupure. De coupure is nodig om de aanwezige parkeerplaatsen bereikbaar te houden en wordt vormgegeven rekening houdend met het cultuurhistorische ensemble op deze specifieke locatie.
25	Gemaal van Sasse is een rijksmonument waar de inpassing een belangrijk aandachtspunt is, net als de toegankelijkheid van een parkeerterrein.
26	Aansluiting op Gemaal van Sasse is een aandachtspunt.
	De aanwezige beplanting wordt teruggebracht tot de binnenteen (nabij profiel A287).
	De aanwezige bomen worden teruggebracht op de overhoogte van de binnenberm.
27	De teensloot langs de huiskavel van het Marstraatje wordt behouden en er wordt een verticale waterdoorlatende constructie voor stabiliteit en piping geplaatst op de overgang van het binnentalud met de huidige berm. Dit voorkomt negatieve effecten op de grondwaterstand en heeft als voordeel dat er geen werk op particulier terrein hoeft te worden uitgevoerd.
	De leilindes bij het Schuttershuis worden ontzien omdat deze een eenheid vormen met de monumentale woning. Het ophogen van de dijk gebeurt hier buitenwaarts en aan beide zijden wordt de dijk volgens landschapsprincipes aangesloten. Dit zorgt bovendien voor een goede inpassing van een bestaande middenspanningskast.
	Een wiel buitendijks zorgt voor een lokale stabiliteitsopgave. Dit wordt opgelost met een oeververplaatsing vanuit de zuidoostkant.
28	Dijkvak 28 heeft een ontwerp in grond, waarbij het cultuurhistorisch waardevolle driehoeksbosje wordt behouden. Dit volgt uit een afspraak tussen de provincie en het waterschap.
	De teensloot aan de buitenzijde wordt verlegd en het talud aan de buitenzijde krijgt een helling van 1:3.
	De aansluiting met dijkvak 29 is een aandachtspunt.
29	Bij dijkvak 29 ligt het zandpakket aanzienlijk dieper. Waardoor de beoogde verticale pipingmaatregel dieper wordt aangelegd dan op aangrenzende vakken.

5.3.8 Deeltraject Reek (dijkvak 30 t/m 35)

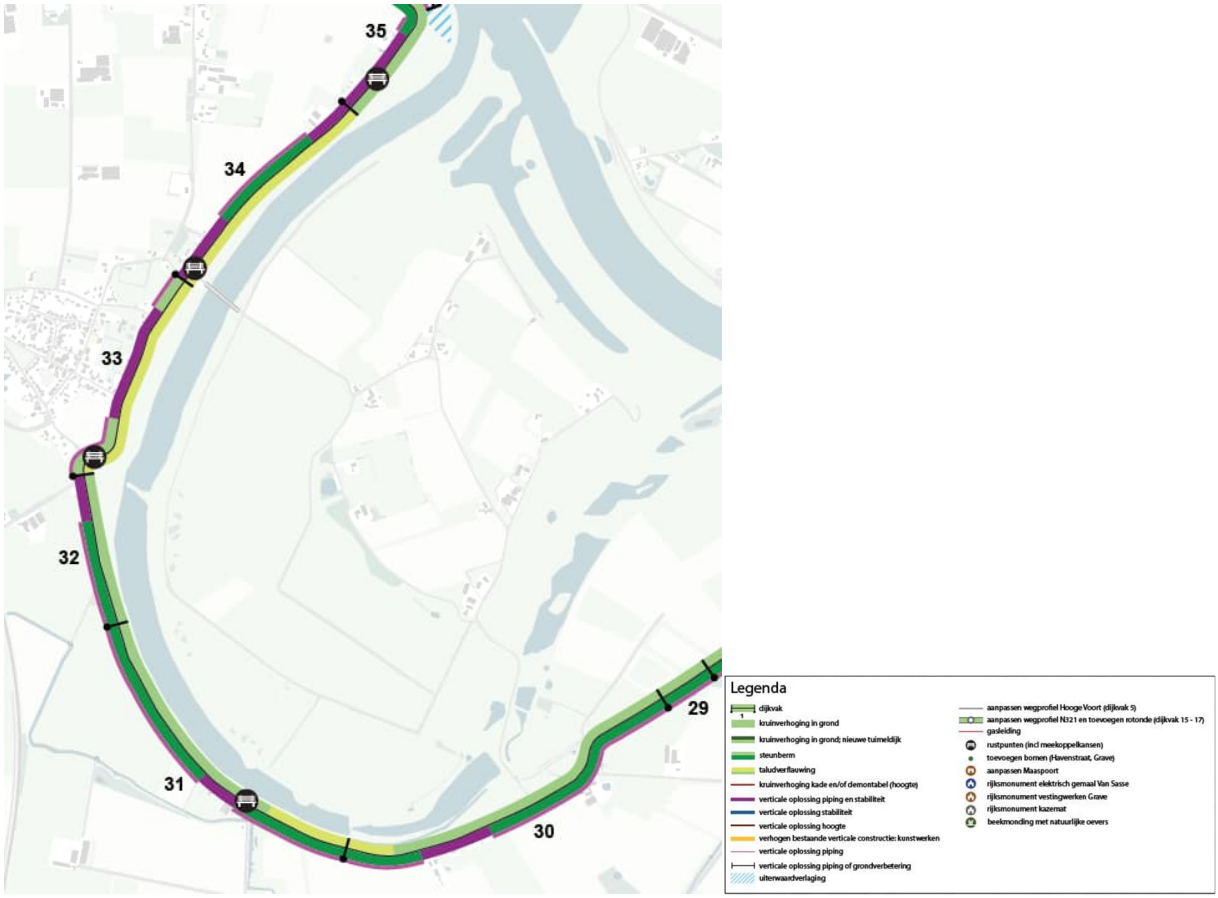
Huidige situatie

Het deelgebied Reek bestaat uit de dijk langs de oude meander van de Maas vanaf de aansluiting op de Pannestaartweg tot de bocht bij het huis Maasdijk 11. Het gaat om de dijkvakken 30 t/m 35 (een gedeelte van dijkvak 35 wordt in par. 5.3.9 besproken). Buitendijks is hier een oude rivierarm van de Maas te zien. In de jaren ‘30 van de vorige eeuw werd deze rivierarm afgesneden als onderdeel van de Maasverbeteringswerken. De rivier kwam ten noorden in plaats van ten zuiden van Keent te liggen. Rond 2012 is de oude rivierarm deels hersteld en opnieuw uitgegraven. Er vindt nu natuurontwikkeling plaats en er zijn verschillende struinroutes. Huizen van Keent liggen uit het zicht door de dijk die eromheen loopt. Soms zie je een dak boven de dijk uitsteken. Het binnendijkse grondgebruik is agrarisch grasland en maïs. Ongeveer halverwege het deeltraject ligt het dorpje Overlangel.

De dijk ligt hier hoog boven het landschap. Op de dijk ligt een asfaltweg. Op een deel zijn fietspaden gemarkeerd door middel van fietssuggestiestroken. Hier voelt het stedelijker aan en auto’s lijken harder te rijden. De bochten zijn verlicht. Een aantal boerderijen op het dijktalud maken de ruimte voor binnendijkse versterking beperkt. Ook raken op sommige plekken bossages en solitaire bomen de teen van de dijk. Met name bij Overlangel is er meer beplanting dicht op de dijkteen.

Ontwerpkeuzes

In Figuur 5-21 is het ontwerp voor het deelgebied weergegeven en de specifieke aandachtspunten zijn per dijkvak opgenomen in Tabel 5-7. Net als in het deelgebied Lage Wijth is er meestal voldoende ruimte voor het principeprofiel gronddijk. Daarnaast zijn er binnendijks ook veel woningen aanwezig langs de dijk. Op die locaties is er een andere oplossing gekozen voor de hoogteopgave, namelijk het buitenwaarts in grond versterken. Voor stabiliteit buitenwaarts is op een aantal locaties een buitentalud van 1:3,5 nodig. Tot aan Overlangel wordt een verticale oplossing voor piping aangebracht. Aan beide zijdes van Overlangel is een verticale pipingmaatregel benodigd. Bij Overlangel wordt piping en stabiliteit gezamenlijk opgelost met een verticale maatregel. Aan de binnenzijde worden heggen geamoveerd. Maar aan de buitenzijde worden ze zo veel mogelijk gespaard, bijvoorbeeld door een oprit stroomopwaarts te verplaatsen.



Figuur 5-21 Voorlopig ontwerp voor deelgebied 7 – Reek (voor grotere legenda zie Figuur 5-5)

Tabel 5-7 Overzicht aandachtspunten ontwerp deelgebied 7

Dijkvak	Aandachtspunt
30	Een op- en afrit wordt verplaatst om buitendijks Maasheggen te behouden. Vanwege bestaande bebouwing wordt een verticale oplossing gekozen voor stabiliteit en piping, daarmee kunnen binnendijks ook bestaande bomen rondom de bebouwing behouden worden.
31	Bij de Steeg wordt de weg doorgetrokken vanuit landschappelijke oogpunt. Op verzoek van de gemeente wordt een verkeersplateau aangebracht. De op- en afrit van de Steeg zelf wordt steiler dan de huidige situatie, waarbij het zicht wel voldoende blijft voor de verkeersveiligheid. De taludverflauwing wordt buitendijks ingezet vanaf de teen van de dijk (in plaats van bij de kruin), omdat er binnendijks voldoende ruimte is en er daarmee negatieve rivierkundige effecten worden voorkomen.
32	Het oude wachthuis is een markante woning. Vanwege gebrek aan ruimte binnendijks wordt de kruin hier buitenwaarts verhoogd.
33	Hier staat een markante boom die behouden wordt.
34	De oprit van de Keentsteeg naar Oude Maasdijk wordt steiler door een hogere kruin, om de brug te ontzien.
35	Bij Maasdijk 11 zijn twee varianten afgewogen (grondoplossing en een constructie) en is gekozen voor een verticale constructie. De dijkversterking vindt vanaf de binnenkruinlijn naar buiten toe plaats.
	Bij de aansluiting van dijkvak 35 op dijkvak 36 wordt de locatie van de klei-inkassing uitgebreid om ook op deze overgang de pipingopgave op te lossen.

5.3.9 Deeltraject Neerloon (dijkvak 35 t/m 38)

Huidige situatie

Het deelgebied Neerloon bestaat uit het laatste deel van de dijk langs de Maas, vanaf de bocht (bij Maasdijk 11) tot net voorbij de A50. Het gaat om een deel van dijkvak 35 en de dijkvakken 36, 37 en 38. Aan dit dijktraject van ongeveer 2 km lang ligt het oeverwaldorp Neerloon. Ooit hier gesticht vanwege de doorwaadbare plek in de rivier. Het dijktraject is ruimtelijk onderdeel van de dorpen op de hoger gelegen oeverwallen, donken, stroomruggen en dekzandruggen tussen Oijen en Overlangel. Bomen op de dijk zijn kenmerkend voor deze historische delen van de bedijkte Maas, vooral bij bebouwing en tuimeldijken (onder andere bij Dieden, Demen en Oijen). Bij Neerloon liggen hoge uiterwaarden, waardoor de dijk als laag wordt ervaren en de Maas niet zichtbaar is vanaf de dijk. Tussen Neerloon en A50 liggen de uiterwaarden laag en de Maas dicht bij de dijk, waardoor dijk hoog wordt ervaren en de Maas goed zichtbaar is. De uiterwaarden zijn in gebruik voor landbouw.

De binnendijkse erven liggen als groene eilandjes tegen de dijk, bestaande uit kleinschalige historische bebouwing omringd door opgaande beplanting. Buiten Neerloon loopt het landschap tussen de erven door tegen de dijk. Het dorp Neerloon ligt dicht tegen de dijk en erven en tuinen lopen door op het dijktalud. De kerk ligt hoog aan de dijk. De naastgelegen woning en Maasdijk 25 zijn oude dijkwoningen met de voordeuren op een oude kruinhoogte. Om de bomen (essen en lindes) bij Neerloon te behouden is bij een vorige dijkverbetering een tuimeldijk aangelegd (een tuimeldijk betreft een dijktype waarbij de kruin gesplitst wordt in twee delen doordat aan de buitendijkse zijde een kruinverhoging wordt aangebracht, waarbij de oorspronkelijke kruin niet wordt opgehoogd). Tevens zijn de tuimeldijk en bomen naar het westen doorgetrokken tot aan de Staaijstraat. Op de tuimeldijk ligt een struin-graspad dat door bewoners van Neerloon wordt gemaaid.

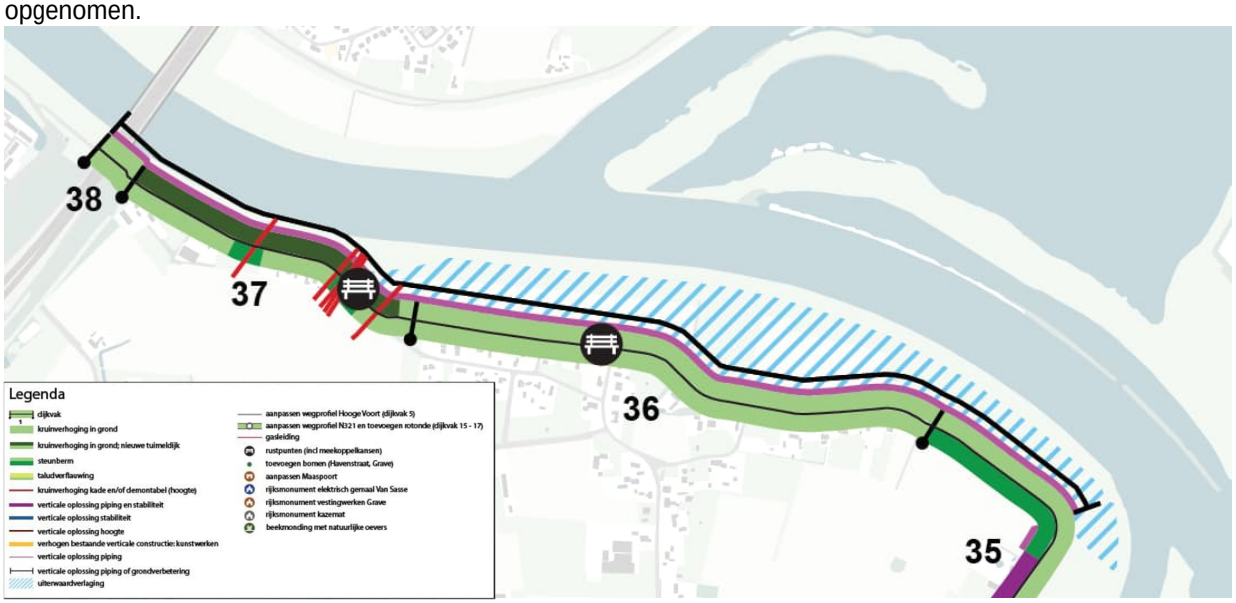
De dijk is toegankelijk voor zowel auto's als fietsers. Er zijn verschillende (beheer)afritten langs de dijk.

Ontwerp

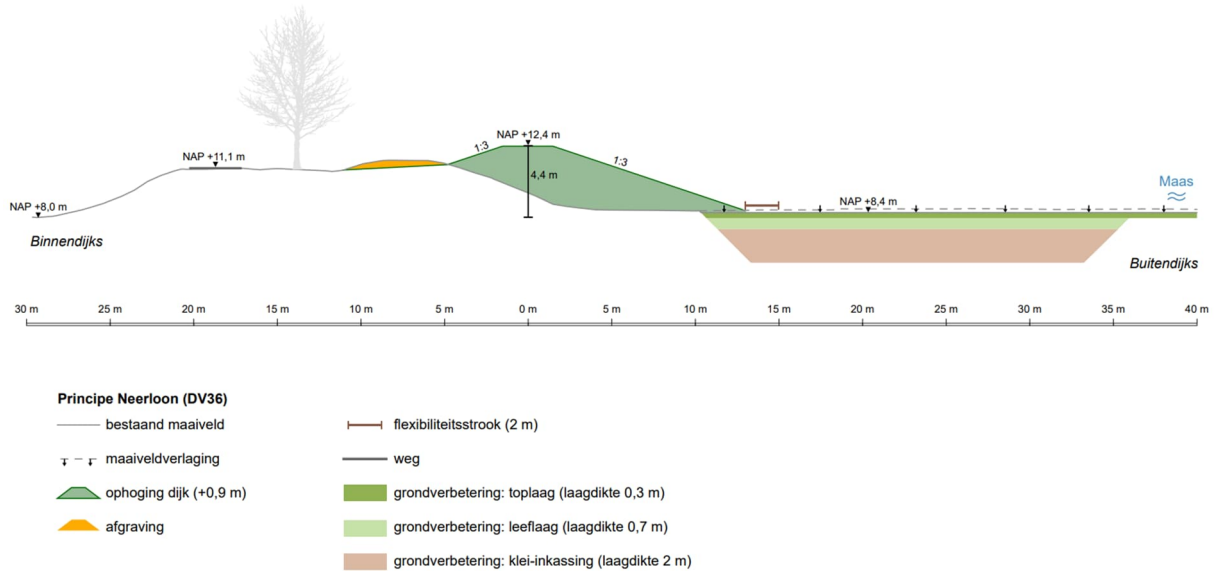
In onderstaande kaart (Figuur 5-22) is het ontwerp voor het deelgebied weergegeven en de specifieke aandachtspunten zijn per dijkvak opgenomen in onderstaande Tabel 5-8. Bij dijkvak 37 is gekozen voor een tuimeldijk in plaats van een verticale constructie aan de binnenzijde. Daarmee sluit het dijkvak qua vormgeving aan bij de omliggende dijkvakken 36 en 38. De ingreep heeft een beperkt ruimtebeslag en hierdoor wordt een constructie dicht bij de woningen vermeden. De aanleg van de tuimeldijk betekent een lager risico op schade bij realisatie en lagere kosten. De bestaande weg wordt gehandhaafd. Op de verhoging/tuimeldijk komt een onderhoudspad dat ook als wandelpad gebruikt kan worden.

Langs dijkvak 35 en 36 wordt een uiterwaardenverlaging tot NAP +8,4 m toegepast die nodig is als compensatiemaatregel ten behoeve van de dijkversterking. Als pipingmaatregel wordt hier een grondverbetering in de vorm van een klei-inkassing ontworpen. Dit heeft te maken met het hogere voorland, de aanwezigheid van klei in het voorland en de aanwezigheid van bebouwing tegen de dijk aan. Op basis van onderzoek naar de ondergrond in vervolgfases wordt het ontwerp geoptimaliseerd.

In Figuur 5-23 is een principeontwerp van de tuimeldijk met uiterwaardverlaging en de klei-inkassing opgenomen.



Figuur 5-22 Voorlopig ontwerp voor deelgebied 8 – Neerloon (voor grotere legenda zie Figuur 5-5)



Figuur 5-23 Principeontwerp tuimeldijk met uiterwaardverlaging en klei-inkassing

Tabel 5-8 Overzicht aandachtspunten ontwerp deelgebied 8

Dijkvak	Aandachtspunt
36	Buitendijks wordt een uiterwaardenverlaging tot NAP +8,4 m toegepast die nodig is als compensatiemaatregel ten behoeve van de dijkversterking (deel van buitenwaartse verplaatsing). Als pipingmaatregel wordt hier een grondverbetering in de vorm van een klei-inkassing ontworpen.
37	De aanwezige gasleidingen zijn hoge-druk-transportleidingen. Dit zorgt voor een extra stabiliteitsopgave. Op basis van een nadere veiligheidsanalyse en variantenafweging is gekozen voor een steunberm.
	Er is gekozen voor een tuimeldijk in plaats van een verticale constructie aan de binnenzijde. Daarmee sluit het dijkvak qua vormgeving aan bij de omliggende dijkvakken 36 en 38.
38	Dijkvak 38 is de aansluiting op het naastgelegen project Meanderende Maas. Een dijkteruglegging is op verzoek van bewoners beschouwd, maar die bleek vanwege de aanwezige kabels en leidingen, de landschappelijke inpassing en de verkeersveiligheid niet haalbaar.
	Er is een verticale pipingconstructie nodig bij de buitenteen. Deze wordt doorgetrokken buiten het projectgebied (in het projectgebied van Meanderende Maas). Er wordt een overgangsconstructie gerealiseerd om aan te sluiten op de constructie aan de binnenzijde van het project Meanderende Maas.

5.4 Openstaande varianten in het ontwerp

Voor de DO-fase (start nadat procedure voor projectbesluit van start gaat) wil het waterschap graag de ruimte hebben om te kunnen kiezen wat precies de maatregel tegen piping wordt. Dit kan zowel een waterdoorlatende als een niet-waterdoorlatende maatregel worden. Aangezien deze keuze een effect kan hebben op de omgeving (onder andere grondwaterstanden en kwel), worden beide varianten in het MER, waar relevant onderzocht. In Grave zijn er ook meerdere manieren om de onderbouw van de kademuur te versterken. Dit wordt samen met aannemer verder uitgewerkt zodat in de afweging ook de uitvoeringskennis wordt meegenomen. Ook deze varianten kunnen een verschillend effect hebben op de omgeving. Daarom worden ook deze varianten in het MER onderzocht.

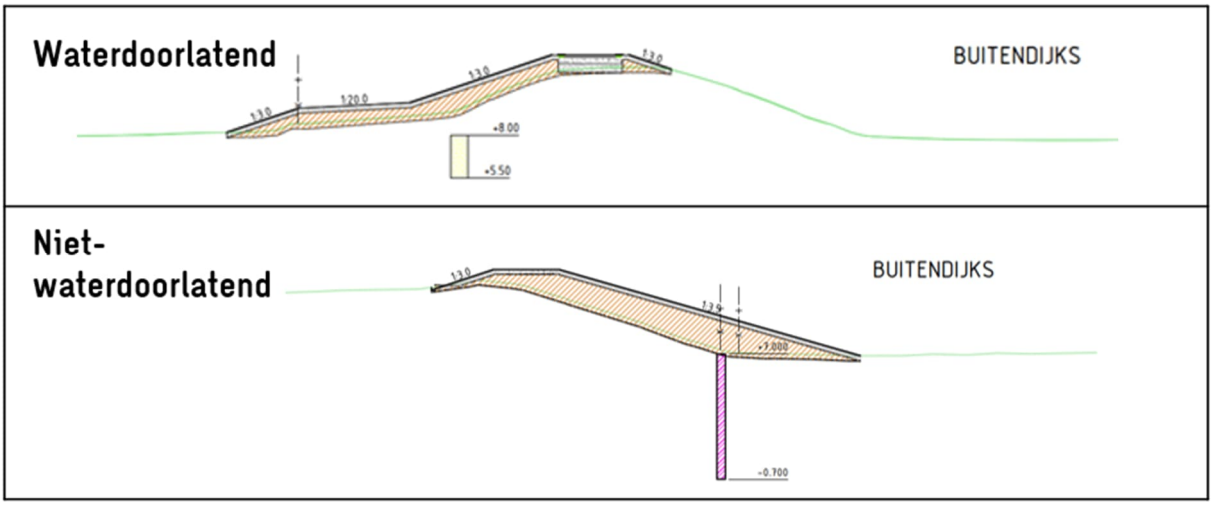
In de onderstaande paragrafen zijn de twee varianten beschreven die bij het vaststellen van dit MER bij het projectbesluit nog als varianten worden beschouwd. Dit betreffen (1) de mogelijke varianten voor een verticale oplossing als maatregel tegen piping en (2) de mogelijke varianten voor de nieuwe onderbouw van de kademuur Grave (op de locaties waar deze nodig is).

5.4.1 Varianten verticale oplossing piping

De uiteindelijke keuze van de verticale constructies voor stabiliteit en piping zal in samenspraak met de aannemer plaatsvinden. De definitieve keuze is namelijk nu niet nodig voor het hoofddoel van de fase en het is juist heel zinvol om de ervaring van de aannemer (uitvoerbaarheid, maakbaarheid) mee te kunnen nemen.

Voor het MER is uitgegaan van twee verschillende varianten, namelijk niet-waterdoorlatend en wel waterdoorlatend. Deze twee varianten worden in het MER beide beschouwd en hebben voornamelijk effect op de waterhuishouding en duurzaamheid.

Het principe voor de niet-waterdoorlatende variant is een pipingscherm in de vorm van bijvoorbeeld een soilmix-wand. Hierbij wordt in-situ grond gemengd met een bindmiddel waardoor er een muur in de grond ontstaat. Als principe voor een waterdoorlatende variant is voor een grofzandbarrière (GZB) gekozen. Hierbij wordt in de ondergrond grofzand ingegraven waardoor er geen uitspoeling van zand kan ontstaan en geen piping ontstaat. Deze twee varianten zijn in onderstaande figuur weergegeven.

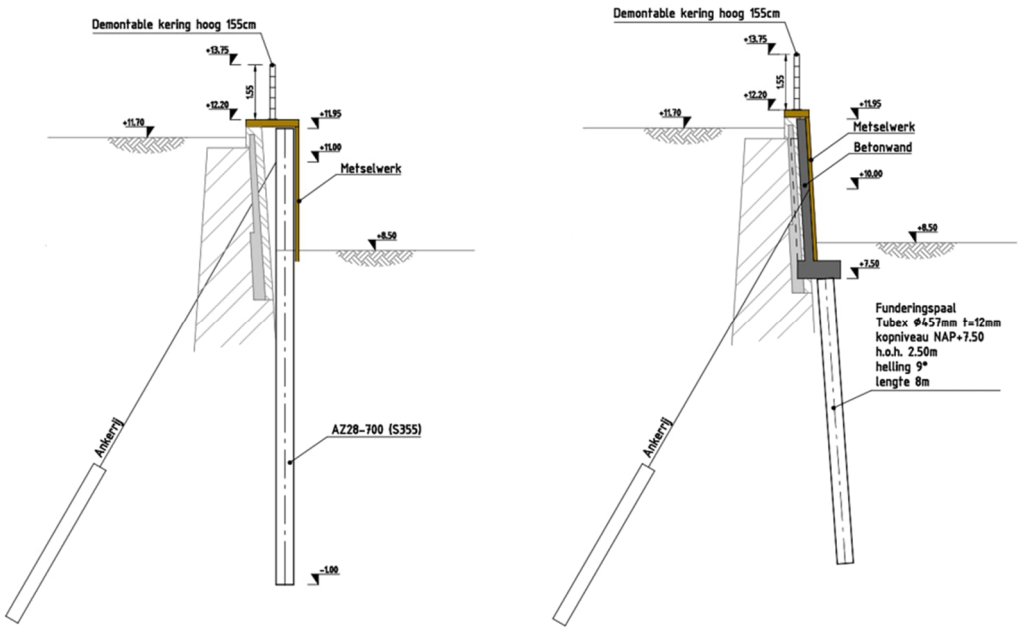


Figuur 5-24 Varianten pipingmaatregel

5.4.2 Varianten onderbouw kademuur Grave

Voor de versterking van de kademuur Grave is er mogelijk ook een aanpassing nodig van de onderbouw. Er loopt onderzoek (zoals ook toegelicht onder paragraaf 5.1, kopje ‘ontwerpproces Grave’). Voor het MER is daarom nu uitgegaan van het ongunstigste scenario dat de hele onderbouw van de kademuur voor alle dijkvakken versterkt dient te worden. Voor de versterking van de onderbouw zijn er twee varianten, namelijk een verankerde damwand en een J-wand. Deze zijn schematisch weergegeven in Figuur .

Bij de eerste variant wordt een damwand voor de bestaande kademuur geplaatst met een verankering door de oude kademuur. Variant 2 bestaat uit een verankerde betonnen keerwand onder een flauwe hoek met een voet ondersteund door Tubex-palen. Deze constructie wordt op de locatie van de huidige kering geplaatst, waardoor de rivier niet wordt ingeperkt. Bij beide varianten zal de keerwand worden afgewerkt met een metselwerk voorhangschort zodat het karakteristieke beeld van de kademuur behouden wordt.



Figuur 5-25 Varianten onderbouw Grave verankerde damwand (links) en J-wand (rechts)

5.4.3 Effecten varianten onderbouw kademuur Grave

De aanpassing van de onderbouw van de kademuur heeft mogelijk effecten op de thema's archeologie, waterhuishouding, landschap/cultuurhistorie en rivierkunde. In de onderstaande alinea's is op hoofdlijnen ingegaan op de mogelijke effecten en de verschillen tussen beide varianten. Nadat het onderzoek naar de onderbouw van de kademuur is afgerond en zal duidelijk zijn of de aanpassing ook daadwerkelijk noodzakelijk is.

Archeologie:
De kademuur van Grave valt binnen het deeltraject 18 en 19. Dijkvakken 18 en 19 betreffen dijkvakken met een zeer hoge archeologische verwachting. Daarnaast is de kademuur van Grave een Rijksmonument. In gebieden met een (zeer) hoge archeologische verwachting is de kans op het aantreffen van archeologische resten groot. Het betreffen gebieden waar de aanwezigheid van archeologische resten is aangetoond, onder meer door opgravingen, booronderzoeken en oppervlakte vondsten. Indien bodemingrepen beneden een bepaalde diepte onder maaiveld niet kunnen worden voorkomen, moet er nader archeologisch onderzoek worden uitgevoerd.

Waterhuishouding (grondwater):
Voor de invloed van de onderbouw op de grondwaterstanden en -stroming is de mate waarin de grondwaterstroming wordt beïnvloedt van belang. Palen, zoals in de J-wand variant, hebben een verwaarloosbare invloed op de grondwaterstroming, aangezien grondwater gemakkelijk tussen de palen door kan stromen. De effecten van de variant J-wand zijn daarom verwaarloosbaar vanuit geohydrologisch oogpunt. Een damwand daarentegen fungeert als een obstakel voor de grondwaterstroming. Bij een hoogwatersituatie hindert de damwand de grondwaterstroming vanuit de Maas richting Grave, met als gevolg grondwaterstandsverlagingen binnendijks. Dit is positief voor het risico op wateroverlast. Op basis van de berekende effecten van verticale constructies elders in Grave (zie hoofdstuk 8) wordt verwacht dat de effecten onder dagelijkse omstandigheden (GHG en GLG) niet tot negatieve effecten binnendijks leiden.

Landschap/cultuurhistorie
Bij beide varianten wordt de muur breder doordat de voorkant buitenwaarts verschuift. De breedte kan worden aangepast naar de huidige situatie door de muur aan de stadszijde te versmallen en de openbare ruimte uit te breiden richting de muur. Dit kan omdat de historische muur onzichtbaar onder het maailveld ligt en de huidige zichtbare muur een replica is.Het resultaat is dat de muur (replica) op een andere locatie komt te liggen dan de huidige muur (replica). Een voordeel is (vooral bij de variant met damwand) dat de nu smalle openbare ruimte van de Maaskade wordt vergroot.

Bij de variant met de damwand wordt de voorkant van de muur verticaal aangelegd, terwijl de oorspronkelijk (de huidge replica en historische muur) muur een hellingshoek heeft. De verschijningvorm wijkt daarmee sterk af van de oorspronkelijke, monumentale situatie. Onderzocht kan worden of de damwand in een hellingshoek kan worden aangebracht.

Rivierkunde
De variant J-wand ligt op de huidige kademuur (rivierwaartse verplaatsing van 0,3 meter), terwijl de verankerde damwand een rivierwaartse verplaatsing heeft van 0,9 meter. Voor de toetsing van het Rivierkundig Beoordelingskader (zie hoofdstuk 9 en Notitie rivierkundige beoordeling) is als uitgangspunt gerekend met een rivierwaartse verplaatsing van 1,0 m voor de kademuur Grave (dijkvak 19). Het effect hiervan is niet tot nauwelijks waarneembaar (een waterstandseffect kleiner of gelijk aan 0,1 mm).

6. Onderzoeksmethodiek

6.1 Inleiding

Het MER heeft als doel om de effecten van een ingreep op de fysieke leefomgeving in beeld te brengen, zodat bij de besluitvorming (projectbesluit) optimaal rekening kan worden gehouden met de belangen van de fysieke leefomgeving. Dit MER bestaat uit twee delen: het deel met daarin de effectbeoordelingen van de kansrijke alternatieven in de verkenningsfase, zoals samengevat in hoofdstuk 4 (en opgenomen in bijlage E) en het deel vanaf dit hoofdstuk en verder, met daarin de effectbeoordelingen van het uitgewerkte ontwerp in de planuitwerkingsfase. In de verkenningsfase is in een aantal stappen toegewerkt naar één voorkeursalternatief (VKA). Daarbij zijn stapsgewijs kansrijke bouwstenen, mogelijke oplossingen en kansrijke alternatieven voor het verbeteren van de dijk afgewogen. Dit hele proces, van kansrijke bouwstenen tot de keuze van het VKA, is beschreven in hoofdstuk 4. In het tweede deel van het MER (planuitwerkingsfase) zijn de effecten van het uitgewerkte vergunningenontwerp op een gedetailleerder niveau onderzocht. In dit hoofdstuk is een toelichting gegeven op de manier waarop de effectbeoordeling is uitgevoerd en welke uitgangspunten daarbij zijn gehanteerd. In de verschillende deelrapporten die bij het MER zitten, zijn uitgangspunten beschreven die specifiek voor het betreffende onderzoeksthema gelden.

6.2 Beoordelingskader

De onderstaande tabel toont een overzicht van de onderzochte thema's en criteria en de daarbij gehanteerde methode. Deze thema's en criteria zijn gebruikt voor zowel de beoordeling van de kansrijke alternatieven in de verkenningsfase (zie bijlage E) als de beoordelingen van het uitgewerkte ontwerp zoals beschreven in dit MER (planuitwerkingsfase). De onderzochte thema's en criteria zijn gebaseerd op de Notitie reikwijdte en detailniveau (NRD). Het beoordelingskader kent enkele aanvullingen ten opzichte van het beoordelingskader zoals dat in de NRD is opgenomen, aanvullingen ten opzichte van de NRD zijn onderstreept weergegeven. In het MER zijn twee criteria niet onderzocht omdat er geen effecten optreden. Dit zijn de criteria "effect op maaivelddaling" en "stofhinder". Voor het criterium effect op maaivelddaling is in de effectbeoordelingen van de KA reeds geconcludeerd dat er geen effecten optreden omdat het gebied niet zettingsgevoelig is. Het criterium stofhinder is niet onderzocht omdat grondtransport voornamelijk buitendijks plaatsvind, waar zich geen woningen bevinden.

De criteria en gehanteerde methoden zijn beknopt weergegeven en worden in de thematische hoofdstukken uitgebreider toegelicht.

Tabel 6-1 Beoordelingskader dat in dit MER is gehanteerd

Thema	Criterium	Methode
Bodem	• Effecten op aanwezige bodemverontreinigingen • Benodigd grondverzet	Kwantitatief o.b.v. bodemonderzoek en materiaalstromenplan
Waterhuishouding	• Effecten op het binnendijks watersysteem • Effecten op de grondwaterstanden • Effecten op de waterkwaliteit	Kwalitatief op basis van deskundigenoordeel en kwantitatief, op basis van grond- en oppervlaktewateronderzoek (GIS-analyse en berekeningen grondwaterstanden)
Rivierkunde	• Effecten op de hoogwaterveiligheid • Effecten op de morfologie • Effecten op de scheepvaart (stroombeeld in vaarweg)	Kwantitatief, op basis van rivierkundige berekeningen
Natuur	• Effecten op Natura2000-gebieden en -soorten tijdens aanleg- en gebruiksfase • Effecten op Natuur Netwerk Brabant-gebieden en Groen Blauwe Waarden (en eventuele overige natuur) • Effecten op overige beschermde flora en fauna tijdens aanleg- en gebruiksfase	Kwalitatief en waar mogelijk kwantitatief, op basis van: • Rapportage stikstofdepositie • Ecologisch soortenonderzoek en ecologische effectrapportage • GIS-analyse
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	• Effecten op monumentale gebouwen • Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen • Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren • Effecten op landschappelijke waarden • Effecten op aardkundige waarden • Effecten op archeologische (verwachtings)waarden	Kwalitatief deskundigenoordeel op basis van Ruimtelijk Kwaliteitskader (inclusief belevings-waarde, gebruikswaarde, toekomstwaarde en herkomstwaarde) Kwalitatief, op basis van archeologisch bureau-/veldonderzoek
Leefomgeving	• Licht- en geluidshinder • Luchtkwaliteit • Trillingshinder • Externe veiligheid • Gezondheid	Kwalitatief deskundigenoordeel van de gebruiksfase. Gezondheid kwantitatief door middel van een MGR (Milieu Gezondheids Risico)-indicator.
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	• Effecten op het woongenot • Effecten op bedrijfsfuncties (landbouw, bedrijfsterreinen) • Effecten op de verkeersveiligheid • Effecten op de verkeersafwikkeling • Effecten op de bereikbaarheid van functies	Kwantitatief (aantal geraakte functies en oppervlakte op basis van GIS-analyse) en kwalitatief deskundigenoordeel Verkeer en bereikbaarheid op basis van kwalitatief deskundigenoordeel
Vrijetijdseconomie (recreatie)	• Effecten op recreatieve functies • Effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied	Kwalitatief deskundigenoordeel
Duurzaamheid	• Energieverbruik (CO_2) • Materialenverbruik • Circulariteit	Deskundigenoordeel en berekeningen met Dubocalc en invullen Circulaire Peiler
Hinder tijdens aanleg	• Ruimtebeslag • Tijdelijke effecten op de bereikbaarheid van functies • Tijdelijke effecten op vervoersbewegingen en verkeersveiligheid • Tijdelijke effecten op geluids- en trillingshinder	Kwalitatief deskundigenoordeel en kwantitatief waar mogelijk (ruimtebeslag)

6.3 Opbouw effectanalyse en -beoordeling alternatieven

Beoordeling effecten

Voor het dijkontwerp zijn de effecten per beoordelingscriterium beschreven en beoordeeld. De beschreven effecten zijn per omgevingsthema samengevat in een tabel, waarin de effecten in de vorm van een relatieve plus/min-beoordeling zijn weergegeven ten opzichte van de referentiesituatie. Daarbij is de volgende zevenpuntschaal toegepast:

+ + +	Sterk positief effect
+ +	Positief effect
+	Beperkt positief effect
0	Geen effect
-	Beperkt negatief effect
- -	Negatief effect
- - -	Sterk negatief effect

Niet voor alle criteria zal een dergelijke uitgebreide schaal nodig of mogelijk zijn. Daarom is per criterium beschreven welke schaal daarvoor is gehanteerd en hoe deze is opgebouwd (maatwerk per criterium).

Voor het MER is vooral van belang wat de effecten zijn van de dijkverbetering ten opzichte van de referentiesituatie. Voor sommige thema's geven achtergrondrapportages nadere tekst en uitleg over het gehele thema. Waar van toepassing wordt naar betreffende documenten verwezen als referentie. Dit MER geeft alle relevante informatie zelfstandig leesbaar en compleet weer. Alleen voor thema Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid is een achtergrondrapport als bijlage bij dit MER opgenomen vanwege de omvangrijkheid van de beoordelingen. Hoofdstuk 11 vat voor dat thema de effecten samen.

7. Bodem

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de effectbeschrijving en -beoordeling opgenomen voor het thema bodem. Hierbij is het voorgenomen dijkontwerp beoordeeld op mogelijke aantasting van de bodemkwaliteit en grondverzet. De bodem gerelateerde aspecten zijn van belang voor het duurzaam gebruik en de waardering van het bodemecosysteem. De rest van dit hoofdstuk is als volgt opgedeeld. Paragraaf 7.2 start met een beschrijving van de beoordelingscriteria en de methodiek die is gehanteerd voor de effectbeschrijving en -beoordeling. Vervolgens is in paragraaf 7.3 per criterium de referentiesituatie beschreven, die is opgebouwd uit de huidige situatie inclusief eventuele autonome ontwikkelingen. In paragraaf 7.4 zijn de effectbeschrijving en -beoordeling van de verschillende beoordelingscriteria opgenomen. Deze paragraaf eindigt met een samenvatting van de effectbeoordelingen voor de verschillende beoordelingscriteria, uitgedrukt in een beoordelingstabel. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de mitigerende en compenserende maatregelen in paragraaf 7.5.

7.2 Beoordelingscriteria

Voor het MER is op basis van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) en het advies van de Commissie m.e.r. een beoordelingskader vastgesteld. Voor het thema bodem geldt het volgende beoordelingskader:

Tabel 7-1 Beoordelingskader bodem

Thema	Beoordelingscriterium	Beoordeling
Bodem	Effecten op aanwezige bodemverontreinigingen	Kwantitatief o.b.v. bodemonderzoek
	Benodigd grondverzet	Kwantitatief o.b.v. materiaalstromenplan

Effecten op aanwezige bodemverontreinigingen

In het studiegebied kunnen bodemverontreinigingen aanwezig zijn. Voor graven in verontreinigde grond gelden de regels uit het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal). Op grond van het 'stand-still-beginsel' mag de bodemkwaliteit niet verslechteren door grondverzet. Vanuit milieuperspectief is het verwijderen van verontreinigingen (afvoeren van verontreinigde grond) een blijvend (positief) effect. Ten opzichte van de huidige situatie leidt dit tot een verwachte milieuwinst. Graafwerkzaamheden ter plaatse van een bodemverontreiniging worden aangemerkt als een positief milieueffect indien de vrijkomende grond wordt afgevoerd. Uitgangspunt is dat er geen (sterk) negatief effect kan optreden, omdat er geen verontreiniging wordt toegevoegd bij de realisatie van de dijkverbetering. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 7-2 Klassegrenzen criterium 'Effect op aanwezige bodemverontreiniging'

+ + +	Het dijktraject doorsnijdt meer dan 10 (potentieel) verontreinigde locaties
+ +	Het dijktraject doorsnijdt tussen de 3-10 (potentieel) verontreinigde locaties
+	Het dijktraject doorsnijdt minder dan 3 (potentieel) verontreinigde locaties
0	Geen effect
-	N.v.t.
- -	N.v.t.
- - -	N.v.t.

Benodigd grondverzet

Het criterium benodigd grondverzet is kwantitatief beoordeeld op basis van de grondbalans voor het gehele project. Voor grondverzet geldt: des te meer grondverzet, des te negatiever dit wordt beoordeeld. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 7-3 Klassegrenzen criterium 'Benodigd grondverzet'

+ + +	N.v.t.
+ +	N.v.t.
+	N.v.t.
0	Geen effect
-	Het grondverzet bedraagt minder dan 500.000 m^3
- -	Het grondverzet ligt tussen de 500.000 en 1.000.000 m^3
- - -	Het grondverzet bedraagt meer dan 1.000.000 m^3

7.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling

Aanwezige bodemverontreinigingen

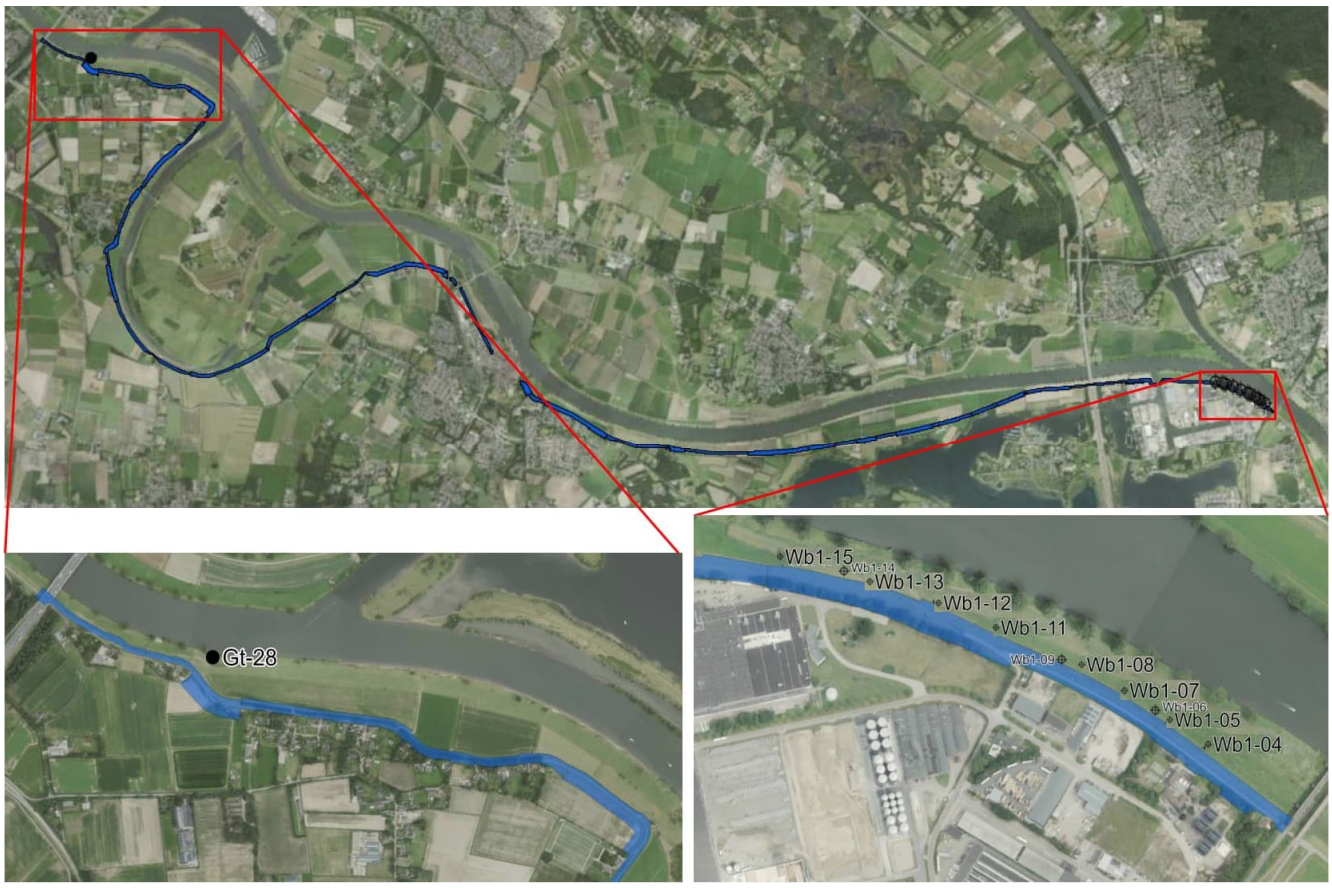
Het projectgebied bestaat uit een waterbodem (dijk en uiterwaardengebied) en landbodem (dijk en binnendijks gebied). Het uiterwaardengebied, of het buitendijks gebied, bestaat uit land dat een gedeelte van het jaar onder water staat. Het buitendijkse gedeelte van de dijk (van de buitenkruinlijn tot aan de buitenteen) behoort tot de waterbodem en het binnendijkse gedeelte van de dijk (van de buitenkruinlijn tot aan de binnenteen) behoort tot de landbodem. Over een groot gedeelte van de dijk loopt een verharde weg die tot de landbodem behoort.

Op basis van de bodemkwaliteitskaart van de gemeente Oss is de kwaliteit voor de landbodem ter plaatse van de dijk vastgesteld op klasse industrie. In de bodemkwaliteitskaart voor de gemeenten Land van Cuijk en Maashorst, opgesteld door de omgevingsdienst Brabant Noord, is het dijklichaam niet meegenomen in het bepalen van de kwaliteit van de landbodem. Dat betekent dat de landbodem van de dijk niet is geclassificeerd. Tot aan de binnendijkse teenlijn geldt de klasse 'landbouw/natuur'. Voor het toepassen van klei op de landbodem van het dijklichaam moet nog onderzoek plaatsvinden in de bovengrond voor het vaststellen van de kwaliteit van de ontvangende landbodem. Er zijn geen waterbodemkwaliteitskaarten beschikbaar van de uiterwaardengebieden. Ook zijn er geen voorgaande waterbodemonderzoeken beschikbaar die een indicatie kunnen geven van de huidige waterbodemkwaliteit.

Het veldwerk is eind januari 2025 gestart en voor het grootste deel al uitgevoerd. Hierdoor is al meer duidelijk over de milieuhygiënische kwaliteit van de bodem. Op basis van een vooronderzoek (gericht op totale onderzoeksgebied en Beekmonding Raam) is gericht onderzoek verricht. Op elf locaties zijn sterke verontreinigingen met zink, cadmium, koper en lood aangetoond. Het overgrote deel van deze sterk verhoogde waarden isaangetroffen aan de oostelijke kant in de bovengrond (0,0 - 0,5 m -mv) van het uiterwaardengebied. Eén sterk verhoogde waarde is aangetroffen aan de westelijke kant in de ondergrond (2,00 - 2,50 m -mv) (zie figuur 7-1). Het is niet direct te herleiden waar de verontreinigingen vandaan komen of hoe ze zijn veroorzaakt. In het verleden zijn meerdere berichtgevingen bekend van verhoogde concentraties zink in stroomgebieden van de Maas (Bron: Stal&Akker, 7 augustus 2021 en Stroomgebiedbeheerplan Maas 2009-2015, Rijkswaterstaat, 22 december 2009). Het gros van de overige waterbodemmonsters voldoet op basis van de indicatieve toetsing aan Besluit bodemkwaliteit aan hergebruiksklasse 'matig verontreinigd' of 'licht verontreinigd'. Er worden voornamelijk verhoogde waarden aan zware metalen (zink, cadmium, koper en lood) aangetoond.

Daarnaast zijn er veertien verhoogde waarden van PFAS aangetoond. Deze verhoogde waarden kunnen wijzen op een niet-representatieve verontreiniging, wat betekent dat ze afwijken van de normale waarden voor de Maas en mogelijk veroorzaakt zijn door de aanwezigheid van een puntbron. De PFAS-waarden zijn getoetst aan de toetswaarden voor uitschieters volgens categorie 4.8.1 van het handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie (versie december 2023). De aangetoonde waarden van PFOA variëren tussen de 0,1 en 1,1 µg/kgds (microgram per kilogram droge stof), waarbij de waarde voor een uitschieter op 0,8 µg/kgds ligt. Gezien het relatief geringe aantal uitschieters, wordt de aanwezigheid van PFAS op de projectlocatie als een homogene verspreiding beschouwd.

Figuur 7-1 hieronder bevat een overzicht van verontreinigde spots langs het dijktraject. Van alle onderzochte monsters komen deze spots uit de toetsing als sterk verontreinigd volgens de toetsing aan ontvangende waterbodem.



Figuur 7-1 Locatieoverzicht met verontreinigde spots

Elf sterke verontreinigingen zijn aangetroffen en hierna in tabel 7-4 opgenomen. Wb1-08 en Wb1-09 betreft een mengmonster

Tabel 7-4 Monsters waar een sterke verontreiniging is aangetoond.

Monsternummer	Monstertraject (m -mv)	Sterk verontreinigd
Wb1-04	0,00 – 0,50	Cadmium, lood, zink
Wb1-05	0,00 – 0,50	Cadmium, lood, zink
Wb1-06	0,00 – 0,50	Lood, zink
Wb1-07	0,00 – 0,50	Cadmium, koper, lood, zink
Wb1-08 en Wb1-09	0,00 – 0,50	Lood, zink
Wb1-11	0,00 – 0,50	Cadmium, lood, zink
Wb1-12	0,00 – 0,50	Cadmium, koper, lood, zink
Wb1-13	0,00 – 0,50	Lood
Wb1-14	0,00 – 0,50	Koper, lood, zink
Wb1-15	0,00 – 0,50	Lood
Gt-28	2,00 – 2,50	Koper, lood, zink

Benodigd grondverzet
In de referentiesituatie is in het plangebied geen sprake van grondverzet.

7.4 Effectbeschrijving en -beoordeling

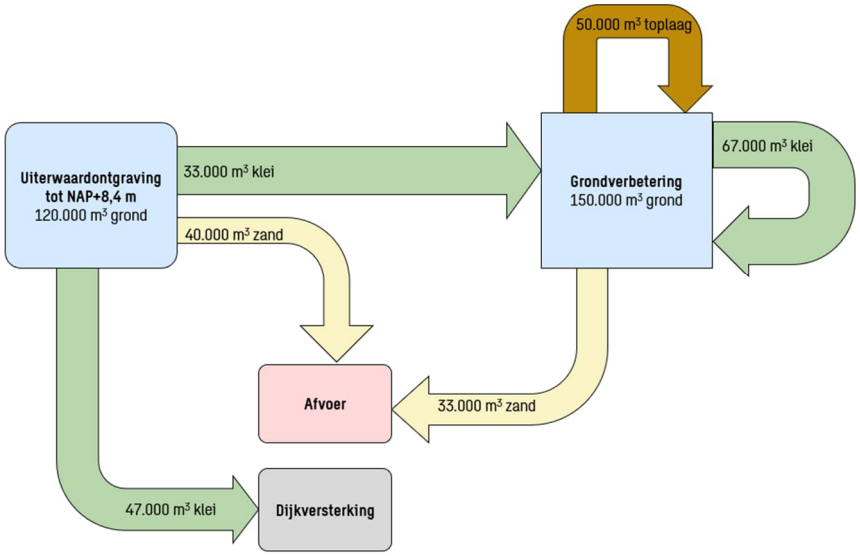
7.4.1 Bodemverontreinigingen

Geen van de elf sterke verontreinigingen die zijn aangetoond liggen binnen de grenzen van de projectgebied volgens het VO (versie 2.0). Daarmee wordt ervan uitgegaan dat deze locaties niet gesaneerd hoeven worden ten behoeve van het uitvoeren van de werkzaamheden. Dit levert een neutraal effect op (effectbeoordeling: 0). Uit het vooronderzoek zijn voor de werkzaamheden ten behoeve van meekoppelkans Beekmonding Raam geen bijzonderheden naar voren gekomen.

7.4.2 Benodigd grondverzet

De vrijgekomen toplaag wordt bij de versterking hergebruikt. Hierbij is de insteek om de grond zo veel mogelijk op dezelfde plek als waar het vandaan komt (ten opzichte van de dijk) terug te brengen. Er komt in totaal 140.000 m^3 aan toplaag vrij, welke zoveel mogelijk zal worden hergebruikt. Een klein gedeelte zal moeten worden aangevoerd, aangezien het oppervlak van het dijklichaam wordt vergroot.

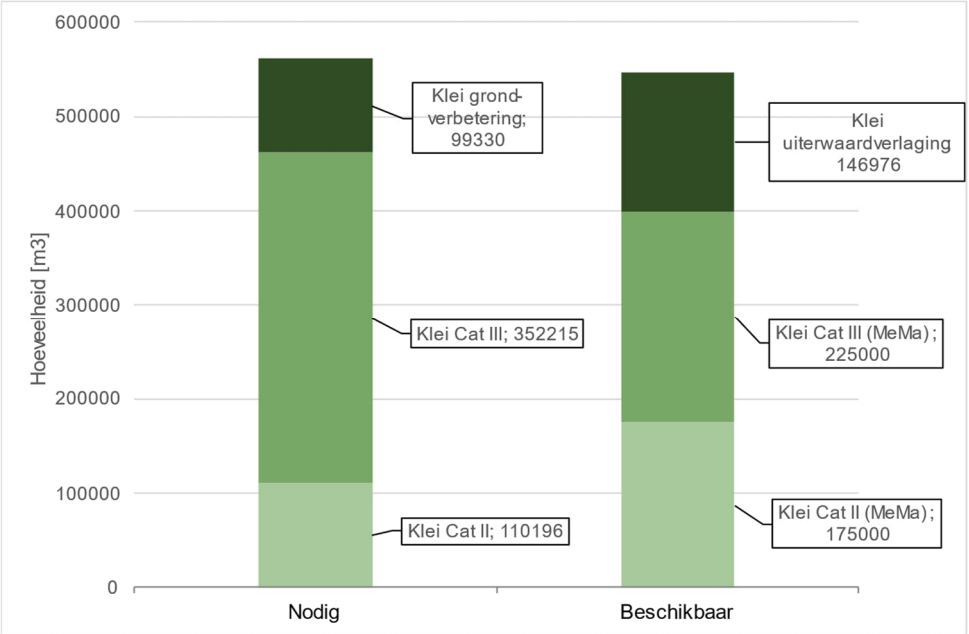
Het ontwerp van de dijk gaat gedeeltelijk buitenwaarts richting de rivier. Om te compenseren voor de opstuwing van de buitenwaartse versterking wordt een uiterwaardverlaging toegepast ter plaatse van dijkvak 35 en 36. Het gehele voorland (uiterwaard) wordt afgegraven tot NAP +8,4 m (rekening houdend met bakenbomen). Hierdoor komt ongeveer 121.000 m^3 grond vrij. De bruikbaarheid van deze klei in het project moet blijken uit het milieuhygiënisch (milieuklasse) en geotechnisch onderzoek (erosieklasse). Uitgangspunt is dat 1/3^e deel van deze klei afgevoerd moet worden (ca 30.000 m^3) en dat 2/3^e deel bruikbaar is als grondoplossing op het dijktracé (81.000 m^3).
Daar tegenover is circa 99.000 m^3 klei nodig als grondverbetering tegen piping ter plaatse van de uiterwaardverlaging. Uitgangspunt is dat de grondverbetering 2 m diep is (1 m tot 3 m onder maaiveld aangebracht), een breedte heeft van 30 m en een lengte heeft van 1.500 m. Boven de grondverbetering wordt een leeflaag voorzien van 1 m. Aangenomen wordt dat 2/3^e deel van de ontgraving voor de grondverbetering kan worden hergebruikt voor de grondverbetering. Daarnaast zal mogelijk de rest van de benodigde klei voor de grondverbetering kunnen worden gehaald uit de uiterwaardverlaging (ca 33.000 m^3). Het overige 1/3 deel van de ontgraving voor de grondverbetering zal mogelijk moeten worden afgevoerd (ca 33.000 m^3), zie Figuur 7-2. Dit is verder uitgelegd in hoofdstuk 15.4.2.



Figuur 7-2 Vrijkomend materiaal uiterwaardverlaging en grondverbetering

Bij Meanderende Maas (MeMa) komt er een grote hoeveelheid klei vrij, namelijk circa 400.000 m³. Volgens de overeenkomst is ruim de helft van deze grond erosieklasse 3 (225.000 m³). Deze grond betreft milieuklasse AW, wat betekent dat deze grond zonder bijzondere maatregelen zowel binnen- als buitendijks toegepast mag worden. De rest van de grond bestaat uit erosieklasse 1 of 2 (175.000 m³) en betreft milieuklasse A/Industrie. Voor deze grond is de toepassing binnen de huidige randvoorwaarde beperkt. De grond vanuit MeMa wordt vanwege de beperkte afstand gekenmerkt als gebiedseigen.

Voor de dijkversterking is er totaal circa 562.000 m³ klei benodigd. Een groot deel (circa 400.000 m³) kan worden aangevoerd vanuit Meanderende Maas (MeMa) en een deel komt vrij bij de uiterwaardverlaging (circa 147.000 m³), zie Figuur 7-3.
Totaal is er dus circa 661.000 m³ grond én toplaag wat vrijkomt en grotendeels hergebruikt zal worden. Hiernaast zal er nog circa 15.000 m³ grond moeten worden aangevoerd en circa 75.000 m³ zand moeten worden afgevoerd. Totaal bedraagt het verzet van grond en zand 901.000 m³. Dit is exclusief het mogelijke grondverzet voor het plaatsen van de verticale constructies.
Het benodigd grondverzet is gezien de omvang negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -).



Figuur 7-3 Grondstroom klei [m3]

Ten slotte moet rekening gehouden worden met de zettingsgevoeligheid van de bodem ter plaatse van het dijklichaam en de directe omgeving. Ook in de directe omgeving van gebouwen moet rekening gehouden worden met zetting. Gezien de dijk zal worden opgebouwd uit verschillende categorieën klei, zal zetting mogelijk een factor kunnen spelen.

7.4.3 Samenvatting effectbeoordeling

Geen van de elf locaties met sterke verontreinigingen liggen binnen de projectlocatie. De grond op deze locaties wordt daarom niet gesaneerd, dit leidt tot een neutrale beoordeling (effectbeoordeling: 0).

In totaal komt er 140.000 m^3 aan toplaag vrij en 121.000 m^3 grond vanuit de uiterwaardeverlaging waarvan 2/3 wordt hergebruikt. Daarnaast komt er 400.000 m^3 grond vrij bij project Meanderende Maas (gebiedseigen grond) wat zal worden gebruikt in de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein. Dit is totaal circa 661.000 m^3 grond en toplaag wat vrijkomt en grotendeels hergebruikt zal worden. Hiernaast zal er nog circa 15.000 m^3 grond moeten worden aangevoerd en circa 75.000 m^3 zand moeten worden afgevoerd. Totaal bedraagt het verzet van grond en zand 901.000 m^3. Dit is exclusief het mogelijke grondverzet voor het plaatsen van de verticale constructies. Het totale grondverzet is gezien de omvang negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -).

Tabel 7-5 Samenvatting effectbeoordeling bodem

Beoordelingscriterium	Beoordeling
Effecten op bodemverontreinigingen	0
Benodigd grondverzet	- -

7.5 Mitigerende en compenserende maatregelen

De dijkverbetering heeft geen effect op de bodemkwaliteit, er is dan ook geen noodzaak voor mitigerende en compenserende maatregelen.

Voor de dijkverbetering is veel grond benodigd, wat automatisch zorgt voor veel grondverzet. In dit project wordt voornamelijk gewerkt met gebiedseigen grond wat zorgt voor korte transportafstanden en minder hinder voor de omgeving. In de volgende fase kan mogelijk door optimalisatie van het gronddijk-ontwerp, op basis van nieuwe grondparameters (sterkteparameters) bepaald door extra geotechnisch onderzoek, het grondverzet worden verminderd (zoals bermen die korter kunnen).

8. Waterhuishouding

8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de effectbeschrijving en -beoordeling opgenomen voor het thema waterhuishouding. Paragraaf 8.2 start met een beschrijving van de beoordelingscriteria en de methodiek die is gehanteerd voor de effectbeschrijving en -beoordeling. Vervolgens is in paragraaf 8.3 per criterium de referentiesituatie beschreven, die is opgebouwd uit de huidige situatie inclusief eventuele autonome ontwikkelingen. In paragraaf 8.4 is de effectbeschrijving en -beoordeling van de verschillende beoordelingscriteria opgenomen. Deze paragraaf eindigt met een samenvatting van de effectbeoordelingen voor de verschillende beoordelingscriteria, uitgedrukt in een beoordelingstabel. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de mitigerende en compenserende maatregelen in paragraaf 8.5.

Als verticale oplossing voor piping worden in het MER twee varianten onderzocht (zie paragraaf 5.4.1), een niet waterdoorlatende en een wel waterdoorlatende constructie. Voor het thema waterhuishouding is in de analyse uitgegaan van de worstcase situatie, namelijk een niet waterdoorlatende constructie. De effecten van een wel waterdoorlatende constructie zijn namelijk altijd kleiner dan van een niet waterdoorlatende constructie.

8.2 Beoordelingscriteria

Voor het MER is op basis van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) en het advies van de Commissie m.e.r. een beoordelingskader vastgesteld. Voor het thema waterhuishouding geldt het volgende beoordelingskader:

Tabel 8-1 Beoordelingskader waterhuishouding

Thema	Beoordelingscriterium	Beoordeling
Waterhuishouding	Effecten op het binnendijks watersysteem	Kwalitatief* d.m.v. GIS-analyse
	Effecten op de grondwaterstanden	Kwalitatief* d.m.v. berekeningen
	Effecten op de waterkwaliteit	Kwalitatief o.b.v. deskundigen oordeel

* Hoewel er getallen zijn gebruikt of de effecten te duiden is de beoordeling kwalitatief uitgevoerd

Effecten op het binnendijks watersysteem

De mogelijke effecten van de dijkversterking op het regionale watersysteem zijn getoetst middels een GIS-analyse. In GIS is een raakvlakanalyse uitgevoerd tussen het ruimtebeslag van de dijk en het watersysteem zoals vastgesteld in de legger van waterschap Aa en Maas en de laag ‘BGT - watervlak’. Hiermee worden raakvlakken in beeld gebracht. Per locatie waar het ruimtebeslag van het dijkontwerp en het bestaande watersysteem overlappen is bekeken wat de gevolgen voor het watersysteem zijn. Het dempen van primaire en secundaire watergangen moet volgens de waterschapsverordening van Aa en Maas worden gecompenseerd. Bij tertiaire watergangen is gekeken of de watergang essentieel is voor de lokale afwatering, bijvoorbeeld voor aanliggende kavels. Daarnaast is getoetst of de aan- en afvoer niet negatief wordt beïnvloed door de dijkversterking. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 8-2 Klassegrenzen criterium 'Effect op het binnendijkse watersysteem'

+ + +	De dijkmaatregelen zorgen voor een sterke verbetering in het oppervlaktewatersysteem. De aan- en afvoerfunctie van het bestaande systeem worden versterkt. Het watersysteem is hierdoor veel beter bestand tegen extreme situaties als hevige neerslag en droogte.
+ +	De dijkmaatregelen zorgen voor een verbetering in het oppervlaktewatersysteem. De aan- en afvoerfunctie van het bestaande systeem blijven worden versterkt. Het watersysteem is hierdoor beter bestand tegen extreme situaties als hevige neerslag en droogte.
+	De dijkmaatregelen zorgen voor een lichte verbetering in het oppervlaktewatersysteem. De aan- en afvoerfunctie van het bestaande systeem wordt licht versterkt.
0	Er verandert niks t.o.v. de referentiesituatie.
-	De dijkmaatregelen zorgen voor een lichte verslechtering van het watersysteem. De aan- en afvoerfunctie van het bestaande systeem worden licht beperkt of er is risico op verstoring.
- -	De dijkmaatregelen zorgen voor een verslechtering van het watersysteem. De aan- en afvoerfunctie van het bestaande watersysteem worden aangetast. Effecten van de dijkversterking op het watersysteem worden niet (volledig) gecompenseerd.
- - -	De dijkmaatregelen zorgen voor een sterke verslechtering van het watersysteem. De aan- en afvoerfunctie van het bestaande watersysteem worden aangetast. Effecten van de dijkversterking op het watersysteem worden niet gecompenseerd. Als gevolg hiervan is het watersysteem minder bestand tegen extreme situaties.

Effecten op de grondwaterstanden

De effecten op grondwaterstanden zijn opgesplitst in twee aparte criteria: de beoordeling van de effecten op grondwaterstanden en de beoordeling van de effecten op kwel en wegzijging. De effecten zijn in kaart gebracht met het grondwatermodel dat voor Cuijk-Ravenstein is opgesteld. Voor een gedetailleerd beschrijving van de totstandkoming van dit model wordt verwezen naar de memo "*WSB.28.3-086_Memo verbeteringen geohydrologisch model (VTW0020)_D1.0*". In de beoordeling van de effecten op de kwel en wegzijging is onderscheid gemaakt tussen de effecten bij hoogwater en de effecten onder normale (gemiddelde) condities. Vervolgens is één score voor beide situaties toegekend waarbij negatieve scores de doorslag geven. Dit betekent dat wanneer het ene aspect negatief beoordeeld wordt en het andere aspect positief, dat de uiteindelijke score negatief is. Een neutraal effect gecombineerd met een positief effect wordt beoordeeld met een positieve score. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd. De effecten zijn beoordeeld voor de functies, natuur, landbouw en wonen in het gebied. Grondwaterstandsveranderingen kleiner dan 0,05 m zijn als verwaarloosbaar beschouwd.

Tabel 8-3 Klassegrenzen criterium 'Effect op grondwaterstanden'

+ + +	Daling of stijging van lokale grondwaterstanden, zeer gunstig voor de functies in het gebied
+ +	Daling of stijging van lokale grondwaterstanden, gunstig voor de functies in het gebied
+	Daling of stijging van lokale grondwaterstanden met beperkt gunstig effect op de functies in het gebied
0	Neutraal effect op de functies in het gebied, nauwelijks of geen verandering van grondwaterstanden
-	Daling of stijging van lokale grondwaterstanden met beperkt ongunstig effect op de functies in het gebied
- -	Daling of stijging van lokale grondwaterstanden, ongunstig voor de functies in het gebied
- - -	Daling of stijging van lokale grondwaterstanden, zeer ongunstig voor de functies in het gebied

Tabel 8-4 Klassegrenzen criterium 'Effect op kwel en wegzijging'

+ + +	De veranderingen in kwel of wegzijging zijn zeer gunstig voor de functies in het gebied
+ +	De veranderingen in kwel of wegzijging zijn gunstig voor de functies in het gebied
+	De veranderingen in kwel of wegzijging hebben een beperkt gunstig effect op de functies in het gebied
0	Neutraal effect op de functies in het gebied, nauwelijks of geen verandering van de kwel en/of wegzijging
-	De veranderingen in kwel of wegzijging hebben een beperkt ongunstig effect op de functies in het gebied
- -	De veranderingen in kwel of wegzijging zijn ongunstig voor de functies in het gebied
- - -	De veranderingen in kwel of wegzijging zijn zeer ongunstig voor de functies in het gebied

Effecten op de waterkwaliteit

Voor dit criterium is gekeken naar de effecten van de dijkversterking op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. De waterkwaliteit kan beïnvloed worden door veranderingen in de inrichting en het landgebruik in het gebied. Ook kunnen bestaande verontreinigingen verder worden verspreid. De effecten op de grondwaterkwaliteit zijn beschouwd aan de hand van grondwaterverontreinigingen die bekend zijn in het gebied in combinatie met de berekende effecten op grondwaterstromingen. Daarnaast is kwalitatief beschouwd wat de verwachte invloed is van de dijkverbetering op de oppervlaktewaterkwaliteit.

Het effect op de oppervlaktewaterkwaliteit is in kaart gebracht door te kijken naar de aanwezige KRW-watergangen. Daarnaast is een inschatting gemaakt van het effect van de dijkversterking op (vervuiling van) hemelwaterafvoer en (vispaseerbaarheid van) bestaande kunstwerken. In het beoordelen van het effect op waterkwaliteit is voortgebouwd op de bevindingen over de effecten op het binnendijks watersysteem en de grondwaterstanden- en stroming.

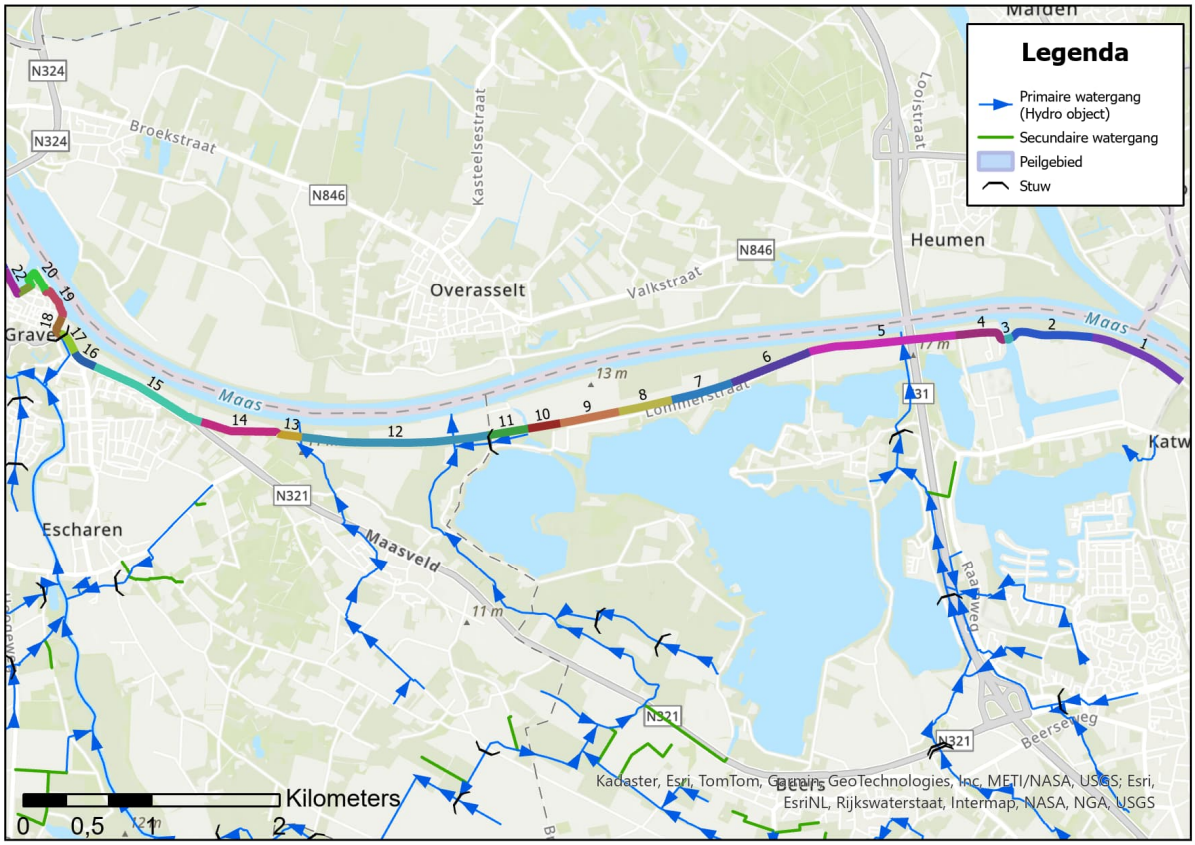
Tabel 8-5 Klassegrenzen criterium 'Effect op chemische en ecologische waterkwaliteit'

+ + +	De dijkversterking en bijbehorende maatregelen zorgen voor een sterke verbetering van de chemische en ecologische kwaliteit van het oppervlakte- en grondwatersysteem.
+ +	De dijkversterking en bijbehorende maatregelen zorgen voor een verbetering van de chemische en/of ecologische kwaliteit van het oppervlakte- en grondwatersysteem.
+	De dijkversterking en bijbehorende maatregelen zorgen voor een lichte verbetering van de chemische of ecologische kwaliteit van het oppervlakte- en grondwatersysteem.
0	Er verandert niks t.o.v. de referentiesituatie.
-	De dijkversterking en bijbehorende maatregelen zorgen voor een lichte verslechtering van de chemische of ecologische kwaliteit van het oppervlakte- en grondwatersysteem.
- -	De dijkversterking en bijbehorende maatregelen zorgen voor een verslechtering van de chemische en/of ecologische kwaliteit van het oppervlakte- en grondwatersysteem.
- - -	De dijkversterking en bijbehorende maatregelen zorgen voor een sterke verslechtering van de chemische en ecologische kwaliteit van het oppervlakte- en grondwatersysteem.

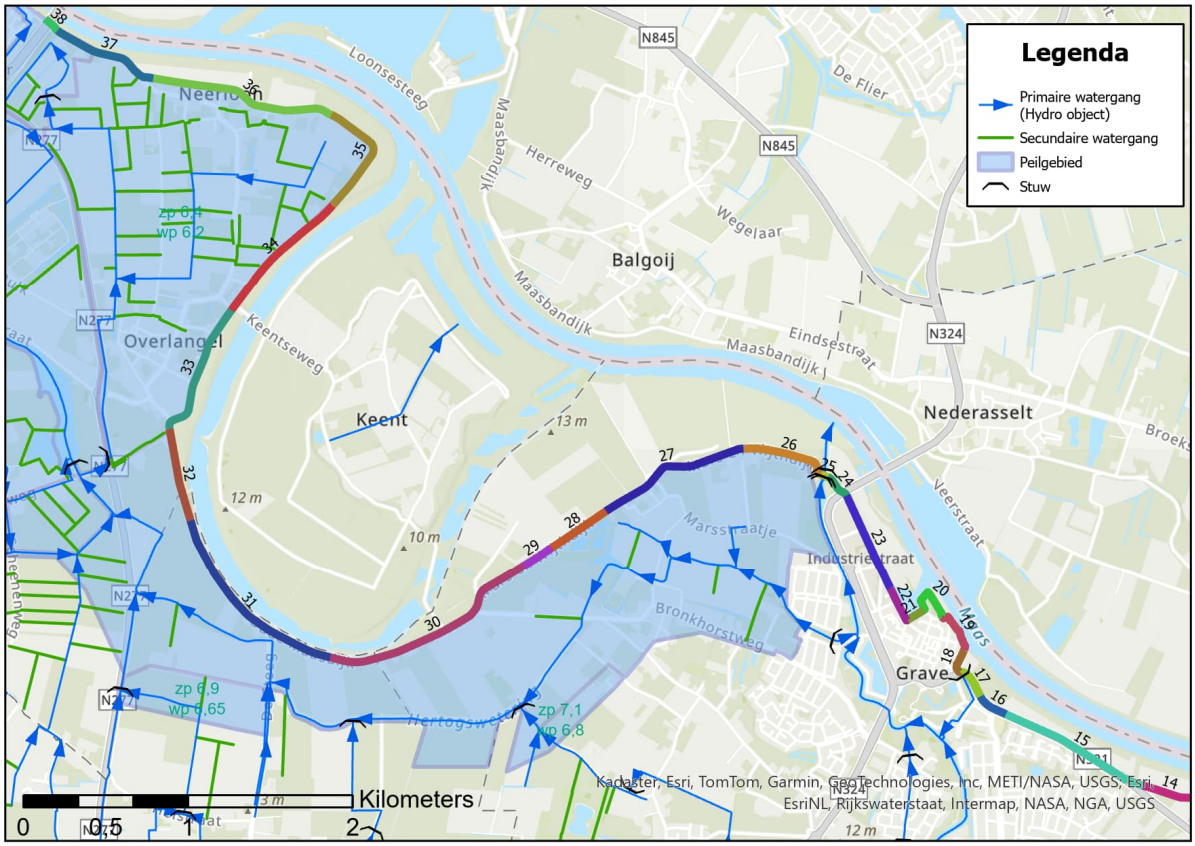
8.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling

Binnendijks watersysteem

Het binnendijkse watersysteem ten zuiden van de Maas bestaat uit een netwerk van watergangen, sluizen en gemalen voor de regulering van het waterpeil en de afwatering. De dijken beschermen tegen hoogwater, terwijl het binnenste watersysteem wateroverlast voorkomt, aanvoer verzorgt en de waterkwaliteit bewaakt. Belangrijke beken zoals de Graafsche Raam, Hertogswetering en Tochtsloot dienen als hoofdaders voor secundaire en tertiaire watergangen (zie Figuur 8-1 en Figuur 8-2). Een groot deel van het watersysteem werkt onder vrij verval. In het westen, vooral rond de Hertogswetering, is het maaiveld vlakker, waardoor hier wel een vast peil gehanteerd kan worden. In Figuur 8-2 is aangeven waar in het plangebied peilgebieden aanwezig zijn.

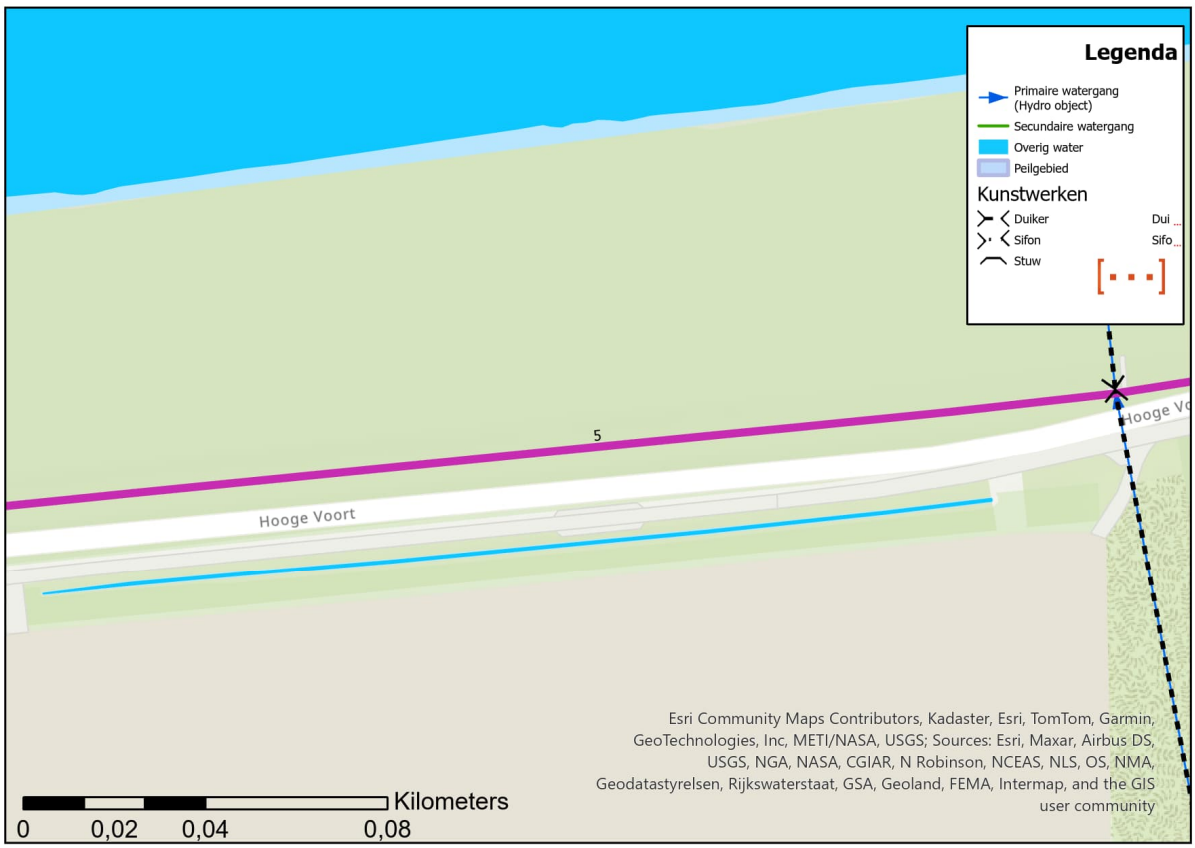


Figuur 8-1 Oppervlaktewatersysteem met primaire en secundaire watergangen, van Cuijk tot Grave (dijkvak 1 t/m dijkvak 22)



Figuur 8-2 Oppervlaktewatersysteem met primaire en secundaire watergangen, van Grave tot Neerloon (dijkvak 15 t/m dijkvak 38)

Naast het hoofdwatersysteem liggen er talloze slootjes en greppels in het gebied, voor de lokale aan- en afwatering. Langs de Maasdijk liggen greppels voor de afwatering van de dijk en aangrenzende percelen (zie Figuur 8-3).



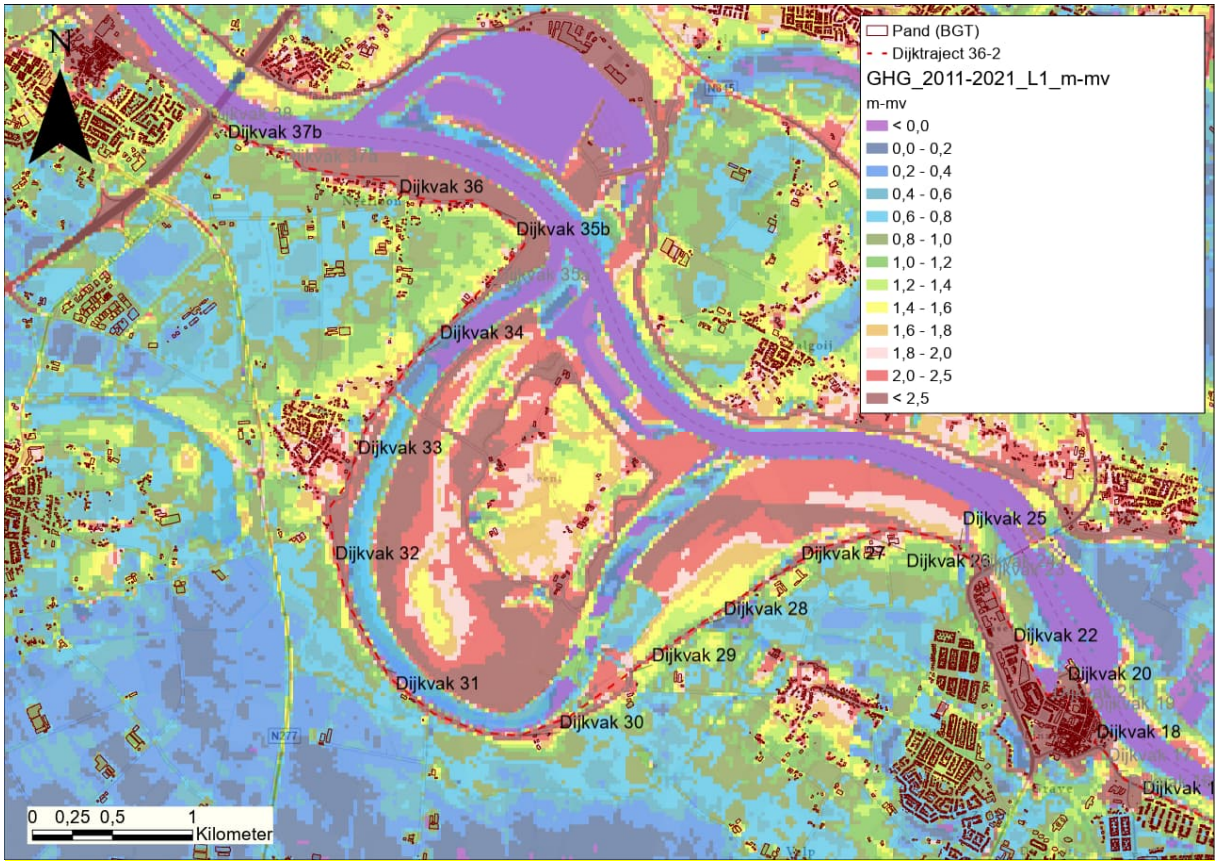
Figuur 8-3 Voorbeeld van tertiaire greppel parallel aan de dijk (dijkvak 5)

De waterafvoer loopt vanuit de haarvaten en zijtakken van de beken richting de Maas. Via een aantal kunstwerken in de dijk stroomt het water vanuit de beken naar de rivier, waarna het water wordt afgevoerd uit het plangebied. In Figuur 8-1 en Figuur 8-2 staat de dominante stroomrichting aangegeven. Binnen het gebied wordt water via het waterlichaam de Hertogswetering in het westen aangevoerd vanuit district Raam (via de inlaat 'Raamsluis' te Grave) richting district Hertogswetering (rond Neerloon).

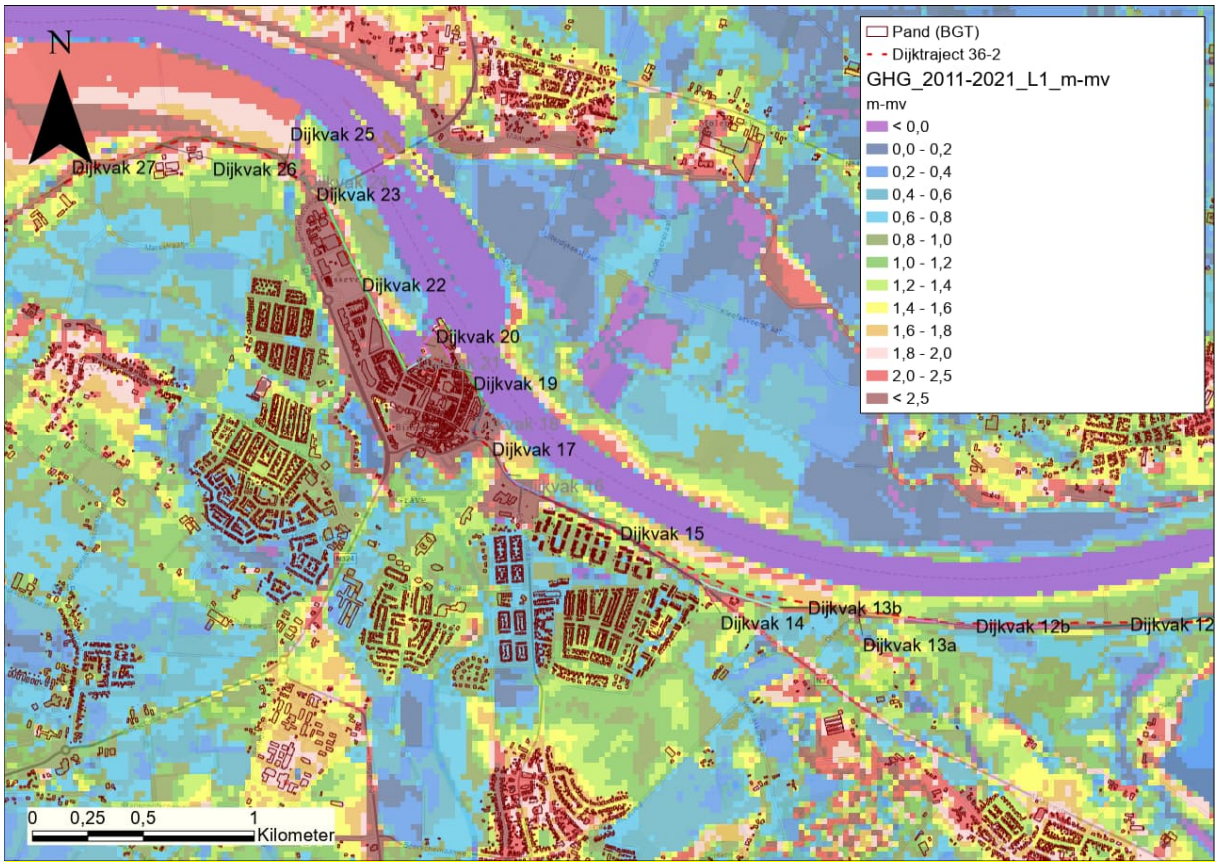
Het (grond)watersysteem zal in de autonome ontwikkeling hetzelfde blijven functioneren als in de huidige situatie. Onder invloed van klimaatverandering zullen de periodes waarin het watersysteem moet functioneren onder extreme omstandigheden, zoals hevige neerslag of droogte, waarschijnlijk toenemen.

Grondwaterstanden

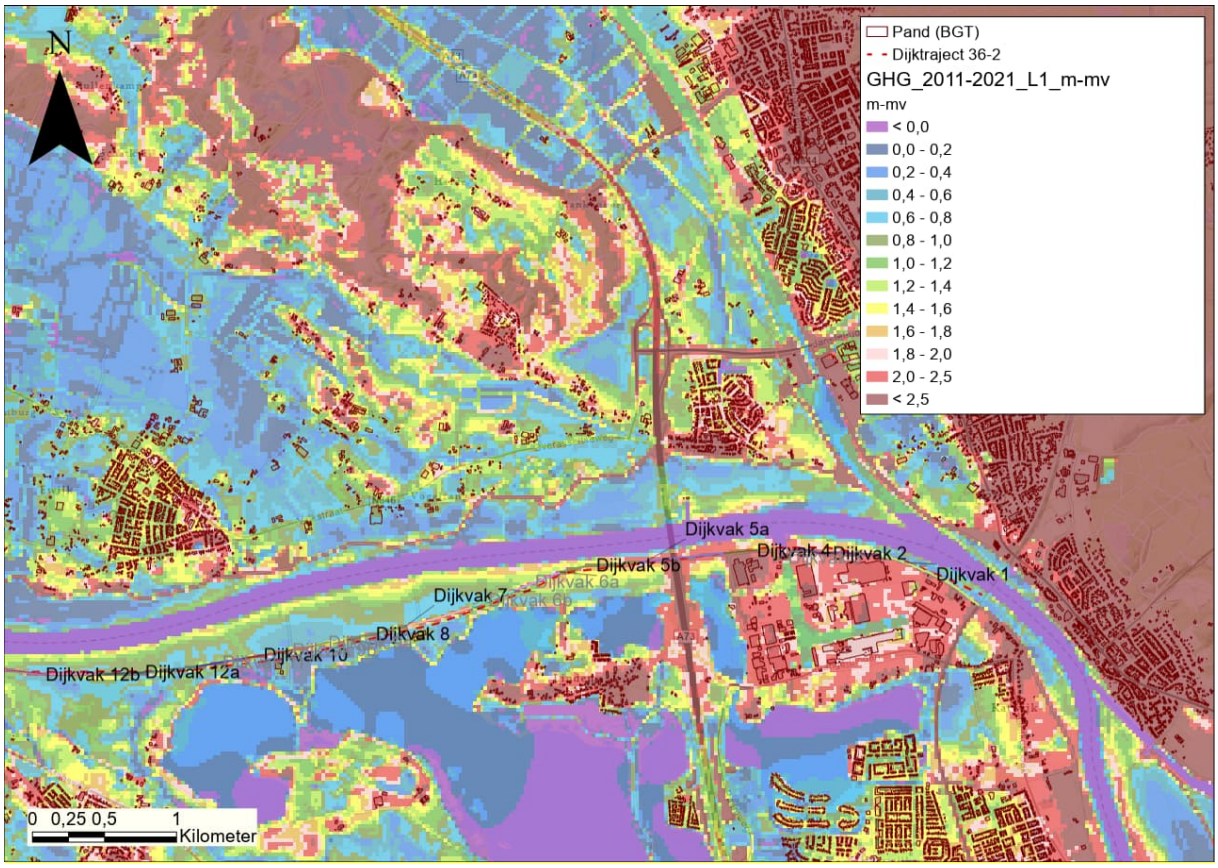
Voor inzicht in de grondwaterstanden in de huidige situatie langs het dijktraject zijn de met het grondwatermodel berekende karakteristieke grondwaterstanden (GHG en GLG) gebruikt. In Figuur 8-4, Figuur 8-5 en Figuur 8-6 zijn de GHG langs het dijktraject weergegeven. Over het algemeen ligt de GHG benedenstrooms van Grave tussen circa 0,8 en 2,0 m -mv. Ter hoogte van dijkvakken 30 t/m 32 ligt het maaiveld binnendijks relatief laag. De GHG ligt hier dan ook ondieper onder het maaiveld op circa 0,6 tot 1,0 m -mv. In Grave ligt de GHG over het algemeen diep onder het maaiveld (2,0 – 2,5 m -mv). Dit komt omdat het maaiveld in delen van Grave hoger ligt. Buiten het historische deel van Grave ligt de GHG ondieper op circa 0,8 tot 1,0 m -mv. Bovenstrooms van Grave (dijkvak 1 t/m 12) varieert de ligging van de GHG tussen circa 0,6 tot 1,0 m -mv (dijkvakken 6 t/m 12) en 2,0 -2,5 m -mv ter plaatse van de Haven van Cuijk.



Figuur 8-4 Berekende Gemiddeld Hoogste Grondwaterstanden (GHG) in m -mv langs het westelijk deel van het dijktraject. De negatieve waarden in de Maas dienen geïnterpreteerd te worden als 0-waarden (rivierpeil).

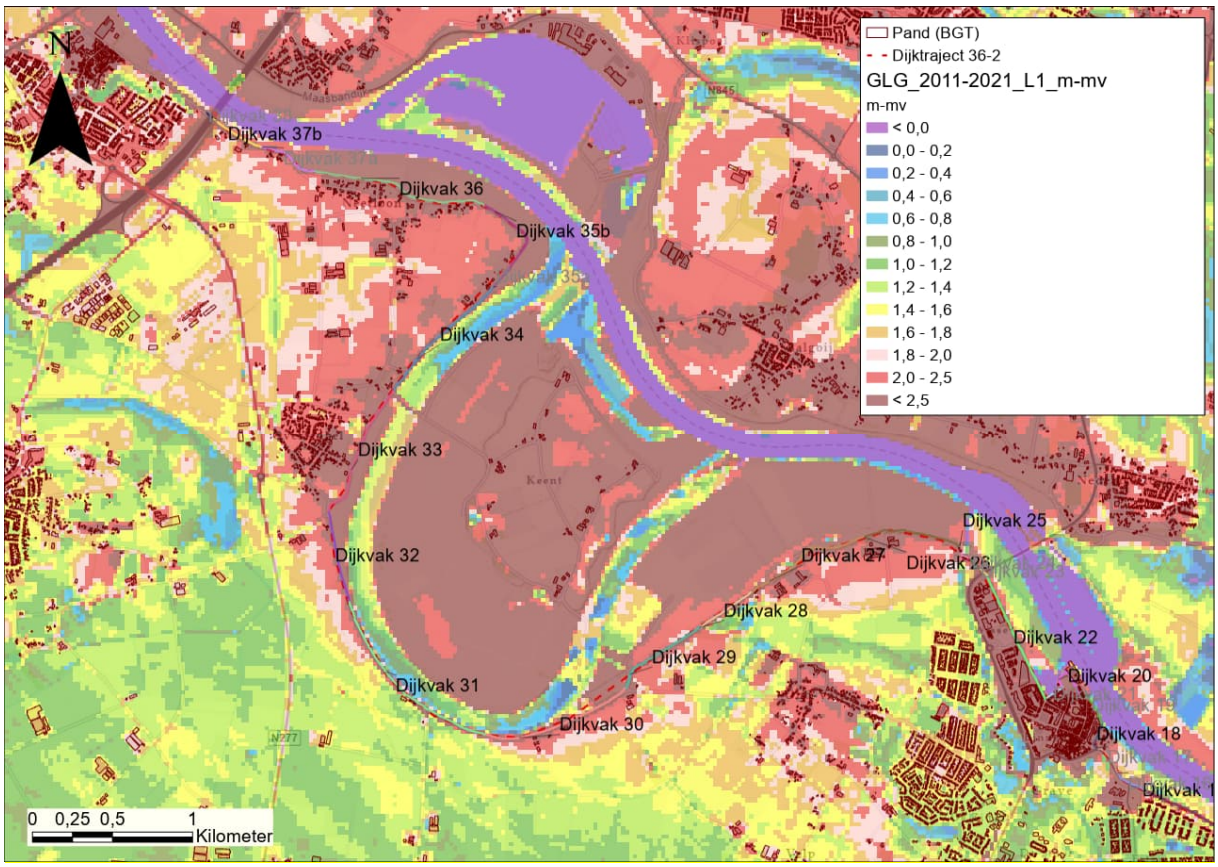


Figuur 8-5 Berekende Gemiddeld Hoogste Grondwaterstanden (GHG) in m -mv ter hoogte van Grave. De negatieve waarden in de Maas dienen geïnterpreteerd te worden als 0-waarden (rivierpeil).

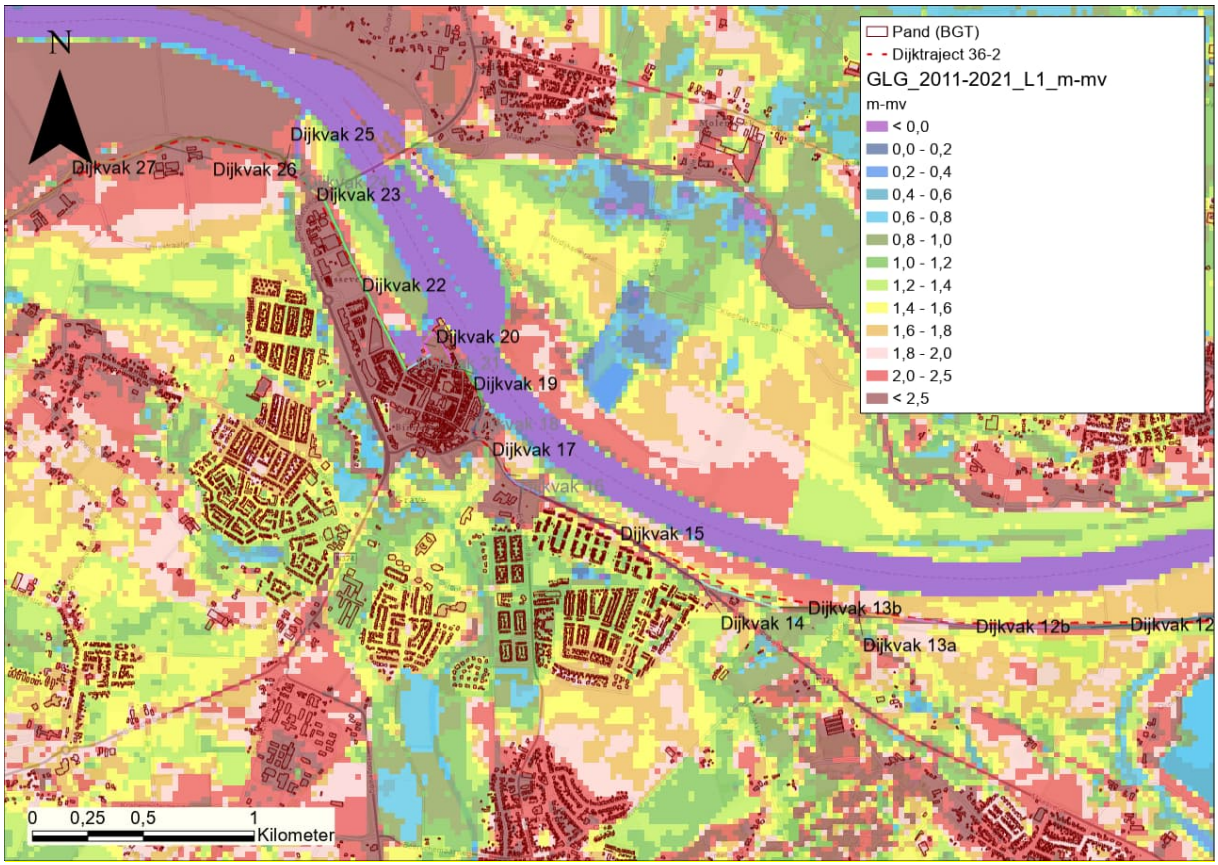


Figuur 8-6 Berekende Gemiddeld Hoogste Grondwaterstanden (GHG) in m -mv langs het oostelijk deel van het dijktraject. De negatieve waarden in de Maas en Kraaienbergse plassen dienen geïnterpreteerd te worden als 0-waarden (rivierpeil).

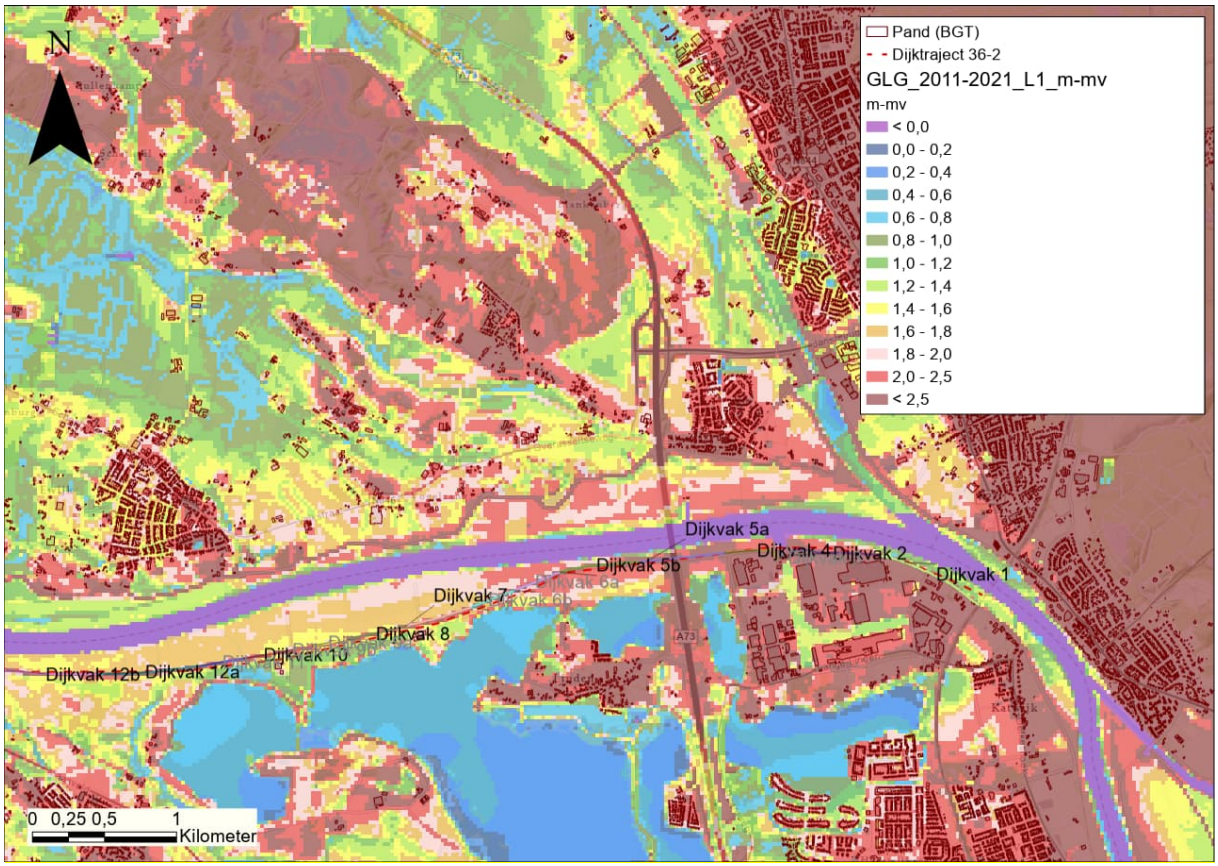
In Figuur 8-7, Figuur 8-8 en Figuur 8-9 zijn de berekende GLG-waarden voor de huidige situatie langs het dijktraject weergegeven. De GLG-waarden volgen eenzelfde patroon als de GHG-waarden. Over het algemeen ligt de GLG diep (> 2,0 m -mv) onder het maaiveld binnendijks langs het dijktraject. Uitzonderingen zijn de GLG-waarden langs dijkvak 8, 9, 10, 13 en 31. Hier ligt het maaiveld relatief laag. De grondwaterstand bevindt zicht hier ondieper onder het maaiveld. Bij dijkvakken 8, 9 en 10 heeft daarnaast het waterpeil in de Kraaijenbergse plassen invloed op de grondwaterstanden. Het peil in deze plassen is relatief constant en zorgt voor ondiepere grondwaterstanden tussen de dijk en de plassen.



Figuur 8-7 Berekende Gemiddeld Laagste Grondwaterstanden (GLG) in m -mv langs het westelijk deel van het dijktraject. De negatieve waarden in de Maas dienen geïnterpreteerd te worden als 0-waarden (rivierpeil).



Figuur 8-8 Berekende Gemiddeld Laagste Grondwaterstanden (GLG) in m -mv ter hoogte van Grave. De negatieve waarden in de Maas dienen geïnterpreteerd te worden als 0-waarden (rivierpeil).

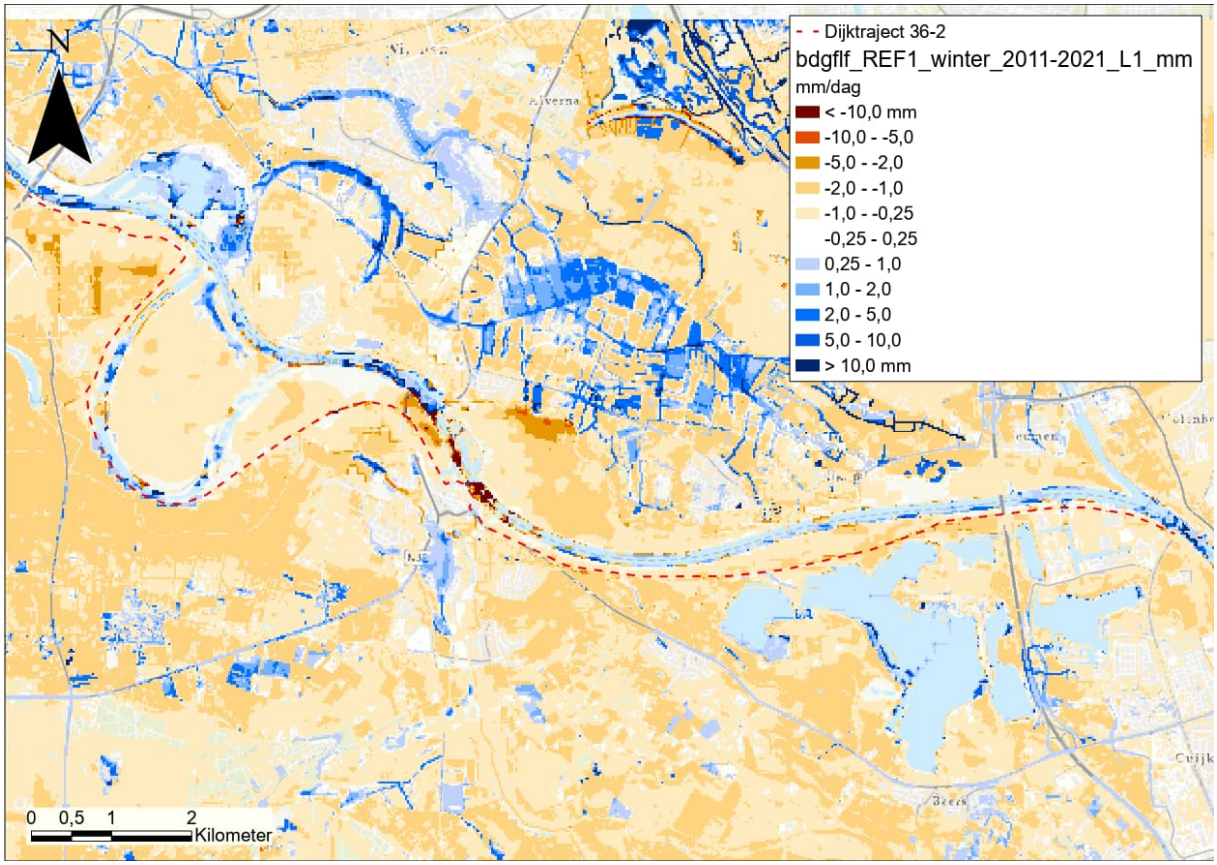


Figuur 8-9 Berekende Gemiddeld Laagste Grondwaterstanden (GLG) in m -mv langs het oostelijk deel van het dijktraject. De negatieve waarden in de Maas dienen geïnterpreteerd te worden als 0-waarden (rivierpeil).

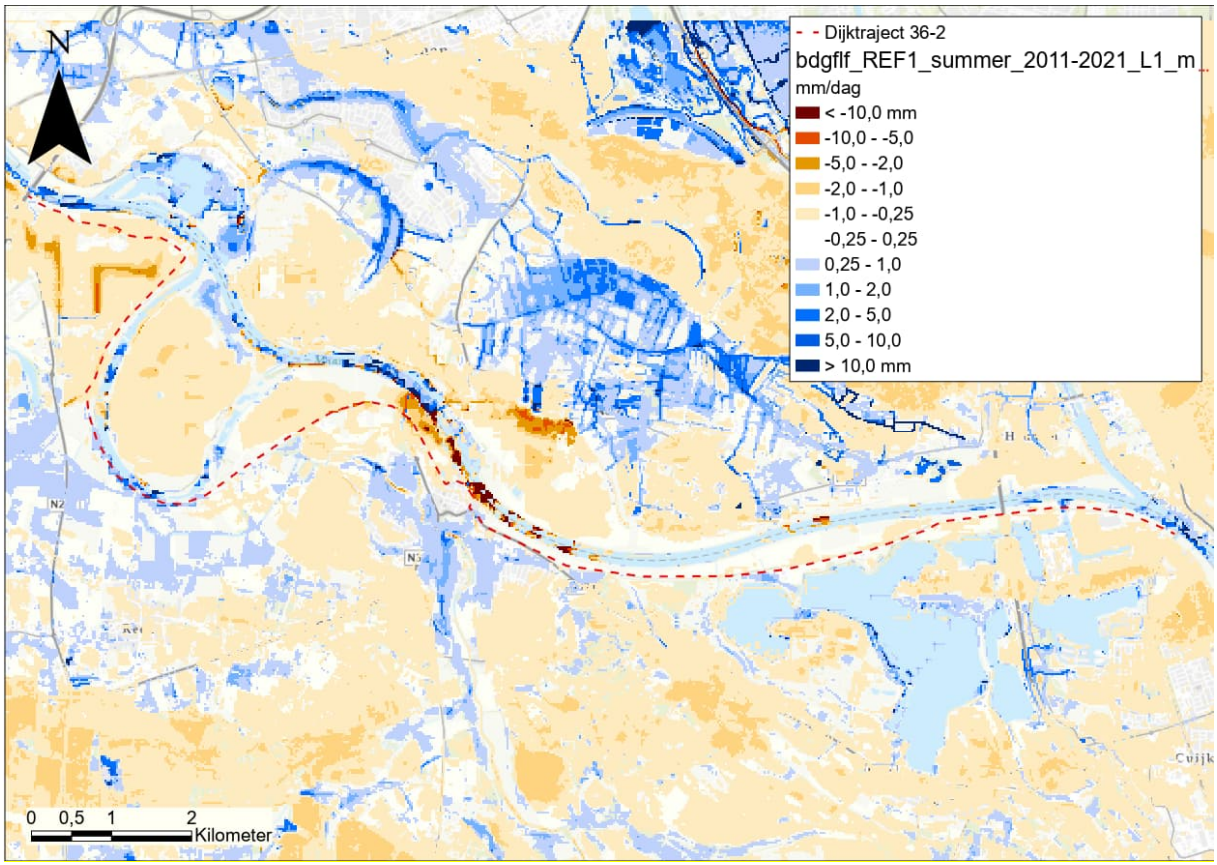
Kwel en wegzijging

In Figuur 8-10, Figuur 8-11 en Figuur 8-12 zijn de berekende kwel en wegzijging in de huidige situatie weergegeven. Gedurende de wintermaanden vindt er voornamelijk wegzijging binnendijks langs het dijktraject plaats (Figuur 8-10). De grondwaterstanden zijn als gevolg van het neerslagoverschot tijdens de winter hoger dan de waterstand in de Maas. Zo ligt de gemiddelde waterstand bovenstrooms van de stuw bij Grave op circa NAP +7,9 m terwijl de GHG bovenstrooms van Grave tussen NAP +8,0 m en NAP +8,7 m liggen. Benedenstrooms van de stuw ligt het gemiddelde peil van de Maas eveneens lager, namelijk op NAP 4,9 m tegenover een GHG langs de Maas tussen de NAP +6,0 m en NAP +6,7 m. De Maas heeft zowel boven- als benedenstrooms een drainerende werking met als gevolg wegzijging binnendijks.

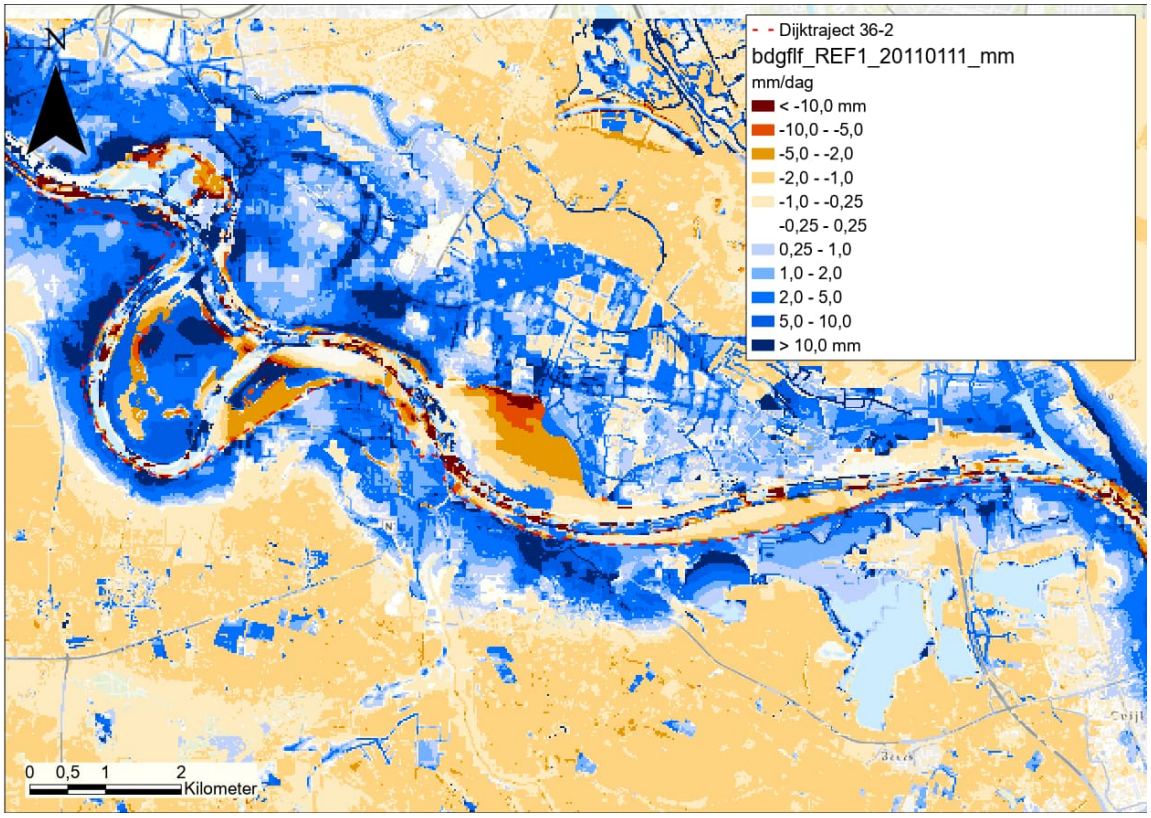
Tijdens de zomermaanden zakken de grondwaterstanden verder uit. Het verschil tussen de Maaswaterstand en de GLG bedraagt over het algemeen 0 tot 0,10 m. Daarmee vindt er over het algemeen nog steeds wegzijging langs het dijktraject plaats (Figuur 8-11). Langs de waterlopen, zoals de Graafsche Raam en de Hertogswetering ontstaat er juist een kwelstroming. Dit is water dat infiltreert uit de waterloop in het freatische pakket. Ten slotte zijn de berekende kwel en wegzijging tijdens het hoogwater in januari 2011 weergegeven (zie Figuur 8-12). Tijdens hoogwater is de waterstand in de Maas hoger dan de grondwaterstand binnendijks. Water infiltreert dan in de Maas en de uiterwaarde en stroomt vervolgens onder de dijk door. Binnendijks komt een deel van dit grondwater via kwel omhoog.



Figuur 8-10 Gemiddelde kwel/wegzijging (mm/dag) over de wintermaanden (periode 2011-2021); positieve waarden staan voor kwel; negatieve waarden staan voor wegzijging.



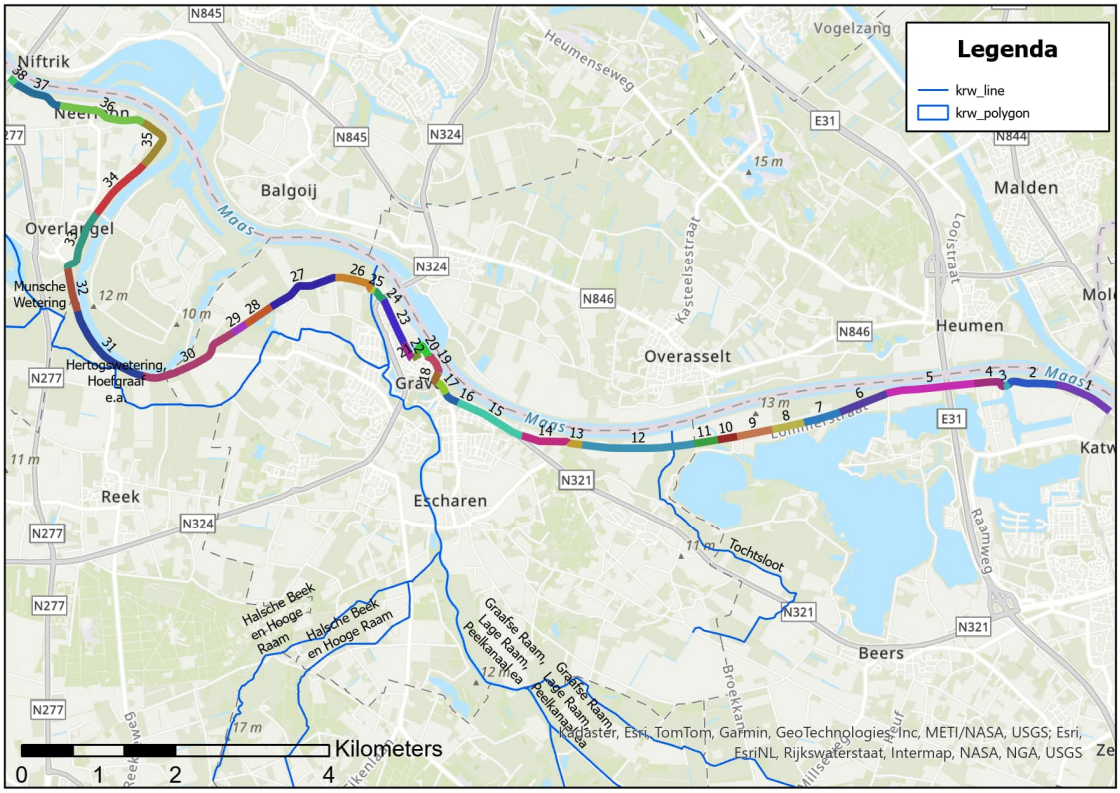
Figuur 8-11 Gemiddelde kwel/wegzijging (mm/dag) over de zomermaanden (periode 2011-2021); positieve waarden staan voor kwel; negatieve waarden staan voor wegzijging.



Figuur 8-12 Gemiddelde kwel/wegzijging (mm/dag) tijdens het hoogwater op 11 januari 2011; positieve waarden staan voor kwel; negatieve waarden staan voor wegzijging.

Waterkwaliteit

In de buurt van de dijk zijn drie KRW-waterlichamen aanwezig: de 'Hertogswetering', de 'Graafsche Raam, Lage Raam en Peelkanaal en anderen' en de 'Tochtsloot' (bron: Het Waterkwaliteitsportaal). Weergave hiervan zie Figuur 8-13.



Figuur 8-13 KRW-waterlichamen die langs of onder de dijk door lopen

Hertogswetering
De Hertogswetering, Hoefgraaf, Roode Wetering en Nieuwe Vliet zijn onnatuurlijke watergangen die in de Maas uitmonden. De Hertogswetering krijgt water van de Graafsche Raam, Lage Raam, Peelkanaal of de Maas, en effluentwater van RWZI Oijen. Dit zijn gebufferde regionale kanalen (KRW-watertype M3). In de huidige situatie (toetsing 2024) is dit waterlichaam beoordeeld als 'Slecht' voor chemische waterkwaliteit en 'Matig' voor ecologische waterkwaliteit.

Graafsche Raam
De Lage Raam, het Peelkanaal en de Laarakkerse Waterleiding monden uit in de Graafsche Raam, die bij Grave in de Maas uitkomt via het Gemaal van Sasse. De beken hebben een natuurlijk karakter, behalve de Laarakkerse Waterleiding die meer kunstmatig is. Het waterlichaam is een moerasbeek (KRW-watertype R20). In de huidige situatie (toetsing 2024) is dit waterlichaam beoordeeld als 'Slecht' voor chemische waterkwaliteit en 'Matig' voor ecologische waterkwaliteit.

Tochtsloot
Hoewel de Tochtsloot de naam sloot draagt, was er vroeger al een natuurlijke watergang op de huidige locatie. Bij de uitmonding in de Graafsche Raam zijn beekafzettingen zichtbaar. Het bovenstroomse deel is gegraven en de rest is sterk gekanaliseerd, maar het dominante watertype is natuurlijk specifiek een moerasbeek (KRW-watertype R20), vanwege het beperkte verhang. In de huidige situatie (toetsing 2024) is dit waterlichaam beoordeeld als 'Slecht' voor chemische waterkwaliteit en 'Matig' voor ecologische waterkwaliteit.

In 2027 moeten de doelen van de KRW zijn behaald. Dit betekent dat alle KRW-lichamen aan de gestelde eisen moeten voldoen. Alhoewel het onduidelijk is of de KRW-waterlichamen in 2027 al aan de gestelde eisen zullen voldoen, kan worden aangenomen dat de waterkwaliteit in de autonome ontwikkeling zal verbeteren.

8.4 Effectbeschrijving en -beoordeling

8.4.1 Binnendijks watersysteem

Haven-Cuijk en Kraaijenbergse Plassen
De dijkversterking heeft in deelgebied Haven - Cuijk geen overlap met het lokale watersysteem. De situatie blijft daardoor gelijk aan de referentiesituatie.

In deeltraject Kraaijenbergse Plassen lopen de Tochtsloot en Gasselse Loop onder de dijk door (dijkvakken 11 en 12). De watergangen monden elk via een uitwateringssluis uit op de Maas. Deze kunstwerken vormen belangrijke uitlaatpunten voor het regionale watersysteem van district Raam. De kokers van de uitlaatsluizen hoeven minimaal te worden verlengd als gevolg van de dijkversterking zoals opgenomen in het dijkontwerp. Hierdoor blijft de afvoercapaciteit en daarmee de uitlaatfunctie van deze kunstwerken gewaarborgd.

Er wordt kleine delen van deze primaire watergangen gedempt voor de dijkversterking, daar waar de watergangen onder de dijk doorstromen middels de uitlaatconstructie: 14,5m² voor de Tochtsloot en 12,1 m² voor de Gasselse Loop. Deze demping kan makkelijk worden gecompenseerd door elders waterberging in te richten. Het totale gedempte oppervlak (26,6 m²) moet worden gecompenseerd. Deze compensatie moet nog worden ingericht (en afgestemd met het District), zodra dit is gebeurd wordt de beoordeling neutraal (effectbeoordeling: 0).

De dijkversterking is zo ontworpen dat er geen negatief effect ontstaat op de afvoerende functie van de watergangen, ten opzichte van de referentiesituatie. Er wordt een klein deel van de primaire watergangen

gedempt, daar waar ze onder de dijk doorstromen. Hiervoor moet nog compensatie worden ingericht, daarom is dit deelgebied licht negatief beoordeeld (effectbeoordeling: -).

Grave (Oost, Vesting en West)
De dijkversterking heeft hier geen overlap met het lokale watersysteem. De situatie blijft gelijk aan de referentiesituatie (effectbeoordeling: 0).

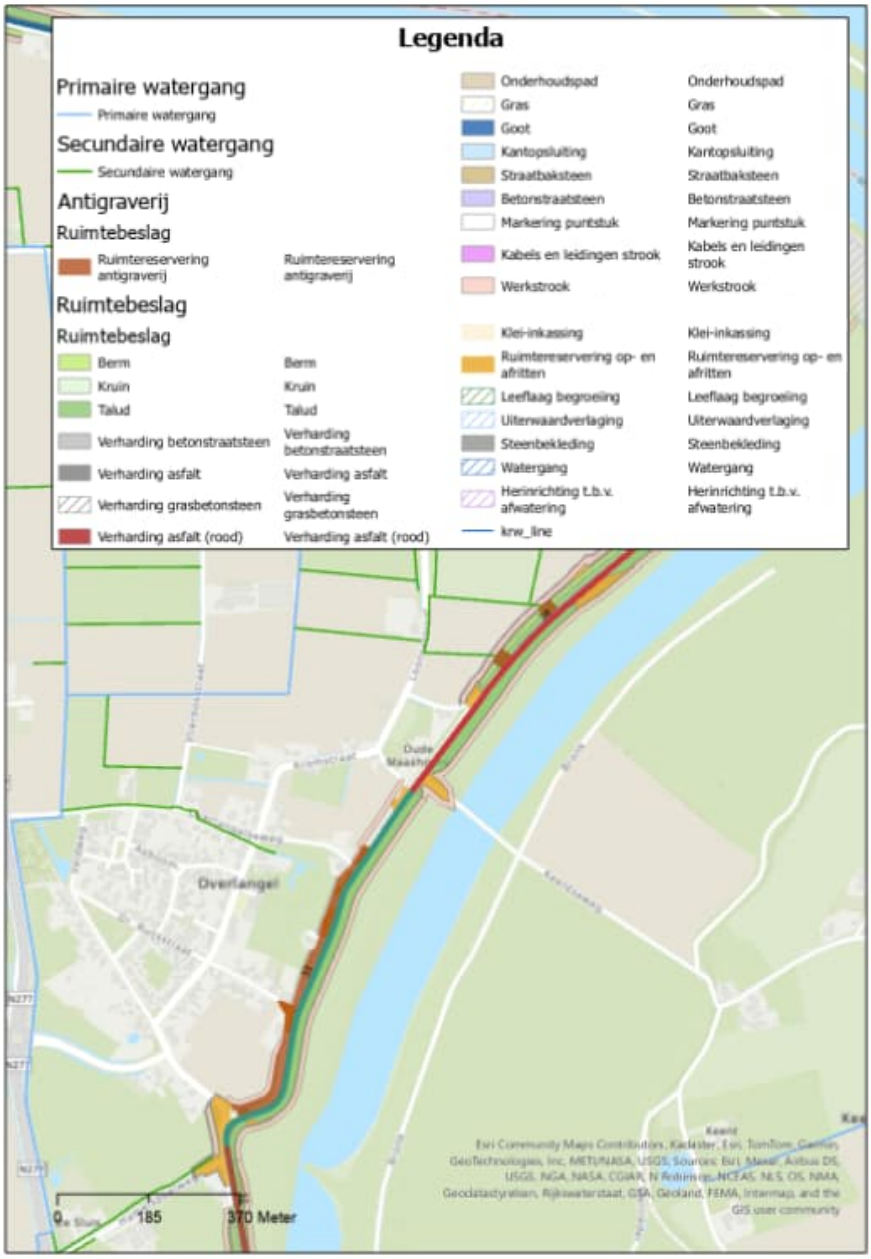
Lage Wijth
Er is hier gekozen voor een verticale oplossing voor stabiliteit en om piping tegen te gaan. Hierdoor heeft de dijkversterking heeft geen impact op watergangen. De situatie blijft gelijk aan de referentiesituatie (effectbeoordeling: 0).

Reek
Bij dijkvak 31 wordt een dijkoprit aangepast als onderdeel van de dijkversterking. De dijkoprit boven de watergang wordt niet aangepast, er is geen effect op de primaire watergang. De dijkoprit wordt niet verbreed boven de watergang, waardoor geen water gedempt wordt. Er is geen effect op het oppervlak of het profiel van de watergang.

Bij dijkvak 31 overlapt de dijkversterking met een tertiaire greppel. Alleen de kopse kant (doodlopend) van de greppel wordt gedempt, daarom is er geen effect op de afvoerfunctie van deze watergang. Mocht blijken dat de watergang belangrijk is voor afvoer van water dat afstroomt vanaf de dijk dan kan de greppel worden verplaatst. De grond direct naast de greppel (buiten het profiel van de dijkversterking) is in bezit van waterschap Aa en Maas.

Bij dijkvak 32 en dijkvak 34 overlapt de dijkversterking met verschillende secundaire watergangen (Figuur 8-14). Om te voldoen aan de regels van de Waterschapverordening is hiervoor compensatie opgenomen in het VO. Enkel de kopse kant van de watergangen wordt gedempt, waardoor er geen negatief effect is op de afvoerende functie van de watergang.

Figuur 8-14 Overlap tussen secundaire watergangen en dijkversterking bij dijkvak 32 en dijkvak 34

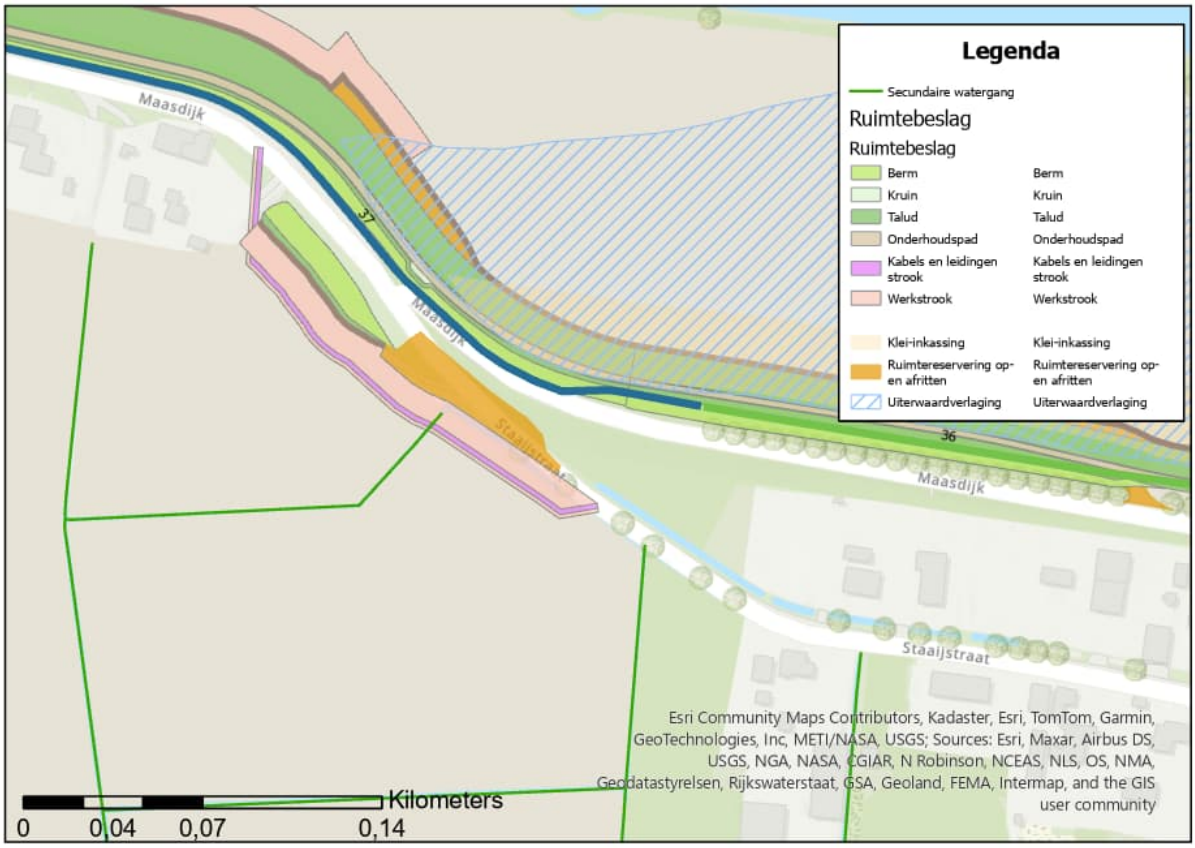


In dit deeltraject wordt een aantal secundaire watergangen gedempt. Voor de demping is compensatie opgenomen in het dijkontwerp (VO), waardoor er geen effecten op het watersysteem optreden. Daarom is het effect op het watersysteem neutraal (effectbeoordeling: 0).

<u>Neerloon</u>

Bij dijkvak 37 overlappen de werkstrook en kabels- en leidingenstrook van de dijkversterking met een secundaire watergang (zieFiguur 8-15). Voor deze stroken hoeft in principe geen water gedempt te worden. Enkel de kopse kant van de watergangen dient mogelijk te worden gedempt, waardoor er geen negatief effect is op de afvoerende functie.

Figuur 8-15 Overlap tussen secundaire watergangen en dijkversterking (dijkvak 37)



Omdat zeer waarschijnlijk geen water hoeft te worden gedempt en dit geen effect heeft op de afvoerfunctie van de watergangen, is de effectbeoordeling voor deeltraject Neerloon neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

In de onderstaande tabel zijn de effecten van de dijkversterking op het binnendijks watersysteem per dijkvak weergegeven. Voor het gehele dijktraject is de effectbeoordeling per saldo neutraal (effectbeoordeling: 0).

Tabel 8-6 Effectbeoordeling binnendijks watersysteem.

Deeltraject	Effectbeoordeling
Haven-Cuijk en Kraaijenbergse Plassen	-
Grave (Oost, Vesting en West)	0
Lage Wijth	0
Reek	0
Neerloon	0
Totaal	0

8.4.2 Grondwaterstanden

In deze paragraaf zijn de effecten op criterium grondwaterstanden beschreven. De effecten zijn eerst beschreven vanuit een regionaal oogpunt. Vervolgens zijn de effecten per deeltraject in meer detail beschreven.

De effecten van het dijkontwerp zijn voor verschillende situaties in beeld gebracht:

Gemiddelde situatie
Deze effecten zijn toepasselijk voor de gemiddelde situatie. Omdat de gemiddelde situatie in de praktijk niet voorkomt is in de beoordeling meer nadruk gelegd op de effecten in de hieronder beschreven situaties.

GXG's
De GXG's is een verzameling van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG), de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG) en de Gemiddeld laagste Grondwaterstand (GLG). Voor de effectbeoordeling zijn de GHG en GLG gebruikt omdat dit een indicatie geeft van de grondwatersituatie tijdens de natte wintermaanden (GHG) en tijdens de droge zomermaanden (GLG). De GHG en GLG zijn maatstaven van grondwaterstanden die circa drie maal per jaar voorkomen.

T=10 Hoogwatersituatie
Ten slotte zijn de effecten beoordeeld voor een hoogwatersituatie die eens in de tien jaar (T=10) voorkomt. Dit geeft een beeld van de effecten wanneer bij (extreem) hoge waterstanden in de Maas. In tegenstelling tot een GHG-situatie, die zich min of meer drie keer per jaar voordoet, is een T=10 hoogwatersituatie zeldzamer en van korte duur.

De verandering van de GHG en/of GLG en grondwaterstanden bij hoogwater geven aanwijzingen voor vernatting of verdroging. Grondwaterstandsveranderingen vanaf 5 cm of meer worden gezien als significant, dat wil zeggen 'betekenisvol'. Effecten onder deze grenswaarde zijn niet in beeld gebracht. Naast de absolute effecten zijn ook de verwachte grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld in beeld gebracht. Dit geeft namelijk inzicht of een effect zoals een verhoging of verlaging van de grondwaterstand daadwerkelijk invloed heeft op de grondwatersituatie.

Daar waar de dijkmaatregelen tot verhogingen van de GHG zorgen is gecontroleerd of er na de realisatie van de dijkmaatregelen voldaan wordt aan een minimale ontwateringsdiepte van 0,70 m-mv ter plaatse van bebouwing. Deze norm wordt gehanteerd als minimum om risico op grondwateroverlast ter plaatse van bebouwing te minimaliseren.

Effecten in een gemiddelde situatie
In Figuur 8-16 zijn de effecten van de dijkmaatregelen op de gemiddelde freatische grondwaterstand weergegeven. Uit de berekeningen blijkt dat in een jaargemiddelde situatie de verticale schermen lokaal invloed hebben op de grondwaterstand. Binnendijks stijgt de gemiddelde grondwaterstand met maximaal 0,40 m direct langs de schermen. De verlaging van het maaiveld in de uiterwaard heeft geen invloed op de gemiddelde grondwaterstand binnendijks. Dit komt omdat het gemiddelde waterpeil in de Maas lager ligt dan het nieuwe maaiveldniveau van NAP +8,4 m in de uiterwaard. Hiermee verandert er niets aan de gemiddelde waterlijn van de Maas. Daarom vinden er geen effecten op de gemiddelde grondwaterstand in de uiterwaard en binnendijks plaats.

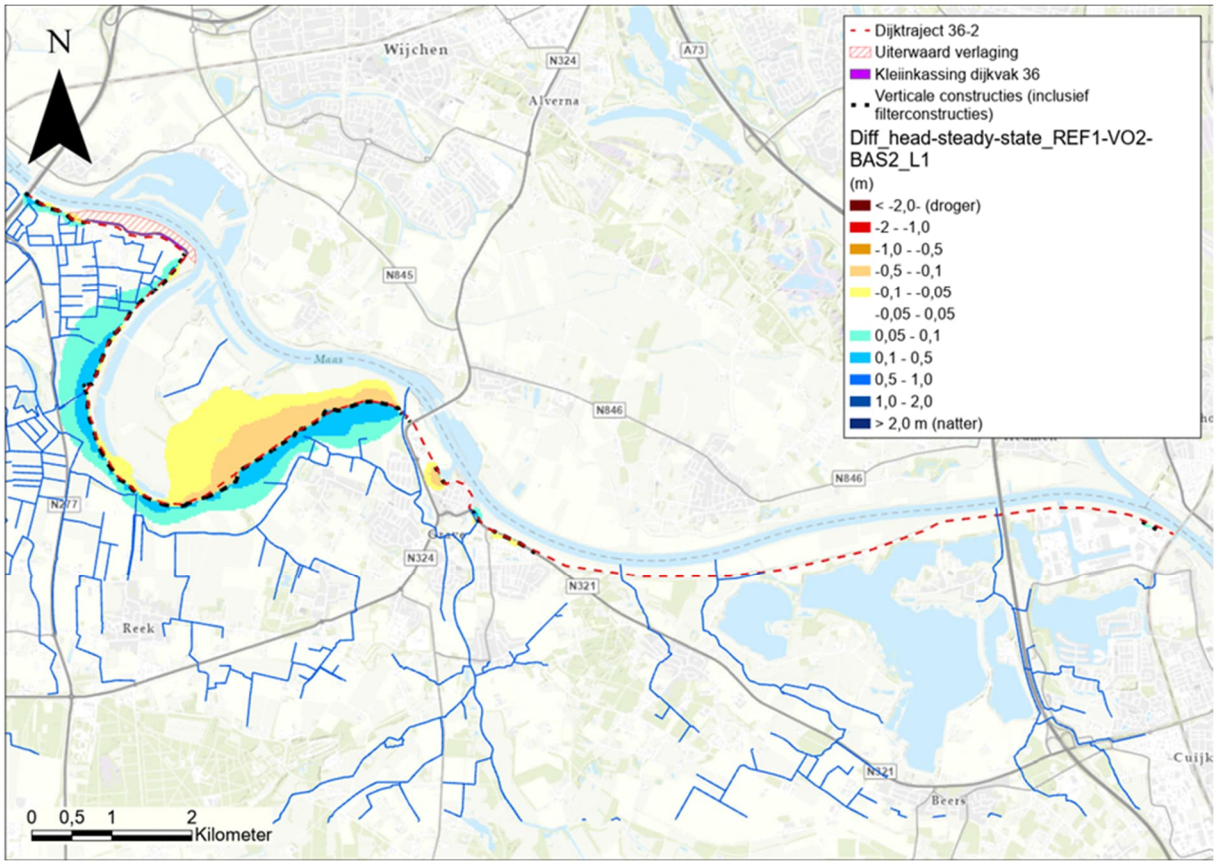
Lokaal veroorzaken de verticale schermen binnendijks een verhoging van de gemiddelde freatische grondwaterstand. Deze grondwaterstandsverhogingen zijn het grootst dichtbij (< 25 m) de schermen: 0,40 m. De effecten tot 0,05 m reiken tot maximaal 500 m van de schermen in binnendijkse richting.

Bij de dijkvakken 17 en 22 (bij Grave) veroorzaken de verticale schermen juist een verlaging van de gemiddelde freatische grondwaterstand: maximaal -0,2 m aan de binnendijkse zijde direct langs de schermen. Op 180 meter afstand van het scherm bij dijkvak 22 bedraagt de verlaging nog ca. 0,05 m.

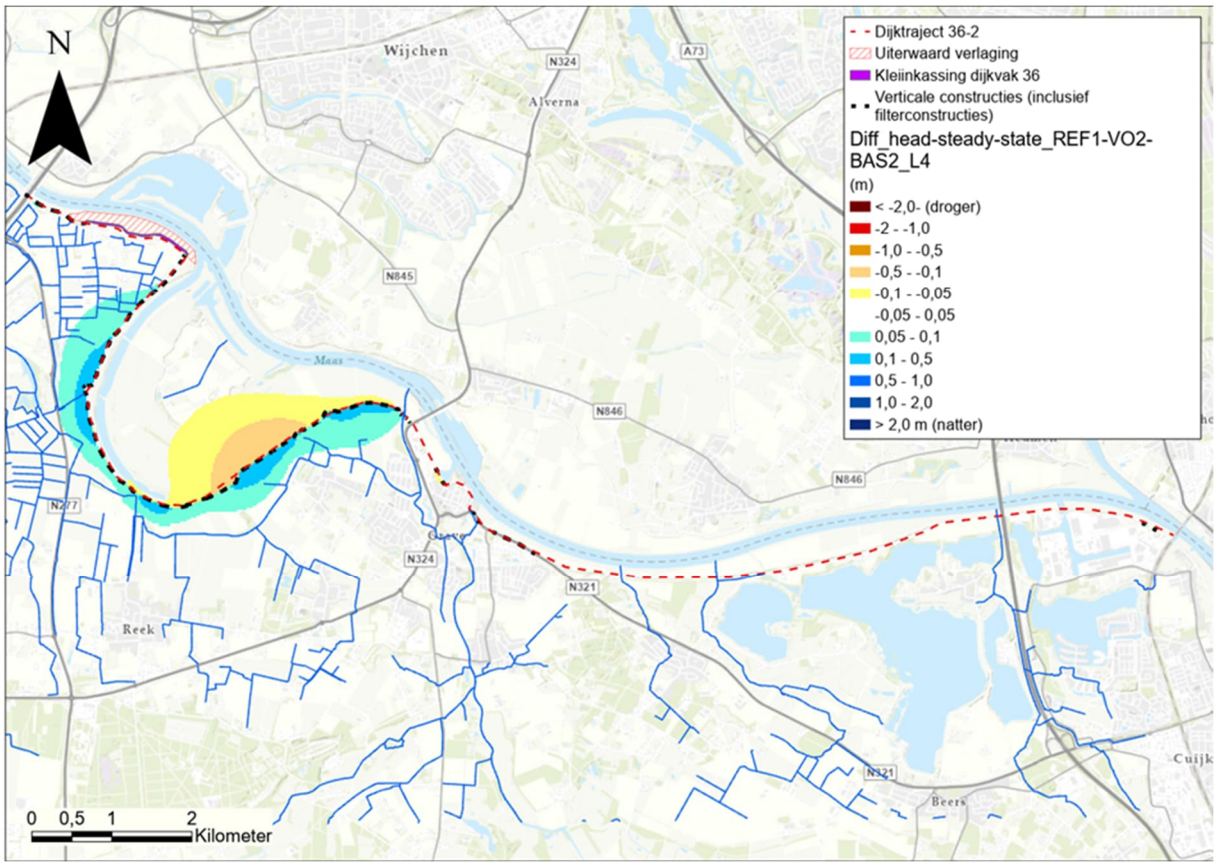
Deze veranderingen van de grondwaterstand ontstaan door de barrièrewerking van de niet- of slecht doorlatende verticale schermen. De grondwaterstroming richting de Maas (of vanaf de Maas) wordt door de schermen deels geblokkeerd. Benedenstrooms van de stuw bij Grave is het gemiddelde waterpeil in de Maas lager dan de gemiddelde freatische grondwaterstand binnendijks, waardoor het grondwater richting de Maas stroomt. De verticale schermen zorgen in deze situatie voor opstuwing (verhoging) van het grondwater aan de binnendijkse zijde en een verlaging van de grondwaterstand aan de buitendijkse zijde van de schermen. Opvallend is de verlaging buitendijks langs de oude Maasmeander. De gemiddelde grondwaterstand komt hier 10 tot 20 cm dieper ten opzichte van maaiveld te liggen. Later in deze paragraaf wordt in meer detail ingegaan op verlagingen van de grondwaterstanden in dit deelgebied.

Bovenstrooms van de stuw van Grave is op enkele locaties de situatie andersom. Hier is de (jaargemiddelde) waterstand in de Maas hoger dan de jaargemiddelde freatische grondwaterstand binnendijks: het grondwater stroomt vanuit de Maas richting het binnendijks gebied. In die situatie (jaargemiddelde) veroorzaken de verticale schermen een verlaging van de grondwaterstand aan de binnendijkse zijde. Dit is voornamelijk het geval in Grave waar het peil van de Graafsche Raam relatief lager is dan de Maaswaterstand bovenstrooms van de stuw.

In Figuur 8-17 zijn de effecten van het dijkontwerp op de gemiddelde stijghoogten in het watervoerend pakket weergegeven. De effecten in het watervoerend pakket zijn vergelijkbaar met de effecten in het freatisch pakket (de deklaag). Direct langs de schermen zijn de freatische effecten groter dan de effecten in het watervoerend pakket. Op een aantal locaties waar de totale lengte van de schermen langs de dijk relatief klein is, zoals in Grave en ten westen van Neerloon, zijn de effecten in het watervoerend pakket kleiner dan de freatische effecten. Dit komt omdat de deklaag en eventuele tussenzandlagen volledig worden afgesloten door de verticale schermen. In het watervoerend pakket is de afsluiting door de verticale schermen niet volledig maar gedeeltelijk. Grondwaterstroming in de deklaag of de tussenzandlagen wordt, voor zover er stroming is, volledig gehinderd door de schermen. Dit levert een groter effect op in vergelijking met het watervoerend pakket dat door de verticale schermen maar ten delen afgesloten wordt en stroming nog om de schermen heen kan stromen. Langs de oude Maasmeander liggen de schermen nagenoeg aaneengesloten en stroomt het grondwater voornamelijk onder de schermen door. De verschillen tussen de freatische effecten en diepere effecten zijn hier dan ook zeer klein.



Figuur 8-16 Effect (m) van het dijkontwerp op de gemiddelde freatische grondwaterstanden



Figuur 8-17 Effect (m) van het dijkontwerp op de gemiddelde stijghoogten in het eerste watervoerend pakket

Effecten op de GxG's
De GHG (Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand) geeft een beeld van de grondwatersituatie in natte periodes, doorgaans tijdens de wintermaanden. De GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) geeft een beeld van de grondwatersituatie tijdens droge periodes, doorgaans tijdens de zomermaanden.

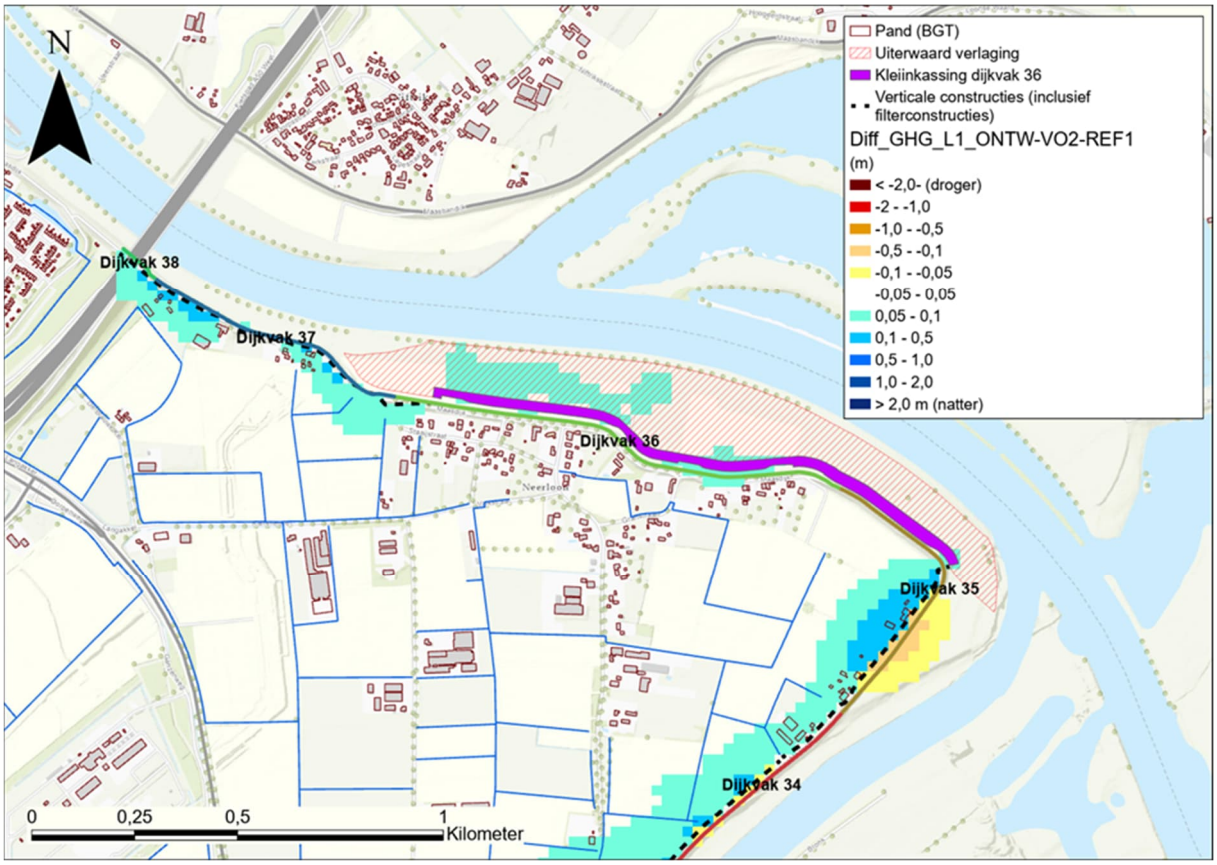
Neerloon
In Figuur 8-18 zijn ter hoogte van Neerloon (dijkvakken 35 t/m 38) de berekende effecten van het dijkontwerp op de GHG in het freatisch pakket weergegeven. Daaruit blijkt dat de verticale schermen zorgen voor een verhoging van de GHG binnendijks. De uiterwaardverlaging in combinatie met de klei-inkassing langs dijkvak 36 zorgen nauwelijks voor effecten op de GHG.

De (geringe) GHG verhoging aan de binnendijkse zijde van de verticale schermen ontstaat doordat deze schermen een obstakel vormen voor het afstromende grondwater richting de Maas. Deze verhoging van de GHG varieert van 0,2 m direct langs de schermen tot 0,05 m maximaal 150 m van de schermen binnendijks. De GHG in het invloedsgebied ligt in de referentiesituatie, dus zonder de beoogde dijkmaatregelen, tussen circa 1,1 m -mv en 1,8 m -mv. Als gevolg van de dijkmaatregelen komt de GHG gemiddeld circa 0,1 m ondieper te liggen (zie Figuur 8-19).

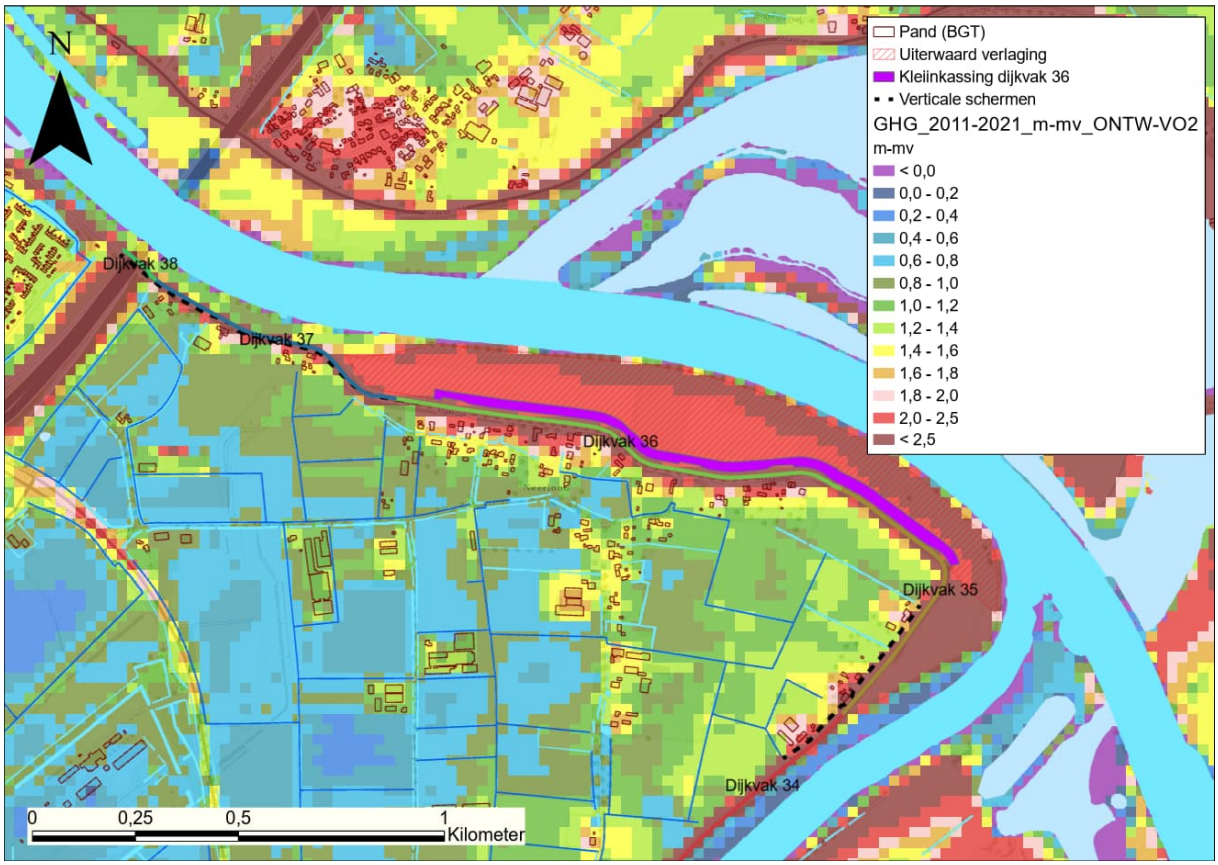
De verlaging van het maaiveld in de uiterwaard heeft nauwelijks invloed op de GHG binnendijks. Voor het effect van de uiterwaardeverlaging op de grondwaterstanden is het van belang of de uiterwaarde na de afgraving vaker vol met water komt te staan. Bij een bodemniveau van NAP + 8,4 m stroomt er enkel water door de uiterwaard bij extreem hoogwater. In de periode 2010 t/m 2021 is dit enkel tijdens de hoogwaterpiek in januari 2011 voorgekomen. Er zijn daarom nauwelijks effecten als gevolg van de uiterwaardverlaging op de GHG en GLG. De zeer geringe effecten van maximaal 0,06 m in en langs de uiterwaardeverlaging zijn het gevolg van een toename van kwel vanuit binnendijks richting de uiterwaarde en een lichte accumulatie van grondwater aan de binnendijkse zijde van de klei-inkassing. Buitendijks daar waar de uiterwaard verlaagd wordt komt de GHG ondieper onder het (nieuwe) maaiveld te liggen.

In Figuur 8-20 zijn de berekende effecten van het dijkontwerp op de GLG in het freatisch pakket weergegeven. Uit de effectberekeningen blijkt dat binnendijks de GLG naast de schermen lokaal iets stijgt en buitendijks naast de schermen lokaal iets ondieper wordt. Net als in de GHG-situatie stroomt het grondwater bij een GLG-situatie ook richting de Maas en verhinderen de schermen deze stroming.

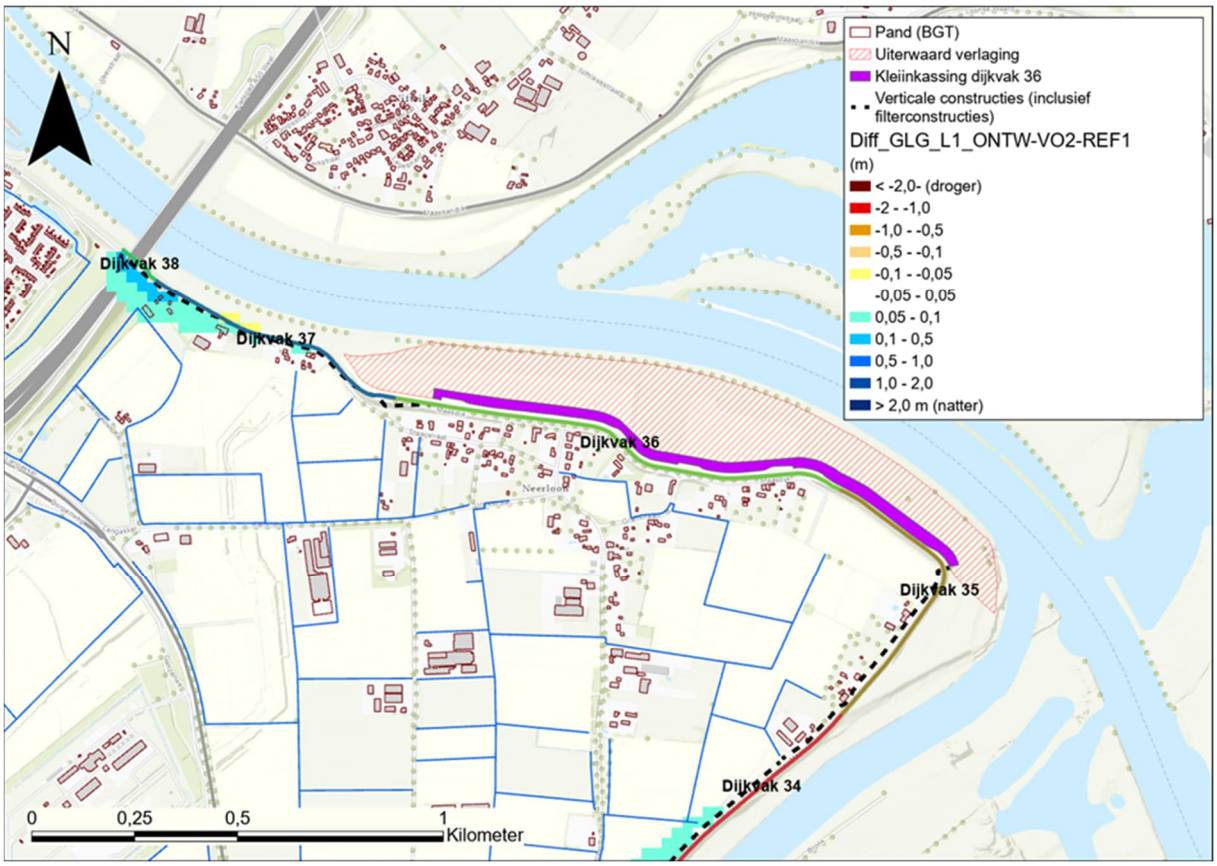
De geringe GHG en GLG verhogingen binnendijks ter hoogte van Neerloon hebben naar verwachting geen negatieve invloed op de functies binnendijks. De grondwaterstandsveranderingen vinden voornamelijk dicht langs de schermen plaats. Hier is het maaiveld relatief hoog en blijft er voldoende ontwateringsdiepte (> 0,7 m -mv) zoals blijkt uit Figuur 8-19. Vanuit het oogpunt waterbeschikbaarheid en droogte is een verhoging van de GLG zelfs positief, omdat het grondwater bij droogte minder ver uitzakt. De effecten op de GHG en GLG zijn neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).



Figuur 8-18 Effect (m) van het dijkontwerp op de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) in het freatisch pakket ter hoogte van Neerloon (dijkvakken 34 t/m 37)



Figuur 8-19 GHG (m-mv) in het freatisch pakket ter hoogte van Neerloon (dijkvakken 34 t/m 37) na realisatie van het dijkontwerp



Figuur 8-20 Effect (m) van het dijkontwerp op de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) in het freatisch pakket ter hoogte van Neerloon (dijkvakken 34 t/m 37)

Maasmeander bij Keent

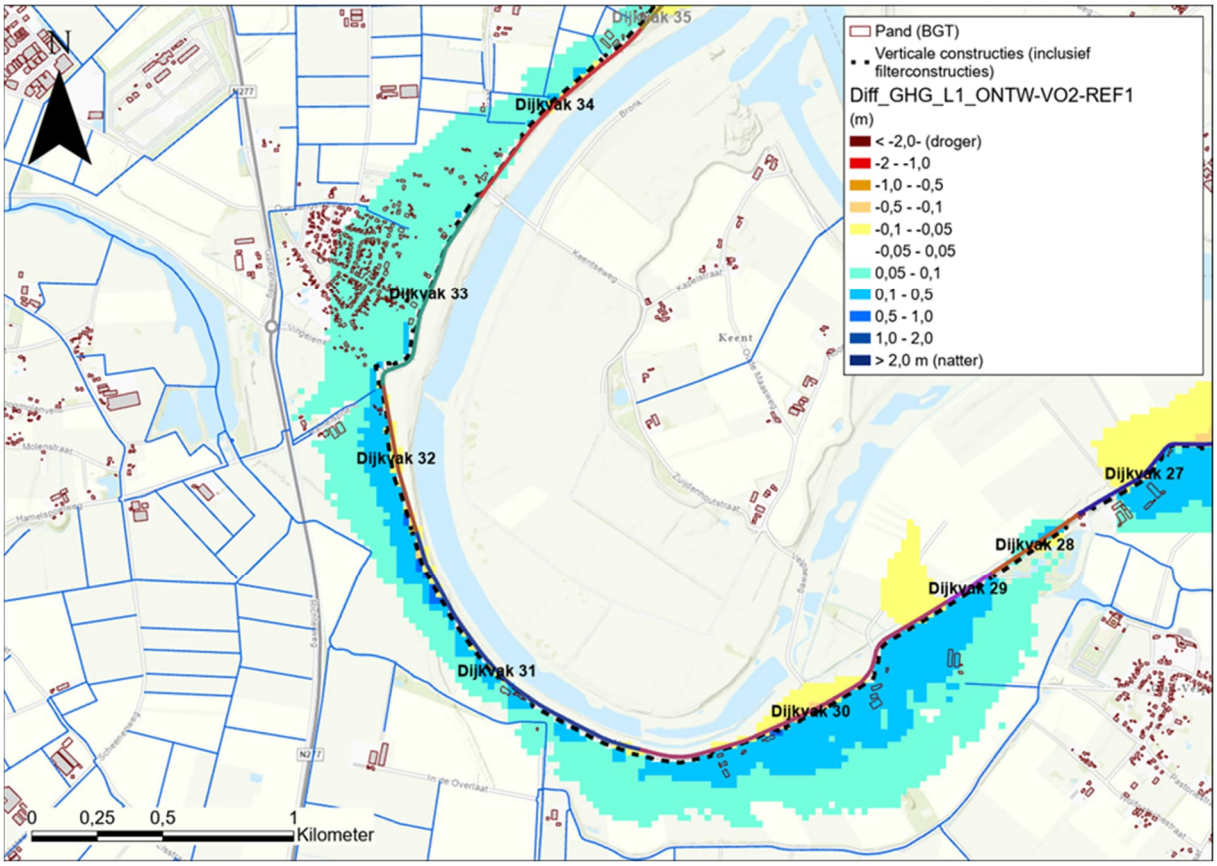
In Figuur 8-21 zijn de berekende effecten op de GHG in het freatisch pakket ter hoogte van de Maasmeander bij Keent (dijkvakken 29 t/m 34) weergegeven. Evenals bij Neerloon hinderen de verticale schermen de grondwaterstroming richting de Maas, met als gevolg een verhoging van de GHG van 0,05 m tot 0,40 m tot maximaal 400 m van de schermen binnendijks. In het (overwegend bebouwde) gebied van Overlangel (dijkvak 33) waar dit aan de orde is, bedraagt de verhoging 0,05 tot 0,10 m en ligt de huidige GHG veelal dieper dan 1,0 meter (zie Figuur 8-22).

Langs dijkvak 30 zijn de verhogingen van de GHG het grootst, namelijk circa 0,4 m tot 50 m van de schermen. Ondanks de verhoging van de GHG blijft er naar verwachting voldoende ontwateringsdiepte (> 0,7 m-mv) ter plaatse van de bebouwing over (zie Figuur 8-22).

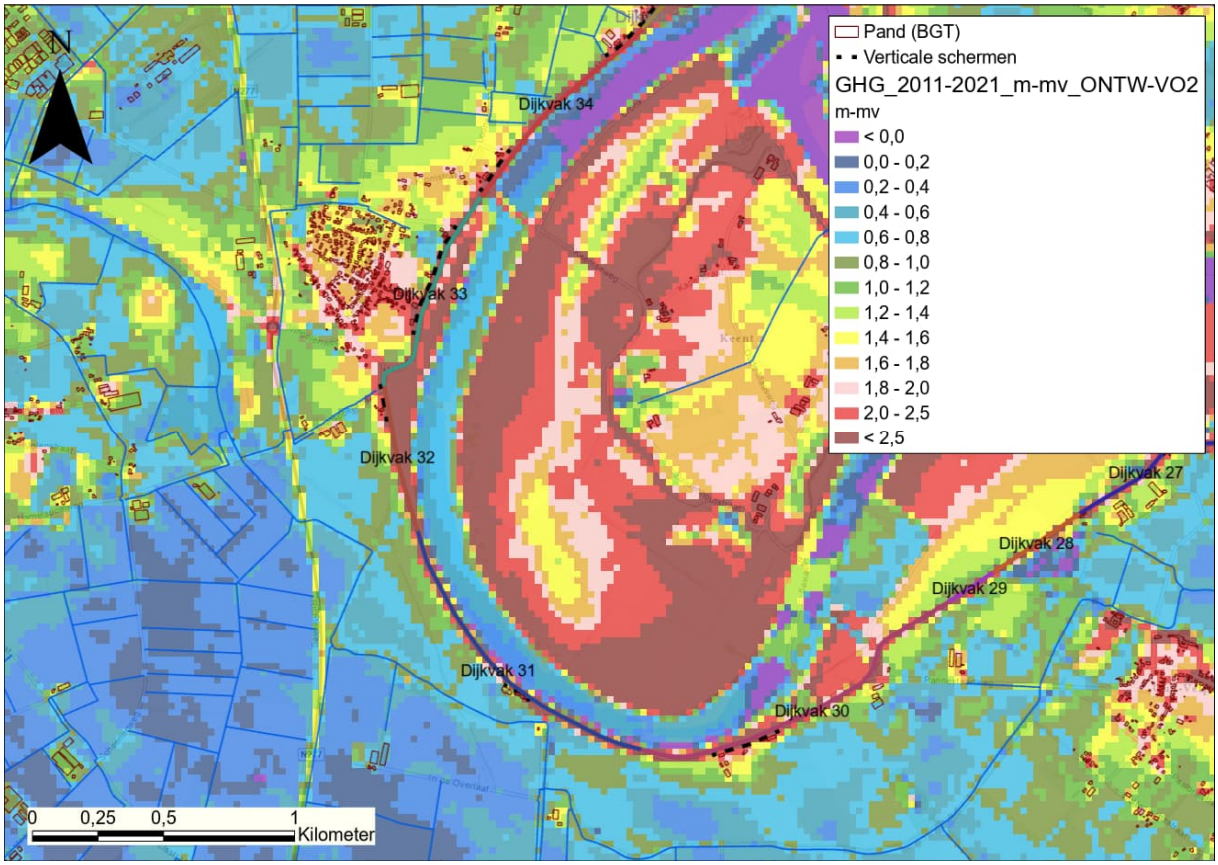
In Figuur 8-23-20 zijn ter hoogte van de Maasmeander bij Keent (dijkvakken 29 t/m 34) de berekende effecten op de GLG in het freatisch pakket weergegeven. De effecten zijn vergelijkbaar met de effecten op de GHG. Ook in een GLG-situatie stroomt het water richting de Maas en vormen de schermen een obstakel voor deze stroming.

Ondanks de grondwaterstandsverhogingen blijft er naar verwachting voldoende (<0,7 m) ontwateringsdiepte ter plaatse van de bebouwing binnendijks over, zoals blijkt uit Figuur 8-22. Daarnaast hebben verhogingen van de GLG ter plaatse van bebouwing geen nadelige invloed op de gebouwen zelf. Vanuit het oogpunt risico op droogteschade voor plantsoenen en landbouw binnendijks zijn verhogingen van de GLG juist gunstig omdat het grondwater dan minder ver wegzakt.

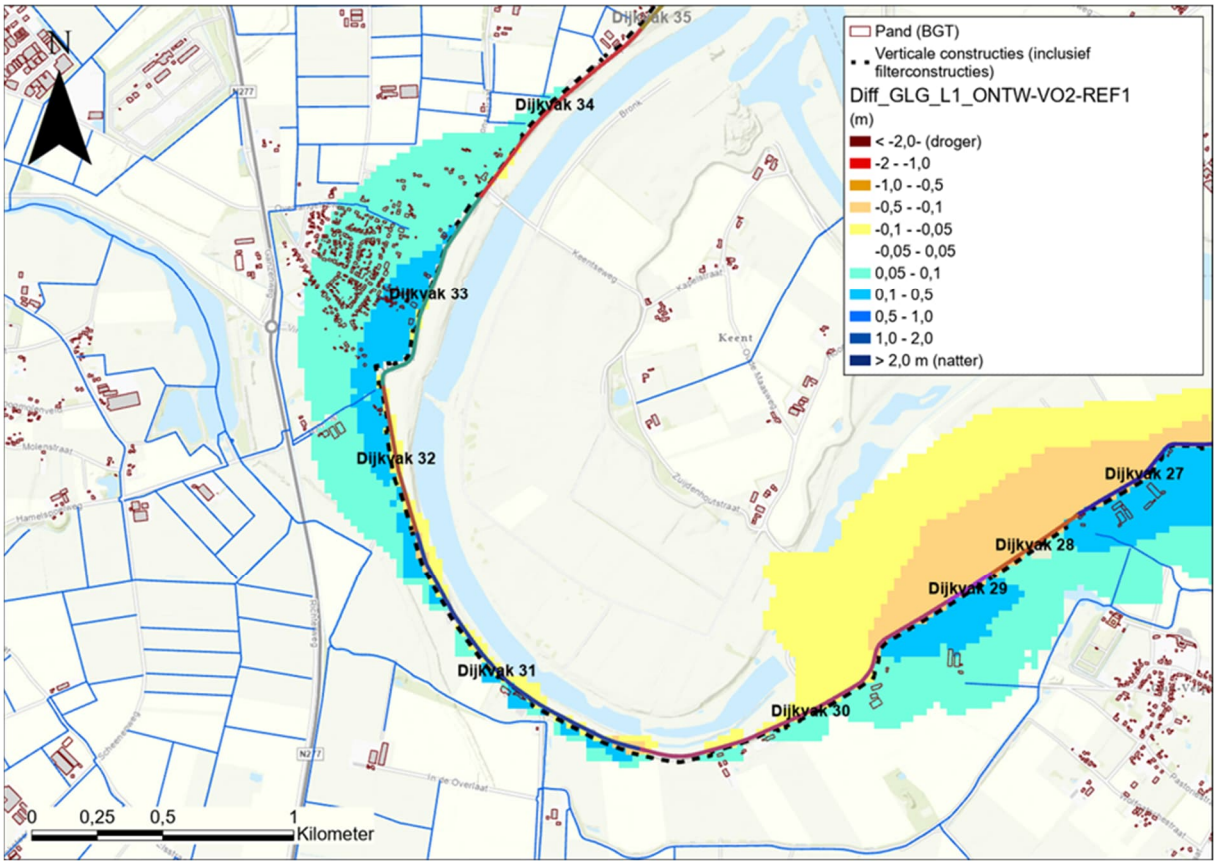
Buitendijks vinden er verlagingen van de GLG plaats van gemiddeld 0,06 m tot 0,12 m tot circa 500 m van de dijk. Verlagingen van de GLG zijn in principe ongunstig voor de landbouw in de uiterwaard. Echter de GLG ligt in de huidige situatie al diep (> 2,5 m) onder het maaiveld. Dit komt door de sterke drainerende werking van de Maas. De schermen zorgen niet voor een wezenlijke verandering van deze omstandigheden. De effecten op de gemiddelde grondwaterstanden ter hoogte van de Maasmeander bij Keent zijn daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).



Figuur 8-21 Effect (m) van het dijkontwerp op de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) in het freatisch pakket ter hoogte van de Maasmeander bij Keent (dijkvakken 29 t/m 34).



Figuur 8-22 GHG (m-mv) in het freatisch pakket ter hoogte van de Maasmeander bij Keent (dijkvakken 29 t/m 34) na realisatie van het dijkontwerp.



Figuur 8-23 Effect (m) van het dijkontwerp op de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) in het freatisch pakket ter hoogte van de Maasmeander bij Keent (dijkvakken 29 t/m 34).

Lage Wijth

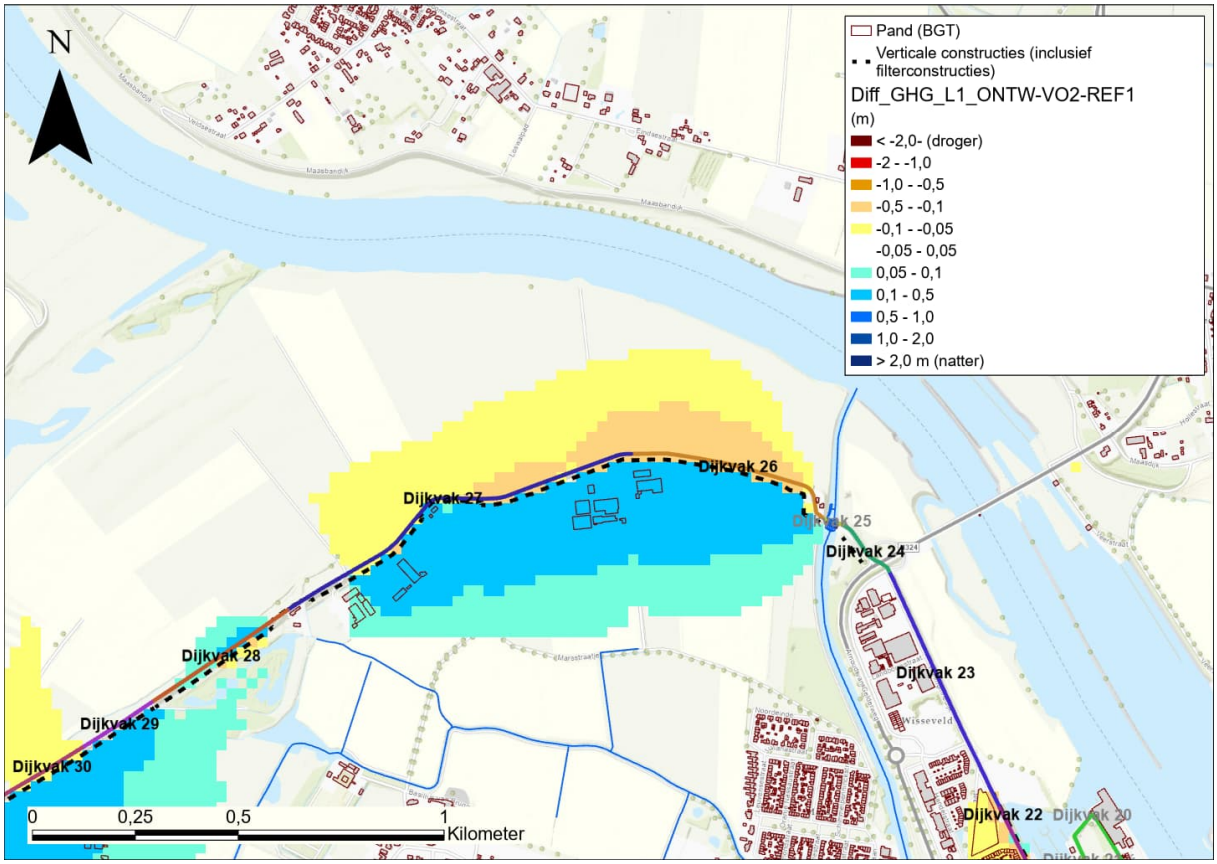
In Figuur 8-24 zijn de berekende effecten op de GHG in het freatisch pakket ter hoogte van het gebied “de Lage Wijth” (dijkvakken 24 t/m 28) weergegeven. Ook hier hinderen de verticale schermen de grondwaterstroming richting de Maas, met als gevolg verhogingen van de GHG van circa 0,05 tot 0,20 m tot 300 m van de schermen binnendijks. Ondanks de verhogingen blijft er voldoende (> 0,7 m) ontwateringsdiepte over ter plaatse van de bebouwing binnendijks (zie Figuur 8-25).

De verticale schermen zorgen eveneens voor een verhoging van de GLG van maximaal 0,2 m tot 0,05 m circa 400 m van de schermen binnendijks (Figuur 8-26). Het afstromende grondwater richting de Maas wordt door de verticale schermen gehinderd met als gevolg een verhoging van de GLG binnendijks.

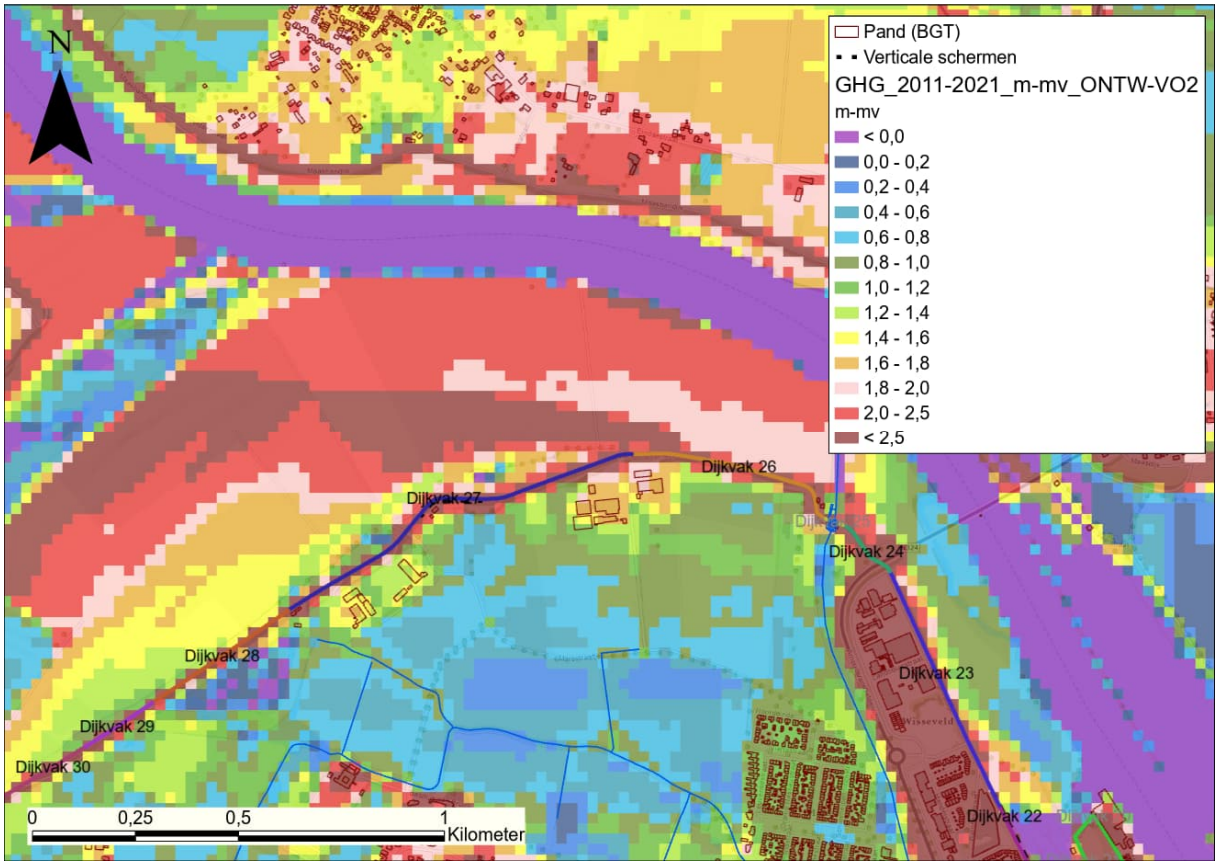
Opvallend zijn de effecten ter hoogte van het natuurgebiedje langs dijkvak 28. Hier ligt het oppervlaktewatersysteem dicht langs de binnenteen. Dit oppervlaktewater voert een deel van de vernatting als gevolg van de schermen af waardoor de effecten hier kleiner zijn.

Buitendijks vinden er verlagingen van de GLG plaats van gemiddeld 0,06 m tot 0,12 m tot circa 500 m van de dijk. Verlagingen van de GLG zijn in principe ongunstig voor de landbouw in de uiterwaard. Echter de GLG ligt in de huidige situatie al diep (> 2,5 m) onder het maaiveld als gevolg van de sterke drainerende werking van de Maas. De schermen zorgen niet voor een wezenlijke verandering van deze omstandigheden.

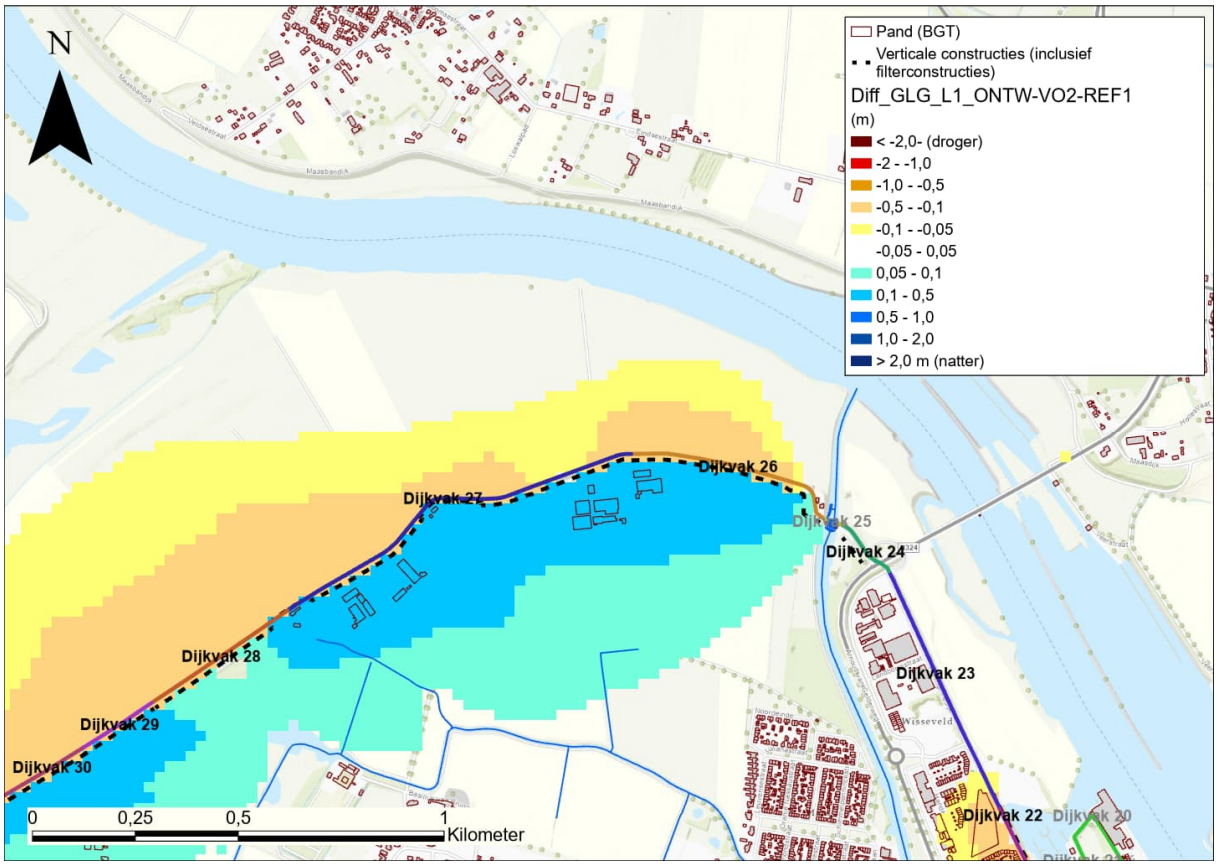
De effecten op de GHG en GLG ter hoogte van dijkvakken 24 t/m 29 leiden niet tot significante ongewenste invloed op de functies bebouwing, landbouw en natuur. Er blijft voldoende (> 0,7 m -mv) ontwateringsdiepte ter plaatse van de bebouwing, zoals blijkt uit Figuur 8-25. De effecten zijn hier daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).



Figuur 8-24 Effect (m) van het dijkontwerp op de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) in het freatisch akket ter hoogte van gebied “de Lage Wijth” (dijkvakken 24 t/m 28).



Figuur 8-25 GHG (m-mv) in het freatisch pakket ter hoogte van gebied “de Lage Wijth” (dijkvakken 24 t/m 28) na realisatie van het dijkontwerp.



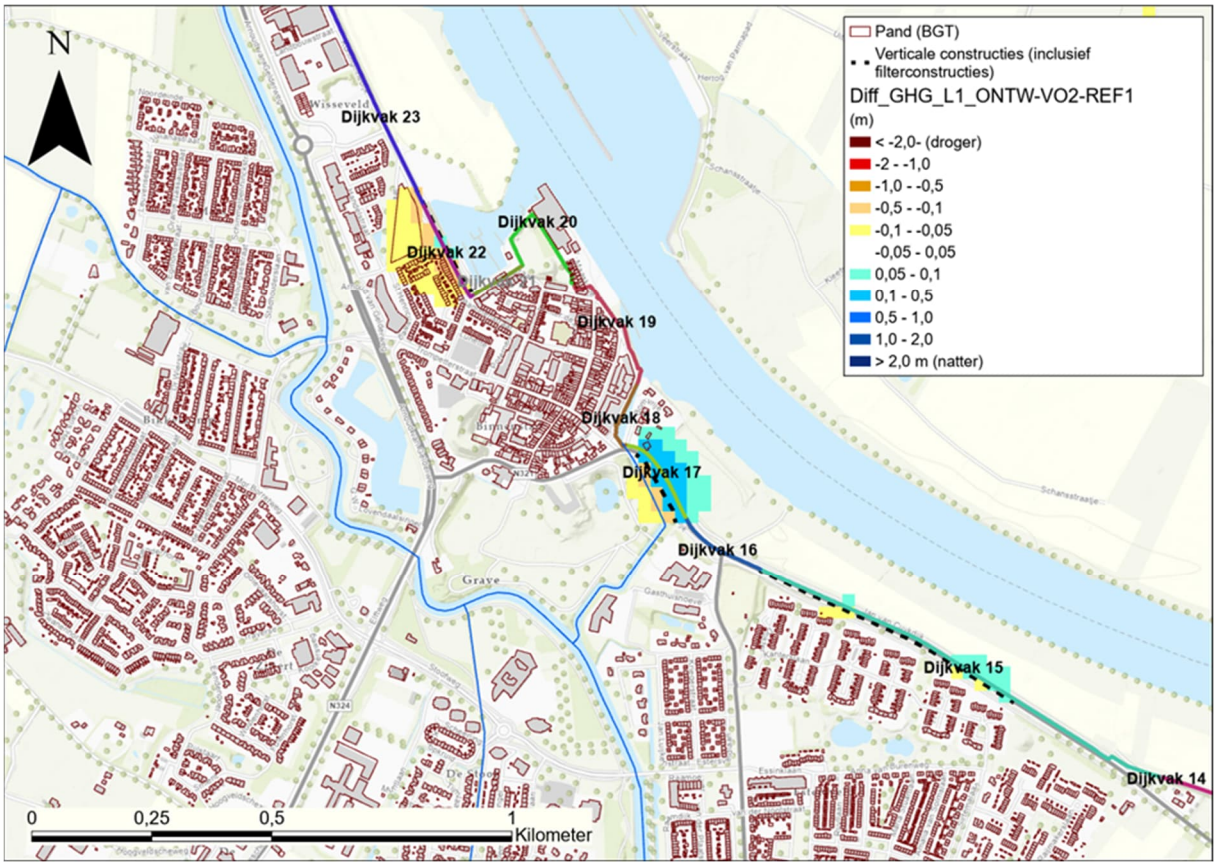
Figuur 8-26 Effect (m) van het dijkontwerp op de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) in het freatisch pakket ter hoogte van gebied “de Lage Wijth” (dijkvakken 24 t/m 28)

Grave (West-Vesting-Oost)

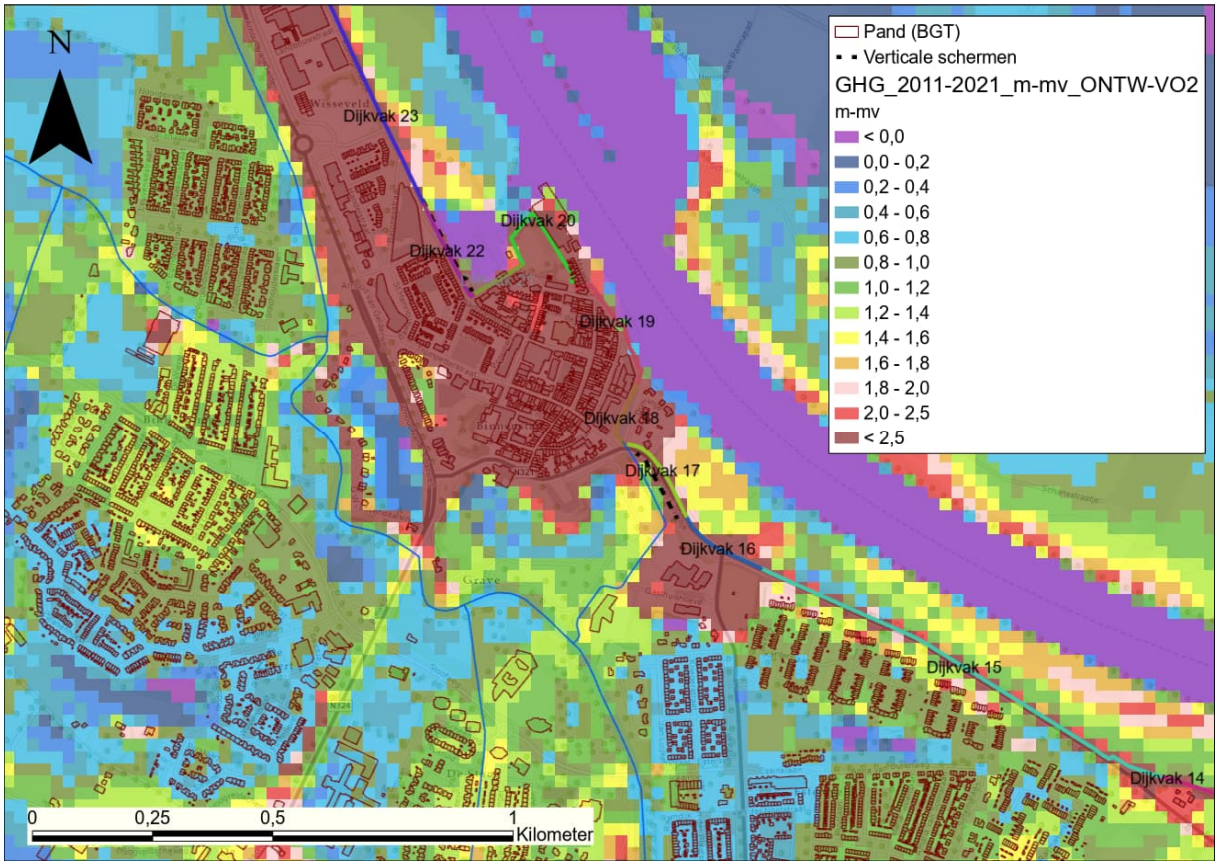
In Figuur 8-27 en Figuur 8-29 zijn de effecten van het dijkontwerp op de grondwaterstanden bij Grave (dijkvakken 17 t/m 23) weergegeven. Vanwege de stuw bij Grave en het relatief lage waterpeil in de Graafsche Raam zijn de effecten hier anders dan benedenstrooms van de stuw. Bovenstrooms van de stuw, ter hoogte van Grave, ligt het rivierpeil in de Maas hoger dan de grondwaterstand binnendijks. Hierdoor stroomt het grondwater vanuit de Maas richting het binnendijks gebied. De schermen bij dijkvakken 17 en 22 werken in die situatie als een barrière in de grondwaterstroming. Dit resulteert binnendijks lokaal in een (beperkte) verlaging van de GHG en GLG binnendijks. De GHG-verlaging bij dijkvak 15 is zeer beperk.

De verlaging van de GLG binnendijks van het verticale scherm is circa 0,07 m; de 0,05 m verlagingslijn bevindt zich op circa 125 m afstand van het scherm. Bij dijkvak 17 is de GLG verlaging circa 0,10 m; de 0,05 m verlagingslijn bevindt zich op een afstand van circa 50 m vanaf het scherm.

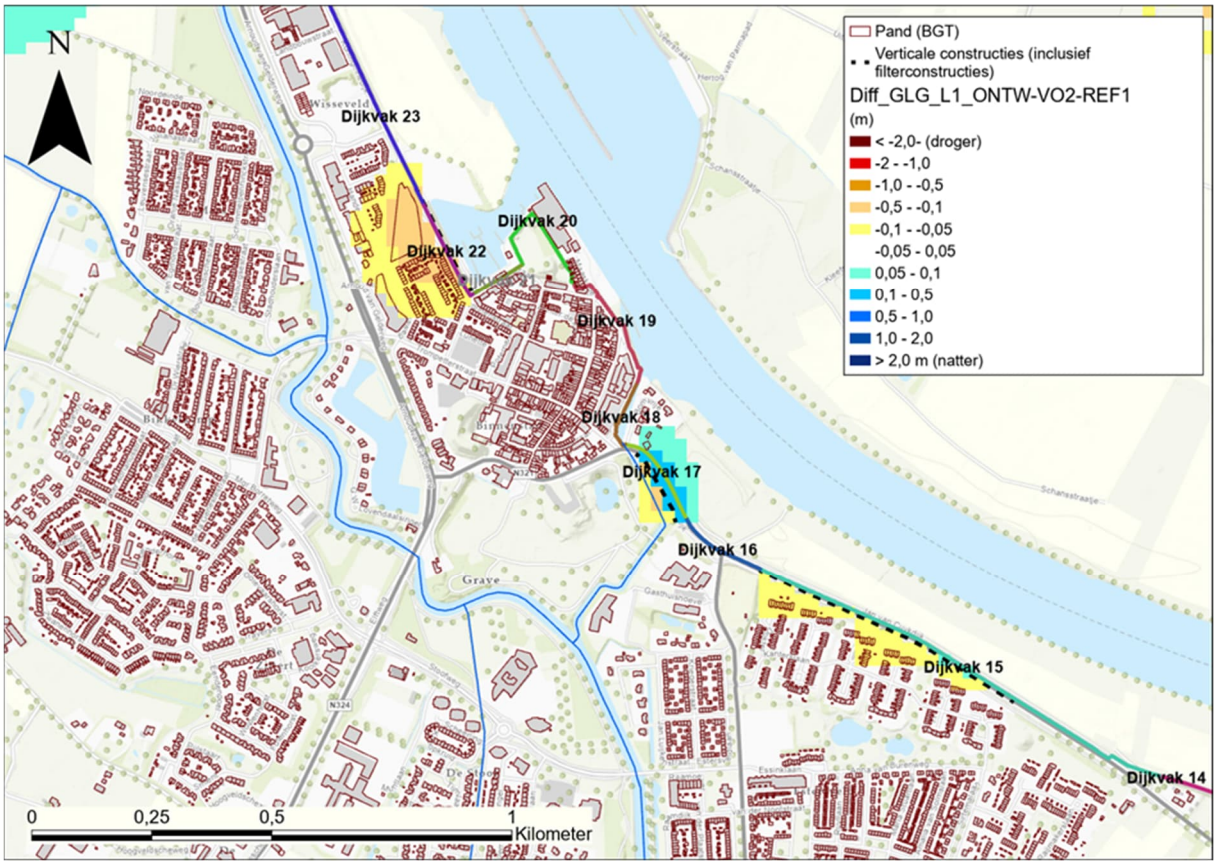
De GHG in Grave binnendijks van de verticale schermen bij dijkvakken 17 en 22 ligt momenteel al diep onder het maaiveld (> 2,5 m -mv) (zie Figuur 8-28). Een verlaging van de GHG ter plaatse van de bebouwing heeft dan vanuit het oogpunt risico op wateroverlast geen invloed, aangezien er in de huidige situatie al geen sprake is van wateroverlast. Verlagingen van de GLG ter plaatse van bebouwing daarentegen, vormen een risico voor het droogvallen van zettingsgevoelige lagen met schade door verzakkingen als gevolg. Echter in het geval van Grave zijn zettingsgevoelige lagen waarschijnlijk al volledig drooggevallen bij lage waterstanden in de Maas in de periode vóórdat het Maaspeil gestuwd werd. Er wordt daarom geen risico op zettingsschade als gevolg van de verticale schermen verwacht. De effecten op de GHG en GLG ter plaatse van Grave zijn neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).



Figuur 8-27 Effect (m) van het dijkontwerp op de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) in het freatisch pakket ter hoogte van Grave (dijkvakken 15 t/m 22).



Figuur 8-28 GHG (m-mv) in het freatisch pakket ter hoogte van Grave (dijkvakken 15 t/m 22) na realisatie van het dijkontwerp.



Figuur 8-29 Effect (m) van het dijkontwerp op de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) in het freatisch pakket ter hoogte van Grave (dijkvakken 15 t/m 22)

Kraaijenbergse Plassen en havengebied Cuijk
Ter hoogte van dijkvakken 1 t/m 16 heeft het dijkontwerp geen significante (< 0,05 m) effecten op de gemiddelde grondwaterstand (GHG en GLG).

Omdat er ter hoogte van dijkvakken 1 t/m 16 op basis van de berekeningen geen significante effecten (< 0,05 m) op de gemiddelde grondwaterstanden (GHG en GLG) worden verwacht, zijn de effecten hier neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

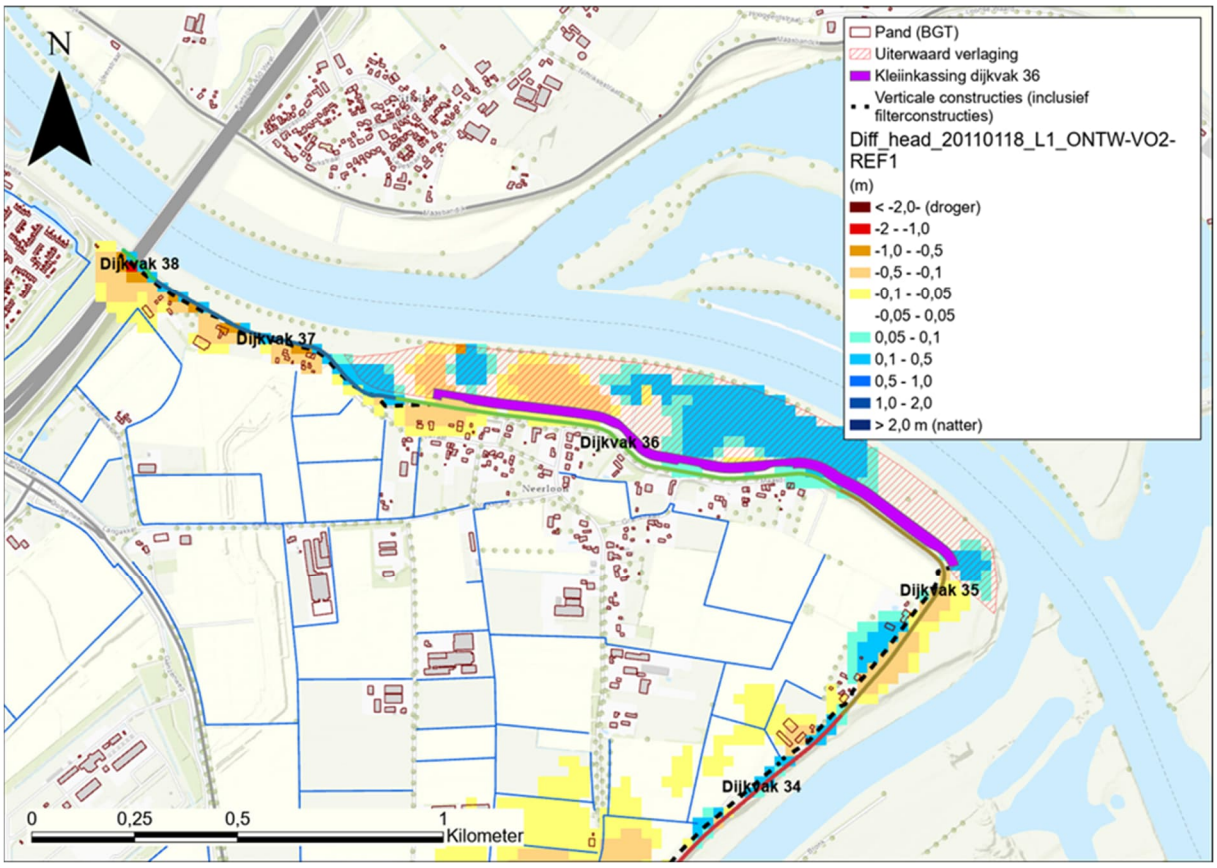
Effecten bij hoogwater
Neerloon
In Figuur 8-30 zijn ter hoogte van Neerloon (dijkvakken 34 t/m 37) de effecten van het dijkontwerp op de freatische grondwaterstanden tijdens een T=10 hoogwatersituatie weergegeven. De verticale schermen zorgen binnendijks overwegend voor een verlaging van de grondwaterstand. De grondwaterstroming vanuit de Maas richting het binnendijkse gebied wordt namelijk gehinderd door de schermen, met als gevolg lagere grondwaterstanden aan de binnendijkse zijde van de schermen.

Ter hoogte van dijkvak 36 wordt een deel van de deklaag in de uiterwaarden weggegraven. Het waterpeil in de Maas tijdens de piek van het hoogwater in januari 2011 is circa NAP +8,6 m. In de huidige situatie is het maaiveldniveau in de uiterwaarden tussen NAP +8,4 m tot NAP +8,9 m. De uiterwaarden worden afgegraven tot NAP +8,4 m.

Door het afgraven komt de uiterwaard volledig onder water te staan bij een T=10 hoogwaterstand. Hiermee komt het waterpeil dichter tegen de dijk aan te staan. Daarnaast vermindert de afgraving de hydraulische weerstand van de deklaag. Bij hoogwater zorgt dit in de uiterwaard voor een toename van de stroming van het water in de Maas richting het grondwater (infiltratie). De klei-inkassing zorgt echter voor extra hindering van deze stroming. De afgraving in combinatie met de klei-inkassing zorgt voor een geringe verhoging van de grondwaterstanden binnendijks: op enkele plekken tot maximaal 25 meter van de dijk verhoogt de grondwaterstand maximaal 0,05 m. De klei-inkassing zorgt ervoor dat negatieve effecten binnendijks gemitigeerd worden

Uit berekeningen blijkt dat het verticale scherm bij dijkvak 35 juist voor een verhoging van de grondwaterstanden binnendijks zorgen. De verhoging is circa 0,2 m. Deze verhoging ontstaat doordat voorafgaand aan het hoogwater de grondwaterstanden binnendijks al verhoogd zijn als gevolg van het scherm. Daar bovenop stijgen de grondwaterstanden tijdens het hoogwater. De beperkte lengte van het scherm bij dijkvak 35 beperkt de effectiviteit ervan tijdens hoogwater. Daarnaast stroomt hier grondwater vanaf de Maas vanuit het Noorden, parallel aan het scherm. Op enkele plekken zorgt het verticale scherm voor lichte grondwaterstandsverhogingen die tijdelijk tot ondiepe grondwaterstanden leiden. Tijdens de hoogwaterpiek blijft er circa 0,6 m ontwateringsdiepte bij de huiskavels langs dijkvak 35 over. Het verticale scherm zorgt in dijkvak 35 lokaal voor vermindering van de ontwateringsdiepte waarbij de norm van 0,7 m-mv niet altijd gehaald wordt. Geadviseerd wordt om deze effecten te mitigeren. Mitigerende maatregelen voor dijkvak 35 zijn in paragraaf 8.5 in meer detail beschreven.

Voor het overgrote deel van dijkvakken 35 t/m 38 wordt geen afname van de ontwateringsdiepte door grondwaterstandsverhogingen verwacht. In tegendeel: het overgrote deel van de schermen zorgt voor een verlaging van de grondwaterstanden binnendijks bij hoogwater. Uitzondering is het verticale scherm bij dijkvak 35. Dit scherm zorgt lokaal voor een verhoging van de grondwaterstanden binnendijks ter plaatse van bebouwing. Vanwege de verslechtering van de grondwatersituatie op deze locatie worden de effecten als beperkt negatief (effectbeoordeling -) beoordeeld. De beoordeling is beperkt negatief omdat de effecten van korte duur zijn (circa 1 week).



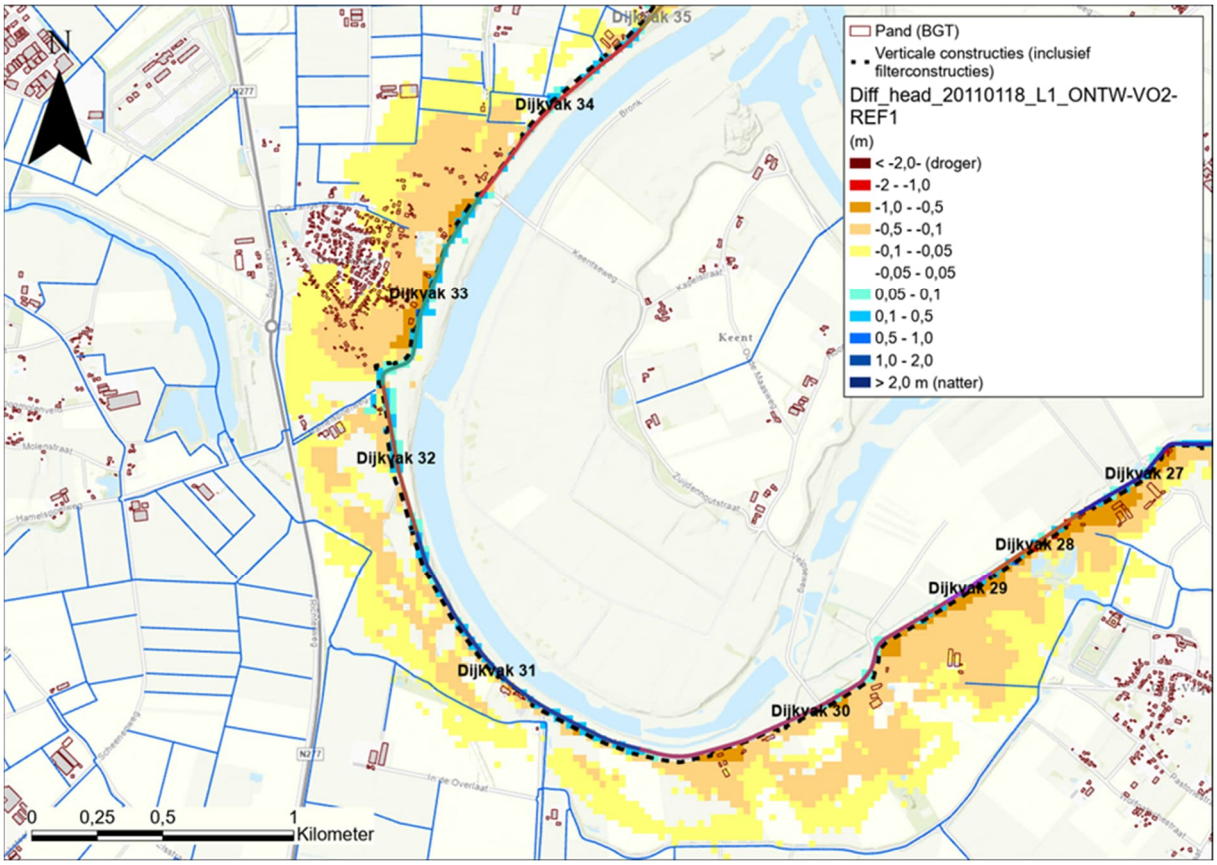
Figuur 8-30 Effect (m) van het dijkontwerp op de freatische grondwaterstanden tijdens een T=10 hoogwatersituatie (18 januari 2011) ter hoogte van Neerloon (dijkvakken 35 t/m 38)

Maasmeander bij Keent

In Figuur 8-31 zijn ter hoogte van de Maasmeander bij Keent de berekende effecten op de freatische grondwaterstand tijdens een T=10 hoogwatersituatie weergegeven. Uit de berekeningen blijkt dat de schermen langs dijkvakken 30, 31, 32,33 en 34 zorgen voor een verlaging van de grondwaterstand binnendijks. Bij hoogwater werken deze schermen als een barrière voor de grondwaterstroming van het buitendijkse naar het binnendijkse gebied.

In de meeste gevallen ligt de grondwaterstand bij een T=10 hoogwatersituatie ter plaatse van bebouwing al voldoende diep (> 0,7 m -mv) onder het maaiveld. De verlagingen van de grondwaterstanden als gevolg van de schermen hebben dan vanuit het oogpunt risico op wateroverlast geen invloed, aangezien er in de huidige situatie al geen sprake is van wateroverlast.

Binnendijks van dijkvak 31 is de ontwateringsdiepte ter plaatse van de bebouwing momenteel onvoldoende (< 0,7 m -mv) met het risico op wateroverlast. De verlaging van de grondwaterstanden binnendijks bij een T=10 hoogwatersituatie als gevolg van het verticale scherm zijn positief, aangezien hiermee het risico op wateroverlast vermindert. Daarom zijn de effecten op de grondwaterstanden bij een T=10 hoogwatersituatie als licht positief beoordeeld (effectbeoordeling: +).

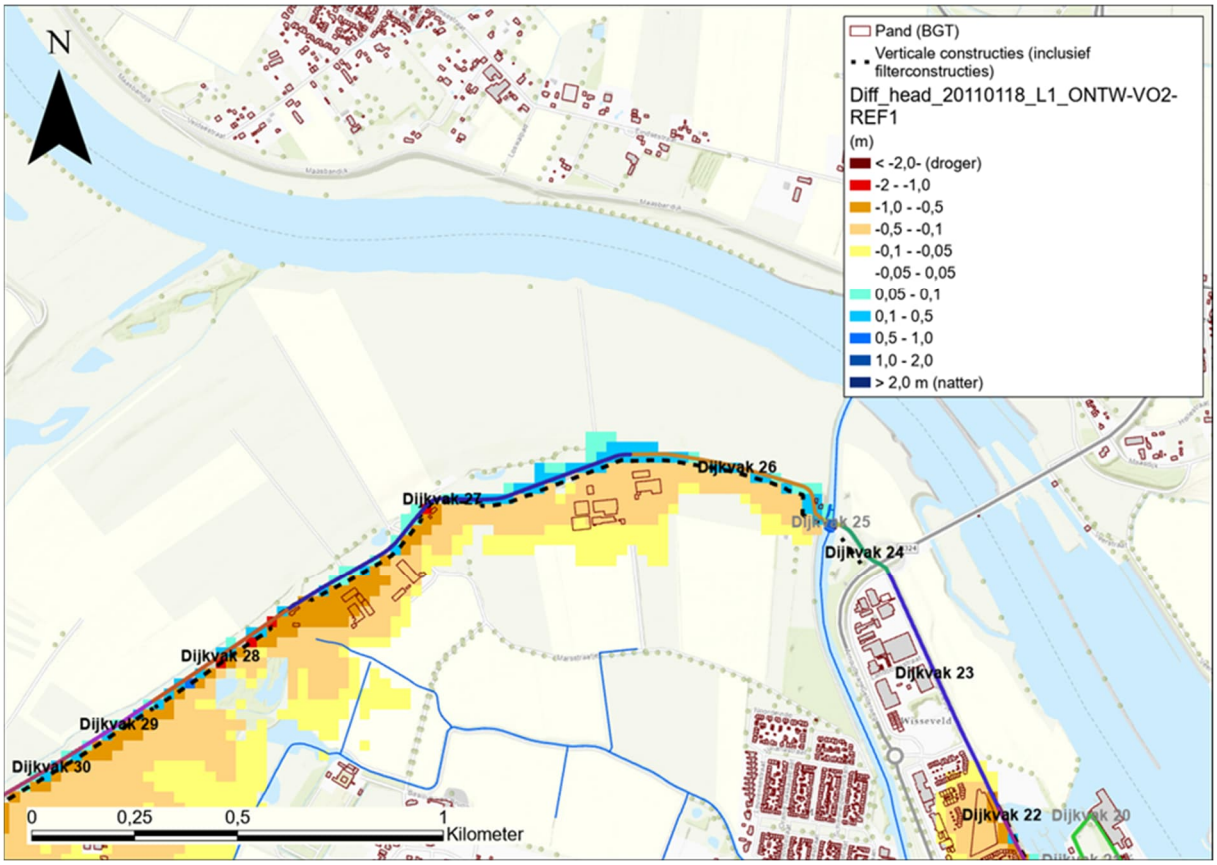


Figuur 8-31 Effect (m) van het dijkontwerp op de freatische grondwaterstanden tijdens een T=10 hoogwatersituatie (18 januari 2011) ter hoogte van de Maasmeander bij Keent (dijkvakken 30 t/m 34)

Lage Wijth

In Figuur 8-32 zijn ter hoogte van het deelgebied “Lage Wijth” (dijkvakken 23 t/m 29) de berekende effecten op de freatische grondwaterstanden tijdens een T=10 hoogwatersituatie weergegeven. Daaruit blijkt dat de schermen binnendijks voor verlagingen van de freatische grondwaterstand bij hoogwater zorgen. Het scherm langs dijkvak 24 heeft geen invloed op de grondwaterstanden.

De schermen langs dijkvakken 23/m 29 zorgen voor verlagingen van de freatische grondwaterstanden binnendijks tijdens een T=10 hoogwatersituatie. Binnendijks van dijkvakken 26 en 27 is de ontwateringsdiepte ter plaatse van de bebouwing momenteel onvoldoende (< 0,7 m -mv), met het risico op wateroverlast. De verlaging van de grondwaterstanden binnendijks bij een T=10 hoogwatersituatie als gevolg van de verticale schermen zijn positief, aangezien hiermee het risico op wateroverlast vermindert. De effecten zijn daarom als licht positief beoordeeld (effectbeoordeling +) .



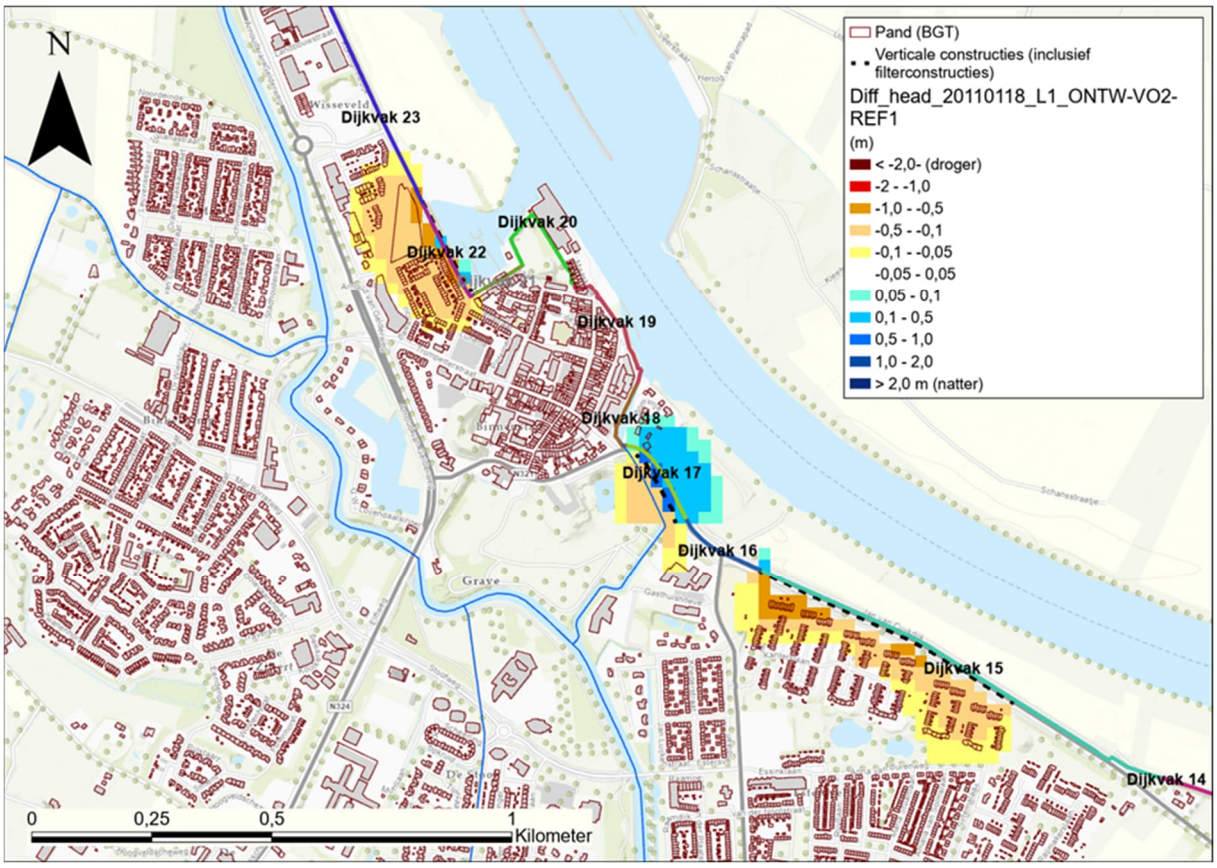
Figuur 8-32 Effect (m) van het dijkontwerp op de freatische grondwaterstanden tijdens een T=10 hoogwatersituatie (18 januari 2011) ter hoogte van deelgebied “Lage Wijth” (dijkvakken 23 t/m 29).

Grave (West-Vesting-Oost)
In Figuur 8-33 zijn de berekende effecten op de freatische grondwaterstanden tijdens een T=10 hoogwatersituatie ter hoogte van Grave (dijkvakken 15 t/m 22) weergegeven. De verticale schermen langs dijkvakken 15, 17 een 22 zorgen bij hoogwater voor een verlaging van de freatische grondwaterstanden binnendijks.

Bij hoogwater verhoogt het scherm bij dijkvak 17 de freatische grondwaterstand in de uiterwaarde. Deze toename ontstaat doordat het grondwater tijdens het hoogwater als gevolg van het verticale scherm minder gemakkelijk richting binnendijks stroomt en accumuleert aan de buitendijkse zijde van het scherm. Dit is terug te zien als een verhoging van de freatische grondwaterstand in de uiterwaard.

De verticale schermen zorgen voor verlagingen van de grondwaterstanden binnendijks in Grave bij een T=10 hoogwatersituatie. Ook hier ontstaat deze verlaging doordat de grondwaterstroming gehinderd wordt door de schermen. Door de schermen stroomt er minder water naar het binnendijks gebied met als gevolg een lagere grondwaterstand bij hoogwater. Binnendijks van de schermen langs dijkvakken 17 en 22 ligt de freatische grondwaterstand bij een T=10 hoogwatersituatie momenteel diep (>2 m -mv) onder het maaiveld. Het is onwaarschijnlijk dat er momenteel wateroverlast als gevolg van de grondwaterstanden plaatsvindt. De verlaging van de grondwaterstand als gevolg van de schermen heeft geen invloed hierop.

Binnendijks van dijkvak 15 ligt het maaiveld relatief lager in vergelijking met het historische deel van Grave. Hier ligt de freatische grondwaterstand bij een T=10 hoogwatersituatie op enkele plekken ondieper dan 0,7 m -mv. Dit zorgt mogelijk in de huidige situatie voor wateroverlast. De grondwaterstandsverlagingen als gevolg van de schermen hebben daarom een positief effect op het verminderen van wateroverlast. Daarom wordt het effect op de grondwaterstanden bij een T=10 hoogwatersituatie als licht positief beoordeeld (effectbeoordeling +).



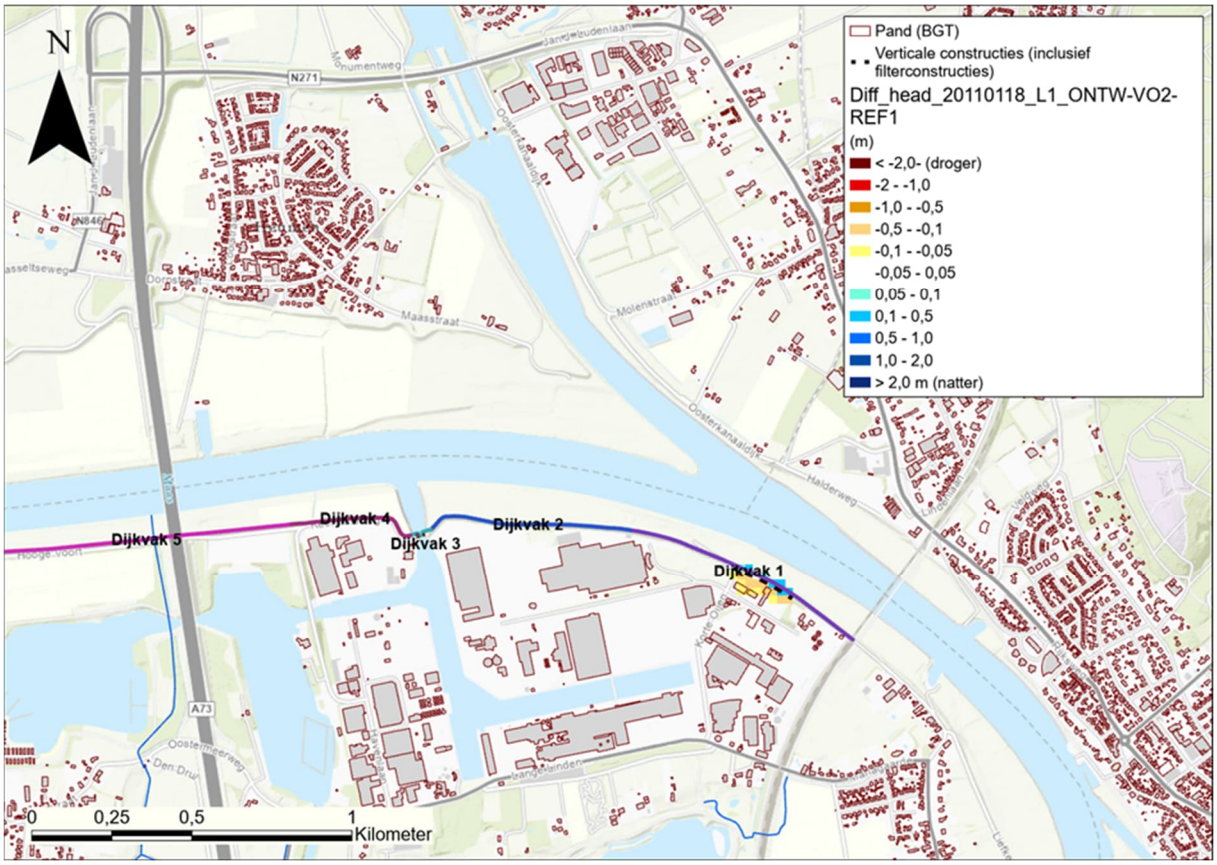
Figuur 8-33 Effect (m) van het dijkontwerp op de freatische grondwaterstanden tijdens een T=10 hoogwatersituatie (18 januari 2011) ter hoogte van Grave (dijkvakken 15 t/m 22)

Kraaijenbergse Plassen en het havengebied Cuijk

Langs de dijkvakken 5 t/m 14, ter hoogte van de Kraaienbergse Plassen, zijn geen maatregelen aan de dijk voorzien die invloed hebben op het regionale grondwatersysteem.

In Figuur 8-34 zijn de effecten op de freatische grondwaterstanden langs dijkvakken 1 t/m 4 ter hoogte van het Havengebied Cuijk weergegeven. Langs dijkvak 1 is een scherm voorzien. Dit scherm zorgt lokaal voor een verlaging van de freatische grondwaterstand binnendijks als gevolg van de barrière werking tussen de Maas en het grondwatersysteem binnendijks.

Ter hoogte van de Kraaijenbergse plassen heeft het dijkontwerp geen effect op het regionale grondwatersysteem. In het havengebied Cuijk treden bij een T=10 hoogwatersituatie verlagingen van de grondwaterstanden van maximaal 0,15 m als gevolg van het scherm bij dijkvak 1 op. Omdat de grondwaterstand in de huidige situatie al voldoende diep (> 0,7 m -mv) onder het maaiveld ligt, namelijk op circa 1,90 m -mv, zullen de verlagingen het risico op wateroverlast niet beïnvloeden. De effecten over dit gehele deelgebied zijn daarom als neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).



Figuur 8-34 Effect (m) van het dijkontwerp op de freatische grondwaterstanden tijdens een T=10 hoogwatersituatie (18 januari 2011) ter hoogte van het havengebied Cuijk (dijkvakken 1 t/m 4)

In de onderstaande tabel zijn de effecten van de dijkversterking op grondwaterstanden per deelgebied weergegeven. Aangezien de positieve beoordeling voor de T=10 hoogwater effecten niet gelden voor alle deelgebieden en de positieve effecten beperkt zijn, zijn voor het gehele dijktraject de effecten per saldo neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

Tabel 8-7 Effectbeoordeling grondwaterstanden

Deelgebied(en)	Score			Toelichting
	T=10 hoogwater	Gem. situatie	Combi	
Haven Cuijk – Kraaijenbergse plassen	0	0	0	Geen significant effect op de grondwaterstanden en het voorkomen van wateroverlast binnendijks
Grave (oost, vesting en west)	+	0	+	Verlagingen van de grondwaterstanden in Grave bij hoogwater verminderen het risico op wateroverlast
Lage Wijth	+	0	+	De verlagingen van de grondwaterstanden binnendijks verminderen het risico op wateroverlast bij hoogwater
Reek	+	0	+	De verlagingen van de grondwaterstanden binnendijks verminderen het risico op wateroverlast bij hoogwater
Neerloon	-	0	0	De binnendijkse grondwaterstandsverhogingen bij dijkvak 35 zorgen lokaal voor een vermindering van de ontwateringsdiepte. Voor de overige dijkvakken zorgen de schermen juist voor een vermindering van het risico op wateroverlast.

8.4.3 Kwel en wegzijging

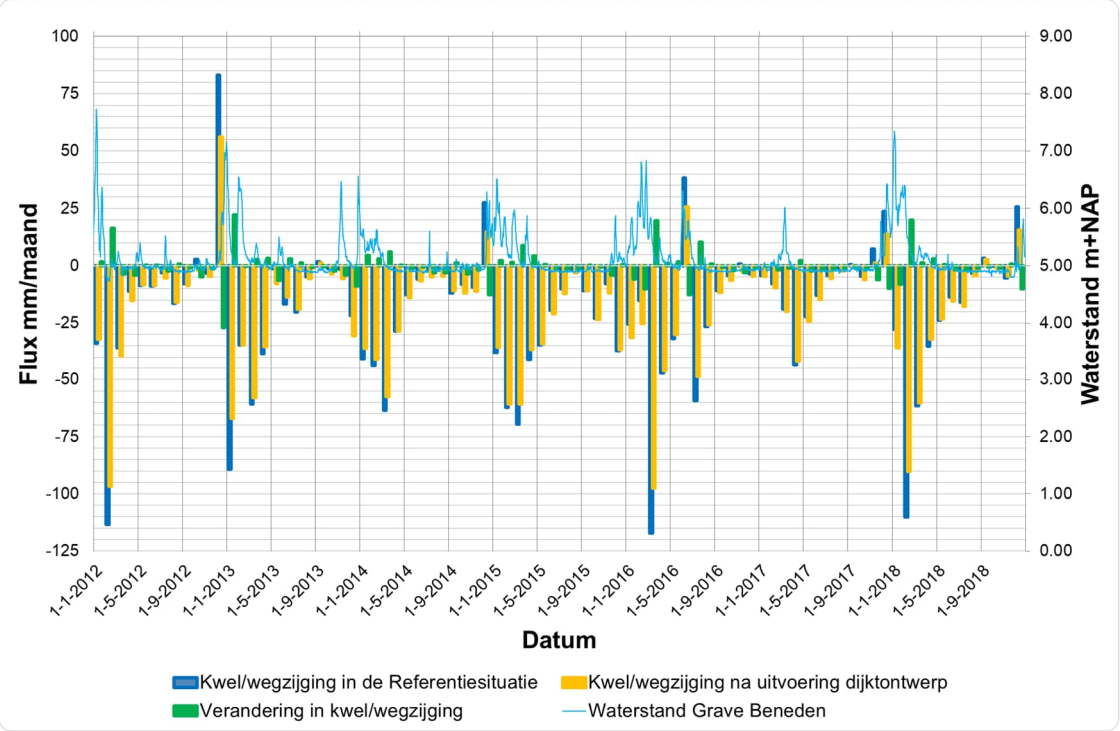
Kwel is de verticale stroming van grondwater richting het maaiveld. Wegzijging is grondwater dat wegzakt tot diepere lagen in de ondergrond. Een verandering van kwel of wegzijging treedt bij een verandering van de grondwaterstand en/of stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Een verandering van de kwel of wegzijging zorgt niet per se voor een verandering van de grondwatersituatie (vernatting of verdroging). Zo kan een toename van de hoeveelheid kwel afgevoerd worden door het oppervlaktewatersysteem. Of andersom kan een toename van de wegzijging het gevolg zijn van een toename van de grondwaterstand. Effecten in de getoonde kaarten uit deze paragraaf dienen met deze kennis geïnterpreteerd te worden.

De effecten van het dijkontwerp op de kwel en wegzijging zijn geanalyseerd voor:

- de wintermaanden (nov-feb);
- de zomermaanden (jun-aug) en
- tijdens een T=10 hoogwatersituatie in januari 2011.

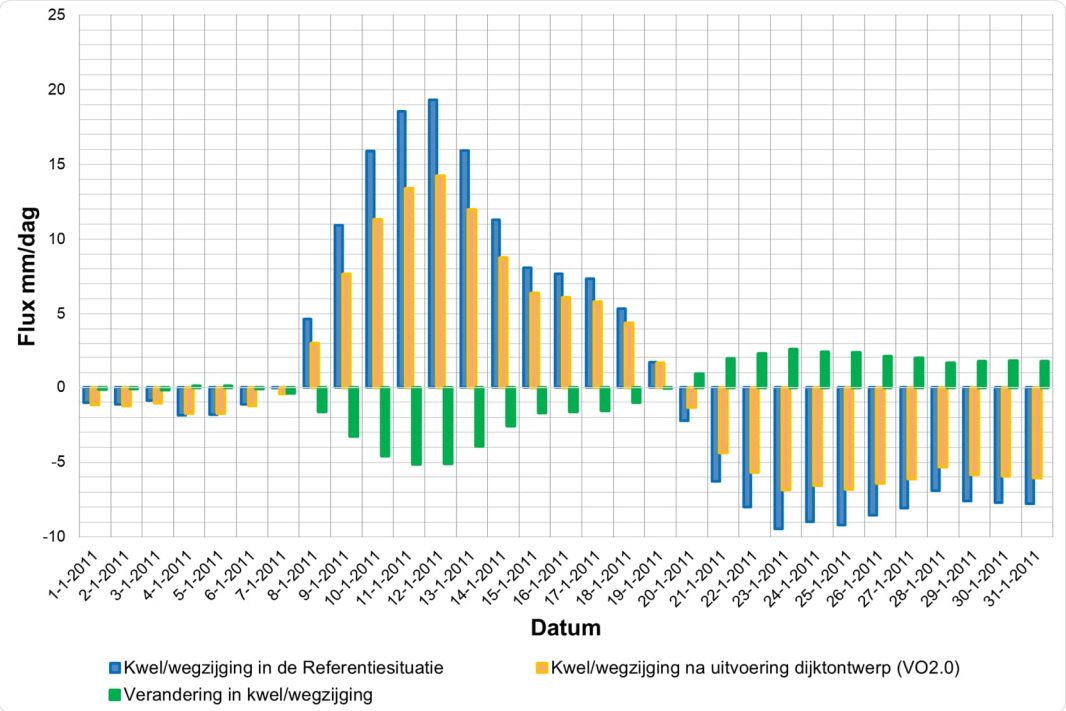
Voor de analyse zijn de kwel- en wegzijgingsfluxen in verschillende zones binnendijks berekend. In Figuur 8-35 en Figuur 8-36 zijn als voorbeeld berekeningsresultaten bij dijkvak 33 weergegeven. De resultaten van alle zones/dijkvakken zijn opgenomen in bijlage G.

Figuur 8-35 toont de berekende kwel/wegzijging in de referentiesituatie en na uitvoering van het dijkontwerp. Op de rechter y-as is het verloop weergegeven van de waterstand in de Maas. Uit de figuur blijkt dat er in de binnendijkse zone tijdens hoogwater sprake is van kwel; na het hoogwater wordt in deze zone meestal wegzijging berekend. Uit Figuur 8-35 blijkt verder dat het dijkontwerp zorgt voor een demping van de kwel en wegzijging binnendijks van de verticale schermen. Deze demping is het grootst tijdens en na het hoogwater in de Maas. Dit dempend effect van de verticale schermen wordt veroorzaakt doordat de schermen de weerstand vergroten voor de grondwaterstroming van en naar de Maas. De hoeveelheid kwel en wegzijging neemt tijdens de pieken af als gevolg van de verticale schermen.



Figuur 8-35 Berekende Kwel- en wegzijgingsfluxen in de periode 2011-2018 (mm/maand) in een circa 125 m brede zone binnendijks van dijkvak 33 (zie bijlage G voor de ligging van de zone). Een positieve flux staat voor kwel en een negatieve flux voor wegzijging. De weergegeven berekende verandering van de kwel- en wegzijging wordt veroorzaakt door de kwelschermen ter plaatse.

In Figuur 8-36 zijn voor de binnendijkse zone van dijkvak 33 de berekende kwel- en wegzijgingsfluxen tijdens het hoogwater in januari 2011 weergegeven. Ook in deze figuur is het verloop van de waterstand in de Maas opgenomen (rechter y-as). Uit de figuur blijkt (nogmaals) dat er tijdens het hoogwater kwel plaatsvindt. Na het passeren van de hoogwatergolf wordt binnendijks wegzijging berekend. Daarnaast blijkt uit Figuur 8-36 dat het verticale scherm deze fluxen vermindert, waardoor het waterbezwaar tijdens een hoogwaterperiode kleiner wordt.



Figuur 8-36 Modelresultaten van een T=10 hoogwater periode (januari 2011): de berekende kwel- en wegzijgingsfluxen in een circa 125 m brede zone binnendijks van dijkvak 33 (zie bijlage G voor de ligging van de zone). Een positieve flux staat voor kwel en een negatieve flux voor wegzijging. De weergegeven berekende verandering van de kwel- en wegzijging wordt veroorzaakt door de kwelschermen ter plaatse.

De berekeningsresultaten duiden erop dat de schermen bij hoogwater de binnendijkse kwel en daarmee het waterbezwaar verminderen. Hierdoor hoeft het oppervlaktewatersysteem minder water af te voeren wat leidt tot een vermindering van het risico op wateroverlast. Vanwege dit indirecte effect zijn de effecten van de verticale schermen op het aspect kwel en wegzijging bij hoogwater (T=10) zijn daarom licht positief beoordeeld (effectbeoordeling: +).

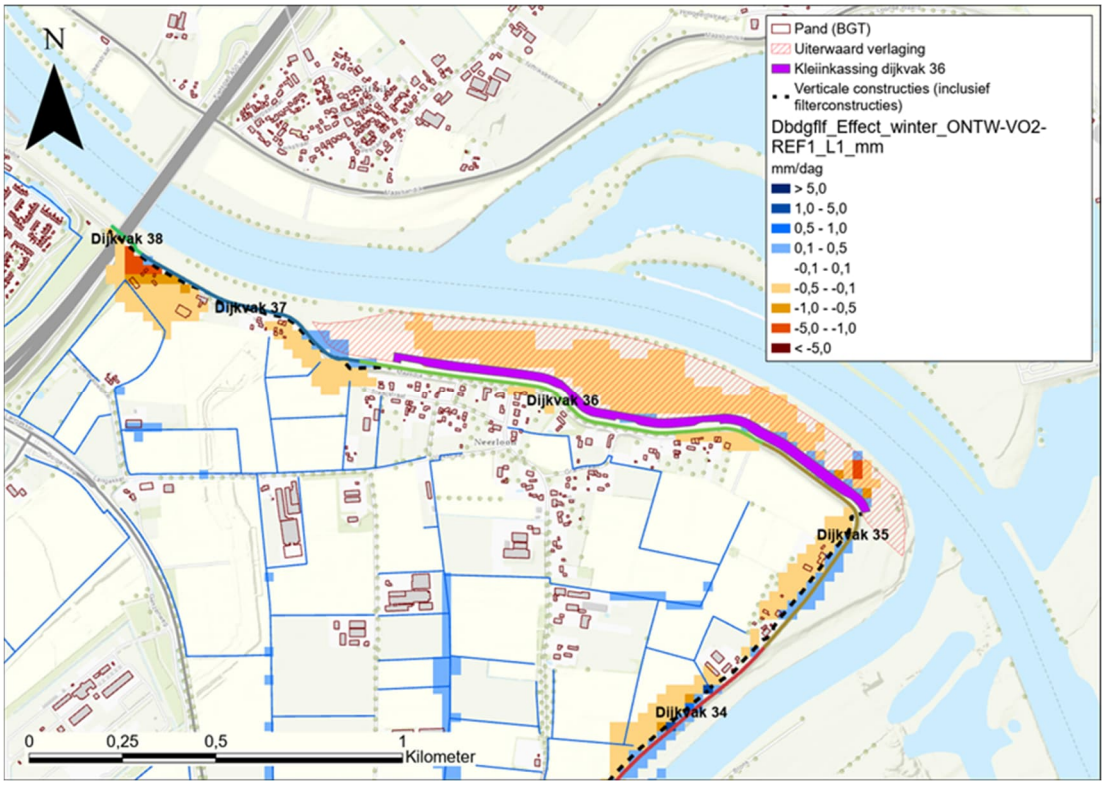
Hieronder zijn per deelgebied de effecten op de kwel en wegzijging gemiddeld over de winter- en zomermaanden beschreven.

Neerloon

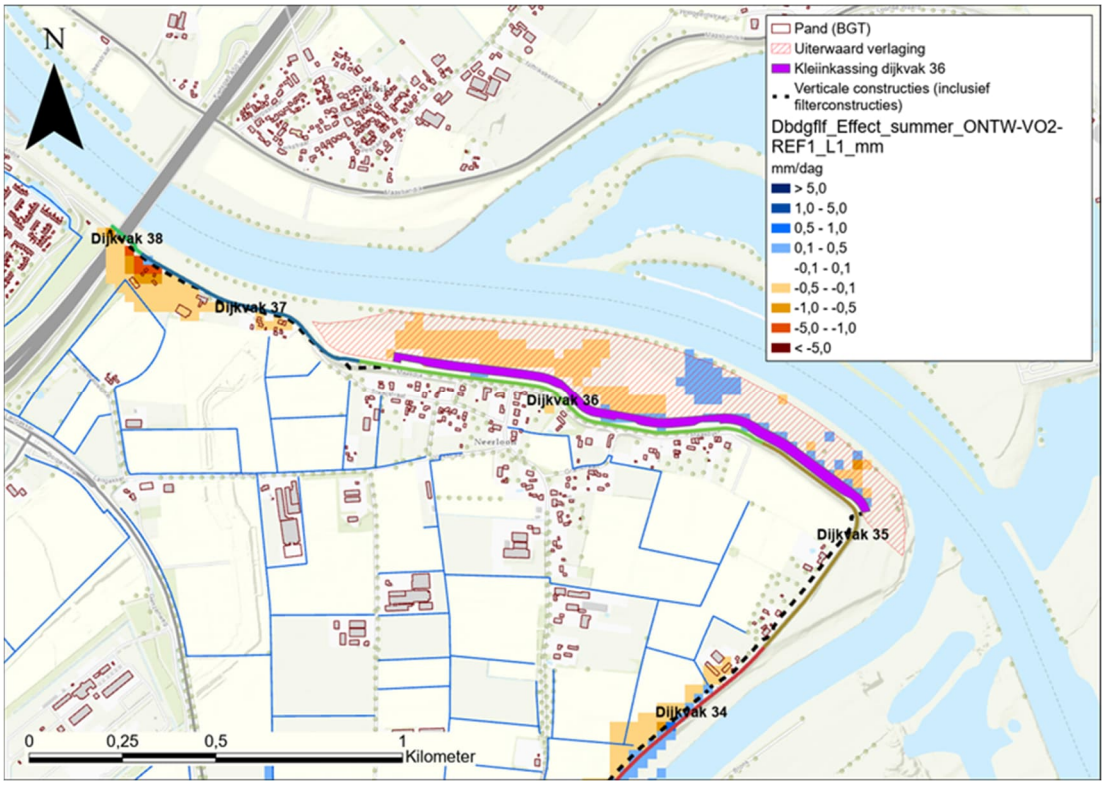
In Figuur 8-37 is het effect van het dijkontwerp op de gemiddelde kwel en wegzijging over de wintermaanden (november t\m februari) langs dijkvakken 34 t/m 37 weergegeven. Uit de berekeningen blijkt dat de verticale schermen voor een geringe toename van de wegzijging van circa 0,15 mm/dag binnendijks zorgen. Dit komt omdat het grondwater dat in de wintermaanden richting de Maas stroomt 'opstroopt' voor het kwelscherm. Vervolgens wordt een deel van dit water afgevangen door watergangen en een deel ervan vindt zijn weg onder de schermen door via het watervoerend pakket. Dit laatste is terug te zien aan de toename van wegzijging binnendijks van de schermen.

In de zomermaanden is het effect op de kwel en wegzijging kleiner (zie Figuur 8-38). Ook tijdens de zomer blijkt de grondwaterstroming in de deklaag richting de Maas door de verticale schermen gehinderd te worden, met als gevolg een zeer geringe toename van de wegzijging binnendijks.

De effecten op de kwel en wegzijging gemiddeld over de winter- en zomermaanden langs dijkvakken 34 t/m 37 vinden lokaal aan de binnenzijde van de verticale schermen plaats. De toename en afname van de wegzijging leidt naar verwachting niet tot nadelige effecten op de functies binnendijks ter hoogte van Neerloon. Daarom zijn de effecten op de kwel en wegzijging gemiddeld over de winter- en zomermaanden neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).



Figuur 8-37 Effect (mm/dag) van het dijkontwerp op de gemiddelde kwel en wegzijging over de wintermaanden (november t\m februari) ter hoogte van Neerloon (dijkvakken 34 t\m 37). Positieve waarden staan voor een toename van de kwel (of afname van de wegzijging); negatieve waarden staan voor een toename van de wegzijging (of een afname van de kwel).

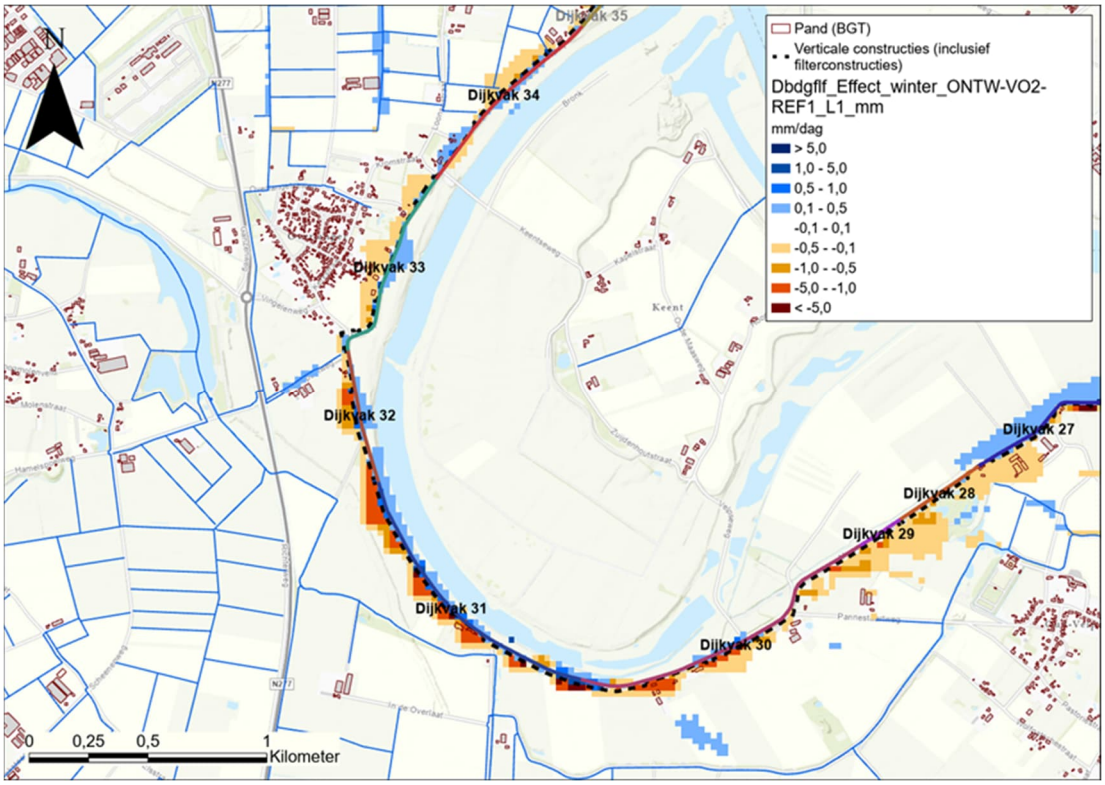


Figuur 8-38 Effect (mm/dag) van het dijkontwerp op de gemiddelde kwel en wegzijging over de zomermaanden (juni t\m augustus) ter hoogte van Neerloon (dijkvakken 34 t\m 37). Positieve waarden staan voor een toename van de kwel (of afname van de wegzijging); negatieve waarden staan voor een toename van de wegzijging (of een afname van de kwel).

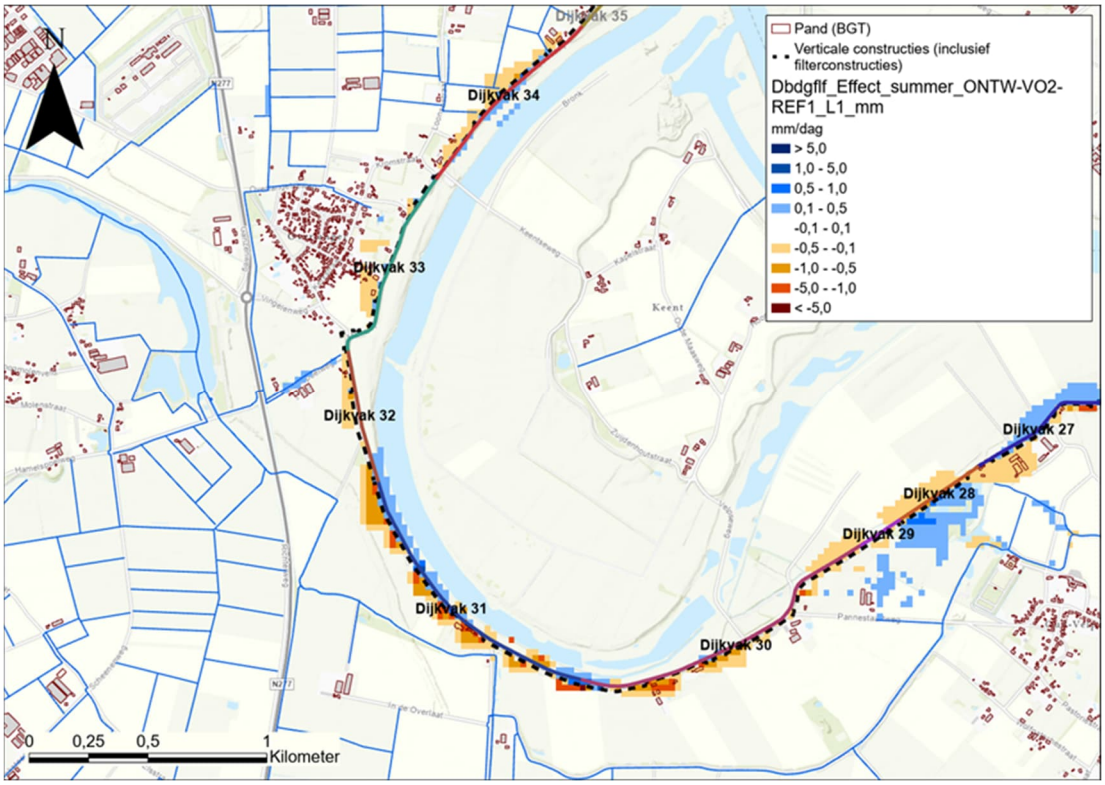
Maasmeander bij Keent

De effecten van de dijkversterkingsmaatregelen op de kwel en wegzijging over de winter- en zomermaanden binnendijks van de oude maasmeander bij Keent zijn beperkt. Uit de berekeningen blijkt dat de maatregelen in deze periode slechts voor een geringe toename of afname van de wegzijging zorgen. Beide effecten ontstaan omdat het grondwater dat richting de Maas stroomt door de verticale constructies gehinderd wordt. Over het algemeen neemt de wegzijging binnendijks van de schermen ter plaatse van bebouwing licht toe met circa 0,2 mm/dag. Langs dijkvakken 30 t/m 32 is de toename aan wegzijging in de winter- en zomermaanden groter, namelijk circa 1,5 mm/dag en 0,8 mm/dag. De effecten reiken echter tot slechts 50 à 80 meter van de schermen. De toename van wegzijging is het gevolg van de hinderende werking van de schermen voor de grondwaterstroming richting de Maas. Door de schermen stroomt er meer grondwater onder het scherm door in plaats van horizontaal. Dit is terug te zien aan een toename van de wegzijging (verticaal). Langs dijkvak 34 neemt de wegzijging juist licht af door de hogere stijghoogte in het watervoerend pakket. Netto over de wintermaanden zorgt dit hier voor een afname van de wegzijging van circa 0,25 mm/dag.

Binnendijks langs de dijkvakken 29 t/m 34 zijn de effecten op de kwel en wegzijging gemiddeld over de winter- en zomermaanden beperkt. Deze beperkte verandering van de wegzijging heeft naar verwachting geen nadelige effecten voor de functies ter plaatse. Daarom zijn de effecten op de kwel en wegzijging gemiddeld over deze maanden neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).



Figuur 8-39 Effect (mm/dag) van het dijkontwerp op de gemiddelde kwel en wegzijging over de wintermaanden (november t\m februari) ter hoogte van de Maasmeander bij Keent (dijkvakken 29 t\m 34). Positieve waarden staan voor een toename van de kwel (of afname van de wegzijging); negatieve waarden staan voor een toename van de wegzijging (of een afname van de kwel).



Figuur 8-40 Effect (mm/dag) van het dijkontwerp op de gemiddelde kwel en wegzijging over de zomermaanden (juni t\m augustus) ter hoogte van de maasmeander bij Keent (dijkvakken 29 t\m 34). Positieve waarden staan voor een toename van de kwel (of afname van de wegzijging); negatieve waarden staan voor een toename van de wegzijging (of een afname van de kwel).

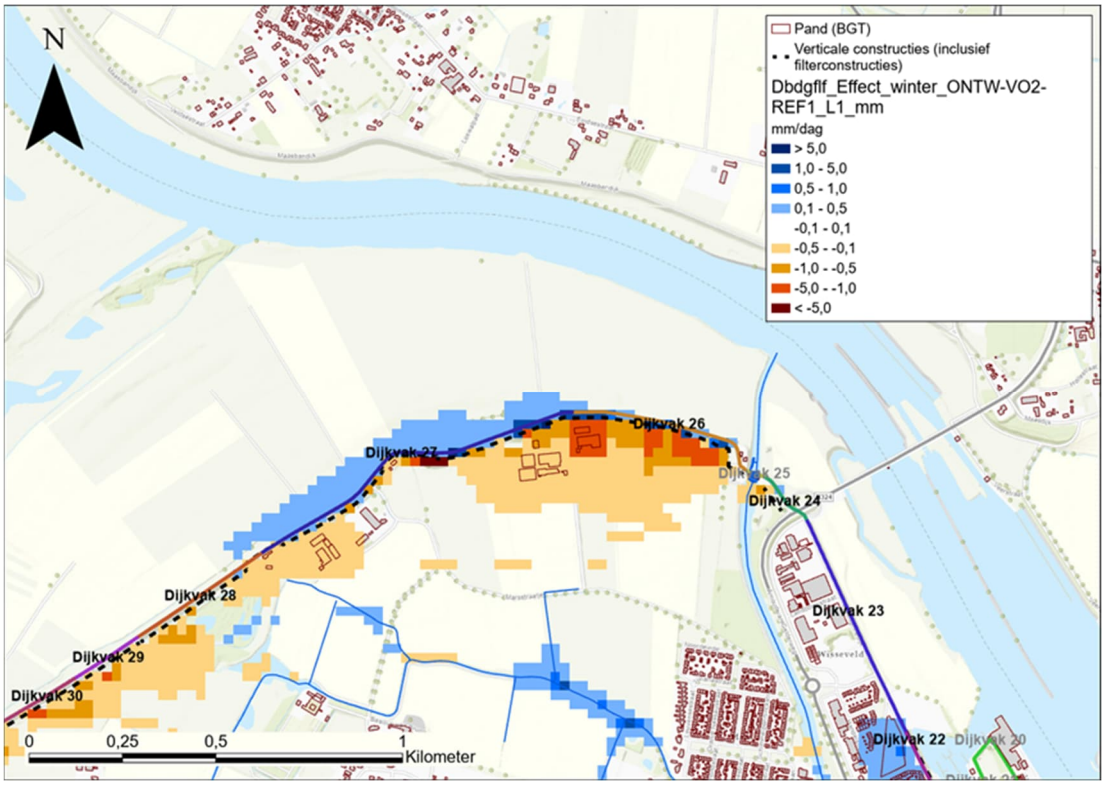
Lage Wijth

Langs het deelgebied Lage Wijth zorgen de verticale schermen voornamelijk voor een toename van de wegzijging binnendijks tijdens de wintermaanden, variërend van 0,15 mm/dag tot 0,9 mm/dag. Dit is het gevolg van de accumulatie van grondwater aan de binnendijkse zijde van de schermen.

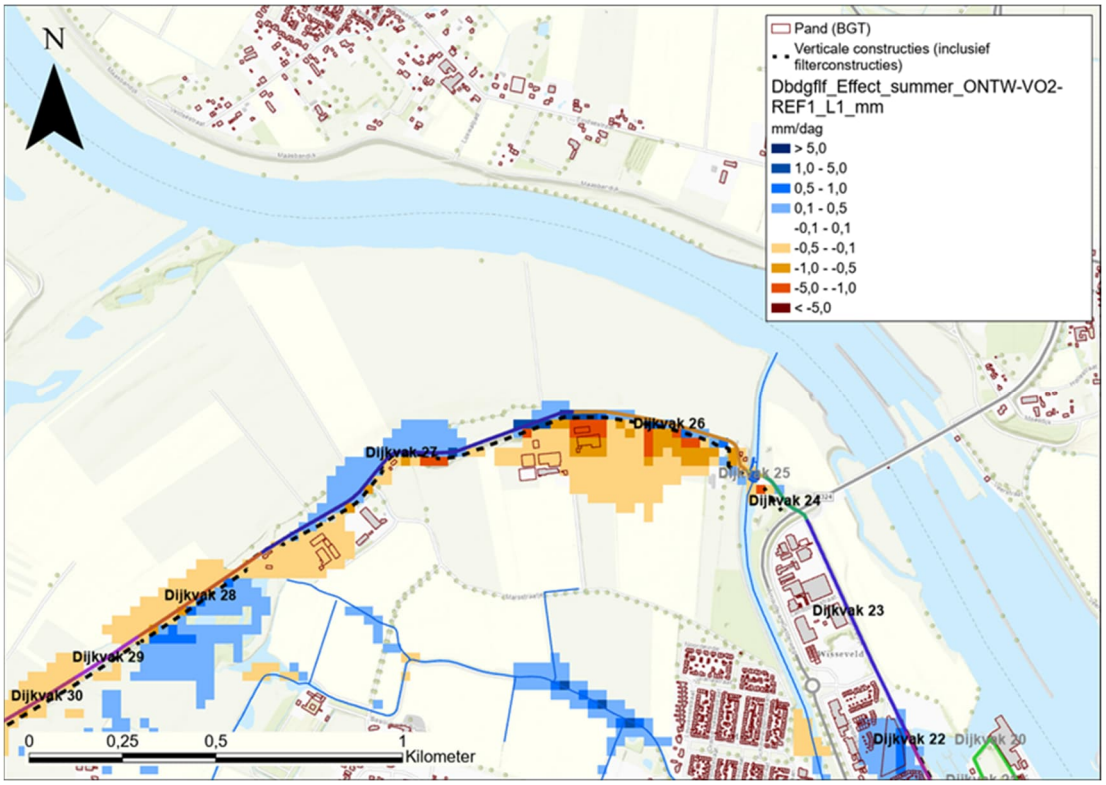
Tijdens de zomermaanden zorgen de schermen binnendijks op de meeste plaatsen voor een toename van de wegzijging. Echter binnendijks van dijkvak 28, ter plaatse van de bosopstand langs de Mars en Wijthdijk, neemt de reeds aanwezige kwelstroming tijdens de zomermaanden met 0,15 tot 0,9 mm/dag toe als gevolg van het verticale scherm.

Langs dijkvak 24 is eveneens een lichte verandering van de kwel te onderscheiden. Dit is van weinig betekenis.

De effecten van het dijkontwerp op de kwel en wegzijging binnendijks langs de dijkvakken 24 t/m 28 (gemiddeld over de winter- en zomermaanden) zijn wisselend. Over het algemeen zorgen de schermen voor een toename van de wegzijging binnendijks. Dit heeft geen negatieve gevolgen voor de functies binnendijks. Ter plaatse van de bosopstand binnendijks van dijkvak 28 neemt de kwelstroming tijdens de zomermaanden toe. Vanuit het oogpunt waterbeschikbaarheid heeft dit naar verwachting geen negatieve invloed op het gebied. Het is niet onderzocht of deze toename van kwel een positief effect heeft op de aanwezige natuur. Daarom zijn de effecten op de kwel en wegzijging gemiddeld over deze maanden neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).



Figuur 8-41 Effect (mm/dag) van het dijkontwerp op de gemiddelde kwel en wegzijging over de wintermaanden (november t\m februari) ter hoogte van gebied Lage Wijth (dijkvakken 24 t\m 29). Positieve waarden staan voor een toename van de kwel (of afname van de wegzijging); negatieve waarden staan voor een toename van de wegzijging (of een afname van de kwel).



Figuur 8-42 Effect (mm/dag) van het dijkontwerp op de gemiddelde kwel en wegzijging over de zomermaanden (juni t\m augustus) ter hoogte van gebied Lage Wijth (dijkvakken 24 t\m 29). Positieve waarden staan voor een toename van de kwel (of afname van de wegzijging); negatieve waarden staan voor een toename van de wegzijging (of een afname van de kwel).

Grave

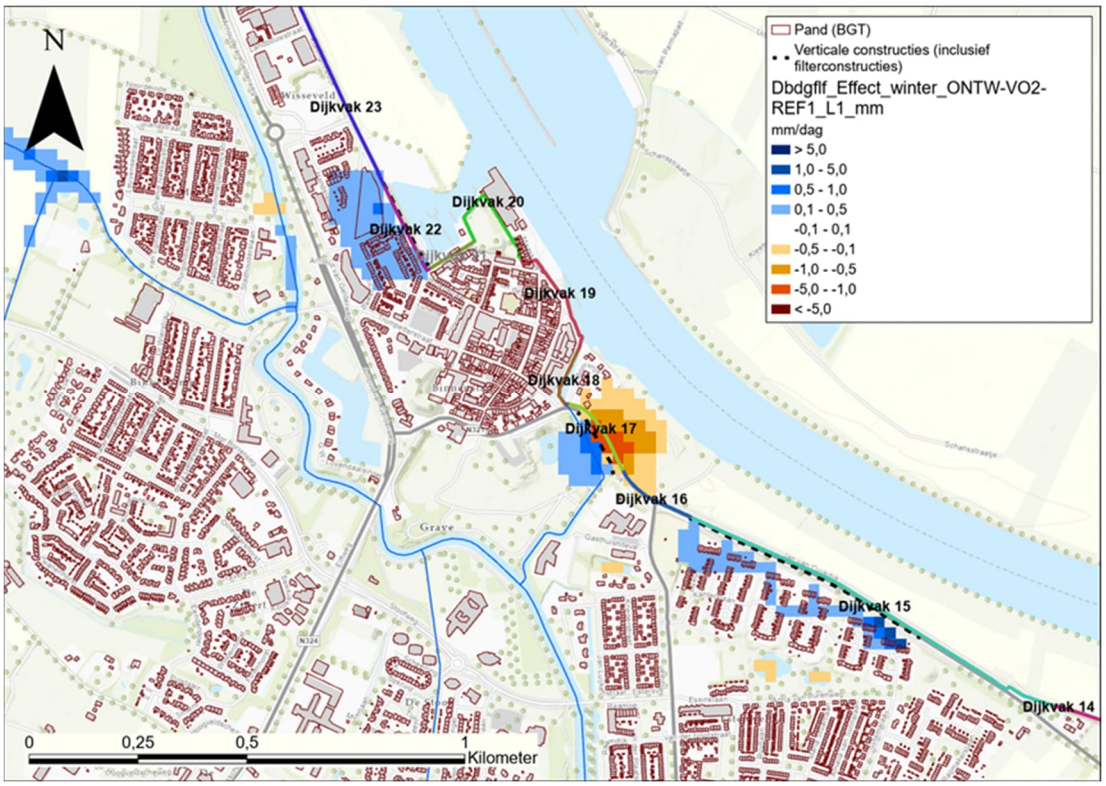
In Figuur 8-43 en Figuur 8-44 zijn de effecten op de kwel en wegzijging in Grave (dijkvakken 15 t/m 22) tijdens de winter- en zomermaanden weergegeven. De schermen langs de dijkvakken 17 en 22 zorgen voor een lichte afname van de wegzijging tijdens de wintermaanden: circa 0,2 mm binnendijks van dijkvak 17 tot op 125 m van het scherm. Ter plaatse van de Graafsche Raam is de afname groter, namelijk circa 0,9 mm/dag. Binnendijks van dijkvak 22 bedraagt de afname van de wegzijging circa 0,1 mm/dag.

Daarnaast vindt er langs de Graafsche Raam, ter hoogte van dijkvak 22, een lichte afname van de kwel en wegzijging plaats gedurende wintermaanden. Het netto effect op de waterhoeveelheid in de Graafsche Raam is verwaarloosbaar. Er worden vinden dan ook geen veranderingen van het waterpeil in de Raam als gevolg van de dijkmaatregelen plaats.

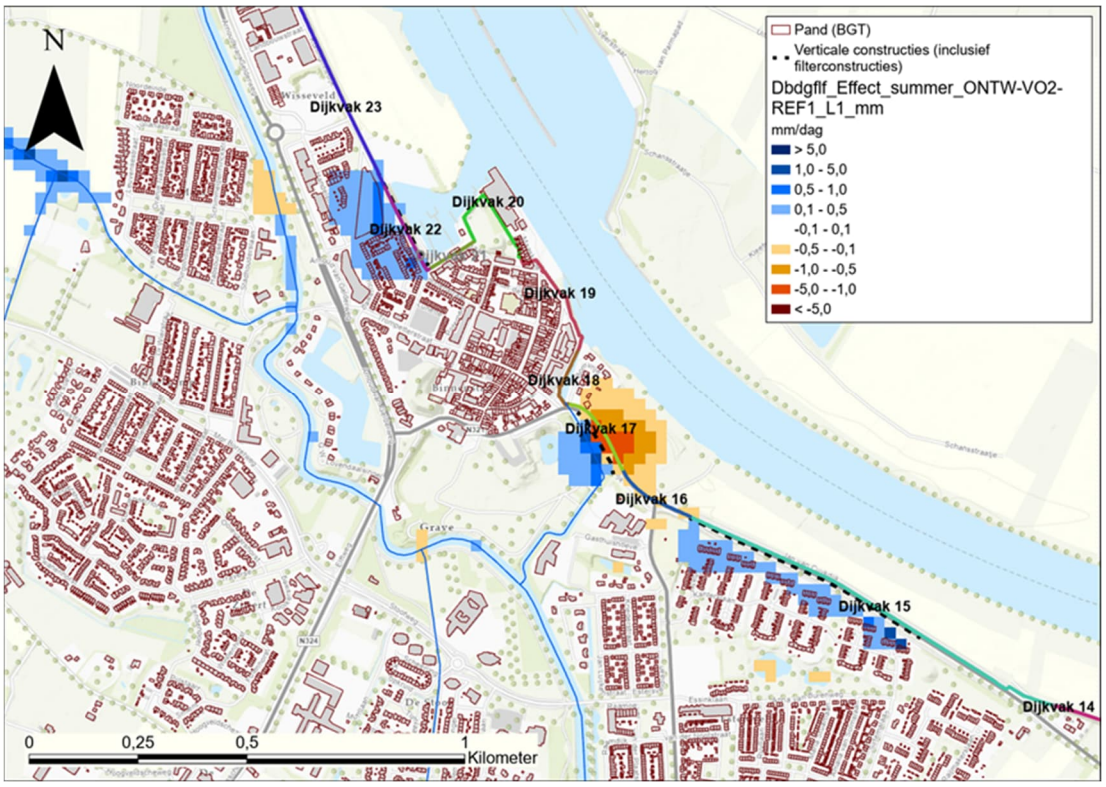
Uit de berekeningen blijkt dat bij dijkvakken 15 en 17 de kwel binnendijks van het verticale scherm toeneemt. De grondwaterstand is hier in de referentiesituatie relatief laag door de ontwaterende werking van de Graafsche Raam. Dit veroorzaakt een kwelstroming vanuit het watervoerend pakket en een horizontale grondwater-stroming richting dit gebied. Door het verticale scherm vermindert de grondwaterstroming vanuit de Maas richting het gebied en neemt de (verticale) kwelstroming toe. Ondanks de toename van de kwelstroming worden er geen verhogingen van de grondwaterstanden verwacht. Integendeel. De schermen zorgen juist voor een verlaging van de grondwaterstanden (zie Figuur 8-27 in paragraaf 8.4.2) doordat er netto, horizontaal en verticaal (kwel), minder water vanuit de Maas richting het gebied binnendijks stroomt. Daarnaast is de verwachting dat een deel van de kwel afgevoerd kan worden door het watersysteem (Graafsche Raam).

Uit de berekeningen blijkt dat de kwel en wegzijging in Grave licht veranderen als gevolg van de verticale schermen. Er worden geen nadelige effecten als gevolg van de verandering van de kwel en wegzijging in Grave

verwacht. De extra kwel aan de binnendijkse zijde van het scherm bij dijkvakken 15 en 17 kan naar verwachting opgevangen worden door het watersysteem (Graafsche Raam). De effecten op de kwel en wegzijging gemiddeld over de winter- en zomermaanden zijn daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).



Figuur 8-43 Effect (mm/dag) van het dijkontwerp op de gemiddelde kwel en wegzijging over de wintermaanden (november t\m februari) ter hoogte van Grave (dijkvakken 15 t\m 22. Positieve waarden staan voor een toename van de kwel (of afname van de wegzijging); negatieve waarden staan voor een toename van de wegzijging (of een afname van de kwel).

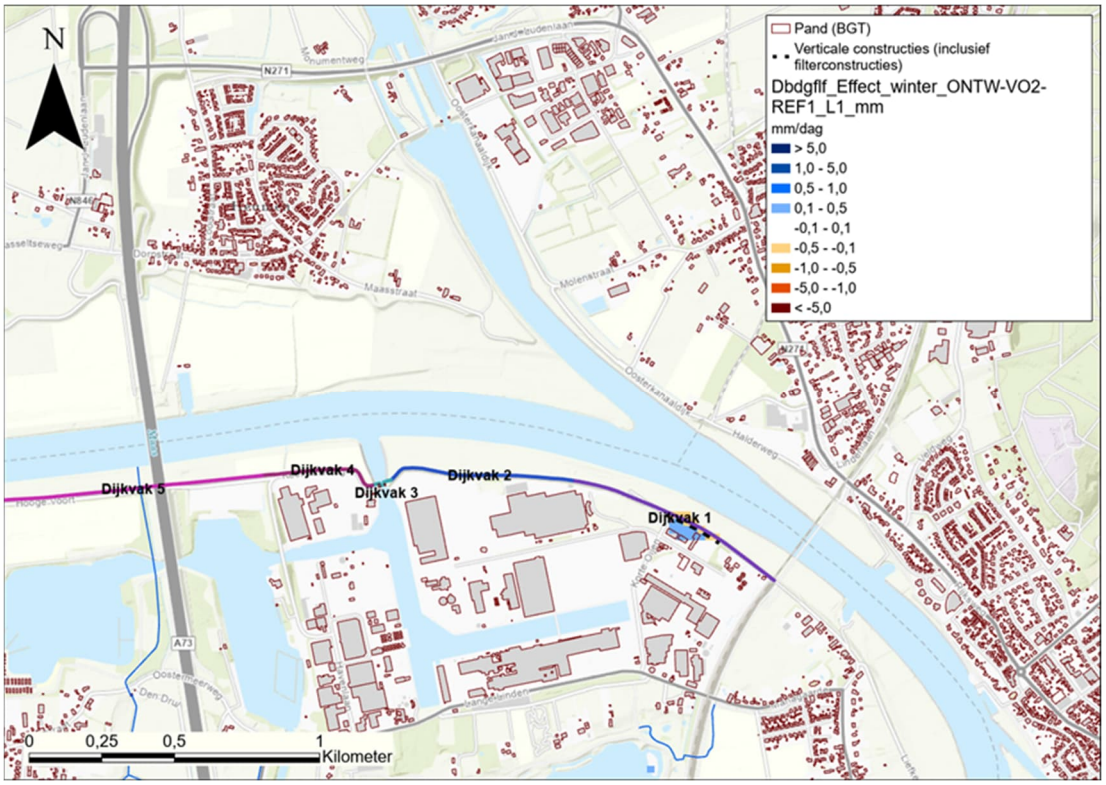


Figuur 8-44 Effect (mm/dag) van het dijkontwerp op de gemiddelde kwel en wegzijging over de zomermaanden (juni t\m augustus) ter hoogte van Grave (dijkvakken 22 t\m 15). Positieve waarden staan voor een toename van de kwel (of afname van de wegzijging); negatieve waarden staan voor een toename van de wegzijging (of een afname van de kwel).

Kraaijenbergse Plassen en havengebied Cuijk

Langs dijkvakken 1 t/m 14 vinden nauwelijks ingrepen aan de dijk plaats die invloed hebben op het grondwatersysteem. Alleen het verticale scherm langs dijkvak 1 heeft een (zeer beperkte) invloed op de kwel en wegzijging Figuur 8-45. Tijdens de wintermaanden neemt de wegzijging tot 75 m van het scherm met circa 0,2 mm/dag af. Deze afname van de wegzijging ontstaat omdat de grondwaterstroming richting de maas gehinderd wordt als gevolg van het verticale scherm.

De effecten van het dijkontwerp langs dijkvakken 1 t/m 14 op de kwel en wegzijging zijn zeer beperkt. De afname van wegzijging langs het verticale scherm bij dijkvak 1 heeft daarom naar verwachting geen negatieve invloed op de functies binnendijks. De effecten op de kwel en wegzijging zijn dan ook neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).



Figuur 8-45 Effect (mm/dag) van het dijkontwerp op de gemiddelde kwel en wegzijging over de wintermaanden (november t\m februari) ter hoogte van havengebied Cuijk (dijkvakken 1 t\m 4). Positieve waarden staan voor een toename van de kwel (of afname van de wegzijging); negatieve waarden staan voor een toename van de wegzijging (of een afname van de kwel).

In de onderstaande tabel zijn de effecten van de dijkversterking op kwel en wegzijging per deelgebied weergegeven. In de score is onderscheid gemaakt tussen de effecten bij hoogwater en in gemiddelde zomer- en wintermaanden (gemiddelde situatie). Ten slotte is de gecombineerde score weergegeven. Voor het gehele dijktraject is de effectbeoordeling per saldo beperkt positief beoordeeld (effectbeoordeling: +).

Tabel 8-8 Effectbeoordeling kwel en wegzijging

Deelgebied(en)	Score			Toelichting
	T=10 hoogwater	Gem. situatie	Combi	
Haven Cuijk – Kraaijenbergse plassen	+	0	+	Afname van binnendijkse kwel bij hoogwater
Grave (oost, vesting en west)	+	0	+	Afname van binnendijkse kwel bij hoogwater
Lage Wijth	+	0	+	Afname van binnendijkse kwel bij hoogwater
Reek	+	0	+	Afname van binnendijkse kwel bij hoogwater
Neerloon	+	0	+	Afname van binnendijkse kwel bij hoogwater
Totaal	+	0	+	

8.4.4 Waterkwaliteit

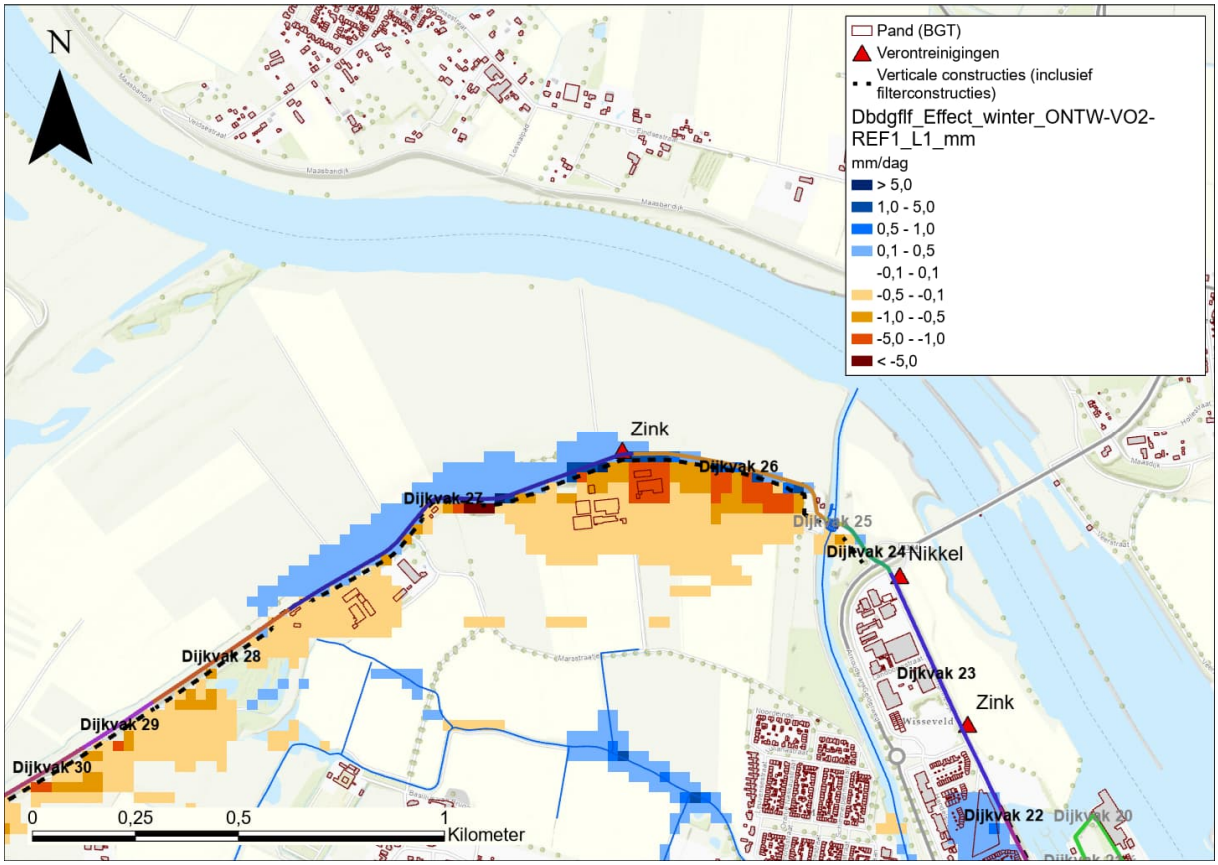
In deze paragraaf is eerst een algemene effectbeoordeling gegeven en vervolgens per deeltraject. Op het eind van deze paragraaf is de beoordeling per deeltraject opnemen in een samenvattende tabel.

Algemeen:
In het algemeen kan de dijkversterking effect hebben op de chemische en ecologische waterkwaliteit door:

- Risico op verontreinigingen door afstromend hemelwater:
  - De dijkversterking kan potentieel leiden tot een groter risico op verontreinigingen, vooral door afstromend hemelwater dat direct in oppervlaktewater terechtkomt vanaf verhard oppervlak. Dit kan verontreinigingen zoals sedimenten, nutriënten en andere verontreinigende stoffen van bijvoorbeeld voertuigen bevatten die de chemische en ecologische waterkwaliteit kunnen beïnvloeden.
- Belemmering van watergangen door nieuwe kunstwerken of verlengen bestaande kunstwerken:
  - Het verlengen van bestaande kunstwerken zoals duikers en gemaalbuizen kan de doorstroming van watergangen belemmeren, wat invloed kan hebben op de vispasseerbaarheid. Het is belangrijk om bij de planning en uitvoering van dijkversterking rekening te houden met de ecologische connectiviteit van waterwegen, zodat vissen en andere aquatische organismen zich vrij kunnen verplaatsen. In de toetsing is per deeltraject gecontroleerd of er bestaande kunstwerken worden verlengd of nieuwe kunstwerken worden geplaatst.
- Verdwijnen natuurlijke oevers:
  - Als gevolg van het aanpassen van watergangen kan het zijn dat bestaande oevers worden aangepast. Hierbij is het risico dat een minder natuurlijke (harde) oever terug wordt geplaatst. Dit is niet goed voor de ecologische kwaliteit in het gebied. Daarnaast kan het risico op afkalving van oevers ontstaan bij te steile of instabiele oevers. Aan de andere kant zijn er bij het inrichten van compensatiemaatregelen ook kansen voor het inrichten van natuurlijkere oevers (zie paragraaf 8.5).
- Risico op verdere verspreiding van grondwaterverontreinigingen
  - Als gevolg van veranderingen in de grondwaterstroming kan het risico op verdere verspreiding van aanwezige grondwaterverontreinigingen groter worden. Dit is ongewenst.
- Vervuiling tijdens aanlegfase van dijkversterking.
  - Er kan een tijdelijke aantasting van de chemische en ecologische waterkwaliteit ontstaan tijdens de realisatiefase. Dit kan door intenser weggebruik of inmenging van bouwmaterialen in de watergangen. Dit effect is echter onzeker kan voorkomen worden door zorgvuldigheid in de realisatie. Dit effect is niet meegerekend om de beoordeling.

Risico op verplaatsingen van grondwaterverontreinigingen - algemeen
Langs het dijktraject is milieutechnisch bodemonderzoek uitgevoerd. Bodem- en grondwatermonsters zijn geanalyseerd op verontreinigingen. Hierbij is een aantal locaties naar voren gekomen waar verontreinigingen boven de interventiewaarde zijn aangetroffen. Dit betreffen zink- en nikkelverontreinigingen. Zink en nikkel zijn beide metalen. Over het algemeen binden deze metalen sterk aan bodemmateriaal en zijn deze verontreinigingen immobiel. Dit betekent dat de metalen hoogstwaarschijnlijk nauwelijks oplossen in grondwater en verplaatst worden door grondwaterstromingen. Enkel bij zeer hoge concentraties kunnen metalen uitzakken in het grondwater. De aangetroffen concentraties zijn niet zodanig hoog dat dit aan de orde is.

Om een eventueel verhoogd risico op de verspreiding van de aangetroffen verontreinigingen door de dijkversterkingsmaatregelen te onderzoeken is onderzocht of er kwelveranderingen worden berekend op de locaties van de verontreinigingen. Paragraaf 8.4.3 beschrijft de locaties met kwelveranderingen. Alleen ter plaatse van een zink verontreiniging langs de buitenteen van dijkvak 27 vindt een verandering van de gemiddelde kwel/wegzijgingsstromingen plaats (Figuur 8-46). Het gaat hier om een afname van de wegzijging. Dit is gunstig aangezien hiermee het risico op het uitzakken van de verontreiniging richting het watervoerend pakket vermindert wordt.



Figuur 8-46 Effect (mm/dag) van het dijkontwerp op de gemiddelde kwel en wegzijging over de wintermaanden (november t\m februari) ter plaatse van de zink verontreiniging langs dijkvak 27. Positieve waarden staan voor een toename van de kwel (of afname van de wegzijging); negatieve waarden staan voor een toename van de wegzijging (of een afname van de kwel).

Omdat er geen veranderingen van de kwel- en wegzijging plaatsvinden op locaties waar bodemverontreinigingen zijn en het feit dat de verticale constructies juist voor een belemmering van de grondwaterstroming zorgen, is er geen aanleiding is om te veronderstellen dat er een verhoogd risico is op verdere verspreiding van verontreinigingen als gevolg van het dijkontwerp. In tegenstelling: de verticale constructies uit het dijkontwerp verminderen de intensiteit van kwel en wegzijging De intensiteit van de uitwisseling tussen grondwater in de deklaag en het watervoerend pakket neemt af en daarmee ook het verspreidingsrisico van eventuele verontreinigingen die in de deklaag aanwezig zijn. Daarom is het effect van het dijkontwerp op dit criterium licht positief beoordeeld (effectbeoordeling: +).

Deeltrajecten:
Haven-Cuijk en Kraaijenbergse Plassen
De dijkversterking heeft bij deelgebied Haven - Cuijk geen overlap met het lokale watersysteem. De dijkversterking heeft geen effect op de waterkwaliteit (effectbeoordeling: 0).

In deeltraject Kraaijenbergse Plassen loopt KRW-waterlichaam de Tochtsloot onder de dijk door (dijkvak 11), via een uitwateringssluis. Dit kunstwerk vormt het uitlaatpunt van het KRW-waterlichaam en heeft invloed op het debiet in de watergang. Door de dijkversterking ontstaat geen verkleining of versmalling van het uiteinde van de Tochtsloot. Omdat de kokers van de uitlaatsluizen minimaal verlengd worden wordt de afvoercapaciteit gehandhaafd, hierdoor treden ook geen effecten op voor de waterkwaliteit en de vispasseerbaarheid.

De dijkversterking is zo ontworpen dat er geen negatief effect ontstaat op de Tochtsloot en de waterkwaliteit hiervan ten opzichte van de referentiesituatie (effectbeoordeling: 0).

Grave (Oost, Vesting en West)
In dit deeltraject loopt KRW-waterlichaam de Graafsche Raam onder de dijk door (dijkvak 11) via het Gemaal van Sasse. De dijkversterking heeft geen effect op de watergang of het gemaal. Het effect op waterkwaliteit en vispasseerbaarheid is daarom neutraal beoordeeld.

De dijkversterking is zo ontworpen dat er geen negatief effect ontstaat op de Graafsche Raam en de waterkwaliteit hiervan ten opzichte van de referentiesituatie (effectbeoordeling: 0).

Lage Wijth
De dijkversterking heeft hier geen overlap met het lokale watersysteem, enkel op tertiaire greppels. De dijkversterking heeft daarom geen effect op de waterkwaliteit (effectbeoordeling: 0).

Reek
Bij dijkvak 31 wordt een dijkoprit verbreed als onderdeel van de dijkversterking. Het profiel van de watergang onder de brug is maatgevend voor de aanvoercapaciteit van de watergang, dit kan ook invloed hebben op de waterkwaliteit van het achterliggende gebied. De verbreding geldt niet voor het deel van de dijkoprit boven de watergang. Het profiel van de watergang onder de brug blijft gehanteerd, er is geen effect op afvoercapaciteit en dus op waterkwaliteit. Het effect in deeltraject Reek is neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

Neerloon
De dijkversterking heeft hier alleen overlap met secundaire kopsloten. Hiervoor wordt compensatie ingericht. De dijkversterking heeft daarom geen effect op de waterkwaliteit (effectbeoordeling: 0).

In de onderstaande tabel zijn de effecten van de dijkversterking op de waterkwaliteit dijkvak weergegeven. Voor het gehele dijktraject is de effectbeoordeling per saldo neutraal (effectbeoordeling: 0).

Tabel 8-9 Effectbeoordeling waterkwaliteit

Deeltraject	Effectbeoordeling
Haven-Cuijk en Kraaijenbergse Plassen	0
Grave (Oost, Vesting en West)	0
Lage Wijth	0
Reek	0
Neerloon	0
Totaal	0

8.4.5 Samenvatting effectbeoordeling
De effecten van het beoogde dijkontwerp op de waterhuishouding binnendijks zijn in kaart gebracht voor het binnendijks watersysteem, de grondwaterstanden, de kwel en wegzijging en de waterkwaliteit.

De effecten van de dijkmaatregelen op het binnendijks watersysteem variëren per deelgebied, maar zijn overwegend neutraal (effectbeoordeling: 0). In deelgebied Haven-Cuijk en de Kraaijenbergse Plassen worden kleine delen van primaire watergangen gedempt, waarvoor compensatie nodig is. De afvoerende capaciteit blijft gewaarborgd, resulterend in een licht negatieve beoordeling (effectbeoordeling: -). In de deelgebieden Grave, Lage Wijth en Reek zijn er geen significante effecten op lokale watergangen, wat resulteert in neutrale beoordelingen (effectbeoordeling: 0). In deelgebied Neerloon wordt de kopse kant van twee secundaire watergangen gedempt, met compensatie opgenomen in het ontwerp, resulterend in een neutrale beoordeling (effectbeoordeling: 0). Op enkele locaties worden tertiaire watergangen (greppels) gedempt of verplaatst als gevolg van de dijkversterking. Hoewel er geen compensatieplicht is voor deze greppels, moet hun functie

voortdurend worden geëvalueerd tijdens de verdere fases en uitvoering, mogelijk in overleg met de omgeving. Over het gehele dijktraject blijft de effectbeoordeling neutraal (effectbeoordeling: 0).

De effecten van de dijkmaatregelen op de grondwaterstanden, de kwel en de wegzijging hebben geen negatieve invloed op de functies binnendijks in het gebied. De ondoorlatende verticale schermen vormen een obstakel voor de grondwaterstroming tussen de Maas en het grondwater binnendijks. Onder gemiddelde omstandigheden zorgt dit voornamelijk voor een verhoging van de grondwaterstanden aan de binnendijkse zijde van de schermen. Ondanks deze verhogingen blijft er voldoende (> 0,7 m-mv) ontwateringsdiepte over ter plaatse van bebouwing binnendijks. Bij verhoogde waterstanden in de Maas zorgen de ondoorlatende verticale schermen voornamelijk voor een verlaging van de grondwaterstanden aan de binnendijkse zijde van de schermen. Dit vermindert het risico op wateroverlast bij hoogwater. Uitzondering is het verticale scherm bij dijkvak 35. Op deze locatie zorgt het scherm juist voor een verhoging van de grondwaterstanden en daarmee voor meer risico op wateroverlast. Voor deze locatie worden dan ook mitigerende maatregelen voorgesteld (paragraaf 8.5). Over het gehele dijktraject zijn de effecten op de grondwaterstanden per saldo als neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

De dijkmaatregelen hebben een positief effect op de kwel en wegzijging. Als gevolg van de barrièrewerking van de verticale schermen neemt namelijk de kwel binnendijks bij hoogwater af. Deze kwelafname vermindert het waterbezwaar binnendijks. Met deze vermindering neemt het risico op wateroverlast af. Onder gemiddelde omstandigheden zijn de effecten van de dijkmaatregelen zeer beperkt. Over het gehele dijktraject zijn de effecten als licht positief beoordeeld (effectbeoordeling: +).

De effecten van de dijkmaatregelen op waterkwaliteit zijn overwegend neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0). In het ontwerp wordt rekening gehouden met het voorkomen van een verslechtering van de waterkwaliteit in waterlopen. Er worden geen aanpassingen gedaan aan het profiel van kunstwerken of watergangen, zodat de doorstromingscapaciteit in het watersysteem behouden blijft. Daarnaast wordt er geen groter risico op verspreiding van bodem- of grondwaterverontreinigingen verwacht ten opzichte van de huidige situatie. De dijkmaatregelen zorgen voornamelijk voor een vermindering van de intensiteit van de grondwaterstromingen (kwel- en wegzijging), als gevolg van de barrièrewerking van de verticale schermen. Hiermee is het risico op verspreiding van verontreinigingen kleiner. Over het gehele dijktraject zijn de effecten op de waterkwaliteit als neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

Tabel 8-10 Samenvatting effectbeoordeling waterhuishouding

Beoordelingscriterium	Beoordeling
Effecten op binnendijks watersysteem	0
Effecten op grondwaterstanden	0
Effecten op kwel en wegzijging	+
Effecten op waterkwaliteit	0

8.5 Mitigerende en compenserende maatregelen

Compensatie inrichten als NVO (Natuurvriendelijke Oever)

Natuurvriendelijke Oevers (NVO's) leveren een positieve bijdrage aan de ecologische waterkwaliteit. NVO's kunnen helpen bij het verminderen van erosie, het verbeteren van de habitat voor aquatische en terrestrische soorten en het filteren van verontreinigingen voordat ze het oppervlaktewater bereiken. Bij het inrichten van compensatie voor het dempen van watergangen kan het de kwaliteit ten goeden komen als de compensatie als NVO wordt ingericht.

Mitigatie effecten als gevolg van dempen teensloot dijkvak 27

Langs dijkvak 27 werd in een eerder ontwerp een sloot langs de binnenteen gedempt. Dit zorgt voor hogere grondwaterstanden en onvoldoende ontwateringsdiepte bij hoogwater met een verhoogd risico voor

wateroverlast bij de naastgelegen bebouwing. Naar aanleiding van deze effecten is besloten om het ontwerp aan te passen en de sloot te handhaven. In het ontwerp is gekozen voor een dichte verticale constructie waarmee de kwelstroming binnendijks vermindert. Dit zorgt voor lagere grondwaterstanden binnendijks. Dit is positief vanuit het oogpunt risico op wateroverlast.

Op basis van een variantenanalyse is in dijkvak 27 gekozen voor een verticale constructie in plaats van het eerdere ontwerp waarin een steunberm in combinatie met een verticale pipingoplossing werd voorzien. Dit om te zorgen voor minder negatief effect op het vlak van hemelwaterafvoer en grondwatereffecten.

Mitigatie van grondwaterverhogingen bij hoogwater binnendijks van dijkvak 35
Binnendijks van dijkvak 35 vindt bij hoogwater een verhoging van de grondwaterstanden plaats als gevolg van water dat accumuleert aan de binnendijkse zijde van het scherm. De grondwaterstanden binnendijks van dijkvak 35 bevinden zich bij hoogwater (T=10) momenteel op circa 0,8 m onder het maaiveld en de effecten van het dijkontwerp zijn hier maximaal 0,2 m. Omdat op deze locatie als gevolg van het verticale scherm de ontwateringsdiepte licht afneemt en de norm van 0,7 m-mv naar verwachting bij hoogwater niet altijd gehaald wordt, worden mitigerende maatregelen geadviseerd, zoals bijvoorbeeld een onderbemalingssysteem dat enkel in werking treedt bij hoogwater.

9. Rivierkunde

9.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de effectbeschrijving en -beoordeling opgenomen voor het thema rivierkunde. Om de rivierkundige effecten van de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein in beeld te brengen is een rivierkundige beoordeling van het dijkontwerp (VO) uitgevoerd (Notitie rivierkundige beoordeling Dijkverbeteringsproject Cuijk-Ravenstein). In de rivierkundige beoordeling zijn twee ontwerpsituaties beschreven, doorgerekend en beoordeeld: de dijkverbetering zonder een compensatiemaatregel en de dijkverbetering met een compensatiemaatregel. De compensatiemaatregel betreft een verlaging van de uiterwaarden bij Neerloon (dijkvak 35 en 36) met circa 0,4 m met als doel om het volledige waterstandsverhogende effect van de buitendijkse dijkversterking te compenseren.

De rivierkundige beoordeling is uitgevoerd volgens het Rivierkundig Beoordelingskader 6.0 en beschrijft de effecten op onder andere rivierwaterstanden, morfologie (erosie en sedimentatie) en het stroombeeld in de vaarweg. In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste resultaten zelfstandig leesbaar opgenomen, voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar de Notitie rivierkundige beoordeling

De rest van dit hoofdstuk is als volgt opgedeeld. Paragraaf 9.2 start met een beschrijving van de beoordelingscriteria en de methodiek die is gehanteerd voor de effectbeschrijving en -beoordeling. Vervolgens is in paragraaf 9.3 per criterium de referentiesituatie beschreven, die is opgebouwd uit de huidige situatie inclusief eventuele autonome ontwikkelingen. In paragraaf 9.4 is de effectbeschrijving en -beoordeling van de verschillende beoordelingscriteria opgenomen. Deze paragraaf eindigt met een samenvatting van de effectbeoordelingen voor de verschillende beoordelingscriteria, uitgedrukt in een beoordelingstabel. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de mitigerende en compenserende maatregelen in paragraaf 9.5.

9.2 Beoordelingscriteria

Voor het MER is op basis van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) en het advies van de Commissie m.e.r. een beoordelingskader vastgesteld. Voor het thema rivierkunde geldt het volgende beoordelingskader:

Tabel 9-1 Beoordelingskader rivierkunde

Thema	Beoordelingscriterium	Beoordeling
Rivierkunde	Effecten op hoogwaterveiligheid	Kwantitatief, o.b.v. rivierkundige berekeningen
	Effecten op morfologie	Kwantitatief, o.b.v. rivierkundige berekeningen
	Effecten op scheepvaart (stroombeeld in vaarweg)	Kwantitatief, o.b.v. rivierkundige berekeningen

Effecten op hoogwaterveiligheid

Bij een buitendijkse (rivierwaartse) versterking neemt het doorstroomoppervlak af waardoor de waterstanden toenemen. Compenserende maatregelen in de uiterwaarden hebben als doel om de waterstanden te verlagen. De combinatie van buitendijkse dijkversterking en compenserende maatregelen heeft een resterend waterstandseffect. Het effect op de waterstanden bij de hoogwaterreferentie (een afvoer van 4.100 m^3/s bij Borgharen) wordt gebruikt voor de beoordeling van het effect op de hoogwaterveiligheid. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 9-2 Klassegrenzen criterium 'Effecten op hoogwaterveiligheid'

+ + +	Sterke verbetering van de hoogwaterveiligheid
+ +	Verbetering van de hoogwaterveiligheid
+	Beperkte verbetering van de hoogwaterveiligheid
0	Geen relevante verandering van de hoogwaterveiligheid
-	Beperkte maar toelaatbare vermindering van de hoogwaterveiligheid
- -	Vermindering van de hoogwaterveiligheid
- - -	Sterke vermindering van de hoogwaterveiligheid

Effecten op morfologie

Ingrepen in de uiterwaarden kunnen effect hebben op de morfologische dynamiek in het rivierbed. Het rivierbed is onder te verdelen in het zomerbed (hoofdgeul) en het winterbed (uiterwaarden). In het zomerbed is het van belang dat er geen extra sedimentatie optreedt. Dit kan tot gevolg hebben dat er extra gebaggerd moet worden om de vaarweg op diepte te houden. Ook erosie in het zomerbed in de buurt van kunstwerken of bij kabels en leidingen is niet wenselijk. Daarnaast kan een ingreep ertoe leiden dat er sedimentatie of erosie ontstaat in de uiterwaarden met schade of hinder tot gevolg. Denk hierbij aan instabiel wordende kribben of eroderende percelen. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 9-3 Klassegrenzen criterium 'Effecten op morfologie'

+ + +	Sterke vermindering in de mate van erosie en sedimentatie in het rivierbed
+ +	Vermindering in de mate van erosie en sedimentatie in het rivierbed
+	Beperkte vermindering in de mate van erosie en sedimentatie in het rivierbed
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Beperkte maar toelaatbare verhoging in de mate van erosie en sedimentatie in het rivierbed
- -	Verhoging in de mate van erosie en sedimentatie in het rivierbed
- - -	Sterke verhoging in de mate van erosie en sedimentatie in het rivierbed

Effecten op scheepvaart (stroombeeld in vaarweg)

Bij een stroming van de uiterwaarden naar de hoofdgeul (of andersom) ontstaat er een dwarsstroomcomponent in de vaarweg. Deze dwarsstroom kan hinder of een onveilige situatie opleveren voor de scheepvaart. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 9-4 Klassegrenzen criterium 'Effecten op scheepvaart'

+ + +	Sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+ +	Verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+	Beperkte verbetering t.o.v. de referentiesituatie
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Beperkte verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- -	Verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- - -	Sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie

9.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling

De dijkversterking Cuijk-Ravenstein bevindt zich langs de Bedijkte Maas, een dijktraject van de Maas dat geheel bedijkt is en gekenmerkt wordt door een diep zomerbed en hoge uiterwaarden. Het karakter van de Bedijkte Maas is sterk bepaalt door de normalisatie van het begin van de 20e eeuw. Rivierbochten werden afgesneden en uiterwaarden afgegraven om zo de rivierafvoer te vergroten. Stuwen bij Lith en Grave werden aangelegd om vrijwel het gehele jaar de waterstand te controleren, waardoor er voldoende waterdiepte kwam voor de scheepvaart. Slechts enkele dagen per jaar worden de afvoeren dusdanig hoog dat de stuwen geheel open staan en uiterwaarden onder water lopen. De Maas als regenrivier heeft een grote variatie in de rivierafvoer, met een afvoer van minder dan 50 m^3/s gedurende droge zomerdagen en een afvoer voor het beoordelen van de hoogwaterveiligheid van 4.100 m^3/s (een kans van voorkomen van eens per 3.000 jaar). Om de hoogwaterveiligheid nu en in de toekomst te garanderen zijn de afgelopen decennia rivierverruimende maatregelen gerealiseerd. Ook voor nieuwe ontwikkelingen geldt dat dit de hoogwaterveiligheid niet negatief mag beïnvloeden en dat zo veel mogelijk ruimte wordt behouden voor de rivier.

9.4 Effectbeschrijving en -effectbeoordeling

Voor het berekenen van de rivierkundige effecten zijn alleen de buitendijkse maatregelen relevant die van invloed zijn op het doorstroomoppervlak en daardoor mogelijk een effect hebben op de waterstand. De buitendijkse maatregelen betreffen de dijkvakken met een rivierwaartse verplaatsing van de kruinlijn (zestien dijkvakken), de rotonde van de N321 en de compensatiemaatregel Neerloon.

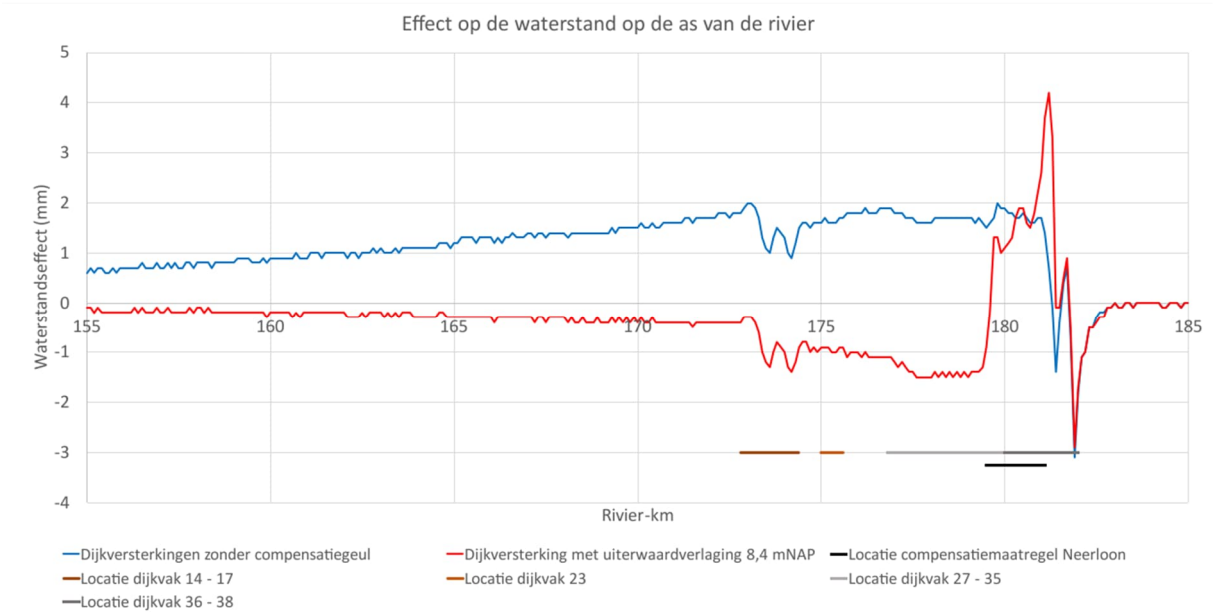
De rotonde in de N321 (dijkvak 17) is meegenomen in de berekening van de rivierkundige effecten omdat deze deels buitendijks ligt. Voor de compensatiemaatregel Neerloon is uitgegaan van een uiterwaardverlaging van circa 0,4 m naar een niveau van NAP +8,4 m.

9.4.1 Hoogwaterveiligheid

Het effect van het dijkontwerp op de hoogwaterveiligheid is getoetst op de hoogwaterreferentie in de as van de rivier en buiten de as van de rivier.

Hoogwaterreferentie in de as van de rivier
Bij de beoordeling van dit criterium is het effect van de ingreep op de waterstand in de as van de rivier bepaald. De voorwaarde bij de beoordeling is dat de ingreep niet mag leiden tot een verhoging van de waterstanden in de hoogwaterreferentie. De hoogwaterreferentie is de afvoer van 4.100 m^3/s bij Borgharen.

Figuur 9-1 toont de waterstandseffecten op de as van de rivier bij de hoogwaterreferentie voor zowel de variant met dijkversterkingen als de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (uiterwaardverlaging naar een niveau van NAP +8,4 m) vergeleken met het referentiescenario. Positieve verschillen betekenen een waterstandsverhoging (opstuwing), negatieve verschillen betekenen een waterstandsverlaging.



Figuur 9-1 Effect op de waterstand op de as van de rivier van de dijkversterkingen zonder compensatiemaatregel en met compensatiemaatregel ten opzichte van de hoogwaterreferentie (4.100 m^3/s bij Borgharen).

Dijkversterkingen zonder compensatie
Uit de bovenstaande figuur blijkt dat de buitendijkse dijkversterking zonder compensatiemaatregel (blauwe lijn) leidt tot een maximale opstuwing van +2,0 mm in de as van de rivier, ter hoogte van zowel rivierkilometer (rivier-km) 173 (dijkvak 15) als 180 (dijkvak 36). Bij dijkvak 37 treedt er lokaal een maximale waterstandsverlaging op van
-1,4 mm, een benedenstroomse piek. Deze waterstandsverlaging is lokaal en draagt daarom niet bij aan het compenseren van het waterstandsverhogende effect van de dijkversterking.

Het Rivierkundig Beoordelingskader 6.0 schrijft voor dat een berekende waterstandsverhoging in de as van de rivier maximaal +1 mm mag bedragen. In het geval van dijkversterkingen zonder compensatiemaatregel (blauwe lijn) wordt deze maximaal toelaatbare waterstandsverhoging overschreden over een traject van 20,4 km (rivier-km 160,7 - 181,1). Deze waterstandsverhoging dient gecompenseerd te worden. De situatie zonder compensatiemaatregel is namelijk in de basis niet vergunbaar.

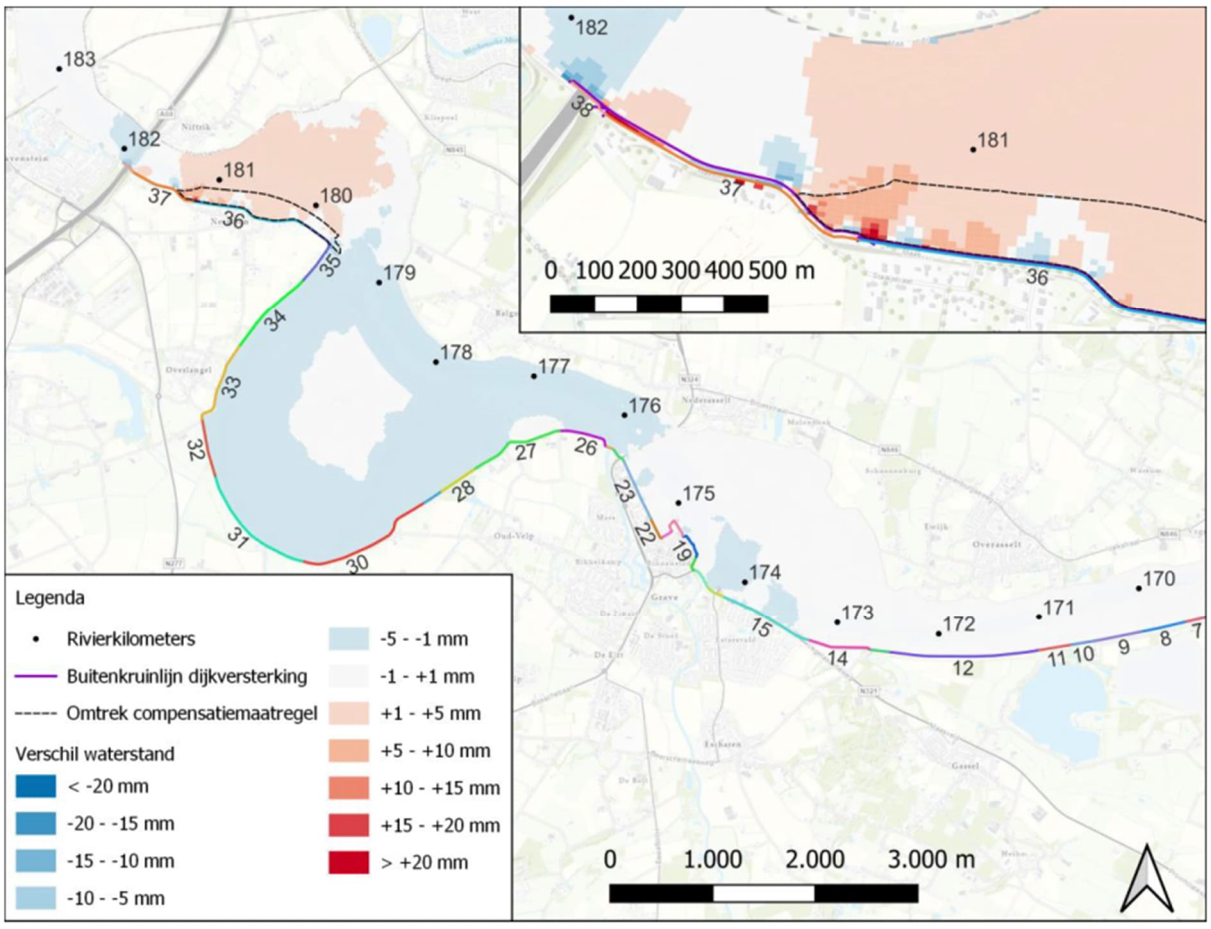
Dijkversterkingen met compensatie
In Figuur 9-1 is ook het effect van de dijkversterking met compensatiemaatregel weergegeven (rode lijn). De compensatiemaatregel heeft een waterstandverlagend effect. Dit effect compenseert de waterstandsverhoging door de dijkversterkingen volledig. De maximale waterstandsverlaging ontstaat direct bovenstrooms van de compensatiemaatregel en is bij de hoogwaterreferentie +1,5 mm. De afstand waarover een waterstandsverlaging van meer dan -1 mm wordt gerealiseerd is 3,7 km (rivier-km 175,7 - 179,4). De benedenstroomse piek is een effect dat in bijna alle gevallen van een waterstandsverlagende ingreep ontstaat.

Het Rivierkundig Beoordelingskader 6.0 schrijft daarom voor dat het bevoegd gezag in kan stemmen met een benedenstroomse piek van meer dan 1 mm wanneer er sprake is van een ruime netto waterstandsverlaging. De totale waterstandsverlaging (opgeteld per rivierkilometer) moet in dat geval veel groter zijn dan de totale waterstandsverhoging van de piek. De totale waterstandsverlaging is in dit geval circa drie keer zo groot als de totale waterstandsverhoging.

Geconcludeerd kan worden dat de compensatiemaatregel de waterstandsverhoging door de dijkversterkingen ruimschoots compenseert. Er treedt wel een benedenstroomse piek op, maar de totale waterstandsverlaging is

drie keer zo groot als de waterstandsverhoging. Per saldo kan daarom geconcludeerd worden dat de dijkversterking met compensatiemaatregel leidt tot een beperkte verbetering van de hoogwaterveiligheid. Het effect op de waterveiligheid wordt daarom beperkt positief beoordeeld (effectbeoordeling: +).

Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier
In Figuur 9-2 is het verschil in waterstand weergegeven tussen de variant met de dijkversterkingen en compensatiemaatregel ten opzichte van de hoogwaterreferentie.



Figuur 9-2 Verschil in waterstand tussen de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel en de hoogwaterreferentie (4.100 m^3/s bij Borgharen)

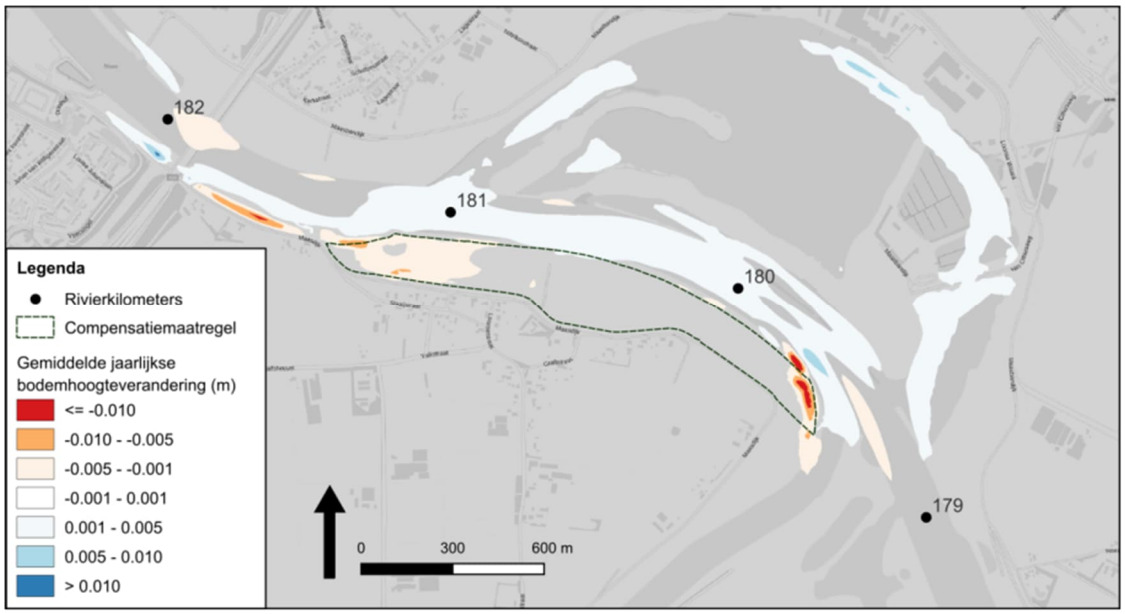
De ingrepen beïnvloeden de waterstand bij de hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier op de volgende wijze:

- Er treedt een waterstandsverlaging op bovenstrooms van de compensatiemaatregel, over de gehele breedte van het doorstroomprofiel. Het effect is meer dan 1 mm tot bovenstrooms van rivier-km 176. Het waterstandsverlagende effect van de compensatiemaatregel heft het waterstandsverhogende effect van de dijkversterkingen volledig op.
- Lokaal treden kleine waterstandsverhogingen en -verlagingen op langs de dijk bij dijkvak 36 en 37. De maximale waterstandsverhoging is 30 mm.
- Er treedt een verhoging van de waterstand op in het gebied van de compensatiemaatregel. Dit wordt veroorzaakt door de dijkversterking benedenstrooms van de compensatiemaatregel en lokaal versterkt door de benedenstroomse piek. De waterstandsverhoging reikt tot aan de overkant van de rivier, de waterstandsverhoging aan de kering aan de noordzijde is maximaal 4 mm.

Geconcludeerd kan worden dat de waterstandseffecten buiten de as van de rivier minimaal zijn. Het effect op de waterveiligheid wordt daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

9.4.2 Morfologie

Sedimentatie of erosie kan optreden wanneer de stroomsnelheid en daarmee de transportcapaciteit, respectievelijk afneemt of toeneemt. Dit kan een rol spelen bij rivierwaartse dijkversterking en bij de uiterwaardverlaging. De morfologische effecten zijn ingeschat met de vuistregels uit D-FAST MI. In Figuur 9-3 is de gemiddelde jaarlijkse veranderingen in de bodemhoogte weergegeven.



Figuur 9-3 Inschatting van de gemiddelde jaarlijkse bodemhoogteverandering volgens de vuistregels in D-FAST MI. Veranderingen kleiner dan 1 mm zijn niet weergegeven. De vuistregels zijn geschikt voor het berekenen van bodemhoogteverandering in het zomerbed, maar niet geschikt voor uiterwaarden. In de uiterwaarden geeft de figuur indicatief aan waar een risico op sedimentatie of erosie kan ontstaan.

Sedimentatie en erosie van zomerbed

Er is een kleine afname van de stroomsnelheid in het zomerbed, dus er is een risico op sedimentatie. Het verschil in stroomsnelheid is echter klein (0,05 m/s bij een afvoer van 4.100 m^3/s) en komt zelden voor. De sedimentatie in het zomerbed is daardoor verwaarloosbaar. Waar de uiterwaarden uitstromen in het zomerbed, kan erosie ontstaan door de plotselinge toename in de afvoer- en sedimenttransportcapaciteit. Uit de inschattingen met D-FAST MI (Figuur 9-3) volgt echter dat deze erosie nier waarneembaar is in de berekeningen. Geconcludeerd kan worden dat het effect op sedimentatie en erosie minimaal is. Het effect op sedimentatie en erosie van het zomerbed wordt daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

Sedimentatie en erosie van uiterwaarden en nevengeulen

Door de ingrepen treedt mogelijk lokaal lichte sedimentatie op bij dijkvak 38 (onder de Maasbrug A50), in de Loonse Waard en bij de oprijweg van de rotonde van de N321 (dijkvak 16). De ingrepen leiden nauwelijks tot een toename van de erosie. Geconcludeerd kan worden dat het effect op sedimentatie en erosie minimaal is. Het effect op sedimentatie en erosie van uiterwaarden en nevengeulen wordt daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

9.4.3 Scheepvaart (stroombeeld in vaarweg)

De rivierwaartse dijkversterkingen hebben geen significante invloed op het stroombeeld in de vaarweg (minder dan 0,01 m/s). De uiterwaardverlaging heeft mogelijk wel invloed op het stroombeeld in de vaarweg, dit is daarom getoetst. Uit de toetsing blijkt dat de dwarsstroming over het grootste deel van de uiterwaarden kleiner is dan 0,05 m/s. Enkele punten langs de uiterwaarden hebben zowel in de referentie als in het ontwerp met dijkversterkingen en de uiterwaardverlaging een dwarsstroming van 0,15 m/s die door de uiterwaardverlaging niet noemenswaardig wordt beïnvloed. Direct benedenstrooms van de maatregel neemt de dwarsstroming toe naar maximaal 0,16 m/s.

In vergelijking met de omgeving zijn deze dwarsstromingen niet ongewoon. Direct bovenstrooms van de maatregel is de uitstroming van de meander bij Keent waar in de referentie de stroomsnelheden al groter zijn dan 0,43 m/s. Ook de Loonse Waard aan de rechteroever geeft stroomsnelheden tot 0,38 m/s.

Geconcludeerd kan worden dat de dwarsstroming door de uiterwaardverlaging niet noemenswaardig wordt beïnvloed. Het effect op het stroombeeld in de vaarweg, en daarmee de effecten op de scheepvaart, wordt daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

9.4.4 Samenvatting effectbeoordeling

Door de compensatiemaatregel uiterwaardverlaging Neerloon wordt de waterstandsverhoging ontstaan door de buitendijkse dijkversterkingen ruimschoots gecompenseerd. Er treedt wel een benedenstroomse piek op, maar deze wordt gecompenseerd door de drie keer grotere totale waterstandsverlaging. Per saldo kan daarom geconcludeerd worden dat de dijkversterking met compensatiemaatregel leidt tot een beperkte verlaging van de waterstanden en daardoor tot een verbetering van de hoogwaterveiligheid (effectbeoordeling: +).

Zowel in het zomerbed als in de uiterwaard en nevengeulen zijn de veranderingen in stroomsnelheid beperkt, waardoor de effecten op erosie en sedimentatie minimaal zijn (effectbeoordeling: 0).

De rivierwaartse dijkversterkingen en de uiterwaardverlaging Neerloon leiden nauwelijks tot verandering van de dwarsstroming en hebben daardoor geen noemenswaardige invloed op de dwarsstroming in de vaarweg. Effecten op de scheepvaart zijn daardoor verwaarloosbaar.

Tabel 9-5 Samenvatting effectbeoordeling rivierkunde

Beoordelingscriterium	Beoordeling
Effecten op hoogwaterveiligheid	+
Effecten op morfologie	0
Effecten op scheepvaart (stroombeeld in vaarweg)	0

9.5 Mitigerende en compenserende maatregelen

De compensatiemaatregel uiterwaardverlaging Neerloon is een integraal onderdeel van het ontwerp, waarmee in de effectbeoordeling rekening is gehouden. De rivierwaartse dijkversterkingen leiden nauwelijks tot effecten, er is dan ook geen noodzaak voor extra mitigerende en compenserende maatregelen.

10. Natuur

10.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de effectbeschrijving en -beoordeling opgenomen voor het thema natuur. Paragraaf 10.2 start met een beschrijving van de beoordelingscriteria en de methodiek die is gehanteerd voor de effectbeschrijving en -beoordeling. Vervolgens is in paragraaf 10.3 per criterium de referentiesituatie beschreven, die is opgebouwd uit de huidige situatie inclusief eventuele autonome ontwikkelingen. In paragraaf 10.4 is de effectbeschrijving en -beoordeling van de verschillende beoordelingscriteria opgenomen. Deze paragraaf eindigt met een samenvatting van de effectbeoordelingen voor de verschillende beoordelingscriteria, uitgedrukt in een beoordelingstabel. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de mitigerende en compenserende maatregelen in paragraaf 10.5.

10.2 Beoordelingscriteria

Voor het MER is op basis van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) en het advies van de Commissie m.e.r. een beoordelingskader vastgesteld. Voor het thema natuur geldt het volgende beoordelingskader:

Tabel 10-1 Beoordelingskader natuur

Thema	Beoordelingscriterium	Beoordeling
Natuur	Effecten op instandhoudingsdoelstellingen van habitattypen en soorten in Natura 2000-gebied(en)	Kwalitatief/kwantitatief: Bureauonderzoek op basis van instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebieden, verspreidingskaarten, effectafstanden en dosis-effectrelaties uit literatuur. Externe werking wordt getoetst. Kwantitatief bureauonderzoek voor wat betreft stikstofdepositie, op basis van kentallen en een 'worst-case' AERIUS-berekening.
	Effecten op beschermde soorten	Kwalitatief: Bureauonderzoek op basis van verspreidingsgegevens van soorten, oriënterende veldbezoeken, soortgerichte inventarisaties naar leefgebieden en/of vaste rust- en verblijfplaatsen, effectafstanden en informatie over de gevoeligheid van soorten voor bepaalde effecten uit literatuur (dosis-effectrelaties).
	Effecten op Natuur Netwerk Brabant (NNB)	Kwalitatief/kwantitatief: Bureauonderzoek op basis van (beleids)kaarten, effectafstanden en dosis-effectrelaties uit literatuur, inclusief effecten externe werking waar van toepassing. Het oppervlakteverlies van NNB wordt kwantitatief in beeld gebracht.
	Effecten op houtopstanden	Kwalitatief/kwantitatief: Bureauonderzoek aantasting beschermde houtopstanden, berekenen oppervlakteverlies en aantal bomen. Waardebepaling van de houtopstanden door bureauonderzoek en op basis van uitgevoerde inventarisatie.
	Effecten op weidevogelgebieden en ganzenfoerageergebieden	Kwalitatief/kwantitatief: Bureauonderzoek op basis van (beleids)kaarten, effectafstanden en dosis-effectrelaties uit literatuur. Het oppervlakteverlies van weidevogelgebieden en ganzenfoerageergebied wordt kwantitatief in beeld gebracht.
	Effecten op Rode Lijst-soorten	Kwalitatief: Bureauonderzoek op niveau landschap en ecosysteem, op basis van beschikbare verspreidingsdata.

Effecten op Natura 2000-gebieden

De dijkverbetering kan directe en/of indirecte effecten hebben op de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden. Directe effecten treden op door ruimtebeslag in een Natura 2000-gebied. Indirecte effecten zijn effecten van bijvoorbeeld lichtverstoring, geluidsverstoring of vernatting. Afhankelijk van het Natura 2000-gebied kunnen effecten optreden op habitattypen, habitatsoorten en leefgebieden van broedvogels en niet-broedvogels. Daarnaast kan tijdens de uitvoering tijdelijk sprake zijn stikstofdepositie, wat effecten kan hebben op habitattypen en leefgebieden en bijgevolg ook habitatsoorten.

Bij de beoordeling van de effecten op Natura 2000-gebieden is gekeken naar de afstand van het projectgebied in relatie tot het dichtstbijzijnde Natura 2000-gebied. De effectbepaling is gericht op verstoring of directe aantasting van leefgebieden en/of habitattypen en indirecte effecten door verstoring van de Natura 2000-gebieden. Voor broedvogels en niet-broedvogels is gekeken naar de verstoring/aantasting van leefgebied. Voor habitattypen is gekeken naar de aantasting van areaal en stikstofdepositie (met behulp van een AERIUS-calculatie) en voor habitatsoorten is gekeken naar de aantasting (onder andere door stikstofdepositie) en verstoring van leefgebied. De effecten van de voorgenomen activiteiten zijn beoordeeld op de instandhoudingsdoelstellingen van habitattypen en soorten. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 10-2 Klassegrenzen criterium 'Effecten op Natura 2000-gebieden'

+ + +	N.v.t.
+ +	N.v.t.
+	N.v.t.
0	Geen verwacht effect op de instandhoudingsdoelstelling.
-	Beperkt en tijdelijk negatief effect, zeker niet significant.
- -	Negatieve effecten zijn niet uit te sluiten, maar dit zijn geen significante effecten en brengen het behalen van de instandhoudingsdoelstelling niet in gevaar. Eventuele significante negatieve effecten kunnen voorkomen worden door mitigerende maatregelen.
- - -	Significant negatieve effecten zijn niet uit te sluiten en kunnen niet voorkomen worden met mitigerende maatregelen. De effecten leiden mogelijk tot het niet of moeilijker behalen van instandhoudingsdoelstellingen.

Effecten op beschermde soorten

De dijkverbetering kan directe en/of indirecte effecten hebben op beschermde soorten. Zo kunnen aanlegwerkzaamheden soorten in hun leefgebied verstoren of essentieel leefgebied of vaste rust- en verblijfplaatsen van soorten aantasten. Bij de beoordeling van de effecten op beschermde soorten is gekeken naar de mate waarin soorten en het leefgebied van beschermde soorten effecten ondervinden. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 10-3 Klassegrenzen criterium 'Effecten op beschermde soorten'

+ + +	N.v.t.
+ +	N.v.t.
+	N.v.t.
0	Geen effect op beschermde soorten.
-	Beperkt negatief effect zonder gevolgen voor het leefgebied van beschermde soorten.
- -	Negatieve effecten op het leefgebied van beschermde soorten.
- - -	Zeer negatieve effecten op het leefgebied van beschermde soorten.

Effecten op Natuur Netwerk Brabant

De dijkverbetering kan leiden tot ruimtebeslag op natuur binnen het Natuurnetwerk Brabant (NNB), maar kan ook, al dan niet door externe werking, een verstorend effect hebben op wezenlijke kenmerken en waarden in het NNB en Groenblauwe waarden. Ook kunnen de werkzaamheden in de aanlegfase leiden tot verstoring van natuurwaarden. Voor de beoordeling van de effecten op NNB is gekeken naar de aantasting van wezenlijke kenmerken en waarden; rechtstreeks ruimtebeslag (areaal en samenhang) en ruimtebeslag op specifieke beheertypen (aantasting kwaliteit). Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 10-4 Klassegrenzen criterium 'Effecten op Natuur Netwerk Brabant'

+ + +	N.v.t.
+ +	N.v.t.
+	N.v.t.
0	Geen effecten op wezenlijke kenmerken en waarden van het NNB.
-	Beperkt negatief effect op wezenlijke kenmerken en waarden van het NNB, eenvoudig te compenseren, ruimtebeslag <1 hectare.
- -	(Mogelijke) aantasting van wezenlijke kenmerken en waarden van het NNB, relatief eenvoudig te compenseren, ruimtebeslag 1 - 10 hectare.
- - -	Aantasting van wezenlijke kenmerken en waarden van het NNB, compensatie hiervan is moeilijk of duurt lang, ruimtebeslag >10 hectare.

Effecten op houtopstanden

Bij de dijkverbetering moeten mogelijk houtopstanden en bomen worden gekapt. De effecten op houtopstanden en bomen die zijn beschermd onder de Omgevingswet zijn bepaald door met een GIS-analyse te kijken naar het areaal houtopstand en aantal solitaire bomen dat (mogelijk) gekapt zal moeten worden. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 10-5 Klassegrenzen criterium 'Effecten op houtopstanden'

+ + +	N.v.t.
+ +	N.v.t.
+	N.v.t.
0	Geen effect op houtopstanden.
-	Beperkt negatief effect (verlies bos <1 hectare)
- -	Matige aantasting areaal bos (1-10 hectare)
- - -	Aanzienlijke aantasting areaal bos (>10 hectare)

Effecten op weidevogelgebieden en ganzenfoerageergebieden

De dijkverbetering kan leiden tot ruimtebeslag op leefgebied van ganzen en weidevogels. Ook kunnen de werkzaamheden in de aanlegfase leiden tot verstoring van ganzen en weidevogels. Bij de beoordeling van de effecten op weidevogelgebieden en ganzenfoerageergebieden is gekeken naar het ruimtebeslag en de verstoring tijdens de aanlegfase. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 10-6 Klassegrenzen criterium 'Effecten op weidevogelgebieden en ganzenfoerageergebieden'

+ + +	N.v.t.
+ +	N.v.t.
+	N.v.t.
0	Geen verwacht effect.
-	Tijdelijk en/of beperkt negatief effect (0 - 5 hectare).
- -	Negatief effect: areaal neemt af met 5 - 100 hectare.
- - -	Zeer negatief effect: areaal neemt af met >100 hectare.

Effecten op Rode Lijst-soorten
De dijkverbetering kan soorten in hun leefgebied verstoren of essentieel leefgebied of rust- en verblijfplaatsen van soorten aantasten. Bij de beoordeling van de effecten op Rode Lijst-soorten is gekeken naar het ruimtebeslag en de verstoring tijdens de aanlegfase. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 10-7 Klassegrenzen criterium 'Effecten op Rode Lijst-soorten'

+ + +	N.v.t.
+ +	N.v.t.
+	N.v.t.
0	Geen verwacht effect.
-	Beperkt negatief effect: tijdelijke verstoring of verstoring met beperkt effect.
- -	Negatieve gevolgen voor beperkt aantal Rode lijst-soorten zonder dat instandhouding wordt geschaad.
- - -	Negatieve gevolgen voor Rode Lijst-soorten met gevolgen voor instandhouding.

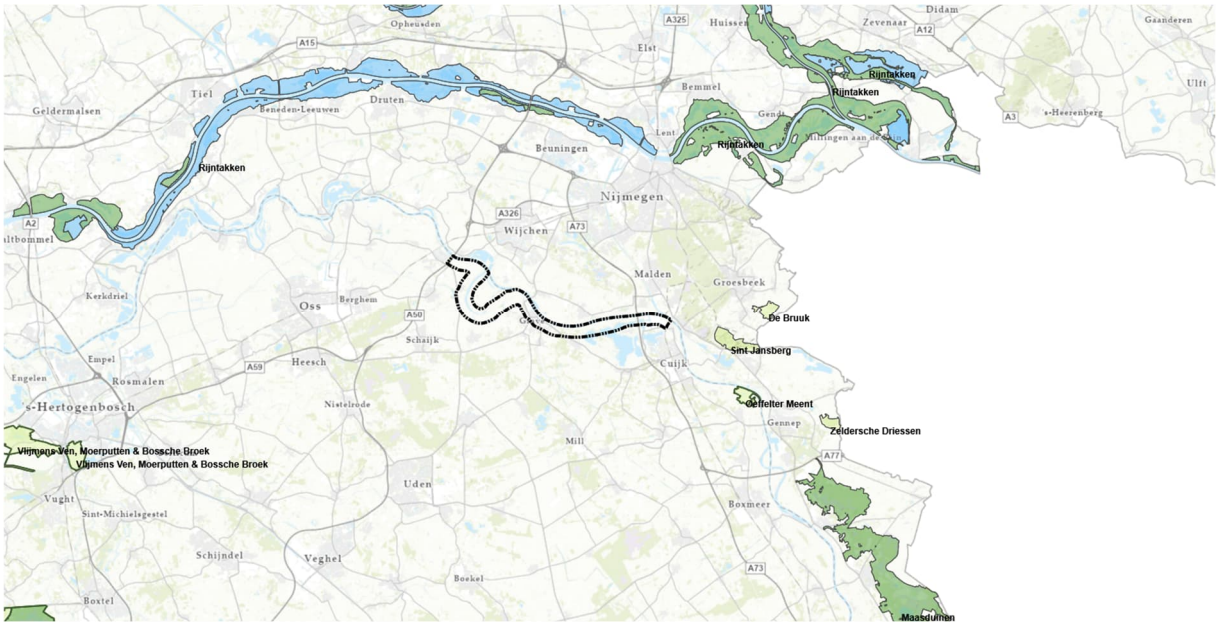
Voor toetsing aan beschermde natuurwaarden zijn uitsluitend de meekoppelkansen Beekmonding Raam en de in de dijk geïntegreerde meekoppelkansen (N321 en Koninginnedijk) getoetst.

10.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling

10.3.1 Natura 2000-gebieden

Het dijkversterkingsproject Cuijk-Ravenstein bevindt zich op circa 3 kilometer afstand van het Natura 2000-gebied 'Sint Jansberg', zie Figuur 10-1. De Sint Jansberg wordt beschermd onder de Habitatrichtlijn. De Sint Jansberg is een landgoed op het zuidelijk deel van de Nijmeegse stuwwal dat bestaat uit oude loofbossen, naaldbossen en bronnetjesbossen. Karakteristiek voor de stuwwallen zijn de scheefgestelde lagen in de bodem. Bij de slechtdoorlatende lagen treedt het afstromende grondwater uit in de vorm van bron- en kwelzones. In het gebied liggen verschillende brongebieden en veenmoerassen. Aan de voet van het gebied, bij Plasmolen, ligt een moerassige laagte. Er zijn veelal steile hellingen en daardoor scherpe overgangen aanwezig van droog naar zeer nat.

Op grotere afstanden liggen (onder andere) het Natura 2000-gebied 'De Bruuk' (op circa 5,3 kilometer afstand), Natura 2000-gebied 'Oeffelter Meent' (op circa 6 kilometer afstand) en Natura 2000-gebied 'Rijntakken' (op circa 10 kilometer afstand), zie Tabel 10-8.



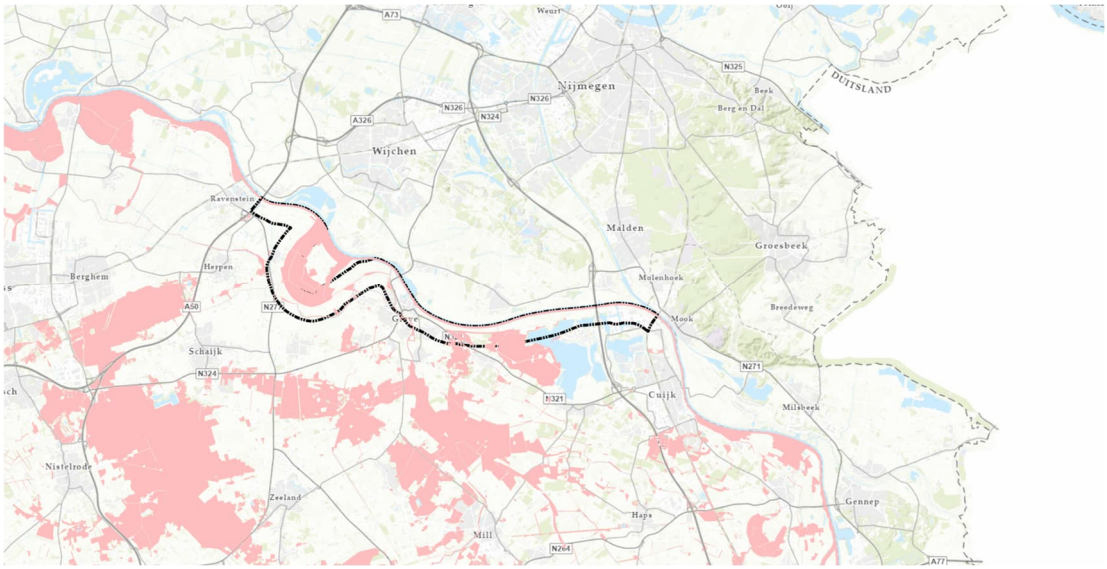
Figuur 10-1 Ligging plangebied (zwart omlijnt) ten opzichte van Natura 2000-gebieden in de omgeving

Tabel 10-8 Overzicht van Natura 2000-gebieden die <25 kilometer afstand van het plangebied liggen. Daarnaast is per Natura 2000-gebied de bescherming weergegeven (HR = Habitatrichtlijn, VR = Vogelrichtlijn). Het Natura 2000-gebied Rijntakken staat wordt twee keer beschreven aangezien binnen 25 kilometer delen van het Natura 2000-gebied aanwezig zijn met uitsluitend een VR-bescherming en met zowel HR- als VR-bescherming.

Natura 2000-gebied	afstand (km)	bescherming
Sint Jansberg	3	HR
De Bruuk	5,3	HR
Oeffelter Meent	6	HR
Rijntakken	10	VR+HR
Rijntakken	10,1	VR
Zeldersche Driessen	11,6	HR
Maasduinen	13	VR+HR
Veluwe	18,9	VR+HR
Boschhuizerbergen	23,6	HR
Binnenveld	23,8	HR

10.3.2 Provinciaal beschermde gebieden

Deze paragraaf beschrijft de gebieden die een bescherming hebben vanuit de omgevingsverordening van provincie Noord-Brabant. In de omgeving van het dijktracé liggen diverse provinciaal beschermde gebieden. Ten noorden van het dijktracé liggen delen van het Gelders Natuurnetwerk (GNN). Het GNN kent geen externe werking en het projectgebied ligt geheel buiten de begrenzing van het GNN. Om deze reden wordt het GNN niet aanvullend getoetst. Het dijktracé ligt wel binnen het Natuurnetwerk Brabant (NNB) en de begrenzing van de Groenblauwe Waarden. Verder gaat deze paragraaf in op weidevogelgebieden en de rustgebieden voor smienten en ganzen.



Figuur 10-2 Overzicht van de ligging van het projectgebied (globaal binnen de zwarte omlijning) en de Natuurnetwerk Brabant (roze)

Natuur Netwerk Brabant (NNB)/Groenblauwe Waarden
Het projectgebied ligt binnen het NNB. In onderstaande alinea's wordt de referentiesituatie van het NBB ten opzichte van de deeltrajecten (zie ook paragraaf 5.2).

Haven-Cuijk (dijkvak 1 t/m 5a)
De dijk ligt in dit deeltraject buiten het NNB. De Maas, die op 60 meter afstand van de teen van de dijk ligt, ligt wel binnen het NNB. Vanuit het Natuurbeheerplan van de provincie Noord-Brabant is de Maas aangemerkt met het beheertype Rivieren (N02.01). De Maas is van belang voor diverse vissoorten, vogels en andere fauna. De oevers van de Maas zijn hier vrij laag maar door erosie steil. Op de oever zijn zowel aan de Brabantse als aan de Gelderse zijde bakenbomen (bomen die de grens tussen water en land markeren) aanwezig. De bomen zijn ruim negentig jaar oud. Deze kunnen functioneren als nestlocatie voor diverse vogelsoorten.

Kraaijenbergse Plassen (dijkvak 5b t/m 14)
Bij het deeltraject Kraaijenbergse Plassen ligt een deel van de dijk binnen het NNB. De Kraaijenbergse Plassen liggen binnendijks en zijn belangrijk voor diverse vogels, amfibieën en zoogdieren. Het eerste deel, dijkvak 5b tot en met 10, maakt geen deel uit van het NNB. Het deel van dijkvak 11 tot en met 14 maakt deel uit van het NNB. Zowel binnendijks als buitendijks liggen delen van de omgeving binnen het NNB. Buitendijks zijn dit de Maas (N02.01) en de Tochtsloot (ook een KRW-watergang). De Tochtsloot loopt binnendijks door tot ten zuiden van de provinciale weg N321. De Tochtsloot is getypeerd als beek en bron (N03.01). Binnendijks maken verder de westelijke plassen van de Kraaijenbergse Plassen, diverse graslanden en struweelhagen en houtopstanden onderdeel uit van het NNB.

De binnendijks gelegen graslanden zijn getypeerd als rivier- en moeraslandschap (N01.03) en kruiden- en faunarijk grasland (N12.02). De graslanden bestaan uit relatief kleine percelen omgeven met struwelen en bomenrijen. Enkele percelen zijn aangewezen als percelen die nog omgevormd moeten worden naar natuur (N00.01). Vanaf dijkvak 11 in het oosten liggen op circa 30 meter afstand vanaf de teen van de dijk brede struweelhagen (beheertype L01.06). Deze hagen zijn belangrijk als schuilgelegenheid voor diverse zoogdieren, zoals das, steenmarter, muizen en kleine marterachtigen. Ook vormen deze nestgelegenheid en uitkijkposten voor (zang)vogels.

In het midden van het deeltraject, ter hoogte van de westelijke plas van de Kraaijenbergse Plassen, ligt een bosschage dat getypeerd is als hoog- en laagveenbos (N14.02). De bomen staan hier op het droge deel omgeven door sloten en een plas. De combinatie van droge habitats met de omliggende natte habitats vormen

leefgebied voor diverse soorten amfibieën, zoals de alpenwatersalamander. Daarnaast kunnen er diverse broedvogels tot broeden komen.

Bij het westelijke deeltraject liggen volkstuinen. De volkstuinen liggen buiten het NNB, maar worden wel omgeven door bos binnen het NNB getypeerd als vochtig bos met productie (N16.03). De ondergroei langs de noordzijde is met name braam. Het bos grenst aan de teen van de dijk. Langs de dijkzijde liggen onder de bomen ook takkenrillen. Het bos vormt leefgebied voor onder andere vos, steenmarter maar ook als nestgelegenheid voor spechten en zangvogels.

Grave oost-, west en vesting (dijkvak 15 t/m 25)
Binnen dit deeltraject ligt uitsluitend het Graafsche Raam binnen het NNB. Het functioneert als een ecologische verbindingszone binnen het NNB. Het Graafsche Raam is een KRW-watergang en heeft een functie voor soorten als rivierdonderpad en diverse andere vissoorten. Ook vormt het leefgebied van de bever. Verder grenst het aan de Maas bij de kade in Grave. De kade is geheel verhard met alle bakstenen of basaltblokken.

Lage Wijth (dijkvak 26 t/m 29)
Zowel binnendijks als buitendijks bij dit deeltraject zijn diverse gras- en bouwlanden aanwezig. De percelen liggen, op enkele na, niet binnen de begrenzing van het NNB. Met name binnendijks zijn langs de percelen ook bomen en bomenrijen aanwezig. Het dijktalud aan de buitendijkse zijde is getypeerd als bloemendijk (N12.01). Ook liggen er twee kleine graslandpercelen getypeerd als N12.02. De graslanden functioneren als leefgebied voor onder andere hazen, vlinders en overige insecten. Tussen het deel van de uiterwaarden dat in agrarisch gebruik is en Keent, ligt een natuurlijke zone wat het drooggelegde deel is van de oude meander van de Maas. In deze zone zijn diverse houtopstanden en enkele plassen aanwezig. Op korte afstand van de dijk liggen twee poelen, waarvan één poel getypeerd is als poel en klein historisch water (L01.01), en een teensloot. De poelen functioneren als leefgebied voor diverse amfibieën (onder andere alpenwatersalamander) en libellen.

Binnendijks liggen vier agrarische erven en een vrijstaande woning op de dijk. De erven worden omringt door struwelen en bomenrijen, waarvan enkele getypeerd zijn als knip- of scheerhaag (L01.05). Binnendijks ligt een moerasbos getypeerd als vochtig bos met productie (N16.04) en haagbeuken- en essenbos (N14.03). Het bos functioneert als leefgebied voor de bever en diverse broedvogels waaronder de blauwe reiger.

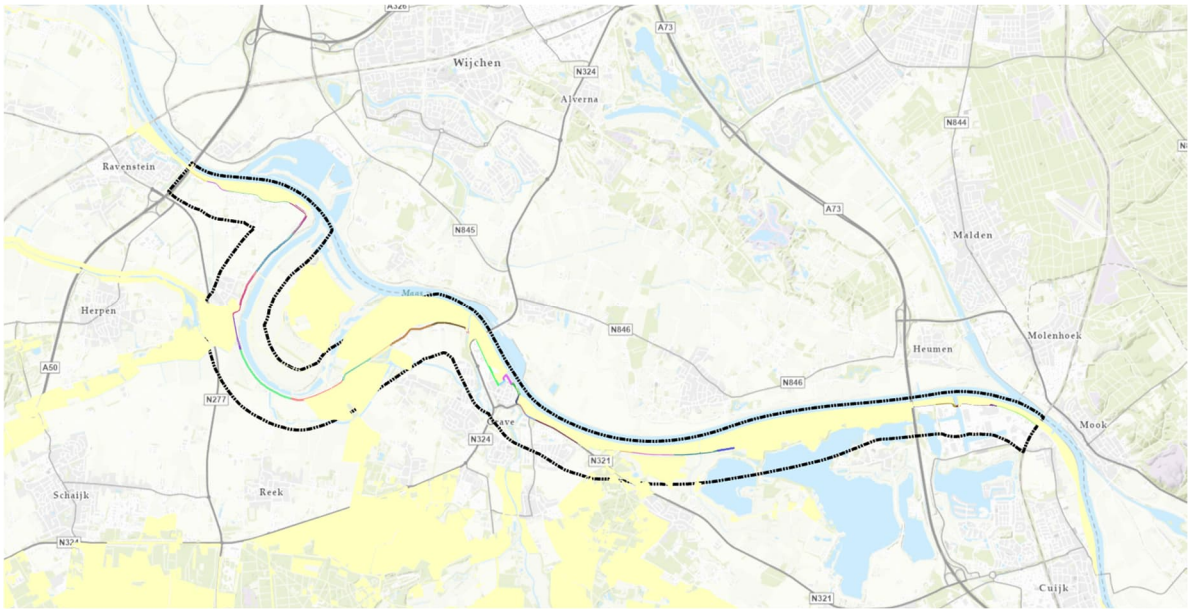
Reek (dijkvak 30 t/m 34)
Het gehele buitendijkse gebied langs dit deeltraject tot aan de kern van Keent ligt binnen de begrenzing van het NNB. De buitendijkse graslanden tussen de dijk en de nevengeul (restant van de oude meander van de Maas) zijn smal (circa 20 meter breed). De graslanden zijn getypeerd als bloemendijk (N12.01) en kruiden- en faunarijk grasland (N12.02). Het grootste deel van de buitendijkse percelen zijn natuurlijke graslanden die worden begraast door runderen of schapen. De percelen zijn ook in recreatief gebruik door de aanwezigheid van een klompenpad. Eén buitendijks perceel ligt binnen het NNB maar heeft nog geen aangewezen natuurtype en is op dit moment in agrarisch gebruik.

Langs de noordoever van de nevengeul (N02.01) staan op enkele locaties rietkragen. Verder zijn de oevers slechts beperkt begroeid met oeverbegroeiing en hebben ze een flauwe toeloop richting de nevengeul. De nevengeul is van belang voor diverse watervogels.

Neerloon (dijkvak 35 t/m 38)
Bij Neerloon maken alleen de dijk en de buitendijks gelegen uiterwaarden onderdeel uit van het NNB. De buitendijkse graslanden zijn getypeerd als kruiden- en faunarijk grasland. Het grasland wordt hier begraast door runderen. Ook is hier de monding van de nevengeul die tussen de uiterwaarden en het Eiland van Keent loopt. De nevengeul is belangrijk voor watervogels en, net als de Maas, getypeerd als beheertype rivieren (N02.01). De oevers hebben een lange en flauwe loop richting het water. De oeverbegroeiing is relatief beperkt. Op de kruin van de dijk ligt een verharde weg welke eveneens toegang biedt tot binnendijks gelegen woningen.

Groenblauwe waarden

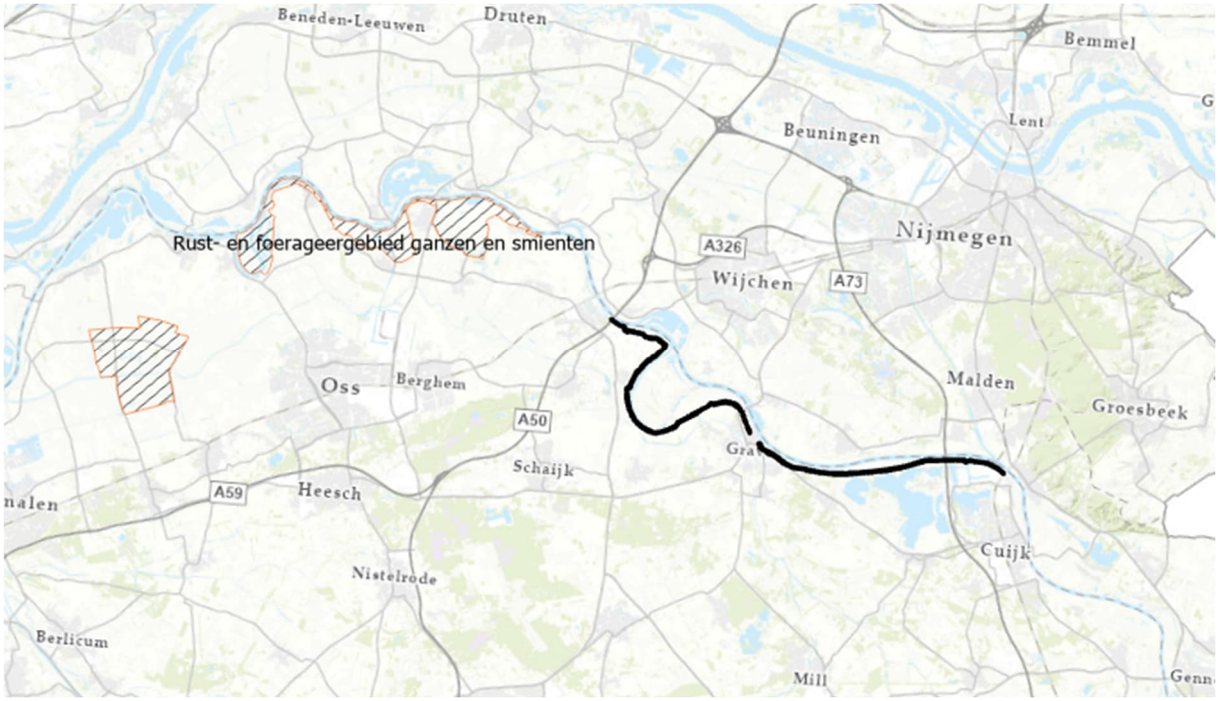
Van de delen langs het dijktraject die buiten het NNB liggen zijn over het gehele traject de buitendijkse gebieden gelegen binnen de groenblauwe waarden. Het zijn voornamelijk gras- en bouwlandpercelen. De meeste percelen hebben een agrarische functie. Binnendijks zijn enkele percelen in gebruik als boomkwekerij (deeltraject Kraaijenbergse Plassen).



Figuur 10-3 Overzicht van de ligging van het projectgebied (globaal binnen de zwarte omlijning) en de groenblauwe waarden (geel)

Weidevogelgebieden en ganzenfoerageergebieden

Het projectgebied ligt op 3,9 kilometer van het dichtstbijzijnde rust- en foerageergebied voor ganzen en smienten. De gebieden bij Megen, ten westen van Ravenstein maken deel uit van de dijkverbetering en gebiedsontwikkeling in het kader van de Meanderende Maas.



Figuur 10-4 Overzicht van het projectgebied (zwarte omlijning) ten opzichte van de rust- en foerageergebieden voor ganzen en smienten

10.3.3 Beschermde en Rode Lijst-soorten

Naar aanleiding van de onderzoeken in de verkenningsfase (WSP + zoogdiervereniging) en het verkennend natuuronderzoek in 2024 (Sweco) heeft Sweco in 2024 soortgericht onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van diverse beschermde soorten langs het dijktracé. De resultaten van dit onderzoek zijn in deze paragraaf beschreven.

Haven-Cuijk

In dit deeltraject bevindt zich binnendijks de haven van Cuijk met diverse bedrijven. De terreinen zijn bebouwd en deels verhard. De uiterwaarden buitendijks zijn deels in gebruik als grasland en deels in gebruik als bouwland. Buitendijks zijn enkele struwelen aanwezig en langs de Maas staan bakenbomen. Deze functioneren als (potentiële) nestlocatie voor diverse soorten vogels, waaronder zwarte kraai. Door de aanwezigheid van kraaiennesten zijn de bakenbomen geschikt als nestlocatie voor de boomvalk, maar deze is niet in de bakenbomen vastgesteld tijdens het soortgericht onderzoek. Binnendijks is één nestlocatie vastgesteld van de boomvalk in een bomenrij grenzend aan de binnenteen van de dijk. In dezelfde bomenrij bevindt zich een nestlocatie van de torenvalk.

Langs de binnenteen bestaat de begroeiing ten hoogte van dijkvak 1 tot en met 3 deels uit braamstruweel en kruidenachtige begroeiing. Door het dichte struweel vormt het schuilmogelijkheden voor patrijs, marters en das. Binnendijks bij dijkvak 1 liggen enkele grote takkenrillen die kunnen functioneren als verblijfplaats of schuilmogelijkheid voor (kleine) marterachtigen en andere kleine zoogdieren. De takkenrillen liggen op korte afstand (<15 meter) van de dijk. Er zijn in dit deeltraject meerdere verblijfplaatsen van de das aanwezig. De hoofdburchten liggen binnendijks op wisselende afstand van de dijk. Buitendijks zijn enkele bijburchten aanwezig. De dijk en de gras- en bouwlanden langs het dijktracé maken onderdeel uit van het foerageergebied van de das.

De oevers van de keersluis zijn deels verhard door de aanwezigheid van basaltblokken. Daardoor zijn voornamelijk de oevers van de Maas geschikt voor mogelijke holen van de bever. In de keersluis zijn geen holen van de bever aanwezig.

Met het vleermuisonderzoek is één (paar)verblijfplaats van de gewone dwergvleermuis vastgesteld in een van de woningen grenzend aan de dijk. Het groen rondom de woningen en langs de dijk wordt gebruikt als foerageergebied door vleermuizen. Er zijn geen (essentiële) vliegroutes van vleermuizen vastgesteld langs de dijk.

Op de watergang bij de keersluis na, zijn watergangen of poelen langs het dijktracé afwezig.

Kraaijenbergse Plassen

In dit deeltraject zijn de buitendijkse uiterwaarden voornamelijk in gebruik als bouwland. Delen zijn ook in gebruik als grasland. Buitendijks zijn er drie watergangen in de uiterwaarden die kunnen fungeren als leefgebied voor amfibieën en vissen. Alle watergangen staan in verbinding met de Maas. Daarnaast vormen enkele watergangen leefgebied voor de bever gezien de aanwezigheid van oeverholen. Enkele binnen- en buitendijkse watergangen of wateren vormen leefgebied voor de grote modderkruiper, poelkikker en/of alpenwatersalamander. Overige algemene vissen en amfibieën, waaronder de kleine watersalamander en gewone pad, komen ook voor in deze wateren. De oevers van de Kraaijenbergse Plassen zijn waterhoudend maar bevatten ook veel ondiepe zones.

Buitendijks is geen struweel aanwezig en zijn bomen beperkt tot de bakenbomen langs de Maas. Binnendijks zijn over vrijwel de gehele lengte van het deeltraject brede struwelen aanwezig. De struwelen vormen nestgelegenheid voor (algemene) broedvogels en leefgebied voor marters en de das. In het struweel zijn ook verblijfplaatsen van de das aanwezig. Eén hoofdburcht is aanwezig ter hoogte van de meest westelijke plas van de Kraaijenbergse Plassen (dijkvak 10). Deze is aanwezig in de risicozone van de dijk, een alternatieve burcht wordt aangelegd op grotere afstand van de dijk. De struwelen rond de Kraaijenbergse Plassen vormen ook het

leefgebied van de sleedoornpage, vrijwel de enige populatie van sleedoornpage in Noord-Brabant. De houtopstanden en graslanden vormen ook leefgebied voor hazen en reeën. De houtopstanden en ruigtes vormen schuilgelegenheid en rustplaatsen voor deze soorten. De graslanden en akkers worden benut als foerageergebied.

De bakenbomen langs de Maas en de binnendijks aanwezige solitaire bomen en bomenrijen worden door diverse vogelsoorten, waaronder buizerd, zwarte kraai en ekster gebruikt als nestlocatie. Langs het deeltraject zijn ook aantal elektriciteitsmasten te vinden die zouden kunnen dienen als mogelijke nestlocatie voor vogels.

Er zijn enkele agrarische erven binnendijks aanwezig langs dit deeltraject. Deze liggen op korte afstand van de dijk. Op grotere afstand zijn meer agrarische en overige woonerven aanwezig. Op diverse erven zijn nestlocaties van de steenuil en kerkuil aanwezig. De erven, graslanden en akkers vormen het leefgebied voor de steen- en kerkuil. De woningen vormen potentieel geschikte verblijfplaatsen voor gebouwbewonende soorten zoals huismussen en vleermuizen.

Grave: deeltrajecten Oost, Vesting en West
In deeltraject Oost zijn de buitendijkse uiterwaarden voornamelijk in gebruik als bouwland. Over de dijk loopt de provinciale weg N321. Binnendijks is vooral bebouwing aanwezig. De gebouwen vormen potentiële verblijfplaatsen voor gebouwbewonende soorten zoals huismus, gierzwaluw en vleermuizen. Het deeltraject loopt langs de vestingmuur van Grave. De vestingmuur vormt een directe afscheiding met de Maas. Vanaf de Nieuwe Haven in het westen van Grave is de dijk vooral buitendijks niet verhard. Bij het westelijke deel van de dijk liggen binnendijks (nagenoeg op de dijk) diverse bedrijfsgebouwen en verhard terrein door de aanwezige infrastructuur.

De bakenbomen buitendijks en de bomenrijen en solitaire bomen binnendijks vormen nestlocaties voor zwarte kraai en eksters. De bomen zijn ook aanwezig rondom de woonerven en op de kade in Grave. Binnendijks is in het oostelijke deel van het deeltraject een park aanwezig. Het park bestaat uit graslanden, (braam)struweel en houtopstanden en een poel/vijver en wordt middels een brede watergang afgescheiden van de dijk. Het park functioneert als leefgebied voor onder andere marters en de das. Verblijfplaatsen van de das in het park zijn niet bekend. De watergang functioneert als essentieel foerageergebied en vliegroute voor watervleermuizen. Op ruime afstand van het dijktracé is ook een kraamverblijfplaats van de gewone dwergvleermuis aanwezig. De vleermuizen foerageren onder andere in het park. Uit onderzoek is gebleken dat de bomenrij langs het fietspad ten noorden van Escharen functioneert als een essentiële vliegroute voor de laatvlieger.

In de Nieuwe Haven is een verblijfplaats van de bever bekend. Diverse foerageersporen zijn ook in de omgeving aanwezig. Door de aanwezige verharding aan de oost- en zuidzijde van de haven is de dijk/kade niet geschikt als verblijfplaats. Bij dijkvak 25, bij het Gemaal van Sasse, zijn in de monding van de Graafsche Raam enkele oeverholen en een takkenburcht van de bever aanwezig in de steile oevers. De Graafsche Raam voor vormt daarnaast leefgebied voor diverse vogelsoorten, zoals de ijsvogel en vissen. De vissen kunnen via de vistrap bij het gemaal migreren tussen de Maas en de wateren binnendijks.

Lage Wijth
Het buitendijkse gebied bestaat vooral uit gras- en bouwland. De uiterwaarden zijn hier breed waardoor ook de buitendijkse percelen groot en langgerekt zijn. De afstand tot de Maas varieert van 200 tot circa 600 meter vanaf de dijk. Langs de Maas zijn lokaal steilranden aanwezig door geërodeerde oevers. Deze oevers kunnen functioneren als nestgelegenheid voor onder andere oeverzwaluw. Binnendijks zijn ook diverse agrarische percelen aanwezig, afgewisseld met agrarische erven en (vrijstaande) woningen. De erven en woningen worden gebruikt door gebouwbewonende soorten. In de schuren zijn nestlocaties aanwezig van boerenzwaluw en kerkuil. Op één erf is ook een nestlocatie van de steenuil aanwezig in een nestkast in een boom op korte afstand van de dijk.

Buitendijks is een poel en een watergang aanwezig waar het voorkomen van onder andere alpenwatersalamander is vastgesteld. Binnendijks is alpenwatersalamander ook aanwezig in de wateren in het moerasbos.

Binnendijks is een enkel bosperceel aanwezig met moerasbos. Het bos is nat met ook open water tussen de bomen. In het bos is ook een beverburcht, een kolonie van de blauwe reiger, een verblijfplaats van de rosse vleermuis en een nestlocatie van de buizerd aanwezig. De wateren vormen essentieel foerageergebied voor de watervleermuis. Het binnendijks en buitendijks aanwezige groen wordt door diverse vleermuissoorten gebruikt als foerageergebied.

In enkele kleine hoger gelegen struwelen zijn enkele verblijfplaatsen van de das aanwezig. Deze liggen zowel binnendijks als buitendijks. De binnendijkse hoofdburcht ligt binnen de risicozone van de dijk. Voor deze verblijfplaats is een kunstburcht aangelegd die op grotere afstand van de dijk ligt. In het struweel dat rondom de buitendijkse poel aanwezig is, is ook de wezel waargenomen. De wezel maakt in deze omgeving van struwelen en erfbeplanting gebruik als schuilgelegenheid en foerageergebied. De omliggende graslanden kunnen ook als foerageergebied gebruikt worden.

Reek
Bij het deeltraject Reek zijn deels nog de brede uiterwaarden aanwezig die ook bij deeltraject Lage Wijth aanwezig zijn. De brede uiterwaarden zijn voornamelijk in gebruik als bouwland. Verder richting Overlangel worden de buitendijkse uiterwaarden smal en hebben ze doorgaans een functie als natuurlijk (kruidenrijk) grasland. Binnendijks bestaat het landgebruik voornamelijk uit gras- en bouwland, afgewisseld door agrarische erven en woonerven. Op diverse erven zijn nestlocaties van de steenuil en kerkuil aanwezig in nestkasten. Ook zijn er nestlocaties aanwezig van huismus en spreeuw in enkele woningen. Zowel de erven als de gras- en bouwlanden in de omgeving, vormen leefgebied van de steenuil.

Buitendijks ligt de oude meander van de Maas. Aan de westzijde van de oude meander is deze uitsluitend nog aangetakt waardoor het meer een karakter van een nevengeul heeft. In de nevengeul zijn enkele verblijfplaatsen van de bever aanwezig. De bever is ook binnendijks in de oever van de Hertogswetering aanwezig. Tegen de dijk ligt buitendijks nog een geïsoleerde watergang. Mede door de visrijkheid heeft onderzoek de aanwezigheid van salamanders uitgesloten. In deze watergang kunnen wel algemeen voorkomende amfibieën zoals gewone pad en groene kikker voorkomen.

Langs dit deeltraject zijn diverse soorten vleermuizen waargenomen met het vleermuisonderzoek, waaronder meervleermuis, watervleermuis en gewone dwergvleermuis. Hoewel er veelvuldig gefoerageerd werd boven de oude meander/nevengeul is deze niet essentieel voor vleermuizen. Ook vormt het geen vliegroute voor vleermuizen. Rondom het groen bij woningen werd met regelmaat gefoerageerd, maar niet in grote aantallen. In/rondom enkele woningen zijn ook paarverblijfplaatsen vastgesteld van de ruige dwergvleermuis. Kraamverblijfplaatsen zijn langs het tracé niet waargenomen.

De solitaire bomen, bomenrijen en houtopstanden functioneren als nestlocaties voor de ekster en zwarte kraai. Nestlocaties van andere boombroedende vogelsoorten met een jaarrond beschermd nest zijn niet waargenomen langs dit deeltraject. De binnendijks aanwezige ooievaarspaal is niet in gebruik.

Zowel binnendijks als buitendijks zijn diverse verblijfplaatsen van de das aanwezig. De dichtstbijzijnde hoofdburcht ligt op circa 80 meter afstand vanaf de teen van de dijk. De verblijfplaatsen bevinden zich voornamelijk in de hogere delen van het landschap en doorgaans in houtopstanden of struwelen. De uiterwaarden, dijktalud en bouwland (voornamelijk mais) maken onderdeel uit van het foerageergebied van de das.

Neerloon
Het deeltraject bij Neerloon heeft buitendijks iets bredere uiterwaarden dan het deeltraject bij Reek. Aan de oostzijde van het deeltraject, bij de monding met de oude meander/nevengeul, zijn de oevers flauw. De oevers langs de Maas hebben lokaal diverse steilranden. In deze randen nestelt onder andere de oeverzwaluw. Ook is er een oeverhol van de bever aanwezig. De uiterwaarden zijn deels in gebruik als (natuurlijk) grasland.

Bomenrijen zijn in dit deeltraject op de dijk en in de vorm van bakenbomen ook langs de Maas aanwezig. In de bomen op de dijk zijn in enkele holtes een nestlocatie van de huismus, een verblijfplaats van de ruige dwergvleermuis en een nestlocatie van de spreeuw aanwezig. Binnendijks zijn voornamelijk solitaire bomen aanwezig. In deze bomen zijn enkele nestlocaties van zwarte kraai en ekster aanwezig. Tegen de A50 ligt binnendijks een klein bos. Hier zijn geen beschermde soorten vastgesteld, maar dit gebied vormt wel een leefgebied voor algemene broedvogels en zoogdieren.

Binnendijks zijn diverse woningen aanwezig. In één woning op circa 90 meter afstand van de dijk is een kraamverblijfplaats van de gewone dwergvleermuis vastgesteld. De vleermuizen maken van de bomen op de dijk gebruik als foerageergebied. De bomen functioneren niet als essentiële vliegroute. Bij de kerk in Neerloon is een roestplaats/winterrustlocatie van de ransuil vastgesteld. Van de steenuil zijn binnendijks in tuinen langs de dijk twee nestlocaties in een nestkast aanwezig. De uiterwaarden buitendijks, de tuinen in Neerloon en de agrarische percelen buiten Neerloon maken onderdeel uit van het leefgebied van de steenuil.

10.3.4 Houtopstanden
Langs het dijktracé zijn diverse bomenrijen en bossen aanwezig. Verder staan er langs de Maas diverse wilgen en populieren. Bij Neerloon is op de dijk een bomenrij aanwezig bestaande uit onder andere linde en es. Daarnaast zijn diverse vrijstaande bomen en bomenrijen aanwezig rondom woonerven en boerderijen. De bossen zijn doorgaans vrij klein qua oppervlak en variërend van droog bos tot broekbos. Het broekbos is uitsluitend aanwezig aan de Mars en Wijthdijk. Verder zijn er zowel binnendijks als buitendijks struweelhagen aanwezig bestaande uit onder andere meidoorn en sleedoorn. Tussen het volkstuincomplex en de Kraaijenbergse Plassen zijn ook enkele boomkwekerijen/boomgaarden aanwezig.

10.4 Effectbeschrijving en -beoordeling

10.4.1 Natura 2000-gebieden
Het dichtstbijzijnde Natura 2000-gebied Sint Jansdal ligt op circa 3 kilometer afstand van het projectgebied, directe effecten zoals ruimtebeslag of indirecte effecten door verstoring door geluid, licht en beweging zijn daarmee op voorhand uitgesloten. Deze effecten worden uitgesloten omdat effecten niet zover reiken. Bij de werkzaamheden kan stikstofdepositie plaatsvinden. Bij toetsing van stikstof wordt gekeken naar alle stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden tot op 25 kilometer afstand van het projectgebied. Dit is ruim voldoende om effecten door eventuele externe werking mee te nemen. In Figuur 10-1 (paragraaf 10.3.1) zijn alle stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden weergegeven binnen een straal van 25 kilometer van het projectgebied.

Door de overheid is gesteld dat effecten van stikstofdepositie tot op 25 kilometer van de bron berekend en getoetst moeten worden. Het dichtstbijzijnde Natura 2000-gebied, Sint Jansberg, heeft een aantal stikstofgevoelige habitattypes, (H7210) Galigaanmoerassen, (H9120) beuken-/eikenbossen met hulst, (H91E0C) vochtige alluviale bossen en stikstofgevoelige habitatsoort, (H1016) zeggekorfslak. Doordat het gebied op circa 3 kilometer afstand van het projectgebied ligt, is het mogelijk dat negatieve effecten optreden door stikstofdepositie. Een AERIUS-berekening is noodzakelijk om te berekenen of stikstofdepositie nadelige effecten heeft op nabijgelegen Natura 2000-gebieden. Op basis van de resultaten van de AERIUS-berekening is een overschrijding van stikstofdepositie op de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden Sint Jansberg, De Bruuk

en Rijntakken aangetoond. De effecten treden uitsluitend op tijdens de aanlegfase aangezien na afronding van de werkzaamheden de situatie nagenoeg vergelijkbaar is met de huidige situatie en niet leidt tot een toename van stikstofdepositie. De voorgenomen ontwikkeling leidt tot een tijdelijke toename van stikstofdepositie van maximaal 0,02 mol per hectare per jaar op het Natura 2000-gebied Sint Jansberg. Op de Natura 2000-gebieden Rijntakken en De Bruuk is een maximale tijdelijke toename van stikstofdepositie van 0,01 mol per hectare per jaar. In Tabel 10-9 is een overzicht gegeven met de habitattypen en leefgebieden van soorten waarop een overschrijding plaatsvindt. Nadere toetsing aan de mogelijke effecten van stikstofdepositie heeft plaatsgevonden middels een ecologische beoordeling (zie Rapportage ecologische beoordeling stikstofdepositie). Uit deze beoordeling blijkt dat significante negatieve gevolgen door de tijdelijke geringe toename aan stikstofdepositie zijn uitgesloten. Er is beoordeeld dat sprake is van negatieve effecten maar dat deze beperkt en tijdelijk zijn (effectbeoordeling: -).

Tabel 10-9 Overzicht per Natura 2000-gebied habitattypen en leefgebieden van soorten waarop een (tijdelijke) overschrijding plaatsvindt op de KDW.

Natura 2000-gebied	Habitattype of leefgebied met overschrijding
Sint Jansberg	H7210 Galigaanmoerassen; H9120 Beuken-eikenbossen met hulst; H9120 Hoogveenbossen H91E0C Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen) H1016 Zeggenkorfslak
Rijntakken	H6120 Stroomdalgraslanden; H6510A Glanshaver- en Vossenstaarthooilanden (glanshaver); H1134 Bittervoorn; H1166 Kamsalamander A122 Kwartelkoning; A153 Watersnip
De Bruuk	H6230 Heischrale graslanden; H6410 Blauwgraslanden; H7140A Overgangs- en trilvenen (trilvenen); H7230 Kalkmoerassen

10.4.2 Beschermde soorten

In deze paragraaf is per deelgebied het effect van de dijkverbetering op beschermde soorten beschreven. Aan het eind van de paragraaf zijn de effecten per deelgebied samengevat in een tabel en van een totaalbeoordeling voor het gehele dijktracé voorzien.

Haven Cuijk

Voor de dijkverbetering overlapt het dijkontwerp met een nestlocatie van de boomvalk in een bomenrij langs de dijk. De bomenrij moet worden gekapt omdat deze direct grenzen aan de dijk. Daarmee vindt ruimtebeslag op de nestlocatie van de boomvalk plaats. Door de benodigde werkstrook dienen ook takkenrillen, die verblijfplaatsen vormen voor diverse marterachtigen en kleine zoogdieren, te worden verplaatst. Mitigerende maatregelen zijn noodzakelijk voor het compenseren van de boomvalk en leefgebied voor marterachtigen.

Het struweel onder de bomenrijen en de dijk maken onderdeel uit van het leefgebied van de patrijs en worden door de werkzaamheden aangetast. Na afronding van de werkzaamheden worden binnendijks bomen terug geplant en de vegetatie op de dijk wordt hersteld. Afhankelijk van het type struweel en ontwikkeling van de vegetatie op de dijk is aantasting van het leefgebied van de patrijs slechts tijdelijk. Voor algemene broedvogels leidt het verwijderen van de vegetatie tot een afname van broedbiotoop.

Effecten op verblijfplaatsen van de das of steenuil zijn beperkt tot mogelijke verstoring. Er zijn geen verticale oplossingen voorzien waardoor de verstoringscontour van geluid en trillingen klein is. Gezien de mobiliteit van de das zijn nieuwe verblijfplaatsen, in aanloop naar de werkzaamheden dan waar deze zich nu bevinden, niet op voorhand uit te sluiten. Door de werkzaamheden kunnen vaste looproutes (wissel) worden geblokkeerd. Mitigerende maatregelen zijn noodzakelijk om de bestaande wissels functioneel te houden. Zonder mitigerende maatregelen kan de geluids- en optische verstoring op de nestlocatie van de steenuil leiden tot het verlaten van de nestlocatie.

Langs het dijktracé zijn diverse functies voor vleermuizen aanwezig. Er vindt geen ruimtebeslag plaats op essentiële functies van vleermuizen. Wanneer er nachtelijke verlichting plaatsvindt, kan deze verlichting uitstralen op elementen in de omgeving, zoals uiterwaarden, watergangen of bomenrijen. Deze wordt gebruikt als vliegroute en/of foerageergebied. De effecten zijn met maatregelen te mitigeren.

De binnendijks aanwezige gebouwen vallen buiten de werkzaamheden. Aan de keersluis vinden geen werkzaamheden plaats die van invloed zijn op beschermde soorten. Permanente effecten op beschermde gebouwbewonende soorten zijn daarmee op voorhand uit te sluiten.

De effecten op dit deeltraject zijn negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -). De effecten zijn te mitigeren en te compenseren.

Kraaijenbergse Plassen
Door de binnendijkse dijkverbetering en de daarvoor benodigde werkstrook, is er in een worst-case ruimtebeslag op circa 1,2 kilometer gemengd sleedoornstruweel. Het struweel maakt onderdeel uit van het leefgebied van de sleedoornpage. Afgaand op de resultaten van het soortgericht onderzoek en de overige documentatie en waarnemingen van de sleedoornpage rondom de Kraaijenbergse Plassen, ligt het struweel buiten de kern van de populatie van de sleedoornpage. Het effect is worst-case doordat mogelijk niet al het struweel verwijderd hoeft te worden door het uitgangspunt zoveel mogelijk beplanting binnen de werkstrook te handhaven indien dat mogelijk is. Dit wordt voorafgaand aan de uitvoering bepaald waardoor het uiteindelijke effect van ruimtebeslag kleiner kan zijn. Mitigerende maatregelen zijn noodzakelijk om het leefgebied van de sleedoornpage te herstellen.

Op de nestlocaties van de zwarte kraai en buizerd vindt geen ruimtebeslag plaats doordat het ontwerp en de werkstrook niet overlappen met de nestlocatie en de nestbomen niet gekapt hoeven te worden voor veiligheid van de dijk. Door de afstand van de nestlocaties ten opzichte van de werkstrook is verstoring door geluid- en/of trillingen mogelijk wanneer er tijdens de voortplantingsperiode van de buizerd wordt gewerkt. Om verstoring te voorkomen zijn mitigerende maatregelen noodzakelijk.

Op verblijfplaatsen van de das vindt geen ruimtebeslag plaats. Hoewel de werkstrook een hoofdburcht van de das raakt is ruimtebeslag uitgesloten doordat de burcht zich in de risicozone van de dijk bevindt en voortijdig aan de uitvoering is verwijderd in verband met hoogwaterveiligheid. Gezien de mobiliteit en geschiktheid van de omgeving van de dijk, zijn er bij eventuele nieuwe verblijfplaatsen mitigerende en/of compenserende maatregelen nodig door verstoring en/of ruimtebeslag.

Langs het dijktracé zijn diverse functies voor vleermuizen aanwezig. Er vindt geen ruimtebeslag plaats op essentiële functies van vleermuizen. Wanneer er nachtelijke verlichting plaatsvindt, kan deze verlichting uitstralen op elementen in de omgeving, zoals uiterwaarden, watergangen of bomenrijen. Deze gebieden

worden gebruikt als vliegroute en/of foerageergebied. De effecten zijn met maatregelen te mitigeren. De binnendijks aanwezige gebouwen vallen buiten de werkzaamheden. Permanente effecten op beschermde gebouwbewonende soorten zijn daarmee op voorhand uit te sluiten.

De effecten op dit deeltraject zijn negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -). De effecten zijn te mitigeren en te compenseren.

Grave Oost, Grave Vesting en Grave West
Op deze deeltrajecten leiden de werkzaamheden tot ruimtebeslag op en verstoring van beschermde soorten. Bij het deeltraject Grave Oost is er ruimtebeslag op een binnendijkse bomenrij die functioneert als essentiële vliegroute van de laatvlieger. Aantasting van deze bomenrij kan leiden tot negatieve effecten op het functioneren van de verblijfplaats(en) van de laatvlieger. Van de gebouwbewonende vleermuissoorten is er uitsluitend een verblijfplaats van de gewone dwergvleermuis op 90 meter van het dijktracé waargenomen. De werkzaamheden aan de N321 en de dijkverbetering leiden naar verwachting door de afstand niet tot negatieve effecten op de aanwezige verblijfplaats. De verstoringscontour van geluid is na afronding van de werkzaamheden aan de N321 vergelijkbaar met de huidige situatie, waardoor een toename van negatieve effecten in de gebruikersfase op voorhand kan worden uitgesloten. Verblijfplaatsen van boombewonende vleermuizen zijn niet vastgesteld langs deze deeltrajecten waardoor negatieve effecten zijn uit te sluiten. Verder vormt de Maas een vliegroute voor vleermuizen, waaronder watervleermuis en meervleermuis. Wanneer nachtelijke verlichting bij de werkzaamheden noodzakelijk is en dit onverlichte watergangen of bomenrijen langs het deeltraject verlicht, leidt dit mogelijk tot een effect op het functioneren van de vliegroute voor lichtschuwe vleermuizen. Dit effect uit zich in het mijden van de vliegroute of een verhoogd predatierisico.

In de Nieuwe Haven en de Graafsche Raam (beide deeltraject Grave West) is de bever aanwezig. Bij de Graafsche Raam, tussen het Gemaal van Sasse en de Maas, leiden werkzaamheden voor de realisatie van de meekoppelkans Beekmonding Raam tot ruimtebeslag op enkele oeverholen van de bever door verflauwing van de oever. De takkenburcht die eveneens in de Graafsche Raam aanwezig is, wordt behouden. In de Nieuwe Haven wordt verstoring van de aanwezige verblijfplaats van de bever niet verwacht gezien de afstand tot de werkzaamheden en het huidige gebruik als haven. Daardoor zijn in de huidige situatie al diverse verstoringsbronnen aanwezig. Gezien de uitvoeringswijze nog niet geheel bekend is, zijn verstorende effecten niet op voorhand uit te sluiten.

Verblijfplaatsen van boombewonende vleermuizen zijn niet vastgesteld langs deze deeltrajecten, waardoor negatieve effecten zijn uit te sluiten. Verder vormt de Maas een vliegroute voor vleermuizen, waaronder watervleermuis en meervleermuis. Wanneer nachtelijke verlichting bij de werkzaamheden noodzakelijk is en dit onverlichte watergangen of bomenrijen langs het deeltraject verlicht, leidt dit mogelijk tot een effect op het functioneren van de vliegroute voor lichtschuwe vleermuizen. Dit effect uit zich in het mijden van de vliegroute of een verhoogd predatierisico. De binnendijks aanwezige gebouwen vallen buiten de werkzaamheden. Permanente effecten op beschermde gebouwbewonende soorten zijn daarmee op voorhand uit te sluiten.

De effecten op dit deeltraject zijn negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -). De effecten zijn te mitigeren en/of te compenseren.

Lage Wijth
Het ontwerp van de dijk en de werkstrook overlapt met een watergang en een buitendijks gelegen poel waar de alpenwatersalamander is vastgesteld. Het functioneren van de poel als voortplantingswater voor de alpenwatersalamander wordt behouden doordat de poel, ondanks een klein oppervlak ruimtebeslag, van voldoende grootte blijft. De watergang wordt tijdelijk gedempt. Zonder compensatie is er door het ruimtebeslag een significante afname van het voortplantingswater van de alpenwatersalamander. Er vindt geen ruimtebeslag plaats op landhabitat van de alpenwatersalamander.

Het ontwerp van de dijk en/of werkstrook overlapt ook met een bijburcht en hoofdburcht van de das. Echter liggen deze verblijfplaatsen binnen de risicozone van de dijk. De verblijfplaatsen worden met oog op hoogwaterveiligheid buiten het project voor de dijkverbetering om al verwijderd en gecompenseerd. Daardoor is ruimtebeslag op verblijfplaatsen van de das uitgesloten op basis van de huidige informatie over aanwezige verblijfplaatsen. De nieuwe kunstburcht voor de das is reeds gerealiseerd op circa 140 meter van het dijkontwerp. De gras- en bouwlanden binnendijks en buitendijks maken daardoor nog steeds onderdeel uit van het leefgebied van de das. De aan te brengen verticale oplossingen kunnen aanwezige wissels die de verblijfplaats van de das binnendijks verbindt met de foerageergebieden buitendijks blokkeren.

Binnendijks zijn nestlocaties van de blauwe reiger, steenuil en kerkuil aanwezig. Er vindt geen ruimtebeslag plaats op deze nestlocaties doordat de nestlocaties buiten het ontwerp en werkstrook liggen. Doordat ten hoogte van de nestlocaties verticale oplossingen zijn voorzien, is het mogelijk dat door verstoring door geluid en trillingen de nestlocatie wordt verlaten.

Ruimtebeslag op verblijfplaatsen van gebouw- of boombewonende vleermuizen is uitgesloten. De verblijfplaats van de rosse vleermuis ligt buiten de werkstrook. Verstoring is mogelijk door het aanbrengen van de verticale oplossingen wat leidt tot geluidsverstoring of trillingen. De locatie van de verblijfplaats ligt buiten de werkstrook en is moeilijk te bereiken door de ruige en natte omstandigheden, waardoor optische of mechanische verstoring eveneens uitgesloten is. Verder vormen de groene elementen, zoals het binnendijks gelegen bos, foerageergebied voor vleermuizen, waaronder watervleermuis. Wanneer nachtelijke verlichting bij de werkzaamheden noodzakelijk is en dit onverlichte watergangen of bomenrijen langs het deeltraject verlicht, leidt dit mogelijk tot een effect op het functioneren van de groene elementen als foerageergebied. Dit effect uit zich in het mijden van de vliegroute of een verhoogd predatierisico.

Bij het struweel binnendijks bij de erven en buitendijks is er met name overlap met het ontwerp door ruimtereservering voor het aanpassen van de op- en afritten van de dijk en door de werkstrook. De struwelen vormen leefgebied voor onder andere steenmarter en wezel. Verstorende effecten door het aanbrengen van voornamelijk verticale oplossingen op overige struwelen die buiten de werkstrook liggen, zijn tijdelijk en uitsluitend tijdens de aanlegfase.

De binnendijks aanwezige gebouwen vallen buiten de werkzaamheden. Permanente effecten op beschermde gebouwbewonende soorten zijn daarmee op voorhand uit te sluiten.

De effecten op dit deeltraject zijn negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -). De effecten zijn te mitigeren en te compenseren.

Reek
Binnendijks zijn nestlocaties van de steenuil en kerkuil aanwezig. Er vindt geen ruimtebeslag plaats op deze nestlocaties doordat de nestlocaties buiten het ontwerp en werkstrook liggen. Doordat ter hoogte van de nestlocaties verticale oplossingen zijn voorzien, is het mogelijk dat door verstoring door geluid en trillingen de nestlocatie wordt verlaten.

Bij het struweel binnendijks bij de erven en buitendijks is er met name overlap met het ontwerp van de dijk en de werkstrook. De struwelen vormen leefgebied voor onder andere das, steenmarter en wezel. Van de das is er één vluchtpijp buiten de werkstrook op korte afstand aanwezig. De aan te brengen verticale oplossingen kunnen aanwezige wissels die de verblijfplaats van de das binnendijks verbindt met de foerageergebieden buitendijks blokkeren. Verstorende effecten door het aanbrengen van voornamelijk de verticale oplossingen op overige struwelen die buiten de werkstrook liggen, zijn tijdelijk en uitsluitend tijdens de aanlegfase.

De aanwezige beverburchten en oeverholen liggen in dit deeltraject buiten het ontwerp van de dijk en de werkstrook. Daardoor is ruimtebeslag op voorhand uitgesloten op verblijfplaatsen van de bever. De

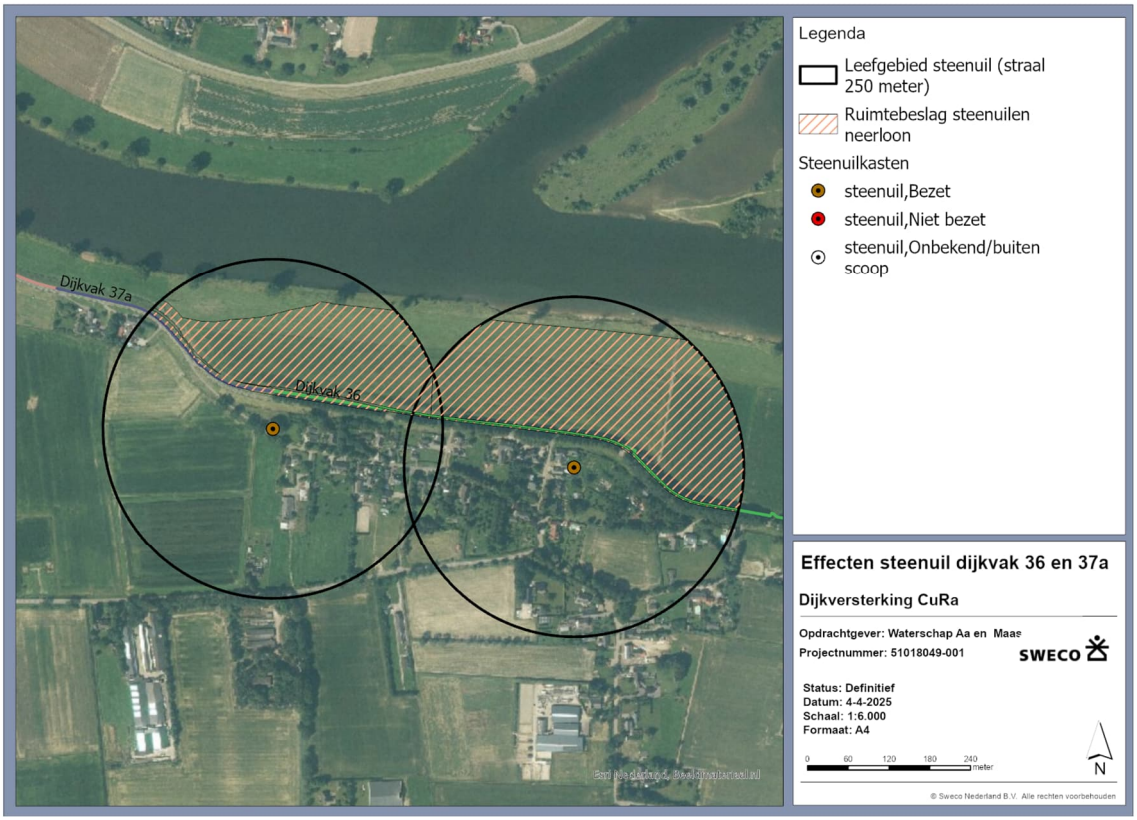
verblijfplaatsen liggen op relatief korte afstand van de locaties waar verticale oplossingen zijn voorzien. Door verstoring door trillingen en geluid kunnen negatieve effecten optreden.

De binnendijks aanwezige gebouwen vallen buiten de werkzaamheden. Permanente effecten op beschermde gebouwbewonende soorten zijn daarmee op voorhand uit te sluiten.

De effecten op dit deeltraject zijn negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -). De effecten zijn te mitigeren en te compenseren.

Neerloon

Binnendijks zijn nestlocaties van de steenuil aanwezig. Er vindt geen ruimtebeslag plaats op deze nestlocaties omdat de nestlocaties buiten het ontwerp en werkstrook liggen. Doordat ter hoogte van de nestlocaties verticale oplossingen zijn voorzien, is het mogelijk dat door verstoring door geluid en trillingen de nestlocatie wordt verlaten. De uiterwaardverlaging leidt daarnaast tot een tijdelijk verlies buitendijkse leefgebied. De omgeving binnen een straal van 250 meter rondom een nestlocatie wordt als essentieel gezien voor het functioneren van een nestlocatie. Het grootste effect is een tijdelijk verlies van maximaal 24% van het totale leefgebied (7,3 hectare van totaal leefgebied van 30 hectare).



Figuur 10-5 Tijdelijk ruimtebeslag op het leefgebied van de steenuil

Binnendijks bij dit deeltraject bevindt zich een roestplaats/winterrustlocatie van de ransuil. Doordat ter hoogte van de roestplaats verticale oplossingen zijn voorzien, is het mogelijk dat door verstoring door geluid en trillingen de nestlocatie wordt verlaten wanneer er in de periode dat deze gebruikt wordt (oktober t/m maart) wordt gewerkt. Doorgaans zijn nestlocaties van de ransuil in de omgeving van de roestplaats aanwezig. Tijdens soortgericht onderzoek zijn er geen nestlocaties van de ransuil langs dit deeltraject vastgesteld. Doordat ransuilen gebruik maken van oude nesten van ekster en zwarte kraai, zijn nestlocaties binnen de verstoringsafstand van de werkzaamheden in de aanloop naar de uitvoering niet op voorhand uit te sluiten.

De oever van de Maas vormt leefgebied van onder andere bever, oeverzwaluw en ijsvogel. Deze kunnen zich in de lokaal aanwezige steilwanden van de oever vestigen. De grens van de uiterwaardverlaging ligt op circa 20 meter van de oever van de Maas. Tot het aanwezige oeverhol van de bever wordt op deze locatie een afstand gehouden van 30 meter, waardoor deze niet wordt aangetast. Daardoor leiden de werkzaamheden niet tot ruimtebeslag. Zolang de oevers niet worden betreden is optische of mechanische verstoring door betreding van werknemers en machines ook uitgesloten. In de huidige situatie worden de oevers slechts sporadisch betreden door de begrazing door runderen en recreanten.

De bakenbomen langs de Maas zijn geschikt als nestlocatie voor soorten als boomvalk. De werkzaamheden tijdens het broedseizoen kunnen leiden tot verstoring indien in aanloop naar de uitvoering nestlocaties van de boomvalk in de bakenbomen worden vastgesteld. De bakenbomen liggen eveneens buiten de begrenzing van de uiterwaardverlaging waardoor ruimtebeslag op nestlocaties van beschermde vogelsoorten zoals de boomvalk is uit te sluiten.

De effecten op dit deeltraject zijn negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -). De effecten zijn te mitigeren en te compenseren.

10.4.3 Provinciaal natuurbeleid

Algemeen

De werkzaamheden voor de dijkverbetering en de meekoppelkansen worden uitgevoerd door middel van grondverzet (inzet van o.a. graafmachines en dumpers) en het inbrengen verticale constructies. De werkzaamheden kunnen in het algemeen leiden tot diverse effecten, waaronder geluidsverstoring, optische verstoring, trillingen en mechanische verstoring.

Geluidsverstoring

In de huidige situatie is de geluidsverstoring beperkt tot recreatieverkeer (wandelaars/fietsers), autoverkeer en periodieke landbewerking door landbouwmachines. Deze verstoring treedt voornamelijk op vanaf openbare wegen en erven. Gemiddeld gezien ligt de geluidsbelasting langs het tracé rond de 46 tot 55 dB. Rond het industrieterrein van Cuijk en de snelwegen (A50 en A73) ligt de geluidsbelasting tussen de 46dB en 70 dB. Naarmate de afstand tot de bron groter wordt neemt het geluidsniveau af tot het achtergrondgeluid. Door de werkzaamheden aan de dijk zijn deze verstoringen tijdelijk minder. De werkzaamheden zelf leiden ook tot geluidsverstoring. De geluidsbelasting is het hoogst bij het toepassen van verticale oplossingen door het intrillen van damwanden (zie

Tabel 10-10 en
Tabel 10-11). Tot een afstand van één kilometer is er minimaal een verhoogd geluidsniveau bij de verticale oplossingen. Dit is een worst-case benadering aangezien er ook andere verticale oplossingen en manieren zijn voor het inbrengen van verticale oplossingen. De wijze van uitvoering is nog aan wijzigingen onderhevig. De effecten van geluid op broedvogels in de nabijgelegen NNB-gebieden en overige omliggende gebieden (externe werking) kan vanaf 42 dB al leiden tot verstoring. Verstoring vóór aanvang van het broedseizoen kan leiden tot een andere nestplaatskeuze, waardoor in het verstoorde gebied een lagere dichtheid aan broedparen wordt gevonden (Krijgsveld et al., 2008).

Verstoring van broedende vogels kan zich uiten in een verlaagd broedsucces door bijvoorbeeld nestdesertie en daaraan gerelateerde hogere kansen op predatie. Buiten het broedseizoen zijn het foeragerende, rustende en ruiende vogels die verstoord worden. Vluchtgedrag leidt in dat geval tot (al dan niet tijdelijk) verlaagde dichtheden aan vogels. De geluidsverstoring is langs het tracé tijdelijk. De uitvoering van het gehele traject duurt minimaal drie jaar, echter zijn de werkzaamheden op dijkvak/deeltrajectniveau korter. Na afronding zijn er geen nieuwe verstoringsbronnen in het projectgebied aanwezig.

Tabel 10-10 Overzicht van (voorlopige) project specifieke geluidsberekening op 25, 50 en 75 meter voor het intrillen van damwanden

Activiteit	Bronvermogen (dB(A))	Bedrijfsduur (uur)	Resultaat op afstand (dB(A))		
			25 meter	50 meter	75 meter
Intrillen damwand	133	4	86	83	78

Tabel 10-11 Overzicht van (voorlopige) project specifieke geluidsberekening (contour) voor het intrillen van damwanden

Activiteit	Afstand tot contour (meter)				
Geluidsbelasting	65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)
Intrillen damwand	250	380	640	1.025	1.575

Trillingen

Negatieve effecten door verstoring door trillingen op aanwezige soorten in het NNB-gebied is mogelijk door rijdend materieel en door het toepassen van verticale oplossingen. De trillingen verplaatsen zich via de bodem, via het water of via de lucht. Bij het toepassen van de verticale oplossingen ten behoeve van de dijkverbetering zal de verplaatsing met name optreden door de bodem en lucht. Op enkele locaties zal er in of nabij watergangen worden gewerkt. Het effect van trillingen is afhankelijk van de afstand tot de bron. Het trillingsniveau is ook afhankelijk van de type toepassing van de verticale oplossingen. Op korte afstand kan het leiden tot schade aan gehoorwegen of andere inwendige organen van fauna. Naar mate de afstand vordert leiden de trillingen met name tot een mijdend effect. Trillingen kunnen ook effect hebben op de voedselbeschikbaarheid van bijvoorbeeld vogels in de omgeving. Door de trillingen op het voedsel van bijvoorbeeld vogels, zoals insecten (Lucas, de Carvalho en Grilo, 2017; Polajnar et al. 2015) en wormen (Mitra et al. 2009, Onrust 2017). Dat kan zich uiten door dieper in de grond te gaan zitten of door het foerageergebied (tijdelijk) te verlaten. Gedegen onderzoek naar effecten van trillingen op vogels en overige dieren ontbreekt. De effecten als gevolg van de verticale oplossingen zijn tijdelijk en lokaal. Er wordt niet langs het gehele dijktracé tegelijkertijd gewerkt maar in fases en perioden. De concrete uitvoering van de werkzaamheden is nog niet bekend. Tijdens de voortplantingsperiode van de meeste soorten, (onder andere) maart tot en met augustus, kunnen trillingen leiden tot effecten op dieren die aanwezig zijn in bijvoorbeeld de struwelen en bos bij deeltraject Lage Wijth. Bij de deeltrajecten Reek, Grave West en Lage Wijth kunnen de effecten van trillingen door het plaatsten van verticale oplossingen in potentie leiden tot negatieve effecten op soorten die in watergangen voorkomen. Bij deze deeltrajecten worden verticale oplossingen op korte afstand van watergangen of overige wateren geplaatst.

Ten oosten van Grave, de deeltrajecten Grave West, Kraaijenbergse Plassen en Haven-Cuijk, zijn de effecten van trillingen vrijwel uitsluitend beperkt tot trillingen veroorzaakt door rijdend materieel ten behoeve van het grondverzet. Langs deze deeltrajecten wordt de dijkverbetering met name uitgevoerd door grondverzet. Verstoring door trillingen bij bouwwerkzaamheden zal vrijwel altijd samengaan met verstoring door geluid of visuele verstoring, zodat de effecten ook vaak lastig te onderscheiden zijn. De afstand waarover trillingen verstoring kunnen veroorzaken is veelal beperkter dan bij geluid, hoewel laagfrequente trillingen over meerdere kilometers kunnen worden waargenomen.

Een wezenlijk negatief effect door uitsluitend trillingen op aanwezige dieren, is daardoor niet te verwachten. Eventuele effecten treden uitsluitend op tijdens de aanlegfase. Tijdens de gebruikersfase is er geen verandering van trillingsbronnen ten opzichte van de referentiesituatie.

Licht
Lichtverstoring kan optreden wanneer onverlichte delen langs het dijktracé tijdens de werkzaamheden worden verlicht. Nachtelijke verlichting kan verstorend werken op functies voor (broed-)vogels, zoogdieren en amfibieën. Het kan leiden tot een verhoogd risico op predatie en/of het vermijden van het gebied. Afhankelijk van de functie van de betreffende locatie, kan dit ook leiden tot effecten op de lokale dichtheid en verspreiding van fauna. Maatregelen zijn noodzakelijk om verstorende effecten van licht te voorkomen. Vergeleken met de referentiesituatie is er geen permanent effect van lichtverstoring omdat het aantal en plaatsing van lichtbronnen niet veranderd.

Optische verstoring
Optische verstoring kan worden veroorzaakt doordat mensen en materieel zichtbaar aanwezig zijn in het werkterrein en er met (grote) machines wordt gewerkt (frequenter dan bij de bewerking van de huidige akkers) en doordat er vervoersbewegingen zijn om materieel en grond te verplaatsen.
Effecten van optische verstoring zullen beperkt zijn doordat op diverse plekken al optische verstoring aanwezig is door de wegen en wandelpaden die aanwezig zijn op de dijk en in de omgeving. De verstoringscontour van optische verstoring verschuift op delen van het tracé wel door de werkstrook. Hierdoor kunnen nu machines en mensen aanwezig zijn op locaties waar deze in de referentiesituatie niet of sporadisch aanwezig zijn. Ook de duur en intensiteit van optische verstoring neemt tijdens de aanlegfase toe. De intensiteit neemt vooral bij het deeltraject Lage Wijth toe waar aangrenzend of binnen graslanden, struwelen en houtopstanden binnen het NNB gewerkt wordt. Daarbij kan de aanwezigheid van machines en mensen leiden tot het mijden van de gebieden grenzend aan de werkstrook door dag actieve soorten. De werkzaamheden vinden uitsluitend overdag plaats waardoor optische verstoring voor nacht actieve dieren afwezig is. Bij het deeltraject Reek neemt de verstoringsafstand van optische verstoring niet toe, maar de intensiteit wel. In de referentiesituatie is het buitendijkse gebied al toegankelijk voor recreanten en is er op de kruin van de dijk een relatief drukke weg aanwezig. Door de werkzaamheden zijn er tijdens de uitvoering meer mensen en materieel buitendijks aanwezig ten opzichte van de referentiesituatie. Na afronding van de werkzaamheden is er geen verschil in optische verstoring ten opzichte van de referentiesituatie.

Mechanische verstoring
De werkzaamheden kunnen leiden tot mechanische verstoring door onder meer mogelijke betreding van nabijgelegen natuurelementen, zoals oevers. Echter is het uitgangspunt dat uitsluitend op de dijk en bijbehorende werkstrook (10 meter) wordt gewerkt. Daarmee treden de effecten door het (tijdelijke) ruimtebeslag eerder op en zijn de effecten van mechanische verstoring ondergeschikt.

Effecten per deeltraject
In de onderstaande alinea's zijn de locatiespecifieke effecten per deeltraject beschreven. Per deeltraject is beschreven wat de effecten van ruimtebeslag zijn en indien van toepassing overige effecten die bij deeltrajecten optreden.

Haven-Cuijk (dijkvak 1 t/m 5a)
Dit dijktraject ligt buiten het NNB en beheertypen vanuit het Natuurbeheerplan liggen op circa 60 meter afstand van de dijk. Effecten van ruimtebeslag zijn daarmee uitgesloten.

Kraaijenbergse Plassen (dijkvak 5b t/m 14)
Delen van de dijk en enkele binnen- en buitendijkse percelen liggen binnen het NNB langs dit deeltraject. In

Tabel 10-12 is het totale ruimtebeslag op beheertypen door het dijkontwerp en de benodigde werkstrook weergegeven.

Tabel 10-12 Overzicht beheertypen en de oppervlaktes (worst case) langs het deeltraject Kraaijenbergse Plassen die overlappen met het dijkontwerp en werkstrook

Natuurbeheertype	Oppervlakte (ha)
L01.06 Struweelhaag	0,07
N00.01 Nog om te vormen landbouwgrond naar natuur (inrichting)	0,31
N01.03 Rivier- en moeraslandschap	7,36
N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	0,02
N16.03 Droog bos met productie	0,27
Eindtotaal	8,06

Grave oost-, west en vesting (dijkvak 15 t/m 25)
Bij dit deeltraject hebben het dijkontwerp en de werkstrook geen effect van ruimtebeslag op beheertypen uit het beheerplan. De werkzaamheden kunnen lokaal plaatsvinden vanaf het water, maar deze worden niet drooggelegd. Bij de Graafsche Raam in het meest westelijke deel van dit deeltraject is er geen ruimtebeslag op beheertypen maar worden de oevers van een watergang getypeerd als Beek en bron (N03.01). Aan de oevers en in de watergang vinden werkzaamheden plaats ten behoeve van natuurontwikkeling voor de meekoppelkans Beekmonding Maas. Tijdens de werkzaamheden zullen de oevers tijdelijk minder begroeid zijn en leiden de werkzaamheden, mede afhankelijk van de periode van uitvoering, tot verstoring van aanwezige fauna in het werkgebied van de Graafsche Raam. Door de combinatie van verflauwing van de oevers in combinatie met de aanleg van vissenbossen en een zandwaaiermonding, leidt dit na afronding van de werkzaamheden tot een positief effect op het beheertype en de functie als ecologische verbindingszone.

Lage Wijth (dijkvak 26 t/m 29)
Binnendijks wordt het aanwezige bos ter hoogte van dijkvak 28 niet aangetast. De werkzaamheden reiken uitsluitend tot de rand van het bos. Het bos is getypeerd als Vochtig bos (N16.04). Geohydrologisch onderzoek heeft uitgewezen dat het plaatsen van verticale oplossingen op deze locatie niet leidt tot veranderingen in de kwel- of wegzijgingssituatie. Daarmee is het uitgesloten dat de dijkverbetering leidt tot een verandering van de hydrologische situatie met vernattende of verdrogende effecten tot gevolg. Het dijktalud en aangrenzend perceel is bloem- en kruidenrijk. Het grootste deel van het ruimtebeslag vindt plaats op het beheertype bloemendijk op het talud van de dijk. De dijkverbetering leidt niet tot een toename van verharding waardoor permanent ruimtebeslag op dit beheertype is uitgesloten.

Tabel 10-13 Overzicht beheertypen en de oppervlaktes langs het deeltraject Lage Wijth die overlappen met het dijkontwerp en werkstrook

Natuurbeheertype	Oppervlakte (ha)
N12.01 Bloemdijk	2,96
N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	0,3
Eindtotaal	3,26

Reek (dijkvak 30 t/m 34)
Het dijkontwerp en de benodigde werkstrook leiden bij dit deeltraject tot ruimtebeslag op twee landschapselementen en enkele natuurbeheertypen. De graslandtypen (N11.01, N12.01 en N12.02) liggen op het talud van de dijk of het zijn percelen die direct grenzen aan de huidige teen van de dijk. De dijkverbetering leidt niet tot een toename van verharding waardoor permanent ruimtebeslag op deze beheertype is uitgesloten. Het binnendijks aanwezige bos is getypeerd als dennen-, eiken-, beukenbos. Het maximale effect op dit bos is een afname van meer dan 50% van het huidige oppervlak (circa 0,37 ha). Het dijkontwerp zelf heeft een beperkt ruimtebeslag (0,12 ha) op het bos. Aanvullend leidt de werkstrook tot ruimtebeslag van eveneens 0,12 hectare. Herplanting van het bos is op de locatie van de werkstrook opgenomen in het ontwerp, maar leidt netto nog steeds tot een beperkte afname van het areaal bos. Op het beheertype Beek en bron

(N03.01) is het ruimtebeslag worst-case wanneer de aanpassing aan de op- en afrit van de dijk bij dijkvak 31 leidt tot demping van delen van de binnendijkse watergang.

Tabel 10-14 Overzicht beheertypen en de oppervlaktes langs het deeltraject Reek die overlappen met het dijkontwerp en werkstrook

Natuurbeheertype	Oppervlakte (ha)
L01.02 Houtwal en houtsingel	0,11
L01.06 Struweelhaag	0,02
N00.01 Nog om te vormen landbouwgrond naar natuur (inrichting)	0,58
N01.03 Rivier- en moeraslandschap	0,07
N03.01 Beek en Bron	0,08
N11.01 Droog schraalgrasland	0,02
N12.01 Bloemdijk	2,5
N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	7,72
N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos	0,24
Eindtotaal	11,34

Neerloon (dijkvak 35 t/m 38)
Bij het deeltraject Neerloon heeft het dijkontwerp een ruimtebeslag op het beheertype Kruiden- en faunarijk grasland, zie Tabel 10-15. In dit deel neemt de verharding van het areaal binnen het NNB niet toe doordat deze niet wijzigt ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 10-15 Overzicht beheertypen en de oppervlaktes langs het deeltraject Neerloon die overlappen met het dijkontwerp en werkstrook

Natuurbeheertype	Oppervlakte (ha)
N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	3,93
Eindtotaal	3,93

Groenblauwe waarden
Langs alle deeltrajecten is sprake van tijdelijk ruimtebeslag tijdens de werkzaamheden. In Tabel 10-16 is het ruimtebeslag per deeltraject weergegeven. Het grootste areaal ruimtebeslag is bij het deeltraject Neerloon. Dit is het deeltraject waar aanvullend op de dijkverbetering ook een uiterwaardverlaging wordt uitgevoerd ten behoeve van de rivierkundige compensatie. De uiterwaardverlaging houdt in dat het maaiveld gemiddeld genomen circa 0,5 meter lager komt te liggen. Het terreingebruik verandert ten opzichte van de referentiesituatie niet waardoor er geen permanente effecten optreden. De effecten van de uiterwaardverlaging kunnen resulteren in tijdelijk minder bodemleven en minder begroeiing. Naar verwachting hersteld dit binnen enkele jaren.

Tabel 10-16 Overzicht van het areaal dat overlapt met het dijkontwerp en de werkstrook met de begrenzing van groenblauwe waarden langs de deeltrajecten

Deeltraject	Oppervlakte (ha)
Haven-Cuijk	3,75
Kraaijenbergse plassen	9,69
Grave oost, Grave Vesting, Grave west	3,51
Lage Wijth	1,18
Reek	4,76
Neerloon	16,38
Totaal	39,27

Weidevogelgebieden en ganzenfoerageergebieden
Het projectgebied ligt op 3,9 kilometer van het dichtstbijzijnde rust- en foerageergebied voor ganzen en smienten. De gebieden bij Megen, ten westen van Ravenstein, maken op dit moment deel uit van de dijkverbetering en gebiedsontwikkeling in het kader van de Meanderende Maas. Daarnaast liggen de gebieden door de grote afstand buiten het bereik van eventuele verstorende effecten door de dijkverbetering tussen Cuijk en Ravenstein.

10.4.4 Houtopstanden

Rondom het dijktraject bevinden zich bomen en bosvakken/hagen. Voor het project zijn alle bomen op en rondom de dijk geïnventariseerd. Onderstaand is het aantal te kappen en mogelijk te kappen bomen weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt in drie categorieën. Sommige bomen moeten worden gekapt vanwege het dijkontwerp. Op die locaties staan bomen in de weg van de uit te voeren maatregelen en kunnen deze niet worden behouden. Daarnaast moeten er bomen verdwijnen vanwege waterveiligheid. Het betreft hierbij het risico dat bomen nabij het grondlichaam van de dijk omwaaien en daarmee door ontgronding de stabiliteit van de kering aantasten. Bomen die zich in de werkstrook of nabij nader uit te werken op- en afritten bevinden, of bomen waar nog onzekerheid is over het effect van eventueel omwaaien ervan, kunnen mogelijk blijven staan of moeten mogelijk worden gekapt. Over deze laatste categorie is op dit moment nog geen zekerheid, pas in een latere fase wordt door de aannemer bepaald of deze behouden kunnen worden (hieronder aangeduid als ‘controle bij uitvoering’).

De hieronder genoemde aantallen zijn zo concreet mogelijk gemaakt als op het moment van schrijven bekend. Bij het aanvragen van de uitvoeringsvergunningen door de aannemer zal pas volledige zekerheid zijn over de exacte aantallen te kappen bomen.

Tabel 10-17 Aantallen te kappen en mogelijk te kappen bomen (NB zie disclaimer hierboven in de tekst)

	Solitaire bomen (aantal)	Bosvakken (ha)*
Kappen vanwege ontwerp	249 bomen;	1,87 ha
Kappen vanwege waterveiligheid	5 bomen	0,34 ha
Controle bij uitvoering (nog onzeker)	205 bomen	1,22 ha

** bosvakken verschillen sterk in type beplanting, grootte en dichtheid*

Op basis van bovenstaande aantallen is een eerste inschatting gemaakt van het aantal bomen dat kapmeldings- of vergunningsplichtig is. Om dit te bepalen zijn de vigerende bomenverordeningen van de gemeenten Land van Cuijk, Oss en Maashorst geraadpleegd. Ook het kapbeleid van de provincie Noord-Brabant is in acht genomen.

Kapvergunningsplichtige bomen:
- Land van Cuijk: 171;
- Oss: 41;
- Maashorst: 0.

Meldingsplichtige bomenrijen/bosvakken:
- Bomenrij dijkvak 1;
- Bomenrij dijkvak 2;
- Bomenrij dijkvak 15;
- Bomenrij dijkvak 35.

Op het grondgebied van de gemeente Maashorst staan drie beschermde bomen die mogelijk gekapt dienen te worden. Dit kan pas worden bepaald na de controle die voor de uitvoering plaatsvindt. Daarnaast zijn er nog circa zestig bomen op het grondgebied van Land van Cuijk waarvan de stamdiameter niet bekend is. Zodoende kan nog niet worden bepaald of er een kapvergunningsplicht geldt voor het vellen van deze bomen, die vanwege het ontwerp wel gekapt moeten worden.

De te kappen houtopstanden dienen gecompenseerd te worden. Een deel hiervan wordt rondom dezelfde locatie teruggebracht, hiervoor moet er onder andere voldoende ruimte beschikbaar zijn en het moet beheerstechnisch mogelijk zijn. De rest van de te kappen houtopstanden wordt op een locatie elders gecompenseerd.

10.4.5 Samenvatting effectbeoordeling

De dijkverbetering en meekoppelkansen leiden in het geheel tot een negatief effect tijdens de aanlegfase. De effecten zijn te mitigeren en te compenseren. De werkzaamheden leiden tot een toename van stikstofdepositie tijdens de aanlegfase op de Natura 2000-gebieden Sint Jansberg (max. 0,02 mol N/ha/jr) en Rijntakken en De Bruuk (max. 0,01 mol N/ha/jr). De effecten zijn getoetst op significantie met een ecologische beoordeling waaruit gebleken is dat de werkzaamheden niet leiden tot een significant negatief effect. Daarmee is het effect op Natura 2000 beoordeeld als negatief maar beperkt en tijdelijk (-).

Voor beschermde en Rode Lijst-soorten zijn de effecten tijdens de aanlegfase negatief (- -) door tijdelijk ruimtebeslag en verstoring door onder andere geluid en trillingen. Mitigerende en compenserende maatregelen zijn noodzakelijk om de effecten te voorkomen of te verzachten. Voor alle soorten blijft in de eindsituatie voldoende leefgebied of nest- en verblijfmogelijkheden aanwezig waarmee het effect op beschermde en Rode Lijst-soorten beperkt negatief is beoordeeld (effectbeoordeling: -).

De effecten op provinciaal beschermde gebieden is beperkt tot effecten op het Natuurnetwerk Brabant en groenblauwe waarden. De effecten treden op tijdens de aanlegfase door ruimtebeslag op aanwezige beheertypen door het dijkontwerp en de benodigde werkstrook. Op de houtopstanden na zijn de effecten op beheertypen niet permanent. Het areaal van beheertypen als bloemendijk en kruiden- en faunarijk grasland neemt niet af en kan zich na afronding herstellen. De effecten op houtopstanden zijn wel permanent aangezien het herstel, ook bij herplant op de locatie zelf, circa tien jaar nodig heeft om zich te ontwikkelen tot een kwalitatief gelijkwaardige houtopstand. Ook het ruimtebeslag op het areaal groenblauwe waarden leidt tijdelijk tot degradatie van de natuurwaarden op deze locaties, maar na afronding blijft het gebruik van het areaal nagenoeg gelijk aan de referentiesituatie.

Door de afstand van meer dan drie kilometer tot weidevogelgebieden of rustgebieden voor smienten en ganzen zijn negatieve effecten zowel tijdens de aanlegfase als in de eindsituatie uitgesloten. Het effect op provinciaal beschermde gebieden wordt door het ruimtebeslag op houtopstanden binnen het NNB negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -).

Tabel 10-18 Samenvatting effectbeoordeling natuur voor de aanlegfase

Beoordelingscriterium	Ontwerp
Effecten op instandhoudingsdoelstellingen van habitattypen en soorten in Natura 2000-gebied(en)	-
Effecten op beschermde en rode lijst-soorten	- -
Effecten op provinciaal beschermde gebieden (NNB, groenblauwe waarden, weidevogelleefgebieden, rustgebied smienten en ganzen)	- -
Effecten op houtopstanden	- -

Tabel 10-19 Samenvatting effectbeoordeling natuur voor de eindsituatie

Beoordelingscriterium	Beoordeling
Effecten op instandhoudingsdoelstellingen van habitattypen en soorten in Natura 2000-gebied(en)	0
Effecten op beschermde en rode lijst-soorten	-
Effecten op provinciaal beschermde gebieden (NNB, groenblauwe waarden, weidevogelleefgebieden, rustgebied smienten en ganzen)	- -
Effecten op houtopstanden	- -

10.5 Mitigerende en compenserende maatregelen

Diverse ecologische effecten zijn waar mogelijk al rechtstreeks in het ontwerpproces gemitigeerd. Dit geldt onder andere voor het herprofileren en tot originele grootte herstellen van de buitendijkse poel ter hoogte van dijkvak 27 om ecologische effecten te beperken.

Voor de beeldbepalende bomen op de tuimeldijk nabij Neerloon geldt dat nader onderzoek heeft uitgewezen dat het wortelpakket van een deel van deze bomen groter is dan voorheen verwacht. Om deze reden is een variantenanalyse uitgevoerd en besloten om de tuimeldijk hier vooralsnog 4,3 meter verder buitenwaarts te ontwerpen (waarbij onderzocht wordt of dit op voldoende afstand van dikke gestelwortels is). Door deze aanpassing worden de bomen op de tuimeldijk gespaard.

Voor zowel het NNB als groenblauwe waarden zijn mitigerende maatregelen noodzakelijk om effecten van geluid, licht, trillingen of optische verstoring te voorkomen. Daarbij kan gedacht worden aan geluidsreductie tijdens de uitvoering van werkzaamheden en een aangepaste periode van uitvoering. Het oppervlak en gebruik van het areaal binnen de begrenzing blijft gelijk aan de huidige situatie. Er wordt binnen de begrenzing geen verharding aangelegd. Voor het NNB wordt een compensatieplan in de DO fase opgesteld om de wijze van compenseren toe te lichten. De compensatie van de bloemendijken en kruiden- en faunarijke graslanden wordt gerealiseerd op het nieuwe talud van de dijk waarbij minimaal een gelijke oppervlakte wordt hersteld. Een deel van de houtopstanden die gekapt moeten worden, wordt ter plaatse weer teruggebracht met een overhoogte, zodat waterveiligheid geborgd is. De compensatie van houtopstanden binnen het NNB wordt zoveel mogelijk op de plek van aantasting weer hersteld. Locaties waar het terugbrengen van houtopstanden om veiligheidsredenen niet mogelijk is worden buiten het plangebied gecompenseerd. Een perceel ten zuiden van Herpen (SCH03 B 1365 en SCH03 B 3093) dient als compensatielocatie voor areaal dat niet op de oorspronkelijke locatie kan worden gecompenseerd. Dit perceel heeft een grote van circa 4 hectare is daarmee ruim voldoende voor het totale ruimtebeslag, 1,36 hectare inclusief toeslagfactor voor de ontwikkeltijd, houtopstanden van het NNB.

De houtopstand die op dit perceel wordt gecompenseerd een soortensamenstelling passend bij een Haagbeuken-Essenbos (N14.03), een type dat past op klei- of leemhoudende gronden. Dit type is ook aanwezig langs de dijk en ook op het perceel aangrenzend aan de compensatielocatie. De compensatielocatie grenst aan het huidige NNB. Het NNB wordt niet herbegrensd aangezien de functie op de locatie natuur blijft. Op locaties waar geen houtopstand kan worden gerealiseerd om veiligheidsredenen wordt een ander natuurtype, zoals kruidenrijk grasland, gerealiseerd waardoor het areaal van het NNB netto hetzelfde is als de huidige situatie. Voor het voorkomen van effecten op beschermde soorten zijn diverse mitigerende en compenserende maatregelen noodzakelijk. Diverse compenserende maatregelen voor beschermde soorten zijn al geborgd in het ontwerp. Overige mitigerende en compenserende maatregelen zijn beschreven in het activiteitenplan voor de vergunning voor beschermde soorten. In het activiteitenplan ten behoeve van de vergunningsaanvraag voor een flora en fauna activiteit zijn de mitigerende en compenserende per soort beschreven. Om verstoring door geluid of trillingen van nestlocaties of verblijfplaatsen (o.a. steenuil, kerkuil en buizerd) te voorkomen worden

de werkzaamheden waar mogelijk buiten de meest kwetsbare periode (voortplantingsperiode) te werken of een alternatieve minder verstorende werkwijze toegepast. Dit is o.a. afhankelijk van de locatie en de planning van de werkzaamheden. Daarmee hebben de werkzaamheden geen significant verstorend effect op de nestlocaties. Indien dit niet mogelijk is dienen ter compensatie alternatieve nestlocaties te worden aangeboden. Ook wordt voor de steenuilen bij Neerloon maatregelen genomen voor het bevorderen van de kwaliteit van het huidige foerageergebied om het tijdelijke ruimtebeslag op foerageergebied te mitigeren. Voor het verlies van de nestlocatie van de boomvalk worden er in de omgeving van de huidige nestlocatie alternatieve nestlocaties aangeboden ter compensatie. Ook worden er maatregelen genomen om verstoring van licht te voorkomen op de aanwezige beschermde soorten in de omgeving van het plangebied. Bij de noodzaak voor het toepassen van verlichting tijdens de werkzaamheden wordt de verlichting aangepast zodat uitstraling op onverlichte groene structuren wordt voorkomen. Ook worden verblijfplaatsen of nesten niet extra verlicht ten opzichte van de huidige situatie.

Op locaties waar oeverholen van de bever of holen van de das aanwezig zijn en aangetast worden diverse maatregelen genomen om individuen te niet te verwonden of te doden. De werkwijze is gelijk aan de werkwijze bij het toepassen van de maatregelen uit het beverprotocol en/of dassenprotocol. Takkenburchten van bever worden niet geraakt met de werkzaamheden en er wordt voldoende afstand (30 meter) aangehouden tot de burcht. Aanwezige wissels van de das op de dijk worden waar mogelijk toegankelijk gehouden. Indien niet mogelijk worden er alternatieven aangeboden waardoor de toegang tot foerageergebieden wordt gehandhaafd.

Door het effect van ruimtebeslag op de voortplantingslocatie van de sleedoornpage wordt er na afronding van de werkzaamheden het leefgebied van de sleedoornpage weer hersteld door nieuw struweel. Voor de laatvlieger wordt tijdens de werkzaamheden een alternatieve vliegroute grenzend aan de locatie van aantasting gecreëerd. Na afronding van de werkzaamheden wordt de vliegroute herstelt met nieuwe aanplant. Individuen van de alpenwatersalamander, en overige amfibieën, en grote modderkuiper op locaties waar ruimtebeslag optreed door de werkzaamheden, of een gefaseerde werkwijze niet mogelijk is, worden afgevangen en verplaatst naar delen buiten de invloedssfeer van de werkzaamheden. Het leefgebied wordt na uitvoering herstelt.

11. Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

11.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de effectbeschrijving en -beoordeling opgenomen voor het thema ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid. Paragraaf 11.2 start met een beschrijving van de beoordelingscriteria en de methodiek die is gehanteerd voor de effectbeschrijving en -beoordeling. Vervolgens is in paragraaf 11.3 per criterium de referentiesituatie beschreven, die is opgebouwd uit de huidige situatie inclusief eventuele autonome ontwikkelingen. In paragraaf 11.4 zijn de effectbeschrijving en -beoordeling van de verschillende beoordelingscriteria opgenomen. Deze paragraaf eindigt met een samenvatting van de effectbeoordelingen voor de verschillende beoordelingscriteria, uitgedrukt in een beoordelingstabel. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de mitigerende en compenserende maatregelen in paragraaf 11.5.

Tijdens de planvorming hebben onderstaande partijen meegekeken naar de inpassing en het ontwerp.

Waterschap Aa en Maas
- Gehele inpassing en ruimtelijke kwaliteit van de dijk
- Alle monumenten
- Alle meekoppelkansen
- Alle groenobjecten

Provincie Noord-Brabant
- Gehele inpassing en ruimtelijke kwaliteit van de dijk (Hans van Engen)
- Vesting en vestingmuur Grave (Hans van Engen)
- Gemaal van Sasse (Hans van Engen)
- Bomen op de dijk Neerloon (Hans van Engen)
- Jan van Cuykdijk / N321
- Diverse historisch groen (Philip Peeters)
- Meekoppelkans Beerse Overlaat (Hans van Engen)
- Meekoppelkans Bastion Blauwkop (Hans van Engen)

Gemeente Land van Cuijk
- Gehele inpassing en ruimtelijke kwaliteit van de dijk binnen de gemeentegrenzen
- Vesting en vestingmuur Grave (Planvoorbereidende en plantoetsende commissie)
- Gemaal van Sasse (Planvoorbereidende en plantoetsende commissie)
- Monumentale bomen
- Meekoppelkans Beerse Overlaat
- Meekoppelkans Bastion Blauwkop

Gemeente Maashorst
- Gehele inpassing en ruimtelijke kwaliteit van de dijk binnen de gemeentegrenzen
- Monumentale bomen
- Meekoppelkans Schans Reek

Gemeente Oss
- Gehele inpassing en ruimtelijke kwaliteit van de dijk binnen de gemeentegrenzen
- Bomen op de dijk Neerloon

Rijksdienst voor cultureel erfgoed
- Rijksmonument Vestingmuren Grave
- Rijksmonument Gemaal van Sasse

11.2 Beoordelingscriteria

Voor het MER is op basis van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) en het advies van de Commissie m.e.r. een beoordelingskader vastgesteld. Voor het thema ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid geldt het volgende beoordelingskader:

Tabel 11-1 Beoordelingskader ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

Thema	Beoordelingscriterium	Beoordeling
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	Effecten op monumentale gebouwen	Kwalitatief deskundigenoordeel op basis van Ruimtelijk Kwaliteitskader (inclusief belevingswaarde, gebruikswaarde, toekomstwaarde en herkomstwaarde)
	Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen	Kwalitatief deskundigenoordeel op basis van Ruimtelijk Kwaliteitskader (inclusief belevingswaarde, gebruikswaarde, toekomstwaarde en herkomstwaarde)
	Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren	Kwalitatief deskundigenoordeel op basis van Ruimtelijk Kwaliteitskader (inclusief belevingswaarde, gebruikswaarde, toekomstwaarde en herkomstwaarde)
	Effecten op landschappelijke waarden	Kwalitatief deskundigenoordeel op basis van Ruimtelijk Kwaliteitskader (inclusief belevingswaarde, gebruikswaarde, toekomstwaarde en herkomstwaarde)
	Effecten op aardkundige waarden	Kwalitatief deskundigenoordeel
	Effecten op archeologische (verwachtings)waarden	Kwalitatief op basis van archeologisch bureau- /veldonderzoek

Bij de effectbeschrijving en -beoordeling wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende deeltrajecten. Waar van toepassing wordt elk deeltraject apart beoordeeld. Op basis van de beoordeling van de deeltrajecten wordt uiteindelijk ook het gehele dijktraject beoordeeld. Hiervoor wordt uitgegaan van een gemiddelde beoordeling van de deeltrajecten.

Wijze van beoordelen effecten op monumentale gebouwen, monumentale en beeldbepalende bomen, cultuurhistorische elementen en structuren en landschappelijke waarden
De effecten van het voorgenomen dijkontwerp op ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid zijn beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. De beoordeling is middels eens kwalitatief deskundigenoordeel tot stand gekomen. Een belangrijke leidraad voor het ontwerp van het voorgenomen dijkontwerp zijn het Ruimtelijk Kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein (RKK) en het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld Cuijk-Ravenstein (RKB). Het RKK geeft inzicht in landschappelijke kenmerken en cultuurhistorische waarden van het gebied en samen met het RKB geeft het sturing aan de inpassing van de dijk in het landschap.

Daarnaast is het voorgenomen dijkontwerp middels het gehanteerde beoordelingskader ook beschouwd op de aspecten belevingswaarde, gebruikswaarde, toekomstwaarde en herkomstwaarde. Deze methode sluit aan op de systematiek uit de Omgevingsverordening van de provincie Noord-Brabant om omgevingskwaliteit te beoordelen. Deze waarden worden als volgt gedefinieerd:

- Herkomstwaarde; De herkomstwaarde beschrijft de leesbaarheid van het ontstaan van het gebied en de ontstaansgeschiedenis, de karakteristieken en de eigenheid van het gebied. Dit gebeurt op basis van de historische en geografische achtergrond en de inrichting van het landschap.
- Belevingswaarde; Belevingswaarde verwijst naar de waardering voor een plek, gebied of initiatief. Begrippen zoals beeldkwaliteit, diversiteit en herkenbaarheid spelen hierbij een rol. De belevingswaarde betreft de manier waarop de omgeving wordt ervaren, zowel door de gebruiker zelf als vanuit omliggende gebieden. De identiteit van een plaats of landschap speelt hierin een cruciale rol.
- Gebruikswaarde; Gebruikswaarde verwijst naar de functionaliteit van het gebied en het gebruik ervan in relatie tot de omgeving. Het gaat hierbij ook om de geschiktheid voor en de beïnvloeding van activiteiten in het landschap. Bij gebruikswaarde staat de bruikbaarheid van het gebied en de beschikbare ruimte voor deze functies centraal.
- Toekomstwaarde; Toekomstwaarde gaat over het rekening houden met toekomstige ontwikkelingen en dynamiek. De ruimte moet onder andere duurzaam, flexibel, adaptief en beheersbaar zijn. De toekomstwaarde drukt daarmee de mate van duurzaamheid, aanpasbaarheid en flexibiliteit uit.

De elementen die vallen onder de waarden herkomstwaarde (d.w.z. cultuurhistorie, herkenbaarheid van monumentale bomen, gebouwen en overige cultuurhistorische elementen en structuren) en onder belevingswaarde (d.w.z. uitstraling, aantrekkelijkheid van landschappelijke waarden) zijn specifiek meegenomen in de effectbeoordelingen van thema ruimtelijke kwaliteit in dit hoofdstuk.

Voor wat betreft gebruikswaarde (bereikbaarheid en functionaliteit) wordt verwezen naar de effectbeoordelingen vrijetijdseconomie (recreatie), woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid en natuur. Voor het aspect toekomstwaarde (flexibiliteit, duurzaamheid) wordt verwezen naar de effectbeoordeling duurzaamheid en naar de ontwerpuitgangspunten die de toekomstige aanpasbaarheid, verdere uitbreiding en flexibiliteit borgen. Dit om dubbele beoordelingen van dezelfde thema's te voorkomen. De criteria binnen de betreffende hoofdstukken sluiten aan bij wat binnen de definities van de betreffende waarden als de relevante elementen worden beschouwd en dit MER behandelt daarmee uitputtend alle onderdelen uit de systematiek van de Omgevingsverordening van de provincie Noord-Brabant

Effecten op monumentale gebouwen

Langs de dijk liggen diverse rijksmonumenten en gemeentelijke monumenten. Deze monumentale gebouwen kunnen worden geraakt door de dijkversterking, ook kan de visueel-ruimtelijke relatie met de dijk worden aangetast. Bij de effectanalyse wordt gekeken naar de herkomstwaarde en belevingswaarde van de monumentale gebouwen. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 11-2 Klassegrenzen criterium 'Effecten op monumentale gebouwen'

+ + +	Zeer sterke verbetering, aanzienlijk positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
+ +	Sterke verbetering, aanzienlijk positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
+	Verbetering, (licht) positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie.
-	Aantasting, (licht) negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- -	Sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- - -	Zeer sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.

Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen

Langs de dijk staan diverse monumentale en beeldbepalende bomen. Deze bomen kunnen worden geraakt door de dijkversterking, ook kan de visueel-ruimtelijke relatie met de dijk worden aangetast. Bij de effectanalyse wordt gekeken naar de herkomstwaarde en belevingswaarde van de monumentale en beeldbepalende bomen. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 11-3 Klassegrenzen criterium 'Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen'

+ + +	Zeer sterke verbetering, aanzienlijk positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
+ +	Sterke verbetering, aanzienlijk positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
+	Verbetering, (licht) positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie.
-	Aantasting, (licht) negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- -	Sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- - -	Zeer sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.

Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren

Langs de dijk staan diverse cultuurhistorische elementen en structuren. Deze elementen en structuren kunnen worden geraakt door de dijkversterking, ook kan de visueel-ruimtelijke relatie met de dijk worden aangetast. Bij de effectanalyse wordt gekeken naar de herkomstwaarde en belevingswaarde van de cultuurhistorische elementen en structuren. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 11-4 Klassegrenzen criterium 'Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren'

+ + +	Zeer sterke verbetering, aanzienlijk positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
+ +	Sterke verbetering, aanzienlijk positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
+	Verbetering, (licht) positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie.
-	Aantasting, (licht) negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- -	Sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- - -	Zeer sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.

Effecten op landschappelijke waarden

De dijkversterking kan effect hebben op de landschappelijke waarden van zowel de dijk zelf als het omliggende landschap. Bij de effectanalyse wordt gekeken naar de herkomstwaarde en belevingswaarde van de dijk, het binnendijkse landschap en het buitendijkse landschap. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 11-5 Klassegrenzen criterium 'Effecten op landschappelijke waarden'

+ + +	Zeer sterke verbetering, aanzienlijk positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
+ +	Sterke verbetering, aanzienlijk positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
+	Verbetering, (licht) positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie.
-	Aantasting, (licht) negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- -	Sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- - -	Zeer sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.

Effecten op aardkundige waarden

In het studiegebied zijn aardkundige waarden aanwezig. Gemeenten moeten deze waarden in het omgevingsplan opnemen en beschermen. De aardkundig waardevolle gebiedenkaart is opgenomen in de

Beleidsregel omgevingsrecht. Gedeputeerde Staten hanteren bij de uitoefening van bevoegdheden gerelateerd aan de wet en de toepassing van artikel 5.43 van de Omgevingsverordening Noord-Brabant, de beschrijving van de aardkundige waarden en kenmerken, zoals opgenomen op de Aardkundig waardevolle gebiedenkaart. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 11-6 Klassegrenzen criterium 'Effecten op aardkundige waarden'

+ + +	N.v.t.
+ +	N.v.t.
+	N.v.t.
0	Geen effect.
-	Aantasting, (licht) negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- -	Sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- - -	Zeer sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.

Effecten op archeologische waarden
In het studiegebied kunnen archeologische waarden aanwezig zijn. Voor grondroerende werkzaamheden in gebieden met een archeologische verwachting, gelden de regels uit de Omgevingswet en de gemeentelijke beleidskaarten. Voor de beoordelingen onder dit criterium zijn deze gemeentelijke beleidskaarten en de geldende vrijstellingsgrenzen voor archeologische waarden geïnventariseerd. Vanuit het perspectief van behouden van het archeologische waarden, hebben graafwerkzaamheden in gebieden met een archeologische verwachting een blijvend (negatief) effect. De kern van het Nederlandse archeologiebeleid is om archeologisch erfgoed zo veel mogelijk in-situ te bewaren, oftewel, in de bodem zelf. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 11-7 Klassegrenzen criterium 'Effecten op archeologische waarden'

+ + +	N.v.t.
+ +	N.v.t.
+	N.v.t.
0	Geen of weinig effect
-	Effect op dijkvakken met een middelhoge archeologische verwachting
- -	Effect op dijkvakken met een hoge archeologische verwachting
- - -	Effect op dijkvakken met een zeer hoge archeologische verwachting/ AMK terrein

11.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling

11.3.1 Referentiesituatie monumentale gebouwen

Onderstaande beschrijving gaat in op de rijksmonumenten, gemeentelijke monumenten en monumentale objecten langs de kering die feitelijk worden geraakt door de dijkversterking of waarvan de visueel-ruimtelijke relatie met de kering van belang is. Deelgebieden waar geen monumentale gebouwen of objecten staan zijn niet opgenomen in deze paragraaf.



Figuur 11-1 Rijksmonumenten en gemeentelijke monumenten langs de kering

Deelgebied Haven-Cuijk

Rijksmonument Kazematten Maaslinie

In dijkvak 1 liggen boven in het buitentalud twee kazematten van de Maaslinie. De kazematten liggen nog op hun originele locatie en zijn goed beleefbaar. De kazematten zijn niet toegankelijk en liggen door voormalige dijkverhogingen niet meer met hun ingang aan de kruin van de dijk. De dorpels van de ingangen liggen net iets te laag in het talud, waardoor grond over de dorpels de kazematten in loopt.

Deelgebied Oost (Jan van Cuykdijk)

Rijksmonument Rooms Katholieke begraafplaats.

De begraafplaats zelf is geen monument, maar grafmonument “Graf Le Sage ten Broek” wel. Gesteld kan worden dat het geheel van de begraafplaats als ensemble van belang is voor het monument. Het monument ligt centraal op de begraafplaats. De begraafplaats is afgebakend met een lage haag en enkele solitaire bomen. De begraafplaats ligt ingeklemd in de oksel van de dijk en het grondlichaam van de Estersveldlaan, van waar goed zicht is op de begraafplaats.

Deelgebied vesting Grave

Rijksmonument beschermd stads- of dorpsgezicht Grave

De binnenstad van Grave is een beschermd stads- en dorpsgezicht. De monumentenstatus is een aanwijzing zonder visie over hoe om te gaan met het erfgoed. Het beschermd stadgezicht beschrijft voornamelijk de binnenstad binnen de oude vesting. Het geeft de volgende, voor de vestingmuur/kering, belangrijke kenmerken:

- Het stratenpatroon van de binnenstad van drie evenwijdig lopende straten haaks op de Maaskade.
- Vanaf de kade is zicht over de Maas en op het agrarisch gebied aan de Gelders zijde.

Rijksmonument Vestingmuren Grave

De vestingmuur langs de Oude Haven, Prinsenstal en Maaskade is rijksmonument. Er kan worden aangenomen dat de vestingmuur van de Oude Haven/Prinsenstal vroeger ongeveer dezelfde hoogte had als in de huidige situatie. De muur bij de Maaskade is echter later verder ontwikkeld tot muur met daarop een zware grondwal. Deze is bij de het slechten van de vesting van Grave geheel verwijderd. Pas later is bij renovatiewerkzaamheden de huidige muur, welke hoger is dan het maaiveld van de Maaskade, aangebracht. Daarna is tevens de Maaspoort opnieuw opgebouwd.

Onder de grond bevinden zich nog resten van de originele vestingmuur. Er kan worden aangenomen dat nagenoeg al het zichtbare metselwerk in de jaren 70 en 90 nieuw is aangebracht. Het metselwerk is veelal aan een betonschort over de originele muur bevestigd. De Maaspoort is geheel nieuw opgetrokken, maar niet geheel volgens de originele situatie.

Overige monumenten

Aan de Maaskade staan een aantal monumentale gebouwen. De versterkingsopgave heeft voor alle gebouwen hetzelfde effect, waarmee de effecten generiek kunnen worden behandeld. Tevens is het effect verwaarloosbaar. Daarom is hier voor de volledigheid alleen een opsomming van de gebouwen gegeven.

Rijksmonument:

- Maaskade 14 (Wachthuis).

Gemeentelijke monument:

- Oliestraat 30;
- Maaskade 15-19.

Deelgebied Lage Wijth

De verkeersbrug, sluizen, kazematten en Gemaal van Sasse worden hier benoemd aangezien ze in verschillende tijdslagen een historische relatie met elkaar hebben. Het gemaal met de sluis en brug, de sluis en brug met de kazematten en daarmee indirect de kazematten met het gemaal. Ze zijn daarmee uiteindelijke als ensemble te beschouwen, terwijl de kazematten feitelijk niet door de dijk worden geraakt.

Rijksmonument verkeersbrug (John S. Thompsonbrug) met onderliggend stuw- en sluizencomplex
Het westelijke grondlichaam van de brug is volgens de legger onderdeel van de waterkering. Het fietspad eronder door lijkt de dijk, maar is het niet. Onder de brug ligt de stuw die de reden is waarvoor het Gemaal van Sasse is gebouwd. Daarmee hebben het gemaal, de brug en de stuw een historische relatie met elkaar.

Rijksmonument kazematten Peel Raamstelling
Op enige afstand van de dijk liggen twee kazematten, dicht bij de John S. Thompsonbrug en in het zicht van het Gemaal van Sasse. De kazematten zijn gericht op de brug en dienden als verdediging van de brug. Een ervan staat goed zichtbaar op een verhoging in de uiterwaarden, langs het uitwateringskanaal van het gemaal. De tweede staat enigszins verscholen in de groenstructuur langs de N324.

Rijksmonument Gemaal van Sasse
Het gemaal is een onderbreking in de dijk. De noordelijke frontmuur tussen rijbaan en het uitwateringskanaal is de daadwerkelijke waterkering. Het gemaal is gebouwd om water af te voeren dat door de bouw van de stuw onder de John S. Thompsonbrug, niet meer onder vrij verval vrij af kon stromen via de Raamsluis in Grave. Daarmee hebben het gemaal, de brug en de stuw een historische relatie met elkaar.

De waardering volgens het monumentenregister:
“Het gemaal is van algemeen belang. Het gebouw heeft cultuurhistorisch belang als voorbeeld van de sociaal-economische en waterstaatkundige ontwikkeling, namelijk de watervrijmaking van het Maasgebied in het Interbellum en als voorbeeld van de typologische ontwikkeling van het elektrische gemaal. Het is architectuurhistorisch van belang vanwege de traditionalistische stijl en de ornamentiek en als voorbeeld van de toegepaste combinatie van techniek en traditionele bouwelementen; het is tevens van belang in het oeuvre van het ingenieursbureau. Het gebouw is tevens van belang vanwege de gaafheid van het ex- en interieur. Het is zeldzaam wegens opzet en constructie.”

De daadwerkelijk kering (frontmuur van het gemaal) is in de loop der jaren echter aangepast. Het is verlaagd, voorzien van een modern hekwerk, er zijn regelwerken van de sluisdeuren aan bevestigd, er is een vistrap voor aangelegd en origineel metselwerk en -details zijn verwijderd.

Gemeentelijk monument Mars en Wijthdijk 5 (Schuttershuisje)
Binnendijks op de hoogte van de voormalige dijkkruin het Schuttershuisje. Het huisje ligt iets lager dan de huidige dijkkruin, dicht tegen de kruin. In de teen van het tuimeldijkje staan voor het huis vijf leilindes. De bomen zijn niet door de gemeente als monumentaal benoemd, maar vormen een onlosmakelijk ensemble met het oude Schuttershuisje.

Deelgebied Reek

Gemeentelijk monument Oude Maasdijk 2
Op enige afstand van de dijk staat Langgevelboerderij “Huize Houtkamp”. Het ligt aan de dijkopgang van de Pannestaartweg.

Gemeentelijk monument Maasdijk 5
Binnendijks staat tegen de teen van de dijk een langhuisboerderij. De boerderij staat met de voorgevel naar de dijk en heeft naast de auto-oprit een dijktrap als verbinding tussen voordeur en dijkkruin.

Gemeentelijk monument Maasdijk 11
Binnendijks staat tegen de teen van de dijk een boerderij bestaande uit een ensemble van gebouwen dat bestaat uit woonhuis, stallen en schuren. De stallen en schuren staan dicht tegen de dijk, met daarachter het woonhuis. Naast de auto-oprit heeft het ensemble een dijktrap als verbinding met de dijkkruin.

Deelgebied Neerloon
Rijksmonument St. Victor Binnendijks Kerk
De kerk in “Waterstaatsstijl” en begraafplaats liggen hoog aan de dijk. De muur van de begraafplaats ligt op de voormalige dijkhoogte waar nu de rijbaan ligt. Bij de Loonsestraat staat een Heilige Hartbeeld op de dijk. Beide hebben hoogstwaarschijnlijk een historische relatie met elkaar.

Gemeentelijk monument Maasdijk 18
Binnendijks staat ingeklemd in de oksel van de teen van de dijk en de oprit van de Loonsestraat een boerderijensemble. Het geheel heeft een dijktrap als verbinding tussen voordeur en dijkkruin.

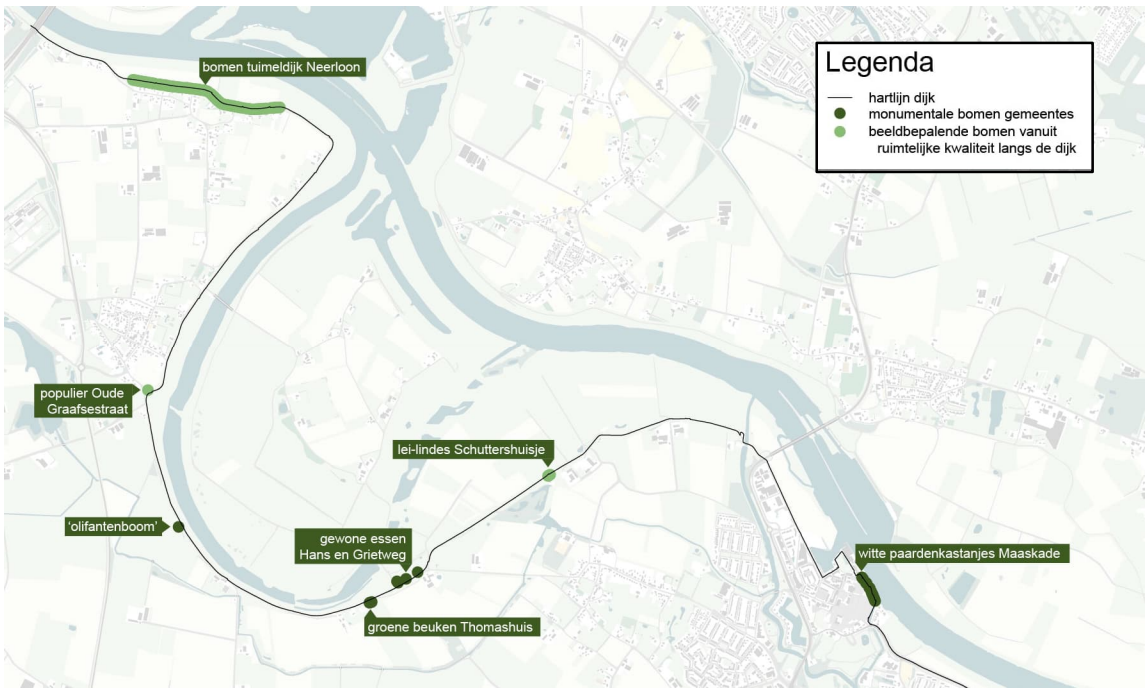
Gemeentelijk monument Maasdijk 20
Binnendijks op de hoogte van de voormalige dijkkruin, waar de rijbaan ook op ligt, staat een oude boerderij. De boerderij is met de voorkant en voordeur naar de dijk gericht.

11.3.2 Referentiesituatie monumentale en beeldbepalende bomen

In deze paragraaf zijn de door de gemeentes en provincie aangewezen monumentale en beeldbepalende beschermde bomen beschreven die binnen 10 meter van de bestaande dijk staan. Vanuit het waarborgen van de ruimtelijke kwaliteit zijn daar de volgende bomen aan toegevoegd:

- leilindes bij het Schuttershuisje;
- markante populier bij de dijkopgang Oude Graafsestraat;
- bomen op de tuimeldijk bij Neerloon.

Vanuit de dijkversterking worden geen bakenbomen geraakt. Deelgebieden waar geen monumentale of beeldbepalende bomen staan zijn niet opgenomen in deze paragraaf.



Figuur 11-2 Monumentale en beeldbepalende bomen langs de kering.

Deelgebied vesting Grave

Witte paardenkastanjes op de Maaskade

Op de Maaskade staat een rij van achttien witte paardenkastanjes. Ze maken onderdeel uit van de groene gordel om de oude vestingstad. De groene gordel markeert de vestingstructuur. De bomen op Bastion Bekaf, Bomvrije en het Visioterrein behoren hier ook toe. De Visie op de vestingstad van Grave geeft aan deze groene gordel verder te ontwikkelen.

De vitaliteit van de bomen varieert met een levensverwachting van 5-10 jaar, 10-15 jaar tot >15 jaar.

Deelgebied Lage Wijth

Leilindes bij het Schuttershuisje

De vijf bomen zijn niet monumentaal, maar vormen een onlosmakelijk ensemble met het oude Schuttershuisje dat op een voormalige dijkhoogte ligt. De bomen zijn een voorbeeld van een eerste vorm van zonwering en/of windbreker om het huis in de zomer koel te houden en in de winter juist minder snel af te laten koelen. De bomen zijn smal geleid om tevens in de smalle ruimte tussen het huis en de rijbaan op te kruin te kunnen passen. De bomen staan in de teen van het tuimeldijkje van de woning.

De vitaliteit van de bomen is redelijk met een levensverwachting van >15 jaar.

Deelgebied Reek

Gewone essen Hans en Grietweg

Bij de Hans en Grietweg staan buitendijks vier essen in de Maasheggenstructuur. Dit is een typisch beeld dat hoort bij het Maasheggenlandschap. De bomen staan dicht tegen de binnenteen van de dijk of het grondlichaam van de Hans en Grietweg.

De vitaliteit van de bomen varieert met een levensverwachting van 10-15 jaar tot >15 jaar.

Groene beuken Thomashuis Velp

Bij het binnendijks gelegen Thomashuis Velp (Oude Maasdijk 4) staan drie beuken dicht tegen de oude boerderij. De bomen zijn waarschijnlijk als beeldbepalend aangemerkt aangezien ze een mooi ensemble vormen met de boerderij en de vier forse eiken aan de binnenteen van de dijk.

De vitaliteit van de bomen is redelijk met een levensverwachting van >15 jaar.

De “olifantenboom”

Binnendijks staat bij A329.5 een Canadese populier die in de omgeving beter bekend is als de “olifantenboom”. De boom is groot en voor een populier redelijk oud. Hij staat in de overhoogte van een landbouwafrit. De boom is erg gehavend door stormschade wat het enerzijds een triest aanblik geeft, anderzijds als markant kan worden beschouwd.

De vitaliteit van de boom is matig met een levensverwachting van 10-15 jaar.

Markante populier bij Oude Graafsestraat

Bij de dijkopgang van de Oude Graafsestraat staat binnendijks een markante populier op een grondlichaam hoog tegen de dijk. De populier markeert de dijkopgang en is een beschutte locatie voor een picknickbankje met uitzicht op de uiterwaarden bij Keent. De boom is niet als monumentaal aangemerkt.

De vitaliteit van de boom is goed met een levensverwachting van >15 jaar.

Deelgebied Neerloon

Bomen op de tuimeldijk

De bomen op de tuimeldijk zijn karakteristiek voor het gebied van de Meanderende Maas. Bomendijken horen bij de oeverwaldorpen in het gebied, welke een sterke verbinding hebben met de dijk. Bomendijken komen vooral voor bij tuimeldijken.

Om de bomen (essen en lindes) bij Neerloon te behouden is bij een vorige dijkverbetering een tuimeldijk aangelegd. Tevens zijn de tuimeldijk en bomen naar het westen doorgetrokken tot aan de Staaijstraat. De bomen staan tussen de rijbaan op een oudere dijkhoogte en de hoger gelegen tuimeldijk. Ze staan op dezelfde maaiveldhoogte als de rijbaan. De bomen zijn niet als monumentaal aangemerkt.

De vitaliteit van de essen varieert met een levensverwachting van 10-15 jaar tot >15 jaar. De vitaliteit van de lindes is goed met een levensverwachting van >15 jaar.

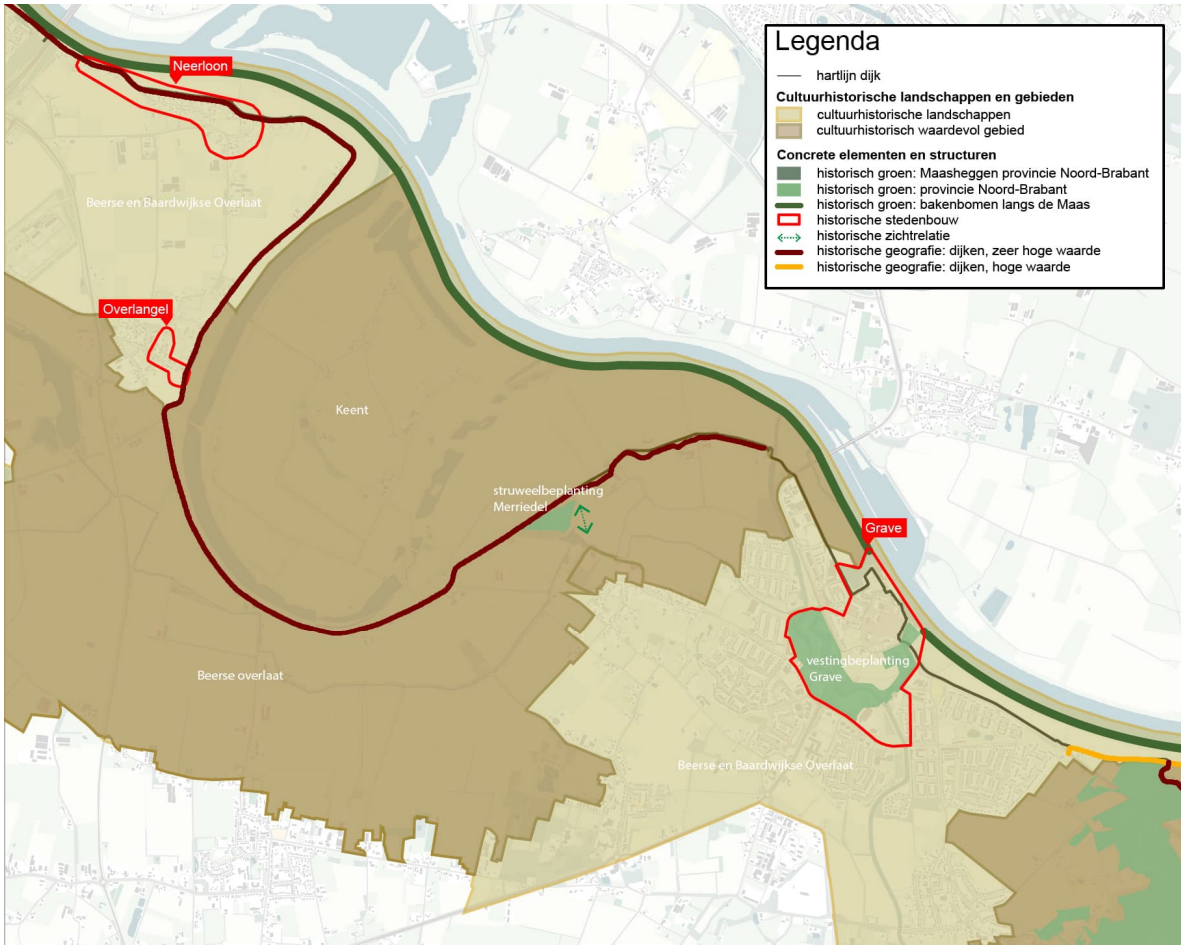
11.3.3 Referentiesituatie overige cultuurhistorische elementen en structuren

Voor de “overige cultuurhistorische elementen en structuren” wordt ingegaan op elementen en structuren die concreet zijn aangewezen in de Omgevingsverordening ruimte van de Provincie Noord Brabant, en die feitelijk worden geraakt door de dijkversterking of waarvan de visueel-ruimtelijke relatie met de kering van belang is. De dijken zelf zijn ook vernoemd in de omgevingsverordening ruimte. Deze zijn bij landschappelijke waarden behandeld (paragraaf 11.3.4).

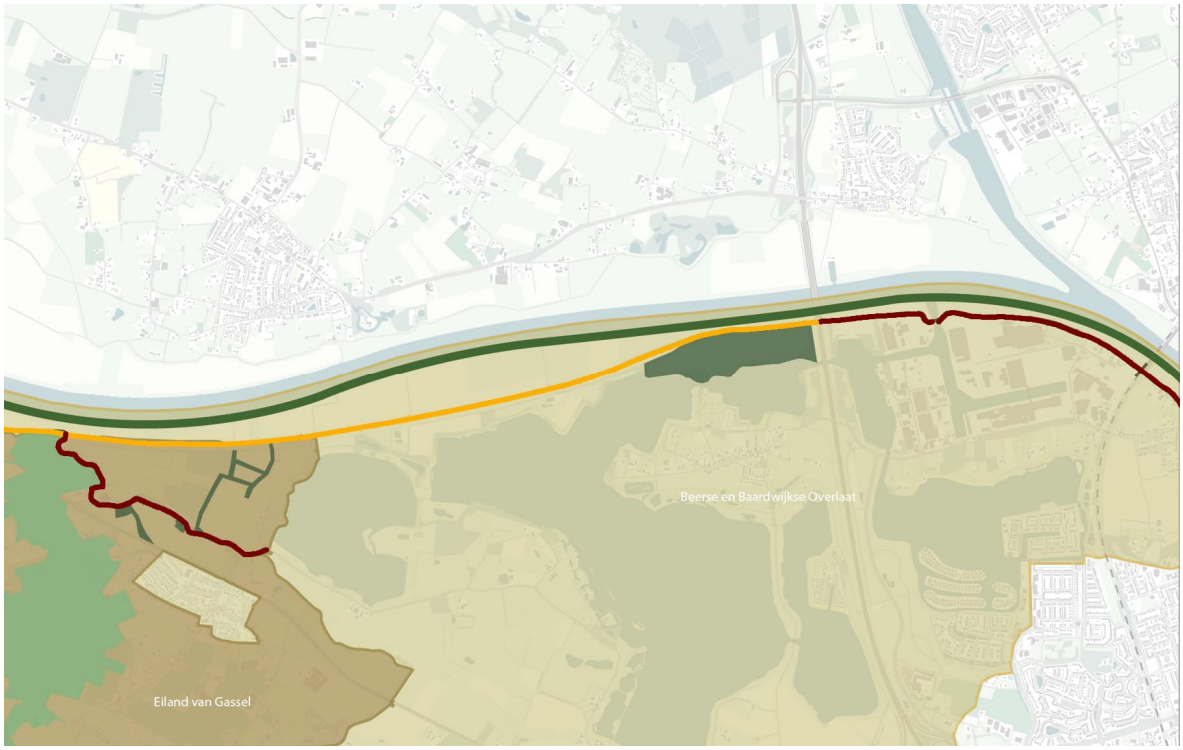
De cultuurhistorische landschappen en gebieden uit de omgevingsverordening worden als eenheden in een aparte paragraaf beschouwd.

- Cultuurhistorisch waardevol gebied Eiland van Gassel
- Cultuurhistorisch waardevol gebied Keent
- Cultuurhistorisch waardevol gebied Beerse Overlaat
- Cultuurhistorische landschap Beerse (en Baardwijkse) Overlaat.

Deelgebieden waar volgens de Verordening ruimte geen cultuurhistorische elementen en structuren aanwezig zijn, zijn in deze paragraaf niet opgenomen.



Figuur 11-3 (1 van 2) De cultuurhistorische landschappen, elementen en structuren volgens de omgevingsverordening ruimte van de provincie Noord Brabant



Figuur 11-4 (2 van 2) De cultuurhistorische landschappen, elementen en structuren volgens de omgevingsverordening ruimte van de provincie Noord Brabant

Deelgebied Kraaijenbergse Plassen

Historisch groen: Maasheggen

De Maasheggen in de Kraaijenbergse Plassen liggen in het Unesco Biosfeergebied de Maasheggen. De Hooge Voort en de Lommerstraat worden aan de zuidzijde begeleid door een robuuste Maasheg. Het oostelijke deel van de Maasheg langs de Hooge Voort is echter wegens een calamiteit tijdens een hoogwater verwijderd. Het overgrote deel van de nog wel aanwezige Maasheg langs de Lommerstraat staat op ruime afstand van de dijk.

De kaart van de Verordening ruimte impliceert dat een Maasheg langs de Sluisgraaf tot aan de teen van de dijk loopt. Dit is echter niet zo. De Maasheg blijft op ruime afstand van de dijk.

Deelgebied vesting Grave

Historische stedenbouw: Grave

Dit cultuurhistorisch gebied uit de Omgevingsverordening is indirect al in de gebiedsomschrijving van Grave in paragraaf 11.3.4 en voor de monumenten van Grave in paragraaf 11.3.1 opgenomen.

Historisch groen: Vestingbeplanting Grave

De verordening vermeldt historische beplanting op de vestingwerken. Dit betreft de beplanting op het Visioterrein en de bomenrij langs Bomvrije. De dijk blijft echter op ruime afstand van de beplanting aangezien de dijk ingeklemd ligt tussen de Raam en de particuliere kavels van Bomvrije.

Deelgebied Lage Wijth

Historische zichtrelatie

De verordening vermeldt een zichtrelatie. Het betreft hier de zichtrelatie tussen de ‘heilige drie-eenheid’ (de kerk van Sint Vincentius, Capucijnenklooster Emmaus en het voormalige kloostercomplex van de Redemptoristinnen) en de Mars en Wijthdijk met de omliggende polders en historische landschapsstructuren. Deze relatie is reeds behandeld in de gebiedsomschrijvingen in paragraaf 11.3.4.

Historisch groen: Struweelbeplanting Merriedel, Keent

Het binnendijkse driehoekige natte bosje is volgens de verordening een bos rond een wiel met opstanden uit de periode van 1850-1910. Het bosje ligt op ongeveer 15 meter van de dijk. Ten zuidoosten ligt om het bosje de restant van een oud dijkje.

Deelgebied Reek

Historische stedenbouw: Overlangel

Het oeverwaldorp ligt gesitueerd aan de dijk. De bebouwing ligt met name geconcentreerd langs de oeverwal, hoofdzakelijk bestaande uit boerderijen (plaatselijk, vooral aan de noordwestelijke zijde van het dorp op terpen) met centraal de pastorie, scholen en Sint-Antoniuskerk (1854-1855). In de directe omgeving boerderijen op terpen.

Het oeverwaldorp ligt haaks op de dijk en raakt de dijk met de Doctor Ruijsstraat en de oude gebouwen van Maasdijk 3 en Maasdijk 4. De rijbaan van de Doctor Ruijsstraat is smal met dicht daar tegenaan de gebouwen van Maasdijk 4. De dorpsrand oogt hier pittoresk door de weelderige kavelbeplanting en de oude bebouwing.

Deelgebied Neerloon

Historische stedenbouw: Neerloon

Oeverwaldorp met kerk aan de dijk en dorpskern ten zuiden daarvan. Het dorp heeft een Langgerekte hoofdvorm evenwijdig aan de dijk met een lager gelegen binnendijkse weg als gevolg van uitbreidingen langs de oeverwal. In de kern liggen karakteristieke gebouwengroep bestaande uit boerderijen, Sint-Victorkerk en langs de Maasdijk veelal T-boerderijen.

Cultuurhistorische landschappen en gebieden omgevingsverordening

Cultuurhistorisch waardevol gebied Eiland van Gassel

Cultuurhistorisch waardevol gebied Eiland van Gassel ligt in CuRa-deelgebied Kraaijenbergse Plassen.

Het oude cultuurland van het 'eiland' van Gassel werd door een omringdijk beschermd tegen het water van de Maas en de Beerse Maas. Dit gebied is qua inrichting en landschapsbeeld goed bewaard gebleven. Het contrast tussen het kleinschalige, besloten landschap van het 'eiland' en het open, uitgestrekte landschap van de Beerse Overlaat is nog duidelijk zichtbaar.

De dorpen Escharen, Gassel, Nieuw-Gassel en Heihoek werden door een dijk beschermd tegen het water van de Maas. Verschillende delen van deze omringdijk, de Hooge Dijk (nu Hogendijk), zijn nog aanwezig. Diverse wielen getuigen van eerdere dijkdoorbraken. Vroeger, als de Maas buiten haar oevers trad, lag dit gebied als een schiereiland tussen de Maas en de Beerse Maas. Alleen in het noordwesten was het met Grave verbonden door de Escharense dijk, aangelegd vóór 1850.

De dijken, wielen, terpbewoning en verhoogde wegen herinneren nog aan het oude landschap. De voormalige heide op de zandopduiking is ontgonnen en bebost. In het noorden bevindt zich een hakhoutgebied met veel onverharde wegen. Rond 1900 was het eiland van Gassel een kleinschalig gebied met een mozaïek van akkers, graslanden, bosjes en kleine heideveldjes, met enkele grotere akkercomplexen. De kleinschaligheid en vormen van bodemgebruik zijn nauwelijks veranderd, behalve dat de heidevelden vrijwel allemaal zijn omgezet in bos. Ook de wegenstructuur is vrijwel onveranderd.

Planologische beschermde waarden/kenmerken relevant voor de dijkversterking:

- De Escharense Dijk
- De Hogendijk
- De wielen
- De akkercomplexen
- Het hakhoutrelicten van traditionele Maasheggen in de polder ten noorden van Gassel
- De onverharde wegen
- De terpen met bebouwing
- De verhoogd aangelegde wegen

Cultuurhistorisch waardevol gebied Keent

Cultuurhistorisch waardevol gebied Keent ligt in de CuRa-deelgebieden West (Koninginnedijk), Lage Wijth en Keent.

Het gebied Keent heeft zijn huidige vorm gekregen door afsnijding van een Maasmeander omstreeks 1935. Het dijkenpatroon en de goed herkenbare meander illustreren de belangrijke werken die in de crisisjaren zijn uitgevoerd om de afvoer van de Maas te verbeteren.

Zowel het binnendijkse gebied als de uiterwaard zijn in gebruik als grasland en weiland. Bij de maasoevers zijn natte graslanden aanwezig. In de uiterwaard liggen nog enkele waardevolle relicten van Maasheggen.

In de Tweede Wereldoorlog is dit gebied in gebruik geweest als militair hulpvliegveld. In het uiterste oosten van het gebied staat het Van Sassegemaal, in 1929 gebouwd in het kader van de verbetering van de waterhuishouding van de Raam. Dit was nodig geworden door de bouw van de stuw in de Maas ten noorden van Grave. Vlakbij ligt een brugkazemat uit 1937. Waardevolle samenhang bestaat tussen de oude Maasmeander en de zuidelijke Maasdijk. En tussen de Maaswerken, de afsnijding van de meander en de bouw van het Van Sassegemaal.

Planologische beschermde waarden/kenmerken relevant voor de dijkversterking:
- De oude Maasmeander
- De natte graslanden aan de Maasoever in de gedempte meander
- De dijken rondom Keent
- De wielen
- Het microreliëf in het landschap
- Het dijkenpatroon van Maasdijk (1928), de Oude Maasdijk (1330), Mars en Wijthdijk (1928);
- De relicten van Maasheggen
- Het Van Sassegemaal met kazemat
- De stuw en schutsluizen in de Maas bij Grave
- De Graafsche Raam
- Restanten van de loop van de Oude Maas
- Beplanting van meidoorn aan de Hans en Grietweg
- De brug over de Maas in het verlengde van de Keensteweg
- John S. Thompsonbrug (rijksmonumentnr., 514.153)
- Bevrijdingsteken monument aan de zuidelijke oprit naar de John S. Thompsonbrug
- Graafs Kazemattenmuseum ten noorden van het Gemaal van Sasse

Cultuurhistorisch waardevol gebied Beerse Overlaat
Cultuurhistorisch waardevol gebied Beerse Overlaat ligt in CuRa-deelgebied Lage Wijth en Keent.

De Beerse Maas is een overlaatsysteem dat eeuwenlang het landschap en het bodemgebruik heeft bepaald. Tal van dijken, kaden, weteringen en sluizen herinneren aan de wateroverlast, die vrijwel ieder jaar plaatsvond. Het verschijnsel van de Beerse Maas trad vanaf 1700 steeds frequenter op. De overlaat is pas gesloten in 1942.

Grote delen van de voormalige Beerse Overlaat zijn in de periode 1950 - 1980 onderhevig geweest aan ruilverkavelingen, waarbij de percelering grootschaliger is geworden en er voor het eerst boerderijen werden gebouwd in dit vroeger geheel onbebouwde gebied. Het zeer open en weidse karakter is echter nog goed bewaard gebleven. Het landschap, met de dijken, wielen en historische bebouwing op terpen laat nog veel zien van de historie van de Beerse Overlaat. De Hertogswetering is met zijn lengte van ruim dertig kilometer een van de langste weteringen van ons land. De wetering begint bij Grave en loopt door de laagste delen van het terrein naar Gewande, waar het water op de Maas wordt geloosd.

De samenhang tussen dijken, dwarskaden, weteringen, terpen en sluizen is waardevol. Ook de relatie tussen de openheid en het vrijwel ontbreken van bebouwing met de Beerse Maas is waardevol. Ondanks de bouw van nieuwe boerderijen heeft het gebied zijn weidse en open karakter behouden. Het gebied maakte als inundatiegebied onderdeel uit van de Zuiderwaterlinie.

Planologische beschermde waarden/kenmerken relevant voor de dijkversterking:
- De Hertogswetering
- De Peeldam bij Velp (deze is echter verdwenen)
- Maasdijk ten noorden van Velp
- Mars en Wijthdijk ten noorden van Velp
- Pannestaartweg tussen Oud Velp en Keent;
- Gemaal van Sasse
- Begroeiing langs de Mars en Wijthdijk en rond het wiel met Canadapopulier, eenstijlige meidoorn, zwarte els en wilg, overwegend uit de periode 1850-1910 (historisch groen “Struweelbeplanting Merriedel, Keent”)

Cultuurhistorische landschappen Beerse (en Baardwijkse) Overlaat
Cultuurhistorische landschappen Beerse (en Baardwijkse) Overlaat liggen in het gehele plangebied van CuRa.

Het gebied van de Beerse Overlaat weerspiegelt 700 jaar waterstaatgeschiedenis. Het systeem van de Beerse Maas was het meest uitgebreide overlaatstelsel van ons land. De inrichting en het gebruik van het gebied

waren geheel op deze functie afgestemd. De vele landschapselementen vertellen het verhaal van deze bijzondere vorm van waterbeheer.

Ontwikkelstrategie relevant voor de dijkversterking:
- Behoud open landschap.
- Behoud en beleefbaar maken van eendenkooien, dijken, waterlopen, wielen.
- Vergroten cultuurhistorische waardering door vergroting van beleving.

In het noorden ligt de Maas met haar uiterwaarden. Ten zuiden daarvan ligt een strook oud cultuurland op oeverwallen en donken, waar de dorpen en stadjes op liggen. Aan de zuidkant van deze vanouds bewoonde zone ligt een aaneenschakeling van laaggelegen komgebieden. Door deze kommen stroomde vroeger, bij hoge waterstanden op de Maas, een parallelrivier: de Beerse Maas. Het water uit de Maas stroomde bij Cuijk het land binnen om vervolgens een brede, traag stromende rivier te vormen naar ‘s-Hertogenbosch. Hierdoor was het lange tijd niet mogelijk om in deze komgebieden huizen te bouwen of akkers aan te leggen. De komgebieden werden extensief gebruikt als hooi- of weiland, als griend of als eendenkooi. Veel opgaande bomen trof men niet aan in de loop van deze Beerse Maas; bossen zouden de doorstroming van het water belemmeren.

De boerderijen, dorpen en steden, boomgaarden en akkers lagen op de donken en de stroomruggen langs de Maas en op de brede dekzandrug tussen ‘s-Hertogenbosch en Grave. Er was dus vanouds een groot verschil in visueel-landschappelijk opzicht tussen de vrij besloten oeverwallen en donken, de zeer open komgebieden en de besloten landschappen met elzen- en meidoornsingels en populierenbeplanting op de flanken van de dekzandruggen in het zuiden.

11.3.4 Referentiesituatie landschappelijke waarden

In deze paragraaf is een algemene beschrijving gegeven van de landschappelijke waarden. Voor een uitgebreidere beschrijving per deelgebied wordt verwezen naar het deelrapport Landschap (bijlage H).

De kering

De waterkering bestaat uit moderne gronddijken en de vestingmuren van Grave. De moderne gronddijken hebben een duidelijk hoofdvolume: een dijk zonder binnen- of buitenberm. Soms kent de dijk binnenbermen, maar deze zijn zeer laag en lopen in vloeiende lijnen over in het aanliggende landschap en kennen soms medegebruik, waardoor het landschap door lijkt te lopen tot de hoofdvolume van dijk. De moderne gronddijken binnen Cuijk - Ravenstein zijn grofweg te onderscheiden in twee dijktypen (los van het onderscheid tussen gewone dijk en tuimeldijk). Het onderscheid is ontstaan door hun verschil in ontwikkeling.

Dijktraject Cuijk-Grave: nieuwe/verplaatste moderne gronddijk

Dijktraject Cuijk-Grave is grotendeels een moderne, verplaatste (of geheel nieuwe) gronddijk. Het traject ligt in het gebied waar de Maas overgaat van een rivier die zich insnijdt in het landschap (de noordelijke Maasvallei) naar een rivier die hoog in het landschap ligt (de Meanderende Maas/de Bedijkte Maas). Het gegeven dat dit de eerste plek is waar de Maas buiten zijn natuurlijke oevers kan treden en het Maaswater breed uit kan stromen en meanderen is de geologische basis waarom hier de instroomlocatie van de Beerse Maas ligt: de Beerse Overlaat. Pas na de Maaskanalisatiewerken in de jaren 30 van de 20e eeuw zijn de huidige moderne dijken gerealiseerd. In figuur 11-5 is de historische ligging van Beerse Overlaat weergegeven.

Vestingmuren Grave

In Grave bestaat de kering grotendeels uit de vestingmuren van de vestingstad.

Dijktraject Grave - Ravenstein: moderne gronddijk op locatie oude gronddijk

Traject Grave - Ravenstein is een moderne gronddijk op de locatie van een oude gronddijk. Tijdens de werking van de Beerse Overlaat lag hier ook een relatief hoge gronddijk. Na de Maaskanalisatiewerken in de jaren 30 van de 20e eeuw zijn de dijken verstevigd als moderne gronddijken.



Figuur 11-5 Historische landschap tussen Cuijk en Grave zijn winterdijk (1900)



Figuur 11-6 Huidige landschap tussen Cuijk en Grave met winterdijk (2024)



Figuur 11-7 Links: Het landschap tussen Grave en Ravenstein met de oude gronddijk (1900). Duidelijk is de concentratie aan bebouwing en hoger gelegen akkers tussen Neerloon en Overlangel te zien. Rechts: Het landschap tussen Grave en Ravenstein met de moderne gronddijk (2024).

Het landschap

Het landschap is gevormd door dezelfde krachten die hebben gezorgd voor het onderscheid in keringen.

Dijktraject Cuijk - Grave

Dit traject kent een overwegend open landschap in het stroomgebied van de Beerse Overlaat, afgewisseld met Maasheggen op de hoger gelegen gronden. Het landschap is later omgevormd door zandwinning in de Kraaijenbergse Plassen en bedrijventerrein van Haven Cuijk. Doordat de dijk pas laat is aangelegd ontbreken oude gebouwen aan de dijk. De Kraaijenbergse Plassen zijn ingepast in het Maasheggenlandschap als leitmotief.

Vesting Grave

De kering vormt de scheiding tussen oude binnenstad en het rivierdal van de Maas. Die binnenstad bestaat overwegend uit oude gebouwen in een historische stedenbouwkundige opzet. Vanaf de vestingstructuur van de besloten stad is ruim zicht op het open landschap van de Maas.

Dijktraject Grave - Ravenstein

Tussen Grave en Overlangel stroomde het water van de overlaat en de Maas door het laaggelegen weidse binnen- en buitendijkse gebied tegen de dijk (zie Figuur 11-8), waardoor daar weinig bebouwing is. Het gebied Overlangel - Neerloon - Ravenstein lag hoog en veilig voor het water van de overlaat, waardoor zich hier veel oude bebouwing aan de dijk bevindt. Op enkele plekken is de oorspronkelijke dijk nog beleefbaar door:

- Dijkhuizen op kruinhoogte van een oude dijk;
- Woningen hoog aan de dijk;
- Restanten van wielen en de kronkeldijk langs of tegen de dijk bij Mars en Wijth;
- De tuimeldijk bij Neerloon met de rijbaan en bomen op de oorspronkelijke dijk;
- Bochten in dijk die te relateren zijn aan bochten van de oude kronkeldijk. De bochten uit de kronkeldijk zijn tijdens de aanleg van de moderne gronddijk rechter getrokken, maar soms nog steeds herkenbaar.



Figuur 11-8 Historische kaart met de ligging van de Beerse Overlaat en het stroomgebied (blauw) van de Beerse Maas. Duidelijk zijn de hogere gronden bij onder andere Overlangel en Neerloon te herkennen.

11.3.5 Referentiesituatie archeologie en aardkundige waarden

Aardkundige waarden

Het uitgangspunt van dit conditionerend onderzoek is het effectonderzoek van de Kansrijke Alternatieven en een klein onderzoek dat voor dit rapport uitgevoerd is. Op basis daarvan blijkt dat binnen het plangebied drie aardkundig waardevolle gebieden liggen.

Dijkvakken 5b, 26 en 27:

Op basis van de aardkundig-waardevolle-gebieden-kaart van de provincie Noord Brabant, liggen dijkvakken 5b, 26 en 27 op de Peelrandbreukstelsel. De Peelrand- en Feldbissbreuk zijn unieke voorbeelden van actieve breuken in los ‘gesteente’, met duidelijk zichtbare wisselwerking met hydrologie en vegetatie (voorkomen wijstgronden). Ook in de rest van het gebied is er invloed van breukwerking op het landschap. De Peelrandbreuk, met name bij Uden-Bedaf, vormt een unieke locatie voor demonstratie en studie van tektonische bodembewegingen in losse gesteenten, en de invloed daarvan op de geologische opbouw, het landschap, de geohydrologie en ecologie van het gebied.

Dijkvakken 29 t/m 35a:

Op basis van de aardkundig-waardevolle-gebieden-kaart van de provincie Noord Brabant, liggen dijkvakken 29 t/m 35a op de Keenstsche Uiterwaarden. Dit monument betreft een voorbeeld van een recent grote Maasmeander met typisch grootschalig-fluviatiele landvormen (voornamelijk kronkelwaardruggen en restgeulen). Het gaat om een meander uit het Holoceen, die afgesneden was in 1930-1940. Er vindt nog steeds doorgaande sedimentatie in de uiterwaarden plaats. Er is sprake van samenhang tussen de verschillende landvormen van de riviervlakte en de cultuurhistorische ontwikkeling, zoals bij de kronkelwaardruggen in de

‘binnenbocht’ van de vroegere rivierloop, de restgeul, de oude dijk en het wiel in de meanderkern en aan de recente Maasdijk aan de buitenzijde meander.

Archeologische (verwachtings)waarden

Het uitgangspunt van dit conditionerend onderzoek is het voorafgaand uitgevoerd archeologisch bureauonderzoek. Op basis van de tijdens het bureauonderzoek verzamelde gegevens, is een gespecificeerd verwachtingsmodel opgesteld per deelgebied. De archeologische waarden zijn specifiek aangeduid in het bureauonderzoek. Daarom worden ze per dijkvak beschreven. Dit omdat het beschrijven van de archeologische waarden per deeltraject als te hoogover wordt beschouwd.

Dijkvak 1 t/m 3

In het gebied ter hoogte van de haven van Cuijk is er een lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. Er geldt op de oeverafzettingen van de Maas een hoge verwachting voor archeologische resten uit de Romeinse tijd, waaronder een mogelijke Romeinse weg in dijkvak 1, en Vroege Middeleeuwen. Ook is er in de omgeving een Romeins urnenveld aangetroffen. Andere resten uit de Romeinse tijd kunnen zijn beschoeiingen, mijlpalen, etc. Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.

Er geldt een middelhoge verwachting voor archeologische bewoningsresten uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd. Rondom de bekende kazematten langs de Maas en langs de spoorbrug kunnen archeologische resten worden aangetroffen uit de Tweede Wereldoorlog. Het kan hier gaan om schuttersputjes, loopgraven, grachten en linies en losse resten. Deze resten kunnen voorkomen vanaf het maaiveld. In dijkvak 1 en 2 komen tevens militaire terreinen voor, naast drie bekende kazematten.

Dijkvak 4 en 5

Er geldt lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. Er geldt op de oeverafzettingen van de Maas een hoge verwachting voor archeologische resten uit de Romeinse tijd en Vroege Middeleeuwen. Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.

Resten uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd hebben een lage trefkans, deze kunnen vanaf de bouwvoor aanwezig zijn. Ter hoogte van dijkvak 5 is nog een deel van de dijk intact aanwezig. Ook kruist er een deels verdwenen waterloop de dijk. In dijkvak 5 is mogelijk nog een deel van de aanzet aanwezig van het dijkrelict de Beerse Overlaat. Over de dijk steekt een deels verdwenen pad over.

Dijkvak 6 t/m 10

Er geldt een middelhoge tot hoge verwachting voor archeologische resten vanaf het Laat-Paleolithicum in de top van terrasafzettingen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de teen van de dijk) en de preboreale loop van de Maas in dijkvak 9. Er geldt een hoge verwachting voor vindplaatsen uit het Neolithicum, Bronstijd, IJzertijd, Romeinse tijd en Middeleeuwen. Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.

Voor de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd geldt een lage verwachting voor bewoningsresten in de afzettingen van de Beerse Maas. Deze resten kunnen voorkomen vanaf het maaiveld. Door dijkvak 7 lopen tevens divers verdwenen wegen.

Dijkvak 11 t/m 13

Er geldt een middelhoge tot hoge verwachting voor archeologische resten vanaf het Laat-Paleolithicum in de top van terrasafzettingen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk). Ter plaatse van het voormalige 'Eiland van Gassel' kunnen archeologische waarden uit het Paleolithicum tot en met de Vroege Middeleeuwen direct onder het plaggendek aanwezig zijn. Deze archeologische verwachting is hoog. Archeologie uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd kan zich op en in het plaggendek bevinden, hiervoor geldt een lage verwachting voor bewoningsresten op basis van historische kaarten. Een dergelijke bodem kan direct vanaf maaiveld worden aangetroffen (aan de teen van de dijk).

Voor andere zones geldt een middelhoge archeologische verwachting uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de teen van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. Er geldt op de oeverafzettingen van de Maas een middelhoge verwachting voor archeologische resten uit de Romeinse tijd en Vroege Middeleeuwen. Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd. Voor de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd geldt een lage verwachting voor bewoningsresten in de afzettingen van de Beerse Maas. Deze resten kunnen voorkomen vanaf maaiveld. Voor de Voor de Beerse Overlaat geldt een lage verwachting voor bewoningsresten uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.

In dijkvak 12 steekt een nog deels intacte weg de dijk over. Daarnaast steken diverse deels verdwenen watergangen door de dijk. Langs deze watergangen zijn diverse bruggen en duikers aanwezig. Aan de noordzijde van dijkvak 12 zijn diverse scheepswrakken bekend. Daarnaast bevinden zich binnen dijkvak 12 een verdwenen Spaanse legerplaats en diverse circumvallatielinies. Deze lopen ook deels nog langs de dijk. Deze resten kunnen vanaf het maaiveld aanwezig zijn. Langs dijkvak 13 zijn nog twee relicten van de Beerse en Hogendijkse overlaat aanwezig. Hierlangs liep tevens een verdwenen weg. In dijkvak 13 is ook een zogenaamd wiel aanwezig, het gevolg van een dijkdoorbraak.

Dijkvak 14 t/m 21

Er geldt een lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. De archeologische verwachting voor deze resten is laag tot middelhoog vanwege de vele activiteiten in de Middeleeuwen in het gebied die mogelijk ondiepe sporen verstoord hebben. Er geldt op de oeverafzettingen van de Maas een middelhoge verwachting voor archeologische resten uit de Romeinse tijd en Vroege Middeleeuwen. Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.

Voor de periode Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd is een hoge verwachting. Deze resten kunnen direct onder het maaiveld voorkomen. Deze verwachting hangt samen met de stad Grave en zijn vele stadsmuren en verdedigingsstructuren vanaf de 13e eeuw. In het gebied zijn tevens vele verdwenen redoutes aangegeven, met bijbehorende circumvallatielinies. Daarnaast, liggen dijkvakken 18, 19, en 20 op een AMK-terrein (behoudenswaardige archeologische terreinen).

Tevens zijn er diverse geschutsopstellingen bekend, naast loopgraven en wapenopstellingen uit de Tweede Wereldoorlog.

In het noordwesten van Grave is het industrieterrein met circa 1 m opgehoogd: circa NAP +13 m in plaats van rond de NAP +12 m van de kade in het middeleeuwse deel van de stad. Rond de nog historische dijk kunnen tevens historische huisplaatsen worden verwacht.

In de ondergrond onder Grave is daarnaast nog een stroomgordel aanwezig, de Haren stroomgordel. Op de oeverafzettingen van deze stroomgordel is een middelhoge archeologische verwachting voor de Bronstijd en IJzertijd. Deze afzettingen worden vanaf circa NAP +4,7 m of hoger verwacht. Deze stroomgordel wordt waarschijnlijk afgedekt door een kleidek van de Maas dat is afgezet in de Late Middeleeuwen.

Dijkvak 22 t/m 30
In dijkvak 27 en 28 is opnieuw sprake van de Haren stroomgordel in de ondergrond. Op de oevers van deze stroomgordel is een middelhoge archeologische verwachting voor bewoningssporen. In de diepere ondergrond zouden echter ook nog Paleolithische en Mesolithische resten kunnen voorkomen, hoewel het mogelijk is dat deze stroomgordel deze heeft opgeruimd. Deze verwachting is daarom laag voor nog eventuele onderliggende Paleolithische stroomgordels. Rondom de stroomgordel is deze verwachting nog wel aanwezig. De maximale zanddiepte is circa NAP +4,7 m, eventuele oeverafzettingen worden boven dit niveau verwacht. Eventuele archeologische waarden uit de Romeinse tijd en Vroege Middeleeuwen kunnen voorkomen op Maasafzettingen, deze archeologische verwachting is middelhoog.

Voor de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd is de verwachting tevens hoog. In de omgeving komen veel verdwenen redoutes voor met circumvallatielinies voor uit de Staats-Spaanse tijd. Daarnaast is er ook hier mogelijk een verdwenen legerkamp uit de vroege Nieuwe tijd aanwezig.

Het gebied is onderdeel geweest van de Zuiderfrontier gedurende de 16e tot en met de 19e eeuw. Er geldt een hoge verwachting voor bewoningsresten en resten van militaire activiteit uit de Nieuwe tijd. Er geldt een lage verwachting voor losse archeologische resten die te maken hebben met de geallieerde dropzone in de Hoge Wijth en rondom de bekende kazematten en het Gemaal van Sasse. Wel zijn er diverse geschutsopstellingen, kazematten en tankgrachten bekend op en rondom de dijk.

In het gebied zijn tevens diverse deels verdwenen watergangen en wegen aangegeven. Daarnaast komen tegen de grens met de gemeente Maasdijk bij dijkvak 30 nog een schans en twee redoutes voor met diverse circumvallatielinies. Deze resten kunnen voorkomen vanaf maaiveld.

Dijkvak 30 t/m 32 (gemeentegrens)
Er geldt een lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de teen van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. De archeologische verwachting voor deze resten is laag tot middelhoog.

Op de oeverafzettingen van de Maas geldt een middelhoge verwachting voor archeologische vindplaatsen vanaf de Romeinse tijd en Vroege Middeleeuwen. Deze zijn te verwachten op oeverafzettingen die vanaf circa 80 cm -mv aanwezig zijn onder een overstroomdek.
De archeologische verwachting op bewoningsresten uit de Late Middeleeuwen is middelhoog. Er zijn uit deze zone diverse historische erven bekend aan de dijk. Deze resten zijn vanaf het maaiveld mogelijk of onder een dun overstroomdek. In dijkvak 31 is een verdwenen pad aanwezig. Ook zijn er wapenopstellingen en geschutsopstellingen bekend langs de dijk.

Dijkvak 32 (vanaf de gemeentegrens) t/m dijkvak 34
Er geldt lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de teen van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. De archeologische verwachting voor deze resten is laag tot middelhoog.

Op de oeverafzettingen van de Maas geldt een middelhoge verwachting voor archeologische vindplaatsen vanaf de Romeinse tijd en Vroege Middeleeuwen. Deze zijn te verwachten op oeverafzettingen die vanaf circa 80 cm -mv aanwezig zijn onder een overstroomdek.

Ter hoogte van de Harense stroomgordel zijn archeologische resten mogelijk uit de Bronstijd en IJzertijd op de oeverafzettingen. De top van de zandige beddingafzettingen bevindt zich hier op NAP +4,7 m tot NAP +4,1 m, een eventuele oever zal op een hoger niveau liggen. Daarnaast is er ter hoogte van Overlangel tevens een archeologische vindplaats uit de Bronstijd/IJzertijd aangetoond vanaf circa 1 tot 1,5 m– mv.

De archeologische verwachting uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd is hoog. In de omgeving is veel historische bewoning bekend, tevens heeft er ten zuiden van het dorp Overlangel een sluis gelegen en heeft er een spoorbrug gelopen. Archeologische resten uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd kunnen voorkomen vanaf het maaiveld. Dit deel van de dijk is tevens een historische dijk.

Dijkvak 35 t/m 37 en verlagingszone

Ook ter hoogte van Neerloon liggen stroomgordels in de ondergrond. Dit zijn de Harense stroomgordel, de Huisseling-Demen stroomgordel en stroomgordel nr. 731. Voor de stroomgordelafzettingen van 731 geldt een middelhoge verwachting voor resten uit het Neolithicum en Bronstijd. De NAP-hoogte van de top van de zandige beddingafzettingen van deze stroomgordel is onbekend. Voor de Harense stroomgordel zijn archeologische resten mogelijk vanaf het Neolithicum maar hiervoor geldt een middelhoge verwachting voor de Bronstijd en IJzertijd. De top van de zandige beddingafzettingen bevindt zich hier op NAP +4,7 m tot NAP +4,1 m, een eventuele oever zal op een hoger niveau liggen. Voor de afzettingen van de Huisseling-Demenstroomgordel geldt een middelhoge verwachting voor resten uit het Neolithicum t/m de IJzertijd. Bij eerder onderzoek bij Neerloon in 2016 door Archeodienst zijn de beddingafzettingen van deze stroomgordel aangetroffen op circa 1,8 m -mv (circa NAP +6,3 m). Daarnaast is in de uiterwaarden van Neerloon een archeologische laag aangetroffen tijdens een geo-archeologisch onderzoek (2413746100). Deze laag is aanwezig op NAP +7 m tot NAP +7,5 m (1 tot 1,5 m -mv).

Voor de oeverwal van de Maas geldt een verwachting voor bewoningsresten uit de Romeinse tijd, Vroege Middeleeuwen, Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd. In de uiterwaarden ten noorden van Neerloon geldt een hoge verwachting voor een nederzetting uit de Late Middeleeuwen. Deze resten zijn vanaf de bouwvoor, of onder een dun overstroomdek te verwachten. Vanaf het maaiveld kunnen resten van historische erven worden verwacht en de aanzet naar een kade aan de noordzijde van de dijk, evenals een veerhuis in de uiterwaarden. Daarnaast lopen er door het gebied diverse deels verdwenen historische wegen.

Uit diverse bronnen is tevens bekend dat er een Romeinse weg aanwezig zou zijn in de omgeving van Neerloon. Dit zou een doorwaardbare plaats zijn geweest waar een zandweg naartoe liep. Op zowel historische als paleogeografische kaarten zijn hier echter geen aanwijzingen van gevonden. Ook navraag bij de diverse heemkundekringen liep op niets uit.

Archeologische waarden gerelateerd aan waterachtige omgevingen

Er kunnen tevens vondsten gedaan worden die gerelateerd zijn aan waterachtige omgevingen rondom dijken. Deze verwachting is middelhoog tot hoog vanaf het Neolithicum in het gehele plangebied. Voor de periode Paleolithicum en Mesolithicum is deze verwachting laag, aangezien vondsten uit deze periode zeldzaam zijn. Vanaf het Neolithicum werden er onder andere beschoeiingen geplaatst langs water, maar kunnen tevens fuiken, waterwerken, visgerei, aanlegsteigers, boten en scheepjes worden aangetroffen. Deze resten kunnen bijvoorbeeld in restgeulen worden aangetroffen. Tevens kunnen rituele deposities worden verwacht.

11.4 Effectbeschrijving en -beoordeling

11.4.1 Effecten op monumentale gebouwen

In deze paragraaf zijn de belangrijkste effecten van de dijkversterking op monumentale gebouwen en objecten beschreven. Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar het deelrapport Landschap (bijlage H). Bij de effectanalyse is gekeken naar de effecten op de herkomstwaarde en belevingswaarde van monumentale gebouwen. In de onderstaande beschrijving is alleen ingegaan op de monumenten waar effecten optreden.

Haven-Cuijk

In dit deelgebied ligt het rijksmonument Kazematten Maaslinie. De kazematten liggen in de huidige situatie al lager in de dijk dan ze van oorsprong lagen. De dorpels van de kazematten lagen in de originele situatie op kruinhoogte. In de huidige situatie liggen ze door een voormalige dijkversterking lager in het talud dan de kruin. Door de huidige versterkingsopgave komen ze nog lager te liggen en verder van de kruin af. Daarmee blijven de kazematten weliswaar herkenbare objecten in de dijk, maar de samenhang met de dijk en daarmee de afleesbaarheid van het functioneren van de kazematten in de dijk wordt aangetast (effectbeoordeling: - -). Aan de belevingswaarde van de kazematten verandert niets (effectbeoordeling: 0).

Vesting Grave

In dit deelgebied liggen verschillende monumenten, waaronder het rijksmonument en beschermd stads- of dorpsgezicht Grave en rijksmonument Vestingmuren Grave.

Rijksmonument en beschermd stads- of dorpsgezicht Grave

Bij het rijksmonument en beschermd stads- of dorpsgezicht Grave wordt door het toepassen van demontabele keringen jaarrond de visuele relatie tussen de Maas en de vestingstad behouden. Door de doorgang van de Maaspoort weer historisch (meer) correct open te maken wordt de functionele relatie tussen het stratenpatroon van de vestingstad en de loswal aan de Maas (waar vroeger de veerpont naar Gelderland lag) hersteld. Door de oude vestingmuur in de Havenstraat als kering opnieuw op te bouwen en zichtbaar te maken wordt aan de noordoostzijde van de stad de relatie tussen vestingstad en vestingwerken hersteld. Door deze maatregelen vindt een sterke verbetering plaats in de relatie tussen het beschermd stads- of dorpsgezicht en de vestingwerken (effectbeoordeling herkomstwaarde: + +).

Alleen de Maaskade met vestingmuur en Maaspoort vallen binnen de contour van het bescherm stads- of dorpsgezicht en zijn concreet als objecten te beschouwen. Er vinden kleine wijzigingen plaats aan de vestingmuur en Maaspoort, waarvan de zichtbare delen in de jaren 70 en 90 geheel vernieuwd zijn. Op enkele plekken wordt de muur opgehoogd. Op andere plekken worden cortenstalen elementen in de muur verwerkt, waarop en waaraan de demontabele kering kan worden bevestigd. De doorloop van de Maaspoort wordt, historisch meer correct, open gemaakt. Enerzijds kan beredeneerd worden dat de muur en Maasport worden aangetast, anderzijds kan het toevoegen van de extra tijdslaag van ‘de vestingmuur als kering’ de uitstraling en aantrekkelijkheid verbeteren. Het is wel zeker dat het weer open maken van de Maaspoort een plus is ten opzicht van de huidige situatie. De uitstraling en aantrekkelijkheid verbeteren door deze maatregelen (effectbeoordeling belevingswaarde: +).

Rijksmonument Vestingmuren Grave

Zie voorgaande beschrijving van “Rijksmonument beschermd stads- of dorpsgezicht Grave”. Er vindt een verbetering plaats in de relatie tussen het rijksmonument, voornamelijk de Maaspoort, en de historische vestingstad en de loswal. Ook verbetert de uitstraling en aantrekkelijkheid van het rijksmonument, voornamelijk de Maaspoort. Door de maatregelen vindt een verbetering plaats van de herkomstwaarde en belevingswaarde (effectbeoordeling: +).

Lage Wijth

In dit deelgebied liggen verschillende monumenten. Op het rijksmonument Gemaal van Sasse en het gemeentelijk monument Mars en Wijthdijk 5 worden effecten verwacht.

Rijksmonument Gemaal van Sasse

In de beoogde ontwerprichting wordt het gebouw als solitaire eenheid (als object in de dijk) behouden. De functionele en symmetrische relatie tussen frontmuur en het gebouw worden zo veel mogelijk behouden. De versterkingsopgave doet daardoor geen afbreuk aan het monument, noch heeft het meerwaarde voor de herkenbaarheid van het monument en de oorspronkelijke samenhang met de omgeving. Ook wordt de relatie binnen het ensemble John S. Thompsonbrug-kazematten-Gemaal van Sasse niet verstoord. Er vindt daarom geen relevante verandering plaats (effectbeoordeling herkomstwaarde: 0).

In de beoogde ontwerprichting worden de historische uitstraling en architectuur van de frontmuur zo veel mogelijk hersteld. De muur wordt in metselwerk verhoogd en de hekwerken verwijderd of aangepast, passend bij de architectuurstijl van het gemaal. Architectonische details worden teruggebracht en er wordt onderzocht of de regelwerken van de sluisdeuren minder prominent aanwezig kunnen worden gemaakt. Met deze ingrepen worden de uitstraling en aantrekkelijkheid van het rijksmonument verbeterd (effectbeoordeling belevingswaarde: +).

Gemeentelijk monument Mars en Wijthdijk 5 (Schuttershuisje)

Het Schuttershuisje is een oud dijkhuis met de dorpelhoogte op de kruinhoogte van een oude dijk. Het onderscheid tussen de kruinhoogte van de oude dijk en de kruinhoogte van de huidige gronddijk is nog goed waarneembaar. Door een buitenwaartse asverschuiving is ook na de versterking dit onderscheid nog duidelijk afleesbaar. Door de huidige versterkingsopgave komt het monument nog lager te liggen en verder van de kruin af. Daarmee blijft het monument weliswaar een herkenbare dijkwoning op/aan de dijk, maar de samenhang met de dijkkruin en daarmee de afleesbaarheid van het historische functioneren van de dijkwoning wordt aangetast (effectbeoordeling herkomstwaarde: -).

Door de buitenwaartse asverschuiving worden de vijf leilindes tussen de rijbaan en het huis behouden. De bomen vormen een onlosmakelijk ensemble met het oude Schuttershuisje. Door het behoud van de bomen vindt er geen relevante verandering plaats (effectbeoordeling belevingswaarde: 0).

Keent

Gemeentelijk monument Oude Maasdijk 2

Deze monumentale boerderij staat in de oksel van de Pannestaartweg, op enige afstand van de dijk. De dijk gaat binnenwaarts met een berm. Hoewel de boerderij dichter bij de dijk met berm komt te liggen, vormt de berm een afstand tussen de boerderij en het hoofdvolume van de dijk (de dijk zonder berm). Daarmee wordt de relatie tussen de dijk en de boerderij aangetast (effectbeoordeling herkomstwaarde: -).

Doordat de dijk en berm binnenwaarts gaan en het grondlichaam van de Pannestaartweg breder wordt, worden erf en erfbeplanting beperkt geraakt. Daarmee wordt de uitstraling en aantrekkelijkheid van het monument aangetast (effectbeoordeling belevingswaarde: -).

In de onderstaande tabel zijn de effecten van de dijkversterking op de herkomstwaarde en belevingswaarde van monumentale gebouwen per deelgebied weergegeven. Voor het gehele dijktraject is de effectbeoordeling per saldo neutraal (effectbeoordeling: 0).

Tabel 11-8 Effectbeoordeling monumentale gebouwen

Deelgebied	*Monumentale gebouwen*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*
Haven-Cuijk	Rijksmonument kazematten Maaslinie	- -	0
Oost (Jan van Cuykdijk)	Rijksmonument Rooms Katholieke begraafplaats	0	0
Vesting Grave	Rijksmonument en beschermd stads- of dorpsgezicht Grave	+ +	+
	Rijksmonument vestingmuren Grave	+	+
	Overige monumenten	0	0
Lage Wijth	Rijksmonument verkeersbrug (John S. Thompsonbrug) met onderliggend stuw- en sluizencomplex	0	0
	Rijksmonument kazematten Peel Raamstelling	0	0
	Rijksmonument gemaal van Sasse	0	+
	Gemeentelijk monument Mars en Wijthdijk 5 (Schuttershuisje)	-	0
Keent	Gemeentelijk monument Oude Maasdijk 2	-	-
	Gemeentelijk monument Maasdijk 5 en 11	0	0
Neerloon	Rijksmonument St. Victor Binnendijks Kerk, en gemeentelijk monument Maasdijk 18 en 20	0	0
Totaal		0	0

11.4.2 Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen

In deze paragraaf zijn de belangrijkste effecten van de dijkversterking op monumentale en beeldbepalende bomen beschreven. Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar het deelrapport Landschap (bijlage H). Bij de effectanalyse is gekeken naar de effecten op de herkomstwaarde en belevingswaarde van monumentale en beeldbepalende bomen. In de onderstaande beschrijving is alleen ingegaan op de bomen waar effecten optreden.

Voor alle monumentale en beeldbepalende bomen geldt dat de dijkversterking niet leidt tot een relevante verandering. De herkomstwaarde en belevingswaarde van de monumentale en beeldbepalende bomen wordt daardoor niet aangetast (effectbeoordeling: 0).

Tabel 11-9 Effectbeoordeling monumentale en beeldbepalende bomen

Deelgebied	*Monumentale en beeldbepalende bomen*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*
Vestiging Grave	Witte paardenkastanjes op de Maaskade	0	0
Lage Wijth	Lei-lindes bij het Schuttershuisje	0	0
Reek	Gewone essen Hans en Grietweg	0	0
	Groene beuken Thomashuis Velp	0	0
	De “olifantenboom”	0	0
	Markante populier bij Oude Graafsestraat	0	0
Neerloon	Bomen op de tuimeldijk	0	0
Totaal		0	0

11.4.3 Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren

In deze paragraaf zijn de belangrijkste effecten van de dijkversterking op overige cultuurhistorische elementen en structuren beschreven. Voor uitgebreide informatie wordt verwezen naar het deelrapport Landschap (bijlage H). Bij de effectanalyse is gekeken naar de effecten op de herkomstwaarde en belevingswaarde van cultuurhistorische elementen en structuren. In de onderstaande beschrijving is alleen ingegaan op de cultuurhistorische elementen en structuren waar effecten optreden.

Effectbeoordeling per deelgebied

Alleen bij het historisch groen Maasheggen in het deelgebied Kraaijenbergse Plassen treedt aantasting op van de herkomstwaarde. De Maasheggen worden enkele meters binnenwaarts op een overhoogte teruggebracht. Ze blijven de rijbaan van de Hooge Voort begeleiden. Dat ze op een overhoogte komen te staan is cultuurhistorische niet helemaal correct aangezien de heggen in het overstroombare gebied van de uiterwaarden thuishoren. In deze specifieke situatie blijft de huidige samenhang met de dijk gelijk: een Maasheg langs een weg aan de teen van een dijk. Echter wordt de samenhang met de omgeving en het aanliggende landschap minder door de overhoogte. De herkenbaarheid wordt hierdoor aangetast (effectbeoordeling herkomstwaarde: -).

De belevingswaarde van de Maasheggen wordt tijdens de realisatiefase tijdelijke aangetast omdat de Maasheg wordt verwijderd en opnieuw wordt aangeplant. Op de lange termijn blijft de belevingswaarde van de Maasheggen onveranderd (effectbeoordeling belevingswaarde: 0).

Tabel 11-10 Effectbeoordeling cultuurhistorische elementen en structuren

Deelgebied	*Cultuurhistorische elementen en structuren*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*
Kraaijenbergse Plassen	Historisch groen: Maasheggen	-	0
Grave	Historische stedenbouw: Grave		
	Historisch groen: vestingbeplanting Grave	0	0
Lage Wijth	Historische zichtrelatie		
	Historisch groen: struweelbeplanting Merriedel, Keent	0	0
Reek	Historische stedenbouw: Overlangel	0	0
Neerloon	Historische stedenbouw: Neerloon	0	0
	Historische groen: Bakenbomen langs de Maas	0	0
Totaal		0	0

Effectbeoordeling per Cultuurhistorische landschap en gebieden omgevingsverordening Noord-Brabant

Alleen bij de belevingswaarde van de Cultuurhistorische landschappen Beerse (en Baardwijkse) Overlaat treedt een significant positief effect op. Dit komt door het beleefbaar maken van de overlaat met meekoppelkans Beerse Overlaat in deelgebied Kraaijebergse Plassen (effectbeoordeling herkomstwaarde: +).

Tabel 11-11 Effectbeoordeling Cultuurhistorische landschap en gebieden omgevingsverordening Noord-Brabant

Cultuurhistorische landschap of gebied	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*
Cult. waardevol gebied Eiland van Gassel	0	0
Cult. waardevol gebied Keent	0	0
Cult. waardevol gebied Beerse Overlaat	0	0
Cultuurhistorische landschappen Beerse (en Baardwijkse) Overlaat	0	+
Totaal	0	0

11.4.4 Effecten op landschappelijke waarden

In deze paragraaf zijn de belangrijkste effecten van de dijkversterking op landschappelijke waarden beschreven. Voor uitgebreide informatie wordt verwezen naar het deelrapport Landschap (bijlage H). Bij de effectanalyse is gekeken naar de effecten op de herkomstwaarde en belevingswaarde van de dijk en het binnendijkse en buitendijkse landschap. In de onderstaande beschrijving is per beoordelingscriterium het overwegende effect langs de gehele dijk weergegeven, gevolgd door de effecten in de deelgebieden die sterk hiervan afwijken.

De dijk

Herkomstwaarde: herkenbaarheid van het huidige dijktracé

De herkenbaarheid van het huidige dijktracé wordt door de versterking bijna overal aangetast door kleine wijzigingen in het tracé. Het oorspronkelijk tracé blijft herkenbaar, maar wordt (licht) aangetast (effectbeoordeling: -).

In deelgebied Kraaijenbergse Plassen vindt geen effect plaats doordat de dijk duidelijk haar lange, eenduidige curve in het tracé behoudt. Het tracé wordt op enkele locaties aangetast en op andere locaties versterkt, wat elkaar in de beoordeling opheft.

In deelgebied Grave vindt een verbetering plaats door het zichtbaar maken van de kering/vestingmuur in de Havenstraat.

Belevingswaarde: herkenbaarheid van de huidige verschijningsvorm van de dijk met een eenduidig dijkprofiel

De herkenbaarheid van de huidige verschijningsvorm van de dijk wordt door de versterking bijna overal aangetast door het verhogen en verbreden van de dijk en door het plaatselijk toepassen van binnenbermen. De verschijningsvorm wordt hierdoor sterk aangetast (effectbeoordeling: - -).

In deelgebied Oost (Jan van Cuijkdijk) wordt de herkenbaarheid zeer sterk aangetast door het toepassen van een binnenberm in combinatie met de herinrichting van de N321 (breed dijkprofiel en extra verbreding door rotonde).

In het deelgebied Grave vindt een verbetering plaats doordat de verschijningsvorm van de oude vestingmuur behouden wordt. De herkenbaarheid van de muur als waterkering wordt vergroot en de beleefbaarheid en afleesbaarheid van onderdelen van de vestingmuur worden aanzienlijk verbeterd.

In deelgebied West (Koninginnedijk) wordt de herkenbaarheid zeer sterk aangetast door het gedeeltelijk toepassen van een tuimeldijk, variatie in dijkhoogtes en variatie in dorpelhoogtes van de aanliggend panden.

In deelgebied Keent treedt gemiddeld geen effect op, omdat het realiseren van de meekoppelkans Schans Reek en de aanpassing aan de Steeg het negatieve effect van het toepassen van binnenbermen, in combinatie met de sterke afwisseling tussen dijk met berm en dijk zonder berm, compenseert.

Binnendijkse landschap

Herkomstwaarde: herkenbaarheid van het oorspronkelijke aanliggende landschap

De dijk wordt op de meeste plekken in binnenwaartse richting versterkt en raakt in meer of mindere mate binnendijkse waarden. In deelgebieden waar binnenbermen in een open landschap komen, is de impact van de bermen gering. In deelgebieden waar binnenbermen in een landschap met veel landschapselementen tegen de dijk komen is de impact op de herkenbaarheid van het landschap het grootst. Het oorspronkelijk landschap wordt hierdoor aangetast (effectbeoordeling: -).

In het deelgebied Kraaijenbergse Plassen wordt de herkenbaarheid sterk aangetast door het toepassen van binnenbermen .Het kleinschalig ogende landschap tussen de dijk en de binnendijkse Maasheggen neemt aanzienlijk af.

In het deelgebied Grave vindt een verbetering plaats doordat de openbare ruimte bij de Havenstraat wordt heringericht aansluitend op de nieuw te realiseren vestingmuur, conform de Visie op de vesting Grave.

In het deelgebied Lage Wijth wordt de herkenbaarheid sterk aangetast door de hoeveelheid geraakte landschapselementen en structuren in een omgeving met hoge cultuurhistorische en landschappelijke waarden, ondanks de inpassingsmaatregelen op en tegen de berm.

Belevingswaarde: de mate waarin het landschap doorloopt tot aan de dijk
Het RKB en RKK sturen aan op een dijk dat als een lijnelement in het landschap ligt, waarbij het landschap zo veel mogelijk doorloopt tot de teen van de dijk. De optimale situatie is een dijk zonder berm, waarbij het landschap doorloopt tot het 'hoofdvolume' (dijk zonder berm) van de dijk. In de effectbeoordelingen is de onderstaande gradatie gehanteerd. De mate waarop het landschap doorloopt tot de dijk wordt, door het vaak toepassen van bermen zonder medegebruik of inrichting, sterk aangetast (effectbeoordeling: - -).

- Geen relevante verandering (0): de dijk heeft geen berm en het landschap loopt door tot de teen van de dijk.
- Aantasting (-): De dijk heeft een berm met een inrichting van de berm dat aansluit op de functies in het aanliggende landschap. Dan loopt het landschap door tot aan het 'hoofdvolume' van de dijk.
- Sterke aangetast (- -): De dijk heeft een berm zonder een inrichting van de berm dat aansluit op de functies in het aanliggende landschap. Dan loopt het landschap tot de teen van de berm.

In deelgebied Oost (Jan van Cuijkdijk) vindt een lichte aantasting plaats doordat er buitenwaarts versterkt wordt en de toegepaste binnenberm van een landschappelijke inrichting wordt voorzien.

In deelgebied Grave treedt geen effect op doordat de openbare ruimte door blijft lopen tegen de vestingmuur.

In deelgebied West (Koninginnedijk) treedt geen effect op doordat de openbare ruimte en aanliggende woon- en bedrijfskavels door blijven lopen tegen de kruin van de dijk.

In deelgebied Neerloon vindt een lichte aantasting plaats doordat er buitenwaarts versterkt wordt en er slechts een geringe hoeveelheid binnenbermen zonder inrichting wordt toegepast.

Buitendijkse landschap

Herkomstwaarde: herkenbaarheid van het oorspronkelijke aanliggende landschap
De dijk wordt op de meeste plekken in binnenwaartse richting versterkt. Waar deze buitenwaarts gaat worden vaak geen landschappelijke structuren geraakt. Waar ze wel significant worden geraakt, worden ze hersteld of gecompenseerd. Het oorspronkelijk landschap blijft daarbij wel herkenbaar, maar wordt door verbreding van de dijk in areaal en beleving aangetast. Het oorspronkelijk landschap wordt hierdoor aangetast (effectbeoordeling: -).

In deelgebied Haven-Cuijk treedt geen effect op door een binnenwaartse versterking.

In deelgebied Kraaijenbergse Plassen treedt een sterk positief effect op doordat door meekoppelkans Beerse Overlaat de herkenbaarheid van het oorspronkelijke landschap aanzienlijk wordt verbeterd (+ +).

In deelgebied Vesting Grave treedt geen effect op doordat de openbare ruimte door blijft lopen tegen de vestingmuur.

In deelgebied Lage Wijth vindt een sterke aantasting plaats door de hoeveelheid geraakte landschapselementen en structuren in een omgeving met hoge cultuurhistorische en landschappelijke waarden, ondanks dat landschapselementen en structuren met de dijk mee naar buiten worden verplaatst.

In deelgebied Keent vindt een sterke aantasting plaats door de hoeveelheid geraakte waarden zoals Maasheggen en natuur. Tevens komt de dijk nog dichter tegen de rivierarm te liggen.

Belevingswaarde: de mate waarin het landschap doorloopt tot aan de dijk
De dijk wordt op de meeste plekken in binnenwaartse richting versterkt. Waar deze buitenwaarts gaat worden vaak geen landschappelijke structuren geraakt. Waar ze wel significant worden geraakt worden ze hersteld of gecompenseerd. Door het ontbreken van buitenbermen blijft het oorspronkelijk landschap altijd doorlopen tot de teen van de dijk. Er vindt hierdoor geen relevante verandering plaats (effectbeoordeling: 0).

Tabel 11-12 Effectbeoordeling landschappelijke waarden

	Dijk		Binnendijkse landschap		Buitendijkse landschap	
Deelgebied	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*
Haven-Cuijk	-	- -	-	- -	0	0
Kraaijenbergse Plassen	0	- -	- -	- -	+ +	0
Oost (Jan van Cuijkdijk)	-	- - -	-	-	-	0
Vesting Grave	+	+ +	+	0	0	0
West (Koninginnedijk)	-	- -	-	0	-	0
Lage Wijth	-	- -	- -	- -	- -	0
Keent	-	0	-	- -	- -	0
Neerloon	-	- -	-	-	-	0
Totaal	-	- -	-	- -	-	0

11.4.5 Effecten op aardkundige waarden

Het dijktracé ligt op drie aardkundig waardevolle gebieden. De bodemingrepen die gepaard gaan met de geplande werkzaamheden kunnen de aardkundige waarden verstoren en/of vernietigen.

Dijkvakken 5b, 26 en 27: De verandering op dijkvakken 5b, 26 en 27 hebben geen relevante effecten op de Peelrandbreuk. Op deze locaties is de Peelrandbreuk niet zichtbaar aan de oppervlakte. De geplande graafwerkzaamheden kunnen de top van de breuk aantasten, maar gezien deze ongeveer 5 km diep en meer dan 50 km breed is, is de verandering zeer klein (effectbeoordeling: -).

Dijkvakken 29 t/m 35a: De werkzaamheden op dijkvakken 29 t/m 35a hebben geen effect op de Maasmeander of zijn fluviatiele landvormen, vnl. kronkelwaardruggen en restgeulen (effectbeoordeling: 0).

In de onderstaande tabel zijn de effecten van de dijkversterking op aardkundige waarden per dijkvak weergegeven. Voor het gehele dijktraject is de effectbeoordeling per saldo beperkt negatief (effectbeoordeling: -).

Tabel 11-13 Effectbeoordeling aardkundige waarden

Dijkvak	Effect
Dijkvak 5b	-
Dijkvak 26 en 27	-
Dijkvak 29 t/m 35a	0
Totaal	-

* de effecten op aardkundige waarden zijn vanwege hun natuurlijke ligging niet logisch om op deelgebied te benoemen. De effecten worden daarom per dijkvak gepresenteerd.

11.4.6 Effecten op archeologische (verwachtings)waarden

Het dijktracé ligt in zones met verschillende archeologische verwachtingen en deels in een zone waar een AMK-terrein ligt. De bodemingrepen die gepaard gaan met de geplande werkzaamheden zullen (eventueel) aanwezige archeologische resten in de bodem verstoren en/of vernietigen. Hieronder wordt een tabel weergegeven met de verschillende archeologische verwachtingen per dijktraject. De dijkvakken met een zeer hoge verwachting betreffen de terreinen waar een AMK-terrein geregistreerd is.

Tabel 11-14 Effectbeoordeling archeologische (verwachtings)waarden

Deeltraject	Verwachting	Effect
Haven Cuijk	hoog	- -
Kraaijenbergse Plassen	middelhoog	-
Grave Oost	hoog	- -
Grave Vesting	zeer hoog	- - -
Grave West	hoog	- -
Lage Wijth	hoog	- -
Reek	hoog	- -
Neerloon	hoog	- -
Totaal	hoog	- -

De beoordelingen per deeltraject zijn opgebouwd uit de onderliggende verwachtingswaarden per dijkvak en een daaruit volgend 'gemiddelde' van de verwachting voor dat deeltraject:

- Deeltraject haven Cuijk: bevat twee dijkvakken met een hoge verwachting, één dijkvak met middelhoge archeologische en één met een lage verwachting. Als totaal is de beoordeling hoog (effectbeoordeling: - -).
- Deeltraject Kraaijenbergse Plassen: bevat twee dijkvakken met een hoge archeologische verwachting, tien dijkvakken met een middelhoge en drie met een lage archeologische verwachting. Als totaal is de beoordeling middelhoog (effectbeoordeling: -).
- Deeltraject Grave Oost: bevat drie dijkvakken met een hoge archeologische verwachting. Als totaal is de beoordeling hoog (effectbeoordeling: - -).
- Deeltraject Grave Vesting: bevat vier dijkvakken met een zeer hoge archeologische verwachting. Als totaal is de beoordeling zeer hoog (effectbeoordeling: - - -).
- Deeltraject Grave West: bevat vier dijkvakken met een hoge archeologische verwachting. Als totaal is de beoordeling hoog (effectbeoordeling: - -).
- Deeltraject Lage Wijth: bevat drie dijkvakken met een hoge archeologische verwachting. Als totaal is de beoordeling hoog (effectbeoordeling: - -).
- Deeltraject Reek: bevat vijf dijkvakken met een hoge archeologische verwachting en één dijkvak met een lage archeologische verwachting. Als totaal is de beoordeling hoog (effectbeoordeling: - -).
- Deeltraject Neerloon: bevat drie dijkvakken met een hoge archeologische verwachting. Als totaal is de beoordeling hoog (effectbeoordeling: - -).

De conclusie voor archeologische waarde voor het dijktraject Cuijk-Ravenstein als geheel is dat de geplande werkzaamheden een negatief effect (effectbeoordeling: -) hebben op de te verwachten en de bekende archeologische waarden.

11.4.7 Samenvatting effectbeoordeling

Het oordeel voor de dijkverbetering als geheel op het aspect aardkundige waarden is beoordeeld met een beperkt negatief effect (-). Voor het aspect archeologische (verwachtings)waarden is dit eindoordeel bepaald op een negatief effect (- -).

Tabel 11-15 Samenvatting effectbeoordeling ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

Beoordelingscriterium	Beoordeling
Effecten op monumentale gebouwen	0
Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen	0
Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren	0
Effecten op landschappelijke waarden	-
Effecten op aardkundige waarden	-
Effecten op archeologische (verwachtings)waarden	- -

11.5 Mitigerende en compenserende maatregelen

In het ontwerp is rekening gehouden landschappelijke waarden op en aan de dijk. Daarmee zijn tijdens het ontwerpproces negatieve effecten op dit onderwerp zo veel mogelijk gemitigeerd.

Enige aandachtspunt dat volgt uit dit hoofdstuk en als mitigerende maatregel kan worden gezien voor de uitvoeringsfase is om rekening te houden met de overlap van de werkstrook en aanwezig waardevol groen (maatwerk bij de uitvoering). Dit speelt bij binnendijkse boom- en struikopstanden bij de Driesenweg (en de volkstuinen) in dijkvak 13-14 en de buitendijkse Maasheggen bij de Hans en Grietweg in dijkvak 30.

Daarnaast is een mitigerende maatregel om op locaties waar bossen en bosschages worden geraakt door de dijkversterking, te zorgen voor een goede afronding van de beplanting die over blijft, door het aanplanten van een nieuwe randbeplanting.

12. Leefomgeving

12.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de effectbeschrijving en -beoordeling opgenomen voor het thema leefomgeving in de gebruiksfase (eindsituatie). De tijdelijke effecten tijdens de aanlegfase zijn beschreven in hoofdstuk 16 (Hinder tijdens aanleg). Paragraaf 12.2 start met een beschrijving van de beoordelingscriteria en de methodiek die is gehanteerd voor de effectbeschrijving en -beoordeling. Vervolgens is in paragraaf 12.3 per criterium de referentiesituatie beschreven, die is opgebouwd uit de huidige situatie inclusief eventuele autonome ontwikkelingen. In paragraaf 12.4 zijn de effectbeschrijving en -beoordeling van de verschillende beoordelingscriteria opgenomen. Deze paragraaf eindigt met een samenvatting van de effectbeoordelingen voor de verschillende beoordelingscriteria, uitgedrukt in een beoordelingstabel. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de mitigerende en compenserende maatregelen in paragraaf 12.5.

12.2 Beoordelingscriteria

Voor het MER is op basis van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) en het advies van de Commissie m.e.r. een beoordelingskader vastgesteld. Voor het thema leefomgeving geldt het volgende beoordelingskader:

Tabel 12-1 Beoordelingskader leefomgeving

Thema	Beoordelingscriterium	Beoordeling
Leefomgeving	Geluids- en lichthinder	Kwantitatief d.mv. een geluidsberekening
	Luchtkwaliteit	Kwalitatief deskundigenoordeel
	Trillingshinder	Kwalitatief deskundigenoordeel
	Externe veiligheid	Kwalitatief deskundigenoordeel
	Gezondheid	Kwantitatief d.m.v. een MGR (Milieugezondheidsrisico)-indicator

Geluids- en lichthinder

De dijkverbetering kan ertoe leiden dat bepaalde (dijk)wegen verlegd moeten worden, waardoor wegen dichter bij geluidgevoelige objecten (bijvoorbeeld woningen) komen te liggen. Ook kan het toevoegen van recreatieve voorzieningen leiden tot meer verkeer in het gebied. Beide kunnen leiden tot geluidshinder in het gebied. Naast geluidshinder kan een verlegging of een verhoging van (dijk)wegen en een toename van verkeer ook leiden tot lichthinder door koplampen. De effecten van de dijkverbetering op geluidshinder zijn kwantitatief beoordeeld, lichthinder is kwalitatief beoordeeld. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 12-2 Klassegrenzen criterium 'geluids- en lichthinder'

+ + +	n.v.t.
+ +	n.v.t.
+	n.v.t.
0	Geen geluids- en lichthinder
-	Beperkte toename geluids- en lichthinder
- -	Toename geluids- en lichthinder
- - -	Sterke toename geluids- en lichthinder

Luchtkwaliteit

De dijkverbetering kan ertoe leiden dat bepaalde (dijk)wegen verlegd moeten worden. Ook kan het toevoegen van recreatieve voorzieningen leiden tot meer verkeer in het gebied. Beide kunnen leiden tot een verslechtering van de luchtkwaliteit nabij gevoelige objecten, zoals woningen. De effecten van de dijkverbetering op luchtkwaliteit zijn kwalitatief beoordeeld. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 12-3 Klassegrenzen criterium 'Luchtkwaliteit'

+ + +	n.v.t.
+ +	n.v.t.
+	n.v.t.
0	Geen verandering luchtkwaliteit
-	Beperkte verslechtering luchtkwaliteit
- -	Verslechtering luchtkwaliteit
- - -	Sterke verslechtering luchtkwaliteit

Trillingshinder

De dijkverbetering kan ertoe leiden dat bepaalde (dijk)wegen verlegd moeten worden, waardoor wegen dichter bij trillingsgevoelige objecten (bijvoorbeeld woningen) komen te liggen. Indien over deze verlegde wegen zwaar transport plaatsvindt, kan dat leiden tot trillingshinder. De effecten van de dijkverbetering op trillingshinder zijn kwalitatief beoordeeld. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 12-4 Klassegrenzen criterium 'Trillingshinder'

+ + +	n.v.t.
+ +	n.v.t.
+	n.v.t.
0	Geen verandering trillingshinder
-	Beperkte trillingshinder
- -	Trillingshinder
- - -	Sterke trillingshinder

Externe veiligheid

Het verwijderen of toevoegen van risicobronnen of het verwijderen of toevoegen van kwetsbare objecten kan invloed hebben op externe veiligheid. De effecten van de dijkverbetering op externe veiligheid zijn kwalitatief beoordeeld. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 12-5 Klassegrenzen criterium 'Externe veiligheid'

+ + +	n.v.t.
+ +	n.v.t.
+	n.v.t.
0	Geen verandering externe veiligheid
-	Beperkte verslechtering externe veiligheid
- -	Verslechtering externe veiligheid
- - -	Sterke verslechtering externe veiligheid

Gezondheid

De verslechtering van de milieukwaliteit door een toename van geluid en verslechtering van de luchtkwaliteit kan leiden tot gezondheidseffecten voor mensen. Zo kan een slechte luchtkwaliteit leiden tot astma en vroegtijdige sterfte, en kan geluidhinder leiden tot ernstige slaapverstoring, hart- en vaatziekte en sterfte daaraan. Om de effecten van de dijkverbetering op gezondheid te bepalen is gekeken naar de verandering van de luchtkwaliteit en de geluidsbelasting. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

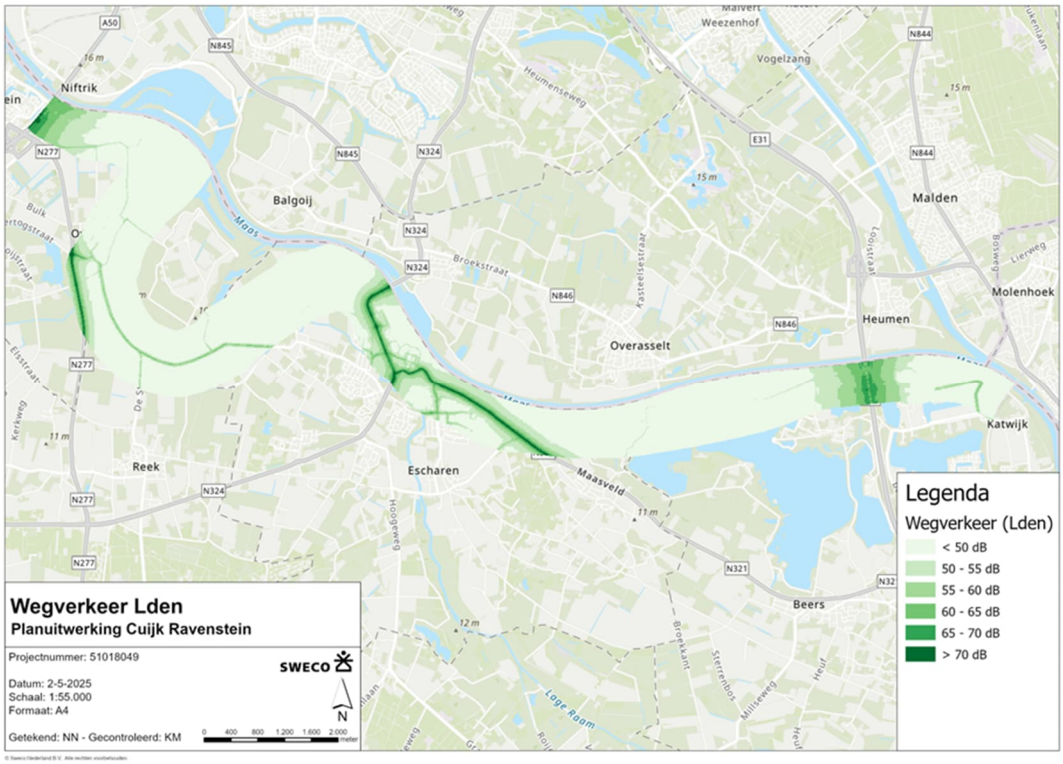
Tabel 12-6 Klassegrenzen criterium 'Gezondheid'

+ + +	n.v.t.
+ +	n.v.t.
+	n.v.t.
0	Geen verandering gezondheid
-	Beperkte verslechtering gezondheid
- -	Verslechtering gezondheid
- - -	Sterke verslechtering gezondheid

12.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling

Geluid, licht, luchtkwaliteit en trillingen

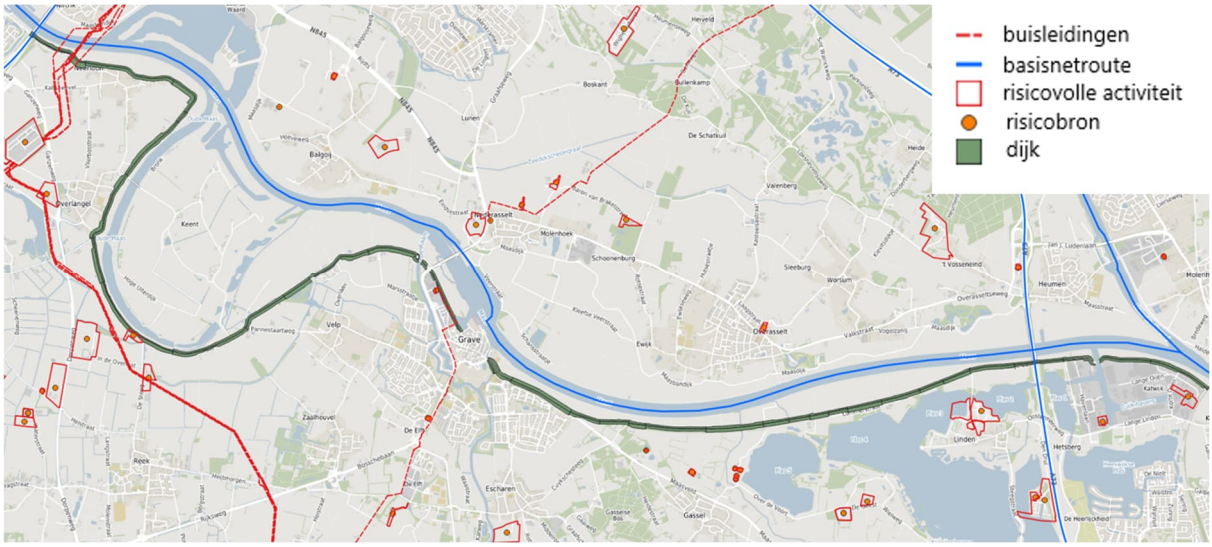
Geluid, licht, luchtkwaliteit en trillingen zijn vormen van hinder in de buurt van woningen die met name door wegverkeer worden veroorzaakt. Deze vormen van hinder spelen op het dijktraject Cuijk-Ravenstein vooral bij de provinciale weg N321 bij Grave en bij de Oude Maasdijk tussen Grave en Ravenstein, die tijdens de ochtend- en avondspits veelvuldig gebruikt wordt door sluipverkeer. Ook rondom de A50, N277, N324 en A70 is ook sprake van een relatief hoge geluidsbelasting. In de onderstaande figuur is het geluid van wegverkeer weergegeven in L_{den} (Level Day-Evening-Night). Dat is het gemiddelde in decibel (dB) per etmaal (24 uur), waarbij geluid 's avonds en 's nachts zwaarder meetelt dan overdag.



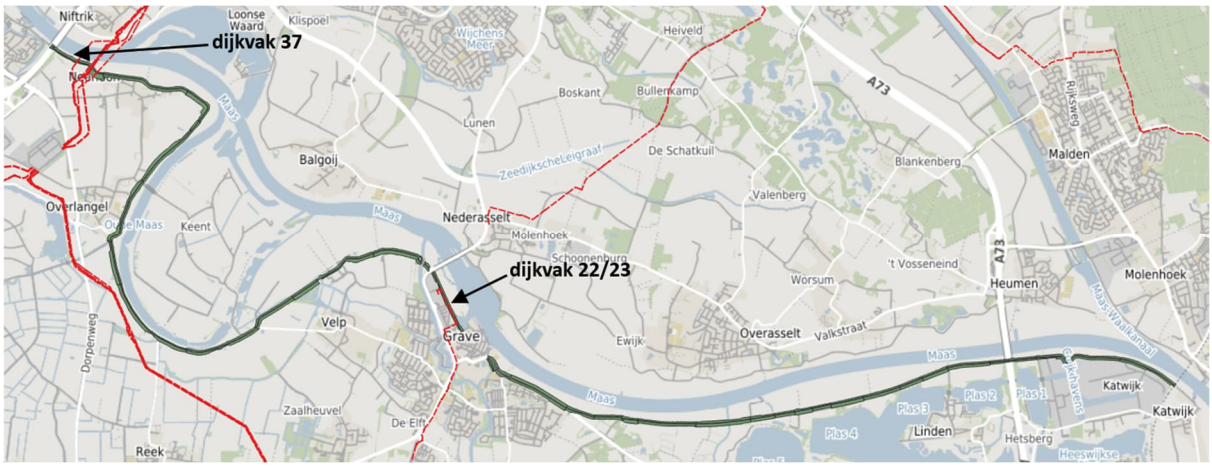
Figuur 12-1 Geluid van wegverkeer (Lden) in het studiegebied

Externe veiligheid

Om inzicht te krijgen in de bestaande risicobronnen met betrekking tot externe veiligheid is de Portaal Atlas Veiligheid geraadpleegd. Uit de risicokaart blijkt dat in het studiegebied meerdere risicobronnen aanwezig zijn (zie Figuur 12-1). In en nabij het plangebied liggen meerdere risicovolle activiteiten (inrichtingen) waar gevaarlijke stoffen worden opgeslagen. Het gaat voornamelijk om kleinschalige risicovolle activiteiten, zoals opslag van propaan of LPG. Ten noordwesten van Overlangel ligt Seveso-inrichting Nederlandse Gasunie-TOI Ravenstein- Ravenstein. Ook liggen er in het gebied enkele transportroutes voor gevaarlijke stoffen, dit zijn de Maascorridor en de rijkswegen A50 en A73. Tot slot liggen er enkele buisleidingen voor gevaarlijke stoffen in de omgeving. Het gaat om aardgastransportleidingen van de Gasunie. Ter hoogte van dijkvak 37 kruisen aardgastransportleidingen de dijk en ter hoogte van dijkvak 22/23 liggen deze parallel aan de dijk (zie Figuur 12-2).



Figuur 12-2 Overzicht risicobronnen in de omgeving van de dijk



Figuur 12-3 Aardgastransportleidingen die de dijk kruisen (dijkvak 37) en parallel aan de dijk lopen (dijkvak 22/23)

12.4 Effectbeschrijving en -beoordeling

12.4.1 Geluids- en lichthinder

Geluidshinder

De gebruiksfase, na afronding van de dijkverbetering, is nagenoeg hetzelfde als de huidige situatie. Alleen ter hoogte van Grave, waar de provinciale N321 op de dijk ligt, treedt een fysieke wijziging op van de ligging van de N321. Ook wordt de kruising met de Estersveldlaan veranderd in een rotonde. Deze fysieke wijziging is de enige wijziging binnen het project die een relevante verandering van de geluiduitstraling teweeg kan brengen. Dit onderzoek beperkt zich daarom tot dit wegvak, binnen de rest van het dijktraject zal geen akoestisch effect optreden.

Een fysieke wijziging van de ligging van de N321 kan een toename van het geluid ter plaatse van omwonenden teweeg brengen. Om dit inzichtelijk te maken is de Omgevingswet als wettelijk kader gehanteerd. Onder de Omgevingswet gaat voor provinciale wegen een systematiek gelden van geluidproductieplafonds (GPP's). De provincies hebben daar tot 1 januari 2027 de tijd voor. Provincie Noord-Brabant heeft het voornemen om in oktober 2025 het besluit te nemen om deze GPP's vast te leggen als omgevingswaarden. Tot die tijd geldt nog het oude toetsingskader uit de Wet geluidshinder (artikel 3.5 Aanvullingswet geluid Omgevingswet). Voor de N321 zijn nog geen geluidproductieplafonds (GPP's) vastgesteld. Volgens de Aanvullingswet geluid Omgevingswet is daarom nog de Wet geluidshinder van kracht voor de N321. De geluidsbelastingen zijn middels rekenmodellen berekend in GeoMilieu versie 2024, volgens het tot december 2023 geldende wettelijke Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (RMG 2012) dat vigerend was onder de Wet geluidshinder.

In Tabel 12.7 zijn de gehanteerde verkeersgegevens opgenomen. Het project heeft geen verkeersaantrekkende werking, de verkeerscijfers voor de referentie situatie (toekomst zonder wijziging van de N321) zijn daarmee hetzelfde als voor de plansituatie. In de onderstaande tabel is wel een groei van het wegverkeer te zien, deze toename betreft de autonome verkeersgroei en staat los van het project.

Tabel 12-7 Gehanteerde verkeersintensiteiten N321

Wegvak	Etmaalint. Huidig 2023	Etmaalint. Toekomst 2035
Elfweg – Estersveldlaan	4.378	4.885
Estersveldlaan - Elfweg	4.632	5.168
Estersveldlaan - Cuijkschesteeg	3.979	4.440
Cuijkschesteeg - Estersveldlaan	4.210	4.697

Uit de geluidsberekeningen blijkt dat het geluid ten gevolge van de N321 met ongeveer 0,5 dB toeneemt ter plaatse van geluidsgevoelige objecten. De weg komt over het algemeen wat verder van de geluidsgevoelige objecten af te liggen, hierdoor ontstaat een lichte afname ten opzichte van de referentiesituatie (toekomst zonder wijziging van de N321), maar door de toename van het verkeer over de jaren neemt het geluid uiteindelijk licht toe ten opzichte van de huidige situatie. De lichte afname van de geluidsbelasting is neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

Door de dijkverbetering wordt het schuttersgilde bij Grave iets in noordelijke richting verschoven. Daarmee blijft het schuttersgilde op gelijke afstand van de woningen ten westen ervan en komt het verder af te liggen van de woningen ten zuiden. Het schuttersgilde leidt daardoor niet tot een toename van geluid bij woningen.

Lichthinder

De dijkverbetering leidt niet of nauwelijks tot een verlegging of verhoging van (dijk)wegen. Zo bedraagt de verhoging van dijkwegen maximaal 0,5 a 0,75 m en verschuift de ligging van (dijk)wegen maximaal enkele

meters. Ook leidt de dijkverbetering niet tot extra verkeer op de (dijk)wegen. De effecten op lichthinder zijn daarom neutraal beoordeel (effectbeoordeling: 0).

12.4.2 Luchtkwaliteit

De dijkverbetering leidt niet of nauwelijks tot een verlegging van (dijk)wegen, de maximale verlegging bedraagt enkele meters. Ook leidt de dijkverbetering niet tot extra verkeer op de (dijk)wegen. Doordat de ligging van (dijk)wegen niet of nauwelijks verandert en er geen sprake is van een verkeerstoename als gevolg van het project, zullen er geen effecten optreden op de luchtkwaliteit. De effecten op de luchtkwaliteit zijn daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

12.4.1 Trillingshinder

Ook voor het criterium trillingshinder geldt dat de dijkverbetering niet of nauwelijks leidt tot een verlegging van (dijk)wegen, de maximale verlegging bedraagt enkele meters. Trillingshinder wordt daarom niet verwacht. De effecten van trillingshinder worden daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

12.4.2 Externe veiligheid

De dijkverbetering heeft mogelijk effecten op de aanwezige hoge-druk-aardgastransportleidingen. Het gaat daarbij om tijdelijke effecten en permanente effecten.

Beoordeling gasleiding als Niet Waterkerende Object (permanent)
Niet Waterkerende objecten (NWO) zijn objecten op, in of nabij waterkeringen die geen waterkerende functie hebben, maar wel een negatieve invloed kunnen hebben op de veiligheid van de kering. Deze objecten, zoals onder andere gasleidingen, kunnen de sterkte van de waterkering verminderen. Bij dijkvak 37 kruisen gasleidingen de dijk, deze leidingen moeten de dijkverbetering kunnen dragen. Om dit te onderzoeken is voor deze leidingen een leidingberekening gemaakt. Hieruit blijkt dat de kruisende leidingen de dijkverbetering kunnen dragen. Nader onderzoek samen met Gasunie heeft tevens aangetoond dat de kruising zonder maatregel voldoet aan de normen (NEN3650/3651).

Risico's door werkzaamheden en werken in de 3,5 m strook (tijdelijk)
Parallel aan de Koninginnedijk in Grave (dijkvak 22/23) ligt ook een hoge-druk-aardgastransportleiding van Gasunie. Graafwerkzaamheden kunnen hier effect hebben op de aardgastransportleiding. Buisleidingincidenten worden hoofdzakelijk veroorzaakt door grondroerende werkzaamheden. Middels een integrale waterveiligheidsanalyse is de parallel aan de dijk gelegen gasleiding van Gasunie beoordeeld. De veiligheid van het dijkontwerp en de integriteit van de gasleiding zijn hiervoor afzonderlijk van elkaar als voldoende beoordeeld. Aandachtspunt is het plaatsen van een constructie op circa 3,5 meter van de gasleiding over een afstand van circa 90 meter parallel aan de gasleiding. Dit valt binnen de belemmeringstrook van deze leiding en dient derhalve te worden afgestemd met Gasunie.

Er kan worden geconcludeerd dat de voorgenomen dijkverbetering geen effect heeft op de externe veiligheid. De effecten op externe veiligheid zijn daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

12.4.3 Gezondheid

Een verandering van de luchtkwaliteit en geluidsbelasting kan effect hebben op de gezondheid. Om dit in beeld te brengen is voor het project een Milieugezondheidsrisico (MGR)-analyse uitgevoerd. Het Milieugezondheidsrisico (MGR) geeft het risico op gezondheidseffecten door milieufactoren weer op lokaal niveau. Daarmee wordt een indicatie van de milieukwaliteit vanuit een gezondheidskundig perspectief gegeven, waarbij de cumulatieve invloed van milieubelasting op de gezondheid in beeld wordt gebracht.

Uit deze analyse blijkt dat er geen berekend effect is op de gezondheid omdat er geen effecten optreden ten aanzien van geluid en luchtkwaliteit. De effecten op de gezondheid zijn daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

12.4.4 Samenvatting effectbeoordeling

De mogelijke effecten op de leefomgeving in de gebruiksfase zijn gekoppeld aan de verlegging of verhoging van (dijk)wegen. Doordat de dijkverbetering niet of nauwelijks leidt tot een verlegging van (dijk)wegen (de maximale verlegging bedraagt enkele meters) treden er geen effecten op voor geluids- en lichthinder, luchtkwaliteit, trillingshinder, externe veiligheid en gezondheid. Alle criteria zijn daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

Tabel 12-8 Samenvatting effectbeoordeling leefomgeving

Beoordelingscriterium	Beoordeling
Effecten op geluids- en lichthinder	0
Effecten op luchtkwaliteit	0
Effecten op trillingshinder	0
Effecten op externe veiligheid	0
Effecten op gezondheid	0

12.5 Mitigerende en compenserende maatregelen

De dijkverbetering leidt niet tot effecten in de gebruiksfase, er is dan ook geen noodzaak voor mitigerende en compenserende maatregelen.

13. Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid

13.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de effectbeschrijving en -beoordeling opgenomen voor het thema woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid in de gebruiksfase (eindsituatie). Dit thema reflecteert in de systematiek van herkomstwaarde, belevingswaarde, gebruikswaarde en toekomstwaarde (de systematiek zoals geïntroduceerd onder thema ruimtelijke kwaliteit in hoofdstuk 11), de gebruikswaarde als onderdeel van de omgevingskwaliteit. Het gaat hierbij om een goede functionaliteit en bereikbaarheid van locaties langs de dijk.

De rest van dit hoofdstuk is als volgt opgedeeld. Paragraaf 13.2 start met een beschrijving van de beoordelingscriteria en de methodiek die is gehanteerd voor de effectbeschrijving en -beoordeling. Vervolgens is in paragraaf 13.3 per criterium de referentiesituatie beschreven, die is opgebouwd uit de huidige situatie inclusief eventuele autonome ontwikkelingen. In paragraaf 13.4 zijn de effectbeschrijving en -beoordeling van de verschillende beoordelingscriteria opgenomen. Deze paragraaf eindigt met een samenvatting van de effectbeoordelingen voor de verschillende beoordelingscriteria, uitgedrukt in een beoordelingstabel. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de mitigerende en compenserende maatregelen in paragraaf 13.5.

13.2 Beoordelingscriteria

Voor het MER is op basis van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) en het advies van de Commissie m.e.r. een beoordelingskader vastgesteld. Voor het thema woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid geldt het volgende beoordelingskader:

Tabel 13-1 Beoordelingskader woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid

Thema	Beoordelingscriterium	Beoordeling
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	Effecten op het woongenot	Kwantitatief (aantal woningen waar sprake is van effecten op woongenot) i.c.m. kwalitatief deskundigenoordeel
	Effecten op bedrijfsfuncties (agrarische functies en bedrijfsterreinen)	Kwantitatief voor agrarische functies (afname landbouwareaal in hectare) en voor bedrijfsfuncties (afname grond bedrijfsbestemmingen in hectare) en kwalitatief deskundigenoordeel
	Effecten op de verkeersveiligheid	Kwalitatief deskundigenoordeel
	Effecten op de verkeersafwikkeling	Kwalitatief deskundigenoordeel
	Effecten op de bereikbaarheid van functies	Kwalitatief deskundigen oordeel

Effecten op woongenot

De effecten op woongenot worden beoordeeld op basis van een kwalitatief deskundigenoordeel (analyse en beschrijving) van de impact op woongenot en deze vervolgens (kwantitatief) te vertalen naar aantallen woningen waarvoor een dergelijke impact geldt. Bij de beoordeling van het woongenot is met name beoordeeld in welke mate particuliere bewoners op en rondom de dijk structurele effecten ondervinden van nieuw aan te leggen grondlichamen en de consequenties daarvan voor hoofdzakelijk drie onderdelen:

ruimtegebruik (bijvoorbeeld afname van tuinoppervlakte of te verwijderen opstallen zoals schuurtjes), veranderingen in grondeigendom en uitzicht.

Het gaat in de beoordeling onder dit thema dus nadrukkelijk niet over tijdelijke hinder tijdens de aanlegfase, maar om de structurele hinder na realisatie in de nieuwe situatie. De effecten van tijdelijke hinder tijdens aanleg komen aan bod in hoofdstuk 16 van dit rapport. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 13-2 Klassegrenzen criterium 'effecten op woongenot'

+ + +	Sterke verbetering door toename woongenot (uitzicht, ruimtegebruik en grondeigendom) van meer dan 80 woningen
+ +	Verbetering door toename woongenot (uitzicht, ruimtegebruik en grondeigendom) van 10 tot 80 woningen
+	Beperkte verbetering door toename woongenot (uitzicht, ruimtegebruik en grondeigendom) van 1 tot 9 woningen
0	Geen relevante veranderingen in woongenot
-	Beperkte maar toelaatbare vermindering door afname woongenot (uitzicht, ruimtegebruik en grondeigendom) van 1 tot 9 woningen
- -	Vermindering door enige mate van afname woongenot (uitzicht, ruimtegebruik en grondeigendom) van 10 tot 80 woningen
- - -	Sterke vermindering door afname woongenot (uitzicht, ruimtegebruik en grondeigendom) van meer dan 80 woningen

Effecten op bedrijfsfuncties

De effecten op bedrijfsfuncties/bedrijventerreinen en effecten op agrarische functies worden als criteria van elkaar onderscheiden. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 13-3 Klassegrenzen criterium 'effecten op bedrijfsfuncties'

+ + +	Niet van toepassing
+ +	Niet van toepassing
+	Niet van toepassing
0	Geen effect
-	Geen te amoveren bedrijfsgebouwen of 0-2 ha afname door ruimtebeslag op bedrijfspercelen
- -	1-5 te amoveren bedrijfsgebouwen of 2-5 ha afname door ruimtebeslag
- - -	6-10 te amoveren bedrijfsgebouwen of > 5 ha afname door ruimtebeslag

Het effect op agrarische functies wordt gekwantificeerd op basis van de inperking van het beschikbare areaal aan landbouwgrond in hectare. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 13-4 Klassegrenzen criterium 'effecten op agrarische functies'

+ + +	Niet van toepassing
+ +	Niet van toepassing
+	Toename van geschikt landbouwgebied
0	Geen verlies of toename van landbouwgrond
-	Verlies van 1 tot 10 hectare landbouwgrond
- -	Verlies van 10 tot 25 hectare landbouwgrond
- - -	Verlies van mer dan 25 hectare landbouwgrond

Effecten op verkeersveiligheid
Onderzocht wordt of de voorgenomen dijkverbetering effect heeft op de verkeersveiligheid. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als bepaalde (dijk)wegen verlegd moeten worden of moeten worden aangepast. Ook toename van het verkeer en het treffen van verkeerskundige maatregelen, zoals bijvoorbeeld drempels, spelen hierbij een rol. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 13-5 Klassegrenzen criterium 'effecten op verkeersveiligheid'

+ + +	Sterke verbetering van de verkeersveiligheid
+ +	Verbetering van de verkeersveiligheid
+	Beperkte verbetering van de verkeersveiligheid
0	Geen relevante verandering van de verkeersveiligheid
-	Beperkte verslechtering van de verkeersveiligheid
- -	Verslechtering van de verkeersveiligheid
- - -	Sterke verslechtering van de verkeersveiligheid

Effecten op de verkeersafwikkeling
De voorgenomen dijkverbetering heeft geen invloed op de bestaande infrastructuur in het gebied. Het uitgangspunt voor de dijkverbetering is het terugbrengen van de bestaande infrastructuur. Wel vinden er enkele kleine aanpassingen aan de infrastructuur plaats, maar die hebben geen invloed op de verkeersafwikkeling in het gebied. Ook leidt de voorgenomen dijkverbetering niet tot extra verkeer in het gebied. De voorgenomen dijkverbetering heeft daardoor in de gebruiksfase geen effect op de verkeersafwikkeling. Dit beoordelingscriterium is daarom niet verder onderzocht in het MER.

Effecten op de bereikbaarheid van functies
De voorgenomen dijkverbetering heeft geen invloed op de bestaande infrastructuur in het gebied. Het uitgangspunt voor de dijkverbetering is het terugbrengen van de bestaande infrastructuur. Dat betekent dat de voorgenomen dijkverbetering in de gebruiksfase geen invloed heeft op de bereikbaarheid van woningen, bedrijven en andersoortige functies in het gebied. De aanwezige op- en afritten worden na afronding van de werkzaamheden met een vergelijkbare hellingshoek teruggebracht. Dit beoordelingscriterium is daarom niet verder onderzocht in het MER.

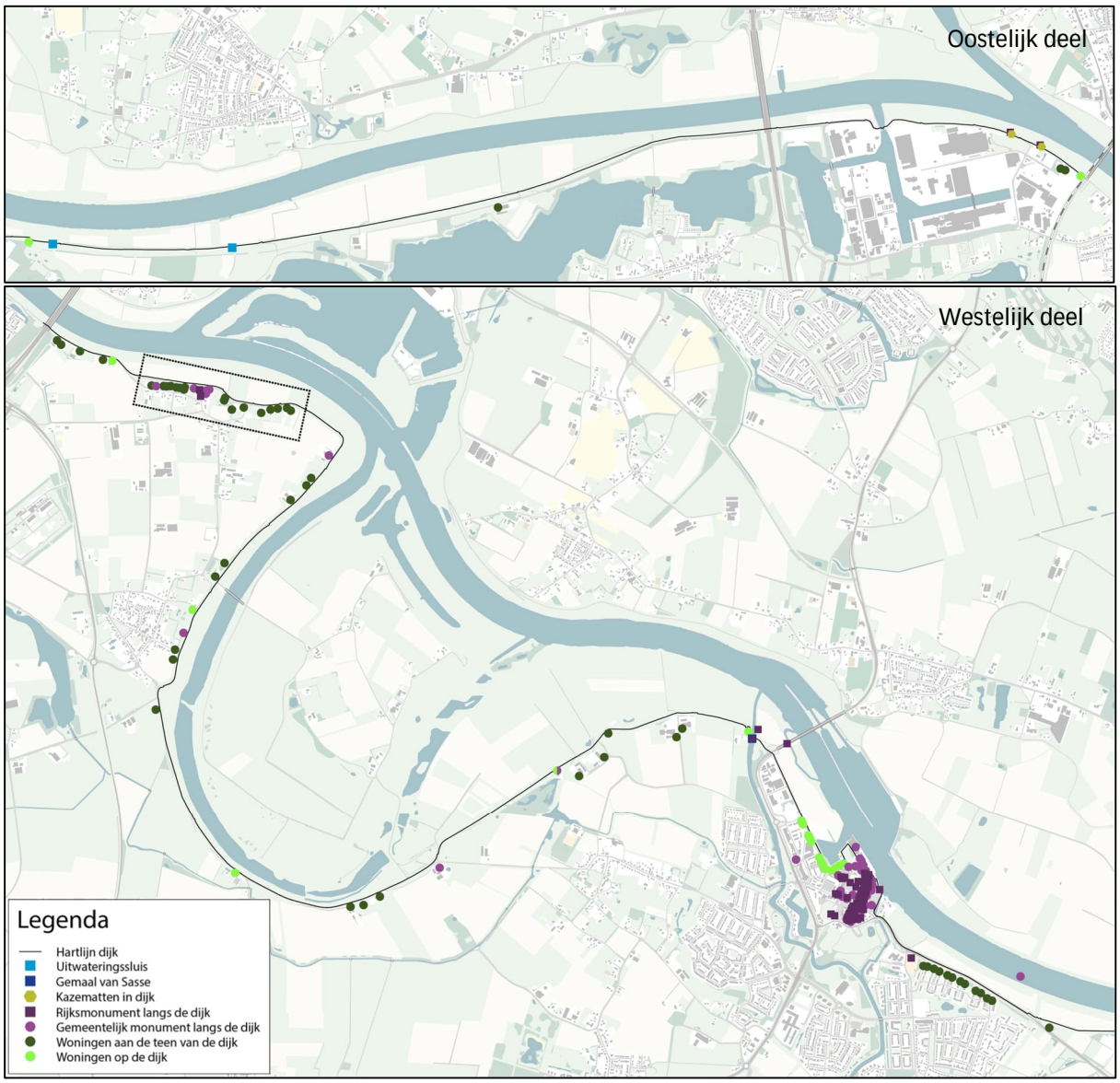
13.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling

Referentiesituatie woon- en bedrijfsfuncties

Langs de dijk wonen en werken mensen. De meeste woningen in het projectgebied bevinden zich in het dorp Neerloon en in de kern Grave. Daarnaast bevinden zich in de buitengebieden verschillende boerderijen en woningen langs de dijk. Allemaal kennen ze een andere relatie tot de dijk.

Zo staan er langs de Dokter Kanterslaan in het oostelijke deel van Grave woningen achter de dijk en hebben deze woningen, kijkend over de Jan van Cuykdijk (N321), zicht op de Maas vanaf de eerste verdieping. Ook in de historische kern van Grave zijn er diverse woningen aan de Maaskade met uitzicht over de rivier vanuit de woning. Verderop, aan de westkant van Grave, liggen er langs de Koninginnedijk woningen hoger dan de kering, met tuinen boven het huidige binnentalud. In de meander rondom Keent liggen er op enkele plekken woon-/bedrijfsfuncties aan de dijk. In Neerloon, het laatste gedeelte van het dijktracé, zijn woningen dicht tegen de dijk gesitueerd met tuinen die overgaan op het dijktalud. Ook in het gebied tussen Grave en Neerloon (langs de meander rondom Keent en nabij Overlangel) zijn er diverse woningen die zich dicht tegen de dijk

gesitueerd zijn. In de onderstaande figuur worden bouwwerken langs de dijk, waaronder woningen, weergegeven.



Figuur 13-1 Bouwwerken aan de dijk, waaronder woningen aan de teen van de dijk en woningen op de dijk (gestippelde kader betreft Neerloon, waar veel woningen dicht tegen de dijk gelegen zijn)

Agrarische gronden bevinden zich in de meeste deelgebieden zowel aan de binnenzijde als de buitenzijde van de dijk. In deelgebied Grave Vesting is geen sprake van agrarische gronden en in Grave Oost en Grave West voornamelijk buitendijks (binnendijks bevindt zich daar de kern Grave).

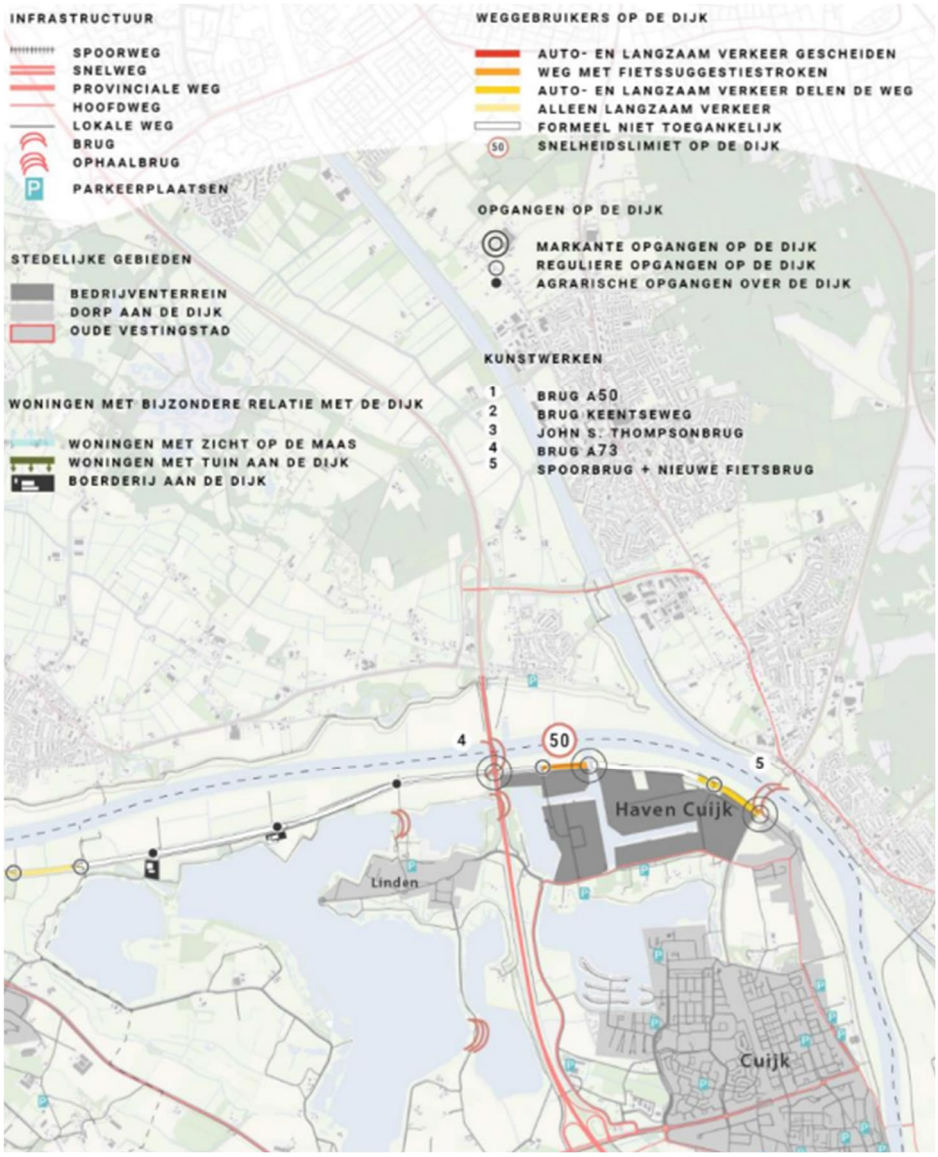
Verder kent het plangebied ook bedrijvigheid. Deze bevindt zich voornamelijk op de twee aanwezige bedrijventerreinen nabij de dijk in Grave (Wisseveld) en in Cuijk (Haven Cuijk). Beide terreinen strekken zich uit tot aan het binnentalud van de huidige dijk. Aan Maaskade 28 in Grave bevindt zich daarnaast een scheepswerf. Bij deze scheepswerf vinden momenteel geen bedrijfsmatige activiteiten meer plaats, maar bedrijfsmatige activiteiten (scheepsbouw) zijn planologisch nog wel mogelijk.

Er spelen op het gebied van woningbouw drie autonome ontwikkelingen in Grave, waarvan één concreet:

- Woningbouwproject aan de Oliestraat/Prinsenstal. Op moment van schrijven is dit project in uitvoering en naar verwachting is dit project gereed wanneer de dijkverbetering in uitvoering gaat.
- Twee braakliggende percelen nabij het industrieterrein Wisseveld aan de Koninginnedijk worden in de toekomst nog ontwikkeld. De plannen voor deze locatie zijn overigens nog onvoldoende concreet om mee te nemen als autonome ontwikkeling. Hetzelfde geldt voor de zogenaamde 'EMAB-locatie' buitendijks waar mogelijk sprake zal zijn van woningbouwontwikkeling in de toekomst, maar waar de plannen nog niet concreet zijn.

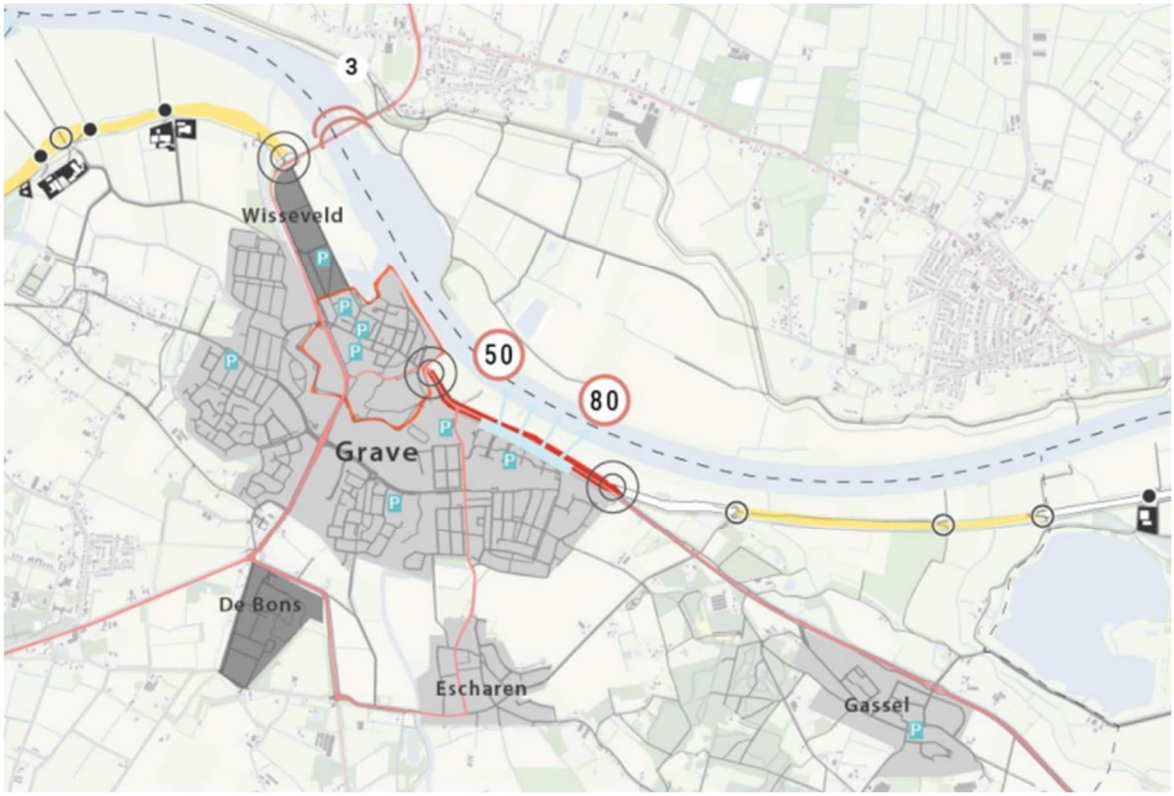
Referentiesituatie verkeer en bereikbaarheid

Kenmerkend voor het plangebied zijn de drie verkeersbruggen over de Maas die zorgen voor goede noord-zuid-verbindingen tussen Gelderland en Noord-Brabant. Van west naar oost zijn dit de Maasbrug (A50) bij Ravenstein, de John S. Thompsonbrug (N324) bij Grave en de Maasbrug Heumen (A73) ten noorden van Cuijk. Daarnaast is de spoorbrug Mook gesitueerd aan de uiterst oostelijke rand van het plangebied. Deze spoorbrug maakt onderdeel uit van de spoorlijn Nijmegen-Venlo. In het oostelijke deel ten noorden van de Kraaijenbergse Plassen (zie Figuur 13-2) is er nauwelijks verkeer op en langs de dijk. Oostelijk van de invaart van de haven van Cuijk (ten oosten van de A73) is er alleen lokaal bestemmingsverkeer voor het bedrijventerrein. De sluis is hier een obstakel en onderbreekt de (fiets)route en continuïteit van de dijk.



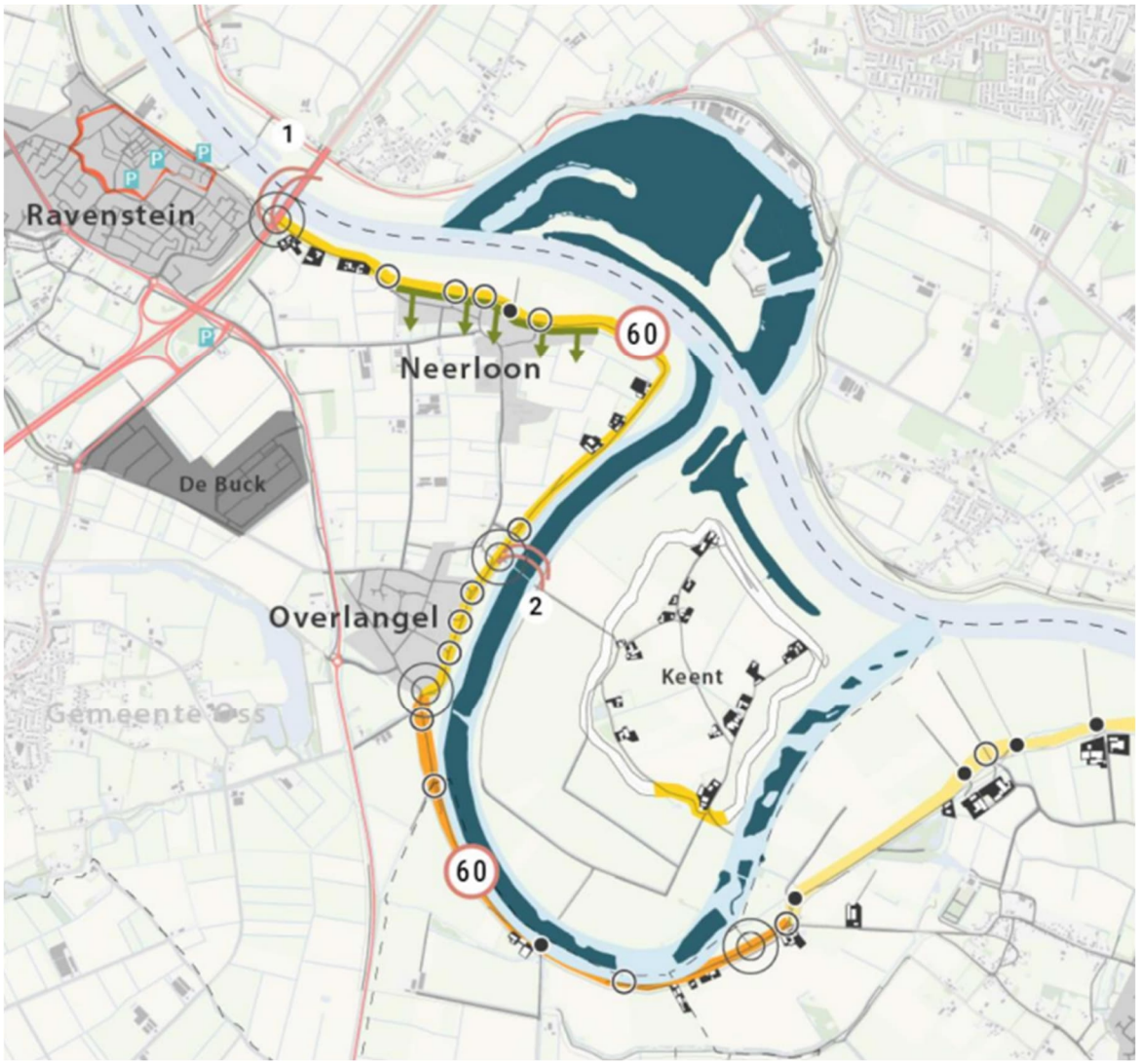
Figuur 13-2 Infrastructuur rondom Cuijk

In oost-westrichting ligt de N321 tussen Cuijk en Grave, die bij Grave op de kruin van de dijk ligt (zie Figuur 13-3). De snelheidslimiet op deze weg is 80 km/u buiten de bebouwde kom en 50 km/u binnen de bebouwde kom. Een tweede provinciale weg die Grave doorkruist (in noord-zuidrichting) is de N324 tussen Oss en Nijmegen. Het dijkdeel in de vestingstad Grave kent een autoluwe verkeerssituatie. De Maaskade, die de vestingstad Grave beschermt tegen hoogwater, is aangelegd als nauwe straat waarop fietsers en auto's de ruimte delen. Aangezien de Maaskade geen doorgaande route voor autoverkeer is, is hier weinig gemotoriseerd verkeer.



Figuur 13-3 Infrastructuur in en rondom Grave (zie Figuur 13-2 voor de legenda)

In het meest westelijke deel, tussen Grave en Ravenstein (zie Figuur 13-4), is er geen directe oost-westverbinding over provinciale wegen. Hier rijdt doorgaand verkeer op grotere afstand van de dijk, óf rijdt het verkeer over de lokale weg over de dijk. Hierdoor rijdt op het deeltraject tussen Grave en Ravenstein relatief veel verkeer op de dijk. De snelheidslimiet is hier 60 km/uur en op een deel van de weg zijn fietssuggestiestroken aangebracht. Tussen Keent en Grave ligt op de dijk alleen een fietspad dat toegankelijk is voor bestemmingsverkeer.



Figuur 13-4 Infrastructuur rondom Neerloon, Overlangel en Reek (NOR) (zie Figuur 13-2 voor de legenda)

13.4 Effectbeschrijving en -beoordeling

13.4.1 Effecten op het woongenot

Vooraf: uitgangspunten gehanteerd in het dijkontwerp rondom woningen

De dijkverbetering is ontworpen met als uitgangspunt dat alle bestaande woningen aan de dijk behouden kunnen worden. In het toepassen van het principeprofiel voor de gronddijk is dus een uitzondering gemaakt op locaties waar zich woningen bevinden. Er worden dan ook geen woningen geamoveerd en op die locaties worden ruimtebesparende maatregelen getroffen.

Bij inpassing van bestaande woningen is er conform het ruimtelijk kwaliteitsbeeld rekening gehouden met diverse uitgangspunten om een optimale inpassing van de dijk nabij deze woningen te waarborgen. Zo zijn er in het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld uitgangspunten geformuleerd over behoud van voldoende 'licht en lucht' voor de woningen, met het streven om de huidige binnenteen van de dijk te handhaven waar dat kan.

Ook is er het uitgangspunt dat een verticale stabiliteitsoplossing bij woningen wordt doorgezet als de ruimte daartussen kleiner dan 150 m is. Dat pakt positief uit voor woongenot omdat er over de gehele dijk minder grondlichamen rondom woningen worden toegevoegd dan wanneer dit uitgangspunt niet gehanteerd zou zijn. Waar wegens ruimtegebrek een verticale oplossing wordt toegepast nabij woningen, worden deze zo goed

mogelijk ingepast. Onder andere is het uitgangspunt dat deze worden bekleed in afstemming met bewoners, dat ze worden afgewerkt met materialen passend bij het bestaande gebouw en dat damwanden aansluiten op het reliëf van het maaiveld.

Door de bovenstaande uitgangspunten is negatieve impact op woongenot reeds in het ontwerpproces zo veel als mogelijk ondervangen.

Effecten op woningen per deelgebied

Hieronder wordt per deelgebied besproken wat de effecten zijn op het woongenot van aanwezige woningen aan de dijk. Daarbij wordt vooral ingegaan op de impact van het ontwerp op ruimtegebruik (is er bijvoorbeeld sprake van afname van tuinoppervlakte of te verwijderen opstallen zoals schuurtjes), veranderingen in grondeigendom of (sterke) veranderingen in uitzicht.

In deeltraject Haven Cuijk zijn op twee locaties woningen aanwezig. De eerste daarvan bevindt zich op de dijk, direct bij de start van het dijktracé Cuijk-Ravenstein. Hier is gekozen voor het realiseren van een muurtje (keerwand) langs de binnenkruinlijn met een coupure. Er zijn daardoor bij deze woning geen effecten op de ruimte van/rondom de woning en op het uitzicht op de Maas. De andere woning in dit deeltraject betreft een bedrijfswoning op het bedrijventerrein Haven Cuijk. Het bestemde bouwvlak voor deze bedrijfswoning wordt niet geraakt door de dijkverbetering. Er is geen tuinbestemming omdat de woning op het bedrijventerrein ligt. De dijk komt wel enkele meters dichter bij de woning te liggen, op grond die momenteel in gebruik lijkt als tuin.

In deeltraject Kraaijenbergse Plassen bevinden zich aan de Lommerstraat twee agrarische bedrijven met een bedrijfswoning, beiden worden niet door de dijkverbetering geraakt. Ook de woning gelegen aan de Vegetasscheweg (aan het eind van dit deeltraject) wordt in ruimte (tuin en opstallen) niet ingeperkt door het dijkontwerp.

In deeltraject Grave Oost liggen aan de Dokter Kanterslaan binnendijks zeventig woningen die met de achterkant richting de dijk gesitueerd zijn en die in de huidige situatie uitzicht hebben over de dijk op de Maas. Er is voor deze woningen op de aspecten ruimtegebruik of grondeigendom geen effect. Het uitzicht zal als gevolg van de dijkverbetering en de hoogteopgave van circa 80 centimeter op dit deel van het tracé echter in enige mate afnemen.

Verderop, in de bocht van de Jan van Cuykdijk bij de weg Bomvrije liggen enkele woningen waarvan één op de dijk aan de buitenzijde van de weg. Nabij deze woning is een muurtje aanwezig dat wordt opgehoogd. Op het ruimtegebruik en uitzicht zijn op deze woning door de dijkverbetering geen effecten. Wel is een deel van het perceel nodig voor een coupure. De woningen aan de Bomvrije blijven buitendijks.

Er liggen diverse woningen aan de Maaskade in daaropvolgende deeltraject Grave vesting. De hoogteopgave wordt daar voor het grootste deel opgelost door middel van een demontabele kering. Met deze oplossing is geen sprake van effecten op de aanwezige woningen, omdat dit in de nieuwe situatie geen extra ruimtebeslag vraagt en het verlies aan uitzicht zich slechts beperkt tot de perioden van hoogwater als de demontabele kering in gebruik wordt gebracht. Het overgrote deel van de tijd zal hier geen sprake van zijn. Op de locatie waar geen demontabele kering zal komen maar de kademuur wordt opgemetseld (gedeelte in de haven) is geen effect op uitzicht want hier bevinden zich geen woningen. Tot slot wordt in dit deeltraject de Havenstraat opnieuw ingericht, waarbij in het ontwerp nieuwe bomen worden toegevoegd. Deze bomen zijn zodanig ingepast dat uitzichtbeperkingen waar mogelijk worden voorkomen.

In Grave West treden voor de woningen geleggen aan de Havenstraat (appartementen op de begane grond en de woningen aan de Koninginnedijk nabij de hoek met de Havenstraat) enige effecten op omdat het uitzicht op de Maas/haven deels beperkt zal worden. Voor de woningen verderop aan de Koninginnedijk treden er geen

effecten op het woongenot op. Hier liggen de woningen in de huidige situatie al op of hoger dan het niveau van de dijk. Er ontstaan geen ruimte- of uitzichtbeperkingen voor deze woningen.

Deelgebied Lage Wijth kent binnendijks een aantal percelen met agrarische bebouwing en een woonfunctie. Er is beperkte grond nodig van sommige particulieren, onder andere bij dijkpaal A290 (waar wel de begroeiing zoveel mogelijk teruggebracht wordt) en bij dijkpaal A298 vanwege het toevoegen van een binnenberm. Ook ligt er in dit deeltraject aan de Mars en Wijthdijk een als karakteristiek aangeduide woning in de teen die ontzien wordt door het toepassen van een verticale oplossing en een als gemeentelijk monument aangeduide woning op de dijk. Het dijkontwerp houdt ook met deze bebouwing rekening waardoor er op deze woning geen ruimtebeperkingen zijn (met uitzondering van een kabels- en leidingenstrook binnendijks op het perceel).

Ook in deelgebied Reek bevinden zich binnendijks zowel aan de teen van de dijk (al dan niet in combinatie met agrarische bebouwing en/of andere opstallen op hetzelfde perceel) als op enkele plekken ook bovenop de dijk woonfuncties: Op één perceel met een woning en diverse opstallen nabij de kruising Mars en Wijthdijk-Pannestaartweg-Oude Maasdijk is sprake van een (weliswaar zeer beperkte) ruimtebeslag van het ontwerp op dit perceel. Bij de woningen langs de Oude Maasdijk aan de teen van (en één woning bovenop) de dijk in dit deeltraject is door het kiezen voor een verticale oplossing voor stabiliteit en piping op die locaties geen sprake van impact op het bestaande (woon)perceel. In de bocht van de dijk nabij de Oude Graafsestraat is wel sprake ruimtebeslag op een daar aanwezige tuin en even verderop speelt er een uitdaging bij de (nader uit te werken) oprit van de Dr. Ruijsstraat. Tot slot liggen er in dit deeltracé nabij het dorp Overlangel tot aan de bocht naar Neerloon ook verschillende woningen aan de teen van de dijk en één woning op de dijk. Ook voor deze woningen geldt allen dat de dijk door toepassen van een verticale oplossing voor stabiliteit en piping niet dichter bij de bestaande woningen zal komen te liggen.

Tot slot liggen in deelgebied Neerloon veel woningen aan de teen van de dijk. De dijk wordt in dit gebied ontworpen als tuimeldijk waardoor deze buitenwaarts richting de rivier versterkt wordt en dus niet dichter bij de woningen zal komen te liggen. Ter plaatse van de gasleidingen in dit deelgebied komt een stabiliteitsberm. Dit heeft licht negatieve effecten op woongenot vanwege grondophoging nabij de woningen.

Voor twee locaties is specifiek ingegaan op het aspect uitzicht (Grave Oost waar effecten optreden op het uitzicht van circa zeventig woningen aan de Dokter Kanterslaan en Grave Vesting waar niet/zeer beperkt effecten op het uitzicht optreden). Voor de rest van de deeltrajecten geldt dat de woningen op of aan de dijk in elk geval te maken krijgen met een hogere dijk nabij hun woning. Voor zover er in de huidige situatie sprake is van zicht op de Maas vanuit deze woningen wordt dit zicht mogelijk verminderd. Kwantificeren van dit aantal is ingewikkeld omdat dit zeer locatiespecifiek is en afhankelijk van de precieze hoogteligging van de woning, oriëntatie van de woning en aanwezige ramen, aanwezige groenstructuren, etc.

Concluderend is over het gehele dijktraject bij in elk geval zes woningen is sprake van extra ruimtebeslag van de dijk op het woonperceel waardoor sprake is van inperking van (tuin)ruimte (bij het inpassen van de nu nog nader uit te werken op- en afritten is zeker of daar op enkele locaties nog ruimtebeslag bij komt). Er hoeven langs het gehele tracé geen opstallen verwijderd te worden. Door het verhogen van de dijk speelt voor verschillende woningen, waaronder in elk geval zeventig woningen in deelgebied Grave-Oost, wel een vermindering van uitzicht vanuit de woning over de Maas. Eindoordeel is daarom dat voor het aspect woongenot sprake is van een negatief effect (effectbeoordeling: - -).

13.4.2 Effecten op bedrijfsfuncties (landbouw, bedrijfsterreinen)

Effecten op bedrijfsterreinen

Langs de dijk liggen, zoals onder paragraaf 13.3 referentiesituatie is toegelicht, twee bedrijventerreinen. Bij het bedrijventerrein Haven Cuijk (in het gelijknamige deelgebied) is sprake van ruimtebeslag op het bedrijventerrein doordat de dijk binnenwaarts versterkt wordt. Op één locatie op dit bedrijventerrein bevindt

zich een gebouw dichtbij de dijk. Om de bebouwing niet te raken wordt een stabiliteitsconstructie toegepast in plaats van een stabiliteitsberm.

Het andere bedrijventerrein dat aan de dijk ligt betreft bedrijventerrein Wisseveld, gelegen in deeltraject Grave West aan de Koninginnedijk. De Koninginnedijk wordt opnieuw ingericht waardoor de bestaande weg iets dichter bij de bedrijfspanden komt te liggen. Er hoeven echter geen gebouwen te worden geamoveerd. In de tussenliggende ruimte wordt een goede afwatering geborgd. De bestaande ruimte tussen de bedrijfspercelen en de weg is gedeeltelijk in gebruik als (informele) parkeerruimte. Haaksparkeren is hier in de toekomstige situatie echter niet meer mogelijk. Er wordt in de verdere uitwerking van het ontwerp wel gekeken naar de mogelijkheden van langsparkeren om waar mogelijk parkeermogelijkheid te behouden.

In totaal is sprake van een permanent verlies van 1,66 hectare grond waarop momenteel nog een bedrijfsbestemming is gevestigd. Dit verlies is berekend vanuit de huidige teen van de dijk in vergelijking met het toekomstige ruimtebeslag van de dijk. Tijdelijk ruimtegebruik (werkstroken en kabels- en leidingentracés) tijdens de uitvoeringsfase bedraagt op bedrijfsbestemmingen 2,01 hectare.

Er zijn langs het tracé geen andere bedrijfsfuncties die effecten ondervinden van het project. Dit aspect wordt beoordeeld als zijnde een beperkt negatief effect (-). Er is sprake van enig ruimtebeslag maar er hoeven geen gebouwen geamoveerd te worden.

Effecten op landbouwgrond

Door de dijkversterking is sprake van een afname van het beschikbare areaal aan landbouwgrond vanwege een toename van het ruimtebeslag. Over het hele dijktraject bedraagt de totale afname 8,69 hectare. Het tijdelijke ruimtegebruik in de uitvoeringsfase op agrarische bestemmingen bedraagt 11,07 hectare.

Deze afname is berekend op basis van het verschil tussen de huidige teen van de dijk in vergelijking met het toekomstige ruimtebeslag.

13.4.3 Effecten op de verkeersveiligheid

Het uitgangspunt voor de dijkverbetering is dat bestaande infrastructuur gelijkwaardig wordt teruggebracht. Dat betekent dat in de gebruiksfase de verkeerssituatie op en rond de dijk niet verandert. Wel wordt op een aantal locaties de bestaande infrastructuur aangepast. Een van die locaties is de N321. De rijbaan wordt op de dijk verbreed teruggebracht, met een nieuwe totale breedte van 7,5 m. Ook wordt aan beide zijden de berm verbreed naar 1,0 m. Daarmee voldoet de N321 nog niet aan de CROW-richtlijnen voor een Duurzaam Veilige weginrichting, maar de situatie wordt wel veiliger dan in de referentiesituatie. Ook wordt het fietspad langs de N321 (tussen de dijk en naastgelegen huizen) verbreed. Dit komt de verkeersveiligheid ten goede.

Ter plaatse van de Koninginnedijk in Grave wordt een vrijliggend fietspad gerealiseerd. Door dit fietspad wordt het doorgaande langzaam verkeer gescheiden van het gemotoriseerd (vracht)verkeer. Deze nieuwe situatie is zeer positief voor de verkeersveiligheid van de Koninginnedijk.

Een andere locatie is de Oude Maasdijk tussen de Pannestaartweg en de Oude Graafsestraat. Hier worden extra snelheidsremmende maatregelen in de vorm van plateaus en drempels toegevoegd, om de snelheid van het gemotoriseerd verkeer te verlagen. Dit vergroot de verkeersveiligheid.

Naar aanleiding van de oorspronkelijke meekoppelkans om een losliggend fietspad te realiseren tussen Reek en Overlangel (die niet doorgaat), is in het ontwerp gekozen om op vier locaties verkeersremmende voorzieningen toe te voegen op de dijk, om de verkeersveiligheid te verbeteren.

Tot slot wordt op de tuimeldijk bij Neerloon een wandelpad aangelegd op de nieuwe tuimeldijk. De scheiding van voetgangers en gemotoriseerd verkeer zorgt voor verhoogde veiligheid.

De bovengenoemde maatregelen zorgen gezamenlijk voor een positief effect op de verkeersveiligheid en worden daarom positief beoordeeld (effectbeoordeling: + +).

13.4.4 Samenvatting effectbeoordeling

Voor het aspect woongenot is voor het project als totaal sprake van een negatief effect (- -). Bij zes woningen is sprake van ruimtebeslag op het perceel. Verder is voor veel woningen langs het dijktraject sprake van enig verlies van uitzicht.

Voor bedrijfsfuncties is sprake van een beperkt negatief effect (-). Er is sprake van enig ruimtebeslag (verlies van 1,66 hectare grond waarop een bedrijfsbestemming rust) maar er hoeven geen gebouwen geamoveerd te worden.

De afname van het beschikbare areaal aan landbouwgrond bedraagt 8,69 hectare. Daarmee is sprake van een beperkt negatief effect (-)

Het uitgangspunt voor de dijkverbetering is dat bestaande infrastructuur gelijkwaardig wordt teruggebracht. Dat betekent dat in de gebruiksfase de verkeerssituatie op en rond de dijk niet verandert. Wel wordt een aantal maatregelen getroffen, zoals de verbreding van de N321, het realiseren van een vrijliggend fietspad en het aanleggen van snelheidsbeperkende maatregelen. Deze maatregelen leiden tot een positief effect op de verkeersveiligheid (effectbeoordeling: + +).

Tabel 13-6 Samenvatting effectbeoordeling woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid

Beoordelingscriterium	Beoordeling
Effecten op het woongenot	- -
Effecten op bedrijfsfuncties (bedrijventerreinen)	-
Effecten op agrarische percelen	-
Effecten op de verkeersveiligheid	+ +

13.5 Mitigerende en compenserende maatregelen

Waar mogelijk is in het ontwerp rekening gehouden met het zoveel mogelijk beperken van impact op woongenot, zoals reeds besproken in paragraaf 13.4.1. Er zijn, gegeven de te realiseren waterveiligheidsopgaven, geen verdere mitigerende maatregelen mogelijk om de effecten op woongenot, bedrijfsfuncties en agrarische percelen verder in te perken.

14. Vrijetijdseconomie (recreatie)

14.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat de beoordeling van het thema vrijetijdseconomie (recreatie). Het betreft de beoordeling van het voorgenomen dijkontwerp op de toegevoegde waarde voor, en eventuele aantasting van, bestaande recreatieve en toeristische waarden. Dit betreft de verwachte effecten op recreatieve functies (wandelroutes, fietsroutes, waterrecreatie, horeca en volkstuinen) en toeristische aantrekkingskracht van het gebied (betreffende de aantrekkingskracht van diezelfde recreatieve functies en daarnaast voornamelijk de vestingstad Grave en de Kraaijenbergse Plassen). Dit thema reflecteert, net als voorgaand thema 'woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid', een gebruikswaarde als onderdeel van de omgevingskwaliteit (zie de systematiek zoals geïntroduceerd onder thema ruimtelijke kwaliteit in hoofdstuk 11).

De rest van dit hoofdstuk is als volgt opgedeeld. Paragraaf 14.2 start met een beschrijving van de beoordelingscriteria en de methodiek die is gehanteerd voor de effectbeschrijving en -beoordeling. Vervolgens is in paragraaf 14.3 per criterium de referentiesituatie beschreven, die is opgebouwd uit de huidige situatie inclusief eventuele autonome ontwikkelingen. In paragraaf 14.4 zijn de effectbeschrijving en -beoordeling van de verschillende beoordelingscriteria opgenomen. Deze paragraaf eindigt met een samenvatting van de effectbeoordelingen voor de verschillende beoordelingscriteria, uitgedrukt in een beoordelingstabel. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de mitigerende en compenserende maatregelen in paragraaf 14.5.

14.2 Beoordelingscriteria

Voor het MER is op basis van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) en het advies van de Commissie m.e.r. een beoordelingskader vastgesteld. Voor het thema vrijetijdseconomie geldt het volgende beoordelingskader:

Tabel 14-1 Beoordelingskader vrijetijdseconomie (recreatie)

Thema	Beoordelingscriterium	Beoordeling
Vrijetijdseconomie (recreatie)	Effecten op recreatieve functies	Kwantitatief (aantal geraakte ondernemingen) en kwalitatief deskundigenoordeel
	Effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied	Kwalitatief deskundigenoordeel

Effecten op recreatieve functies

Door versterkingsmaatregelen kunnen bestaande recreatieve functies geraakt worden. De effecten van de dijkverbetering op recreatieve functies zijn kwalitatief beoordeeld door voor het hele dijktraject te beschouwen in hoeverre bestaande recreatieve functies worden geraakt en/of ruimte voor recreatieve functies toeneemt. De recreatieve functies die zijn beschouwd zijn: wandelroutes, fietsroutes, waterrecreatie, horeca, evenemententerreinen, recreatieve voorzieningen op de dijk en volkstuinen. Er zijn binnen het projectgebied geen recreatieve verblijfsfuncties zoals recreatieparken aanwezig. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 14-2 Klassegrenzen criterium ‘effecten op recreatieve functies’

+ + +	Ruimte voor recreatieve functies en recreatief gebruik neemt sterk toe (> 5 ondernemingen en/of recreatieve routes)
+ +	Ruimte voor recreatieve functies en recreatief gebruik neemt toe (2-5 ondernemingen en/of recreatieve routes)
+	Ruimte voor recreatieve functies en recreatief gebruik neemt beperkt toe (1 onderneming en/of recreatieve route)
0	Geen relevante verandering ten opzichte van de referentiesituatie
-	Ruimte voor recreatieve functies en recreatief gebruik neemt beperkt af (ruimtebeslag op 1 onderneming of recreatieve route)
- -	Ruimte voor recreatieve functies en recreatief gebruik neemt af (ruimtebeslag op 1-5 ondernemingen of recreatieve routes)
- - -	Ruimte voor recreatieve functies en recreatief gebruik neemt sterk af (ruimtebeslag op > 5 ondernemingen of recreatieve routes)

Effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied
De effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied zijn kwalitatief beoordeeld door te beschouwen in hoeverre recreatieve functies worden geraakt door de versterkingsmaatregelen. De beoordeling hangt samen met de impact op recreatieve functies (het andere aspect binnen dit milieuthema ‘vrijetijdseconomie’ dat hierboven is toegelicht), maar is breder doordat ook beleefbaarheid is meegewogen. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 14-3 Klassegrenzen criterium ‘effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied’

+ + +	Sterke verbetering ten opzichte van de referentiesituatie
+ +	Verbetering ten opzichte van de referentiesituatie
+	Beperkte verbetering ten opzichte van de referentiesituatie
0	Geen relevante verandering ten opzichte van de referentiesituatie
-	Beperkte maar toelaatbare vermindering ten opzichte van de referentiesituatie
- -	Verslechtering ten opzichte van de referentiesituatie
- - -	Sterke verslechtering ten opzichte van de referentiesituatie

14.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling

Het projectgebied kent in de huidige situatie diverse recreatieve functies. Op de dijk wordt gefietst en gewandeld en bij de Kraaijenbergse Plassen is ruimte voor waterrecreatie. Voor fietsers en wandelaars is de dijk niet overal even toegankelijk. De dijk is in het deelgebied Lage Wijth (dat wil zeggen de Mars en Wijthdijk ten westen van Grave) alleen toegankelijk voor fietsers, wat het een relatief veilig en rustig deeltraject maakt, maar op andere stukken delen fietsers de weg met auto's en zijn niet altijd expliciet fietsstroken aangegeven. De toegankelijkheid van de dijk voor fietsers is daarnaast bij Grave en de Kraaijenbergse Plassen beperkt. Fietsers worden hier van de dijk af geleid. Aangezien niet overal op de dijk een fietspad ligt, zijn de fietsverbindingen op en rondom de dijk relatief versnipperd.

Door het projectgebied loopt verder een aantal wandelroutes. De uiterwaarden zijn slechts beperkt toegankelijk en er zijn in de huidige situatie weinig mogelijkheden om dichtbij de Maas te komen.

De Kraaijenbergse Plassen vormen een grote recreatieve attractie in het projectgebied. De Kraaijenbergse Plassen vormen een complex van meerdere plassen die met elkaar in verbinding staan door middel van kanaaltjes. Rondom deze plassen zijn meerdere jachthavens, strandjes, campings en een surfvereniging gevestigd. De locatie vervult daarmee een functie voor watersport en dagrecreatie. De enige mogelijkheid om

vanaf deze plassen de Maas te bereiken over water is via de Keersluis Cuijk in de haven van Cuijk. Op deze locatie komen de beroepsscheepvaart en recreatieve vaart bij elkaar.

Ter hoogte van de kruising Vegetasscheweg-Cuykschesteeg-Driesenweg ligt een volkstuinencomplex. Sommige volkstuinen liggen dichtbij of tegen de teen van de dijk.

In Grave bevinden zich op de hoek van de Maaskade en de Maasstraat enkele horecagelegenheden met terrassen. De terrassen bevinden zich gedeeltelijk ook aan de overzijde van de Maaskade, dus aan de waterzijde met uitzicht over de rivier.

In Grave is daarnaast jachthaven en watersportvereniging De Stuw gevestigd. Ook ligt er aan de Maaskade in Grave een aanlegkade voor pleziervaartuigen in de Maas. Aan de oostzijde van Grave bevindt zich tot slot ook een terrein dat gebruikt wordt als ballonvaartterrein, voetbalveldje met goals en door de plaatselijke schutterij.

14.4 Effectbeschrijving en -beoordeling

14.4.1 Effecten op recreatieve functies

De effecten op recreatieve functies worden hieronder per deeltraject beschreven. Vervolgens komen fiets- en wandelroutes aan bod en worden de effecten op recreatieve functies als totaal samengevat in één beoordeling voor het dijkontwerp.

Recreatieve functies per deelgebied

In het deeltraject Haven Cuijk is geen sprake van bestaande recreatieve functies rondom de dijk en treden dus geen effecten op (effectbeoordeling: 0). De aanwezige bankjes langs dit deel van de dijk worden teruggebracht (dat geldt overigens voor alle nu aanwezige recreatieve voorzieningen/rustpunten op het dijktracé). Het daaropvolgende deeltraject Kraaijenbergse Plassen telt als belangrijk recreatiegebied langs de dijk. De dijkverbetering heeft geen gevolgen voor de toegang tot of beleefbaarheid van de waterrecreatie op de Kraaijenbergse Plassen. In dit deeltraject ligt ook het volkstuinencomplex ‘Tuinen De Driessen’. Het dijkontwerp overlapt voor een verwaarloosbaar gedeelte met de bijbehorende recreatieve bestemming (circa 15 m^2 van de 30.000 m^2) en raakt de huidige daadwerkelijke tuinen (die niet geheel tot aan de rand van de huidige bestemming liggen) niet. Er is daarmee dus geen sprake van effecten door de dijkversterking. De tijdelijke werkstrook voor de uitvoeringsfase overlapt voor een klein gedeelte de meest noordelijk gelegen tuintjes. Tijdelijke hinder voor een klein deel van de gebruikers tijdens de uitvoering zou dus op kunnen treden. In deze beide dijktrajecten ten oosten van Grave zijn verder geen horecalocaties aanwezig die geraakt worden door de maatregelen. In de deeltrajecten Haven Cuijk en Kraaijenbergse Plassen vinden kortom geen effecten plaats op recreatieve functies (effectbeoordeling: 0).

In het deeltraject Grave Oost is buitendijks aan de Jan van Cuykdijk een terrein gevestigd dat gebruikt wordt als evenementen-/ballonvaartterrein, voetbalveldje en door de plaatselijke schutterij. De dijk krijgt nabij dit terrein meer buitendijks ruimtebeslag, onder andere vanwege de voorgenomen aanleg van een rotonde in de N321 op dijk. Het evenemententerrein wordt daarmee kleiner. Het gilde wordt ter hoogte van de huidige locatie meer naar het noorden verplaatst, richting de rivier. Voor het voetbalveldje inclusief goals blijft voldoende ruimte. Op deze locatie bevindt zich ook de meekoppelkans ‘Halfbastion Blauwkop’ die in dit MER buiten beschouwing wordt gelaten omdat deze niet wordt meegenomen in het projectbesluit van de dijkversterking. In deeltraject Grave Oost is gezien het effect op het evenemententerrein sprake van een beperkt negatief effect door de geraakte recreatieve functie (effectbeoordeling: -).

In het deeltraject Grave Vesting zijn rondom de Maaspoort verschillende horecafuncties aanwezig. Hier bevinden zich terrassen rondom de Maaspoort, in de huidige situatie aan beide kanten van de weg over de

Maaskade, dus ook aan de rivierzijde waar men kan zitten met uitzicht over de rivier. In het ontwerp is rekening gehouden met het uitgangspunt dat de huidige terrasoppervlakte grotendeels behouden wordt. In Grave is gekozen voor een oplossing van de hoogte-opgave in de vorm van een demontabele kering. Het uitzicht over de Maas wordt daarmee in principe het grootste deel van de tijd behouden. De uitzondering is wanneer bij zeer hoog water de demontabele kering ingezet moet worden. Op die momenten wordt de kademuur tijdelijk opgehoogd en verdwijnt voor een beperkte periode het uitzicht.

Er gaat door het open maken van de Maaspoort ruimte voor 2 à 3 tafels verloren. De huidige doorgang van de Maaspoort vervalt echter, waardoor daar mogelijk nieuwe ruimte ontstaat. Tevens is het voor de horeca in de nieuwe situatie aantrekkelijk om ook op de loswal (beneden aan de buitenkant van de kademuur) terras te hebben. Hieronder een visualisatie van huidige en nieuwe situatie bij de Maaspoort in Grave.



Figuur 14-1 Maaspoort in huidige situatie (linksonder en linksboven) en impressie na openmaken Maaspoort (rechts)

De tevens in dit deeltraject gelegen jachthaven en watersportvereniging De Stuw, alsook de aanlegkade voor pleziervaartuigen, worden niet door de maatregelen geraakt. Omdat effecten op de horecafuncties nagenoeg afwezig zijn en andere functies niet worden geraakt, is de beoordeling voor dit deeltraject Grave Vesting dat geen sprake is van relevante effecten (effectbeoordeling: 0).

In de deeltrajecten ten westen van Grave (Grave West, Lage Wijth, Reek en Neerloon) zijn geen recreatieve functies gevestigd nabij de dijk en treden er dus eveneens geen effecten op (effectbeoordeling: 0).

Langs de dijk worden diverse rustpunten verbeterd en op enkele locaties rustpunten toegevoegd. Zie ook de beschrijving van meekoppelkans ‘Nieuwe recreatieve voorzieningen op/aan de dijk in paragraaf 2.3.

Voor wat betreft recreatieve functies is over het gehele dijktraject dus sprake van enig ruimtebeslag op één recreatieve functie, namelijk het evenemententerrein aan de oostkant buitendijks bij Grave.

Voor alle recreatiefuncties geldt wel dat er, net als geldt voor alle andere functies aan de dijk, tijdens de uitvoeringsfase tijdelijke beperkingen en/of overlast kan optreden. De hierboven beschreven effecten hebben betrekking op de situatie nadat de dijkverbetering is uitgevoerd.

Fiets- en wandelroutes

De recreatieve routes op of langs het dijktracé blijven grotendeels onveranderd. Hieronder worden locaties beschreven waar aanpassingen worden gedaan.

- Voor het fietspad tussen Cuijk-Grave geldt dat het bestaande fietspad buitendijks vervalt en het nieuwe fietspad langs de Maas komt te liggen. Dit nieuwe fietspad wordt (voor wat betreft de locaties waar nu nog geen fietspad aanwezig is) echter niet geregeld middels het projectbesluit van de dijkversterking.
- Langs de Koninginnedijk wordt een vrijliggend fietspad aangelegd bovenop de nieuwe tuimeldijk. Dit is een verbetering ten opzichte van de huidige situatie waarin er geen sprake is van een fietspad of fietssuggestiestrook, maar waarin fietsers nu nog hetzelfde wegdek delen met autoverkeer.
- Het waterschap verbetert als onderdeel van het project (meekoppelkans) de recreatieve voorzieningen (rustpunten) aan de dijk. Vanuit veiligheid voldoen ze daarmee weer aan de hedendaagse normen. Vanuit beleefbaarheid worden ze verbeterd om fijnere verblijfsplekken te creëren (soms met beter uitzicht). Ook wordt gezorgd voor eenduidigheid in materiaal en uitstraling om verblijfsplekken langs de dijk meer als eenheid te kunnen ervaren en wordt rust gecreëerd door het aantal borden/informatievoorzieningen terug te dringen of door deze te bundelen.

Er worden geen bestaande wandelpaden geraakt door de dijkversterking. Als meekoppelkans worden een/enkele nieuwe wandelpaden toegevoegd (geen onderdeel van dit projectbesluit voor zover buiten de dijk).

Bij elkaar vinden er dus verschillende kleine verbeteringen plaats op het gebied van fietsroutes op/langs het dijktraject en volgt hieruit een licht positief effect op het geheel van het project (effectbeoordeling: +).

14.4.2 Effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied

Effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied hangen voor een groot deel samen met recreatieve functies en routes zoals die in de voorgaande paragraaf zijn beschreven. Dit aspect is in zekere zin breder omdat ook de ‘beleefbaarheid’ van het gebied meespeelt als het gaat om de toeristische aantrekkingskracht. Binnen deze paragraaf wordt daarom specifiek ingegaan op de beleefbaarheid van de vestingstad Grave en de beleefbaarheid van de omgeving en historie rondom de dijk.

De beleefbaarheid van Grave als vestingstad is een belangrijk uitgangspunt geweest in het dijkontwerp. In het ontwerp rondom Grave, maar met name in deelgebied Grave Vesting, heeft het behoud van dit karakter meegewogen in de gemaakte ontwerpkeuzes. Twee specifieke verbeteringen in de beleefbaarheid in Grave worden bovendien meegenomen in het ontwerp, namelijk het openen van de Maaspoort en een verbeterde inrichting van de Havenstraat. Deze maatregelen zijn al uitgebreid besproken in het hoofdstuk Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid (hoofdstuk 11). Het effect van de dijkversterking op de beleefbaarheid van de vesting wordt vanwege deze twee verbeteringen beschouwd als beperkt positief (effectbeoordeling: +).

De huidige informatievoorzieningen die de historie of achtergrond van het gebied rondom de dijk beleefbaar maken, bijvoorbeeld door middel van informatieborden, zullen (voor zover nu bekend) in dezelfde of aangepaste vorm worden teruggebracht. Onder andere de meekoppelkans Schans Reek wordt uitgevoerd als opgewaardeerd rustpunt met informatie op de dijk. Het gebied wordt aantrekkelijker door de inrichting van de Beerse Overlaat en Schans Reek. Hetzelfde geldt voor de opwaardering van recreatieve voorzieningen (rustpunten) langs de dijk. Deze drie meekoppelkansen worden beschreven in paragraaf 2.3. Ook de beleefbaarheid van het gebied rondom de dijk wordt op deze locaties als positief beschouwd (+ +).

14.4.3 Samenvatting effectbeoordeling

Binnen het criterium recreatieve functies is vanwege enig ruimtebeslag en het verplaatsen van het gilde sprake van beperkt negatief effect enerzijds, maar omdat deze effecten erg beperkt zijn (Gilde wordt in de toekomst sowieso verplaatst, evenemententerrein blijft functioneel en terrassen Maaskade kunnen tafels elders

neerzetten), en vanwege de verbeteringen van de dijk als fietsroute en verbeteringen van recreatieve rustpunten langs de dijk sprake van positieve effecten. Als eindoordeel is in de afweging daarom gekozen voor een beoordeling + +.

Er worden enkele verbeteringen doorgevoerd in de beleefbaarheid van vestingstad Grave en de fietsroute op of langs de dijk wordt op een aantal locaties verbeterd. De beleefbaarheid van het gebied rondom de dijk wordt op de locaties van de Beerse Overlaat en Schans Reek verbeterd en er worden recreatieve voorzieningen verbeterd. De effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied worden om deze reden beoordeeld als een verbetering ten opzichte van de referentiesituatie (effectbeoordeling: + +).

Tabel 14-4 Samenvatting effectbeoordeling vrijetijdseconomie

Beoordelingscriterium	Beoordeling
Effecten op recreatieve functies	+ +
Effecten op toeristische aantrekkingskracht van het gebied	+ +

14.5 Mitigerende en compenserende maatregelen

In het ontwerp is rekening gehouden met nieuwe recreatieve functies. Het ruimtebeslag op de huidige locatie van het gilde wordt gecompenseerd door verplaatsing naar een alternatieve locatie verder ten noorden. Omdat er maar zeer beperkt sprake is van negatieve effecten is er geen noodzaak voor mitigerende en compenserende maatregelen. Enige aandachtspunt dat volgt uit dit hoofdstuk en die als kleine mitigerende maatregel kan worden gezien voor de uitvoeringsfase is om rekening te houden met de overlap van de werkstrook en het volkstuinencomplex De Driessen (maatwerk bij de uitvoering).

15. Duurzaamheid

15.1 Inleiding

Dit thema reflecteert in de systematiek van herkomstwaarde, belevingswaarde, gebruikswaarde en toekomstwaarde (de systematiek zoals geïntroduceerd onder thema ruimtelijke kwaliteit in hoofdstuk 11), de toekomstwaarde als onderdeel van de omgevingskwaliteit. Het gaat bij deze waarde onder andere om stabiliteit, flexibiliteit en duurzaamheid, rekening houdend met ecologische voorraden (materialengebruik) en duurzame ecosystemen.

De rest van dit hoofdstuk is als volgt opgedeeld. Paragraaf 15.2 start met een beschrijving van de beoordelingscriteria en de methodiek die is gehanteerd voor de effectbeschrijving en -beoordeling. Vervolgens is in paragraaf 15.3 per criterium de referentiesituatie beschreven, die is opgebouwd uit de huidige situatie inclusief eventuele autonome ontwikkelingen. In paragraaf 15.4 zijn de effectbeschrijving en -beoordeling van de verschillende beoordelingscriteria opgenomen. Deze paragraaf eindigt met een samenvatting van de effectbeoordelingen voor de verschillende beoordelingscriteria, uitgedrukt in een beoordelingstabel. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de mitigerende en compenserende maatregelen in paragraaf 15.5.

15.2 Beoordelingscriteria

Voor het MER is op basis van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) en het advies van de Commissie m.e.r. een beoordelingskader vastgesteld. Voor het thema duurzaamheid geldt het volgende beoordelingskader:

Tabel 15-1 Beoordelingskader duurzaamheid

Thema	Beoordelingscriterium	Beoordeling
Duurzaamheid	Energieverbruik (CO_2)	Deskundigenoordeel en berekeningen met Dubocalc en invullen Circulaire Peiler
	Materialenverbruik	Deskundigenoordeel en berekeningen met Dubocalc en invullen Circulaire Peiler
	Circulariteit	Deskundigenoordeel en berekeningen met Dubocalc en invullen Circulaire Peiler

Mate waarin invulling wordt gegeven aan de ambitie op het vlak van duurzaamheid

De effecten op het thema Duurzaamheid worden in het MER getoetst aan de mate waarin invulling wordt gegeven aan de ambitie. Een dijkversterking zal immers veel negatieve effecten op het gebied van duurzaamheid met zich meebrengen aangezien er veel vervoersbewegingen en materialen bij gemoeid zijn. Het gestelde ambitieniveau gaat daarom niet altijd om het voorkomen van een negatieve impact, maar ook om het zo klein mogelijk maken van de negatieve impact of het vergroten van een reeds positieve impact. De beoordeling van de criteria wordt gedaan op basis van berekeningen met Dubocalc, expert judgement en het invullen van de Circulaire Peiler met het projectteam. DuboCalc is een rekenprogramma van Rijkswaterstaat dat wordt gebruikt om de duurzaamheid en milieukosten van projecten in de Grond-, Weg- en Waterbouw (GWW) te berekenen en te vergelijken. Het stelt opdrachtgevers en aannemers in staat om verschillende ontwerpvarianten te beoordelen op basis van hun milieueffecten, waarbij de resultaten worden uitgedrukt in een Milieu Kosten Indicator-waarde (MKI-waarde). De Circulaire Peiler is een Excel-tool die de mate van circulariteit in projecten meet. Het is een hulpmiddel dat circulaire prestaties omzet in een score, waarbij een hogere score duidt op meer circulaire maatregelen en ook inzichtelijk maakt waar kansen liggen voor volgende fases van het project.

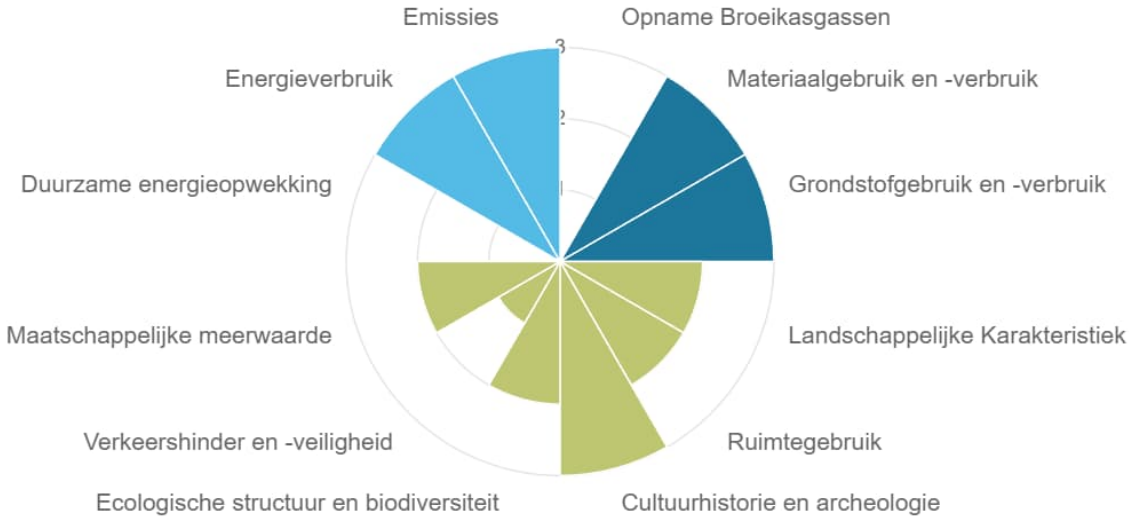
In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de ambities.

Tabel 15-2 Klassegrenzen criterium 'Mate waarin invulling wordt gegeven aan de ambitie'

+ + +	Invulling aan >20% hogere duurzaamheidsambitie
+ +	Invulling aan circa 20% hogere duurzaamheidsambitie
+	Invulling aan circa 10% hogere duurzaamheidsambitie
0	Invulling conform de duurzaamheidsambitie
-	Gemiddelde invulling aan de duurzaamheidsambitie
- -	Beperkte invulling aan de duurzaamheidsambitie
- - -	Geen invulling aan de duurzaamheidsambitie

Met behulp van de Aanpak Duurzaam GWW is invulling gegeven aan de duurzaamheidsambitie. In drie duurzaamheidssessies is aan de hand van het ambitieweb de ambitie bepaald van twaalf thema's. Hierin hadden de ambitieniveaus onderstaande uitleg:

- Ambitieniveau 1: Stand van de markt; dit is wat 'normaal' wordt gedaan;
- Ambitieniveau 2: Duurzame 'bewezen' opties worden toegepast in het ontwerp en in de uitvoering;
- Ambitieniveau 3: Innovatieve duurzame opties worden in het project uitgewerkt en verder gebracht.



Figuur 15-1 Ambitieweb Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein Dashboard Duurzaam HWBP

Voor de verschillende thema's zijn meetbare doelstellingen geformuleerd. Hieronder de doelstellingen voor de belangrijkste thema's: materialenverbruik, circulariteit en energieverbruik (CO_2).

Materialenverbruik en Circulariteit

Tabel 15-3 Doelstellingen Duurzaamheidsthema Materiaal

Thema	Doelstelling
Materiaal- en grondstofgebruik	1) 30 tot 50 % primair grondstof verbruik
	2) 60 tot 80% van vrijkomende materialen wordt hergebruikt binnen project op zo hoogwaardig mogelijke manier
	3) 80 tot 100% van materialen die worden aangebracht zijn herbruikbaar
Milieu Impact	4) Een ontwerp met een '25'% lagere MKI-score t.o.v. het VKA

Doelstelling 1 – 30 - 50% primair grondstof verbruik:
Hoogste percentage is gebaseerd op de landelijke doelstelling voor Circulaire Economie wat als maximum wordt aangehouden. Er wordt gestreefd naar een lager percentage.

Doelstelling 2 – 60 - 80% van vrijkomende materialen wordt hergebruikt:
Hergebruiken 'binnen het project' zorgt voor veel focus in het project zelf en korte transportafstanden. Onderzocht moet worden of het projectoverstijgend bijvoorbeeld in samenwerking met Meanderende Maas voor meer hoogwaardig hergebruik (R-ladder) kan leiden.

Doelstelling 3 – 80 tot 100% van materialen die worden aangebracht zijn herbruikbaar:
Ambitie van het waterschap en de Unie van Waterschappen is om in 2050 100% circulair te zijn.

Doelstelling 4 - Een ontwerp met een '25'% lagere MKI-score ten opzichte van het VKA
De MKI-score heeft zowel betrekking op het thema Materiaal als het thema Energie. Lokale, duurzaam gewonnen energie heeft een MKI-score van 0. Het inkopen van energie door de aannemer heeft daarom effect op de uiteindelijke MKI-score.

Tabel 15-4 Klassegrenzen criterium 'Materiaalverbruik'

+ + +	<20% primair grondstof verbruik
+ +	20-40% primair grondstof verbruik
+	25-45% primair grondstof verbruik
0	30-50% primair grondstof verbruik
-	Gemiddelde invulling aan de duurzaamheidsambitie
- -	Beperkte invulling aan de duurzaamheidsambitie
- - -	Geen invulling aan de duurzaamheidsambitie

Tabel 15-5 Klassegrenzen criterium 'Circulariteit – vrijkomende materialen worden hergebruikt'

+ + +	>90% van vrijkomende materialen wordt hergebruikt
+ +	70-90% van vrijkomende materialen wordt hergebruikt
+	65-85% van vrijkomende materialen wordt hergebruikt
0	60-80% van vrijkomende materialen wordt hergebruikt
-	Gemiddelde invulling aan de duurzaamheidsambitie
- -	Beperkte invulling aan de duurzaamheidsambitie
- - -	Geen invulling aan de duurzaamheidsambitie

Tabel 15-6 Klassegrenzen criterium 'Circulariteit – aangebrachte materialen herbruikbaar'

+ + +	100% van materialen die worden aangebracht zijn herbruikbaar
+ +	90% van materialen die worden aangebracht zijn herbruikbaar
+	85% van materialen die worden aangebracht zijn herbruikbaar
0	80% van materialen die worden aangebracht zijn herbruikbaar
-	Gemiddelde invulling aan de duurzaamheidsambitie
- -	Beperkte invulling aan de duurzaamheidsambitie
- - -	Geen invulling aan de duurzaamheidsambitie

Energieverbruik (CO_2)

Tabel 15-7 Doelstelling Duurzaamheidsthema Energie

Thema	Doelstelling
Energieverbruik / Emissies	5) 60 - 90% minder CO_2 emissie gedurende de realisatie dan met conventioneel materieel

Doelstelling 5 – 60 tot 90% minder CO_2 emissie gedurende de realisatie dan met conventioneel materieel
Doelstelling is conform de trendlijn en ambitie van de Unie van Waterschappen wat voor Aa en Maas een inspanningsverplichting is. Waterschap Aa en Maas staat op trede 3 van de CO_2-prestatieladder.

Tabel 15-8 Klassegrenzen criterium 'Energieverbruik'

+ + +	90 - 100% minder CO2 emissie van materieel
+ +	80 - 100% minder CO2 emissie van materieel
+	70 - 100% minder CO2 emissie van materieel
0	60 - 90% minder CO2 emissie van materieel
-	Gemiddelde invulling aan de duurzaamheidsambitie
- -	Beperkte invulling aan de duurzaamheidsambitie
- - -	Geen invulling aan de duurzaamheidsambitie

Overige thema's
Naast bovenstaande thema's (materiaal, circulariteit en energieverbruik CO_2) zijn er nog twee andere belangrijke thema's namelijk stikstof en biodiversiteit:

Tabel 15-9 Doelstellingen Duurzaamheidsthema Emissies en Biodiversiteit

Thema	Doelstelling
Emissies	6) 0 tot 35% NOx-depositie gedurende de realisatie t.o.v. 1990
Biodiversiteit	7) Ontwerp moet bijdragen aan handhaving en waar mogelijk een verbetering van de biodiversiteit ten opzichte van huidige situatie

Doelstelling 6 – 0 tot 35% NOx-depositie gedurende de realisatie ten opzichte van 1990
Effecten als gevolg van stikstofdepositie van de dijkverbetering op Natura 2000-gebieden zijn op dit moment niet toegestaan. Als er wel kleine deposities mogelijk zijn, hebben deze onderbouwd geen effect. Ten opzichte van (conventionele) realisatie in 1990 moet hiervoor minstens 65% minder NOx-depositie zijn (oftewel 0 tot 35%). Natura 2000-gebieden binnen een straal van 25 km liggen in provincie Limburg en Gelderland.

Doelstelling 7 – Ontwerp moet bijdragen aan handhaving en waar mogelijk een verbetering van de biodiversiteit ten opzichte van huidige situatie
Binnen Waterschap Aa en Maas zijn al enkele proefvakken voor Future Dikes, waarbij kruidenrijke mengsels worden getest om de biodiversiteit te verhogen. Doel is te onderzoeken welke soorten en natuurdoeltypen versterkt kunnen worden en op welke manier dat gerealiseerd kan worden met de dijkverbetering. Daarnaast zullen vanwege het voorkomen van graverij door dassen in de waterkering in de toekomst, bosschages bij de teen van de dijk moeten wijken. Compensatie zal waar mogelijk en noodzakelijk plaatsvinden.

15.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling

Voor het thema duurzaamheid is er geen referentiesituatie, deze paragraaf is daarom niet verder uitgewerkt.

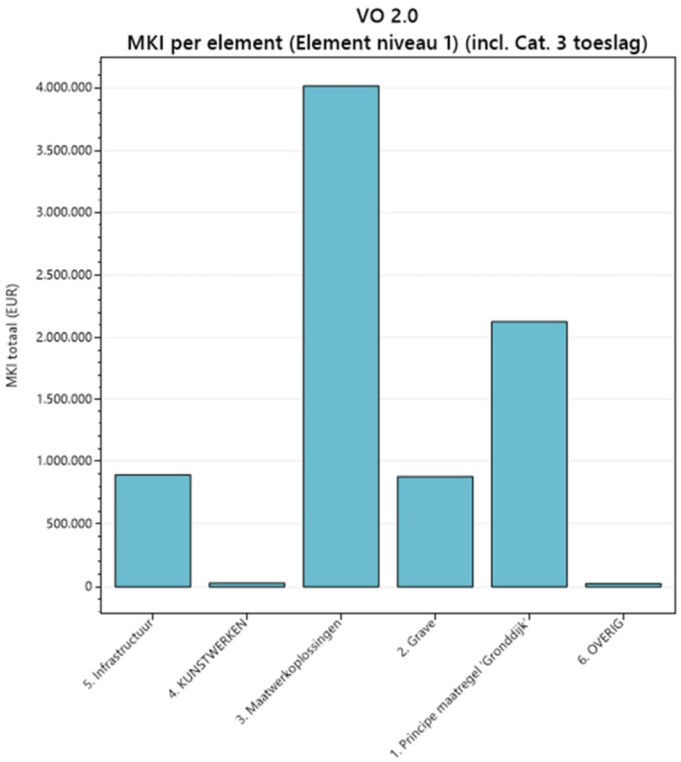
15.4 Effectbeschrijving en -beoordeling

15.4.1 Energieverbruik

Op basis van het uitvoeringsplan (en planning), het hoeveelhedenboek en de SSK-raming is een DuboCalc-berekening opgesteld voor het dijkontwerp. DuboCalc berekent alle effecten van het materiaal- en energieverbruik van winning tot aan de sloop- en hergebruikfase. Als resultaat worden de effecten uitgedrukt in euro's, de milieukostenindicator (MKI) en het energieverbruik in CO_2 (kg CO_2-eq). De getallen zijn gebaseerd

op het referentieontwerp waarin al een bepaalde keuze is gemaakt voor typen verticale constructies. In de DO-fase (die plaatsvindt na de start van de ruimtelijke procedure en vóór realisatie) zullen deze typen mogelijk nog kunnen veranderen waardoor het energieverbruik mogelijk kan worden verminderd.
Het project zorgt voor een totale CO_2-uitstoot van 87.804.196,88 kg CO_2-eq over vier jaar bij het gebruik van conventioneel materieel (diesel). Bij het toepassen van 75% emissieloos materieel wordt deze uitstoot verlaagt met 7.608.687,31 kg CO_2-eq tot een totale uitstoot 80.195,509,57 kg CO_2-eq over vier jaar uitvoeringstijd.

De totale MKI per element is in onderstaande figuur zichtbaar. Het totale energieverbruik per element is in verhouding vergelijkbaar, zie Tabel 15-2.

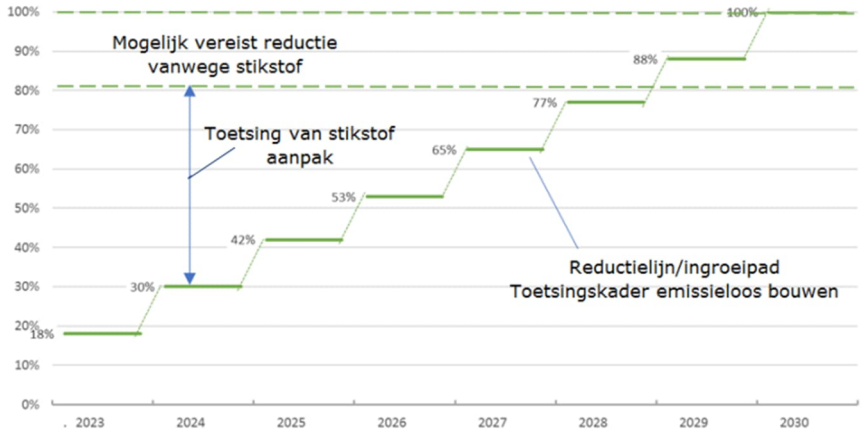


Figuur 15-2 VO 2.0 MKI per element (inclusief Cat. 3 toeslag)

Element	CO2 totaal (kg CO2-eq)
5. Infrastructuur	7.817.757,78
4. Kunstwerken	221.481,72
3. Maatwerkoplossingen	44.075.116,30
2. Grave	10.189.342,43
1. Principe maatregel 'Gronddijk'	25.236.459,13
6. Overig	264.039,53

Tabel 15-10 VO 2.0 CO_2 totaal per element

Verwachting is dat voor de uitvoering de reductielijn uit het Toetsingskader emissieloos bouwen van het Hoogwaterbeschermingsprogramma gaat worden toegepast. Dit betekent dat bij de start van de uitvoering in 2027 wordt gewerkt met 65% emissieloos materieel, in 2028 met 77% emissieloos materieel, in 2029 met 88% en vanaf 2030 100%. Dit zal zorgen voor een lagere totale uitstoot dan dat is berekend over de vier jaar met 75% emissieloos materieel.



Figuur 15-3 Reductielijn/ingroeipad Toetsingskader emissieloos bouwen

Door het toepassen van deze reductielijn (65 tot 100%) wordt de ambitie van 60 tot 90% minder CO_2-emissie gedurende de realisatie dan met conventioneel materieel, gehaald inclusief verbetering van de ambitie (beoordeling: +). In de DO-fase zal ook aandacht worden geschonken aan CO2 uitstoot door gebruik van materialen.

15.4.2 Materialenverbruik

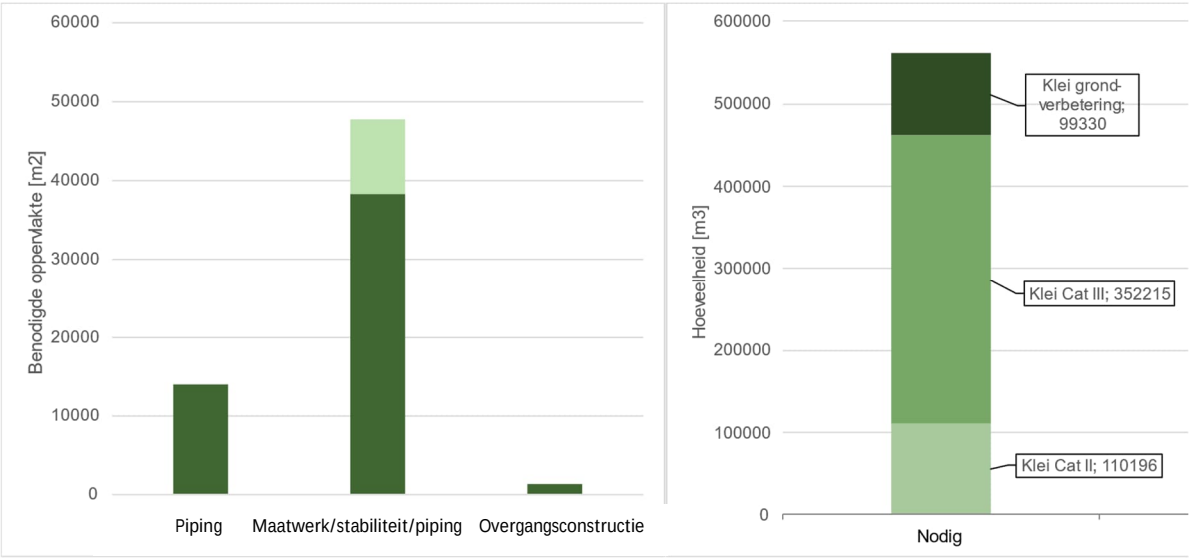
Er zijn op hoofdlijnen vier verschillende ontwerpen waarvoor verschillende materialen nodig zijn. Bij de gronddijk wordt er in grond versterkt, een verticale constructie voor piping toegepast of een stabiliteitsconstructie toegepast. Daarnaast is er materiaal nodig voor (half)verharding op de kruin. In het projectgebied zijn er nog enkele kunstwerken en de kademuur in Grave welke voor een groot gedeelte wordt opgehoogd.

Onderstaande tabel toont de materialisatie per type oplossing voor het vergunningenontwerp waarin voor de verticale constructies nog geen keuzes zijn gemaakt. Deze keuzes zullen in de DO-fase worden gemaakt.

Tabel 15-11 Overzicht materialisatie voor type oplossing

	Oplossing	Materialisatie
Gronddijk	Grondoplossing	Klei categorie II (80 cm onder buitentalud), klei categorie III (kern en binnentalud) en toplaag van teelaarde
	Pipingscherm/stabiliteit	Te bepalen in DO, in referentieontwerp nu uitgegaan van grofzand barrière als pipingmaatregel, stalen damwand of soilmix-wand als piping- en stabiliteitsmaatregel plus voor maatwerklocaties (waar bebouwing dicht op de dijk staat zorgt soilmix-wand voor weinig risico's).
Grave	Bovenbouw	Principe demontabel bij de Maaskade en opmetselen bij oude en nieuwe haven. Hiervoor wordt qua materialen nieuwe stalen damwand van ca 50 m gedrukt + 10 m voor de nieuwe coupure, enkele betonbalken aangebracht, maar voornamelijk gemetseld.
	Onderbouw (300 m)	• Groutinjectie in de grond achter de kademuur • Tubex palen met lengte van 8 tot 9 meter aanbrengen • Betonwand • Drie ankerrijen met groutankers • Metselwerk • Demontabele kering (voornamelijk metaal)
Kunstwerken	Balustrade	Opmetselen
	Uitwateringssluis	Verlengen en aanbrengen nieuwe damwand
	Coupure	Schotbalken en betonbalk

De totale benodigde grond is circa 562.000 m^3, waarvan 99.000 m^3 voor de grondverbetering bij de uiterwaardverlaging, zie Figuur 15-4. Naast de grondstoffen zijn ook constructies nodig. In Figuur 15-4 zijn de oppervlaktes weergegeven (strekkende lengte en diepte) van de pipingconstructie, overgangsconstructies (damwand) en de piping-/stabiliteits- of maatwerkconstructie. Voor de pipingconstructie is in de figuur uitgegaan van een filterconstructie aangezien dat het referentieontwerp is. De keuze van de constructie, en dus het oppervlakte kan in de DO-fase veranderen. Verwachting is echter dat het een filterconstructie blijft waardoor het oppervlakte niet veranderd. De antigraverijmaatregelen langs het gehele dijktraject hebben een oppervlakte van 221.890 m^2. Momenteel is daarbij uitgegaan van gaas als worst-case variant. In de DO-fase (die plaatsvindt na de start van de ruimtelijke procedure en vóór realisatie) zal de verdere materialisatie en inpassing van de antigraverijmaatregelen plaatsvinden.



Figuur 15-4 Benodigde oppervlakte (lengte x diepte) van constructies voor gronddijk en hoeveelheid grond in m^3 (lichtgroen is soilmix-wand dat terugvaloptie bij dijkvakken 35 en 36, een groter oppervlakte dan het referentieontwerp)

Op dit moment zijn de meekoppelkansen nog niet meegenomen in de MKI/CO2 en het materiaalstromenplan. Bij de koppelkans Beekmonding Raam zal circa 2.500 m3 grond vrijkomen in de uitvoering dat kan worden gebruikt in de dijkversterking. Voor het wandelpad en fietspad zal er materiaal moeten worden aangebracht dat momenteel niet aanwezig is. Oppervlakten hiervan zijn echter beperkt en zullen nauwelijks invloed hebben op de MKI/CO2 en circulariteit.

Doelstelling op het gebied van materialenverbruik is dat er in het ontwerp maximaal 30-50% primaire grondstof wordt verbruikt. Naar verwachting kan voor het ontwerp bijna volledig gebiedseigen grond (grond dat vrijkomt in het project zelf of vanuit Meanderende Maas) worden gebruikt voor de benodigde hoeveelheid grond van circa 562.000 m^3. Voor de constructies zullen grotendeels primaire grondstoffen worden gebruikt. Als uitgegaan wordt van een breedte van 1 m voor bepaling van het volume is dat circa 65.000 m^3 plus materialen voor de kademuur van Grave en kunstwerken en antigraverijmaatregelen met gaasdikte van 0,3 cm (665,67 m^3) is het totaal circa 86.000 m^3. Dit is een percentage van circa 12% van het totaal aan volume (beoordeling: + + +). Hiermee zal de doelstelling van maximaal 30-50% primair grondstofverbruik ruimschoots worden gehaald.

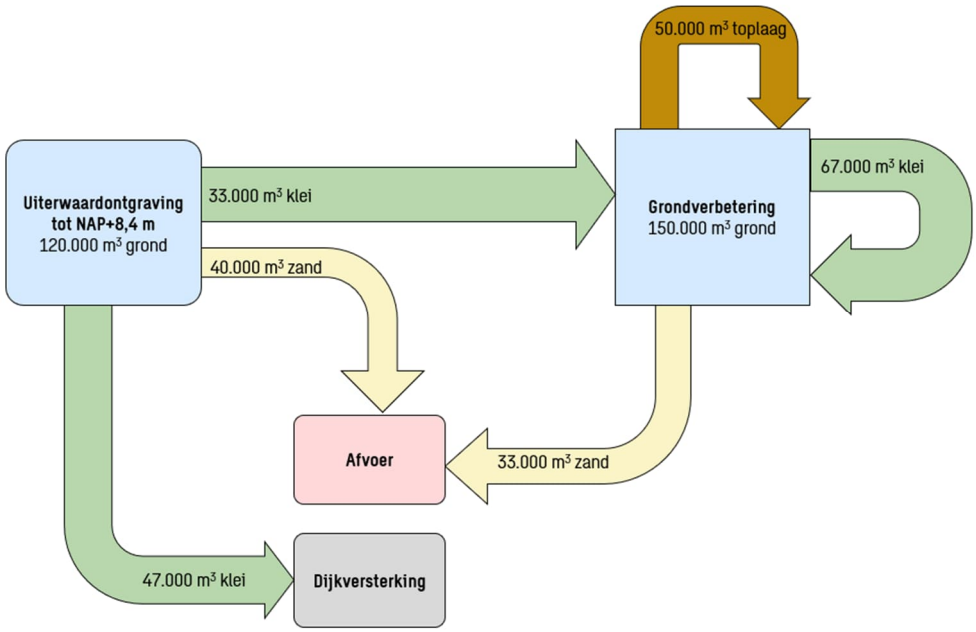
15.4.3 Circulariteit

De insteek is om waar mogelijk in grond te versterken, waarbij alleen klei wordt toegepast. Er komt veel klei vrij bij Meanderende Maas met verschillende categorieën. Voor het buitentalud wordt ontworpen met categorie II klei en de kruin en binnentalud categorie III klei. De eisen aan milieuklasse zijn nog niet vastgesteld, maar het is waarschijnlijk dat aan de binnenzijde de eisen aan de milieu hygiënische kwaliteit hoger is.
De aanvoer vanuit Meanderende Maas is totaal 400.000 m^3 (175.000 m^3 categorie I of II milieuklasse A/industrie en 225.000 m^3 categorie III milieuklasse AW). De categorie III klei met milieuklasse AW mag zonder bijzondere maatregelen zowel binnen- als buitendijks toegepast worden. De rest van de grond bestaat uit erosieklasse 1 of 2 en betreft milieuklasse A/Industrie. Voor deze grond is de toepassing binnen de huidige randvoorwaarden beperkt.

Daarnaast komt er grond vrij bij de uiterwaardverlaging in DV35 en DV36. Het gehele voorland wordt afgegraven tot NAP +8,4 m (rekening houdend met bakenbomen). Hierdoor komt ongeveer 120.000 m^3 grond vrij. De bruikbaarheid van deze klei in het project moet blijken uit het milieuhygiënisch (milieuklasse) en geotechnisch onderzoek (erosieklasse). Uitgangspunt is dat 1/3 deel van deze klei (zand) afgevoerd moet

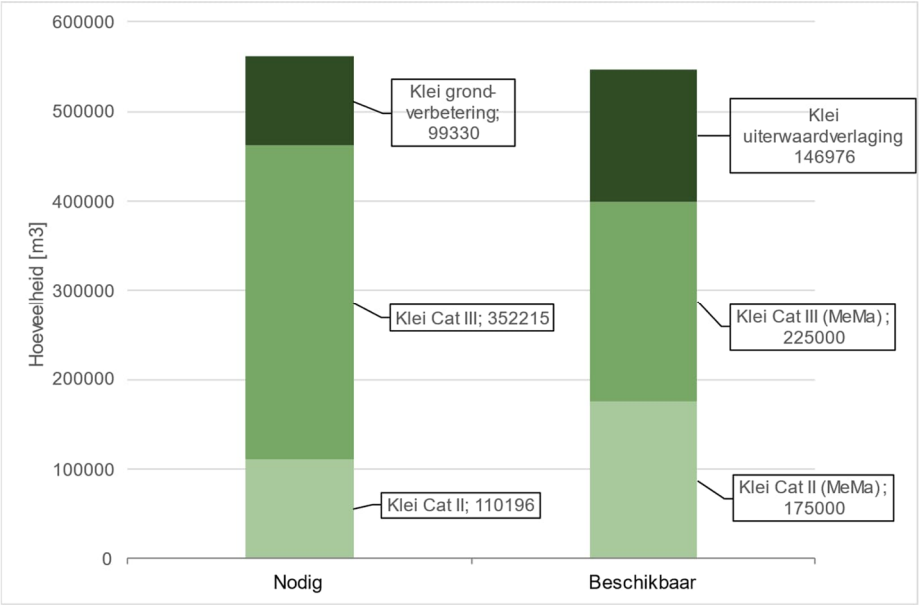
worden (circa 40.000 m^3) en dat 2/3 deel bruikbaar is als grondoplossing op het dijktracé of grondverbetering (80.000 m^3). Om piping tegen te gaan is in deze uiterwaardverlaging een grondverbetering nodig van 2 m diep (1 m tot 3 m onder maaiveld aangebracht) met een breedte van 30 m en een lengte van 1.500 m.

De totale benodigde grond van het project is circa 562.000 m^3, waarvan 99.000 m^3 voor de grondverbetering bij de uiterwaardverlaging. Verwachting is dat enkel zand hoeft te worden afgevoerd.



Figuur 15-5 Vrijkomend materiaal uiterwaardverlaging en grondverbetering

Zoals te zien is in Figuur 15-6 is er vanuit Meanderende Maas meer categorie II klei beschikbaar dan nodig voor Cuijk-Ravenstein. Deze klei kan ook gebruikt worden voor de klei categorie III als de milieukwaliteit voldoende is. Zoals te zien is in Figuur 15-6 is de verwachting dat er bijna geen extra grond aangevoerd hoeft te worden. Totaal benodigd is circa 562.000 m^3 klei en er komt circa 547.000 m^3 klei vrij (binnen project en MeMa). Risico hierbij is dat de grond moet voldoen aan de benodigde milieuklasse.



Figuur 15-6 Grondstroom klei [m^3]

Daarnaast komen op het tracé van het dijktraject over grote strekkingen grond en materialen vrij, namelijk:

- toplaag;
- asfalt en grasbetontegels (bestaande verhardingen);
- steenbekleding DV5 en DV38.

De toplaag bestaande uit teelaarde, grasmat en zaden wordt eraf gefreesd (tot 30 cm), zodat deze na de versterking kan worden hergebruikt. Hierbij is de insteek om het zo veel mogelijk op dezelfde plek als waar het vandaan komt (ten opzichte van de dijk) terug te brengen. Hierdoor worden de emissies geminimaliseerd (beperkte transportafstand) en zijn er geen risico's met betrekking tot vergunbaarheid (beperkte impact op natuur en verontreinigde grond). Tevens is het terugbrengen van de toplaag op de locatie waar het vandaan komt vanuit de ecologische waarden van belang.

Bij de ophoging van de dijk moet het asfalt met bijbehorende halfverharding of grasbetontegels worden verwijderd. Indien het huidige asfalt geen teer bevat, kan het worden hergebruikt. Dit moet blijken uit het verhardingsonderzoek dat momenteel wordt uitgevoerd. Uitgangspunt is dat de halfverharding wordt hergebruikt in het ontwerp, waarbij incidenteel beschadigde elementen worden vervangen.

Onder de A73 (dijkvak 5) en A50 (dijkvak 38) is steenbekleding aanwezig. Deze steenbekleding kan in principe worden hergebruikt in het nieuwe ontwerp, hierbij is het uitgangspunt dat incidenteel beschadigde elementen worden vervangen. Totaal gaat het om een oppervlakte van 1.051 m^2.

De eerste doelstelling op het gebied van circulariteit is dat 60 tot 80% van de vrijkomende materialen wordt hergebruikt. Van de grote hoeveelheid grond die vrijkomt bij Meanderende Maas (beschouwd als gebiedseigen grond) is de verwachting dat circa 90% kan worden hergebruikt. Vanuit de uiterwaardeverlaging (een kwart van de hoeveelheid vanuit MeMa) is de inschatting dat 66% van de grond kan worden hergebruikt. Voor beide locaties is het afhankelijk van de milieuhygiënische kwaliteit.
Het hergebruik van asfalt en de steenbekleding/halfverharding is afhankelijk van de uitkomsten van het verhardingsonderzoek en de kwaliteit van de steenbekleding/halfverharding. Verwachting is dat de doelstelling van 60 tot 80% ruim wordt gehaald (beoordeling: +).

De tweede doelstelling op het gebied van circulariteit is dat 80 tot 100% van de materialen die worden aangebracht herbruikbaar zijn. Het grootste volume in het ontwerp is klei, wat volledig herbruikbaar is. Dit gaat om circa 562.000 m^3. De constructies voor piping, stabiliteit en voor maatwerklocaties zijn grotendeels niet herbruikbaar na einde levensduur. Over de typen constructies wordt in de DO-fase een beslissing gemaakt, zodat ook dan pas goed kan worden gekeken naar de herbruikbaarheid van de aangebrachte materialen. De constructies plus materialen voor de kademuur van Grave en kunstwerken en antigraverijmaatregelen hebben een totaal volume van circa 86.000 m^3. Dit is een percentage van circa 12% van het totaal aan volume van het ontwerp. Hiermee zal de doelstelling van maximaal 80-100% herbruikbaarheid van materialen worden gehaald (beoordeling +).

15.4.4 Samenvatting effectbeoordeling

De duurzaamheidsambities op het gebied van energieverbruik, materialenverbruik en circulariteit zijn haalbaar in het project. Vanwege de grote hoeveelheid grond die kan worden hergebruikt in het project/gebied wordt er positief gescoord op het materialenverbruik en circulariteit (beoordeling: + + + en +). Voor het energieverbruik wordt de reductielijn gevolgd voor emissieloos bouwen van het HWBP wat een lichte verbetering is van de ambitie (beoordeling: +).

Tabel 15-12 Samenvatting effectbeoordeling duurzaamheid

Beoordelingscriterium	Beoordeling
Energieverbruik (CO_2)	+
Materialenverbruik	+ + +
Circulariteit	+

15.5 Mitigerende en compenserende maatregelen

15.5.1 Energieverbruik

De dominante bijdrage aan de CO_2(-eq) emissie/verbruik zit in de maatwerkoplossingen (energieverbruik bij productie van materialen). Vervolgstap is om in te zetten op andere materialen en het optimaliseren van het ontwerp voor de maatwerklocaties. Het directe energieverbruik in de uitvoering zit in de hoeveelheid vervoersbewegingen. Het verlagen van het energieverbruik gedurende de uitvoering kan door stappen te nemen op gebied van uitvoeringsplanning en het uitvoeringsplan (zoals het opzetten van depots).

15.5.2 Materialenverbruik

Maatregelen verminderen grondverbruik

Om nog minder grond te verbruiken, zal de volgende maatregelen worden uitgevoerd:

- Optimalisatie ontwerp middels aanvullend (geotechnisch) grondonderzoek. Dit onderzoek wordt momenteel uitgevoerd en gebruikt voor het DO. Hoe minder grond nodig in het ontwerp, hoe harder de hergebruikte tonnen doortellen in de berekening.
- Materiaalstromenplan op detailniveau van het DO, waarbij de hoeveelheden grond en andere materialen vast staan, en er duidelijk is hoeveel grond of materialen er kunnen worden hergebruikt in het project.

Maatregelen verminderen primair materiaalgebruik

Voor minder primair materiaalgebruik, zal in de DO-fase in de TOM's voor onder andere verticale maatregelen worden gekeken naar:

- Kiezen voor alternatieve oplossingen met andere materiaalsoorten dan staal, grout, cement of asfalt (hoge MKI en CO2).
- Kiezen voor meer hernieuwbare primaire grondstoffen (zoals biobased bindmiddel)
- Kiezen voor andere samenstellingen materiaal (dus met bijmenging van alternatieven, zoals secundaire materialen).
- Hoeveelheden in ontwerp terugdringen door optimaliseren ontwerp op basis van onder andere het grondonderzoek. Focus op grout, staal, cement en asfalt.
- Meer hergebruik van vrijkomende materialen uit het project of elders, dat zal worden vastgesteld in het materiaalstromenplan van het DO.

15.5.3 Circulariteit

Maatregelen hergebruik grond

De maatregelen betreffen het meer hoogwaardig hergebruiken van vrijkomende grond in het project. Doelstelling is dat 60 tot 80% van de vrijkomende materialen wordt hergebruikt (mogelijk dient dit te worden aangepast als er grote hoeveelheden verontreinigde grond zijn). De maatregelen hebben tevens een positief effect op de doelstelling primaire grondstof.

- Vergroten hoogwaardig hergebruik op project. In principe alle vrijkomende grond op project toepassen. Dit moet landen in het materiaalstromenplan van het DO.
- Inzichtelijk maken en benutten kansen voor toepassing grond van lagere kwaliteit in het ontwerp. Dilemma's hier omtrent moet besproken worden met de bevoegde gezagen (sluiten van de cirkel vraag en antwoord).

De grond welke niet kan worden hergebruikt op het project, dient aantoonbaar een bestemming elders te krijgen (zoals in een ander project van het waterschap of de aannemer; dit dient gespecificeerd te worden in het materiaalstromenplan van het DO). Stort dient te worden voorkomen. Mogelijk is een bewerkingsslag nodig om de (milieukundige) kwaliteit te verbeteren. Indien deze grond op een later moment elders hergebruikt kan worden (gezien de doorlooptijd is het misschien niet mogelijk om het direct op hetzelfde project her te gebruiken) en opgewerkte grond op het project kan worden gebruikt is dit ook een vorm van hergebruik.

Maatregelen hergebruik materialen

Doelstelling is dat 60 tot 80% van de vrijkomende materialen wordt hergebruikt. Kansen voor meer en hoogwaardiger hergebruik:

- Wegfundering binnen het project zoveel mogelijk hergebruiken; percentage hergebruik is afhankelijk van het verhardingsonderzoek. In het uitvoeringsplan wordt hiermee rekening gehouden door locaties te reserveren voor depots.
- Basalt zetsteen hergebruiken op project in zelfde functie als zetsteen. Hiervoor wordt een depot ingericht.
- Asfaltconstructie hoger percentage recycling. Gescheiden frezen op basis van de laagopbouw. Afhankelijk van het verhardingsonderzoek kan in de DO-fase worden gekeken naar een verwerker welke aantoonbaar de vrijkomende grondstoffen recyclet in nieuwe asfaltmengsels of die teerhoudend asfalt thermisch kan reinigen.

Maatregelen herbruikbaarheid einde levensfase

Ambitie van het waterschap en de Unie van Waterschappen is om in 2050 100% circulair te zijn. Doelstelling voor dit project is dat 80 tot 100% van de materialen die worden aangebracht herbruikbaar zijn.

- Grond: Mengen van verschillende kwaliteiten grond of het aanbrengen van een lage kwaliteit grond op een hoge kwaliteit grond moet vermeden worden. Als grond gemengd raakt kan het niet meer van elkaar gescheiden worden en verdwijnt langzaamaan de hogere erosieklasse klei. Momenteel wordt er steeds meer erosieklasse 3 grond toegepast op een oudere onderlaag van klasse 1 en 2 klei.
- Asfalt: Met een doordacht asfaltontwerp zou 99% recycling mogelijk moeten zijn over dertig jaar. Wapeningsnetten dienen te worden vermeden omdat dit het frezen bemoeilijkt.
- Cement: Cement is een groot element in een soilmix-wand en niet herbruikbaar. Belangrijk is om cement toe te passen met een zo laag mogelijke MKI en CO2 waarde en zo min mogelijk te gebruiken in het ontwerp.
- Groutbeton ankers: Uitgangspunt is dat bij toepassing van stalen verticale constructies na einde levensfase de ankers in de grond achterblijven. Dit lijkt een realistische aanname, ook in de toekomst. Mogelijke maatregelen:
  - Alternatieve ontwerpoplossingen voor constructies zonder ankers (zoals soilmix), of minder ankers.
  - Indien toch ankers nodig zijn, kies voor alternatieve ankers zonder grout die her te gebruiken zijn, zoals klapankers, plaatankers, ankerscherm indien technisch mogelijk (afhankelijk of geankerd moet worden in zand of klei).
  - Indien toch groutbeton toegepast en als verloren beschouwd, dan laagwaardige grondstoffen toepassen.
- Onderhoudspad (menggranulaat): Er wordt een halfverharding gemaakt voor het onderhoudspad. De halfverharding mag uit laagwaardig materiaal bestaan.

16. Hinder tijdens aanleg

16.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat in op de hinder tijdens de aanleg die zou kunnen optreden tijdens de realisatie van de voorgenomen dijkverbetering. De effecten tijdens de gebruiksfase zijn beschreven in hoofdstuk 12 (leefomgeving). Keuzes over de uitvoeringswijze worden pas gemaakt in het Definitieve Ontwerp en het Uitvoeringsontwerp, daarom is hinder in dit hoofdstuk alleen kwalitatief te beoordelen.

16.2 Beoordelingscriteria

Voor het MER is op basis van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) en het advies van de Commissie m.e.r. een beoordelingskader vastgesteld. Voor het thema hinder tijdens aanleg geldt het volgende beoordelingskader:

Tabel 16-1 Beoordelingskader hinder tijdens aanleg

Thema	Beoordelingscriterium	Beoordeling
Hinder tijdens aanleg	Tijdelijk ruimtebeslag	Kwalitatief deskundigenoordeel en kwantitatief ruimtebeslag
	Tijdelijke effecten op bereikbaarheid	Kwalitatief deskundigenoordeel
	Tijdelijke effecten op vervoersbewegingen en verkeersveiligheid	Kwalitatief deskundigenoordeel
	Tijdelijke effecten op geluid- en trillingshinder	Kwalitatief deskundigenoordeel

Tijdelijk ruimtebeslag

Tijdens de aanlegfase zijn tijdelijke bouwwegen en gronddepots nodig. De bouwwegen en gronddepots liggen veelal op of direct langs de dijk en leiden tot een tijdelijke ruimtebeslag op landbouwgrond en natuur. De effecten van de dijkverbetering op ruimtebeslag zijn kwalitatief beoordeeld. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 16-2 Klassegrenzen criterium ‘hinder tijdens aanleg’

+ + +	n.v.t.
+ +	n.v.t.
+	n.v.t.
0	Geen tijdelijk ruimtebeslag
-	Tijdelijk ruimtebeslag < 10 ha
- -	Tijdelijk ruimtebeslag ≥ 10 ha en < 20 ha
- - -	Tijdelijk ruimtebeslag ≥ 20 ha

Tijdelijke effecten op bereikbaarheid

De werkzaamheden aan de dijk en de ligging van werkstroken en bouwwegen kunnen tijdelijk effect hebben op de bereikbaarheid van woningen, bedrijven en percelen. De effecten van de dijkverbetering op bereikbaarheid zijn kwalitatief beoordeeld. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 16-3 Klassegrenzen criterium ‘effecten op bereikbaarheid’

+ + +	n.v.t.
+ +	n.v.t.
+	n.v.t.
0	Geen verandering bereikbaarheid
-	Beperkte afname bereikbaarheid
- -	Afname bereikbaarheid
- - -	Sterke afname bereikbaarheid

Tijdelijke effecten op vervoersbewegingen en verkeersveiligheid

De werkzaamheden aan de dijk en het transport van grond leiden tot een toename van het aantal vervoersbewegingen in het gebied, dit heeft mogelijk effect op de verkeersveiligheid. De effecten van de dijkverbetering op vervoersbewegingen en verkeersveiligheid zijn kwalitatief beoordeeld. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 16-4 Klassegrenzen criterium ‘effecten op vervoersbewegingen en verkeersveiligheid’

+ + +	n.v.t.
+ +	n.v.t.
+	n.v.t.
0	Geen verandering vervoersbewegingen en verkeersveiligheid
-	Beperkte toename vervoersbewegingen en verslechtering verkeerveiligheid
- -	Toename vervoersbewegingen en verslechtering verkeerveiligheid
- - -	Sterke toename vervoersbewegingen en verslechtering verkeerveiligheid

Tijdelijke effecten op geluid en trillingshinder

Werkzaamheden aan dijk, zoals graven, egaliseren, transport van grond en het trillen van damwanden kunnen leiden tot hinder in de omgeving. Dit speelt men name bij werkzaamheden in de nabijheid van woningen. De effecten van de dijkverbetering op geluids- en trillingshinder zijn kwalitatief beoordeeld. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 16-5 Klassegrenzen criterium ‘effecten op geluids- en trillingshinder’

+ + +	n.v.t.
+ +	n.v.t.
+	n.v.t.
0	Geen hinder door werkzaamheden
-	Beperkte hinder door werkzaamheden in nabijheid woningen
- -	Hinder door werkzaamheden in nabijheid woningen
- - -	Sterke hinder door werkzaamheden in nabijheid woningen

16.3 Referentiesituatie: huidige situatie en autonome ontwikkeling

Ruimtebeslag

De huidige dijk is in eigendom van WSAM. Deze grond grenst op een aantal locaties aan privékavels en gemeentelijke kavels. De kavels die mogelijk gebruikt worden als gronddepot zijn op dit moment vrij van bebouwing. Een aantal kavels is braakliggend en een aantal is in gebruik als landbouwgrond of natuur. Voor aanmeerlocaties geldt dat deze reeds in gebruik zijn als aanmeerlocatie of haven.

Bereikbaarheid, vervoersbewegingen en verkeerveiligheid
Over het een deel van het dijktracé ligt een fietspad op de dijk. Ook liggen er diverse wegen op de dijk, bij een aantal van deze wegen liggen er op- en afritten naar de naastgelegen huizen en/of bedrijven. In oost-westrichting ligt de N321 tussen Cuijk en Grave, die bij Grave op de kruin van de dijk ligt. Het dijkdeel in de vestingstad Grave kent een autoluwe verkeerssituatie. De Maaskade, die de vestingstad Grave beschermt tegen hoogwater, is aangelegd als nauwe straat waarop fietsers en auto's de ruimte delen. Aangezien de Maaskade geen doorgaande route voor autoverkeer is, is hier weinig gemotoriseerd verkeer. In het meest westelijke deel, tussen Grave en Ravenstein is er geen directe oost-westverbinding over provinciale wegen. Hier rijdt doorgaand verkeer op grotere afstand van de dijk óf rijdt het verkeer over de lokale weg over de dijk. Hierdoor rijdt op het deeltraject tussen Grave en Ravenstein relatief veel verkeer op de dijk. Op een deel van de weg zijn fietssuggestiestroken aangebracht. Tussen Keent en Grave ligt op de dijk alleen een fietspad dat toegankelijk is voor bestemmingsverkeer.

Geluid en trillingen
Langs het gehele dijktracé bevinden zich belendingen (woningen en bedrijfsterreinen) in de directe nabijheid van de huidige dijk. Sommige woningen zijn in het huidige dijkprofiel gesitueerd. Nabij haven Cuijk zijn voornamelijk bedrijfsterreinen binnenwaarts gelegen achter de huidige dijk. In de vestingstad Grave zijn vele woningen direct achter de waterkering (kademuur) gelegen. Ook in de dorpen Overlangel en Neerloon zijn diverse woningen binnenwaarts aanwezig of bevinden zich in de huidige dijk. Voor de overige delen van het dijktracé zijn woningen meer verspreid gelegen achter de huidige dijk.

16.4 Effectbeschrijving en -beoordeling

16.4.1 Ruimtebeslag
Om de werkzaamheden uit te voeren worden langs de gehele dijk tijdelijke werkstroken en gronddepots aangelegd. Voor de werkstroken wordt indien mogelijk uitgegaan van een 10 m brede strook. Ook is er een tijdelijk ruimtebeslag voor de aanleg van een K&L-strook. Daar waar geen mogelijkheid is tot binnendijkse werkstroken, zullen deze mogelijk deels buitendijks of boven op de dijk worden gerealiseerd. Alle werkterreinen en gronddepots worden na oplevering in de oorspronkelijke staat teruggebracht, tenzij er in het nieuwe dijkontwerp iets anders is voorzien. Naast werkstroken en gronddepots worden ook laad- en losvoorzieningen, aanmeerlocaties en depots gerealiseerd.

Een van de randvoorwaarden die door Waterschap Aa en Maas is meegegeven aan de aannemer is om (vanuit duurzaamheid) het aantal tijdelijke grondopslaglocaties en de transportafstanden zoveel mogelijk te beperken. Hieraan wordt invulling gegeven door voor de dijkverbetering zoveel mogelijk gebruik te maken van gebiedseigen grond en waar mogelijk hergebruik van grond. Voor dit project betekent dit dat de grond die vrijkomt bij het project Meanderende Maas en de compensatiemaatregel uiterwaardverlaging Neerloon zoveel mogelijk wordt hergebruikt voor de dijkverbetering. Ook wordt de toplaag en steenbekleding van de huidige dijk zoveel mogelijk hergebruikt op de nieuwe dijk.

Ondanks dat het aantal tijdelijke grondopslaglocaties zoveel mogelijk wordt beperkt, is er tijdelijk ruimtebeslag nodig op met name buitendijkse gronden (circa 15 hectare). Deze gronden zijn veelal in gebruik als landbouw of natuur. Dit tijdelijke ruimtebeslag is negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -).

16.4.2 Bereikbaarheid van functies
Er wordt naar gestreefd om het transport ten behoeve van de dijkversterking zo veel als mogelijk over het water te laten plaatsvinden. Het grondtransport zal in dat geval beperkt zijn tot het verkeer tussen gronddepots en aanmeerplaatsen en het verkeer tussen depots en werkterreinen. De opdrachtnemer zal een uitvoeringsplan opstellen dat tot zo min mogelijk hinder voor de omgeving leidt. Ondanks het streven naar zo

min mogelijk hinder, is niet te voorkomen dat de werkzaamheden leiden tot tijdelijke beperkingen in de bereikbaarheid van aangrenzende woningen, bedrijven en percelen. Om de hinder te minimaliseren zal de opdrachtnemer ook een bereikbaarheidsplan opstellen. Zo zal bijvoorbeeld calamiteitenverkeer altijd locaties aan de dijk moeten kunnen bereiken. Ook kunnen tijdelijke wegstructuren worden aangelegd om de bereikbaarheid te garanderen.

WSAM heeft sterk de voorkeur voor eenrichtingsverkeer over de werkstroken, dit heeft als gevolg dat het werkverkeer ook over de dijk zal moeten rijden. Dit betekent dat deze wegen tijdelijk zullen worden afgesloten voor ander verkeer omwille van de veiligheid. De tijdelijke sluiting van deze wegen is sowieso niet te voorkomen, omdat de wegen onderdeel zijn van de dijk. Ook in het geval dat de dijk wordt afgesloten voor verkeer, zal de bereikbaarheid van aangrenzende woningen, bedrijven en percelen worden gegarandeerd.

Ondanks dat de bereikbaarheid van woningen, bedrijven en percelen wordt gegarandeerd, kan hinder ontstaan doordat mogelijk moet worden omgereden. Dit is, mede omdat de duur van de hinder niet precies bekend is, negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -).

16.4.3 Vervoersbewegingen en verkeersveiligheid

Bij de dijkverbetering wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de grond die vrijkomt bij het project Meanderende Maas en de compensatiemaatregel uiterwaardverlaging Neerloon. Er wordt naar gestreefd om het grondtransport ten behoeve van de dijkversterking zo veel als mogelijk over het water te laten plaatsvinden. Het grondtransport zal in dat geval beperkt zijn tot het verkeer tussen aanmeerplaatsen en gronddepots en het verkeer tussen gronddepots en werkterreinen. De vervoersbewegingen zullen daarom vooral buitendijks en over de dijk/werkstrook plaatsvinden. In het geval het vervoer van grond over de dijk plaatsvindt zal de dijk worden afgesloten voor ander verkeer, waardoor er geen verkeersonveilige situaties worden verwacht. Doordat het vervoer van grond in principe niet plaatsvindt op wegen waarover ook ander verkeer rijdt, worden geen effecten verwacht op de verkeersveiligheid. De effecten op vervoersbewegingen en verkeersveiligheid zijn daarom neutraal beoordeeld (effectbeoordeling: 0).

16.4.4 Geluids- en trillingshinder

Geluidshinder

Gedurende de aanlegfase vinden er verschillende werkzaamheden plaats waarbij een relevante geluidsemissie plaats kan vinden. Voor dit project zijn de effecten in beeld gebracht van een shovel, een graafmachine en het intrillen van damwanden. De geluidsbelastingen zijn middels rekenmodellen berekend in GeoMilieu versie 2024, volgens de meet- en rekenmethode geluid industrie (bijlage I.v. van de Omgevingsregeling).

In de onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven van de geluidsberekeningen. De resultaten zijn gepresenteerd op een afstand van 25, 50 en 75 meter, ook is de afstand van de bron tot de betreffende contour weergegeven. Uit de tabel blijkt dat met name het intrillen van damwanden aanzienlijke invloed heeft op de omgeving en tijdelijk kan leiden tot hinder. Het trillen van damwanden is echter een relatief kortdurende activiteit, waardoor de eventuele hinder beperkt zal zijn. De grondwerkzaamheden zullen echter over een langere periode plaatsvinden, de effecten van geluidshinder zijn daarom negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -).

Tabel 16-6 Resultaten bouwwerkzaamheden

Activiteit	Resultaten op afstand In dB(A)			Afstand tot contour In meter				
	Op 25m.	Op 50m.	Op 75m.	65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)
Intrillen damwand	86	83	78	250	380	640	1025	1575
Shovel	64	61	54	25	40	65	105	190
Graafmachine	61	57	52	20	35	50	80	130
Gezamenlijk	86	83	78	250	380	640	1.025	1.575

Trillingshinder

Nagenoeg de gehele dijk wordt circa 0,5 m verhoogd en verbreed met een talud van circa 1:3. Op een aantal locaties is door de aanwezigheid van bebouwing niet voldoende ruimte aanwezig voor de inpassing van een grondlichaam. Op deze locaties worden verticale constructies (piping- en/of stabiliteitsschermen) aangebracht. Ten westen van de vestingstad Grave worden op diverse locaties in het dijkprofiel verticale constructies aangebracht in verband met piping, deels in de nabijheid van bebouwing. In de vestingstad Grave zal de kademuur versterkt worden door (deels) vervanging van de fundering door nieuwbouw (verankerde damwand of verankerde betonnen wand op palen).

Naast overlast kunnen de werkzaamheden voor het aanbrengen van grondophogingen, verticale constructies (maatwerklocaties en pipingschermen) en overige werkzaamheden in de directe nabijheid leiden tot schade aan bebouwing. Recent is een belendingenonderzoek gestart met een opname van de bebouwing (foto-opname interieur en exterieur) en plaatsing van meetbouten. Aanvullend vindt archiefonderzoek plaats naar de funderingswijze van de bebouwing. Dit betreft het vooronderzoek en voorafgaand aan de start van de werkzaamheden zal aanvullend onderzoek plaatsvinden (nulopname en monitoring).

Om het risico op trillingsschade te minimaliseren wordt voor de maatwerklocaties in de directe nabijheid van bebouwing waar nodig uitgegaan van trillingsarm aanbrengen van de verticale constructies. De uitvoeringsmethode en monitoring (trillingen en vervormingen) zal worden afgestemd op de lokale situatie, waarbij zal worden voldaan aan de SBR trillingsrichtlijn deel A, schade aan bouwwerken.

Doordat schade aan woningen niet kan worden uitgesloten en er mogelijk overlast optreedt door transport en grondwerkzaamheden, zijn de effecten negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -).

16.4.5 Samenvatting effectbeoordeling

Grondopslaglocaties zorgen voor een tijdelijk ruimtebeslag op met name buitendijkse gronden. Deze gronden zijn veelal in gebruik als landbouw of natuur. Dit tijdelijke ruimtebeslag is negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -).

De bereikbaarheid van woningen, bedrijven en percelen wordt gegarandeerd tijdens de dijkversterking. Werkzaamheden kunnen er echter wel toe leiden dat hinder ontstaat doordat mogelijk moet worden omgereden. Dit is, mede omdat de duur van de hinder niet precies bekend is, negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -).

Grondtransport zal zoveel mogelijk over het water plaatsvinden, vervoersbewegingen zullen daarom vooral buitendijks en over de dijk/werkstrook plaatsvinden. Doordat het vervoer van grond in principe niet plaatsvindt op wegen waarover ook ander verkeer rijdt, worden geen effecten verwacht op de verkeersveiligheid (effectbeoordeling: 0).

Met name het trillen van damwanden kan leiden tot hinder in de omgeving. Dit is echter een relatief kortdurende activiteit en in de nabijheid van bebouwing zal worden uitgegaan van een trillingsarme/-vrije

uitvoeringsmethode, waardoor de eventuele hinder beperkt zal zijn. Grondwerkzaamheden zullen echter over een langere periode plaatsvinden, de effecten van geluidshinder zijn daarom negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -).

Het aanbrengen van verticale constructies in de nabijheid van bebouwing, kan leiden tot schade aan bebouwing. Maar doordat in de nabijheid van bebouwing waar nodig wordt uitgegaan van een trillingsarme uitvoeringsmethode, zullen de negatieve effecten over het algemeen beperkt zijn. De uitvoeringsmethode en monitoring (trillingen en vervormingen) zal worden afgestemd op de lokale situatie, waarbij zal worden voldaan aan de SBR trillingsrichtlijn deel A, schade aan bouwwerken. Echter gezien de nabijheid van woningen en de mogelijke overlast van transport en grondwerkzaamheden, zijn de effecten negatief beoordeeld (effectbeoordeling: - -).

Tabel 16-7 Samenvatting effectbeoordeling hinder tijdens aanleg

Beoordelingscriterium	Beoordeling
Ruimtebeslag	- -
Bereikbaarheid van functies	- -
Vervoersbewegingen en verkeersveiligheid	0
Geluids- en trillingshinder	- -

16.5 Mitigerende en compenserende maatregelen

Om het dijkversterkingsontwerp uitvoerbaar te maken is in het ontwerp rekening gehouden met maatregelen die negatieve effecten beperken. De nog te selecteren opdrachtnemer zal mede worden geselecteerd op maatregelen die negatieve effecten op het woon- en leefmilieu zo veel mogelijk voorkomen. Een aantal mogelijkheden hiervoor zijn:

- Omwonenden, bedrijven en andere gebruikers tijdig en uitgebreid informeren over afsluitingen en omleidingen.
- Omwonenden en bedrijven en andere gebruikers tijdig en uitgebreid informeren over werkzaamheden met te verwachten hinder (trillingen, geluid).
- Grond zoveel als mogelijk aanvoeren per schip.
- In de uitvoering gebruik maken van innovatieve methoden om hinder als gevolg van trillingen en geluid te beperken.
- In de uitvoering gebruik maken van trillingsarme-/vrije uitvoeringsmethoden voor aanbrengen constructie in de directe nabijheid van bebouwing, in combinatie met monitoring (trillingen en vervormingen).

17. Samenvatting effectbeoordelingen

Dit hoofdstuk geeft een samenvattend overzicht van de effectbeoordelingen. In de onderstaande tabel zijn de beoordelingen weergegeven van alle criteria die in dit MER zijn onderzocht. De criteria zijn beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. Dit is de huidige situatie inclusief autonome ontwikkelingen, maar zonder de voorgenomen dijkverbetering. Waar van toepassing is ook benoemd op basis van welke kwantitatieve waarde deze beoordeling tot stand is gekomen. Onder de tabel zijn voor alle thema's de belangrijkste effecten benoemd, met name daar waar sprake is van niet-neutrale effecten.

Tabel 17-1 Samenvatting effectbeoordelingen

Thema	Criterium	Beoordeling		Kwantitatieve score (indien van toepassing)
Bodem	Effecten op aanwezige bodemverontreinigingen	0		Het dijktraject doorsnijdt geen verontreinigde locaties
	Benodigd grondverzet	- -		Het totale grondverzet van grond en zand bedraagt 901.000 m^3.
Waterhuishouding	Effecten op het binnendijks watersysteem	0		N.v.t.
	Effecten op de grondwaterstanden	0		N.v.t.
	Effecten op kwel en wegzijging	+		N.v.t.
	Effecten op de waterkwaliteit	0		N.v.t.
Rivierkunde	Effecten op de hoogwaterveiligheid	+		N.v.t.
	Effecten op de morfologie	0		N.v.t.
	Effecten op de scheepvaart (stroombeeld in vaarweg)	0		N.v.t.
Natuur	*Voor natuur is de beoordeling gesplitst in aanlegfase en eindsituatie:*	aanlegfase	eindsituatie	
	Effecten op instandhoudingsdoelstellingen van habitattypen en soorten in Natura 2000-gebied(en)	-	0	Tijdelijke toename van stikstofdepositie van maximaal 0,02 mol per hectare per jaar op gebied Sint Jansberg en maximale tijdelijke toename van stikstofdepositie van 0,01 mol per hectare per jaar op de Natura 2000-gebieden Rijntakken en De Bruuk. Deze toenames zijn ecologisch gezien als niet significant beoordeeld.

Thema	Criterium	Beoordeling		Kwantitatieve score (indien van toepassing)
Natuur	Effecten op beschermde en rode lijst-soorten	-	- -	N.v.t.
	Effecten op provinciaal beschermde gebieden (NNB, groenblauwe waarden, weidevogelleefgebieden, rustgebied smienten en ganzen)	- -	- -	N.v.t.
	Effecten op houtopstanden	- -	- -	N.v.t.
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	Effecten op monumentale gebouwen	0		N.v.t.
	Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen	0		N.v.t.
	Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren	0		N.v.t.
	Effecten op landschappelijke waarden	-		N.v.t.
	Effecten op aardkundige waarden	-		N.v.t.
	Effecten op archeologische (verwachtings)waarden	- -		N.v.t.
Leefomgeving	Licht- en geluidshinder	0		Toename geluid ten gevolge van aanpassing N321 ongeveer 0,5 dB op geluidsgevoelige objecten, maar lichte afname t.o.v. referentiesituatie.
	Luchtkwaliteit	0		N.v.t.
	Trillingshinder	0		N.v.t.
	Externe veiligheid	0		N.v.t.
	Gezondheid	0		Geen relevant onderscheidend effect.
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	Effecten op het woongenot	- -		Nul te amoveren woningen. Bij 6 woningen is sprake van ruimtebeslag op het perceel en enig uitzichtverlies voor verschillende woningen langs het tracé.
	Effecten op bedrijfsfuncties (landbouw, bedrijfsterreinen)	-		Nul te amoveren bedrijfsgebouwen, verlies van 1,7 hectare grond waarop een bedrijfsbestemming rust.

Thema	Criterium	Beoordeling	Kwantitatieve score (indien van toepassing)
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid			Ruimtebeslag op het huidige beschikbare areaal aan landbouwgrond bedraagt circa 8,7 hectare.
	Effecten op de verkeersveiligheid	+ +	N.v.t.
Vrijetijdseconomie (recreatie)	Effecten op recreatieve functies	+ +	N.v.t.
	Effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied	+ +	N.v.t.
Duurzaamheid	Energieverbruik (CO2)	+	De ambitie van 60 tot 90% minder CO_2-emissie gedurende de realisatie dan met conventioneel materieel, wordt gehaald inclusief verbetering van de ambitie.
	Materialenverbruik	+ + +	Verwacht percentage van circa 12% van het totaal aan volume primaire grondstoffen. Hiermee zal de doelstelling van maximaal 30-50% primair grondstofverbruik ruimschoots worden gehaald.
	Circulariteit	+	De doelstelling van maximaal 80-100% herbruikbaarheid van materialen wordt gehaald.
Hinder tijdens aanleg	Tijdelijk ruimtebeslag	- -	Tijdelijk ruimtebeslag van in totaal circa 15 hectare.
	Tijdelijke effecten op de bereikbaarheid van functies	- -	N.v.t.
	Tijdelijke effecten op vervoersbewegingen en verkeersveiligheid	0	N.v.t.
	Tijdelijke effecten op geluids- en trillingshinder	- -	N.v.t.

Bodem

Er bevinden zich geen locaties met sterke verontreinigingen binnen de projectlocatie. Er is daarom geen sprake van sanering, dit leidt tot een neutrale beoordeling.

Het totale grondverzet (901.000 m^3) is gezien de omvang negatief beoordeeld. In totaal komt circa 661.000 m^3 gebiedseigen grond vrij die grotendeels hergebruikt zal worden. Hiernaast zal er nog circa 15.000 m^3 grond moeten worden aangevoerd en circa 75.000 m^3 zand moeten worden afgevoerd. Door het gebruik van gebiedseigen grond worden de transportafstanden beperkt en treedt minder hinder op voor de omgeving.

Waterhuishouding

De effecten van de dijkmaatregelen op het binnendijks watersysteem variëren per deelgebied, maar zijn overwegend neutraal beoordeeld. De effecten van de dijkmaatregelen op de grondwaterstanden hebben overwegend een neutrale of positieve invloed op de functies binnendijks in het gebied. Enige uitzondering zijn de licht negatieve effecten op de grondwaterstanden bij hoogwater, binnendijks van dijkvak 35. Hiervoor dienen mitigerende maatregelen onderzocht te worden. Per saldo, over het gehele dijktraject, zijn de effecten op grondwater als neutraal beoordeeld.

De dijkmaatregelen hebben een positief effect op de kwel en wegzijging. Als gevolg van de barrièrewerking van de verticale schermen neemt namelijk de kwel binnendijks bij hoogwater af. Deze kwelafname vermindert het waterbezwaar binnendijks. Met deze vermindering neemt het risico op wateroverlast tijdens een hoogwatersituatie af. Onder gemiddelde omstandigheden (normale rivierwaterstanden) zijn de effecten van de dijkmaatregelen zeer beperkt. Over het gehele dijktraject zijn de effecten als licht positief beoordeeld.

Over het gehele dijktraject zijn de effecten op de waterkwaliteit als neutraal beoordeeld. In het ontwerp zijn voor waterhuishouding op enkele onderdelen effecten gemitigeerd. Een voorbeeld hiervan is de keuze voor een niet-doorlatende verticale constructie in plaats van een steunberm. Door deze keuze blijft de afvoercapaciteit van het oppervlaktewatersysteem binnendijks intact en wordt een toename van het risico op wateroverlast afgewend.

Rivierkunde

Door de compensatiemaatregel uiterwaardverlaging Neerloon, die integraal onderdeel is van het ontwerp, wordt de waterstandsverhoging ontstaan door de buitendijkse de dijkversterkingen ruimschoots gecompenseerd. Er treedt wel een benedenstroomse piek op, maar deze wordt gecompenseerd door de drie keer grotere totale waterstandsverlaging. Per saldo kan daarom geconcludeerd worden dat de dijkversterking met de compensatiemaatregel leidt tot een beperkte verlaging van de waterstanden en daardoor tot een verbetering van de hoogwaterveiligheid.

Zowel in het zomerbed als in de uiterwaard en nevengeulen zijn de veranderingen in stroomsnelheid beperkt, waardoor de effecten op erosie en sedimentatie neutraal zijn beoordeeld.

De rivierwaartse dijkversterkingen en de uiterwaardverlaging Neerloon leiden nauwelijks tot verandering van de dwarsstroming en hebben daardoor geen noemenswaardige invloed op de dwarsstroming in de vaarweg. Effecten op de scheepvaart zijn daardoor verwaarloosbaar.

Natuur

De dijkverbetering en meekoppelkansen leiden in het geheel tot een negatief effect tijdens de aanlegfase. De effecten zijn te mitigeren en te compenseren. Uit de resultaten van de effectbeoordeling stikstof is beoordeeld dat de effecten van stikstofdepositie als gevolg van de voorgenomen werkzaamheden beperkt zijn en niet significant. In de gebruikersfase is er geen verandering ten opzichte van de huidige situatie.
Voor beschermde en Rode Lijst-soorten zijn de effecten tijdens de aanlegfase negatief door ruimtebeslag en verstoring door onder andere geluid en trillingen. Mitigerende en compenserende maatregelen zijn noodzakelijk om de effecten te voorkomen of te verzachten. Voor alle soorten blijft in de eindsituatie voldoende leefgebied of nest- en verblijfmogelijkheden aanwezig waarmee het effect op beschermde en Rode Lijst-soorten beperkt negatief is beoordeeld. Diverse ecologische effecten zijn waar mogelijk al rechtstreeks in het ontwerp gemitigeerd. Overige mitigerende en compenserende maatregelen zijn beschreven in het

activiteitenplan voor de vergunning voor beschermde soorten. Het activiteitenplan bestaat uit de minimale maatregelen waaraan de initiatiefnemer/aannemer moet voldoen om effecten op beschermde soorten te beperken danwel te mitigeren en/of compenseren. De effecten op provinciaal beschermde gebieden is beperkt tot effecten op het Natuurnetwerk Brabant en Groenblauwe waarden. De effecten treden op tijdens de aanlegfase door ruimtebeslag op aanwezige beheertypen door het dijkontwerp en de benodigde tijdelijke werkstrook. Het ruimtebeslag op graslanden is tijdelijk doordat deze na afronding weer worden hersteld. Het areaal van beheertypen als bloemendijk en kruiden- en faunarijk grasland neemt niet af en kan zich na realisatie van de dijkverbetering herstellen. De effecten op houtopstanden zijn wel permanent aangezien het herstel, ook bij herplant op de locatie zelf, circa tien jaar nodig heeft om zich te ontwikkelen tot een kwalitatief gelijkwaardige houtopstand. Ook het tijdelijk ruimtebeslag op het areaal groenblauwe waarden leidt tijdelijk tot degradatie van de natuurwaarden op deze locaties, maar na afronding blijft het gebruik van het areaal nagenoeg gelijk aan de referentiesituatie.
Door een afstand van meer dan 3 kilometer tot weidevogelgebieden of rustgebieden voor smienten en ganzen zijn negatieve effecten zowel tijdens de aanlegfase als in de eindsituatie uitgesloten. Het effect op provinciaal beschermde gebieden wordt door het ruimtebeslag binnen het NNB negatief beoordeeld.
Voor zowel het NNB als groenblauwe waarden zijn mitigerende maatregelen noodzakelijk om effecten van geluid, licht, trillingen of optische verstoring tijdens de aanlegfase te voorkomen. In dit MER zijn diverse maatregelen beschreven. Het oppervlak en gebruik van het areaal binnen de begrenzing blijft gelijk aan de huidige situatie. Voor het NNB wordt een compensatieplan opgesteld om de wijze van compenseren toe te lichten. De compensatie van de bloemendijken en kruiden- en faunarijke graslanden wordt gerealiseerd op het nieuwe talud van de dijk waarbij minimaal het aangetaste areaal wordt hersteld. De compensatie van houtopstanden binnen het NNB wordt zoveel mogelijk op de plek van aantasting weer hersteld. Locaties waar het terugbrengen van houtopstanden om veiligheidsredenen niet mogelijk is worden iets verder van de dijk gecompenseerd.

Voor het voorkomen van effecten op beschermde soorten zijn diverse mitigerende en compenserende maatregelen noodzakelijk. In het activiteitenplan ten behoeve van de vergunningsaanvraag voor de flora en fauna activiteit zijn de mitigerende en compenserende per soort beschreven.

Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

De criteria monumentale gebouwen, monumentale- en beeldbepalende bomen, landschappelijke waarden en overige cultuurhistorische elementen zijn beoordeeld op de effecten op herkomstwaarde en belevingswaarde. Voor een toelichting van de begrippen herkomstwaarde en belevingswaarde zie paragraaf 11.2.

Langs de dijk zijn diverse monumentale gebouwen (rijks- of gemeentelijke monumenten) aanwezig die ofwel (licht) negatief of (licht) positief beoordeeld op herkomst- en belevingswaarde. Per saldo voor de gehele dijk komen deze beoordelingen uit op neutraal.

Alle monumentale en beeldbepalende bomen langs de dijk blijven behouden. De herkomstwaarde en belevingswaarde van de monumentale en beeldbepalende bomen wordt daardoor niet aangetast.

De effecten op de herkomstwaarde en belevingswaarde van cultuurhistorische elementen en structuren zijn beoordeeld voor diverse locaties waar zich verspreid over het dijktraject historisch groen, historische stedenbouw of historische zichtrelaties bevinden. Er is op één locatie een niet-neutrale beoordeling, namelijk ter plaatse van het historisch groen Maasheggen in het deelgebied Kraaijenbergse Plassen. Hier treedt enige aantasting op van de herkomstwaarde omdat de Maasheggen enkele meters binnenwaarts op een overhoogte worden teruggebracht, in plaats van dicht tegen de dijk op het maaiveld van het binnendijkse landschap. Dit leidt tot een licht negatieve beoordeling van de herkomstwaarde. Omdat bij alle andere cultuurhistorische elementen en structuren geen effect optreedt is de beoordeling gemiddeld neutraal.

Effecten op landschappelijke waarden zijn in dit MER beschreven op herkomstwaarde en belevingswaarde van respectievelijk de dijk, het binnenlandse landschap en het buitendijkse landschap, en per deeltraject. De herkomstwaarde scoort (per saldo voor alle deeltrajecten) voor de drie landschapsonderdelen licht negatief. De belevingswaarde scoort (per saldo voor alle deeltrajecten) neutraal.

Het dijktracé ligt in drie aardkundig waardevolle gebieden. De bodemingrepen die gepaard gaan met de geplande werkzaamheden zullen deze aardkundige waarden echter minimaal verstoren. De effectbeoordeling voor aardkundige waarden is per saldo beoordeeld als beperkt negatief.

Voor het criterium archeologische (verwachtings)waarden verschilt het effect per deeltraject op basis van de archeologische verwachting. Het eindoordeel is als negatief beoordeeld omdat de dijkvakken een hoge archeologische verwachtingswaarde hebben.

In het ontwerp is rekening gehouden met alle landschappelijke waarden op en aan de dijk en zijn alle effecten zo veel als mogelijk gemitigeerd/gecompenseerd. Een aandachtspunt dat volgt uit dit thema en als mitigerende maatregel kan worden gezien voor de uitvoeringsfase is om rekening te houden met de overlap van de werkstrook en aanwezig waardevol groen (maatwerk bij de uitvoering). Daarnaast is een mitigerende maatregel om op locaties waar bossen en bosschages worden geraakt door de dijkversterking, te zorgen voor een goede afronding van de beplanting die over blijft, door het aanplanten van een nieuwe randbeplanting.

Leefomgeving

De mogelijke effecten op de leefomgeving in de gebruiksfase zijn gekoppeld aan de verlegging of verhoging van (dijk)wegen. Doordat de dijkverbetering niet of nauwelijks leidt tot een verlegging van (dijk)wegen (de maximale verlegging bedraagt enkele meters) treden er geen effecten op voor geluids- en lichthinder, luchtkwaliteit, trillingshinder, externe veiligheid en gezondheid. Alle criteria zijn daarom neutraal beoordeeld.

Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid

Voor het aspect woongenot is voor het project sprake van een negatief effect. Bij zes woningen is sprake van ruimtebeslag op het perceel. Verder is voor diverse woningen langs het dijktraject sprake van (enige mate van) verlies van uitzicht.

Voor bedrijfsfuncties is sprake van een beperkt negatief effect. Er is sprake van enig ruimtebeslag vanwege verlies van 1,7 hectare grond met een bedrijfsbestemming, maar er worden geen gebouwen geamoveerd.

Het ruimtebeslag op het huidige beschikbare areaal aan landbouwgrond bedraagt langs het gehele dijktraject 8,7 hectare. Met die afname is sprake van een beperkt negatief effect.

Waar mogelijk is in het ontwerp rekening gehouden met het zoveel mogelijk beperken van impact op woongenot en bedrijfsfuncties. Dit is steeds afhankelijk van de lokale mogelijke alternatieven en afweging ter plaatse. Er zijn geen verdere mitigerende maatregelen mogelijk om de effecten op woongenot, bedrijfsfuncties en agrarische percelen verder te beperken.

Het uitgangspunt voor de dijkverbetering is dat bestaande infrastructuur gelijkwaardig wordt teruggebracht. Dat betekent dat in de gebruiksfase de verkeerssituatie op en rond de dijk in de basis niet verandert. Wel wordt een aantal maatregelen getroffen, zoals de verbreding van de N321, de aanleg van een rotonde, het realiseren van een vrijliggend fietspad en het aanleggen van snelheidsbeperkende maatregelen. Deze maatregelen leiden gezamenlijk tot een positief effect op de verkeersveiligheid.

Vrijetijdseconomie

Binnen het criterium recreatieve functies is vanwege enig ruimtebeslag op het evenemententerrein bij Grave en het verplaatsen van het gilde sprake van enkele zeer beperkt negatieve effecten enerzijds. Het effect op het

gilde wordt echter gecompenseerd door verplaatsing iets verder richting het noorden. Vanwege de verbeteringen van de dijk als fietsroute en verbetering en toevoeging van diverse recreatieve rustpunten langs de dijk is sprake van verschillende positieve effecten. Als eindoordeel is daarom sprake van een verbetering van recreatieve functies.

Er worden enkele verbeteringen doorgevoerd in de beleefbaarheid van vestingstad Grave en de fietsroute op of langs de dijk wordt op een aantal locaties verbeterd. De beleefbaarheid van het gebied rondom de dijk wordt op de locaties van de (meekoppelkansen) Beerse Overlaat en Schans Reek verbeterd en er worden recreatieve voorzieningen verbeterd. De effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied worden om deze reden beoordeeld als een verbetering ten opzichte van de referentiesituatie.

Duurzaamheid

De duurzaamheidsambities op het gebied van energieverbruik, materialenverbruik en circulariteit zijn haalbaar in het project. Vanwege de grote hoeveelheid grond die kan worden hergebruikt in het project/gebied wordt er sterk positief gescoord op het materialenverbruik en licht positief op circulariteit. Voor het energieverbruik wordt de reductielijn gevolgd voor emissieloos bouwen van het HWBP wat een lichte verbetering is ten opzichte van de ambitie.

'Mitigerende maatregelen' ter verbetering van duurzaamheid zien voor energieverbruik met name toe op verminderen van vervoersbewegingen, met name door stappen te nemen in uitvoeringsplanning en uitvoeringsplan. Voor materialenverbruik zijn mogelijke mitigerende maatregelen benoemd op het gebied van verminderen grondverbruik en primair materialengebruik. Ook voor circulariteit zijn mitigerende maatregelen benoemd op het gebied van hergebruik grond en materialen, alsook voor herbruikbaarheid aan het einde van de levensfase.

Hinder tijdens aanleg

Om de werkzaamheden uit te voeren worden langs de gehele dijk tijdelijke werkstroken en gronddepots aangelegd. Ook is er een tijdelijk ruimtebeslag voor de aanleg van een kabels- en leidingenstrook. Ondanks dat het aantal tijdelijke grondopslaglocaties zoveel mogelijk wordt beperkt, is er tijdelijk ruimtebeslag nodig op met name buitendijkse gronden (circa 15 hectare). Deze gronden zijn veelal in gebruik als landbouw of natuur. Dit tijdelijke ruimtebeslag is negatief beoordeeld.

De bereikbaarheid van woningen, bedrijven en percelen wordt gegarandeerd tijdens de dijkversterking. Werkzaamheden kunnen er echter wel toe leiden dat hinder ontstaat doordat mogelijk moet worden omgereden. Dit is, mede omdat de duur van de hinder nog niet precies bekend is, negatief beoordeeld.

Grondtransport zal zoveel mogelijk over het water plaatsvinden, vervoersbewegingen zullen daarom vooral buitendijks en over de dijk/werkstrook plaatsvinden. Doordat het vervoer van grond in principe niet plaatsvindt op wegen waarover ook ander verkeer rijdt, worden geen effecten verwacht op de verkeersveiligheid.

Wat betreft geluid- en trillingshinder kan met name het aanbrengen van verticale constructies in de nabijheid van bebouwing, eventueel leiden tot schade aan bebouwing. Maar doordat in de nabijheid van bebouwing waar nodig een trillingsarme uitvoeringsmethode wordt toegepast, zullen de negatieve effecten over het algemeen beperkt zijn. De uitvoeringsmethode en monitoring (trillingen en vervormingen) zal worden afgestemd op de lokale situatie, waarbij zal worden voldaan aan de SBR trillingsrichtlijn deel A, schade aan bouwwerken. Echter gezien de nabijheid van woningen en de mogelijke overlast van transport en grondwerkzaamheden, met bijbehorende effecten van geluidshinder, zijn de effecten negatief beoordeeld.

De nog te selecteren opdrachtnemer zal mede worden geselecteerd op maatregelen die negatieve effecten op het woon- en leefmilieu zo veel mogelijk voorkomen. In dit MER zijn enkele mogelijkheden hiervoor benoemd.

18. Leemten in kennis en aanzet monitorings- en evaluatieprogramma

18.1 Leemten in kennis

Voor alle in het MER onderzochte thema's geldt dat er voldoende informatie beschikbaar is om betrouwbare uitspraken te doen over de te verwachten effecten. Er zijn geen wezenlijke leemten in kennis die de besluitvorming over dijkversterking Cuijk - Ravenstein in de weg staan. Wel moet worden opgemerkt dat sprake kan zijn van lokale effecten die pas concreet bepaald kunnen worden nadat het project is gerealiseerd (bijvoorbeeld lokale kwel) of juist tijdens de uitvoering (bijv. archeologie, en geluid-/trillingshinder voor de omgeving). Voor deze aspecten is evaluatie en monitoring belangrijk, zie de volgende paragraaf.

18.2 Aanzet tot monitorings- en evaluatieprogramma

Op basis van de uitkomsten van de milieuonderzoeken en het MER is het ontwerp zo veel mogelijk geoptimaliseerd. In deze paragraaf worden voor een aantal thema's de aandachtspunten benoemd voor de volgende fase van het ontwerp (DO), bijbehorende uitvoeringsvergunningen en -meldingen, de uitvoering zelf en de fase daarna (beheer/onderhoud en monitoring/evaluatie).

Geohydrologie

Om de effecten op de grondwaterstanden te monitoren wordt een monitoringsplan opgesteld. Door middel van peilbuismetingen worden zowel voor als na de realisatie van de dijkverbetering de grondwaterstanden gemonitord. Op basis van de monitoringgegevens kan eventueel worden besloten om preventief het ontwerp aan te passen of correctief na realisatie door het treffen van lokale maatregelen.

Natuur

Voor het project is een activiteitenplan voor beschermde soorten opgesteld. Daarin is vastgelegd hoe tijdens de werkzaamheden rekening moet worden gehouden met natuurwaarden. Aanvullende voorwaarden uit de vergunning voor een flora en fauna-activiteit worden opgenomen in een ecologisch werkprotocol die voorafgaand aan de uitvoering wordt opgesteld. Voor de compensatie voor het ruimtebeslag op NNB wordt een perceel van circa 4 hectare ingericht. Het inrichtingsplan wordt hiervoor nog opgesteld. In de Nee ten zij toets zijn de uitgangspunten hiervoor al beschreven.

Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap

Het dijkontwerp gaat uit van behoud van de bomen op de tuimeldijk bij Neerloon. Om de essen binnen het huidige ontwerp te behouden zijn aanvullende maatregelen nodig zoals het snoeien van wortels en toepassen van een wortelscherm. De mate waarin de wortels kunnen worden gesnoeid is momenteel gebaseerd op generieke principes. Hoeveel en op welke locaties de wortels van deze specifieke bomen kunnen worden gesnoeid (met behoud van vitale bomen) bepalen de exacte locatie van het aan te leggen grondlichaam van de dijk. De snoeibaarheid van de wortels worden momenteel onderzocht.

Archeologie

Op locaties waar nog onvoldoende duidelijk is of archeologische waarden aanwezig zijn, vinden de werkzaamheden onder archeologische begeleiding plaats.

Verkeer(sveiligheid) tijdens aanlegfase

Tijdens de aanlegfase dienen de percelen binnen de werkstroken bereikbaar te blijven. Een aanpak hiervoor wordt nog verder uitgewerkt voorafgaand aan de uitvoering. Daarnaast zijn de locaties waar bouwverkeer de

dijk en het overige verkeer kruist een aandachtspunt op het gebied van verkeersveiligheid. Er dient hier rekening te worden gehouden met het beschermen van kwetsbare weggebruikers (fietsers/wandelaars) en er dient te worden gezorgd voor logische en overzichtelijke oversteken. Ook dit wordt voorafgaand aan de uitvoering verder uitgewerkt.

Geluid, trillingen en luchtkwaliteit tijdens aanlegfase

Bij de uitvoering van het project zal moeten worden voldaan aan de geluidsnormen zoals geformuleerd in het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Het Bbl regelt onder andere de maximale geluidsniveaus die tijdens bouwwerkzaamheden niet overschreden mogen worden en de tijdstippen waarop deze werkzaamheden mogen plaatsvinden. Voor het ontwerp wordt een uitvoeringsplan opgesteld waarin onder andere wordt ingegaan op tijdelijke geluidhinder en trillingshinder en de mogelijkheden om deze te beperken.

Voor de dijkverbetering vindt veel grondtransport plaats. Om mogelijke hinder te beperken wordt zoveel mogelijk grond getransporteerd via het water. De locaties van de tijdelijke gronddepots, en daarmee de rijroutes naar de dijk, zijn nog niet bekend. Om de mogelijke overlast voor verkeer en omwonenden (geluid) te beperken worden de locaties van de gronddepots zorgvuldig gekozen.

Scheepvaart in de aanlegfase

Om de rijafstanden zo kort mogelijk te houden en het gebruik van de openbare weg te minimaliseren zijn meerdere loswallen verspreid over het plangebied nodig. De precieze locatie van de loswallen is een aandachtspunt bij de uitwerking omdat deze hinder kunnen geven voor de beroepsvaart.

Bijlage-overzicht

A. Begrippenlijst en afkortingen
B. Referentielijst
C. Kaarten dijkvakindeling
D. Kaart ontwerp
E. Effectbeoordelingen voor de kansrijke alternatieven
F. Overzichtskaart plaatsnamen en locaties op en rondom het dijktraject Cuijk-Ravenstein
G. Kwel- en wegzijgingsfluxen (bijlage thema waterhuishouding)
H. Achtergrondrapport Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

Bijlage A. Begrippen en afkortingen

Afkortingen

BSD	Basisspecificatie Dijk
CO2-eq	CO2-equivalent
Emab	Experiment Met Aangepast Bouwen
GHG	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand
GLG	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand
HWBP	Hoogwaterbeschermingsprogramma
IUN	Integrale Uitgangspuntennotitie
KA	Kansrijk Alternatief
KRW	Kaderrichtlijn Water
l/s/m	liter per seconde per meter
LCA	Levens Cyclus Analyse
m.e.r.	Milieueffectrapportage (de procedure)
MER	Milieueffectrapport (het product)
MKI	Milieukostenindicator
MKK	Meekoppelkans
MO	Mogelijke Oplossing
NEN	Nederlandse Norm
NOR	Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek
NNB	Natuurnetwerk Brabant
NNN	Natuurnetwerk Nederland
NRD	Notitie Reikwijdte en Detailniveau
RWS	Rijkswaterstaat (ZN: Zuid-Nederland)
STBI	Stabiliteit binnenwaarts
STBU	Stabiliteit buitenwaarts
STPH	Stabiliteit piping en heave
TUN	Technische Uitgangspuntennota
VKA	Voorkeursalternatief

Begrippenlijst

Afweegkader: Instrument dat het mogelijk maakt om met een vaste systematiek op een eenduidige manier de keuzes in het ontwerpproces te onderbouwen.

Bakenbomen: de herkenbare uiting van het kanaliseren van de Maas, ooit aangeplant als bakens voor scheepvaart.

Basisspecificatie Dijk (BSD): Document waarin de beheerder van de dijk (waterschap Aa en Maas) algemene eisen en wensen aan zijn primaire waterkeringen stelt.

Binnendijks: De term die wordt gebruikt om de droge landzijde van een dijk aan te geven.

Buitendijks: De term die wordt gebruikt om de rivierzijde van een dijk aan te geven. Dit gebied wordt ook wel uiterwaard genoemd en kan bij hoogwater onder water lopen.

Binnenteen: de onderrand van het dijklichaam aan de binnendijkse zijde van de dijk.

Commissie m.e.r.: Onafhankelijke commissie die adviseert over de richtlijnen voor de inhoud van het milieueffectrapport en de beoordeling van de kwaliteit van het MER.

Coupure: Een onderbreking in de waterkering op een locatie waar bijvoorbeeld een weg en een waterkering elkaar kruisen. Hier is een verlaging in de waterkering aanwezig die bij hoogwater door de beheerder van de waterkering gesloten wordt.

Faalmechanisme: Proces dat leidt tot het bezwijken van de dijk.

Gebiedsopgave: De gebiedsopgave is de invulling van de doelstelling om waar mogelijk een bijdrage te leveren aan de kwaliteit van de leefomgeving. De gebiedsopgaven betreffen de functies op of langs de dijk anders dan waterveiligheid zoals recreatie, biodiversiteit, verkeer, etc. Voor de invulling van de gebiedsopgave maken we onderscheid tussen inpassing (wettelijk verplicht) en meekoppelkansen (aanvullende ambities/opgaven).

GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand): De Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand, afgekort GHG, is het gemiddelde van de 3 hoogste grondwaterstanden per jaar, gedurende minimaal 8 jaren.

GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand): De Gemiddeld Laagste Grondwaterstand, afgekort GLG, is het gemiddelde van de 3 laagste grondwaterstanden per jaar, gedurende minimaal 8 jaren.

Heavescherm: een heavescherm voorkomt piping. Het bestaat uit een waterdichte wand, die verticaal in de watervoerende zandlaag wordt aangebracht.

Inpassingsopgave: Het projectgebied heeft na uitvoering van de dijkverbetering minimaal een gelijke ruimtelijke kwaliteit met zoveel mogelijk behoud van bestaande voorzieningen ten opzichte van de huidige situatie. Dit noemen wij een goede inpassing. De inpassingsopgave beschrijft de bestaande functies en waarden die dienen ingepast te worden bij het realiseren van de veiligheidsopgave.

Inundatiesysteem: Het systeem van inlaten en watergangen om land onder water te zetten als onderdeel van een militaire verdedigingslinie. Voorbeelden zijn de Stelling van Amsterdam, de Hollandse Waterlinie en de Zuiderwaterlinie.

Grondbalans: Een overzicht van de hoeveelheid af te graven en aan te brengen grond.

Hoogteopgave: De opgave om de bestaande kering te verhogen zodat deze gedurende de ontwerplevensduur voldoet aan de benodigde kruinhoogte voor waterveiligheid (ontwerphoogte).

Hoogwaterbeschermingsprogramma: Het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) heeft als doel om in 2050 alle belangrijke dijken op een sobere en doelmatige wijze versterkt te hebben. Zodoende zullen deze voldoen aan de wettelijke normen die zijn vastgelegd in de Waterwet.

Kaderrichtlijn water: Europese richtlijn die voorschrijft dat de waterkwaliteit van de Europese wateren aan bepaalde eisen moet voldoen.

Kistdam: Een kistdam bestaat uit twee stalen damwanden die met elkaar zijn verbonden.

Klanteis: De vertaling van de klantvraag van een stakeholder ten aanzien van het project in een concrete wens. Alle wensen van stakeholders ten aanzien van het project worden geregistreerd als klanteis, waarna in het ontwerpproces wordt afgewogen of deze wens gehonoreerd kan worden.

Klei-inkassing: Door buitendijks klei als een strook voor de dijk in te graven, wordt de weg die het water onder de dijk aflegt langer. Hiermee wordt voorkomen dat er kanalen (pipes) ontstaan die zand onder de dijk meevoeren.

Kwel: Het uittreden van grondwater aan het grondoppervlak of in waterlopen.

Lelyzone: de verlaagde zone buiten het zomerbed van de rivier, die is gegraven ten behoeve van een betere doorstroming. Na de overstromingen van januari 1926 tekent ir. C.W. Lely (de zoon van Cornelis Lely, bedenker van de Afsluitdijk) een plan om de afvoer van de Maas te verbeteren. Het plan bestond onder andere uit het kanaliseren van de Maas, wat door rechte lijnen nog altijd in het landschap zichtbaar is.

LCC-analyse: Levenscycluskosten (LCC)-analyse is het analyseren van de totale levenscycluskosten van de dijk. Dit is de combinatie van aanlegkosten (e.g. investeringskosten) en kosten voor beheer en onderhoud van de dijk.

Macrostabiliteit: Een faalmechanisme dat de stabiliteit van een dijk of dam kan bedreigen. Als gevolg van een hoge (of juist lage) waterstand voor de waterkering, in combinatie met andere belastingen, neemt de sterkte van de grond en de dijk af en kunnen grote delen van het grondlichaam afschuiven.

Meekoppelkans: Kansen voor bewoners of bedrijven op economisch of ruimtelijk vlak die niet direct bijdragen aan het primaire doel van de dijkverbetering: waterveiligheid. Meekoppelkansen zijn kansen die tegelijkertijd met het dijkverbeteringsproject uitgevoerd kunnen worden en een win-winsituatie kunnen bieden.

Opleverhoogte: hoogteopgave inclusief bodemdaling en restzetting.

Overslagdebiet: Het maximaal volume water dat bij hoogwater per seconde per meter over de kering slaat (eenheid: l/s/m). De hoogteopgave bestaat uit het verhogen van de dijk zodat het overslagdebiet niet te groot is.

Piping: Faalmechanisme. Als er hoog water tegen de dijk staat, kan er water onder de dijk naar het achterland stromen. Dit (kwel)water dat onder de dijk doorstroomt, kan grond meenemen. Hierdoor ontstaat een ‘tunnel’ of ‘pipe’ die de dijk uitholt. In de volksmond worden dit ‘wellen’ genoemd. Dit kan leiden tot inzakken van de dijk.

Tuimeldijk: Dijktype waarbij de kruin gesplitst wordt in twee delen doordat aan de buitendijkse zijde een kruinverhoging wordt aangebracht, waarbij de oorspronkelijke kruin niet wordt opgehoogd. Dit dijktype is in de bestaande situatie aanwezig bij Neerloon (dijkvak 36).

Wegzijging: De neerwaartse stroming van grondwater in de ondergrond

Zetting: bodemdaling als gevolg van een bovenbelasting, bijvoorbeeld door het gewicht van een aangebrachte ophoging of een verlaagde grondwaterstand

Bijlage B. Referentielijst

Aardkundig-waardevolle-gebieden-kaart, provincie Noord Brabant, te raadplegen via https://noord-brabant.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=ae83285be89f4501b60b1346cf9c3acd.

Achtergrondrapport ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid bij het milieueffectrapport, Waterschap Aa en Maas, augustus 2025.

Activiteitenplan flora en fauna dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, 2025.

Archeologische beleidskaart gemeente Land van Cuijk, 2023.

Archeologische beleidskaart gemeente Oss, 2024.

Archeologische beleidsadvieskaart van de voormalige gemeente Landerd uit 2012 (nu opgegaan in de grotere gemeente Maashorst).

Basisspecificatie Dijken Waterschap Aa en Maas, Waterschap Aa en Maas.

Beleidslijn grote rivieren (Rijkswaterstaat, februari 2025)

Communicatie- en participatieplan planuitwerkingsfase, dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, augustus 2023.

GD, verhoogde concentraties van zink en lood in percelen langs Limburgse rivieren, Stal&Akker, 7 augustus 2021, https://www.stal-en-akker.nl/artikel/415995-gd-verhoogde-concentraties-van-zink-en-lood-in-percelen-langs-limburgse-rivieren/

Integraal ontwerp veiligheidsraamwerk gasleidingen Cuijk – Ravenstein. Waterschap Aa en Maas, april 2025.

Integrale Uitgangspuntennotitie planuitwerkingsfase Cuijk – Ravenstein. Waterschap Aa en Maas, (laatste versie 2025).

Integrale Uitgangspuntennotitie planuitwerkingsfase Cuijk – Ravenstein Waterschap Aa en Maas, te raadplegen via: Integrale Uitgangspuntennotitie van de verkenningsfase

Integrale Uitgangspuntennotitie V4, verkenning Cuijk – Ravenstein, WAB013032-D-014-v4 IUN. WSP Nederland B.V., januari 2021.

Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG).

Krijgsveld, K. L., Smits, R. R., & van der Winden, J. (2008). *Verstoringsgevoeligheid van vogels: Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie*.

Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO); Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Te raadplegen via https://basisinformatie-overstromingen.nl/liwo/#/scenarios/6/4941

Legger waterschap Aa en Maas, te raadplegen via: Legger - Waterschap Aa en Maas.

Lucas, P. S., de Carvalho, R. G., & Grilo, C. (2017). Railway Disturbances on Wildlife: Types, Effects, and Mitigation Measures. In L. Borda-de-Água, R. Barrientos, P. Beja, & H. M. Pereira (Red.), *Railway Ecology* (pp. 81-99). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7_6

Participatiebeleid waterschap Aa en Maas (Participatiebeleid waterschap Aa en Maas | Lokale wet- en regelgeving), waterschap Aa en Maas, 01 juli 2022.

Memo verbeteringen geohydrologisch model Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, 2024/2025

Mitra, O., Callaham, M. A., Smith, M. L., & Yack, J. E. (2009). Grunting for worms: Seismic vibrations cause Diplocardia earthworms to emerge from the soil. *Biology Letters*, *5*(1), 16-19. https://doi.org/10.1098/rsbl.2008.0456

Nee tenzij toets NNB dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, 2025.

Nota Bouwstenen dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, maart 2021.

Nota Kansrijke Alternatieven dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, december 2021. Te raadplegen via: https://www.aaenmaas.nl/publish/pages/1171/2021-12-01_nota_kansrijke_alternatieven_dijkverbetering_cuijk_ravenstein_1.pdf

Nota Mogelijke Oplossingen dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, juni 2021

Nota Voorkeursalternatief dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, december 2022. Te raadplegen via https://www.aaenmaas.nl/publish/pages/1171/221018_nota_voorkeursalternatief_dijkversterking_cuijk-ravenstein_vastgesteld_small.pdf

Notitie Reikwijdte en Detailniveau Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein; Waterschap Aa en Maas, januari 2022.

Notitie rivierkundige beoordeling Dijkverbeteringsproject Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, 6 maart 2025.

Notitie Verkennend Natuuronderzoek dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, 2025.

Onrust, J. (2017). Earth, worms & birds. In *Conservation Ecology Group: Vol. PhD*. University of Groningen.

Polajnar, J., Eriksson, A., Lucchi, A., Anfora, G., Virant-Doberlet, M., & Mazzoni, V. (2015). Manipulating behaviour with substrate-borne vibrations – potential for insect pest control. *Pest Management Science*, *71*(1), 15-23. https://doi.org/10.1002/ps.3848

Rapportage Milieugezondheidsrisico (MGR) dijkverbetering Cuijk Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, 2025.

Rapportage soortgericht onderzoek dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, 2025.

Reijnen, M. J. S. M., Veenbaas, G., & Foppen, R. P. B. (1992). *Het voorspellen van het effect van snelverkeer op broedvogelpopulaties*.

Reijnen, R., Foppen, R., ter Braak, C., & Thisen, J. (1995). The effects of car traffic on breeding bird populations in Woodland. III Reduction of density in relation to the proximity of main roads. *Journal of Applied Ecology*, *32*, 187-202.

Reijnen, R., Foppen, R., & Veenbaas, G. (1997). Disturbance by traffic of breeding birds: evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. *Biodiversity and Conservation*, *6*, 567-581.

Ruimtelijk kwaliteitsbeeld Cuijk-Ravenstein, NL25-648800269-117959, Sweco, 10 januari 2025

Ruimtelijk kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein - verkenningsfase, H+N+S landschapsarchitecten, 21 september 2020. Te raadplegen via https://www.aaenmaas.nl/publish/pages/1171/ruimtelijk_kwaliteitskader_cuijk-ravenstein_21092020_2.pdf

Samenwerkovereenkomst Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, 22 december 2022

Stroomgebiedbeheerplan Maas 2009-2015, Rijkswaterstaat, 22 december 2009, https://open.rijkswaterstaat.nl/@113250/stroomgebied-maas-vervuiling-per-bron/?downloaditmidt=113252

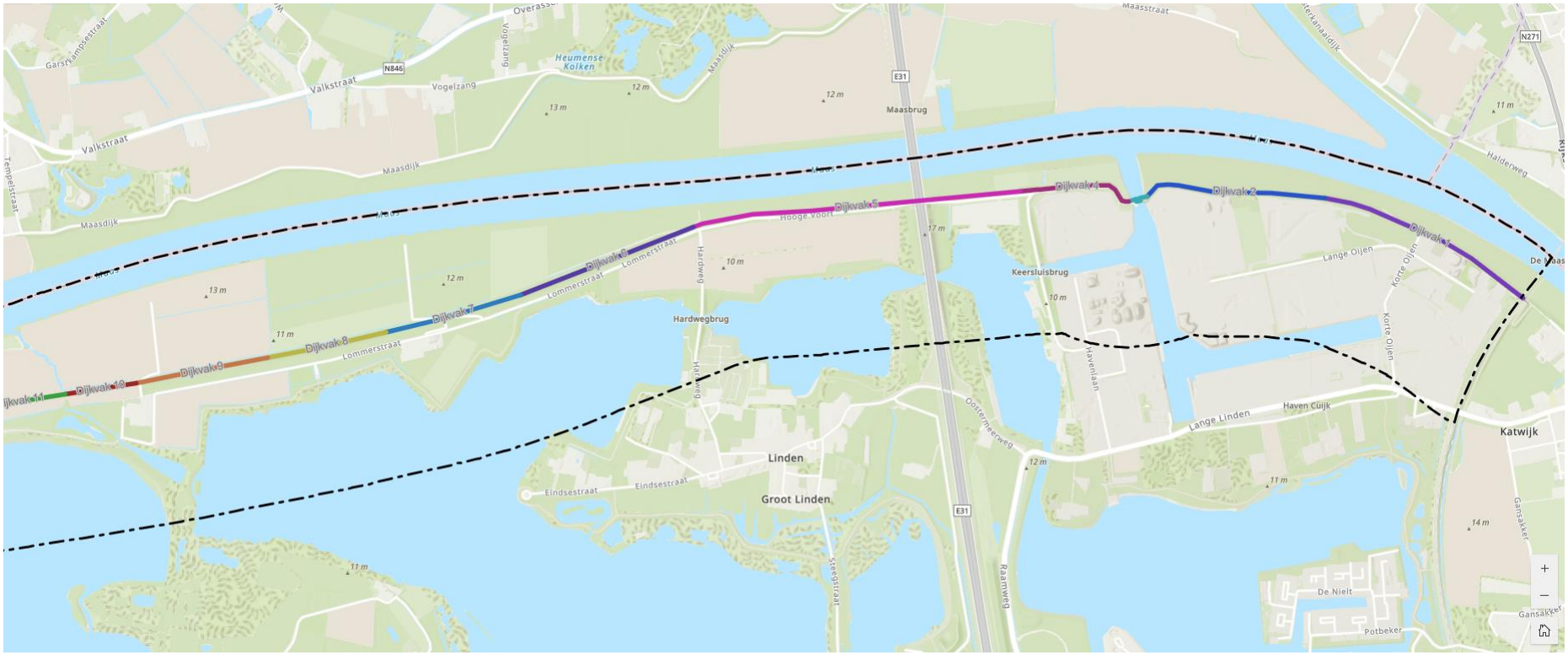
Technische Uitgangspuntennota Planuitwerking Cuijk-Ravenstein; Waterschap Aa en Maas, laatste versie 2025.

Technische Uitgangspuntennota Verkenning Cuijk-Ravenstein; Waterschap Aa en Maas, maart 2021.

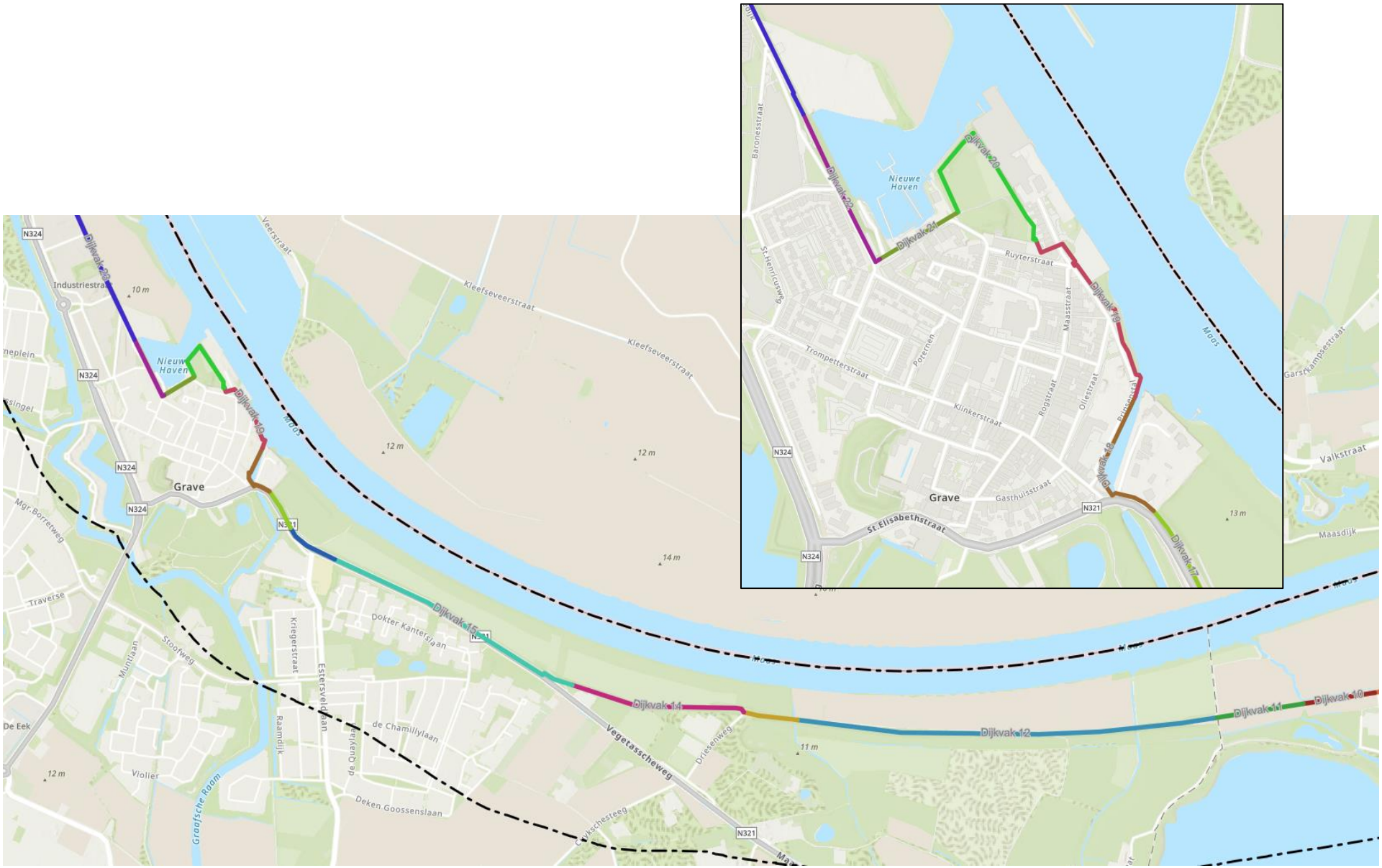
Waterkwaliteitsportaal, te raadplegen via: https://wkp.rws.nl/geoviewer/water-guideline-views/Oppervlaktewater_vlak_lijn_groep%3Dcategorie

Bijlage C. Kaarten dijkvakindeling

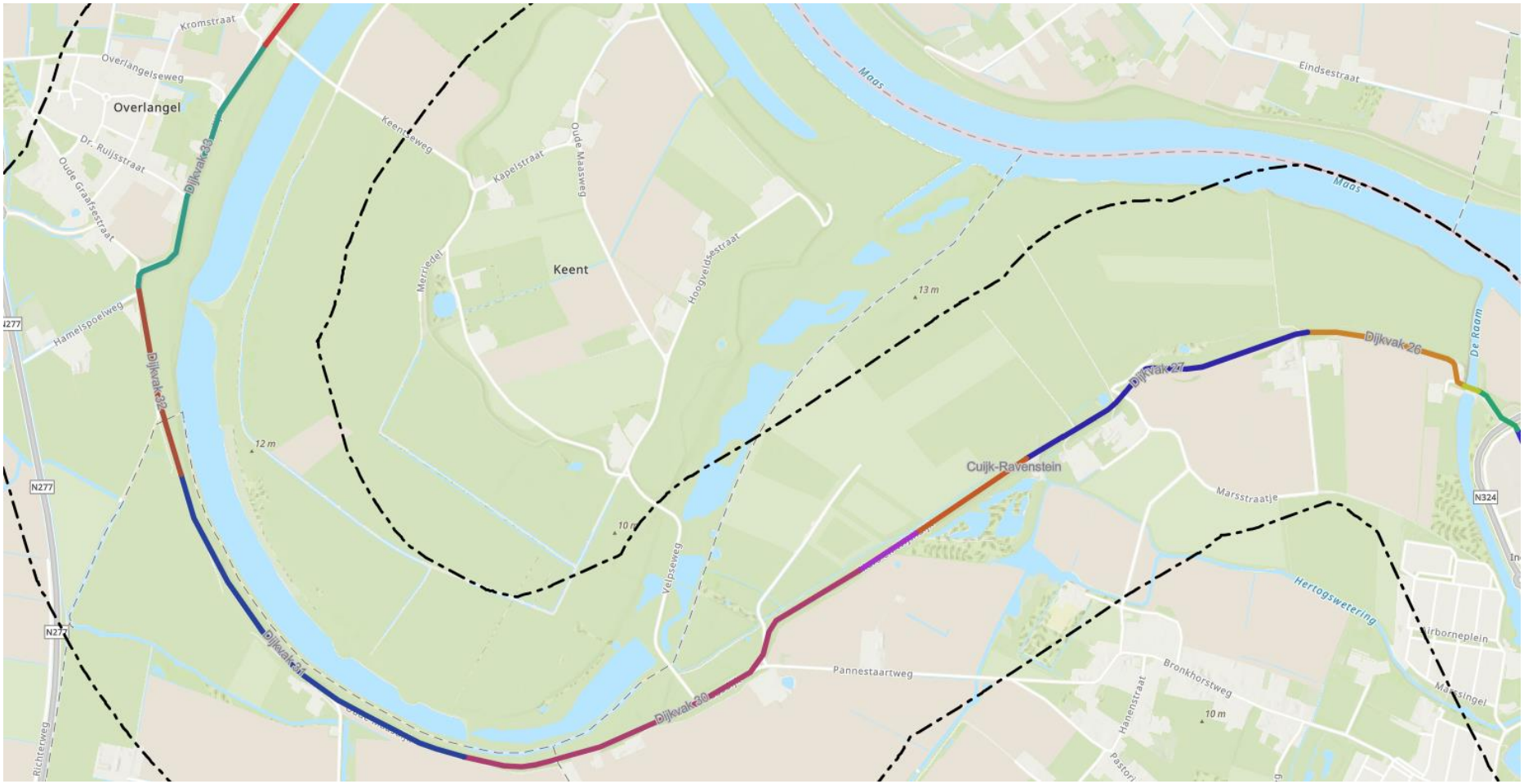
De dijkvakindeling wordt op onderstaande pagina's op verschillende kaarten weergeven, beginnend aan de oostkant van het projectgebied en eindigend aan de westkant.



Dijkvakindeling VO-fase oost



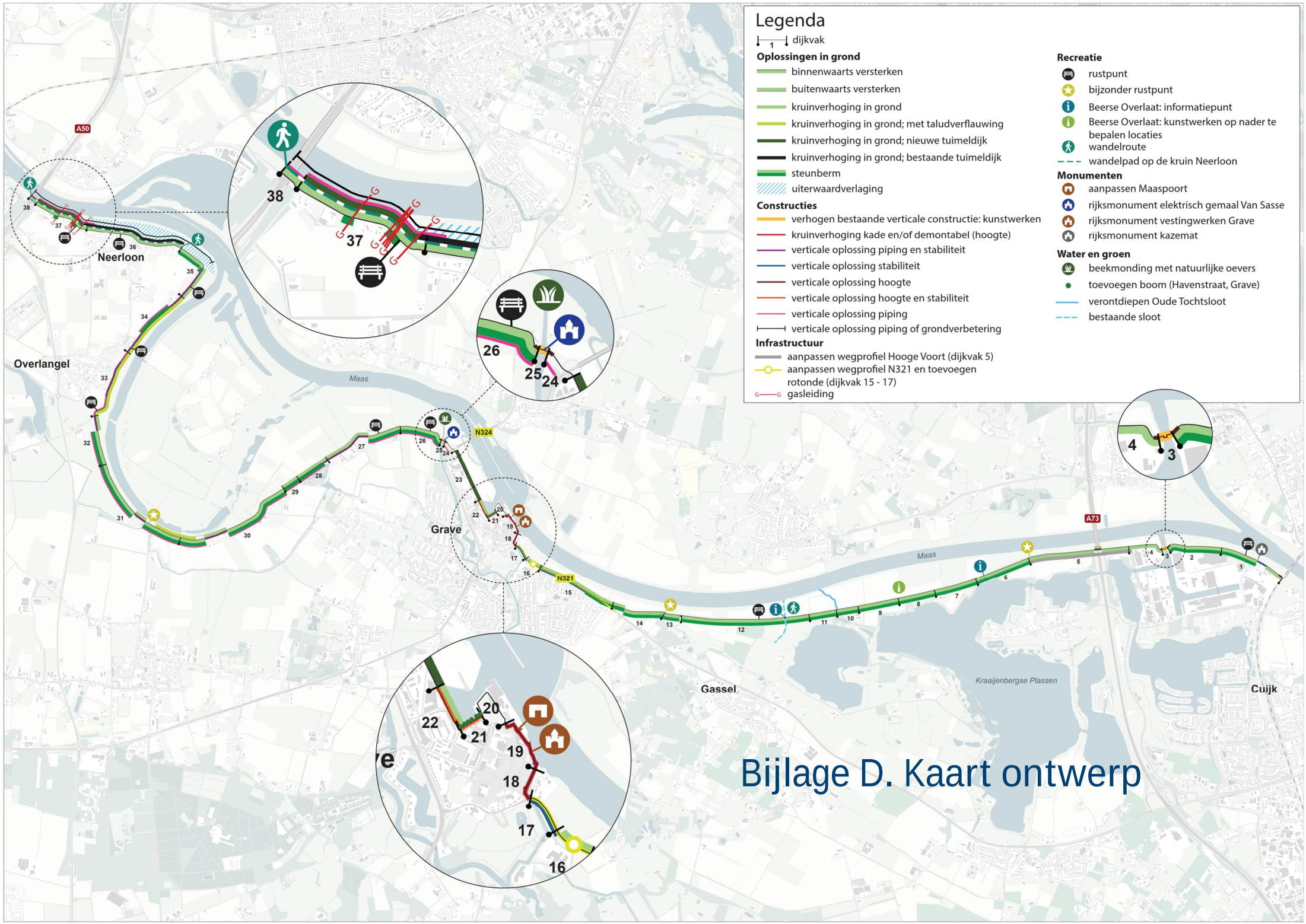
Dijkvakindeling VO-fase midden



Dijkvakindeling VO-fase west 1



Dijkvakindeling VO-fase west 2



Bijlage D. Kaart ontwerp

Legenda

dijkvak

Oplossingen in grond

- binnenwaarts versterken
- buitenwaarts versterken
- kruinverhoging in grond
- kruinverhoging in grond; met taludverflauwing
- kruinverhoging in grond; nieuwe tuimeldijk
- kruinverhoging in grond; bestaande tuimeldijk
- steunberm
- uiterwaardverlaging

Constructies

- verhogen bestaande verticale constructie: kunstwerken
- kruinverhoging kade en/of demontabel (hoogte)
- verticale oplossing piping en stabiliteit
- verticale oplossing stabiliteit
- verticale oplossing hoogte
- verticale oplossing hoogte en stabiliteit
- verticale oplossing piping
- verticale oplossing piping of grondverbetering

Infrastructuur

- aanpassen wegprofiel Hooge Voort (dijkvak 5)
- aanpassen wegprofiel N321 en toevoegen rotonde (dijkvak 15 - 17)
- gasleiding

Recreatie

- rustpunt
- bijzonder rustpunt
- Beerse Overlaat: informatiepunt
- Beerse Overlaat: kunstwerken op nader te bepalen locaties
- wandelroute
- wandelpad op de kruin Neerloon

Monumenten

- aanpassen Maaspoort
- rijksmonument elektrisch gemaal Van Sasse
- rijksmonument vestingwerken Grave
- rijksmonument kazemat

Water en groen

- beekmonding met natuurlijke oevers
- toevoegen boom (Havenstraat, Grave)
- verontdiepen Oude Tochtsloot
- bestaande sloot

A50 · Neerloon · Overlangel · Maas · N324 · Grave · N321 · Gassel · A73 · Kraaijenbergse Plassen · Cuijk

Bijlage E. Effectbeoordelingen van de Kansrijke Alternatieven in de verkenningsfase

In deze bijlage is het rapport met de effectbeoordelingen van de kansrijke alternatieven opgenomen. Dit rapport is opgesteld in de verkenningsfase maar te beschouwen als onderdeel van dit MER.

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Milieueffectrapport Kansrijke Alternatieven

Beoordeling Kansrijke Alternatieven

Verkenning Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein



COLOFON

RAPPORTHISTORIE

1	05-07-2022	Concept
2	09-09-2022	Definitief opgeleverd aan waterschap

VERANTWOORDING

Opgesteld door WSP voor waterschap Aa en Maas, september 2022

INHOUDS-OPGAVE

AFKORTINGEN

SAMENVATTING 1

1 INTRODUCTIE DIJKVERBETERING CUIJK-RAVENSTEIN 16
1.1 Achtergrond en aanleiding 16
1.2 Doel en voorgenomen activiteiten 17
1.3 Projectaanpak 17
1.4 Waarom een milieueffectrapportage 18
1.5 MER in twee delen 19
1.6 Samenhang met Nota VKA 20
1.7 Beoordelingskader milieueffecten 20
1.8 Leeswijzer 23

2 PROJECTGEBIED EN STUDIEGEBIED 24
2.1 Projectgebied 24
2.2 Deelgebieden 26
2.3 Studiegebied 26
2.4 Referentiesituatie 26

3 OPGAVEN 45
3.1 Waterveiligheidsopgaven 45
3.2 Gebiedsopgaven 49

4 RELEVANTE KADERS 50
4.1 Juridisch kader 50
4.2 Beleidskader 51

5 ONTWERPPROCES KANSRIJKE ALTERNATIEVEN 54
5.1 Uitgangspunten 54
5.2 Bouwstenen 56
5.3 Mogelijke oplossingen 57
5.4 Kansrijke Alternatieven 59

6 BESCHRIJVING KANSRIJKE ALTERNATIEVEN 65
6.1 Twee Kansrijke Alternatieven 65
6.2 Kansrijk Alternatief 1 65
6.3 Kansrijk Alternatief 2 68

7 EFFECTBEOORDELING KANSRIJKE ALTERNATIEVEN 72
7.1 Effectbeoordeling ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid 72

7.2 Effectbeoordeling natuur/biodiversiteit 87
7.3 Effectbeoordeling vrijetijdseconomie (recreatie) 105
7.4 Effectbeoordeling woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid 110
7.5 Effectbeoordeling duurzaamheid 125
7.6 Effectbeoordeling bodem 139
7.7 Effectbeoordeling waterhuishouding 144
7.8 Effectbeoordeling rivierkunde 149
7.9 Effectbeoordeling leefomgeving 162
7.10 Effectbeoordeling hinder tijdens aanleg 165
7.11 Effectbeoordeling meekoppelkansen 166

8 CONCLUSIE MILIEUEFFECTEN KANSRIJKE ALTERNATIEVEN 186
8.1 Overzicht van alle effectbeoordelingen 186
8.2 Bepalende milieueffecten voor samenstellen VKA 187

9 AANDACHTSPUNTEN PLANUITWERKINGSFASE 191
9.1 Leemten in kennis 191
9.2 Compensatie en mitigatie 193
9.3 Doorkijk vervolgproces 194

REFERENTIES 196

AFKORTINGEN

BSD	Basisspecificatie Dijk
BSKW	Betrouwbaarheid sluiting van een kunstwerk
BUS	Besluit uniforme saneringen
CO_2-eq	CO_2-equivalent
CPI	Circulair Peil Index
Emab	Experiment Met Aangepast Bouwen
EVZ	Ecologische verbindingszone
H1	Kruinverhoging in grond
HWBP	Hoogwaterbeschermingsprogramma
IUN	Integrale Uitgangspuntennotitie
KA	Kansrijk Alternatief
KRW	Kaderrichtlijn Water
LCA	Levens Cyclus Analyse
LTAR	Lange Termijn Ambitie Rivieren
m.e.r.	Milieueffectrapportage (de procedure)
MER	Milieueffectrapport (het product)
MKI	Milieukostenindicator
Mkk	Meekoppelkans
MO	Mogelijke Oplossing
NOR	Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek
NNB	Natuurnetwerk Brabant
NNN	Natuurnetwerk Nederland
NRD	Notitie Reikwijdte en Detailniveau
POV	Project overstijgende verkenning
Rkm	Rivierkilometer
RWS-ZN	Rijkswaterstaat Zuid-Nederland
STBI2	Stabiliteitsberm binnenzijde
STBI3	Verticale constructie binnenzijde
STBU1	Taludverflauwing buitentalud
STPH1	Pipingberm
STPH2	Voorlandverbetering (klei-inkassing)
STPH3	Verticaal pipingscherm
TUN	Technische Uitgangspuntennota
VKA	Voorkeursalternatief

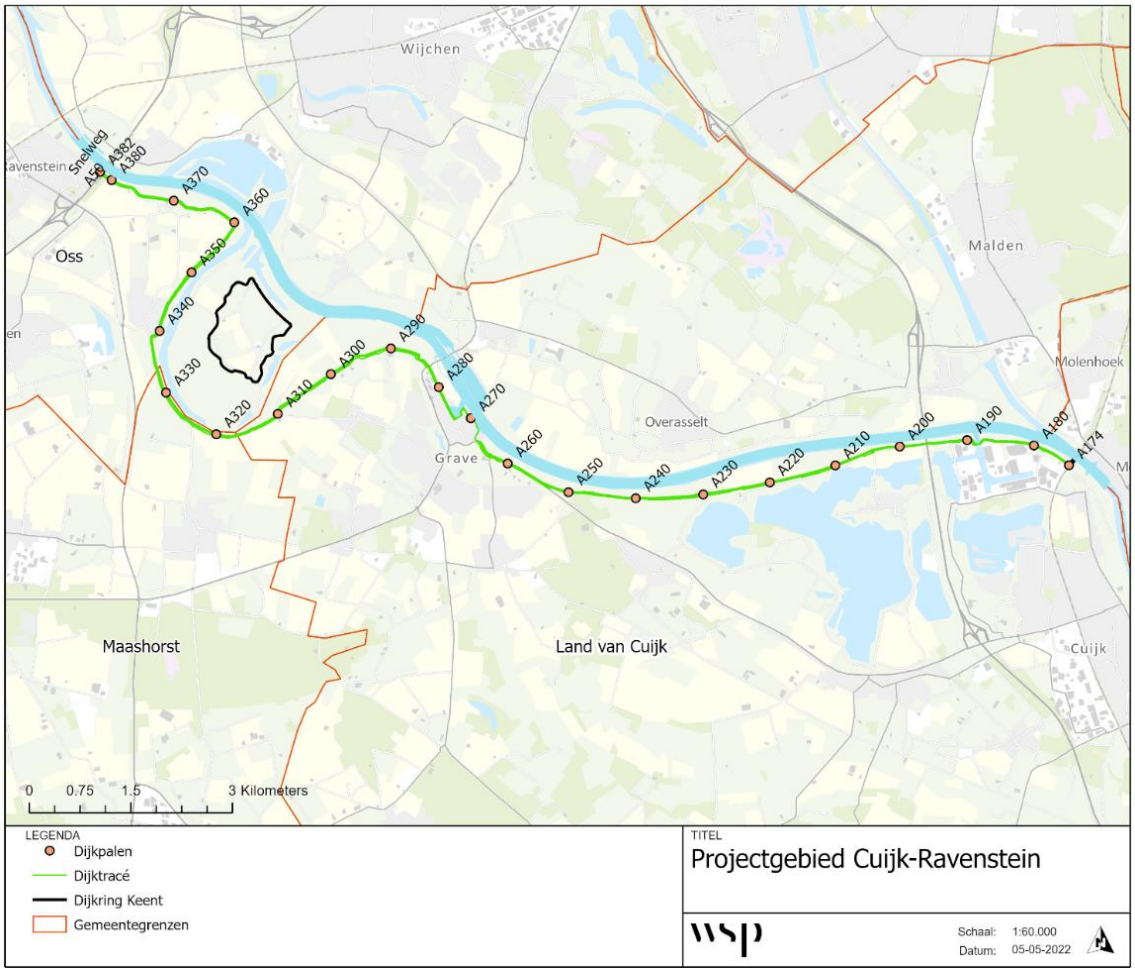
SAMENVATTING

Waarom een dijkverbetering tussen Cuijk en Ravenstein

Het klimaat verandert. Dat betekent dat het water in de Maas in de toekomst steeds vaker erg hoog staat. De dijken moeten daarom voldoen aan de waterveiligheidseisen voor het beschermen van de inwoners en de economische waarden in het achterland. De normen voor waterveiligheid zijn in 2017 vastgelegd in de Waterwet. De dijk tussen Cuijk en Ravenstein (dijktraject 36-2) is één van de trajecten met de strengste norm langs de Maas vanwege de grote gevolgen bij een dijkdoorbraak. Het gebied dat zou overstromen bij een dijkdoorbraak strekt zich uit tot en met 's-Hertogenbosch.

Het verbeteren van de waterveiligheid aan de Brabantse zijde van de Maas heeft prioriteit. De dijk beschermt een groot aantal inwoners en een hoge economische waarde van het achterland, wat tot gevolg heeft dat het beschermingsniveau hier hoog is en dat de dijk hier nu wordt aangepakt. Voor deze dijk geldt dat in 2050 een minimaal beschermingsniveau gegarandeerd dient te zijn met een overstromingskans van 1:10.000 per jaar.

Het projectgebied (Figuur 0-1) omvat het gebied waarbinnen de ingrepen kunnen plaatsvinden voor de dijkverbetering. Het projectgebied heeft een lengte van ongeveer 21 km (van dijkpaal 174 tot en met dijkpaal 382) en ligt aan de zuidzijde van de Maas vanaf de spoorbrug nabij Katwijk (gemeente Land van Cuijk) tot direct westelijk van de autosnelweg A50 over de Maas nabij Ravenstein (gemeente Oss). Het ingelegen dijktraject Keent (dijktraject 36a) valt buiten de scope. Langs het traject liggen een aantal kernen, waarvan Grave de grootste is. Alle benoemde plaatsnamen in dit rapport staan aangegeven in Figuur 0-2.



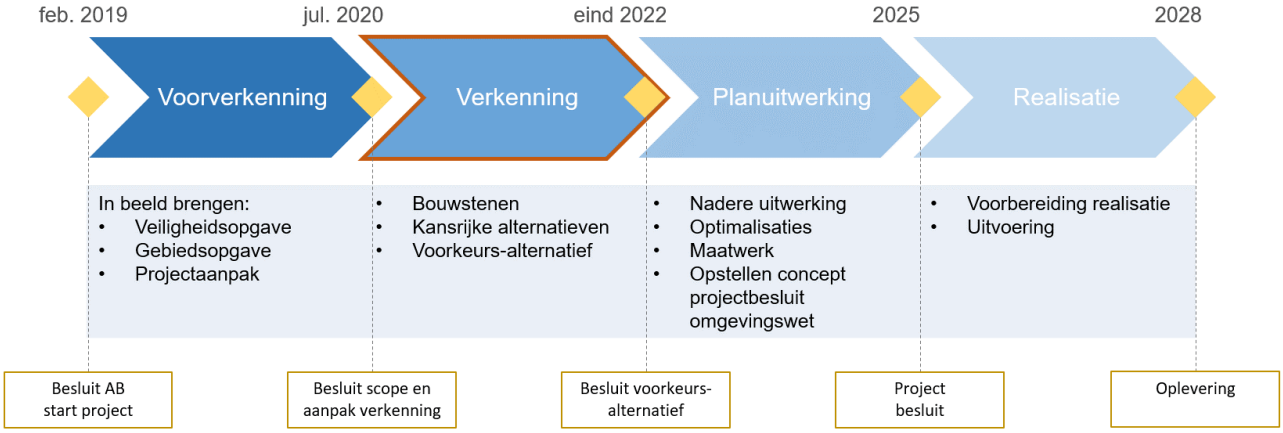
Figuur 0-1 Projectgebied Cuijk-Ravenstein



Figuur 0-2 Plaatsnamen en locaties op en rondom het dijktraject Cuijk-Ravenstein

MIRT-proces

Dit project wordt uitgevoerd volgens de MIRT-systematiek (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport; zie Figuur 0-3). Het project is gestart met een Voorverkenning die in juli 2020 is afgerond. Daarna is gestart met de huidige fase: de Verkenningsfase, waarin belangrijke keuzes worden gemaakt. Deze keuzes zijn leiden tot een bestuurlijk vastgesteld Voorkeursalternatief (VKA). In de hiernavolgende Planuitwerkingsfase wordt dit VKA verder uitgewerkt en worden de juridische procedures voorbereid (Projectbesluit). Na afronding van deze procedures kan worden gestart met de realisatie. Het streven is dat de dijkverbetering in 2028 wordt afgerond.



Figuur 0-3 MIRT-fasering met rood omlijnd de huidige fase: de Verkenningsfase waarin toegewerkt wordt naar een Voorkeursalternatief

Doelstelling van het project

De primaire doelstelling van het project is om de waterkering Cuijk-Ravenstein te laten voldoen aan de landelijke normen voor primaire waterkeringen waarbij bestaande waarden en functies worden ingepast. De secundaire doelstelling van het project is om, waar mogelijk, een bijdrage te leveren aan de kwaliteit van de leefomgeving.

De waterveiligheidsopgave

In de waterveiligheidsbeoordeling is onderzocht wat de kans is dat, door falen van de dijk, het achterliggende gebied onder water loopt. Uit de beoordeling blijkt dat vrijwel het gehele traject tussen Cuijk en Ravenstein niet voldoet aan de waterveiligheidseisen. Het overgrote deel van het dijktraject moet daarom worden aangepakt. Het falen van een dijk kan op verschillende manieren gebeuren. Dit worden faalmechanismen genoemd. De belangrijkste faalmechanismen voor dit dijktraject zijn:

- **Hoogte**: wanneer het water door stijging van het rivierpeil of harde wind over de dijk heen loopt, kan dat leiden tot beschadiging of zelfs gaten in de dijk. Dit wordt ook wel erosie genoemd. Als dit overstromen te lang duurt, kan de schade aan de dijk zo groot worden dat deze doorbreekt.
- **Stabiliteit**: als er langdurig water tegen de dijk staat, vult deze zich met water en kan de dijk 'slap' worden. Hierdoor wordt deze instabieler en kan bezwijken. Dit gebeurt meestal aan de binnendijkse kant, door de waterdruk vanuit de rivier.
- **Piping**: als er hoog water tegen de dijk staat, kan er water onder de dijk naar het achterland stromen. Dit (kwel)water dat onder de dijk doorstroomt, kan grond meenemen. Hierdoor ontstaat een 'tunnel' of 'pipe' die de dijk uitholt. In de volksmond worden dit 'wellen' genoemd. Dit kan leiden tot inzakken van de dijk.

De gebiedsopgave

De ontwerpopgave voor de dijkverbetering bestaat naast de opgave voor waterveiligheid uit een gebiedsopgave. De opgave voor waterveiligheid gaat over de hoogte en sterkte van de dijk. De benoemde faalmechanismen dienen zodanig beheerst te worden dat het dijktraject aan de gestelde normen gaat voldoen. De gebiedsopgave is de invulling van de doelstelling om waar mogelijk een bijdrage te leveren aan de kwaliteit van de leefomgeving. De gebiedsopgave is dus de opgave om de kwaliteit van de andere functies op of langs de dijk zoals bijvoorbeeld recreatie, biodiversiteit en verkeer te verbeteren.

Waarom een milieueffectrapportage

Omdat een dijkverbetering grote impact kan hebben op de omgeving moet de procedure van milieueffectrapportage (m.e.r.) worden doorlopen. In deze m.e.r.-procedure brengen we de impact op de omgeving (de milieugevolgen) in beeld. Deze resultaten zijn vastgelegd in dit milieueffectrapport (MER). Het belangrijkste doel van de procedure voor milieueffectrapportage is het milieubelang een volwaardige plaats te geven in de plan- en besluitvorming. Voor het MER is onderzoek gedaan naar de effecten van de dijkverbetering op de omgeving. Op basis hiervan kunnen maatregelen worden getroffen om eventuele negatieve milieueffecten te verminderen en/of te compenseren. Bij het ontwerp wordt daarnaast ook rekening gehouden met kosten, technische aspecten en gevolgen van het ruimtebeslag van de maatregelen op de omgeving.

Het MER wordt in twee delen gepubliceerd. In de Verkenningsfase gebruiken we het MER om de afweging van het Voorkeursalternatief op een eenduidige en transparante manier uit te voeren. Dit eerste deel noemen we **MER deel 1.** Hierin zijn de milieueffecten van de Kansrijke alternatieven beoordeeld**.**

Op basis van de afweging wordt één integraal Voorkeursalternatief (VKA) gekozen of samengesteld voor het gehele dijktraject. Na vaststelling van het VKA start de planuitwerking. Deze fase resulteert in een definitief ontwerp op basis waarvan het Projectbesluit kan worden opgesteld. In deze fase wordt het MER aangevuld (**MER deel 2**) en afgerond. Dit MER is gekoppeld aan het Projectbesluit (na inwerkingtreding van de Omgevingswet).

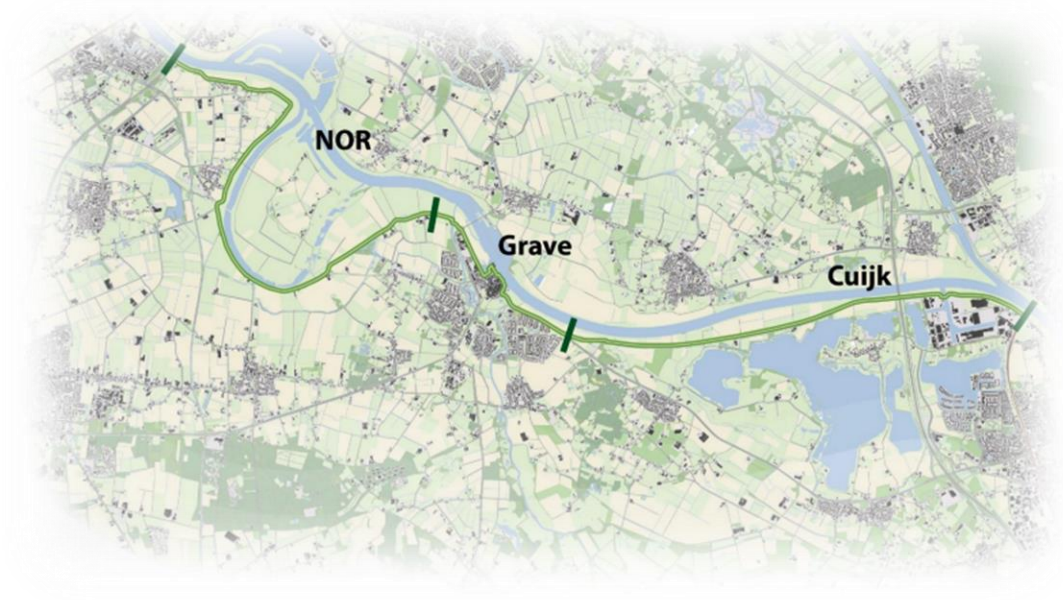
Met de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD)[2] is iedereen geïnformeerd over de werkwijze voor de milieueffectrapportage en de milieueffecten die daarbij worden onderzocht. De Commissie voor de milieueffectrapportage (Commissie m.e.r.) is gevraagd advies uit te brengen. De NRD is naar aanleiding van de zienswijzen en adviezen niet aangepast. Wel zijn in de Nota van Antwoord toezeggingen gedaan voor de reikwijdte en detailniveau in de beoordeling van het (definitieve) ontwerp.

Drie deelgebieden

Bij de beoordelingen van de milieueffecten is steeds onderscheid gemaakt tussen drie deelgebieden:

- deelgebied “Cuijk” (inclusief Kraaijenbergse Plassen);
- deelgebied “Grave”; en
- deelgebied “Neerloon-Overlangel-Reek” (soms afgekort tot “NOR”).

De begrenzingen van deze deelgebieden zijn weergegeven in Figuur 0-4.



Figuur 0-4 De drie deelgebieden binnen het dijkverbeteringsproject Cuijk-Ravenstein

De effecten van de dijkverbetering kunnen mogelijk verder reiken dan de grenzen van het projectgebied. In het MER is daarmee rekening gehouden door effecten te beschrijven binnen het studiegebied. Het studiegebied omvat het gebied waarbinnen mogelijk effecten te verwachten zijn als gevolg van de dijkverbetering.

Het ontwerpproces van de Kansrijke Alternatieven

In het ontwerpproces van de Verkenningsfase zijn de volgende stappen doorlopen om te komen tot twee Kansrijke Alternatieven voor de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein:

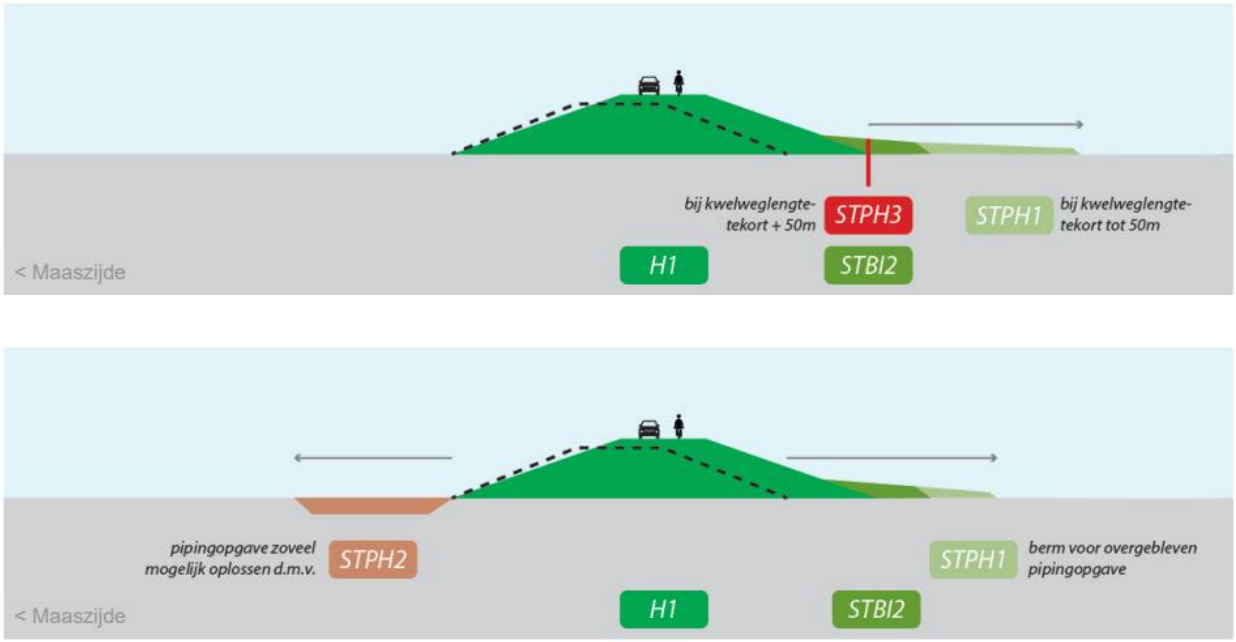
1. het opstellen van **uitgangspunten** voor het ontwerp (vastgelegd in de Integrale Uitgangspuntennotitie[4]);
2. het ontwikkelen van "**bouwstenen**" om de opgaven op te lossen (vastgelegd in de Nota Bouwstenen[23]);
3. het ontwikkelen van **Mogelijke Oplossingen** (dit zijn combinaties van bouwstenen), om de hoeken van het speelveld te verkennen (vastgelegd in de Nota Mogelijke Oplossingen[24]);
4. en het ontwikkelen van **Kansrijke Alternatieven** (combinaties van Mogelijke Oplossingen) (vastgelegd in de Nota Kansrijke Alternatieven[28]).

Twee Kansrijke Alternatieven voor de dijkverbetering

Er zijn twee Kansrijke Alternatieven voor de dijkverbetering uitgewerkt. Deze Kansrijke Alternatieven zijn beschreven in de Nota Kansrijke Alternatieven[28]. Op hoofdlijnen zijn de twee Kansrijke Alternatieven als volgt te beschrijven:

- In Kansrijk Alternatief (KA) 1 is het vertrekpunt een **binnendijkse oplossing in grond** met verticaal maatwerk op plekken waar dat voor een goede inpassing nodig is. In Grave wordt bij de versterking het tracé van de huidige kering gevolgd met voornamelijk een lijnvormige oplossing. De focus ligt op behouden en versterken van huidige kwaliteiten van landschap en cultuurhistorie. Bovenin Figuur 0-5 is de hoofdlijn van dit Kansrijke Alternatief gevisualiseerd. De volledige uitwerking van dit Kansrijke Alternatief is op kaart weergegeven in Bijlage 1.

- In Kansrijk Alternatief (KA) 2 is het vertrekpunt een **buitendijkse oplossing in grond met aanvullingen binnendijks** en aaneengesloten trajecten van verticaal maatwerk. In Grave wordt bij de versterking ingezet op een integrale aanpak van de openbare ruimte en worden nieuwe tracés voor de kering bij Bomvrije en Maaskade Noord opgenomen. De focus ligt op behouden, versterken en ontwikkelen van beleving en kwaliteiten van ecologie, landschap en cultuurhistorie. Onderin Figuur 0-5 is de hoofdlijn van dit Kansrijke Alternatief gevisualiseerd. De volledige uitwerking van dit Kansrijke Alternatief is op kaart weergegeven in Bijlage 1.



Figuur 0-5 De Kansrijke Alternatieven op hoofdlijnen: boven KA 1 en beneden KA 2

Meekoppelkansen

Beide alternatieven bevatten meekoppelkansen (Mkk's). In KA 1 zijn alleen meekoppelkansen opgenomen die onafhankelijk van de dijkverbeteringsmaatregelen gerealiseerd kunnen worden. Deze meekoppelkansen vragen geen extra ruimte om te realiseren boven op de versterkingsmaatregelen. Mede daarom wordt in de Verkenningsfase niet voor alle meekoppelkansen een besluit genomen. In KA 2 zijn daarnaast meekoppelkansen opgenomen die wél een directe afhankelijkheid hebben met de dijkverbeteringsmaatregelen en vaak ook extra ruimte vragen (Figuur 0-6). Alle locaties van meekoppelkansen zijn op de "Kaart Meekoppelkansen" weergegeven in Bijlage 1.

MEEKOPPELKANSEN IN KA's		KA 1	KA2
cultuurhistorie			
1	Vesting Grave; zichtbaar maken/herstel/behoud kades, muren, grond- en waterwerken		
2	Restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorisch element/objecten		
3	Beerse overlaat, Zuiderwaterlinie, historische dijktrajecten en plekken		
natuur			
4	Nieuwe buitendijkse natuur en KRW: Weerdverlaging Lage Wijth en KB plassen (evt Lelyprofiel) vanuit compensatie en klei		
5	EVZ realiseren en bestaande gebieden verbeteren: Raam Blauwkop en Raam bestaand EVZ, Hertogswetering, Tochtsloot, Herpense duinen		
6	Herstel beekmonding Raam		
verkeer en recreatie			
7	N321 reconstructie/groot onderhoud		
8	Doorgaande fietsroute op de dijk incl goede aansluitingen en ontbrekende schakels		
9	Nieuwe recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op/aan de dijk		
11	Recreatieve ontsluiting uiterwaarden, wandelpad langs de dijk		
12	Nieuwe doorgang vaarverkeer Kraaijenbergsche Plassen + fietsbruggen		
wonen en werken			
15	Maatwerk buitendijks wonen Grave (Maasboulevard, Scheepswerf, (betreft het binnendijks brengen van de woningen)		

Figuur 0-6 Verdeling Meekoppelkansen in de Kansrijke Alternatieven, per KA aangegeven met groene blokken [28]

De meekoppelkansen worden in het Voorkeursalternatief opgenomen in een 'menukaart'. Met die menukaart kunnen de definitieve keuzes over de meekoppelkansen in een later stadium nog worden gemaakt. De menukaart biedt de gebiedspartners ruimte om de meekoppelkansen verder uit te werken, af te stemmen met stakeholders en de (financiële) haalbaarheid te onderzoeken.

De meekoppelkansen die onlosmakelijk onderdeel zijn van het dijkontwerp van KA 2, zijn beoordeeld als integraal onderdeel van KA 2. Het gaat daarbij om de meekoppelkansen:

- Mkk 1 "Halfbastion Blauwkop zichtbaar en beleefbaar maken", inclusief Mkk 9 "rustpunt", Mkk 11 "wandelpad" en Mkk 15 "woningen Bomvrije binnendijks brengen" in Grave;
- Mkk 4 "Rivierkundige compensatie/ nieuwe buitendijkse natuur en KRW" bij Neerloon.
- Mkk 8 "Doorgaande fietsroute/fietsstraat door Grave";
- Mkk 8 "doorgaande fietsroute/fietsstraat Tuimeldijk Koninginnedijk" in Grave;
- Mkk 8 "Verbreden naar 2-richtingenfietspad aan NO-zijde" bij Grave;
- en Mkk 15 "Woningen Maaskade Noord binnendijks brengen" in Grave.

De effecten van alle andere meekoppelkansen uit Figuur 0-6 zijn apart beoordeeld. Het gaat daarbij om de meekoppelkansen:

- Mkk 2 - Restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorisch element/object (paragraaf 7.11.4);
- Mkk 3 - Beerse Overlaat zichtbaar maken (paragraaf 7.11.5);
- Mkk 4 - Nieuwe buitendijkse natuur (paragraaf 7.11.6);
- Mkk 5 - Realiseren en verbeteren van ecologische verbindingszones (paragraaf 7.11.7);
- Mkk 6 - Herstel beekmonding Raam (paragraaf 7.11.8);
- Mkk 7 - Reconstructie of groot onderhoud N321 (paragraaf 7.11.9);
- Mkk 8 - Doorgaande fietsroute op de dijk inclusief aansluiten ontbrekende schakels (paragraaf 7.11.10);
- Mkk 9 - Nieuwe recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk (paragraaf 7.11.11);
- Mkk 11 - Recreatieve ontsluiting uiterwaarden/ wandelpad langs de dijk (paragraaf 7.11.12);
- Mkk 12 - Nieuwe doorgang vaarverkeer Kraaijenbergse Plassen inclusief fietsbruggen (paragraaf 7.11.13).

Wijze van beoordelen

De milieueffecten van de Kansrijke Alternatieven zijn in beeld gebracht voor de thema's:

- Ruimtelijke kwaliteit, Cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid;
- Natuur/biodiversiteit;
- Vrijetijdseconomie (recreatie);
- Woon- & werkklimaat & verkeersveiligheid;
- Duurzaamheid;
- Bodem;
- Waterhuishouding;
- Rivierkunde;
- Leefomgeving;
- en Hinder tijdens aanleg.

In de huidige Verkenningsfase zijn de meeste beoordelingen op basis van een kwalitatieve analyse gegeven. De effecten van de Kansrijke Alternatieven op de deelgebieden zijn steeds op een zevenpuntsschaal beoordeeld (Tabel 0-1), tenzij positieve effecten niet mogelijk zijn (dan is een vierpuntsschaal zonder "+"-en gehanteerd). De milieueffecten zijn ten opzichte van de referentiesituatie beoordeeld. De referentiesituatie is de huidige situatie, aangevuld met autonome ontwikkelingen. Autonome ontwikkelingen zijn voorziene ontwikkelingen buiten het project die voldoende concreet zijn. De wijze van beoordeling per thema is nader toegelicht in de effectbeoordelingen.

Overigens is het milieuthema "Hinder tijdens aanleg" nog niet te beoordelen tijdens de huidige Verkenningsfase. De hinderaspecten (tijdelijke effecten op de bereikbaarheid van functies, vervoersbewegingen, geluids-, stof- en trillinghinder) worden in de Planuitwerkingsfase beoordeeld. Deze hinderaspecten hebben namelijk betrekking op de tijdelijke hinder die ontstaat in de realisatiefase van de dijkverbetering. In de huidige Verkenningsfase wordt alleen de gebruiksfase beoordeeld. Desondanks valt in de Verkenningsfase al wel te vermelden dat de dijkverbetering, in welke vorm deze ook wordt uitgevoerd, (aanzienlijke) hinder tijdens aanleg kan veroorzaken.

Tabel 0-1 Zevenpuntsschaal

BEOORDELING	BETEKENIS
+ + +	Zeer sterke verbetering/ zeer aanzienlijk positief effect t.o.v. referentiesituatie
+ +	Sterke verbetering/ aanzienlijk positief effect t.o.v. referentiesituatie
+	Verbetering/ positief effect t.o.v. referentiesituatie
0	Geen relevante verandering t.o.v. referentiesituatie
-	Verslechtering/ negatief effect t.o.v. referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering/ aanzienlijk negatief effect t.o.v. referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering/ zeer aanzienlijk negatief effect t.o.v. referentiesituatie

Beoordeling milieueffecten Kansrijke Alternatieven

In Tabel 0-2 zijn alle effectbeoordelingsscores van de Kansrijke Alternatieven per thema, per deelgebied weergegeven. Onder deze tabel is per deelgebied een beknopte samenvatting gegeven van de effecten die bepalend zijn geweest voor het samenstellen van het uiteindelijke Voorkeursalternatief (VKA) voor de dijkverbetering. Het Voorkeursalternatief is gepresenteerd in de Nota Voorkeursalternatief[3].

Tabel 0-2 Overzichtstabel effectbeoordelingen KA 1 en KA 2 per thema, per deelgebied

Thema	Beoordeling per thema per deelgebied	KA 1	KA 2
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	Cuijk	-	-
	Grave	- -	+
	NOR	-	-
Natuur/biodiversiteit	Cuijk	- -	-
	Grave	o	o
	NOR	- -	-
Vrijetijdseconomie (recreatie)	Cuijk	o	o
	Grave	o	+ +
	NOR	o	o
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	Cuijk	- -	-
	Grave	- -	-
	NOR	- -	- -
Duurzaamheid	Cuijk	-	- -
	Grave	-	- -
	NOR	- -	- -
Bodem	Cuijk	-	- -
	Grave	-	-
	NOR	-	- -
Waterhuishouding	Cuijk	o	o
	Grave	o	o
	NOR	o	o
Rivierkunde	Cuijk	o	- -
	Grave	o	- -
	NOR	o	-
Leefomgeving	Cuijk	o	o
	Grave	o	Planuitwerking
	NOR	o	o
Hinder tijdens aanleg	Cuijk	Planuitwerking	Planuitwerking
	Grave	Planuitwerking	Planuitwerking
	NOR	Planuitwerking	Planuitwerking

Onderscheidende milieueffecten

Hieronder is per deelgebied een samenvatting gegeven van de effecten die bepalend zijn geweest voor het samenstellen van het Voorkeursalternatief (VKA) voor de dijkverbetering[3]. Ook is aangegeven welke eventuele negatieve effecten verzacht of gecompenseerd moeten worden. Dit is een opgave voor de planuitwerkingsfase.

Deelgebied Cuijk

Voor het deelgebied Cuijk zijn de milieueffecten als volgt beoordeeld (Tabel 0-3).

Tabel 0-3 Effectbeoordelingen deelgebied Cuijk

Thema	KA 1	KA 2
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	-	-
Natuur/biodiversiteit	- -	-
Vrijetijdseconomie (recreatie)	o	o
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	- -	-
Duurzaamheid	-	- -
Bodem	-	- -
Waterhuishouding	o	o
Rivierkunde	o	- -
Leefomgeving	o	o
Hinder tijdens aanleg	Planuitwerking	Planuitwerking

In het deelgebied Cuijk zijn de twee Kansrijke Alternatieven op een aantal aspecten onderscheidend beoordeeld. Hieronder is per aspect toegelicht hoe daar in de keuze van het Voorkeursalternatief (VKA) rekening mee is gehouden.

- In het deelgebied Cuijk heeft vooral de beoordeling op het aspect rivierkunde een belangrijke rol gespeeld in de keuze van het Voorkeursalternatief (VKA). In dit deelgebied zou buitenwaarts versterken (dijkverbetering aan de zijde van de Maas) leiden tot een opstuwing in de Maas tijdens hoogwater. Deze opstuwing bedraagt meer dan 1 mm. Bovendien is binnenwaarts versterken (dijkverbetering aan de binnendijkse zijde) een realistisch alternatief. Daardoor is de vergunbaarheid van KA1 bij Rijkswaterstaat onzeker en/of zou de ruimte voor de rivier gecompenseerd moeten worden met rivierverruimende maatregelen. Om deze reden is de binnenwaartse versterking bij het bedrijventerrein Haven Cuijk opgenomen in het VKA.
- De bovenstaande keuze leidt echter tot een (sterk) negatieve beoordeling op het aspect bedrijfsfuncties. Ongeveer 0,5 hectare aan bedrijfsterreinen in de Haven Cuijk wordt geraakt door de voorziene grondbermen aan de binnendijkse zijde. Behalve een fietsenstalling wordt er geen bebouwing geraakt.

Er zijn een aantal aspecten waarop in dit deelgebied een negatieve score is gegeven in het MER deel 1 voor beide Kansrijke Alternatieven. Hier is in de planuitwerkingsfase nadere aandacht voor nodig.

- Monumenten. De (potentiële) aantasting van de twee kazematten in de dijk bij Katwijk zorgt voor een negatieve score. Deze historische bouwwerken zouden kunnen “verdwijnen” onder de te verhogen en verbreden gronddijk. Daarom zijn dit maatwerklocaties voor de planuitwerking.
- Landschap. De aanleg van bermen leidt tot het kappen van struweel en bomen langs het bedrijventerrein Haven Cuijk en langs de Kraaijenbergse Plassen. In de planuitwerking wordt exact uitgewerkt om welke bosschages en bomen het gaat en wordt bepaald waar deze herplant kunnen worden. In het VKA is opgenomen dat er een nieuwe bomenrij wordt aangeplant langs het bedrijventerrein Haven Cuijk.
- Natura 2000-gebieden. De precieze mate van stikstofdepositie op de nabijgelegen Natura 2000-gebieden moet nog worden onderzocht in de planuitwerking. De werkzaamheden in het deelgebied Cuijk leiden mogelijk tot effecten op onder andere het Natura 2000-gebied Oeffelter Meent.
- Natuurnetwerk Brabant. Het aanleggen van de stabiliteitsberm langs de Kraaijenbergse Plassen leidt tot permanent verlies van 0,14 ha bos dat gecompenseerd moet worden. Ook is er verlies aan 0,13 terrein dat nog is om te vormen naar natuur. Beide gebieden vallen onder het beschermde Natuurnetwerk Brabant. In de planuitwerking zal onder andere hiervoor een compensatieplan opgesteld moeten worden.
- Beschermde soorten. Het kappen van bomen en struweel langs het bedrijventerrein Haven Cuijk, de Kraaijenbergse plassen en bij het moestuinencomplex De Driessen kan leiden tot een sterk negatief effect op beschermde soorten (waaronder dassen, vleermuizen en broedvogels). Ook bij de kazematten bij Katwijk moet rekening worden gehouden met de aanwezigheid van vleermuizen. In de planuitwerking wordt een veldinventarisatie uitgevoerd en wordt bepaald op welke wijze mitigatie en/of compensatie mogelijk is.

- Archeologie. Langs het gehele dijktracé is in de planuitwerking archeologisch onderzoek nodig omdat het binnendijkse gebied een middelhoge tot hoge verwachtingswaarde voor archeologische vondsten heeft.
- Hindereffecten tijdens aanleg. In de huidige verkenningsfase is nog geen aandacht besteed aan de wijze van uitvoering. In de planuitwerking wordt de wijze van uitvoering op hoofdlijnen bepaald en worden de effecten van de uitvoering op verschillende hinderaspecten, zoals geluid en trillingen, onderzocht.

Deelgebied Grave

Voor het deelgebied Grave zijn de milieueffecten als volgt beoordeeld (Tabel 0-4).

Tabel 0-4 Effectbeoordelingen deelgebied Grave

Thema	KA 1	KA 2
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	- -	+
Natuur/biodiversiteit	0	0
Vrijetijdseconomie (recreatie)	0	+ +
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	- -	-
Duurzaamheid	-	- -
Bodem	-	-
Waterhuishouding	0	0
Rivierkunde	0	- -
Leefomgeving	0	Planuitwerking
Hinder tijdens aanleg	Planuitwerking	Planuitwerking

In het deelgebied Grave zijn de twee Kansrijke Alternatieven op een aantal aspecten onderscheidend beoordeeld. Hieronder is per aspect toegelicht hoe daar in de keuze van het Voorkeursalternatief (VKA) rekening mee is gehouden.

- Monumenten. Kansrijk Alternatief 1 scoort sterk negatief vanwege het ophogen van de muur aan de Maaskade (een Rijksmonument) met een glazen kering. Het oordeel is dat een glazen opbouw boven op deze muur een sterke aantasting van de monumentale waarde zou betekenen. Mede om deze reden is gekozen voor de oplossing uit Kansrijk Alternatief 2: het integraal ophogen en opwaarderen van de Maaskade. Dit heeft een neutraal effect op de monumentale waarde van de muur aan de Maaskade.
- Cultuurhistorische elementen en structuren. Kansrijk Alternatief 2 soort zeer positief op het aspect Cultuurhistorische elementen en structuren, omdat goed wordt aangesloten op de Vestingvisie Grave[25]. In het VKA zijn elementen uit Kansrijk Alternatief 2 overgenomen, maar beslist niet alle elementen. Zo zijn de tracéverleggingen aan het noordelijke deel van de Maaskade en rondom de Bomvrije niet overgenomen, onder andere vanwege het opstuwende effect op de Maaswaterstanden.
- Vrijetijdseconomie. De integrale opwaardering van de Maaskade die in Kansrijk Alternatief 2 en het VKA is opgenomen, heeft naar verwachting een zeer positief effect op de recreatieve en toeristische aantrekkingskracht van Grave.
- Woongenot. Bij Kansrijk Alternatief 2 zijn de effecten op het woongenot als sterk negatief beoordeeld, onder andere doordat een berm wordt aangelegd door de tuinen langs de dr. Kanterslaan. Ook de verlegging rondom de Bomvrije heeft een negatief op het woongenot. In het VKA is voor beide ingrepen niet gekozen.
- Verkeersveiligheid. In Kansrijk Alternatief 2 scoren de vrijliggende fietspaden langs de N321 en de Koninginnedijk positief op verkeersveiligheid. In het VKA is alleen het vrijliggende fietspad langs de N321 opgenomen.
- Bereikbaarheid van functies. Kansrijk Alternatief 2 heeft een negatief effect op de bereikbaarheid van functies, omdat enkele parkeerplaatsen langs de Maaskade en de Nieuwe Haven komen te vervallen. In het VKA geldt dit alleen voor de Maaskade. In de planuitwerking wordt het verkeersplan verder uitgewerkt en worden negatieve effecten waar mogelijk verzacht.
- Rivierkunde. Het nieuwe tracé van de waterkering in Kansrijk Alternatief 2, met de rivierwaartse verlegging van de kering rondom het noordelijke deel van de Maaskade Noord en Bomvrije, én de tuimeldijk langs de Koninginnedijk scoort sterk negatief omdat dit strijdig is met de Beleidslijn grote rivieren. Deze ingrepen zorgen namelijk voor opstuwing van de Maaswaterstanden. Deze rivierwaartse dijkverleggingen zijn allemaal niet opgenomen in het VKA.

Er zijn een aantal aspecten waarop in dit deelgebied een negatieve score is gegeven in het MER deel 1 voor beide Kansrijke Alternatieven. Hier is in de planuitwerkingsfase nadere aandacht voor nodig.

- Beeldbepalende Bomen. In beide Kansrijke Alternatieven gaan we ervan uit dat de beeldbepalende bomen op de Maaskade verwijderd moeten worden. In het VKA wordt uitgegaan van herplanten.
- Archeologie. Langs het gehele dijktracé is in de planuitwerking archeologisch onderzoek nodig omdat het binnendijkse gebied een middelhoge tot hoge verwachtingswaarde voor archeologische vondsten heeft.
- Hindereffecten tijdens aanleg. In de huidige verkenningsfase is nog geen aandacht besteed aan de wijze van uitvoering. In de planuitwerking wordt de wijze van uitvoering op hoofdlijnen bepaald en worden de effecten van de uitvoering op verschillende hinderaspecten, zoals geluid en trillingen, onderzocht.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)

Voor het deelgebied NOR zijn de milieueffecten als volgt beoordeeld (Tabel 0-5).

Tabel 0-5 Effectbeoordelingen deelgebied NOR

Thema	KA 1	KA 2
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	-	-
Natuur/biodiversiteit	- -	-
Vrijetijdseconomie (recreatie)	0	0
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	- -	- -
Duurzaamheid	- -	- -
Bodem	-	- -
Waterhuishouding	0	0
Rivierkunde	0	-
Leefomgeving	0	0
Hinder tijdens aanleg	Planuitwerking	Planuitwerking

In het deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR) zijn de twee Kansrijke Alternatieven op een aantal aspecten onderscheidend beoordeeld. Hieronder is per beoordelingsaspect toegelicht hoe daar in de keuze van het Voorkeursalternatief (VKA) rekening mee is gehouden.

- Monumenten. In Kansrijk Alternatief 2 is het effect op monumenten negatief, vanwege de damwanden die op korte afstand van het rijksmonument Sint Victorkerk en een vijftal gemeentelijke monumenten in de grond worden aangebracht. Al deze monumenten bevinden zich in Neerloon. Het aanbrengen van damwanden in de grond geeft een risico op schade aan deze monumenten. Aangezien in het VKA wél is gekozen voor deze oplossing, verdient dit speciale aandacht bij het bepalen van de uitvoeringswijze in de planuitwerking.
- Landschap. In Kansrijk Alternatief 1 liggen in Overlangel en Neerloon een groot aantal maatwerklocaties, waardoor grondbermen en verticale constructies elkaar op korte afstand afwisselen. Dit geeft een negatief effect op de ruimtelijke kwaliteit vanwege het “rommelige” landschappelijke beeld dat daardoor ontstaat. In het VKA wordt een andere keuze gemaakt, namelijk het aaneensluiten van de damwanden (zoals in Kansrijk Alternatief 2). Hierdoor wordt een rommelig landschappelijk beeld voorkomen.
- Beschermde soorten. In beide Kansrijke Alternatieven wordt leefgebied aangetast van beschermde soorten door de verbreding van het dijklichaam. Kansrijk Alternatief 1 scoort sterk negatief door het grotere binnendijkse ruimtebeslag. Het VKA heeft een minder groot ruimtebeslag dan Kansrijk Alternatief 1, maar zal ook negatieve effecten met zich meebrengen. Met name de aantasting van een bosgebied langs de Mars en Wijthdijk en leefgebied van de steenuil ter hoogte van Overlangel verdient nadere aandacht in de planuitwerkingsfase.
- Woongenot. Door de verhoging van de dijk neemt heet uitzicht van de woningen langs de dijk in beide Kansrijke Alternatieven af. In Overlangel en Neerloon is wordt in Kansrijk Alternatief 1 het woongenot extra aangetast (sterk negatief) door de aanleg van grondbermen tussen de woningen in. In het VKA is daar niet voor gekozen, maar wordt een doorlopende verticale constructie toegepast.
- Rivierkunde. In Kansrijk Alternatief 1 is het effect op rivierkunde neutraal doordat geen buitenwaartse versterking plaatsvindt. In Neerloon is in Kansrijk Alternatief 1 een (kostbare) kistdam opgenomen. In het VKA is daar niet voor gekozen, maar is een maatwerkoplossing opgenomen, die in de planuitwerkingsfase wordt uitgewerkt. Door het realiseren van een weerdverlaging bij Neerloon kan een eventueel negatief effect op de Maaswaterstanden (opstuwing) worden gecompenseerd.

Naast deze onderscheidende effecten zijn er een aantal aspecten waarop in dit deelgebied een negatieve score is gegeven voor beide Kansrijke Alternatieven. Hier is in de planuitwerking nadere aandacht voor nodig.

- Natuurnetwerk Brabant. De verbreding van de dijk zorgt in beide alternatieven voor een sterk negatief effect op het Natuurnetwerk Brabant. In totaal wordt bij het VKA 0,72 ha aan bosgebied geraakt. In de planuitwerkingsfase zal hiervoor een compensatieplan worden gemaakt. Daarnaast wordt het natuurbeheertype Bloemendijk aangetast. Hiervoor wordt een mitigatieplan opgesteld, om de negatieve effecten te verzachten.
- Bedrijfsfuncties. Beide alternatieven hebben een sterk negatief effect op bedrijfsfuncties in dit deelgebied, vanwege het verlies aan landbouwareaal. In het VKA zal dit vergelijkbaar zijn met Kansrijk Alternatief 2. In Kansrijk Alternatief 1 is het verlies aan landbouwareaal nog iets groter, vanwege het grotere binnendijkse ruimtebeslag.
- Archeologie. Langs het gehele dijktracé is in de planuitwerking archeologisch onderzoek nodig omdat het binnendijkse gebied een middelhoge tot hoge verwachtingswaarde voor archeologische vondsten heeft.
- Hindereffecten tijdens aanleg. In de huidige verkenningsfase is nog geen aandacht besteed aan de wijze van uitvoering. In de planuitwerking wordt de wijze van uitvoering op hoofdlijnen bepaald en worden de effecten van de uitvoering op verschillende hinderaspecten, zoals geluid en trillingen, onderzocht.

Indicatieve beoordeling milieueffecten meekoppelkansen

De effecten van alle meekoppelkansen die niet onlosmakelijk zijn verbonden aan het dijkontwerp (en dus onafhankelijk van KA 1 of KA 2 gerealiseerd kunnen worden) zijn separaat beschouwd. Het detailniveau van de informatie over meekoppelkansen is in de Verkenningsfase globaal, waardoor de effectbeoordeling kwalitatief en beschouwend van aard is. De locaties van meekoppelkansen zijn weergegeven in de Kaart Meekoppelkansen in Bijlage 1. De te verwachten milieueffecten van de apart beoordeelde meekoppelkansen (Mkk's) is weergegeven in Tabel 0-7 (pagina 13). Er is gescoord volgens een indicatieve driepuntsschaal, die is toegelicht in Tabel 0-6. De effecten zijn ten opzichte van de referentiesituatie beoordeeld.

Tabel 0-6 Beoordelingsschaal milieueffecten van de meekoppelkansen

Score	Toelichting
↥	Overwegend positieve effecten
o	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
↧	Overwegend negatieve effecten of aandachtspunt voor verdere uitwerking
*	Onvoldoende informatie; milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

Tabel 0-7 Samenvattende tabel van de indicatieve effectbeoordeling meekoppelkansen

	Effectbeoordeling									
Thema	Mkk 2 Restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorisch element/ object	Mkk 3 Beerse Overlaat zichtbaar maken	Mkk 4 Nieuwe buitendijkse natuur	Mkk 5 Realiseren en verbeteren van ecologische verbindingszones	Mkk 6 Herstel beekmonding Raam	Mkk 7 Reconstructie of groot onderhoud N321	Mkk 8 Doorgaande fietsroute op de dijk inclusief aansluiten ontbrekende schakels	Mkk 9 Nieuwe recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk	Mkk 11 Recreatieve ontsluiting uiterwaarden/ wandelpad langs de dijk	Mkk 12 Nieuwe doorgang vaarverkeer Kraaijenbergse Plassen inclusief fietsbruggen
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	↥	↥	↥	↥	↥	↧	↥	↥	↥	↥
Natuur/ biodiversiteit	↧	o	↥	↥	↥	o	o	o	↧	o
Vrijetijdseconomie (recreatie)	↥	↥	o	o	o	o	↥	↥	↥	↥
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	o	↧	↧	↧	↧	↥	↥	o	↧	↥
Duurzaamheid	*	*	↥	o	*	*	o	*	o	↧
Bodem	*	*	↧	*	*	*	*	o	o	*
Waterhuishouding	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Rivierkunde	o	o	o	o	↧	↧	↧	o	o	↧
Leefomgeving	o	o	o	o	o	*	o	o	o	*
Hinder tijdens aanleg	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

*= milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

Mitigatie en compensatie

Voor sommige specifieke MER-thema's dient gecompenseerd en/of gemitigeerd te worden. Compenseren is soms nodig om negatieve effecten op een andere locatie terug in balans te brengen. Mitigeren betekent dat een negatief effect verzacht wordt. Voor de thema's waar sprake is van benodigde compensatie en mitigatie, is hieronder toegelicht wat dit inhoudt.

- Natura 2000. Voor Natura 2000-gebieden is er sprake van een mogelijk negatief effect tijdens de aanlegfase als gevolg van stikstofdepositie. Hier wordt in de planuitwerking nader onderzoek naar uitgevoerd. Het is denkbaar dat voor de betreffende gebieden mitigerende of compenserende maatregelen noodzakelijk zijn.
- Natuurnetwerk Brabant. Ontwikkelingen binnen een NNB-gebied zijn alleen mogelijk met een nadere toetsing: de 'nee-tenzij' toets. Dit houdt in dat ingrepen in NNB-gebied niet worden toegestaan, tenzij er sprake is van een zwaarwegend maatschappelijk belang en als er geen alternatieven zijn. Bij een 'nee-tenzij' toets worden de effecten op de wezenlijke kenmerken en waarden van NNB-gebied getoetst en voorgelegd aan het bevoegd gezag. Als bij een ingreep schade wordt aangericht aan een NNB-gebied, dan dient dit gemitigeerd of gecompenseerd te worden. Bij beide Kansrijke Alternatieven dient gecompenseerd te worden voor de circa 1,4 hectare aan NNB-oppervlakken die permanent verloren gaan. Concrete maatregelen om effecten op het Natuurnetwerk Brabant te mitigeren ("minder erg te maken"), worden uitgewerkt in de planuitwerkingsfase. Het detailniveau van de huidige verkenningsfase is globaal.
- Overige beschermde soorten. Vanuit de soortbescherming geldt dat voldaan dient te worden aan de zorgplicht voor alle soorten. Ook dient rekening te worden gehouden met het broedseizoen van vogels. Voor sommige soorten is het nodig om een ontheffing aan te vragen. Hierin worden specifieke mitigerende maatregelen opgenomen.
- Mitigatie CO2-uitstoot en milieu-impact materialengebruik. Een aantal maatregelen kunnen worden ingezet om de milieu-impact, zoals de CO_2-uitstoot en impact gerelateerd aan materialengebruik te reduceren. Met name het hergebruiken van bestaande damwanden, sturen op grondoplossingen, kiezen van duurzame materiaalleveranciers en het inzetten van elektrisch materieel leiden tot een duurzamere dijkverbetering. De productie(fase) van materialen veroorzaakt de meeste uitstoot van CO_2 en de grootste impact op het milieu. De meeste winst valt daarom te behalen door maatregelen in te zetten die zich richten op de productiefase: winning van grondstoffen, transport en productie.
- Compensatie gedempte sloten. Wanneer er watergangen gedempt moeten worden om bermen te kunnen realiseren, zal dit een negatief effect hebben op de capaciteit van het systeem. Als dit het geval is, zal dit verlies aan slootcapaciteit moeten worden gecompenseerd.
- Rivierkundige compensatie in KA 2. Bij Kansrijk Alternatief 2 is, vanwege de buitendijkse oplossingen, rivierkundige compensatie van het waterstandseffect en bergend vermogen van de Maas tijdens hoogwater nodig. Ter hoogte van Neerloon is ruimte om compensatie toe te passen in de vorm van een (droge) nevengeul. Overigens is meeliften op rivierkundige compensatie binnen het westelijk aangrenzende project Meanderende Maas mogelijk een optie. Het is nog niet zeker of dit mogelijk is; dit is een aandachtspunt voor de Planuitwerkingsfase.

Doorkijk naar de Planuitwerkingsfase

Met de Nota Voorkeursalternatief[3] en dit MER deel 1 wordt de Verkenningsfase van de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein afgerond. Naar verwachting wordt het Voorkeursalternatief in december 2022 bestuurlijk vastgesteld. Hierna volgt de Planuitwerkingsfase, waarin het VKA wordt uitgewerkt, en het projectbesluit en het MER deel 2 worden opgesteld, die de basis gaan vormen voor de realisatiefase. Op het ontwerp-Projectbesluit en het MER kunnen zienswijzen worden ingediend en na behandeling van deze zienswijzen volgt de definitieve vaststelling.

In de planuitwerking werken we in het ontwerp toe naar het detailniveau dat nodig is voor een Projectbesluit en voor de afronding van de procedure voor milieueffectrapportage. In de Verkenningsfase is dit MER deel 1 opgesteld om de milieueffecten van de keuzes die zijn gemaakt inzichtelijk te maken. In de Planuitwerking vullen we deze aan tot het Project-MER, waarin de milieueffecten van het Voorkeursalternatief (VKA) en eventuele varianten daarop worden beoordeeld. Er wordt dan ook onderzocht wat benodigd is inzake compensatie en mitigatie.

Ook in de planuitwerking zal samenwerking met de omgeving centraal staan. Op belangrijke momenten worden bewoners en andere belanghebbenden geïnformeerd en gevraagd om hun belangen en wensen kenbaar te maken. De planuitwerking gebruiken we ook om een definitief overzicht te maken van alle wensen en of deze met het ontwerp zijn

gehonoreerd of dat ze als eis voor realisatie moeten worden meegenomen. Wanneer wensen niet zijn gehonoreerd zullen we dat op adequate wijze toelichten aan betrokkenen.

Met de partners werken we door aan het realiseren van de meekoppelkansen. In een samenwerkingsovereenkomst leggen we de definitieve afspraken vast over de meekoppelkansen die we daadwerkelijk uit gaan voeren. Het daadwerkelijk uitvoeren van meekoppelkansen is met name afhankelijk van voldoende concrete uitwerking, beschikbaar budget, verleende vergunningen en draagvlak.

1 INTRODUCTIE DIJKVERBETERING CUIJK-RAVENSTEIN

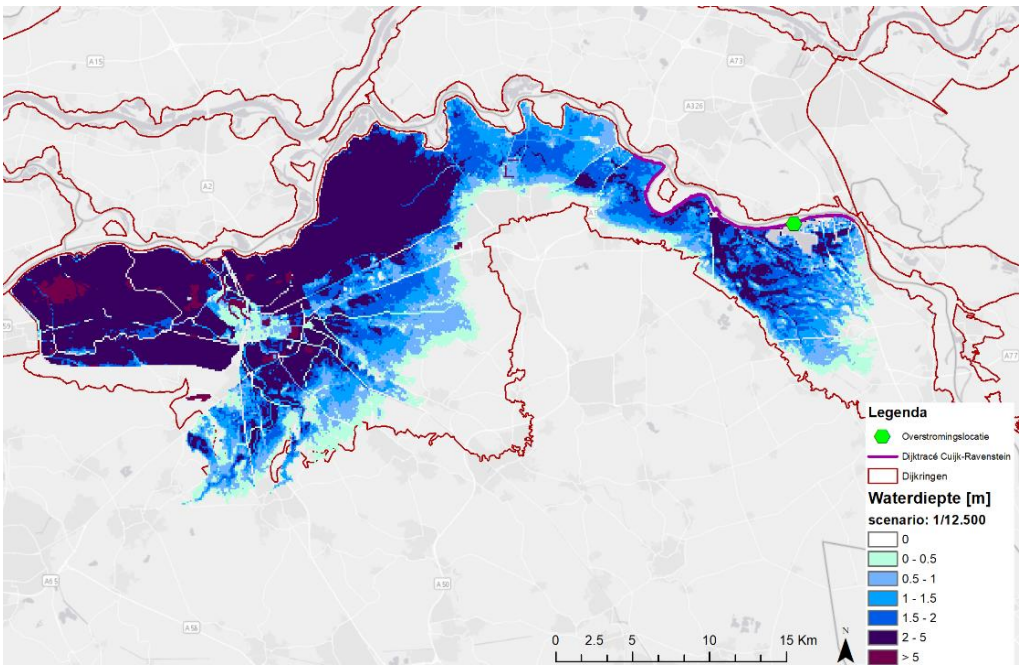
1.1 Achtergrond en aanleiding

Het klimaat verandert. Dat betekent dat het water in de Maas in de toekomst steeds vaker erg hoog staat. De dijken moeten daarom voldoen aan de waterveiligheidseisen voor het beschermen van de inwoners en de economische waarden in het achterland. De normen voor waterveiligheid zijn in 2017 vastgelegd in de Waterwet. De dijk tussen Cuijk en Ravenstein is één van de trajecten met de strengste norm langs de Maas vanwege de grote gevolgen bij een dijkdoorbraak. Het gebied dat zou overstromen bij een dijkdoorbraak strekt zich uit tot en met 's-Hertogenbosch (Figuur 1-1).

De dijk tussen Cuijk en Ravenstein is beoordeeld aan de hand van de nieuwe veiligheidsnormen. Uit de uitgevoerde beoordeling blijkt dat vrijwel het hele traject niet voldoet aan de waterveiligheidseisen. Waterschap Aa en Maas gaat daarom aan de slag om de dijk te verbeteren. Het project Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein is opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het HWBP is onderdeel van het Deltaprogramma waarin de waterschappen en Rijkswaterstaat samenwerken om Nederland te beschermen tegen overstromingen.

Dit project wordt uitgevoerd volgens de MIRT-systematiek (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport). Het project is gestart met een Voorverkenning die in juli 2020 is afgerond. Daarna is gestart met de huidige fase: de Verkenningsfase, waarin belangrijke keuzes worden gemaakt. Deze keuzes zijn leiden tot een bestuurlijk vastgesteld Voorkeursalternatief (VKA). In de hiernavolgende Planuitwerkingsfase wordt dit VKA verder uitgewerkt en worden de juridische procedures voorbereid (Projectbesluit). Na afronding van deze procedures kan worden gestart met de realisatie. Het streven is dat de dijkverbetering in 2028 wordt afgerond.

Het verbeteren van de waterveiligheid aan de Brabantse zijde van de Maas heeft prioriteit. De dijk beschermt een groot aantal inwoners en een hoge economische waarde van het achterland, wat tot gevolg heeft dat het beschermingsniveau hier hoog is en dat de dijk hier nu wordt aangepakt. Voor deze dijk geldt dat in 2050 een minimaal beschermingsniveau gegarandeerd dient te zijn met een overstromingskans van 1:10.000 per jaar.



Figuur 1-1 Overstromingsscenario doorbraaklocatie Kraaijenbergse plassen traject 36-2[1]

1.2 Doel en voorgenomen activiteiten

1.2.1 Doelstelling van het project

De primaire doelstelling van het project is om de waterkering Cuijk-Ravenstein (dijktraject 36-2) te laten voldoen aan de landelijke normen voor primaire waterkeringen waarbij bestaande waarden en functies worden ingepast. De secundaire doelstelling van het project is om, waar mogelijk, een bijdrage te leveren aan de kwaliteit van de leefomgeving.

1.2.2 De waterveiligheidsopgave

In de waterveiligheidsbeoordeling is onderzocht wat de kans is dat, door falen van de dijk, het achterliggende gebied onder water loopt. Uit de uitgevoerde beoordeling blijkt dat vrijwel het gehele traject tussen Cuijk en Ravenstein niet voldoet aan de waterveiligheidseisen. Het overgrote deel van het dijktraject moet daarom worden aangepakt. Het falen van een dijk kan op verschillende manieren gebeuren. Dit worden faalmechanismen genoemd. Op welke faalmechanismen de dijk tussen Cuijk en Ravenstein is afgekeurd en hoe dit kan worden opgelost, is uitgelegd in paragraaf 3.1 van dit rapport.

1.2.3 De gebiedsopgave

De ontwerpopgave voor de dijkverbetering bestaat naast de opgave voor waterveiligheid uit een gebiedsopgave. De opgave voor waterveiligheid gaat over de hoogte en sterkte van de dijk. De gebiedsopgave is de invulling van de doelstelling om waar mogelijk een bijdrage te leveren aan de kwaliteit van de leefomgeving. De gebiedsopgave is dus de opgave om de kwaliteit van de andere functies op of langs de dijk zoals bijvoorbeeld recreatie, biodiversiteit en verkeer te verbeteren. Voor de invulling van de gebiedsopgave maken we onderscheid tussen inpassing, meekoppelkansen en raakvlakken. Hierover is in paragraaf 3.2 meer uitgelegd.

1.3 Projectaanpak

De integrale nota van uitgangspunten (IUN)[4] vormt het eerste product in de Verkenningsfase van de dijkverbetering en de basis voor het ontwerpproces. In de IUN zijn het werkproces, opgaven en uitgangspunten opgenomen.

Dit project wordt uitgevoerd volgens de MIRT-systematiek (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport; Figuur 1-2). Het project is gestart met een Voorverkenning die in juli 2020 is afgerond. Daarna is gestart met de huidige fase: de Verkenningsfase, waarin belangrijke keuzes worden gemaakt. Deze keuzes moeten leiden tot een bestuurlijk vastgesteld Voorkeursalternatief (VKA). In de Planuitwerkingsfase wordt dit Voorkeursalternatief verder uitgewerkt en worden de juridische procedures voorbereid (Projectbesluit). Na afronding van deze procedures kan worden gestart met de realisatie. Het streven is dat de dijkverbetering in 2028 wordt afgerond.



Figuur 1-2 MIRT-fasering met rood omlijnd de huidige fase: de Verkenningsfase waarin toegewerkt wordt naar een Voorkeursalternatief

Ontwikkelen van twee Kansrijke Alternatieven

Op basis van de IUN zijn 5 mogelijke oplossingen ontworpen. Deze zijn afgewogen en uitgewerkt tot twee Kansrijke Alternatieven. Deze Kansrijke Alternatieven zijn beschreven in de Nota Kansrijke Alternatieven[28] en in Hoofdstuk 6 van dit milieueffectrapport. Op hoofdlijnen zijn de twee Kansrijke Alternatieven als volgt te beschrijven:

- In Kansrijk Alternatief (KA) 1 is het vertrekpunt een binnendijkse oplossing in grond met verticaal maatwerk op plekken waar dat voor een goede inpassing nodig is. In Grave wordt bij de versterking het tracé van de huidige kering gevolgd met voornamelijk een lijnvormige oplossing. De focus ligt op behouden en versterken van huidige kwaliteiten van landschap en cultuurhistorie.

- In Kansrijk Alternatief (KA) 2 is het vertrekpunt een buitendijkse oplossing in grond met aanvullingen binnendijks en aaneengesloten trajecten van verticaal maatwerk. In Grave wordt bij de versterking ingezet op een integrale aanpak van de openbare ruimte en worden nieuwe tracés voor de kering bij Bomvrije en Maaskade Noord opgenomen. De focus ligt op behouden, versterken en ontwikkelen van beleving en kwaliteiten van ecologie, landschap en cultuurhistorie.

Meekoppelkansen

Beide alternatieven bevatten meekoppelkansen. In KA 1 zijn alleen meekoppelkansen opgenomen die onafhankelijk van de dijkverbeteringsmaatregelen gerealiseerd kunnen worden. Deze meekoppelkansen vragen geen extra ruimte om te realiseren boven op de versterkingsmaatregelen. Mede daarom wordt in de Verkenningsfase niet voor alle meekoppelkansen een besluit genomen. In KA 2 zijn daarnaast meekoppelkansen opgenomen die wél een directe afhankelijkheid hebben met de dijkverbeteringsmaatregelen en vaak ook extra ruimte vragen. De meekoppelkansen die onlosmakelijk onderdeel zijn van het dijkontwerp van KA 2, worden beoordeeld als integraal onderdeel van KA 2. De overige meekoppelkansen staan op een zogenaamde menukaart en worden los van de Kansrijke Alternatieven globaal beoordeeld.

1.4 Waarom een milieueffectrapportage

Omdat een dijkverbetering grote impact kan hebben op de omgeving moet de procedure van milieueffectrapportage (m.e.r.) worden doorlopen (dit staat in onderdeel D3.2 van het Besluit m.e.r.). In deze m.e.r.-procedure brengen we de impact op de omgeving (de milieugevolgen) in beeld. Deze resultaten worden vastgelegd in een milieueffectrapport (MER). Dit MER is in ieder geval gekoppeld aan het Projectbesluit (na inwerkingtreding van de Omgevingswet), afhankelijk van de mee te nemen meekoppelkansen kan dit MER ook gekoppeld worden aan andere procedures zoals een bestemmingsplan procedure.

Gelet op onderdeel D3.2 van het Besluit m.e.r., dient voor de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein in ieder geval een m.e.r.-beoordeling te worden uitgevoerd behorend bij het Projectplan Waterwet (of: bij inwerkingtreding van de Omgevingswet, het Projectbesluit). Het belangrijkste doel van de procedure voor milieueffectrapportage is het milieubelang een volwaardige plaats te geven in de plan- en besluitvorming. Voor het MER wordt onderzoek gedaan naar de effecten van de dijkverbetering op de omgeving. Op basis hiervan kunnen maatregelen worden getroffen om eventuele negatieve milieueffecten te verminderen en/of te compenseren. Bij het ontwerp wordt daarnaast ook rekening gehouden met kosten, technische aspecten en gevolgen van het ruimtebeslag van de maatregelen op de omgeving.

In de Verkenningsfase gebruiken we het MER om de afweging van het VKA op een eenduidige en transparante manier te doen én te delen met de omgeving. Het MER is daarmee ook een manier om te communiceren.

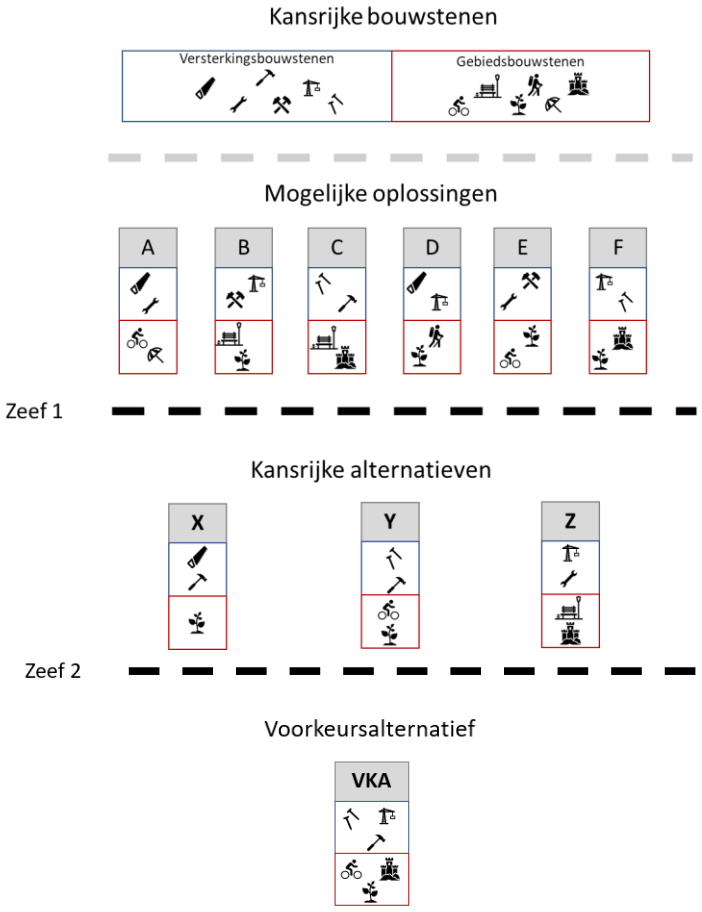
Met de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD)[2] is iedereen geïnformeerd over de werkwijze voor de milieueffectrapportage en de milieueffecten die daarbij worden onderzocht. De Commissie voor de milieueffectrapportage (Commissie m.e.r.) is gevraagd advies uit te brengen.

Het besluit en de belangrijkste stappen in de m.e.r.-procedure
De m.e.r.-procedure is gekoppeld aan het moederbesluit. Dit is het besluit dat genomen moet worden de dijkverbetering mogelijk te maken. Voor dit project is dat het hiervoor toegelichte Projectbesluit volgens de Omgevingswet.

Het belangrijkste formele besluit (in de Planuitwerkingsfase) over dijkverbeteringen in Nederland wordt volgens de huidige wetgeving genomen op basis van een Projectplan. De relevante voorschriften voor dit hoofdbesluit zijn opgenomen in de Waterwet. Naar verwachting treedt in 2023 de Omgevingswet in werking. Het projectplan volgens de Waterwet wordt dan vervangen door een projectbesluit volgens de Omgevingswet. Naar verwachting zal in de Planuitwerkingsfase een Projectbesluit worden genomen. We werken vanaf de start van de verkenning conform de Omgevingswet. Daarom is in de zomer van 2020 een kennisgeving voornemen en participatie gepubliceerd[12].

1.5 MER in twee delen

Het ontwerpproces in de Verkenningsfase bestaat uit een aantal stappen waarbij van breed kijken en veel mogelijkheden verkennen stap voor stap gewerkt wordt naar een haalbaar, betaalbaar en gedragen Voorkeursalternatief (Figuur 1-3). Het ontwerpproces om te komen tot het Voorkeursalternatief bestaat drie 'zeven' (zeef 0, zeef 1 en zeef 2). Stapsgewijs worden **kansrijke bouwstenen**, **mogelijke oplossingen** en **Kansrijke Alternatieven** voor het verbeteren van de dijk afgewogen. Op deze wijze wordt uit een veelheid van bouwstenen naar één **Voorkeursalternatief (VKA)** gewerkt. Dit Voorkeursalternatief wordt vervolgens in de planfase uitgewerkt tot een **definitief ontwerp**. Het detailniveau neemt gaandeweg steeds verder toe: van grof naar fijn.



Figuur 1-3 Schematische weergave van het ontwerpproces in de Verkenningsfase

De Kansrijke Alternatieven zijn beoordeeld en vergeleken aan de hand van een afweegkader. De beoordeling op milieuaspecten hoort hier ook bij. De toetsing op de milieueffecten in de Verkenningsfase noemen we **MER deel 1,** hierin worden de Kansrijke alternatieven beschouwd**.** De Notitie Reikwijdte en Detailniveau[2] beschrijft de wijze waarop de toetsing wordt uitgevoerd.

Op basis van de afweging wordt één integraal Voorkeursalternatief (VKA) gekozen of samengesteld voor het gehele dijktraject. Na vaststelling van het VKA start de planuitwerking. Deze fase resulteert in een definitief ontwerp op basis waarvan het Projectbesluit kan worden opgesteld. In deze fase wordt het MER aangevuld (**MER deel 2**) en afgerond. Om een goede effectbeoordeling te kunnen uitvoeren, worden in deze fase varianten op het Voorkeursalternatief onderzocht en beoordeeld ten behoeve van het te nemen besluit over de dijkverbetering. Deze varianten zijn gericht op het minimaliseren of compenseren van ongewenste effecten.

1.6 Samenhang met Nota VKA

Gelijktijdig met dit milieueffectrapport is een Nota VKA opgesteld. Hierin wordt het Voorkeursalternatief (VKA) in detail beschreven. Ook wordt het ontwerpproces uitgebreider toegelicht, inclusief de waterveiligheidsopgave. Daarbij zijn de Kansrijke Alternatieven, met behulp van het afweegkader, getoetst aan de projectdoelstellingen (toetsing doelbereik). De Nota VKA bevat eveneens een beschrijving van de communicatie en participatie die heeft plaatsgevonden.

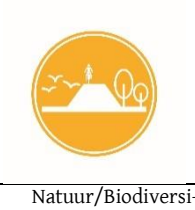
De beoordeling van de milieueffecten uit dit MER deel 1 is gebruikt voor de afweging van de Kansrijke Alternatieven en het samenstellen van het VKA. De Nota VKA bevat een uitgebreide beschrijving van het Voorkeursalternatief.

1.7 Beoordelingskader milieueffecten

In de Integrale Uitgangspuntennotitie (IUN)[4] is een afweegkader voor het dijkontwerp opgenomen. Dit kader speelt op twee momenten in de verkenning een belangrijke rol: bij het samenstellen van de Kansrijke Alternatieven en bij het samenstellen van het Voorkeursalternatief. Het beoordelingskader voor de milieueffectrapportage is gebruikt om op een navolgbare wijze een beoordeling te maken van de milieueffecten van de Kansrijke Alternatieven en vormt daarmee één geheel met het afweegkader voor het ontwerp. Er is daardoor sprake van één kader waarin de ontwerpen zijn beoordeeld op doelbereik, maatschappelijke meerwaarde en haalbaarheid, en op milieueffecten (Tabel 1-1). Vanuit de milieueffectrapportage is belangrijke informatie verzameld om tot een goed ontwerp te komen. Op die manier is inzichtelijk hoe de milieuoverwegingen een rol spelen in het ontwerpproces.

Door binnen één kader te werken ontstaat helderheid in de afweging en onderbouwing van het ontwerp en de alternatieven. Daarbij geldt dat de ontwerpen naast de beoordeling op milieueffecten óók getoetst zijn op de ambities die als “Criterium ontwerp” zijn genoemd.

Tabel 1-1 Beoordelingskader

	Criterium ontwerp	Beoordelingsaspecten Ontwerp	Thema in MER	Beoordelingsaspecten MER
Doelbereik	1. Veilig, beheerbaar, toekomstbestendig 	a. Het ontwerp kan voldoen aan de nieuwe normering voor waterveiligheid b. Het ontwerp is uitvoerbaar en beheerbaar c. Er is rekening gehouden met "geaccepteerde innovaties" d. Een meekoppelkans leidt niet tot een significante extra veiligheidsopgave	Geen beoordeling van doelbereik in het MER. Alle varianten dienen immers veilig, beheerbaar en toekomstbestendig te zijn. De afwegingen hieromtrent zijn toegelicht in de Nota VKA[3]	n.v.t.
Maatschappelijke meerwaarde/Ruimtelijke Kwaliteit/ duurzaamheid	2. Cultuurhistorie, landschap & beleefbaarheid 	a. het ontwerp voldoet aan de uitgangspunten wat betreft "één herkenbare dijk met aandacht voor landschap en cultuurhistorie"	**Ruimtelijke kwaliteit, Cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid**	• Effecten op monumenten • Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen • Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren • Effecten op landschappelijke en aardkundige waarden • Effecten op archeologische (verwachtings)waarden
	3. Natuur/Biodiversiteit 	a. Bestaande natuurwaarden worden niet aangetast in kwaliteit of oppervlak b. Het ontwerp draagt bij aan versterking van bestaande natuurwaarden van het dijktalud c. Het ontwerp levert een bijdrage aan de realisatie van het Natuurnetwerk Brabant en de natuurdoelen van de provincie Noord-Brabant.	**Natuur/biodiversiteit**	• Effecten op Natura2000-gebieden en -soorten tijdens aanleg- en gebruiksfase • Effecten op Natuur Netwerk Brabant-gebieden • Effecten op overige beschermde flora en fauna tijdens aanleg- en gebruiksfase • Bijdrage aan natuurontwikkeling
	4. Vrijetijdseconomie (recreatie) 	a. Het ontwerp zorgt voor behoud en waar mogelijk een verbetering van recreatieve routes (fiets, wandelen, varen) b. Het ontwerp bevat rustpunten op de dijk en vergroot de toegankelijkheid van de Maas met (struin)routes c. Het ontwerp kan een bijdrage leveren aan het verbeteren of uitbreiden van recreatieve voorzieningen (zoals horeca, aanlegplaatsen)	**Vrijetijdseconomie (recreatie)**	• Effecten op recreatieve functies • Effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied
	5. Woon- & werkklimaat & verkeersveiligheid 	a. Het ontwerp draagt bij aan behoud van woonkwaliteit van woningen aan de dijk. b. Het ontwerp draagt bij aan verbetering van de verkeersveiligheid c. Het ontwerp zorgt voor behoud van de bereikbaarheid van bedrijven en bewoners	**Woon- & werkklimaat & verkeersveiligheid**	• Effecten op het woongenot • Effecten op bedrijfsfuncties (landbouw, bedrijfsterreinen) • Effecten op de verkeersveiligheid • Effecten op de verkeersafwikkeling • Effecten op de bereikbaarheid van functies
	6. Energieverbruik, materialen en circulariteit 	a. De maatregelen dragen bij aan de doelstellingen van het Waterschap (energie, materialen en circulariteit)	**Duurzaamheid**	• Energieverbruik (CO2) • Materialenverbruik • Circulariteit

	Criterium ontwerp	Beoordelingsaspecten Ontwerp	Thema in MER	Beoordelingsaspecten MER
Haalbaarheid	7. Betaalbaar en haalbaarheid 	a. De aanlegkosten zijn sober en doelmatig volgens criteria HWBP b. Voor meekoppelkansen is zicht op financiering	Geen beoordeling van kosten en financiering in het MER	n.v.t.
		c. Het risicoprofiel is acceptabel (w.o. vergunbaarheid) d. Het ontwerp kan rekenen op draagvlak van belanghebbenden	**Bodem**	• Effecten op aanwezige bodemverontreinigingen • Benodigd grondverzet • Effecten op maaivelddaling
			Waterhuishouding	• Effecten op het binnendijks watersysteem • Effecten op de grondwaterstanden
			Rivierkunde	• Effecten op de hoogwaterveiligheid • Effecten op de morfologie • Effecten op de scheepvaart (stroombeeld in vaarweg)
			Leefomgeving	• Licht- en geluidshinder • Luchtkwaliteit • Trillinghinder • Externe veiligheid
			Hinder tijdens aanleg	• Tijdelijke effecten op de bereikbaarheid van functies • Tijdelijke effecten op vervoersbewegingen • Tijdelijke effecten op geluids-, stof- en trillinghinder

Beoordelingsmethode

In de Verkenningsfase zijn de meeste beoordelingen op basis van een kwalitatieve analyse gegeven. In Tabel 1-1 is per thema kort toegelicht hoe de beoordeling is uitgevoerd. De wijze van beoordeling per thema is nader toegelicht in de effectbeoordelingen zelf (Hoofdstuk 7).

De effectbeoordelingen zijn uitgevoerd per deelgebied (deze zijn toegelicht in paragraaf 2.2). De effecten van de Kansrijke Alternatieven zijn op een zevenpuntsschaal beoordeeld (Tabel 1-2), tenzij positieve effecten niet mogelijk zijn (dan is een vierpuntsschaal zonder "+"-en gehanteerd). De effecten zijn ten opzichte van de referentiesituatie beoordeeld. Dat is de huidige situatie, aangevuld met autonome ontwikkelingen. Deze situatie is per thema beschreven in paragraaf 2.4. Zeer sterk positieve of zeer sterk negatieve scores ("+ + +" of "- - -") zijn alleen in uitzonderlijke gevallen gegeven.

Belangrijk om te vermelden is dat de Kansrijke Alternatieven veelal zijn beoordeeld zonder compenserende en/of mitigerende maatregelen mee te rekenen. Dit zijn maatregelen om eventuele negatieve effecten te verzachten of elders te compenseren. Dit soort maatregelen worden vaak pas in een later stadium van het project uitgewerkt.

Tabel 1-2 Zevenpuntsschaal

BEOORDELING	BETEKENIS
+ + +	Zeer sterke verbetering/ zeer aanzienlijk positief effect t.o.v. referentiesituatie
+ +	Sterke verbetering/ aanzienlijk positief effect t.o.v. referentiesituatie
+	Verbetering/ positief effect t.o.v. referentiesituatie
0	Geen relevante verandering t.o.v. referentiesituatie
-	Verslechtering/ negatief effect t.o.v. referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering/ aanzienlijk negatief effect t.o.v. referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering/ zeer aanzienlijk negatief effect t.o.v. referentiesituatie

Separate effectbeoordeling meekoppelkansen
De effecten van alle meekoppelkansen die niet onlosmakelijk zijn verbonden aan het dijkontwerp (en dus onafhankelijk van KA 1 of KA 2 gerealiseerd kunnen worden) zijn separaat beschouwd in paragraaf 7.11. Het detailniveau van de informatie over meekoppelkansen is in de Verkenningsfase globaal, waardoor de effectbeoordeling kwalitatief en beschouwend van aard is. De locaties van meekoppelkansen zijn weergegeven in de Kaart Meekoppelkansen in Bijlage 1.

1.8 Leeswijzer

Dit milieueffectrapport bevat, naast dit inleidende hoofdstuk, nog 8 hoofdstukken.

In Hoofdstuk 2 is het projectgebied nader toegelicht. Hierin is onder andere toegelicht hoe het studiegebied is gedefinieerd en welke deelgebieden daarbij zijn onderscheden. Ook wordt in dit hoofdstuk de referentiesituatie (de huidige situatie én autonome ontwikkelingen) per MER-thema besproken.

In Hoofdstuk 3 zijn de waterveiligheidsopgaven en de gebiedsopgaven nader toegelicht.

Hoofdstuk 4 bevat een samenvatting van de kaders, plannen en besluiten die van belang zijn voor dit dijkverbeteringsproject.

In Hoofdstuk 5 is toegelicht hoe het ontwerpproces er tot nu toe heeft uitgezien: welke ontwerpstappen zijn doorlopen om tot de huidige Kansrijke Alternatieven te komen?

Vervolgens is in Hoofdstuk 6 het resultaat van dit ontwerpproces gepresenteerd: twee Kansrijke Alternatieven voor de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein.

Hoofdstuk 7 bevat de kern van dit milieueffectrapport: een beschrijving en beoordeling van de milieueffecten van de twee Kansrijke Alternatieven. De milieueffecten zijn per MER-thema inzichtelijk gemaakt. Elk getoetst criterium heeft hierin een eigen paragraaf gekregen. Daarbij wordt steeds begonnen met de wijze van beoordelen, gevolgd door de beoordelingsscores, waarna is toegelicht hoe deze beoordelingsscores tot stand zijn gekomen. Per MER-thema wordt afgesloten met een conclusie, waarin de effectbeoordelingsscores worden herhaald. De milieueffecten van de meekoppelkansen zijn separaat beschouwd in paragraaf 7.11.

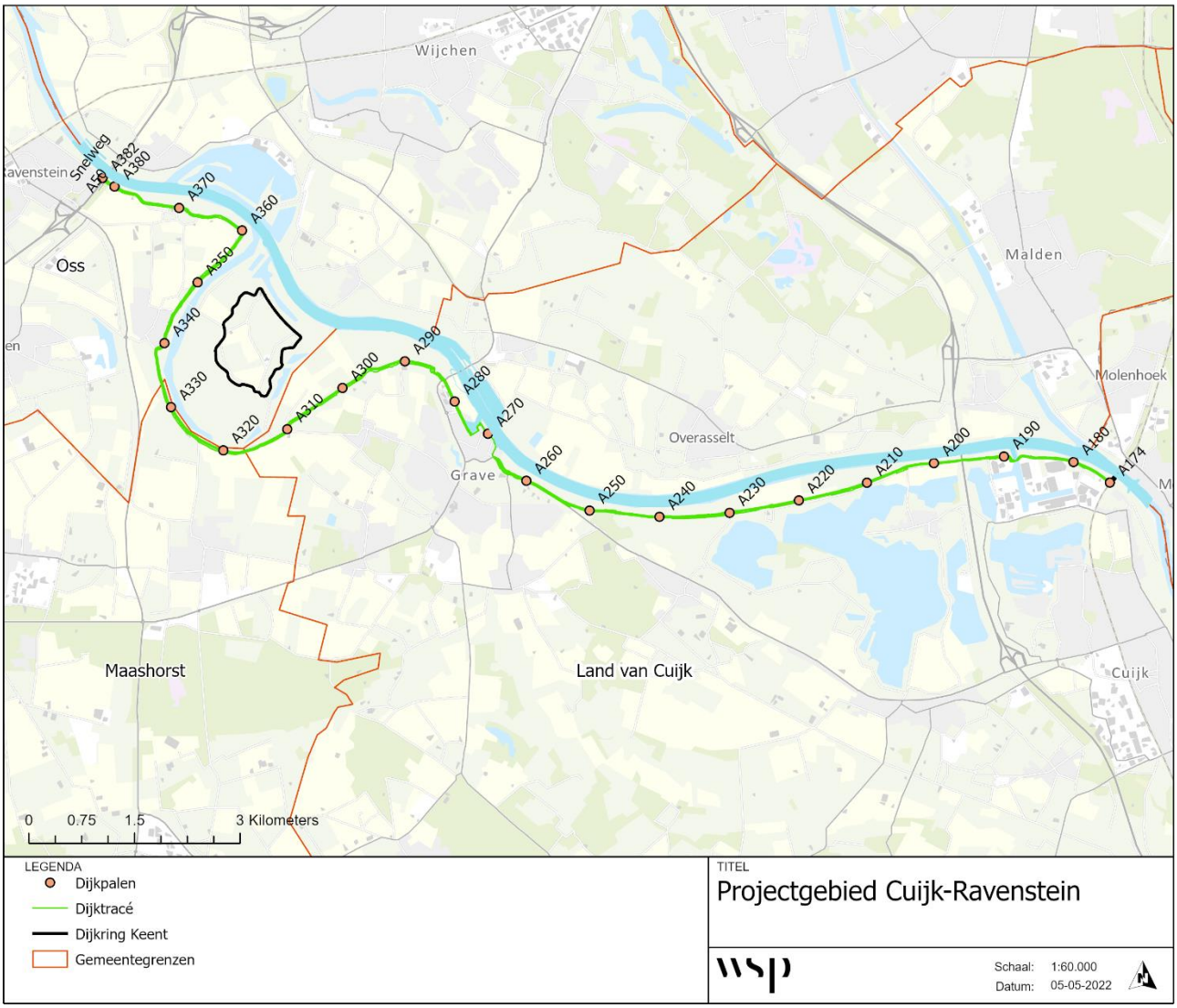
In Hoofdstuk 8 zijn de milieueffecten van beide Kansrijke Alternatieven in één tabel samengevat en is per deelgebied een beknopte samenvatting gegeven van de effecten die bepalend zijn geweest voor het samenstellen van het Voorkeursalternatief (VKA).

Tot slot verschaft Hoofdstuk 9 een doorkijk naar de Planuitwerkingsfase, waarin onder andere de milieueffecten van het Voorkeursalternatief inzichtelijk worden gemaakt. Het Voorkeursalternatief is gepresenteerd in de Nota Voorkeursalternatief[3], die gelijktijdig met dit milieueffectrapport is opgesteld.

2 PROJECTGEBIED EN STUDIEGEBIED

2.1 Projectgebied

In het MER wordt onderscheid gemaakt tussen het projectgebied en het studiegebied. Het **projectgebied** (Figuur 2-1) omvat het gebied waarbinnen de ingrepen kunnen plaatsvinden voor de dijkverbetering. Het projectgebied heeft een lengte van ongeveer 21 km (van dijkpaal 174 tot en met dijkpaal 382) en ligt aan de zuidzijde van de Maas vanaf de spoorbrug nabij Katwijk (gemeente Land van Cuijk) tot direct westelijk van de autosnelweg A50 over de Maas nabij Ravenstein (gemeente Oss). Het ingelegen dijktraject Keent (dijktraject 36a) valt buiten de scope. Langs het traject liggen een aantal kernen, waarvan Grave de grootste is. Alle benoemde plaatsnamen in dit rapport staan aangegeven in Figuur 2-2.



Figuur 2-1 Projectgebied Cuijk-Ravenstein



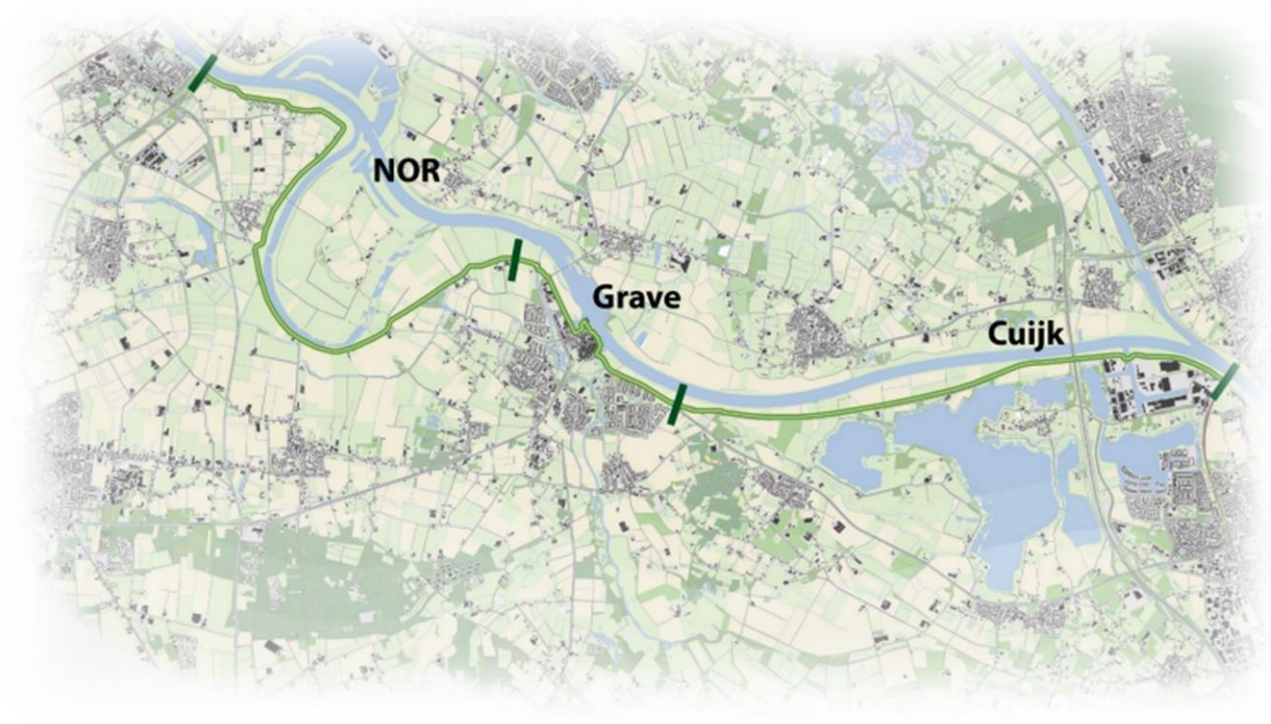
Figuur 2-2 Plaatsnamen en locaties op en rondom het dijktraject Cuijk-Ravenstein

2.2 Deelgebieden

Bij de effectbeoordelingen is steeds onderscheid gemaakt tussen drie deelgebieden:

- deelgebied “Cuijk” (inclusief Kraaijenbergse Plassen);
- deelgebied “Grave”; en
- deelgebied “Neerloon-Overlangel-Reek” (soms afgekort tot “NOR”).

De begrenzingen van deze deelgebieden zijn weergegeven in Figuur 2-3.



Figuur 2-3 De drie deelgebieden binnen het dijkverbeteringsproject Cuijk-Ravenstein

2.3 Studiegebied

De effecten van de dijkverbetering kunnen mogelijk verder reiken dan de grenzen van het projectgebied. In het MER wordt daarmee rekening gehouden door effecten te beschrijven binnen het **studiegebied**. Het studiegebied omvat het gebied waarbinnen mogelijk effecten te verwachten zijn als gevolg van de dijkverbetering. Per milieueffect verschilt de omvang van het studiegebied. Het studiegebied voor archeologie beperkt zich bijvoorbeeld tot het projectgebied (het dijktracé zelf), terwijl het studiegebied voor bijvoorbeeld grondwatereffecten groter is, omdat die effecten ook buiten het projectgebied kunnen optreden.

2.4 Referentiesituatie

De **referentiesituatie** wordt gevormd door de **huidige situatie**, aangevuld met **autonome ontwikkelingen**. Autonome ontwikkelingen zijn voorziene ontwikkelingen die voldoende concreet zijn en waarvan aannemelijk is dat ze worden uitgevoerd. Gebruikelijk in een m.e.r. – en dus ook in dit project – is om ontwikkelingen mee te nemen waarvoor een

ontwerpbesluit of besluit is vastgesteld. Daarnaast zijn er ook meer algemene trends en ontwikkelingen, zoals klimaatverandering en demografische ontwikkelingen, die als autonome ontwikkelingen worden meegenomen in het MER, omdat ze medebepalend zijn voor de referentiesituatie.

In de Integrale Uitgangspuntennotitie (IUN)[4] is een uitgebreide beschrijving opgenomen van de kenmerken en waarden van het gebied. De referentiesituatie van het gebied (de huidige situatie, aangevuld met autonome ontwikkelingen) is in deze paragraaf per MER-thema samengevat.

2.4.1 Algemene autonome ontwikkelingen

Klimaatverandering

Het is een gegeven dat het klimaat verandert en in de toekomst blijft veranderen. Dit heeft onder andere effecten op de (toekomstige) waterstanden op de Maas ter hoogte van het projectgebied. Het KNMI maakt klimaatscenario's van een mogelijk toekomstig klimaat voor Nederland[29]. Op basis van het KNMI-klimaatscenario W+ ("Warm met verandering van atmosferische circulatie"; hoogste mate van klimaatverandering) worden de waterstanden berekend waarmee rekening gehouden moet worden bij de dijkverbetering (zie ook paragraaf 5.1 over ontwerpuitgangspunten).

Demografische ontwikkeling

De prognose voor bevolkingsgroei in de gemeente Oss bedraagt 1,1% tussen 2018 en 2035. Voor het areaal van de voormalige gemeente Cuijk bedraagt de groeiprognose 0,4%. Voor de voormalige gemeente Grave is een bevolkingskrimp voorzien van -0,8% tussen 2018 en 2035[14].

2.4.2 Referentiesituatie ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

Beschrijvingssystematiek ruimtelijke kwaliteit

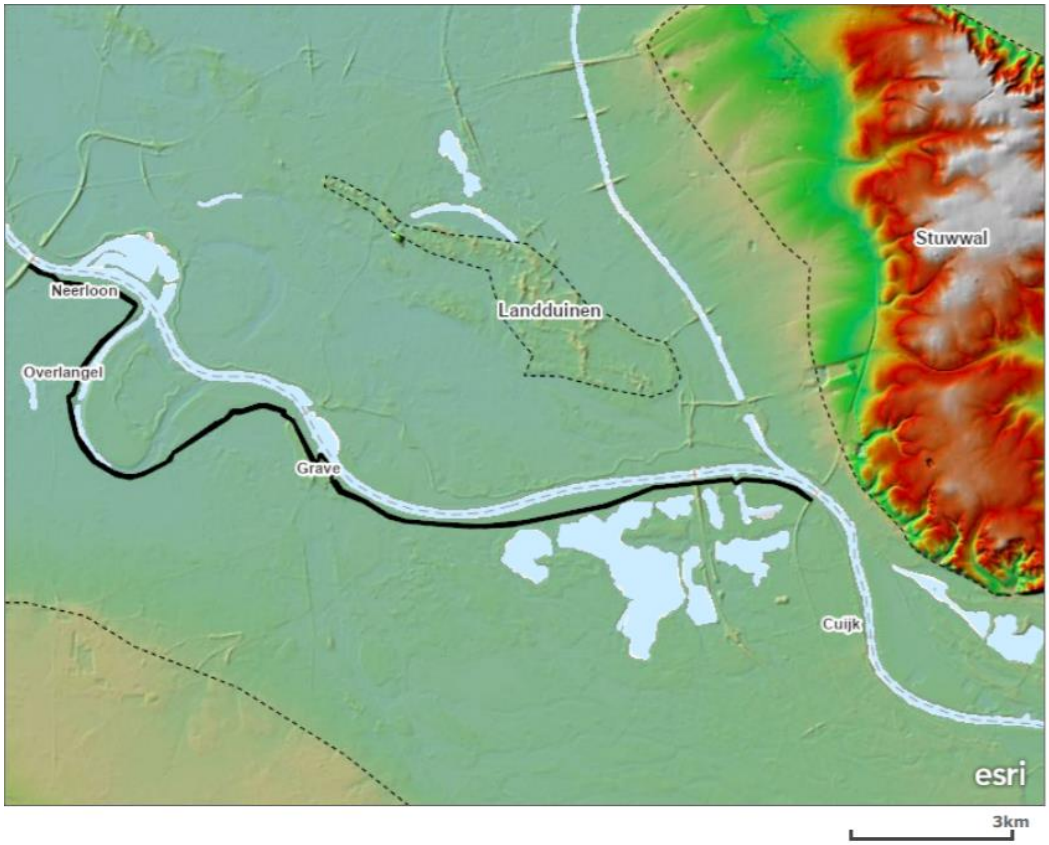
Aansluitend op de systematiek uit de (Interim) Omgevingsverordening van de Provincie Noord-Brabant[29], is de omgevingskwaliteit van het gebied in deze paragraaf te beschrijven op basis van vier waarden: herkomstwaarde, belevingswaarde, gebruikswaarde en toekomstwaarde. Omgevingskwaliteit is in het algemeen breder dan ruimtelijke kwaliteit omdat hierbij ook de intrinsieke waarde van gebieden en bijvoorbeeld ecologische waarden worden betrokken. Bij omgevingskwaliteit speelt juist het meenemen van het omgevingsbelang een grote rol. Dit is onderdeel van de gebiedsopgave voor de dijkverbetering.

In de Omgevingsverordening zijn de vier onderscheiden waarden als volgt toegelicht:

- ***Herkomstwaarde*** *gaat onder andere over verbondenheid, eigenheid en herkenbaarheid, cultuurhistorische verscheidenheid, cultuurhistorische waarden en de leesbaarheid van de omgeving in tijd en ruimte;*
- *Voorbeelden van* ***belevingswaarde*** *zijn uitstraling en aantrekkelijkheid, de schoonheid van de omgeving en een omgeving met contrasten, diversiteit, rust en ruimte;*
- ***Gebruikswaarde*** *heeft onder andere betrekking op een goede bereikbaarheid en functionaliteit van locaties, effectiviteit en productiviteit, externe veiligheid, een schoon milieu en een goede waterhuishouding;*
- *Bij* ***toekomstwaarde*** *gaat het bijvoorbeeld om stabiliteit en flexibiliteit, duurzaamheid, draagvlak voor een betekenisvolle toekomst, erfgoed, rekening houden met ecologische voorraden en duurzame ecosystemen.*

Herkomstwaarde van het dijktraject: landschap, cultuurhistorie en archeologie

Het dijktraject tussen Cuijk en Ravenstein kent een boeiende landschappelijke en geomorfologische ontwikkeling. Het is gelegen in een lagergelegen rivierengebied tussen de stuwwal van Mook en de Maashorst (Figuur 2-4). In het landschap is een aantal hoogteverschillen te herkennen. Stroomopwaarts van Grave wordt het landschap gekenmerkt door het terrassenlandschap met daarin een geulenpatroon van oude rivierlopen. Benedenstrooms van Grave begint het gebied met Maasmeanders: grote lussen in de rivier. Hier is goed te zien dat de uiterwaarden bij Neerloon en Keent hoger liggen dan de binnendijkse komgronden[4].



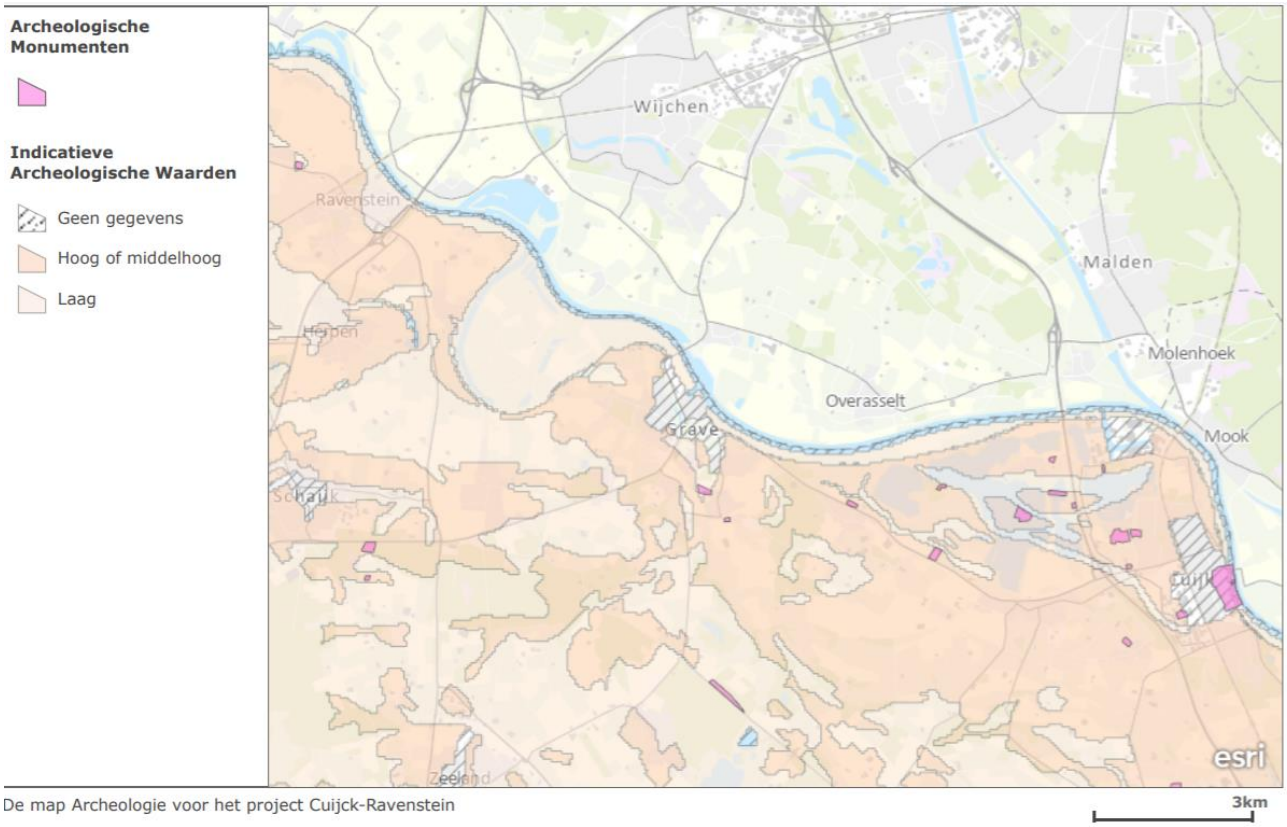
Figuur 2-4 Hoogtekaart[4]

In de jaren ’30 is de Maas genormaliseerd via de “Maaswerken”. Vele bochten werden uit de Maas gesneden en de karakteristieke bakenbomen werden geplant. Deze markeren de vaarroute bij hoogwater. Door de Maaswerken is de doorstroming van de Maas sterk verbeterd en is de rivier beter bevaarbaar geworden. De Maas werd een gestuwde rivier door de introductie van meerdere stuwen. Een van die stuwen ligt bij Grave. Op sommige plekken zijn de uiterwaarden langs de Maas verlaagd, zodat de rivier meer ruimte krijgt. Dit wordt de ‘Lelyzone’ genoemd en is goed te zien in de uiterwaard stroomafwaarts van Grave (Lage Wijth).

Het dijktraject tussen Cuijk en Ravenstein is rijk aan cultuurhistorie. Zowel historische stedenbouw als historische landschappelijke structuren zijn te vinden langs de dijk en in de omgeving. Met Neerloon, De Bronkhorst en Oud Velp zijn een aantal bijzondere historisch stedenbouwkundige structuren aanwezig in het gebied. Verder maakt Grave deel uit van het projectgebied: een belangrijke stad in de militaire geschiedenis als één van de 11 vestingsteden van de Zuidwaterlinie. Een deel van de verdedigingsstructuur rondom de stad, versterkt met bolwerken, grachten en poorten is vandaag de dag nog zichtbaar en is aangewezen als door het rijk beschermd stadsgezicht. Ook in het landschap zijn bijzondere landschappelijke structuren terug te zien. Zo bevinden zich in het gebied bakenbomen langs de Maasoever en grenzen aan de binnendijkse zijde bij Gassel twee natuurgebieden aan de dijk die onderdeel uitmaken van het bijzondere Maasheggenlandschap. Dit landschap heeft een door UNESCO beschermde status als “Biosfeergebied”, waar mens en natuur samenleven. Ook op andere manieren is de geschiedenis terug te zien in het landschap. Wanneer de Maas dreigde te overstromen werd het gebied bij Beers onder water gezet, de ‘Beerse Overlaat’ genoemd. Deze overlaat voorkwam plotselinge dijkdoorbraken. De Beerse Overlaat werd ook gebruikt als verdedigingsmechanisme als onderdeel van de Zuiderwaterlinie. Met het voormalige café het Wachthuis langs de Oude Maasdijk, boerderij Villa Nova en het naastgelegen dijkmagazijn is een aantal gebouwen bewaard gebleven dat herinnert aan deze tijd. Ook zijn in het landschap nog oude ringdijkjes te vinden die dorpen moesten beschermen tegen het hoge water.

In de Brabantse bodem zit informatie verborgen over de bewoningsgeschiedenis, die bij verstoring onherstelbaar verloren gaat. Deze verstoring kan plaatsvinden door grondverzet, maar ook bijvoorbeeld door grondwaterdaling. Soms is aantasting bij graafwerkzaamheden, bijvoorbeeld ten behoeve van de dijkverbetering, niet te vermijden. In dat geval

moet er voorafgaand aan de werkzaamheden zorgvuldig onderzoek en een opgraving plaatsvinden. De verwachtingswaardenkaart (Figuur 2-5) is een eerste indicatie van de kans op het aantreffen van archeologische waarden. Op deze kaart is het gehele binnendijkse plangebied aangewezen als hoge of middelhoge waarde. Aannemelijk is dat de terrasruggen en beekdalen een hoge archeologische waarde hebben. De dijk en de uiterwaard hebben een lage verwachting. In het plangebied zijn geen archeologische monumenten aanwezig.



Figuur 2-5 Archeologische verwachtingswaardenkaart[4]

Belevingswaarde van het dijktraject

Vanuit verschillende activiteiten is de dijk een onderdeel van de beleving die mensen hebben wanneer ze in het gebied zijn, erdoorheen reizen of recreëren. Een belangrijk aspect van die beleving is het weidse uitzicht van de dijk, en zicht op herkenningspunten zoals de kerktorens aan begin en eind van het dijktraject.

In de voorverkenning is een uitgebreid belevingswaardenonderzoek[33] uitgevoerd. Dit onderzoek bestond uit een serie interviews met verschillende (belangen)organisaties uit het gebied en een representatieve enquête onder de lokale bevolking. De belangrijkste conclusies over belevingswaarden die in dit onderzoek worden getrokken, zijn hieronder samengevat.

1. Het gevoel van hoogwaterveiligheid is sterk aanwezig. Men voelt zich over het algemeen veilig achter de dijk.
2. Ook de landschappelijke belevingswaarde van de dijk wordt hoog gewaardeerd. Veel omwonenden vinden dit na de geboden hoogwaterveiligheid de belangrijkste waarde van de dijk.
3. 'Trots en verbondenheid' in relatie tot de dijk wordt door slechts een zeer klein deel van de ondervraagden aangegeven als een belangrijke waarde van de dijk. Voor een deel kan dit worden verklaard door het abstracte karakter van deze waarden en de geringe mogelijkheden om hier in de dijkverbeteringsoperatie op in te spelen.
4. De ervaring van het landschap zou volgens de ondervraagden verbeterd kunnen worden wanneer er meer mogelijkheden zouden komen om de uiterwaarden in te wandelen. Nu zijn daar vooral agrarische kavels zonder wandelmogelijkheden.
5. De dijkverbetering wordt gezien als een kans om ook de natuurlijke waarden op en rond de dijk te versterken. Daarbij is er ook een duidelijk besef van de potentie van de dijk en de uiterwaarden als ecologische verbindingszone.

Gebruikswaarde van het dijktraject

Voor beschrijvingen van de gebruikswaarde van het dijktraject en de direct omliggende gebieden, verwijzen we naar paragraaf 2.4.4 (Referentiesituatie vrijetijdseconomie (recreatie)), 2.4.5 (Referentiesituatie woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid) en paragraaf 2.4.8 (Referentiesituatie waterhuishouding).

Toekomstwaarde van het dijktraject

De toekomstwaarde van het dijktraject is gerelateerd aan de stabiliteit, flexibiliteit, duurzaamheid, een betekenisvolle toekomst, ecologische voorraden en duurzame ecosystemen[30]. Voor de beschrijving van de toekomstwaarde van het dijktraject verwijzen we daarom naar paragraaf 2.4.3 (Referentiesituatie natuur/biodiversiteit), paragraaf 2.4.6 (Referentiesituatie duurzaamheid) en paragraaf 3.1 (Waterveiligheidsopgaven).

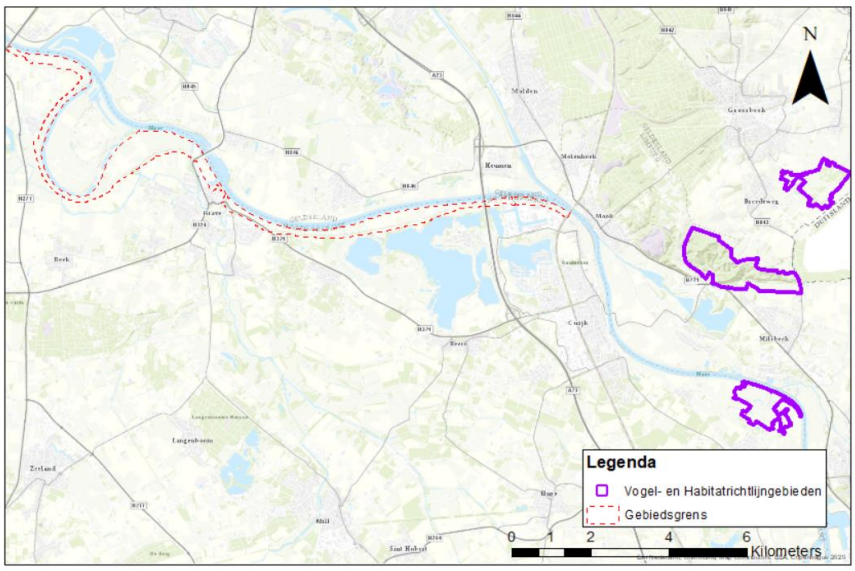
Autonome ontwikkelingen over herkomstwaarde en belevingswaarde Grave

Een autonome ontwikkeling die speelt in de vestingstad Grave, is dat de gemeente een Vestingvisie[25] heeft opgesteld (toegelicht onder Beleidskader in paragraaf 4.2) en voornemens is om deze visie zo veel mogelijk uit te voeren. Het belangrijkste raakvlak uit deze visie en een mogelijke meekoppelkans met de dijkverbetering is de ambitie om voormalige bolwerken van de vestingstad te herstellen of in ieder geval beter zichtbaar/beleefbaar te maken. De locaties van bolwerken die van belang zijn voor dit dijkverbeteringsproject, zijn in de Kaart Meekoppelkansen in Bijlage 1 aangegeven als “Mkk 1”. Ook het herstel van de vestingstructuur met grondwallen en een gracht bij het “Visio”-terrein in Grave is een belangrijk raakvlak voor dit dijkverbeteringsproject.

2.4.3 Referentiesituatie natuur/biodiversiteit

Natura 2000

Onderdeel van het Natuurnetwerk zijn ook de Natura 2000 gebieden. Dit zijn gebieden die beschermd worden op grond van de Vogelrichtlijn (1979) en de Habitatrichtlijn (1992). Deze richtlijnen geven aan welke typen natuur (habitattypen) en welke soorten beschermd dienen te worden. Nederland is verplicht de soorten en habitattypen in een gunstige staat van instandhouding te houden of te brengen. Het plangebied maakt geen onderdeel uit van een Natura 2000-gebied. Het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied is de Sint Jansberg in Gelderland op ongeveer 3 kilometer afstand ten oosten van het plangebied. Daarna volgt de Bruuk op 5,5 kilometer ten noordoosten van het plangebied en de in Noord-Brabant gelegen Oeffelter Meent op 6 kilometer afstand ten zuidoosten van het plangebied (Figuur 2-6).

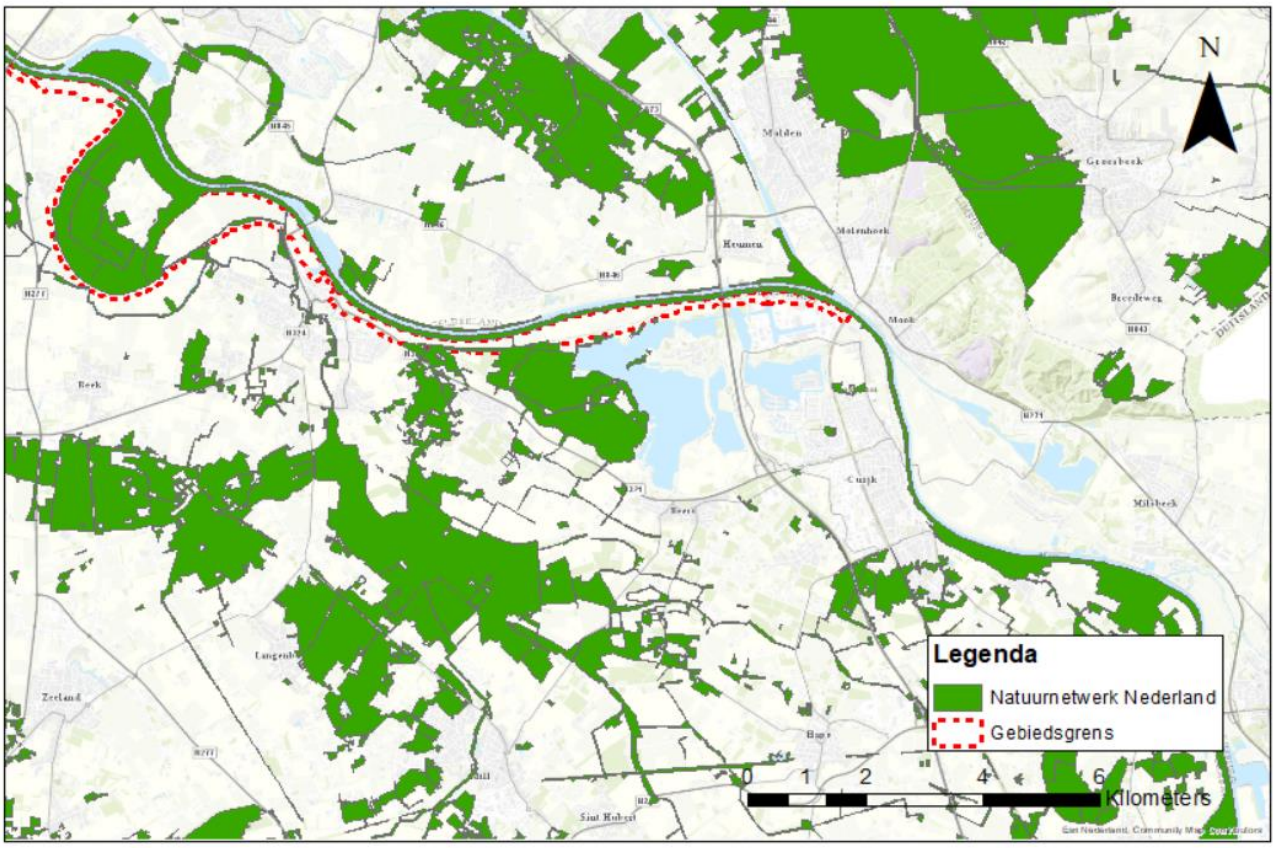


Figuur 2-6 Ligging plangebied (rood omlijnd) ten opzichte van de Natura 2000-gebieden (paars omlijnd; van noord naar zuid de Bruuk, de Sint Jansberg en de Oeffelter Meent)[4]

Natuurnetwerk Brabant

Het dijktraject is deels onderdeel van het Natuurnetwerk Nederland (NNN). In het gebied leven verschillende (beschermde) diersoorten. Het NNN is het Nederlands netwerk van bestaande en nieuw aan te leggen natuurgebieden die door ecologische verbindingszones met elkaar verbonden worden. Het Natuurnetwerk Brabant (NNB) is onderdeel van het NNN en wordt voor 90% gevormd door bestaande natuurgebieden (Figuur 2-7).

In het projectgebied betreft het aan de buitendijkse zijde met name het natuurgebied bij Keent (kruiden en faunarijk grasland). Bij het plaatsje Velp is de dijk onderdeel van het natuurnetwerk (bloemendijk) met aan weerszijden een tweetal kleinere moerassige natuurterreinen. Naast deze natuurgebieden bevat het Natuurnetwerk Brabant ook ecologische verbindingszones, die ervoor zorgen dat dieren en planten niet geïsoleerd raken. In het plangebied betreft het met name de waterlopen zoals de Raam en de Hertogswetering[4].

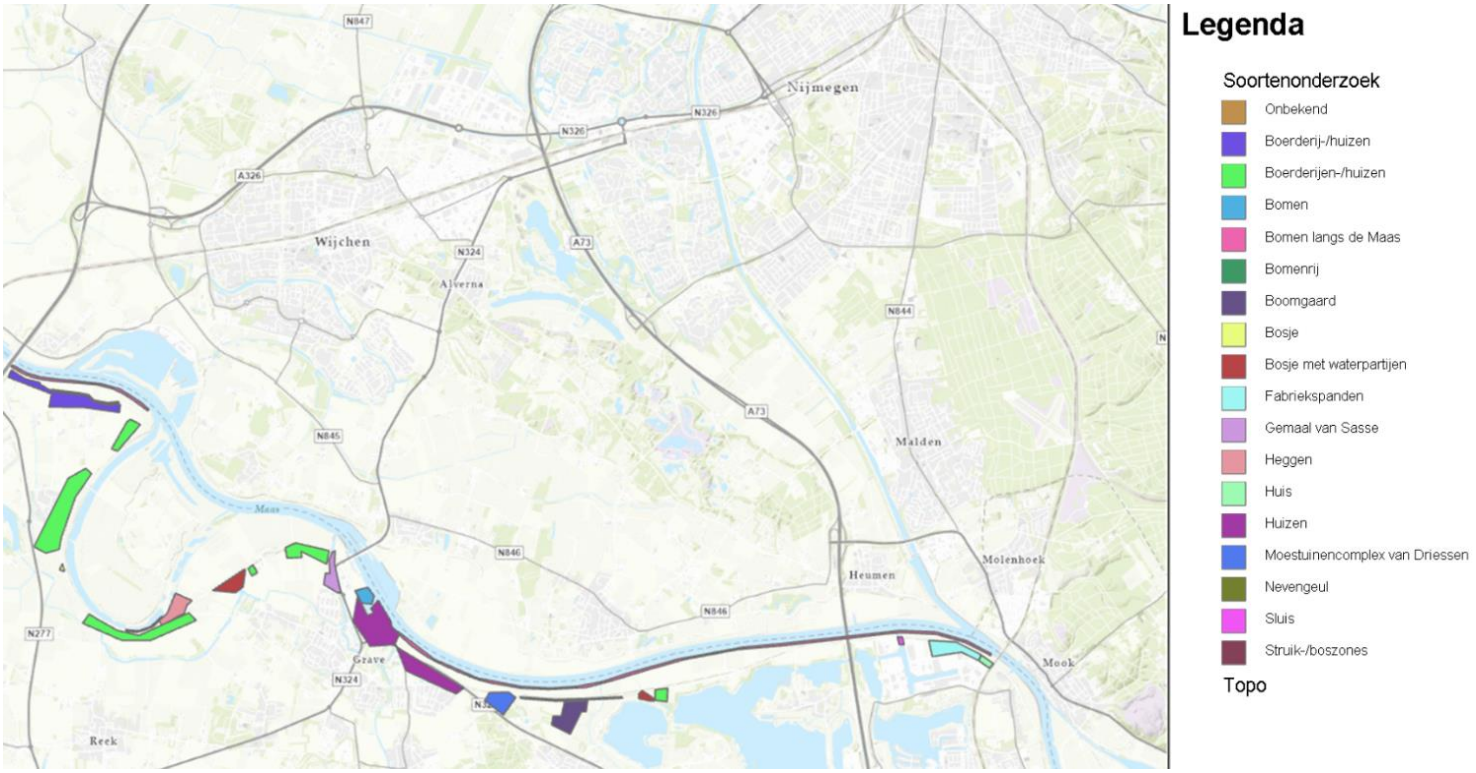


Figuur 2-7 Ligging plangebied (rood omlijnd) ten opzichte van Natuurnetwerk Nederland (NNN)-gebieden (groene vlakken)

Overige beschermde flora en fauna

Het dijktraject en directe omgeving biedt leefgebied voor een gevarieerd aantal diersoorten waaronder soorten die strikt beschermd zijn onder de Vogelrichtlijn, Habitatrichtlijn en Nationaal beschermde diersoorten.

In de QuickScan ecologie[40] (Bijlage 4) zijn per soortgroep de bevindingen van het soortenonderzoek beschreven. De locaties van deze bevindingen zijn afzonderlijk in Figuur 2-8 gepresenteerd. Deze locaties zijn ook terug te vinden in de Storymap GIS-kaart[4], onder “Kenmerken en waarden van de omgeving”. Door daarin te klikken op de vlakken in de kaart, wordt weergegeven welk element (o.a. bosjes, waterpartijen en boerderijen-/huizen) voor welke soort(groep) potentieel geschikt is.



Figuur 2-8 Locaties van beschermde flora en fauna[40]

In aanvulling op de QuickScan ecologie[40] is een Nadere veldinspectie[41] uitgevoerd. Samengevat blijkt uit deze twee onderzoeken dat de volgende beschermde diersoorten in en rondom het dijktraject voorkomen:

- **eekhoorn** (aanwezig in het moestuinencomplex De Driessen);
- **bever** (op minimaal acht locaties sporen aangetroffen waarvan op twee locaties een burcht bekend is);
- **das** (op acht locaties een dassenburcht aangetroffen langs het dijktraject);
- **bunzing**, **hermelijn**, **steenmarter** en **wezel** (langs het dijktraject is een variatie aan geschikt leefgebied aanwezig voor deze marterachtigen (heggenlandschap, het moestuinencomplex De Driessen, boerderijen));
- **vleermuizen** (een groot deel van het dijktraject heeft een functie heeft voor vleermuizen (verblijfplaatsen in bomen-/ gebouwen, vliegroutes en foerageergebied));
- **alpenwatersalamander**, **kamsalamander**, **vinpootsalamander**, **heikikker** en **poelkikker** (in het plangebied zijn zeven waterpartijen die afzonderlijk of als geheel potentieel geschikt zijn voor deze amfibiesoorten);
- **grote modderkruiper** (in het plangebied zijn een aantal waterpartijen en daarnaast nog diverse watergangen (zoals de Tochtsloot) die potentieel geschikt zijn voor deze vissoort);
- **sleedoornpage** (in het plangebied zijn drie locaties met sleedoornstruwelen die geschikt leefgebied vormen voor de sleedoornpage);
- **boomvalk**, **buizerd**, **havik**, **ransuil** en **sperwer** (vier grote nesten en veel zwarte kraaiennesten);
- **steenuil** & **kerkuil** (verspreid over plangebied);
- **roek** (twee roekenkolonies aangetroffen);
- **blauwe reiger** (een potentiële kolonie aangetroffen ten zuidoosten van Neerloon).

Autonome ontwikkeling: nieuwe Ecologische Verbindingszones

Waterschap Aa en Maas gaat langs de Graafsche Raam een ecologische verbindingszone (EVZ) aanleggen. Dit is een natuurstrook langs de beek met natuurvriendelijke oevers, amfibieënpoelen en begroeiing op de oevers. Planten en dieren hebben zo meer leefruimte en verplaatsen zich veilig. In de beek wordt leefgebied gecreëerd voor waterdieren door de aanleg van meer structuren onder water, zoals dood hout. Daarmee wordt ook de recreatieve beleving van natuur en cultuurhistorie langs de Graafsche Raam verbeterd. De uitvoering van deze maatregelen wordt in 2023 gestart[56].

Ook de Hertogswetering is in provinciale plannen aangewezen als EVZ om gebieden te verbinden en voor soorten een betere leefomgeving te bieden. Waterschap Aa en Maas is al jaren bezig met de realisatie van de EVZ; al 18,4 km is voltooid. Nu wordt er gewerkt aan de volgende 8 km[57].

2.4.4 Referentiesituatie vrijetijdseconomie (recreatie)

Huidige situatie

Het projectgebied kent ook een recreatieve functie. Op de dijk wordt gefietst en gewandeld en bij de Kraaijenbergse Plassen is ruimte voor waterrecreatie. Voor fietsers en wandelaars is de dijk niet overal even toegankelijk. De dijk bij de Lage Wijth is alleen toegankelijk voor fietsers, wat het een relatief veilig en rustig traject maakt, maar op andere stukken delen fietsers de weg met auto's en zijn niet altijd expliciet fietsstroken aangegeven. De toegankelijkheid van de dijk voor fietsers is beperkt bij Grave en de Kraaijenbergse plassen. Fietsers worden hier van de dijk af geleid. Aangezien niet overal op de dijk een fietspad ligt, zijn de fietsverbindingen op en rondom de dijk relatief versnipperd.

Door het projectgebied lopen een aantal wandelroutes. De uiterwaarden zijn slechts beperkt toegankelijk en er zijn weinig mogelijkheden om bij de Maas te komen.

De Kraaijenbergse Plassen zijn veruit de grootste attractie voor watersporters in het projectgebied. Dit is een complex van meerdere plassen die met elkaar in verbinding staan door middel van kanaaltjes. Rondom deze plassen zijn meerdere jachthavens, strandjes, campings, en een surfvereniging gevestigd. De enige mogelijkheid om vanaf deze plassen de Maas te bereiken over water is via de Keersluis Cuijk in de haven van Cuijk. Op deze locatie komen de beroepsscheepvaart en recreatieve vaart bij elkaar.

Ter hoogte van de kruising Vegetasscheweg-Cuykschesteeg-Driesenweg ligt een volkstuinencomplex. Sommige volkstuinen liggen dichtbij of tegen de teen van de dijk.

Bij Grave is jachthaven en watersportvereniging “De Stuw” gevestigd. Daarnaast ligt aan de Maaskade in Grave een aanlegkade voor pleziervaartuigen in de Maas.

2.4.5 Referentiesituatie woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid

Wonen en werken aan de dijk

Op verschillende plekken wonen en werken er mensen langs de dijk. De meeste woningen bevinden zich in het dorp Neerloon en de kern van vestingstad Grave. Daarnaast bevinden zich in de buitengebieden verschillende boerderijen langs de dijk. Allemaal kennen ze een andere relatie tot de dijk. In Neerloon zijn de woningen dicht tegen de dijk geplaatst met tuinen die overgaan op het dijktalud. Langs de Dokter Kanterslaan in het oostelijke deel van Grave staan de woningen achter de dijk. Deze woningen hebben zicht op de Maas vanaf de eerste verdieping. Langs de Koninginnedijk in Grave liggen de woningen hoger dan de kering, met tuinen boven het binnentalud.

In de deeltrajecten Cuijk en Neerloon-Overlangel-Reek (NOR) bevinden zich vooral agrarische gronden aan zowel de binnenzijde als de buitenzijde van de dijk. Verder kent het plangebied bedrijvigheid met enkele bedrijfsterreinen in Grave (Wisseveld) en in Cuijk (Haven Cuijk). Ook deze terreinen strekken zich uit tot aan het binnentalud van de huidige dijk.

Aan Maaskade 28 te Grave bevindt zich een scheepswerf. Bij deze scheepswerf vinden momenteel geen bedrijfsmatige activiteiten meer plaats. Echter, er is nog geen nieuw bestemmingsplan of een vastgesteld besluit met betrekking tot herontwikkeling. Bedrijfsmatige activiteiten (scheepsbouw) zijn planologisch nog wel mogelijk.

Autonome ontwikkelingen omtrent wonen en werken

In Grave worden aan de Oliestraat nieuwbouwwoningen gerealiseerd: de “Prinsenstal”. Dit project is op het moment van schrijven in uitvoering.

Het terrein van een voormalige betoncentrale bij Grave is aangewezen voor een “Experiment Met Aangepast Bouwen” (EMAB)[43] (Figuur 2-9). Op deze zogenoemde “EMAB-locatie” mag een projectontwikkelaar woningen realiseren onder bepaalde voorwaarden.

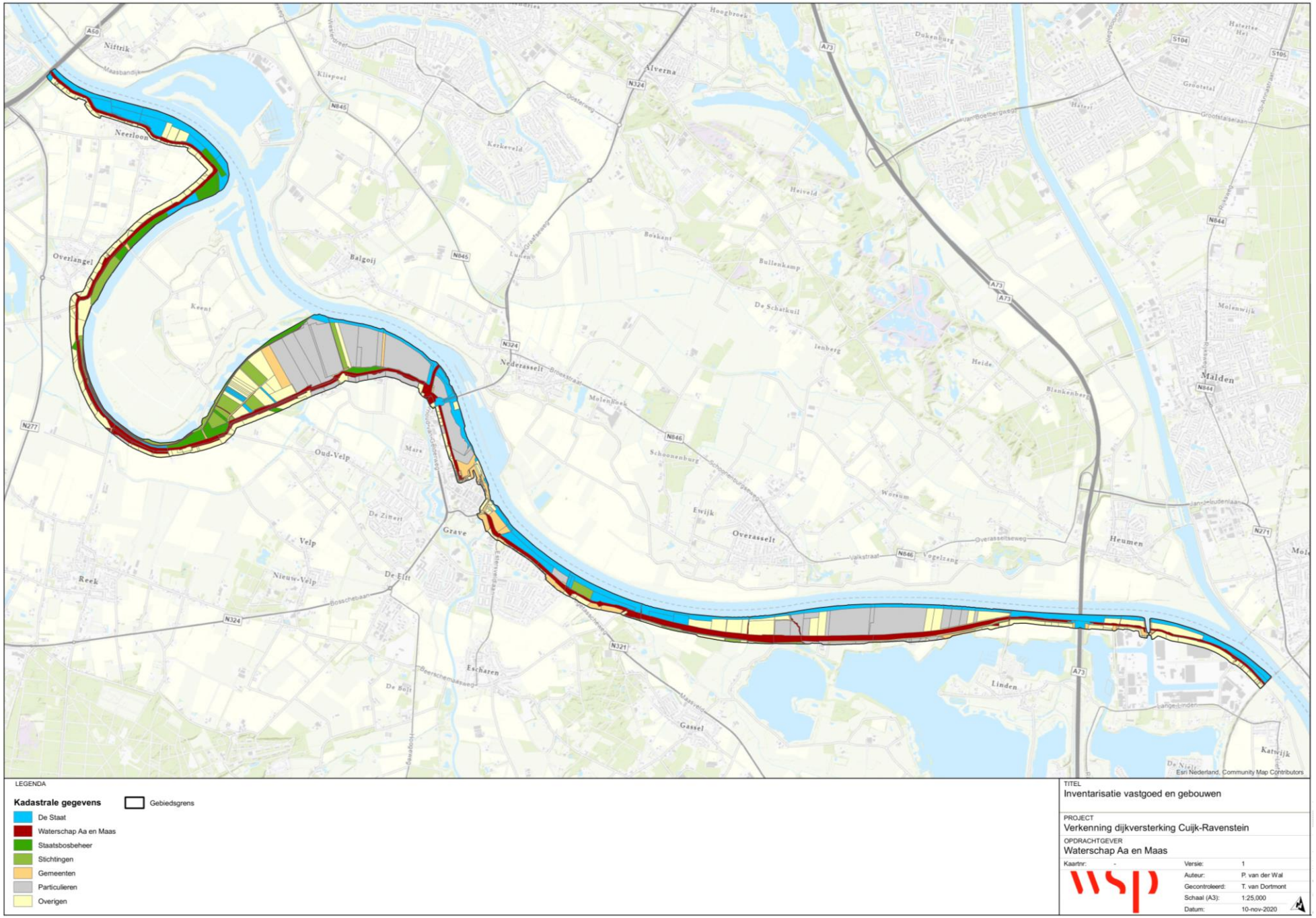
De referentiesituatie houdt dus in dat op de hierboven genoemde locaties woningen staan.



Figuur 2-9 Schets van de toekomstige situatie bij de EMAB-locatie te Grave[43]

Eigendommen en functies

Het plangebied kent 913 percelen met 285 panden en diverse functies. Het eigendom van de gronden ligt bij 243 verschillende eigenaren. De grond rond de primaire waterkering is grotendeels in eigendom van het waterschap zelf. Alleen de historische kade van Grave en de Keersluis Cuijk zijn in eigendom van de gemeente Land van Cuijk. Verder is de Staat veelal eigenaar van (het stroomvoerende deel van) de rivier. De percelen in de uiterwaarden zijn voornamelijk particulier bezit, waarbij Staatbosbeheer en Stichting het Brabants Landschap diverse percelen rond Keent in eigendom hebben. In Figuur 2-10 is de eigendomssituatie op kaart weergegeven. Namen van particuliere eigenaren zijn op deze kaart geanonimiseerd.

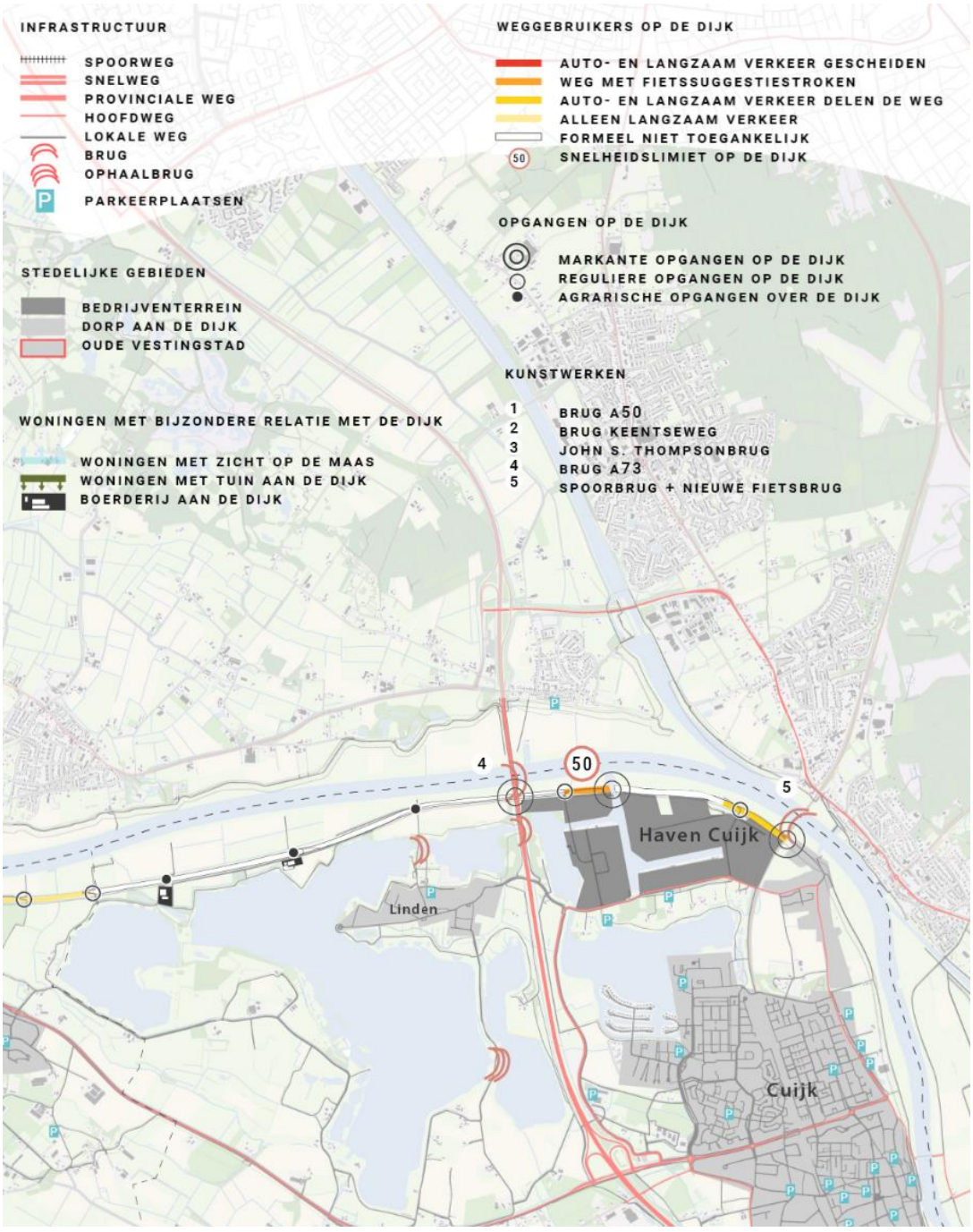


Figuur 2-10 Eigendomssituatie

Verkeerssituatie

Kenmerkend voor het plangebied zijn de drie verkeersbruggen over de Maas die zorgen voor goede noord-zuid verbindingen tussen Gelderland en Noord-Brabant. Van west naar oost zijn dit de Maasbrug bij Ravenstein (A50), de John S. Thompsonbrug (N324) bij Grave en de Maasbrug Heumen (A73) ten noorden van Cuijk. Daarnaast is de Spoorbrug Mook gesitueerd aan de uiterst oostelijke rand van het plangebied. Deze spoorbrug maakt onderdeel uit van de spoorlijn Nijmegen-Venlo.

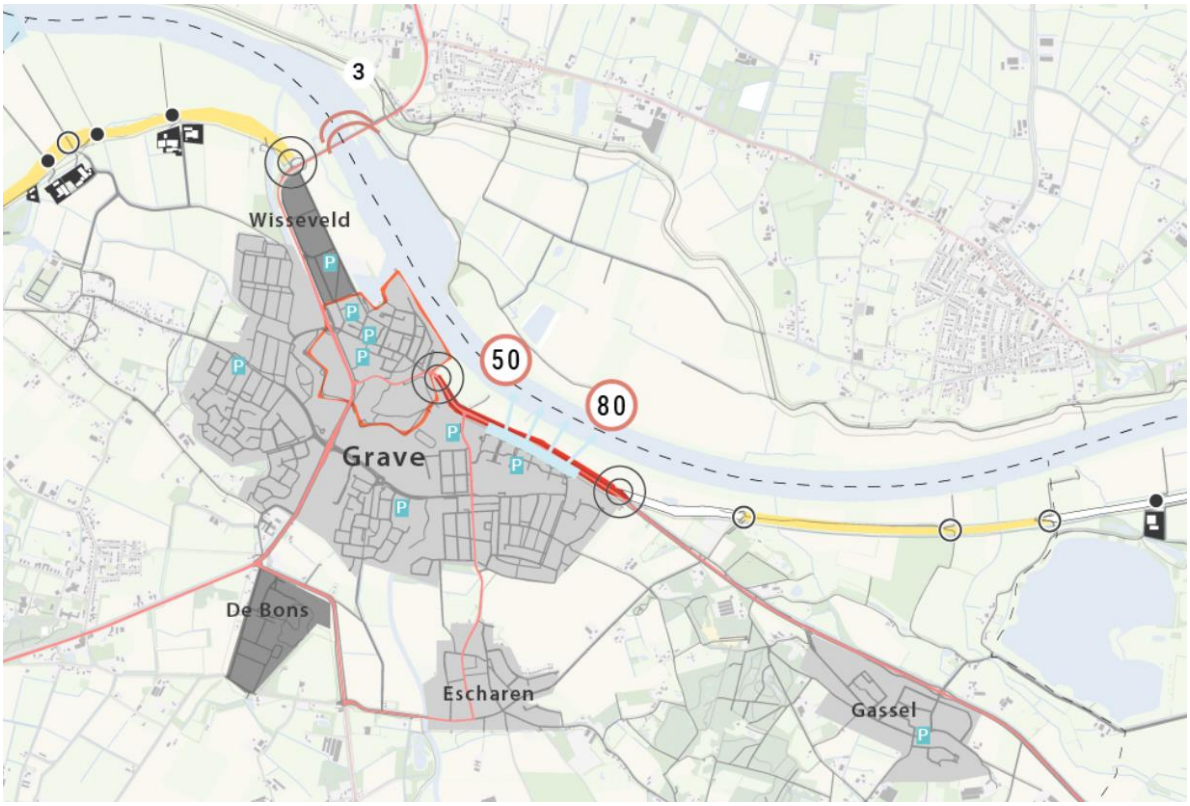
In het oostelijke deel ten noorden van de Kraaijenbergse plassen (Figuur 2-11) is er nauwelijks verkeer op en langs de dijk. Oostelijk van de invaart van de haven van Cuijk (ten oosten van de A73) is er alleen lokaal bestemmingsverkeer voor het bedrijventerrein. De sluis is hier een obstakel en onderbreekt de (fiets)route en continuïteit van de dijk.



Figuur 2-11 Infrastructuur rondom Cuijk[4]

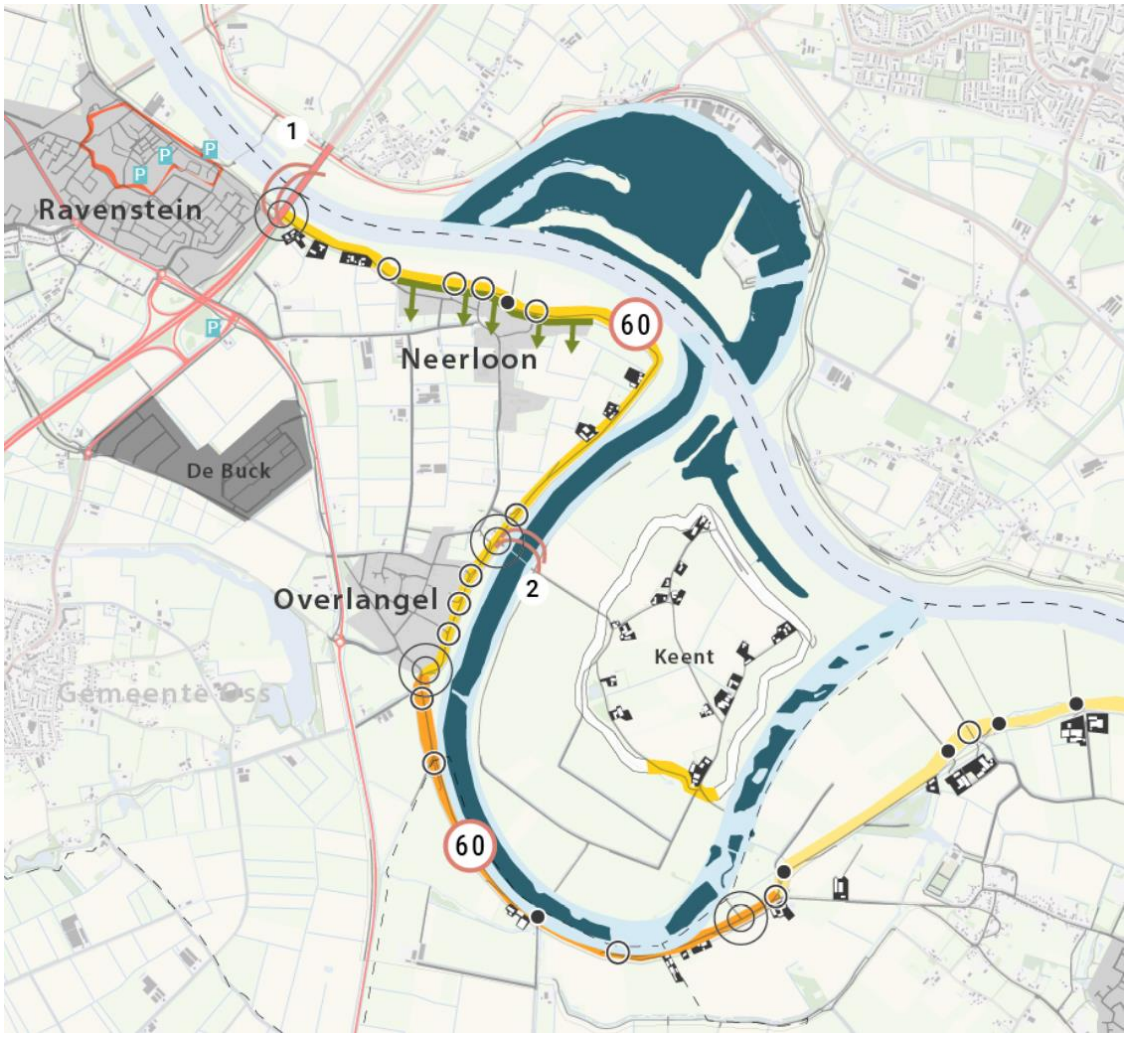
In oost-westrichting ligt de N321 tussen Cuijk en Grave, die bij Grave op de kruin van de dijk ligt (Figuur 2-12). De snelheidslimiet op deze weg is 80 km/u buiten de bebouwde kom en 50 km/u binnen de bebouwde kom. Een tweede provinciale weg die Grave doorkruist (in noord-zuidrichting), is de N324 tussen Oss en Nijmegen. Deze heeft recentelijk een reconstructie ondergaan tussen Oss en de John S. Thompsonbrug over de Maas bij Grave.

Het dijkdeel in de vestingstad Grave kent een autoluwe verkeerssituatie. De Maaskade, die de vestingstad Grave beschermt tegen hoogwater, is aangelegd als nauwe straat waarop fietsers en auto's de ruimte delen. Aangezien de Maaskade geen doorgaande route voor autoverkeer is, is hier weinig gemotoriseerd verkeer.



Figuur 2-12 Infrastructuur in en rondom Grave[4] (zie Figuur 2-11 voor de legenda)

In het meest westelijke deel, tussen Grave en Ravenstein (Figuur 2-13), is geen directe oost-west verbinding over provinciale wegen. Hier rijdt doorgaand verkeer op grotere afstand van de dijk, óf rijdt het over de lokale weg over de dijk. Hierdoor is op het deeltraject tussen Grave en Ravenstein relatief veel verkeer op de dijk. De snelheidslimiet is hier 60 km/uur en op een deel van de weg zijn fietssuggestiestroken aangebracht. Tussen Keent en Grave ligt op de dijk alleen een fietspad.



Figuur 2-13 Infrastructuur rondom Neerloon, Overlangel en Reek (NOR)[4] (zie Figuur 2-11 voor de legenda)

Autonome ontwikkelingen: verkeersplannen

De Provincie Noord-Brabant is momenteel bezig met een studie naar de herinrichting van de N321[7][8], de provinciale weg tussen Cuijk en Grave die deels op de dijk ligt. Het is nog niet bekend of de Provincie enkel groot onderhoud zal uitvoeren of kiest voor een volledige reconstructie met verkeersmaatregelen zoals rotondes. In de Kansrijke Alternatieven is nog geen rekening gehouden met de volledige reconstructie van de N321, aangezien er tijdens het ontwikkelen van de KA's nog geen wegontwerp was vastgesteld.

Het voornemen is om bij reconstructie van de N321 voor het traject dat op de dijk ligt samen met de Provincie op te trekken in de Planuitwerkingsfase. Het combineren van het werk vermindert overlast voor de omgeving, bespaart mogelijk maatschappelijke kosten en verlaagt stikstofdepositie door bouwwerkzaamheden[10].

Ook op nationaal niveau zijn er plannen om veranderingen aan te brengen aan één van de Rijkswegen die het gebied doorkruist. Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is dit jaar begonnen met een MIRT-verkenning voor de A50 tussen Knooppunt Ewijk bij Ewijk en Knooppunt Paalgraven bij Oss[9]. Het is goed mogelijk dat deze brug, die over de dijk heen ligt, op een bepaald moment in de toekomst aangepakt zal worden[9]. Voor de A73, die nabij Cuijk de dijk passeert, zijn geen reconstructieplannen.

Wat betreft fietsverbindingen is er vanuit de gemeenten Cuijk en Oss de wens om fietspaden aan te leggen op die delen van de dijk waar fietspaden nu nog ontbreken. Om zo'n fietsverbinding te realiseren zou onder andere de keersluis bij de haven van Cuijk begaanbaar moeten worden gemaakt voor fietsverkeer.

2.4.6 *Referentiesituatie duurzaamheid*

Voor wat betreft het thema “duurzaamheid” houdt de referentiesituatie in dat er geen ingrepen plaatsvinden die CO_2-uitstoot of materialenverbruik veroorzaken. De effecten van de ingrepen zijn ten opzichte daarvan beoordeeld.

2.4.7 *Referentiesituatie bodem*

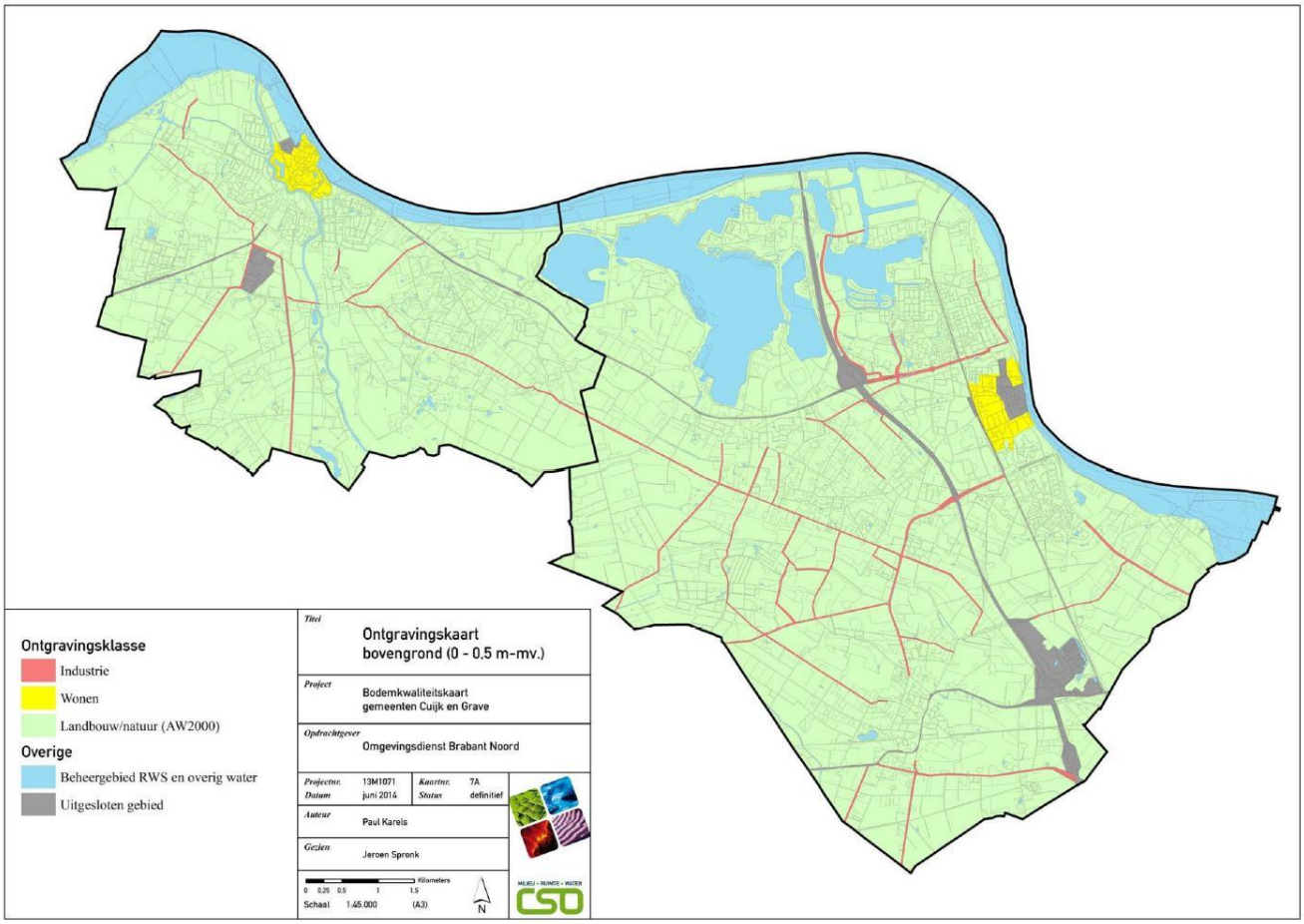
De bodemkwaliteit in het plangebied is geïnventariseerd middels een vooronderzoek bodem- en waterbodem[31]. Daarbij is onderscheid gemaakt in het buitendijkse gebied en het binnendijkse gebied.

Bodemkwaliteit buitendijks

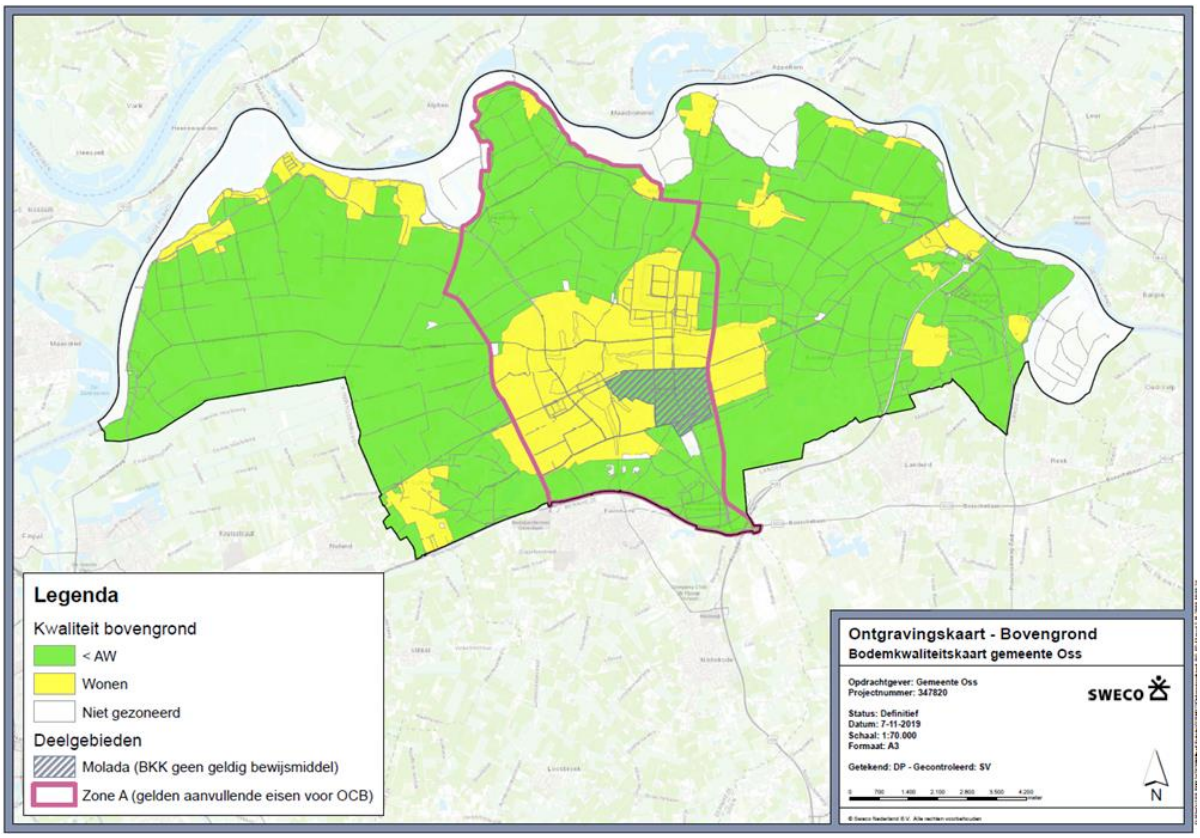
De uiterwaarden van de grote rivieren zijn in het verleden in meer of mindere mate verontreinigd geraakt door sedimentatie van verontreinigd rivierslib. Dit wordt diffuse bodemverontreiniging genoemd. De gebieden waar de kans op een sterke bodemverontreiniging het grootst is, liggen bij Grave en rondom Keent. In de overige uiterwaarden is de kans op bodemverontreiniging laag.

Bodemkwaliteit Binnendijks

Voor het binnendijkse gebied zijn bodemkwaliteitskaarten (Figuur 2-14 en Figuur 2-15) opgesteld. Op basis van de bodemkwaliteitskaarten heeft de bodem ter plaatste van het onderzoeksgebied voor het grootste deel de klasse “altijd toepasbaar”. Het centrum van Grave en Overlangel heeft als kwaliteitsklasse “wonen”. Het gebied ‘Oranjebastion’ en een deel van de Koninginnedijk in het centrum van Grave, ten westen van de Nieuwe Haven, is uitgesloten van de bodemkwaliteitskaart omdat deze locatie is aangemerkt als geval van ernstige bodemverontreiniging.



Figuur 2-14 Ontgravingskaart bovengrond Cuijk en Grave[4]



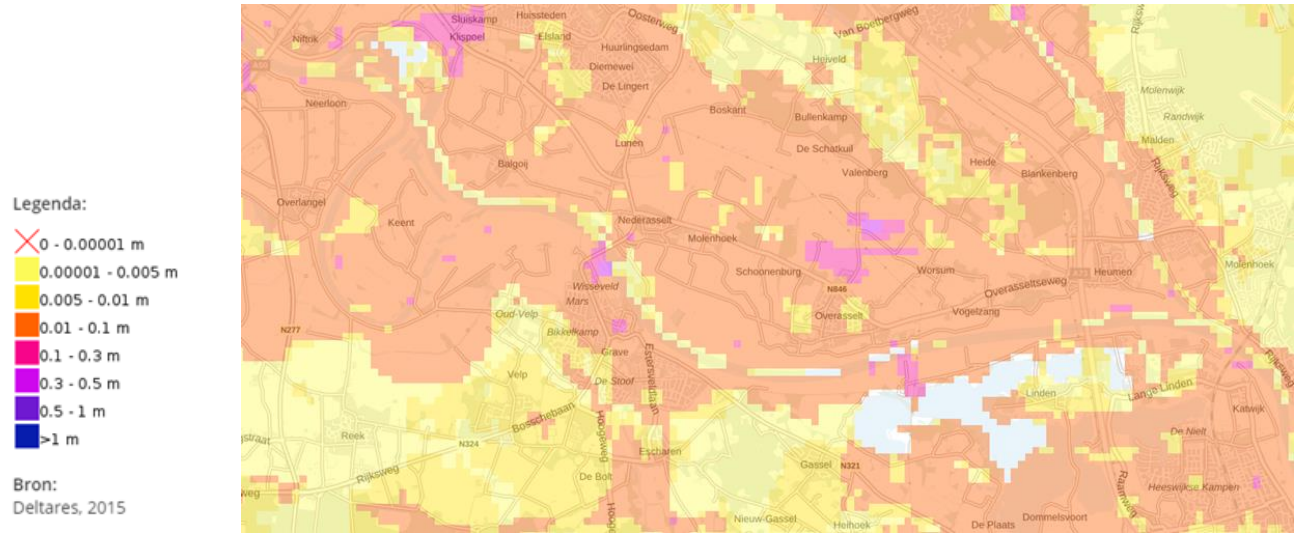
Figuur 2-15 Ontgravingskaart bovengrond gemeente Oss[32]

Grondverzet

De referentiesituatie voor het benodigde grondverzet is dat binnen het projectgebied geen grondverzet wordt uitgevoerd (de dijk wordt dan immers niet versterkt).

Maaivelddaling

Door inklinking van klei en veen in de ondergrond kan de bodem dalen. Dit kan worden versterkt door ontwatering. Het projectgebied is nauwelijks gevoelig voor maaivelddaling (Figuur 2-16).



Figuur 2-16 Zettingsgevoeligheid van het projectgebied[44]

2.4.8 Referentiesituatie waterhuishouding

Binnendijks watersysteem

De zuidelijke Maasdijk tussen Cuijk en Ravenstein beschermt het gebied binnendijks tot voorbij 's-Hertogenbosch bij hoogwater. Langs het dijktracé zijn verschillende kunstwerken en watergangen aanwezig die een schakel vormen tussen de Maas en het achterland. De belangrijkste wateren die raken aan het dijktraject Cuijk-Ravenstein, zijn de Kraaijenbergse Plassen, de Raam en de Hertogswetering.

De Kraaijenbergse Plassen zijn langzaam ontstaan door zandwinningsactiviteiten die zijn begonnen in 1968. Via de keersluis bij Cuijk staan de Kraaijenbergse Plassen in open verbinding met de Maas, waardoor peilfluctuaties invloed hebben op het peil in de Kraaijenbergse Plassen. Het bergend oppervlak van de Kraaijenbergse Plassen is 413 ha[54]. Door de manier van ontstaan van de Kraaijenbergse Plassen is het gebied erg gevoelig voor kwel. Dit betekent dat een stijgende waterstand op de Maas ook bij gesloten kering invloed heeft op de waterstand van de Kraaijenbergse Plassen[55].

De Raam is een belangrijke waterloop voor de afwatering van het binnendijkse gebied. Bovenstrooms heet deze watergang Lage Raam en ter hoogte van de Schippersdijk (Mill) gaat deze over in de Graafsche Raam. Via de vestingwerken van Grave loopt de watergang naar het gemaal Van Sasse waar overtollig water op de Maas kan worden geloosd. Door middel van de inlaatsluis Raamsluis in Grave kan water vanuit de Maas worden ingelaten naar de Raam. In het project Graafsche Raam wordt aandacht besteedt aan versterking van de ecologische hoofdstructuur, realisatie van waterberging en een betere recreatief-toeristische toegang naar het gebied[53][56].

Het eerste deel van de Hertogswetering stroomt langs de bocht bij Keent. De Hertogswetering stroomt later richting Oss en mondt bij Gewande uit in de Maas. Wetering betekent gegraven watergang, maar tijdens het graven heeft men zoveel mogelijk gebruik gemaakt van oude Maasarmen zoals het Ossenmeer.

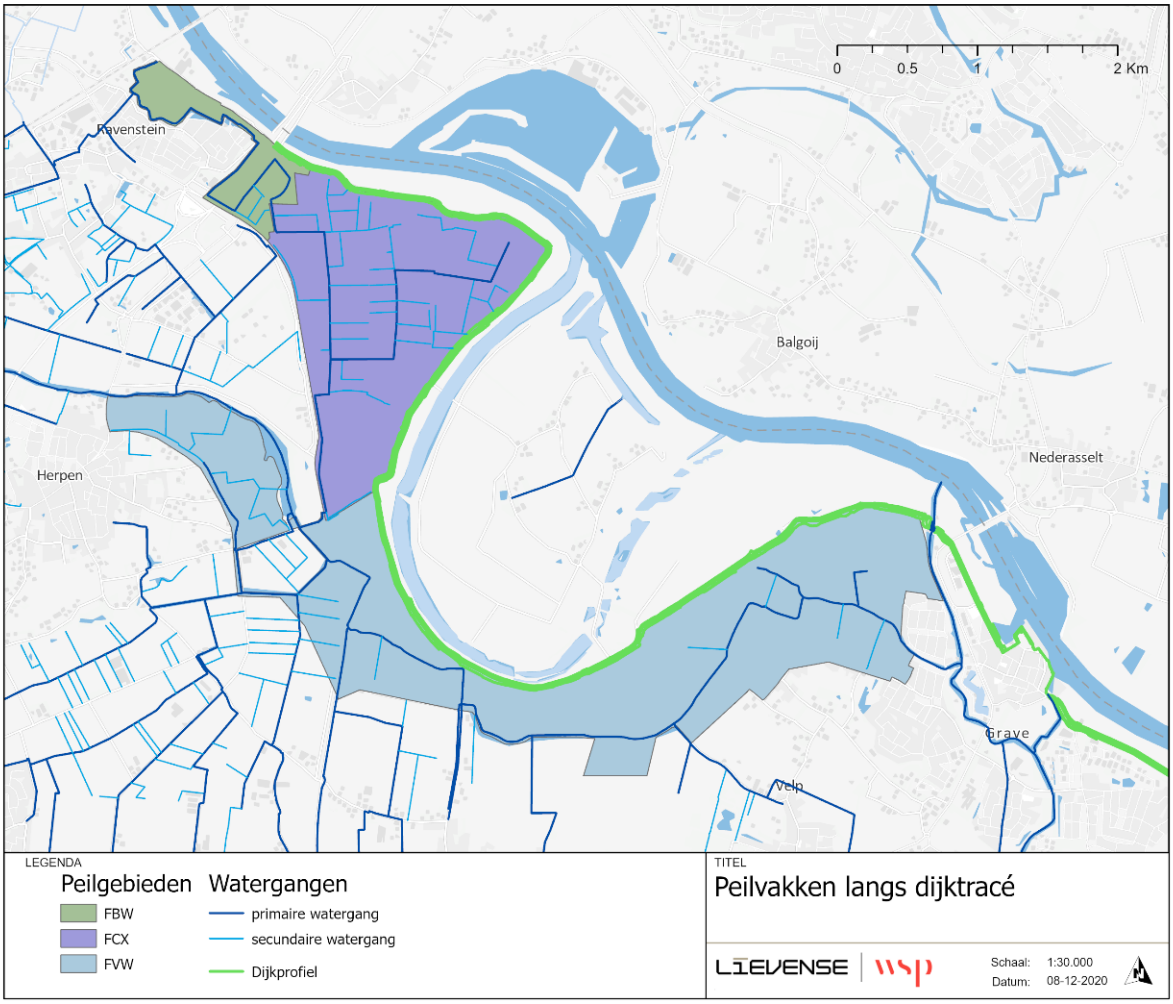
Naast hierboven genoemde watergangen zijn er binnen het plangebied ook nog diverse kleinere waterlopen die uitmonden in de Maas zoals de Sluisgraaf, de Gasselse Loop en de Tochtsloot. Deze passeren het dijktraject via een aantal kunstwerken in de primaire waterkering.

Binnendijkse waterstanden

Een belangrijk hydrologisch kenmerk van het plangebied is de overgang van gestuwd naar bemalen peilbeheer in het achterland. In de poldergebieden worden zomer- en winterpeilen bepaald voor een begrenst gebied en vastgesteld in een peilbesluit. Een peilbesluit is een wettelijk bepaald instrument uit de Waterwet. In de vrij afwaterende gebieden is er sprake van een streefpeil met een beheermarge welke wordt vastgesteld in een streefpeilbesluit. Het streefpeilbesluit komt niet voort uit een wettelijke verplichting, maar betreft een ambitie van het Dagelijks en Algemeen Bestuur[48].

In de reguliere situatie is het stuwpeil van de Maas in het oostelijke (bovenstroomse) deel van het plangebied lager dan in het achterland, terwijl het peil van de Maas in het westelijke (benedenstroomse) deel een hoger peil kent dan het binnendijkse watersysteem. Het gevolg hiervan is dat de Maas in het bovenstroomse deel van het gebied het peil in het achterland bepaalt en drainerend werkt.

Vanaf het gemaal Van Sasse bevinden zich verschillende peilgebieden in het achterland waar een zomer- en een winterpeil wordt gehandhaafd (Figuur 2-17). Hier is sprake van kwel doordat de Maas via de ondergrond water aanvoert. Het effect van rivierkwel is in de winter sterker dan in de zomer.



Figuur 2-17 (Bemaalde) peilgebieden langs dijktracé Cuijk-Ravenstein

Tabel 2-1 geeft de peilen van de desbetreffende peilgebieden uit Figuur 2-17 weer. Alle drie de gebieden bestaan voornamelijk uit kleigronden en staan onder invloed van kwel vanaf de Maas. Gebied FVW staat in contact met de Maas via de inlaad bij Grave en watert af op de Hertogswetering, welke afwatert in de Maas bij Gewande. Peilvak FCX watert af op gebied FBW, FBW watert vervolgens af op een ander peilvak (KNA). Deze peilvakken staan dus niet direct in contact met de Maas qua oppervlaktewater maar raken wel aan de kering[49][50].

Tabel 2-1 Peilvakken die raken aan het dijktracé Cuijk-Ravenstein

PEILVAK	WINTERPEIL (M + NAP)	ZOMERPEIL (M + NAP)
FVW	6,2	6,4
FCX	6,2	6,4
FBW	6,2	6,4

Algemene kwaliteit grondwater

Binnen het onderzoeksgebied komen in het grondwater sterk verhoogde concentraties arseen voor. Deze verontreiniging betreft een gebiedseigen afwijking en geen verontreiniging met antropogene oorzaak. Wanneer werkzaamheden in de ondergrond plaatsvinden, dient ervan uit te worden gegaan dat het grondwater mogelijk verontreinigd is met arseen. Wanneer er verontreinigingen voorkomen binnen de projectgrenzen, dient hier verkennend of aanvullend veldonderzoek plaats te vinden. Dit kan tijdens de Planuitwerkingsfase.

2.4.9 *Referentiesituatie rivierkunde*

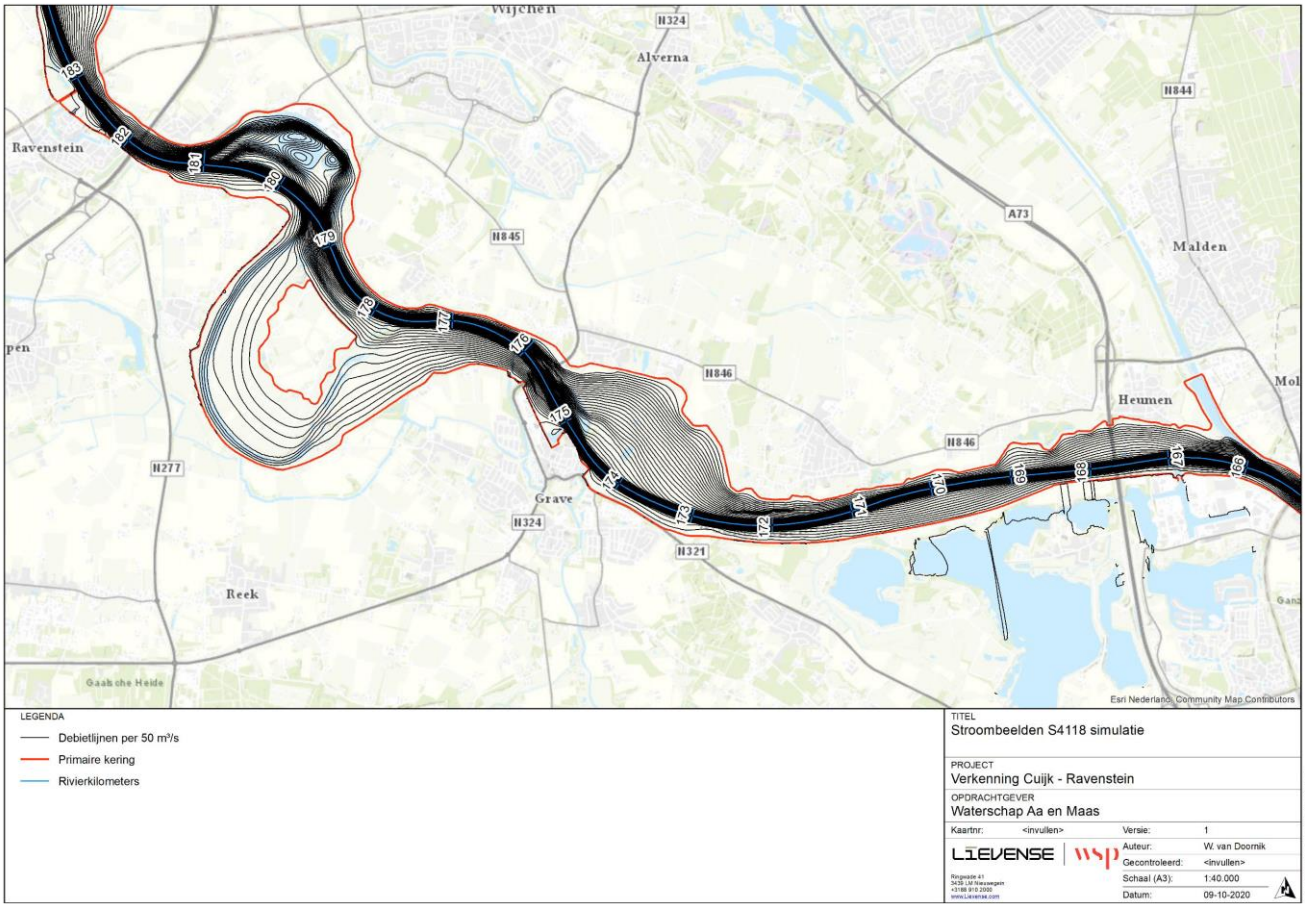
Het plangebied is gelegen aan de zuidzijde van de Maas op het traject tussen Cuijk en Ravenstein, namelijk tussen de rivierkilometers 165,3 (spoorbrug Mook) en 181,8 (brug A50). De weerden binnen het projectgebied hebben veelal een hoogte van circa 8,5 – 9.0 m NAP. Dit zorgt ervoor dat de weerden pas beginnen in te stromen vanaf een afvoer van circa 1500 m³/s bij St. Pieter. De waterstand is gemiddeld 2 dagen per jaar hoger dan deze waarde. Bij deze waterstand wordt ook de stuw Grave gestreken[4]. Het stuwpand Grave, bovenstrooms van de stuw, heeft een waterpeil van NAP +7,90 m. Het stuwpand benedenstrooms van de stuw (Lith) heeft een stuwpeil van NAP +4,90 m[46].

Waterstanden op de rivier

Bij het ontwerpen van de dijk is allereest belangrijk om vast te stellen met welke waterstanden in de rivier rekening gehouden moet worden. We noemen dit hydraulische ontwerp belasting (HOB). Deze waterstanden worden onder meer beïnvloed door de rivierverruimende maatregelen vanuit het Deltaprogramma Maas. Voor de Verkenningsfase is de meest recent vastgestelde Hydraulische Ontwerpbelasting (HOB2020) het uitgangspunt. Omdat het uiteindelijke pakket aan rivierverruimende maatregelen nog niet bekend is en in meer of mindere mate bewegelijk zal blijven tijdens het project, zal er in de Planuitwerkingsfase een nieuwe HOB-database worden opgesteld met de op dat moment laatste inzichten en ontwikkelingen. Bij het bepalen van waterstanden in de toekomst wordt uitgegaan van klimaatscenario W+.

Stroombeeld referentiestituatie

In Figuur 2-18 is het stroombeeld tijdens hoogwater in de referentiesituatie schematisch weergegeven.



Figuur 2-18 Stroombeeld referentiesituatie[15]

Op de kaart in Figuur 2-18 worden de afvoerlijnen per 50 m³/s getoond. Dit houdt in dat tussen elke lijn 50 m³/s stroomt. Hoe dichter deze lijnen bij elkaar liggen, hoe meer afvoer er dus stroomt. Op basis van dit stroombeeld blijkt dat in de

hoogwaterreferentie een grote hoeveelheid water door de uiterwaarden van de Maas stroomt. Rivierwaarts versterken gaat ten koste van het doorstroomprofiel, waardoor dit vanuit Rijkswaterstaat in principe niet is toegestaan. Op locaties waar stroombanen dicht bij elkaar liggen, zoals bij de bruggen over de Maas, zal een buitenwaartse versterking een groter opstuwend effect hebben dan op plekken waar de stroombanen ver uit elkaar liggen zoals bij Keent.

Vervanging stuw Grave

In de toekomst wordt de stuw Grave door Rijkswaterstaat vervangen op de huidige locatie. Hierover is nog geen besluit genomen. Daarom is de vervanging van deze stuw (nog) niet als een autonome ontwikkeling te beschouwen.

2.4.10 Referentiesituatie leefomgeving

Het thema leefomgeving gaat in dit MER over licht, geluid, trillingen en externe veiligheid. Dit zijn vormen van permanente hinder in de buurt van woningen die met name door wegverkeer worden veroorzaakt. Deze vormen van hinder spelen op het dijktraject Cuijk-Ravenstein vooral bij de provinciale weg N321 bij Grave en bij de Oude Maasdijk tussen Grave en Ravenstein, die tijdens de ochtend- en avondspits veelvuldig gebruikt wordt door sluipverkeer.

Bij de start van Verkenningsfase is een Belevingswaardenonderzoek opgeleverd[33]. Door middel van een serie interviews en een enquête is in beeld gebracht welke beleving omwonenden bij het dijktraject Cuijk-Ravenstein hebben. Vermindering van verkeershinder is hierbij veelvuldig benoemd als aandachtspunt. Het gaat daarbij onder andere om hinder van te hard rijdend verkeer over de Oude Maasdijk tussen Grave en Ravenstein en hinder als gevolg van (te) veel recreatief verkeer in het dorp Linden.

2.4.11 Referentiesituatie hinder tijdens aanleg

Voor wat betreft het thema “hinder tijdens aanleg” houdt de referentiesituatie in dat er geen ingrepen plaatsvinden die hinder in de vorm van verslechterde bereikbaarheid, meer werkverkeer, geluids-, stof- en trillinghinder veroorzaken. De effecten van de Kansrijke Alternatieven zijn dus beoordeeld ten opzichte van een situatie waarin geen werkzaamheden plaatsvinden.

3 OPGAVEN

Het doel van de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein is de waterkering Cuijk-Ravenstein (dijktraject 36-2) te laten voldoen aan de landelijke normen voor primaire waterkeringen, waarbij bestaande waarden en functies worden ingepast en waar mogelijk een bijdrage wordt geleverd aan de kwaliteit van de leefomgeving. De ontwerpopgave voor de dijkverbetering bestaat uit de opgave voor **waterveiligheid** en de **gebiedsopgave**.

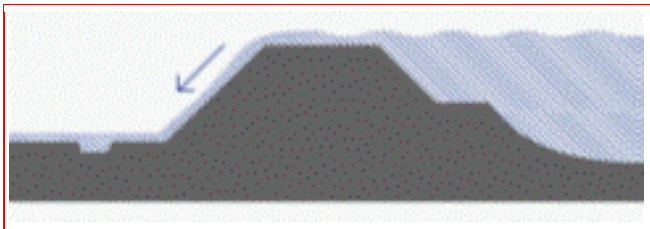
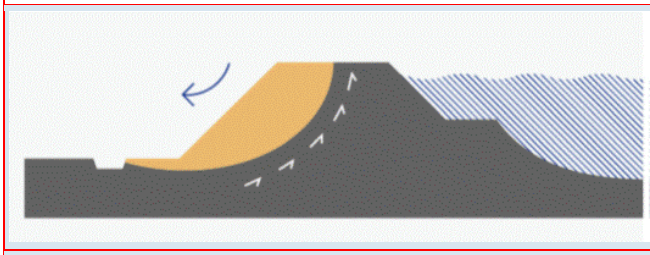
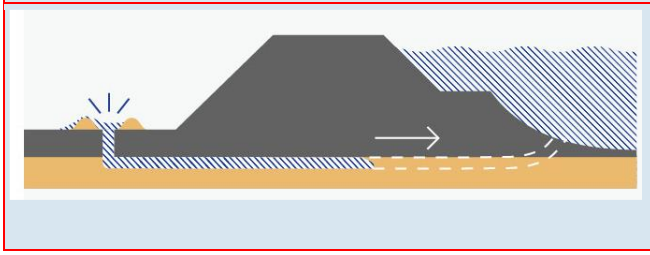
De opgave voor **waterveiligheid** gaat over de hoogte en sterkte van de dijk. Naast het versterken van de dijk zijn er andere mogelijkheden om de veiligheidsopgave aan te pakken. Zo kunnen maatregelen worden getroffen in het riviersysteem, zoals rivierverruiming. Bij het ontwerp van de dijkverbetering wordt rekening gehouden met de rivierverruimingsmaatregelen die bovenstrooms worden getroffen. Op het dijktraject Cuijk-Ravenstein zelf is bij de voorverkenning gebleken dat rivierverruiming geen bijdrage kan leveren aan beperking van de opgave voor dijkverbetering. Gezien de ontwerplevensduur (50 tot 100 jaar) worden tijdelijke maatregelen niet onderzocht.

De **gebiedsopgave** is de invulling van de doelstelling om waar mogelijk een bijdrage te leveren aan de kwaliteit van de leefomgeving. Beide worden hieronder toegelicht.

3.1 Waterveiligheidsopgaven

Waterveiligheidsopgave voor de gronddijken

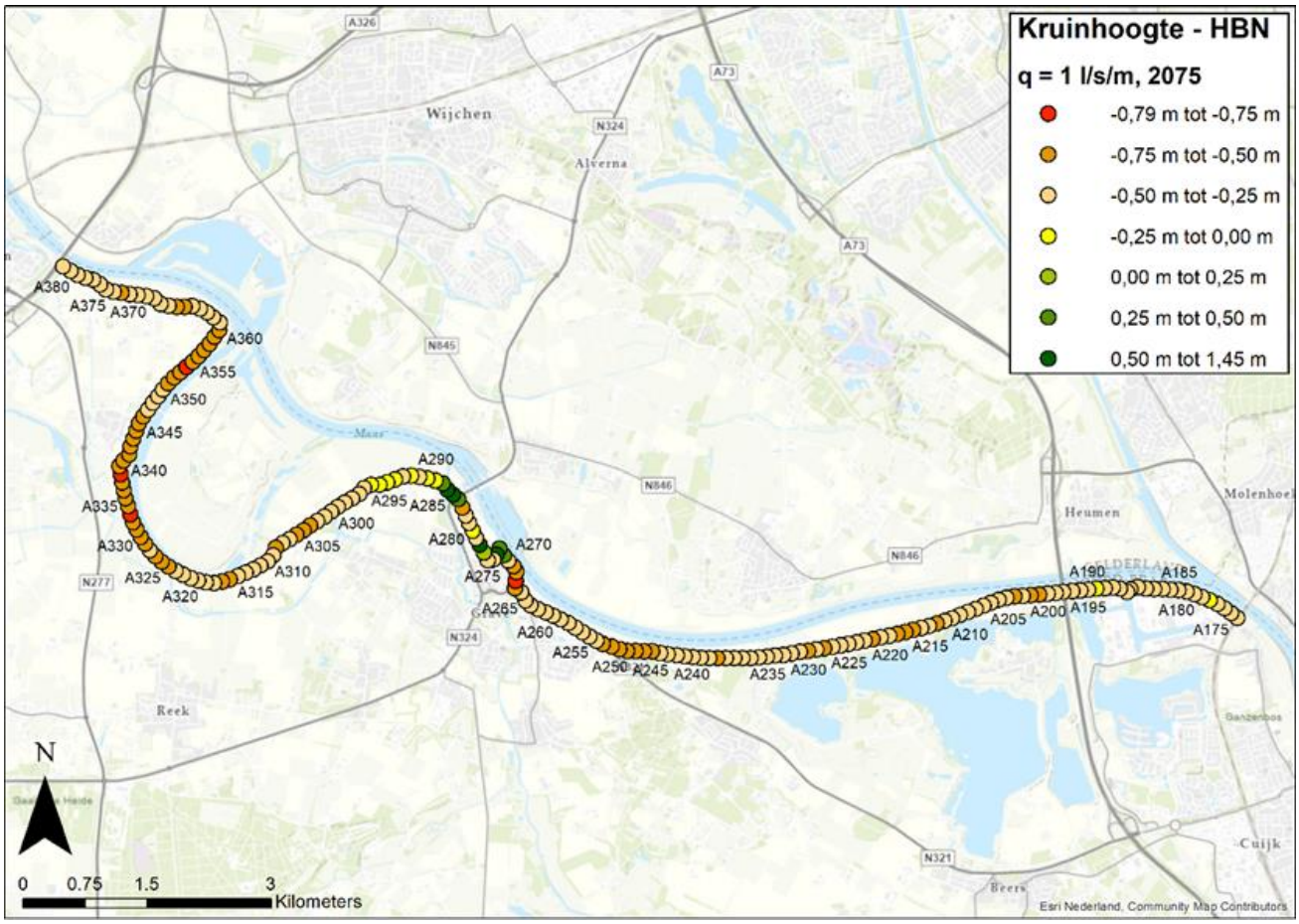
Uit de uitgevoerde veiligheidsbeoordeling blijkt dat vrijwel het gehele dijktraject tussen Cuijk en Ravenstein niet voldoet aan de waterveiligheidseisen. Het overgrote deel van het traject moet daarom worden aangepakt. In deze paragraaf wordt uitgelegd waarom de dijk niet aan de veiligheidseisen voldoet. Het falen van een dijk kan op verschillende manieren gebeuren. Dit worden faalmechanismen genoemd. De belangrijkste faalmechanismen voor het dijktraject Cuijk-Ravenstein zijn weergegeven in Figuur 3-1.

	**HOOGTE:** WANNEER HET WATER DOOR STIJGING VAN HET RIVIERPEIL OF HARDE WIND OVER DE DIJK HEEN LOOPT, KAN DAT LEIDEN TOT BESCHADIGING OF ZELFS GATEN IN DE DIJK. DIT WORDT OOK WEL EROSIE GENOEMD. ALS DIT OVERSTROMEN TE LANG DUURT, KAN DE SCHADE AAN DE DIJK ZO GROOT WORDEN DAT DEZE DOORBREEKT.
	**Stabiliteit**: als er langdurig water tegen de dijk staat, vult deze zich met water en kan de dijk 'slap' worden. Hierdoor wordt deze instabieler en kan bezwijken. Dit gebeurt meestal aan de binnendijkse kant, door de waterdruk vanuit de rivier.
	**Piping**: als er hoog water tegen de dijk staat, kan er water onder de dijk naar het achterland stromen. Dit (kwel)water dat onder de dijk doorstroomt, kan grond meenemen. Hierdoor ontstaat een 'tunnel' of 'pipe' die de dijk uitholt. In de volksmond worden dit 'wellen' genoemd. Dit kan leiden tot inzakken van de dijk.

Figuur 3-1 Toelichting faalmechanismen

Er is over bijna de volledige lengte van het dijktraject een hoogteopgave (Figuur 3-2). Uitzonderingen hierop zijn het vestingdeel Bekaf in Grave, een deel van de Koninginnedijk te Grave en de dijk ter hoogte van de toerit naar de John S. Thompsonbrug (N324). Daar waar wel een hoogteopgave is, varieert de extra hoogte die benodigd is om aan de normering te voldoen voor de (grond)dijk tussen 10 en 80 cm. Voor harde constructies die geheel vernieuwd worden, is de hoogteopgave in principe hoger dan voor gronddijken. Dit is het gevolg van de keuze om nieuwe constructies voor een levensduur van 100 jaar te ontwerpen, terwijl gronddijken voor een levensduur van 50 jaar worden ontworpen. De extra benodigde hoogte voor kademuren zou wel gefaseerd aangelegd kunnen worden.

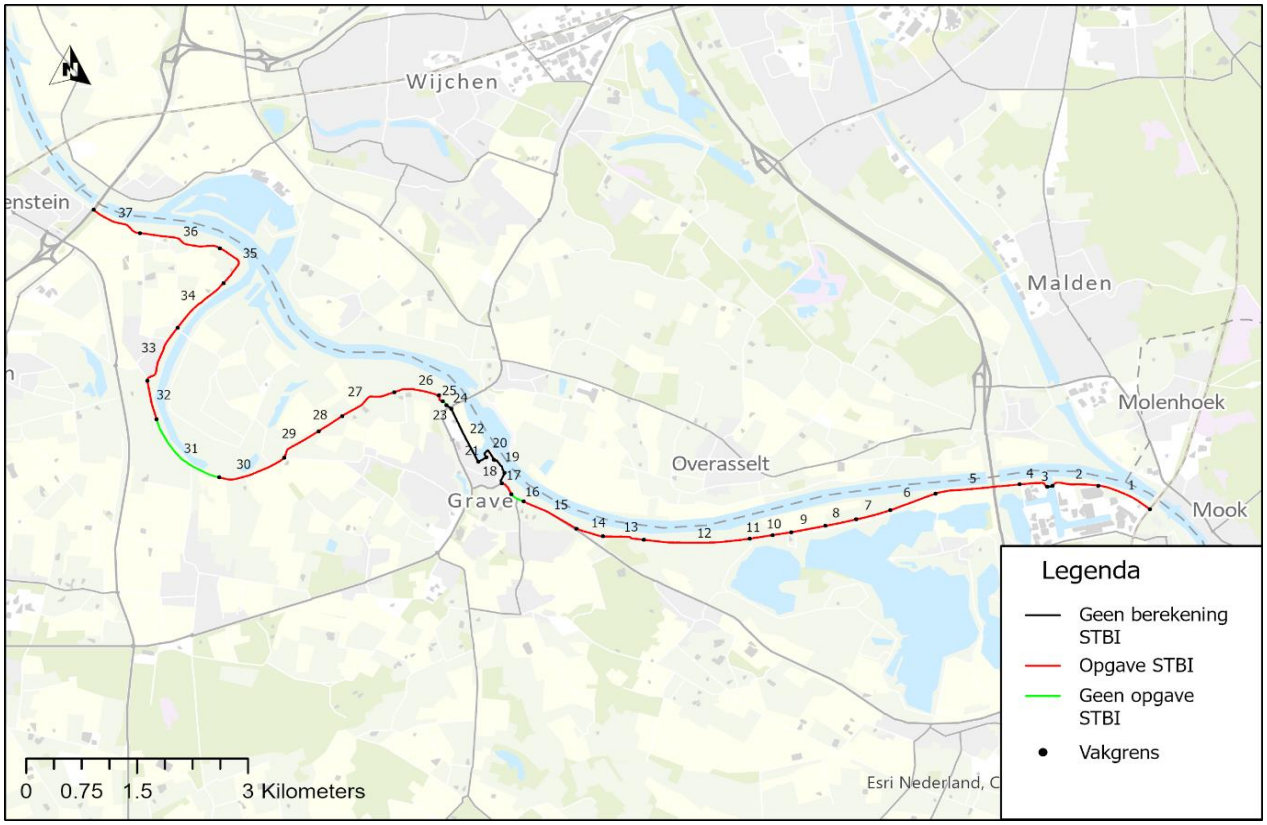
In Figuur 3-2 betekent "q = 1 l/s/m, 2075": zichtjaar 2075, met een zogenoemd *overslagdebiet* van 1 l/s/m. Het overslagdebiet is het volume water dat per seconde per meter over de kering mag slaan. Een overslagdebiet van 1 l/s/m is de meest logische keuze, omdat er bij dit overslagdebiet geen aanvullende maatregelen binnendijks nodig zijn (zoals een strenger beheerregime om de kwaliteit van de graszode te garanderen) en er bij een hoger overslagdebiet maar zeer beperkte winst in kruinhoogte te behalen is[28].



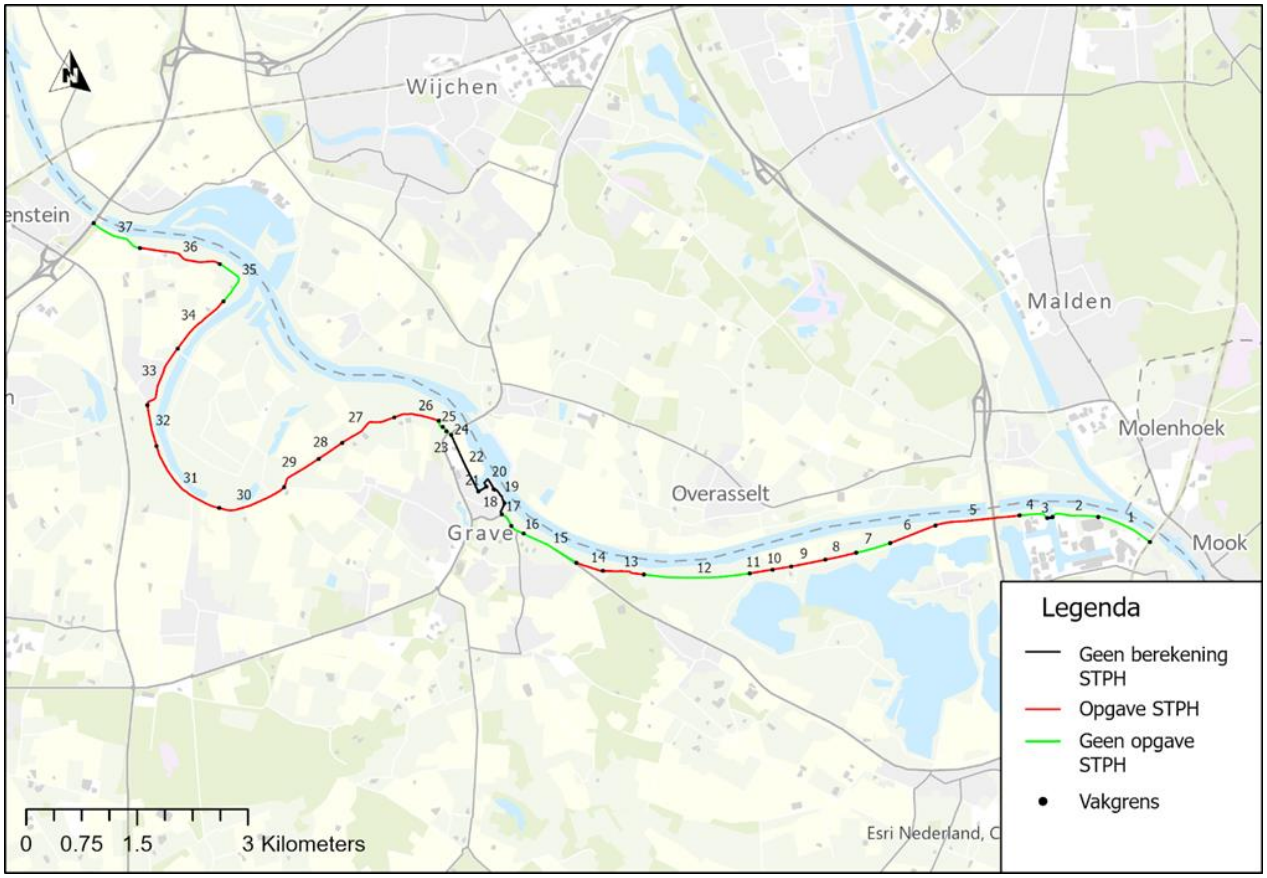
Figuur 3-2 Waterveiligheidsopgave hoogte

Daarnaast is er op veel locaties sprake van een opgave voor stabiliteit (Figuur 3-3) en/of piping (Figuur 3-4). De opgave met betrekking tot macrostabiliteit binnenwaarts speelt op ongeveer 90% van het dijktraject Cuijk-Ravenstein. Uitzonderingen hierop zijn een deel van de Oude Maasdijk ter hoogte van Reek en de Jan van Cuykdijk ter hoogte van de begraafplaats aan de Estersveldlaan. De pipingopgave bevindt zich met name ter hoogte van de Kraaijenbergse plassen, bij tuinencomplex De Driessen, over vrijwel het gehele dijktraject rondom Keent en ter hoogte van Neerloon.

Een nadere beschrijving van de verschillende opgaven is opgenomen in het Ontwerprapport Dijk[26]. Voordat het Voorkeursalternatief (VKA) wordt vastgesteld is er nog een optimalisatieronde op de waterveiligheidsopgave voorzien, waarbij de focus ligt op het optimaliseren van de opgave en het ruimtebeslag voor de faalmechanismen macrostabiliteit binnenwaarts en piping. Deze optimalisatieronde is met name gebaseerd op aanvullend grondonderzoek.



Figuur 3-3 Waterveiligheidsopgave Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)



Figuur 3-4 Waterveiligheidsopgave Piping (STPH)

Waterveiligheidsopgave voor de kunstwerken

De belangrijkste waterbouwkundige kunstwerken waarvoor de Waterveiligheidsopgave is aangescherpt, zijn de Keersluis Cuijk en de muur Grave.

Keersluis Cuijk

Voor de Keersluis Cuijk is aangetoond dat er in ieder geval tot 2075 nog geen sprake is van een hoogteopgave en dat de keersluis ook voldoet op piping en sterkte/stabiliteit. De enige waterveiligheidsopgave die resteert voor de keersluis is betrouwbaarheid sluiting. In de Verkenningsfase is bij het opstellen van de Kansrijke Alternatieven in meer detail onderzoek gedaan naar de opgave van keersluis Cuijk (en andere kunstwerken). De opgave die er is voor Betrouwbaarheid sluiting van kunstwerken ("BSKW") is oplosbaar met het huidige object, middels enkele fysieke aanpassingen en enkele aanpassingen aan de procedures op papier. Dit wordt in de Planuitwerkingsfase nader uitgewerkt.

Muur Grave

Voor de muur Grave is de belangrijkste opgave de hoogteopgave. Deze is in het Ontwerprapport Kunstwerken[27] uitgewerkt voor verschillende zichtjaren. Hierdoor is nu goed in beeld hoe groot de hoogteopgave is en hoe deze zich in de tijd ontwikkeld. De ontwerplevensduur voor dijken in grond is 50 jaar en voor waterkerende kunstwerken 100 jaar. Dit resulteert in 2125 als zichtjaar voor de Maaskade van Grave.

Simpelweg ophogen van deze kademuur is vanwege de forse benodigde hoogte niet overal in Grave een inpasbare oplossing. Een verkenning van een oplossing in de vorm van een bijzondere constructie komt dan ook in beeld. Daarnaast is deze hoogte voor het waterschap aanleiding om een kortere ontwerplevensduur voor het aspect hoogte in beschouwing te nemen. Daarbij wordt gekeken naar een ontwerplevensduur van 50 jaar: zichtjaar 2075. Door deze adaptieve benadering kan de benodigde hoogte de eerste 50 jaar beperkt worden.

De eis voor de sterkte van de kade blijft in principe wel gebaseerd op een levensduur van 100 jaar, tenzij met een LCC-analyse (berekening van de levensduurkosten) kan worden aangetoond dat een kortere levensduur beter is (bijvoorbeeld als daardoor de bestaande constructie gehandhaafd kan blijven). Een oplossing met een kortere levensduur moet goed uitbreidbaar zijn en de kostenverschillen op grond van een LCC-analyse over 100 jaar mogen niet groot zijn.

Ten aanzien van de hoogteopgave voor muur Grave is een ontwerpkeuze gemaakt om uit te gaan van een overslagdebiet van 1 tot 10 l/s/m (dit is de hoeveelheid water die over de kering mag slaan bij extreem hoogwater). Een overslagdebiet van 1 tot 10 l/s/m is de meest logische keuze, omdat dit het hoogste toelaatbare overslagdebiet is, wat leidt tot een zo laag mogelijke muur binnen de gestelde eisen voor waterveiligheid. Een hoger overslagdebiet is vanuit waterveiligheid niet acceptabel (omdat daarmee niet aan de faaldefinitie uit de Waterwet wordt voldaan), terwijl een lager overslagdebiet leidt tot onnodige kosten en onnodig zichtverlies. Met het nemen van deze ontwerpkeuze is de bandbreedte in de hoogteopgave verder verkleind.

Overige kunstwerken

Naast de Keersluis Cuijk en de muur Grave zijn er nog negen kleinere kunstwerken (een gemaal, een inlaatwerk, uitwateringssluizen en coupures) waarvoor soms Waterveiligheidsopgaven zijn of aanpassingen aan het kunstwerk nodig zijn vanwege de dijkverbetering. Het gaat om de volgende kunstwerken:

1. Gemaal en riooloverstort Cuijk Haven
2. Persleiding gemaal Sluisgraaf
3. Uitwateringssluis Tochtsloot
4. Uitwateringssluis Gasselse Loop
5. Raamsluis Grave
6. Coupure Maaspoort Grave
7. Coupure Maasstraat Grave
8. Uitwateringssluis Havenstraat Grave
9. Gemaal van Sasse

Een nadere beschrijving van de verschillende opgaven bij de kunstwerken is opgenomen in het Ontwerprapport Kunstwerken[27].

Kabels en leidingen

Het belangrijkste knelpunt ten aanzien van kabels en leidingen speelt bij de kruisende gasleidingen van Gasunie bij Ravenstein (dijkvak 37, zie Bijlage 1). Hiervoor is in de KA-stap middels een leidingberekening aannemelijk gemaakt dat de kruisende gasleidingen de dijkverbetering kunnen dragen. Nader onderzoek in de volgende stap zal dit definitief aantonen. Aandachtspunt hierbij is dat deze de dijk in de huidige situatie kruisen zonder vervangende waterkering, terwijl een 'eigen' waterkering volgens de normen (NEN3650/3651) wel vereist is. In het ontwerp wordt daarom voorlopig uitgegaan van het realiseren van een 'eigen' vervangende waterkering. Mogelijk kan in het vervolg rekenkundig aangetoond worden dat een vervangende waterkering niet nodig is om het overstromingsrisico voldoende te beheersen. Voor overige kabels en leidingen geldt dat deze op veel locaties een raakvlak met de dijkverbetering veroorzaken, waardoor kabels en leidingen verlegd dienen te worden tijdens of voorafgaand aan de dijkverbetering.

3.2 Gebiedsopgaven

De gebiedsopgaven betreffen de functies op of langs de dijk anders dan waterveiligheid, zoals recreatie, biodiversiteit, verkeer, enzovoorts. De gebiedsopgave wordt ingevuld vanuit verschillende sporen:

- de (beleids)ambities van de samenwerkpartners;
- de wensen die door bewoners en andere belanghebbenden zijn aangedragen in de Verkenningsfase. Deze zijn opgenomen in de Integrale Uitgangspuntennotitie[4];
- en het Ruimtelijk Kwaliteitskader (RKK)[13].

De gebiedsopgave bestaat uit de wettelijke inpassingsopgave van het dijktraject en de meekoppelkansen.

Inpassingsopgave

Het projectgebied heeft na uitvoering van de dijkverbetering minimaal een gelijke ruimtelijke kwaliteit met zoveel mogelijk behoud van bestaande voorzieningen ten opzichte van de huidige situatie. Dit noemen we een goede inpassing. De functies en waarden van het gebied die behouden moeten blijven, vormen de uitgangspunten voor een goede inpassing. Deze zijn beschreven bij de referentiesituatie per thema (paragraaf 2.4).

Meekoppelkansen

Waterschap Aa en Maas wil de dijk niet alleen sterker maken, maar waar mogelijk ook mooier, beter en passender. Daarom maken we ruimte om wensen, ambities en ideeën van anderen in het gebied te koppelen aan de dijkverbetering. Mogelijk kunnen we het samen goedkoper of sneller uitvoeren, of wordt het gebied tegen gelijke kosten beter of mooier. Dit noemen we een meekoppelkans. Meekoppelkansen vormen de invulling van de verschillende gebiedsambities die waterschap, gemeenten en provincie nastreven.

De vestingstad Grave kent een groot aantal ontwikkelingen en ambities die de dijkverbetering mogelijk raken. In 2017 is een Vestingvisie Grave[25] opgesteld. We streven ernaar dat dijkverbetering bij Grave niet alleen wordt ingevuld vanuit de principes uit het ruimtelijk kwaliteitskader maar ook vanuit de Vestingvisie. Deze Vestingvisie beschouwen we als een meekoppelkans.

Voor het succesvol meekoppelen van plannen en projecten is het essentieel dat er een eigenaar van de meekoppelkans is die ook verantwoordelijk is voor de financiering van het initiatief (meekoppelen is meedoen). De meekoppelkansen zijn daarom op dezelfde manier beoordeeld en afgewogen als de ontwerpoplossingen. De effectbeoordeling van de meekoppelkansen is gepresenteerd in paragraaf 7.11. Indien na beoordeling en afweging volgt dat de meekoppelkans in het project wordt meegenomen, vindt de beoordeling plaats of deze past binnen de kaders van de procedure voor het projectbesluit. Indien dat niet het geval is kan er een ander besluit nodig zijn.

4 RELEVANTE KADERS

4.1 Juridisch kader

Wettelijke- en beleidskaders geven randvoorwaarden aan de voorgenomen activiteit. In het MER is hiermee rekening gehouden, zowel bij het opstellen van het beoordelingskader als bij de effectbeoordelingen zelf. Naar verwachting gaat in 2023 de Omgevingswet in. In dit MER is daarom alvast voorgesorteerd op dit nieuwe stelsel. In Tabel 4-1 zijn enkele belangrijke richtinggevende wetten en kaders voor de planvorming toegelicht.

Tabel 4-1 Overzicht juridisch kader

BELEIDSSTUK/WET	JAAR	UITLEG EN RELEVANTIE
RICHTLIJN 2014/52/EU, RICHTLIJN 2011/92/EU	2014 2011	Europese richtlijn (EU) betreffende de milieueffectbeoordeling van bepaalde openbare en particuliere projecten. Bij de milieueffectbeoordeling worden de directe en indirecte aanzienlijke effecten van een project per geval op passende wijze geïdentificeerd, beschreven en beoordeeld op verschillende met naam genoemde factoren. De wet Milieubeheer/Omgevingswet werkt de richtlijnen uit.
OMGEVINGSWET, RIJK	2016, gecon-solideerde versie 2021 (nog niet in werking)	De Omgevingswet is één wet die alle wetten voor de leefomgeving bundelt en moderniseert. De omgevingsvisies die gemeenten, provincies en het Rijk opstellen, zorgen ervoor dat er meer samenhang in het beleid op de fysieke leefomgeving komt. De invoering van de Omgevingswet staat gepland voor 2023. De Omgevingswet is voor alle milieuthema's van belang.
OMGEVINGSBESLUIT, RIJK	2018, gecon-solideerde versie 2021 (nog niet in werking)	Hierin staan regels voor alle partijen die actief zijn in de fysieke leefomgeving. Er staat onder andere in wanneer een plan-m.e.r. (beoordelingsplicht) geldt en bij welke besluiten een project-m.e.r. of m.e.r.-beoordelingsplicht geldt.
BESLUIT KWALITEIT LEEFOMGEVING (BKL)	2018, gecon-solideerde versie 2021 (nog niet in werking)	In dit besluit staan de regels over omgevingswaarden (bijvoorbeeld kwaliteit van de lucht, zwemwater en waterkwaliteit), instructieregels, beoordelingsregels en regels voor monitoring. Dit besluit geldt voor bestuursorganen/overheid. De in het Bkl opgenomen regels gelden voor het vaststellen van programma's, plannen, verordeningen en projectbesluiten. De regels bieden de afwegingsruimte voor de bestuursorganen.
BESLUIT ACTIVITEITEN LEEFOMGEVING (BAL)	Gecon-solideerde versie 2022 (nog niet in werking)	In het Bal staan de activiteiten genoemd die effecten hebben voor de fysieke leefomgeving. Daarnaast is opgenomen of voor deze activiteiten een melding of omgevingsvergunning nodig is. Het Bal geldt voor iedereen die actief is in de fysieke leefomgeving (dus bestuursorganen én burgers/bedrijven). In het bal is ook aangeven wie het bevoegd gezag is.

4.2 Beleidskader

Naast de geldende wet- en regelgeving, vormt staand beleid van overheden een kader voor het ontwerp van de dijkverbetering. Hieronder is belangrijk kadervormend beleid voor dit project toegelicht.

Adaptieve Uitvoeringsstrategie Maas

De Adaptieve Uitvoeringsstrategie Maas (AUM)[11] is een pakket van potentiële rivierverruimende maatregelen. Beoogd wordt om een waterstandslijn voor de periode 2020-2050 beleidsmatig vast te leggen. De borging loopt via het spoor van Integraal Riviermanagement (IRM; zie toelichting hieronder).

Integraal Riviermanagement

Binnen het programma Integraal Riviermanagement (IRM)[16] werken regionale overheden en het Rijk vanuit één gezamenlijke visie samen aan een veilig, bevaarbaar, vitaal en aantrekkelijk Maas- en Rijngebied, dat duurzaam is te beheren en voorbereid is op de toekomst. Dit wordt gedaan met inbreng van maatschappelijke organisaties en andere belangengroeperingen en kennisinstellingen.

Beleidslijn groten rivieren

De beleidslijn (Rijkswaterstaat, 2006) schrijft voor welke activiteiten binnen het rivierbed van de grote rivieren zijn toegestaan en onder welke voorwaarden. De rivierkundige voorwaarden zijn nader uitgewerkt in het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK), welke gebruikt wordt bij vergunningplichtige activiteiten. De beoogde maatregelen in de uiterwaarden moeten hieraan getoetst worden.

Natuurnetwerk Brabant (NNB)

Het Natuurnetwerk Brabant (NNB) is een netwerk van deels bestaande en deels nieuwe natuurgebieden die door ecologische verbindingszones met elkaar verbonden zijn. Hierdoor kunnen dieren zich makkelijker verplaatsen tussen verschillende natuurgebieden. Zo wordt de biodiversiteit (de variatie en veelheid aan soorten) bevorderd. Het Natuurnetwerk Brabant is onderdeel van het Natuurnetwerk Nederland.

NNB-gebieden zijn planologisch beschermd. Ontwikkelingen binnen een NNB-gebied zijn alleen mogelijk met een nadere toetsing: de ‘nee-tenzij’ toets. Dit houdt in dat ingrepen in NNB-gebied niet worden toegestaan, tenzij er sprake is van een zwaarwegend maatschappelijk belang en indien er geen alternatieven zijn. Indien bij een ingreep schade wordt aangericht aan een NNB-gebied, dan dient dit gemitigeerd of gecompenseerd te worden.

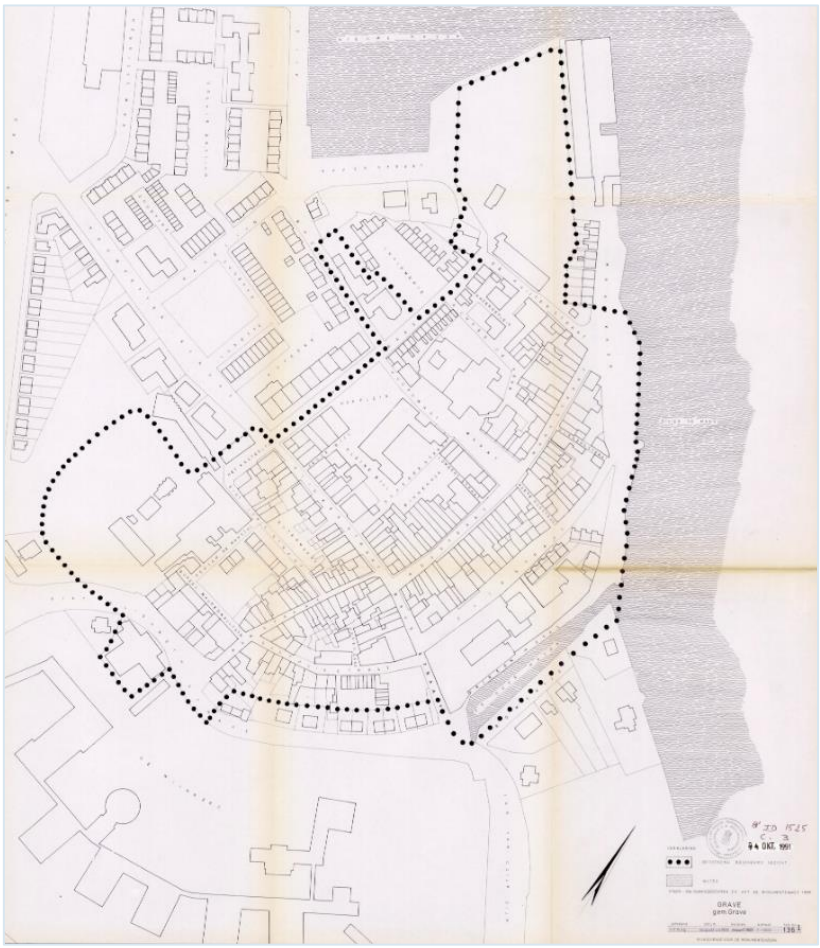
Biodiversiteitsbeleid Noord-Brabant

Het biodiversiteitsbeleid van de provincie Noord-Brabant is vastgelegd in Maatregelenkaarten[17]. Het dijktraject Cuijk-Ravenstein valt binnen het deelgebied “Maasdal van het Maasheggengebied tot aan de Koornwaard”. Onder de beoogde maatregelen die raken aan het dijktraject, vallen onder andere nog te realiseren NNB middels grondverwerving en herinrichting tot natuurgebied, en het verbeteren van de hydrologie in de Raam en delen van de Kraaijenbergse Plassen.

Beschermde stads- en dorpsgezichten

Voor bouwen, verbouwen of slopen in een beschermd stads- en dorpsgezicht gelden andere regels dan voor normale bouw– of verbouwplannen in gebieden zonder beschermde aanwijzing. De eisen vanuit de bouwregelgeving voor het bouwen in beschermde gezichten zijn op enkele punten strenger dan bij gebieden zonder aanwijzing. Het stadsgezicht van Grave is een van rijkswege beschermd stadsgezicht (Figuur 4-1). Panden die binnen een beschermd gezicht vallen, krijgen niet automatisch de status van beschermd monument (binnen het beschermde stadsgezicht Grave hebben verschillende individuele gebouwen en de kademuur een (rijks)monumentale status). De gemeente reguleert nieuwe ont-

wikkelingen in het beschermde gebied. De gezichtsbescherming richt zich op de stedenbouwkundige en cultuurhistorische waardering van een gebied en beoogt het toekomstig functioneren daarvan veiligstellen. Voor de overige kernen binnen het projectgebied gelden geen beschermde dorpsgezichten.



Figuur 4-1 Begrenzing beschermd stadsgezicht Grave (zwarte stippellijn)[19]

De Vestingvisie Grave

Bureau West 8 heeft in opdracht van de (toenmalige) gemeente Grave een Vestingvisie[25] opgesteld waarin aanbevelingen worden gedaan over hoe de beleefbaarheid van de vesting kan worden versterkt. Ten aanzien van de dijkverbetering wordt onder andere het volgende gesteld in deze Vestingvisie:

> ***De beleefbaarheid van de vesting.***
> *Het ontwerp van de vesting is bij eerste opzet zeer methodisch. De opeenvolging van krijgsinzichten over tijd resulteert er uiteindelijk in dat de vesting een complex stelsel werd met onderdelen uit meerdere tijdslagen. De 'Vestingwet' uit 1874, die de ontmantelingsprocedure voor tal van vestingsteden in beweging zette, leidde tot veel sloopwerkzaamheden die de integriteit van het geheel steeds verdergaand heeft aangetast. Samen met de nieuwbouw van woningen en wegen heeft dit proces geleid tot de huidige gefragmenteerde en vaak onbegrijpelijke ruimtelijke structuur aan de randen van de historische binnenstad. Om de vesting in de toekomst te kunnen begrijpen als een samenhangend stelsel van verschillende vestingwerken, is het van belang dat deze ruimtelijk beleefbaar worden gemaakt. De dijkverbetering is een belangrijke kans om hier invulling aan te geven. Om een samenhangende beleving van de vestingwerken te bewerkstelligen, dienen de verschillende onderdelen van de vesting een relatie met elkaar aan te gaan. Gebiedsoverschrijdende structuren, zoals een dijklichaam, dienen op een heldere manier afgetekend te worden in het landschap, zodat deze niet versmelten met de vestingwerken. Elementen als de Maaspoort, halfbastion Bekaf en de vestingmuren bij Bomvrije verdienen het om in ere hersteld te worden en de benodigde ruimte te krijgen. Door in te zetten op een hoogwaardige afwerking en het herstel van de vestingwerken kan de beleefbaarheid van de vesting aanzienlijk verbeterd worden.*

Interim Omgevingsverordening provincie Noord-Brabant

De Omgevingsverordening van de provincie Noord-Brabant[30] is gericht op: een goede, veilige en gezonde leefomgeving; het in stand houden of verbeteren van een goede omgevingskwaliteit; een evenwichtig gebruik van de fysieke leefomgeving; en het realiseren van maatschappelijke opgaven. In deze omgevingsverordening is onder andere vastgelegd hoe ruimtelijke kwaliteit dient te worden beoordeeld, uitgesplitst in belevingswaarde, herkomstwaarde, gebruikswaarde en toekomstwaarde.

Structuurvisie Cuijk 2030

Een structuurvisie is een strategisch beleidsdocument waarin het beleid voor de inrichting van de ruimte is beschreven. Een structuurvisie wordt bij de gemeente door de gemeenteraad vastgesteld. Het meest relevante onderdeel van de Structuurvisie Cuijk 2030[20] voor dit dijkverbeteringsproject, is dat de gemeente streeft naar het behouden en versterken van de Kraaijenbergse Plassen als een bovenregionale functie voor watersport- en natuurrecreatie.

Structuurvisie (toenmalige) gemeente Grave 2025

De structuurvisie Grave 2025[21] geeft een samenhangend ontwikkelingskader vanuit een duidelijke stip op de horizon: Grave moet gaan glinsteren als vitale vestinggemeente aan de Maas. Dit gebeurt door:

- een wervend, divers en in de Brabantse en Gelderse regio onderscheidend woonklimaat te bieden,
- een bastion van zorg te blijven,
- een goede bereikbaarheid te bevorderen,
- een aantrekkelijk vestigingsklimaat voor winkels en andere bedrijven te creëren,
- en een gastvrije, levendige pleisterplaats te zijn voor actieve en natuurcultuurminnende dag- en verblijfstoeristen.

Voor dit dijkverbeteringsproject blijft het belangrijkste visiedocument voor Grave de Vestingvisie Grave (hierboven toegelicht).

Structuurvisie Buitengebied Oss

De gemeente Oss heeft in 2015 één overkoepelende visie voor het buitengebied opgesteld[22]. Met de Structuurvisie wil de gemeente Oss een robuuste en duurzame ruimtelijke structuur voor een vitaal en multifunctioneel buitengebied realiseren. De volgende punten worden nagestreefd:

- een versterking van de ruimtelijke identiteit met aandacht voor verscheidenheid, ruimte en landelijkheid;
- behoud, herstel en/of ontwikkeling van de landschappelijke, cultuurhistorische en ecologische structuren en elementen;
- een versterking van de aanwezige landschapstypen: uiterwaarden, oever- wal, komgebied, dekzandrand en dekzandrug;
- het bieden van ruimte voor waterveiligheid, waterkwantiteit en waterkwaliteit;
- een vitaal buitengebied, waar een goed evenwicht is tussen alle aanwezige functies: landbouw, recreatie, natuur, water, wonen, etc.;
- gebieden met blijvende ruimte en mogelijkheden voor (grondgebonden) landbouw, met name binnen het primaire agrarisch gebied;
- voldoende afstand tussen slecht verenigbare functies zoals wonen en intensieve veehouderij;
- de instandhouding van de leefbaarheid door middel van het zorgvuldig en afgewogen bieden van ruimte aan nieuwe economische dragers;
- nieuwe impulsen voor toerisme en recreatie, met bijzondere aandacht voor versterking van de recreatie in het Maasgebied en het ontwikkelen van aantrekkelijke uitloopgebieden met natuur en recreatie nabij de stad Oss en recreatieve verbindingen tussen kernen op afstand van de Maas en de Maasdijk.

5 ONTWERPPROCES KANSRIJKE ALTERNATIEVEN

Bij het ontwerpen van de Kansrijke Alternatieven zijn de volgende stappen doorlopen:

1. het opstellen van **uitgangspunten** voor het ontwerp;
2. het ontwikkelen van "**bouwstenen**" om de in Hoofdstuk 3 beschreven opgaven op te lossen;
3. het ontwikkelen van **Mogelijke Oplossingen** (dit zijn combinaties van bouwstenen), om de hoeken van het speelveld te verkennen;
4. en het ontwikkelen van **Kansrijke Alternatieven** (combinaties van Mogelijke Oplossingen).

In dit hoofdstuk is per ontwerpstap toegelicht welke keuzes zijn gemaakt. Ook toegelicht welke rol publieksparticipatie heeft gespeeld bij de ontwerpstappen én welke afwegingen omtrent milieueffecten hebben plaatsgevonden. Voor de volledige beschrijvingen verwijzen we naar de nota's die per ontwerpstap zijn opgeleverd:

- de Integrale Uitgangspuntennotitie[4];
- de Nota Bouwstenen[23];
- de Nota Mogelijke Oplossingen[24];
- en de Nota Kansrijke Alternatieven[28].

5.1 Uitgangspunten

Aan het begin van de Verkenningsfase is de Integrale Uitgangspuntennotitie[4] ontwikkeld. Hierin zijn organisatorische, technische, conditionerende en ruimtelijke uitgangspunten voor het dijkontwerp vastgelegd.

Organisatorische uitgangspunten

De organisatorische uitgangspunten (ook wel: procesuitgangspunten / procedurele uitgangspunten) gaan over de fasering van het ontwerpproces (de MIRT-systematiek) en de samenwerking met medeoverheden.

Technische uitgangspunten

De technische uitgangspunten zijn gedetailleerd opgenomen in de Technische Uitgangspuntennota (TUN)[5] en betreffen onder andere het hanteren van klimaatscenario W+ (zie kader hieronder) en een ontwerplevensduur van de waterkering van 50 jaar (voor grondoplossingen) of 100 jaar (voor constructies, met uitzondering van de muur Grave). Ook is er een voorkeur voor binnendijkse oplossingen in grond. Het debiet (hoeveel water over de dijk mag slaan bij hoogwater) kan variëren per locatie en is een uitgangspunt dat niet op voorhand is vastgesteld[5].

Klimaatscenario W+
Het is een gegeven dat het klimaat verandert en in de toekomst blijft veranderen. Dit heeft onder andere effecten op de (toekomstige) waterstanden op de Maas ter hoogte van het projectgebied. Het KNMI maakt klimaatscenario's van een mogelijk toekomstig klimaat voor Nederland[29]. Op basis daarvan worden de waterstanden berekend waarmee rekening gehouden moet worden bij de dijkverbetering. De waterstanden op de as van de rivier volgens de meest recent vastgestelde Hydraulische Ontwerpbelasting zijn gebaseerd op het KNMI-klimaatscenario W+ ("Warm met verandering van atmosferische circulatie"; hoogste mate van klimaatverandering). Ook is rekening gehouden met de effecten van rivierverruimende maatregelen die vanuit het Deltaprogramma Maas worden uitgevoerd. Deze waterstanden dienen als basis voor het bepalen van het Hydraulisch Belastingniveau voor de waterkering zelf. De uitgangspunten zijn vastgesteld door het Dagelijks Bestuur van waterschap Aa en Maas (30 juni 2020). De Hydraulische Ontwerpbelasting wordt periodiek geactualiseerd en 'bevroren' bij de start van de planuitwerking van elk (volgend) HWBP-project.

De uitgangspunten voor een goede beheerbaarheid zijn door het waterschap opgeschreven in de Basisspecificatie Dijk (BSD)[6]. Hierin staan onder andere uitgangspunten voor een goede bereikbaarheid (beheerstroken), taludhellingen van 1:3 voor goed graslandbeheer, voorkomen van graafschade door bevers en dassen door aan beide zijden van de dijk 4 m vrij te houden van struiken, beheer en onderhoud, de betrouwbaarheid van sluiting voor kunstwerken, en het zoveel mogelijk beperken van niet-waterkerende objecten in de dijk. Dit zijn slechts enkele punten; de BSD[6] bevat de complete set aan eisen en wensen. De belangrijkste uitgangspunten uit de BSD zijn overgenomen in de Technische Uitgangspuntennotitie (TUN)[5].

Voor beheerstroken op en langs de dijk gelden de volgende uitgangspunten (deze zijn van toepassing op alle ontworpen alternatieven):

- De kruin van de dijk moet bereikbaar zijn (voor zowel een maaier als een inspectievoertuig). Dit geldt ook voor tuimelkades. De beheerorganisatie van waterschap Aa en Maas stelt als eis dat **alle kruinen (minimaal) 4,5 m breed dienen te zijn** (voor de tuimeldijk bij Neerloon is met de beheerder afgesproken dat de bestaande kruinbreedte van 3,0 m voldoende is).

- Er worden **geen gronden aangekocht als dat alleen voor beheerstroken nodig is**. Onderhoudsstroken bij de teen van de dijk zijn in principe niet noodzakelijk.

- Waar in de **huidige situatie beheerstroken** aanwezig zijn, blijven die **gehandhaafd**.

- Er komt wel een **beheerstrook op stabiliteitsbermen**. Stabiliteitsbermen moeten bereikbaar zijn. Stabiliteitsbermen komen in eigendom van waterschap Aa en Maas.

- Bij taluds van 1:3 of flauwer kan met een trekker gemaaid worden en is geen onderhoudspad op de berm nodig. Bij **steilere taluds** zou wel een (verhard) **onderhoudspad op de berm nodig zijn**.

- **Pipingbermen** komen voor de **eerste 20 meter in eigendom van waterschap Aa en Maas** en kunnen conform de regels van de Keur in gebruik worden gegeven.

Uitgangspunten conditionering

De uitgangspunten voor conditionering houden in dat rekening wordt gehouden met aanwezige kenmerken en waarden in het gebied. Het wettelijk kader is leidend voor de wijze waarop met (potentiële) aantasting van die kenmerken en waarden (zoals ecologische waarden, bodemkwaliteit, landschap, cultuurhistorie en archeologie) wordt omgegaan.

Uitgangspunten ruimtelijke kwaliteit

De ruimtelijke uitgangspunten zijn gebaseerd op het Ruimtelijk Kwaliteitskader (RKK)[13]. Het RKK is een visie op de ontwikkeling van het gehele dijktraject en, meer in detail, op ontwerpprincipes voor dijkprofielen en voor de versterkingsopgaven. In zowel de visie als de principes wordt ingezet op een eenduidig beeld van de dijk. Volledige eenheid en continuïteit voor het gehele projectgebied is echter geen doel. Wel wordt gestreefd naar samenhang: een herkenbare uitstraling voor de dijk als geheel. Het is een landschapselement dat twee werelden van elkaar scheidt: een binnendijkse en een buitendijkse wereld.

Op basis van die visie zijn de volgende ontwerpuitgangspunten geformuleerd voor de dijkverbetering en eventuele meekoppelkansen:

1. **Eén herkenbare dijk**, waarbij wordt gestreefd naar:
   - behoud van het huidige tracé, en het voorkomen van lokale as-verschuiving;
   - een herkenbaar en continu dijkprofiel met een standaard hoofdvorm (eenduidige kruinbreedte met eenduidige taluds) en aan weerszijden een beheerstrook (per deeltraject kan deze hoofdvorm variëren);
   - een dijk die zichtbaar is als een continu landschapselement, waarbij het landschap doorloopt tot aan de teen van de dijk;

- samenhang in detaillering en materialisatie op het gehele traject.

2. **Een dijk met aandacht voor landschap en cultuurhistorie**, waarbij wordt gestreefd naar:
   - rekening houden met de geomorfologische opbouw van het landschap;
   - rekening houden met historische stedenbouw en landschappelijke structuren;
   - herkenbaarheid militair erfgoed behouden en versterken;
   - beleefbaar maken van de watergeschiedenis.

3. **Een ecologische dijk**, waarbij wordt gestreefd naar:
   - het verbeteren ecologische waarde buitendijks, waar we kansen verkennen voor natuurontwikkeling, eventueel in combinatie met weerdverlaging;
   - het leveren van een bijdrage aan de realisatie van het Natuurnetwerk Brabant en de natuurdoelen van de provincie Noord-Brabant.

4. **Een recreatieve dijk**, waarbij wordt gestreefd naar:
   - ontwikkelen van de dijk als recreatieve route, door o.a. een doorgaande fietsroute en een recreatieve vaarverbinding tussen de verschillende steden langs de Maas;
   - behoud en toevoegen van rustpunten op de dijk met eenduidige inpassing, materialisering en meubilair;
   - vergroten toegankelijkheid naar de Maas en de uiterwaarden door buitendijks struinroutes toe te voegen in natuurontwikkelingen en langs landbouwpercelen, vanaf knooppunten op de dijk;
   - behouden en versterken van het karakter van de verschillende deelgebieden langs de dijk.

Afweging van milieueffecten in de stap Uitgangspunten

In de stap Uitgangspunten zijn met name de uitgangspunten omtrent conditionering van belang voor de afwegingen omtrent milieueffecten. Met deze uitgangspunten zijn de uit te voeren milieuonderzoeken afgebakend. Daarmee is deels voorgesorteerd op de inhoud van het MER. Ook is het beoordelingskader voor milieueffecten (paragraaf 1.7) ontwikkeld in de stap Uitgangspunten.

5.2 Bouwstenen

Als eerste stap in het ontwerpproces zijn bouwstenen ontwikkeld, specifiek voor het dijktraject Cuijk-Ravenstein. De Nota Bouwstenen[23] bevat de beschrijving en verantwoording van mogelijke maatregelen voor versterking van de waterkering en verbetering van ruimtelijke kwaliteit, inclusief de maatregelen die door stakeholders in het participatieproces zijn aangedragen.

Een bouwsteen is een oplossing voor één vraagstuk. Het betreft principes die nog niet zijn vormgegeven, gedimensioneerd of uitgetekend. De bouwstenen zijn wel beoordeeld op kansrijkheid, wat betekent dat ze kunnen bijdragen aan het behalen van de doelstellingen en ambities.

We maken onderscheid tussen technische bouwstenen (versterkingsbouwstenen) en gebiedsbouwstenen. Op basis van de veiligheidsopgave is bepaald welke versterkingstechnieken kunnen voldoen aan de waterveiligheidsdoelstelling en haalbaar zijn. Dit zijn de versterkingsbouwstenen. Ook is bepaald welke inpassingsopgaven er zijn en welke meekoppelkansen en raakvlakken er zijn. Dit zijn de gebiedsbouwstenen.

De versterkingsbouwstenen zijn tot stand gekomen op basis van kennis en ervaring binnen het technisch team van zowel het waterschap als het ingenieursbureau. Daarbij is gekeken naar bouwstenensets die ontwikkeld zijn voor vergelijkbare dijkverbeteringsprojecten en de laatste stand van zaken van kennisontwikkeling in onder andere de project overstijgende verkenningen (POV's) van het HWBP. Op basis van expert-judgement (gezamenlijk door waterschap en ingenieursbureau) is de inschatting of de bouwstenen maakbaar, haalbaar en uitvoerbaar zouden kunnen zijn; dit zijn de kansrijke bouwstenen.

De verzameling bouwstenen die dit heeft opgeleverd, bestaat uit:

- acht technische bouwstenen om de **hoogte**opgave op te lossen;
- acht technische bouwstenen om de opgave **macrostabiliteit binnenwaarts** op te lossen;
- zeven technische bouwstenen om de opgave **macrostabiliteit buitenwaarts** op te lossen;
- acht technische bouwstenen om de **pipingopgave** op te lossen;
- acht technische bouwstenen om specifieke faalmechanismen bij civiele **kunstwerken** op te lossen;
- dertien gebiedsbouwstenen om de beleefbaarheid van **cultuurhistorische elementen** te verbeteren;
- zeven gebiedsbouwstenen om **ecologische waarden** te verbeteren;
- twaalf gebiedsbouwstenen om **recreatieve waarden** te verbeteren;
- elf gebiedsbouwstenen om **verkeer(sveiligheid)sissues** op te lossen;
- acht gebiedsbouwstenen om bij te dragen aan het **woon- en werkklimaat** (inclusief landbouw);
- en drie gebiedsbouwstenen om invulling te geven aan **duurzaamheid**.

Al deze bouwstenen zijn, inclusief hun voor- en nadelen, nader toegelicht in de Nota Bouwstenen[23].

Publieksparticipatie bij het ontwikkelen van bouwstenen

De gebiedsbouwstenen zijn tot stand gekomen vanuit vooronderzoek en het Ruimtelijk Kwaliteitskader[10], aangevuld met oogst van de eerste twee werkateliers waaraan omwonenden en belangenorganisaties hebben deelgenomen, en intern overleg binnen het waterschap.

Afweging van milieueffecten in de stap Bouwstenen

In de Nota Bouwstenen[23] is per bouwsteen beknopt aangegeven welke voor- en nadelen zijn te verwachten. Hieronder vallen ook voor- en nadelen omtrent milieuthema's. Gezien de zeer verkennende aard van deze ontwerpstap, zijn alle bouwstenen kansrijk geacht om mee te nemen naar de volgende stap, behalve:

- een "Overslagbestendige dijk". Deze bouwsteen kent een groot aantal nadelen, zoals beperkingen voor het gebruik van de taluds, negatieve effecten op biodiversiteit en landschap en veel extra water dat door het binnendijkse watersysteem moet kunnen worden afgevoerd. Daartegenover staat dat deze maatregel maar in zeer beperkte mate leidt tot een lagere benodigde dijkhoogte);
- "Restaureren en beleefbaar maken historische bebouwing vesting Grave". Deze bouwsteen vervalt omdat het beleefbaar en zichtbaar maken van historische *bebouwing* in de vesting Grave geen relatie heeft met de dijkversterking. Let wel: de Bouwsteen "Restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorische structuur" is wel kansrijk geacht);
- en "Terugbrengen veerverbinding Grave". Het terugbrengen van de veerverbinding bij Grave is niet meer in beeld bij de gemeente Land van Cuijk).

5.3 Mogelijke oplossingen

In de Nota Mogelijke Oplossingen[24] is breed gekeken naar kansen die de dijkverbetering biedt. De mogelijke oplossingen verkennen de bandbreedte aan mogelijkheden; de hoeken van speelveld. Een mogelijke oplossing (MO) is een logische combinatie van de verschillende bouwstenen (voor veiligheids- en gebiedsopgaven). Hierin is gestreefd naar een zo groot mogelijke ruimtelijke kwaliteit. Dat is gedaan door te zoeken naar de optimale synergie en balans tussen de maatregelen voor waterveiligheid, het verbeteren van het landschap en de invulling van wensen vanuit de omgeving. De mogelijke oplossingen zijn het resultaat van een integrale aanpak van het ontwerp voor dijkverbetering. Het samenstellen is, vanwege de integraliteit en ambitie voor maatschappelijke meerwaarde, samen met stakeholders doorlopen. We hebben ervoor gekozen bij het samenstellen van de mogelijke oplossingen breed te kijken, zoveel mogelijk aangedragen wensen en ideeën op te nemen, zo breed en out-of-the-box mogelijk te denken en zoveel mogelijk versterkingsbouwstenen op te nemen.

Gebiedsthema's

Vanuit een beschouwing op de versterkings- en de gebiedsbouwstenen die in Nota Bouwstenen zijn opgenomen komt een aantal overkoepelende **thema's** naar voren die in het gebied spelen. De thema's zijn:

- *Het behoud van de cultuurhistorische waarden van het landschap*. Denk hierbij de maasheggen in het gebied, de historische bebouwing aan de dijk, historische dijkstructuren enzovoorts.
- *Het verbeteren van het landschap*. Hierbij denken we aan het herstellen van landschapsstructuren zoals het zichtbaar maken van de Beerse overlaat, de aanplant van Maasheggen, het herstellen van het Lelyprofiel van de gekanaliseerde Maas, het vergroten van contrasten tussen dijkprofielen rond de meander van Keent en de Kraaijenbergse Plassen enzovoorts.
- *Ruimte behouden of bieden voor economische ontwikkeling*. Hierbij gaat het om ruimte bieden aan bedrijven om uit te breiden bijvoorbeeld op het bedrijventerrein van Cuijk. De optimale wisselwerking met de woningbouwontwikkelingen in het centrum van Grave, goede ontsluiting voor alle verkeerssoorten enzovoorts.
- *Zichtbaar maken vesting Grave*. De (toenmalige) gemeente Grave heeft een schetsboek opgesteld voor herstel van de vestingwerken in combinatie met dijkverbetering.
- *Natuurontwikkeling buiten- en binnendijks*. Een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van de ecologische kwaliteiten in het gebied, o.a. in het dijkprofiel zelf, langs de diverse waterlopen in het gebied (o.a. Raam, Tochtsloot en Hertogswetering, in de uiterwaarden Keent en de relatie met de eventuele aanleg van nevengeulen in de uiterwaarden.
- *De dijk als recreatieve as en ontsluiting verbeteren* o.a. door doorgaande veilige langzaamverkeersroutes over de dijk te maken.
- *Duurzaamheid en duurzame energie*. Wat zijn de mogelijkheden voor een duurzame dijkverbetering (o.a. grondstromen) en duurzame energielocaties (o.a. zonnepanelen) op en bij de dijk.

Vijf mogelijke oplossingen

Deze thema's zijn vervolgens vertaald in vijf scenario's of verhaallijnen. Deze verhaallijnen zijn de basis voor de mogelijke oplossingen (MO's). Bij elke verhaallijn is een dijkverbeteringsstrategie uitgewerkt. De vijf verhaallijnen zijn:

- *1. Dijkverbetering met zo min mogelijk ruimtelijke impact:* Focus op inpassingen en huidige grondgebruik, een dijkverbetering met zo min mogelijk ruimtebeslag (dat is niet per se de soberste en goedkoopste oplossing), gericht op behoud van bestaande waarden, niet zo zeer op het ontwikkelen van nieuwe waarden. De versterkingsstrategie die hierbij hoort is een hoge smalle dijk, indien nodig aangevuld met verticale maatregelen.
- *2. Krachtige ontwikkeling van een vitaal en prachtig landschap:* Maximaal meekoppelen van gebiedskansen om het landschap te upgraden en de economie te versterken. Als versterkingsstrategie zetten we in op een smalle dijk om ontwikkelruimte te behouden en in Cuijk op buitenwaartse verplaatsing om ruimte te bieden aan eventuele groei van het bedrijventerrein aldaar.
- *3. Iconische cultuurhistorie en dijkverbetering verbinden:* Afgestemd op het zoveel mogelijk zichtbaar maken van gebouwde en landschappelijke cultuurhistorie. Hoofdthema's: Grave, Beerse overlaat en onderscheid meanders en maaswerken (Lely). De versterkingsstrategie die hierbij hoort is een hoge smalle dijk met pipingberm, in Grave zoveel mogelijk ingezet om de vestingwerken te herstellen.
- *4. Natuurlijk Maaslandschap:* Optimaal benutten van kansen voor natuurontwikkeling en natuurbeleving, in de uiterwaard, op de dik en in het achterland. Hierbij horen lage brede dijken, buitendijkse klei-inkassingen i.c.m. weerdverlaging.
- *5. Beleefbaar en toegankelijk Maaslandschap:* De dijk als autoluw recreatief lint met recreatieve verbindingen naar de omgeving, fiets- en wandelvriendelijk maken van de dijk, toevoegen recreatieve voorzieningen en attracties, ontwikkelen alternatieven voor autoverkeer. Versterkingsstrategie met lage en brede dijken, eventueel met constructies, bermen te gebruiken voor de scheiding van verkeer.

In de Nota Mogelijke Oplossingen[24] zijn de Mogelijke oplossingen uitgebreid toegelicht, inclusief visualisaties. In Figuur 5-1 is weergegeven hoe in de Mogelijke Oplossingen invulling is gegeven aan de gebiedsthema's.

Gebiedsthema's → / ↓ Mogelijke oplossingen	*Behouden cultuurhistorische waarden landschap*	*Upgraden landschap*	*Ruimte behouden of bieden aan economische ontwikkeling*	*Zichtbaar maken Vesting Grave*	*Natuurontwikkeling buiten- en binnendijks*	*Dijk als recreatieve as en ontsluiting*	*Duurzame energie rondom de dijk*
1. Dijkversterking met zo min mogelijk ruimtelijke impact							
2. Krachtige ontwikkeling van een vitaal en prachtig landschap							
3. Iconische cultuurhistorie en dijkversterking verbinden							
4. Natuurlijk Maaslandschap							
5. Beleefbaar en toegankelijk Maaslandschap							

Figuur 5-1 Mate waarin invulling is gegeven aan de gebiedsthema's in de Mogelijke Oplossingen (donkerblauw in sterke mate, lichtblauw in minder sterke mate)

Publieksparticipatie bij het ontwikkelen van de Mogelijke Oplossingen

De verhaallijnen zijn in februari 2021 besproken in de werkateliers met de verschillende stakeholders. De 5 verhaallijnen, met elk een eigen invalshoek, bieden volgens de deelnemers voldoende perspectief en een brede blik om de oplossingen voor de dijkverbetering te kunnen schetsen. In maart en april 2021 zijn de concepten van de mogelijke oplossingen besproken met de werkateliers en aangevuld of verfijnd. Naar aanleiding van deze bijeenkomsten zijn enkele belangrijke aanvullingen gedaan (bijvoorbeeld het verlengen van de tuimeldijk bij Neerloon en de mogelijkheden voor ecologische verbindingszones). In de periode van het samenstellen van de mogelijke oplossingen zijn ook gesprekken gevoerd met een aantal stakeholders (bewoners Bomvrije, ontwikkelaar GBB, de toenmalige gemeente Grave over de Vestingvisie, bilaterale gesprekken met ambtelijke partners) om de oplossingsrichtingen, vooral ten aanzien van de gebiedsbouwstenen, in meer detail te bespreken.

Afweging van milieueffecten in de stap Mogelijke Oplossingen

In de stap Mogelijke Oplossingen is getracht om logische combinaties van bouwstenen te maken en de hele bandbreedte van oplossingen te verkennen. Daarbij zijn bouwstenen onder andere (impliciet) gesorteerd op vergelijkbare milieueffecten. Zo is MO 1 (Dijkversterking met zo min mogelijk ruimtelijke impact) vooral bedoeld om de effecten op wonen, werken, verkeer en ruimtelijke kwaliteit zo veel mogelijk te beperken. Een ander voorbeeld is MO 4 (Natuurlijk Maaslandschap). Deze Mogelijke Oplossing heeft als doel om de effecten op de natuur/ecologie zo klein mogelijk te maken en bovendien de natuur in de omgeving te verbeteren. Op die manier zijn te verwachten milieueffecten van individuele bouwstenen meegewogen bij de samenstelling van de Mogelijke Oplossingen.

5.4 Kansrijke Alternatieven

In de Nota Kansrijke Alternatieven[28] is uitgebreid beschreven hoe de Kansrijke Alternatieven voor de dijkverbetering tot stand zijn gekomen. De Kansrijke Alternatieven (KA's) zijn samengesteld op basis van de beoordeling van de Moge-

lijke Oplossingen met behulp van het afweegkader voor het dijkontwerp (zie paragraaf 1.7). Deze trechtering van Mogelijke Oplossingen naar Kansrijke Alternatieven is ook wel "Zeef 1" genoemd. (Overigens houdt "Zeef 2" de trechtering van de Kansrijke Alternatieven naar één Voorkeursalternatief in.)

Uiteindelijk zijn er twee KA's ontworpen. De KA's zijn opgebouwd vanuit de waterveiligheidsopgave. Ze zijn schetsmatig in ontwerptekeningen verbeeld en beslaan het gehele plangebied. Het zijn integrale alternatieven voor de dijkverbetering, die onderling onderscheidend zijn. Per deelgebied (Cuijk, Grave, Neerloon-Overlangel-Reek) is bekeken welke oplossingen voor de waterveiligheidsopgave kansrijk zijn en ook binnen de deelgebieden is er aandacht voor specifieke locaties die om specifieke oplossingen vragen. Daaronder vallen onder andere "maatwerklocaties", waar te weinig ruimte is om een reguliere gronddijk in te passen zonder bebouwing te raken. De twee Kansrijke Alternatieven zijn uitgebreid toegelicht in Hoofdstuk 6.

Wat is meegenomen uit de Mogelijke Oplossingen ("Zeef 1")

In de Nota Kansrijke Alternatieven[28] is de beoordeling van de Mogelijke Oplossingen opgenomen. De belangrijkste uitkomsten van Zeef 1 zijn als volgt.

- Uit MO 1 is meegenomen naar de Kansrijke Alternatieven: behoud bomen; en kades Grave met ophoging.
- Uit MO 2 is meegenomen naar de Kansrijke Alternatieven: verticale innovatie pipingmaatregelen; doorgaande fietsroute op de dijk inclusief ontbrekende schakels (Mkk 8); en een opdrijvende/mobiele kering in Grave.
- Uit MO 3 is meegenomen naar de Kansrijke Alternatieven: verticale innovatie pipingmaatregelen; doorgaande fietsroute op de dijk inclusief ontbrekende schakels (Mkk 8); herstel bolwerken Grave (Mkk 1); Weerdvergraving/Lelyprofiel; cultuurhistorische elementen (zoals de Beerse Overlaat) herkenbaar maken (Mkk 3).
- Uit MO 4 is meegenomen naar de Kansrijke Alternatieven: versterken in grond waar ruimte is; realisatie van ecologische verbindingszones (Mkk 5); kansen voor natuurontwikkeling in de uiterwaarden (Mkk 4); bloemrijke dijken; en struinmogelijkheden in de uiterwaard (Mkk 11).
- En uit MO 5 is meegenomen naar de Kansrijke Alternatieven: verticale pipingmaatregelen; wandelrondjes en doorgaande fietsroute in combinatie met rustpunten (Mkk's 11, 8 en 9); brede Maasboulevard in Grave; en de mogelijkheid voor een extra (tweede) doorgang naar de Kraaijenbergse Plassen (Mkk 12).

Wat is afgevallen uit de Mogelijke Oplossingen ("Zeef 1")?

Op basis van de beoordelingen van de Mogelijke Oplossingen is besloten om de onderstaande bouwstenen en meekoppelkansen te laten afvallen in het ontwerpproces.

Versterkingsbouwstenen:

- Inpassing van een muurtje bovenop de tuimeldijk bij Neerloon.
- Verhoging van de Maaskade te Grave middels een gesloten muur.
- Buitenwaartse dijkverbetering bij bedrijventerrein Haven van Cuijk.
- Aanleggen van pipingbermen langer dan 50 meter.
- Accepteren van een (lagere) dijk met een relatief hoog overslagdebiet.

Gebiedsbouwstenen

- Installatie van zonnepanelen op de dijk (Mkk19).
- Het uitvoeren van de Kademuur te Grave als "groene" (begroeide) muur.
- Natuurontwikkeling in uiterwaarden als zelfstandige maatregel.
- Aanpassen van bestaande verkeersontsluitingsstructuren (Mkk10).

Redeneerlijn Kansrijke Alternatieven

Na de afweging van de vijf Mogelijke Oplossingen is uitgezoomd om er samenhangende denkrichtingen uit te destilleren door maatregelen en meekoppelkansen slim te combineren en van daaruit een concrete verhaallijn te maken in een aantal Kansrijke Alternatieven. Uiteindelijk zijn twee Kansrijke Alternatieven ontwikkeld. Dit is in twee stappen gegaan:

- Stap 1: Twee versterkingsvarianten met een verschillend ruimtebeslag.
- Stap 2: Uitwerken versterkingsvarianten tot Kansrijke Alternatieven.

Stap 1: Twee versterkingsvarianten met een verschillend ruimtebeslag.
In deze stap is gekeken naar de verschillende manieren waarop de waterveiligheidsopgave kan worden opgelost. Per faalmechanisme kunnen er immers verschillende bouwstenen zijn met een verschillend ruimtebeslag. Daarbij zijn er drie combinaties te bedenken:

1. **Standaardoplossing in grond binnendijks:** Hoogteopgave oplossen in grond, opgave macrostabiliteit binnenwaarts door middel van een binnendijkse stabiliteitsberm en de pipingopgave d.m.v. een binnendijkse pipingberm. Deze variant zou de 'standaardoplossing in grond' genoemd kunnen worden en heeft een groter ruimtebeslag dan een verticale oplossing voor piping doordat de pipingopgave volledig in grond wordt opgelost.
2. **Smalle dijk, huidige kwaliteiten ontzien:** Hoogteopgave oplossen in grond, opgave macrostabiliteit binnenwaarts door middel van een binnendijkse stabiliteitsberm en de pipingopgave door middel van een verticale pipingmaatregel. Het doel van deze variant zou zijn om het dijkprofiel zo smal mogelijk te houden en huidige kwaliteiten op of aan de dijk te ontzien, omdat het ruimtebeslag door de verticale pipingmaatregel kleiner is in deze variant.
3. **Vertrekpunt buitendijks versterken:** Hoogteopgave oplossen in grond, opgave macrostabiliteit binnenwaarts door middel van een binnendijkse stabiliteitsberm en de pipingopgave door middel van een getrapte aanpak waarbij er eerst wordt ingezet op een buitendijkse klei-inkassing en de resterende pipingopgave wordt opgelost door middel van een binnendijkse pipingberm. Het binnendijkse ruimtebeslag kan hierdoor op veel plekken beperkt blijven, terwijl er buitendijks kansen voor meekoppelen ontstaan door het meenemen van een buitendijkse zone in het dijkprofiel.

Uit deze varianten blijkt dat er vooral onderscheid te maken is in de manier waarop er wordt omgegaan met de pipingopgave: langere binnendijkse pipingbermen, verticale oplossingen of klei-inkassingen met kleinere binnendijkse pipingbermen.

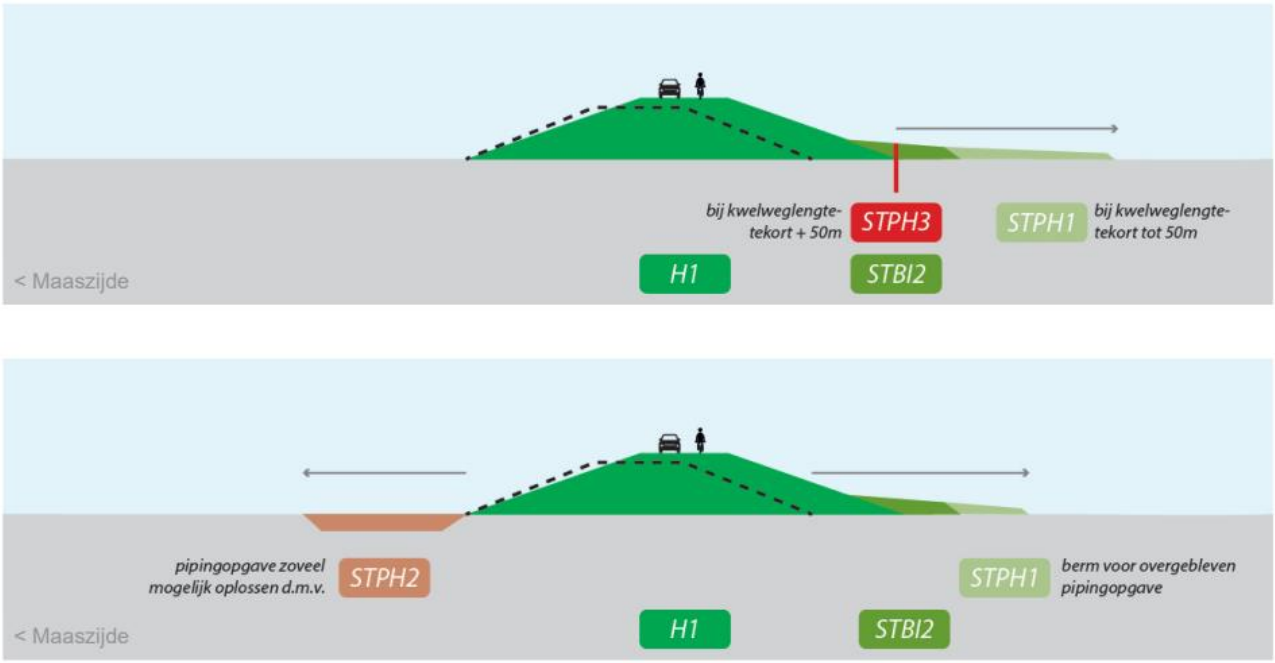
Zodra de varianten 1 en 3 worden ingetekend met het ruimtebeslag van de pipingbermen erin, blijkt al snel dat er veel knelpunten ontstaan bij de vele bebouwing langs de dijk, vooral in het westelijke gedeelte van het plangebied van Neerloon tot Grave. Hier zal maatwerk geleverd moeten worden, wat vrijwel altijd zal neerkomen op een verticale maatregel, oftewel het toepassen van variant 2. Er zit nog enige vrijheid in de manier van toepassen van de verticale maatregel: alleen toepassen waar strikt noodzakelijk vanwege knelpunten met bebouwing en de rest in grond óf de verticale maatregel over een langer gebied toepassen om de 'versnippering' van het ruimtelijke beeld met overal losse stukjes berm te voorkomen. In de standaardoplossing past het beter om zoveel mogelijk in grond te werken, dus zijn de maatwerklocaties kleiner. De optie met de langere maatwerklocaties kan worden uitgewerkt in de variant "Vertrekpunt buitendijks versterken".

Daarnaast is er in variant 1 soms sprake van een zeer lange pipingberm van meer dan 50 meter. Dat betekent dat er (tijdelijk) veel grond moet worden verworven of werkruimte nodig is voor het aanbrengen van de pipingberm, en er is mogelijk negatieve invloed op de landbouw binnendijks. In deze gevallen kan ook worden gekozen voor het toepassen van variant 2, namelijk een verticale pipingmaatregel.

Doordat variant 2 in beide andere varianten moet worden toegepast is het logischer om verder te gaan met twee varianten: de eerste variant is een combinatie van variant 1 (standaardoplossing in grond) en 2 (smalle dijk), terwijl de tweede variant een combinatie is van variant 3 (vertrekpunt buitendijks) en 2 (smalle dijk).

Conclusie: we gaan verder met **twee versterkingsvarianten** om uit te bouwen tot Kansrijke Alternatieven (Figuur 5-2):

1. **Standaardoplossing in grond binnendijks**, met maximale bermlengte en verticaal maatwerk waar nodig;
2. **Balans binnen- en buitendijks**, met kansen voor meekoppelen en langere aaneengesloten stukken verticaal maatwerk.



Figuur 5-2 Versterkingsvarianten om uit te bouwen tot Kansrijke Alternatieven: boven de "Standaardoplossing in grond binnendijks" en beneden "balans binnen- en buitendijks"

Stap 2: Uitwerken versterkingsvarianten tot Kansrijke Alternatieven.

In de Nota Kansrijke Alternatieven[28] is ook het verhaal van de dijk geschetst (Hoofdstuk 4 van die nota). In de stap waarin de versterkingsvarianten zijn uitgewerkt tot Kansrijke Alternatieven, zijn dit verhaal van de dijk, de bevindingen uit de Nota Mogelijke Oplossingen[24] en de versterkingsvarianten met elkaar gecombineerd tot Kansrijke Alternatieven (KA's).

In het verhaal van de dijk gaat het om kernkwaliteiten die behouden of ontwikkeld kunnen worden. Het behouden van kernkwaliteiten past bij allebei de alternatieven, maar het ontwikkelen ervan past beter bij het alternatief met buitendijkse klei-inkassingen, omdat hier bijvoorbeeld natuurontwikkeling en het zichtbaar maken van de vesting Grave beter mee te koppelen zijn.

In Grave gaat het palet aan mogelijkheden van een lijnoplossing tot een integrale aanpak van de openbare ruimte, waarbij de lijnoplossing meer bedoeld is om bestaande kwaliteiten te behouden en de integrale aanpak om kwaliteiten te versterken. Zo bezien kan de lijnoplossing goed worden gecombineerd met de standaardoplossing in grond en de integrale aanpak met de andere variant. Samenvattend ontstaan er zo twee verschillende KA's (Tabel 5-1). Deze twee Kansrijke Alternatieven zijn uitgebreid toegelicht in Hoofdstuk 6 en op kaart weergegeven in Bijlage 1.

Tabel 5-1 Twee Kansrijke Alternatieven

	Kansrijk alternatief 1	**Kansrijk alternatief 2**
Versterkingsvariant dijk	Standaardoplossing in grond binnendijks, verticaal maatwerk waar het moet	Vertrekpunt buitendijks versterken, aangevuld met binnendijkse bermen en binnendijks aaneengesloten trajecten met verticaal maatwerk waar het moet.
Versterkingsvariant Grave	Lijnoplossing op het bestaande tracé	Brede ruimtelijke aanpak, inclusief buitenom Bomvrije en Maaskade Noord
Verhaal van de dijk	Focus op behouden en versterken beleving en kwaliteiten landschap en cultuurhistorie	Focus op behouden, versterken en ontwikkelen beleving en kwaliteiten landschap en cultuurhistorie

Meekoppelkansen in de Kansrijke Alternatieven

Veel meekoppelkansen zijn niet afhankelijk van het gekozen alternatief en zijn in beide Kansrijke Alternatieven opgenomen. Voor een deel van de meekoppelkansen geldt dat deze gekoppeld zijn aan een buitendijkse versterkingsmaatregel. Deze komen dan alleen terug in KA 2 (Tabel 5-2).

Tabel 5-2 Meekoppelkansen in de Kansrijke Alternatieven (groen gemarkeerd per Kansrijk Alternatief)

MEEKOPPELKANSEN IN KA's		KA 1	KA2
cultuurhistorie			
1	Vesting Grave; zichtbaar maken/herstel/behoud kades, muren, grond- en waterwerken		
2	Restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorisch element/objecten		
3	Beerse overlaat, Zuiderwaterlinie, historische dijktrajecten en plekken		
natuur			
4	Nieuwe buitendijkse natuur en KRW: Weerdverlaging Lage Wijth en KB plassen (evt Lelyprofiel) vanuit compensatie en klei		
5	EVZ realiseren en bestaande gebieden verbeteren: Raam Blauwkop en Raam bestaand EVZ, Hertogswetering, Tochtsloot, Herpense duinen		
6	Herstel beekmonding Raam		
verkeer en recreatie			
7	N321 reconstructie/groot onderhoud		
8	Doorgaande fietsroute op de dijk incl goede aansluitingen en ontbrekende schakels		
9	Nieuwe recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op/aan de dijk		
11	Recreatieve ontsluiting uiterwaarden, wandelpad langs de dijk		
12	Nieuwe doorgang vaarverkeer Kraaijenbergsche Plassen + fietsbruggen		
wonen en werken			
15	Maatwerk buitendijks wonen Grave (Maasboulevard, Scheepswerf, (betreft het binnendijks brengen van de woningen)		

Deze meekoppelkansen zijn in het Voorkeursalternatief (VKA) opgenomen in een 'menukaart'. Met deze menukaart kunnen in een later stadium (de Planuitwerkingsfase) definitieve keuzes over de meekoppelkansen nog worden gemaakt. De menukaart biedt de gebiedspartners ruimte om de meekoppelkansen verder uit te werken, af te stemmen met stakeholders en de (financiële) haalbaarheid te onderzoeken. Tegelijkertijd kan de besluitvorming rondom het VKA door gaan.

Publieksparticipatie bij het ontwikkelen van de Kansrijke Alternatieven

Vanaf de start van het project zijn de wensen van stakeholders opgehaald en vastgelegd. In de ontwerpstap naar de Kansrijke Alternatieven zijn twee werkateliers met omwonenden en andere stakeholders gehouden. In juli 2021 is de afweging van de vijf Mogelijke Oplossingen besproken en in september 2021 zijn de concepten van de Kansrijke Alternatieven toegelicht. Ook de resultaten van een enquête over de MO's hebben extra wensen uit de omgeving opgeleverd. Eén van de aspecten waar de Mogelijke Oplossingen in het afweegkader op zijn beoordeeld, is het draagvlak van belanghebbenden (onder criterium betaalbaarheid en haalbaarheid). De Mogelijke Oplossingen zijn door deelnemers aan de werkateliers beoordeeld op de criteria cultuurhistorie, landschap & beleefbaarheid, natuur/biodiversiteit, recreatie en woon-& en werkklimaat & verkeersveiligheid.

Bij het uitwerken van de Kansrijke Alternatieven zijn alle wensen uit de omgeving betrokken. Bij het definitief maken van de Kansrijke Alternatieven zijn alle wensen uit de omgeving systematisch beoordeeld. Wensen die buiten de scope van de dijkverbetering vallen, zijn afgewezen. In veel gevallen is het waterschap niet de partij om de wens aan te pakken. We hebben daarom onze partners geïnformeerd over deze wensen. Zij kunnen vervolgens zelf met de betreffende stakeholders in gesprek gaan. Wensen uit de omgeving die in de ontwerpstap naar Kansrijke Alternatieven gehonoreerd zijn, zijn veelal procesmatige wensen, bijvoorbeeld om met een bepaalde partij in gesprek te gaan of mogelijkheden voor een versterkingsmaatregel of gebiedsopgave te onderzoeken. Veel wensen hebben betrekking op de realisatiefase of hebben een detailniveau dat (nog) niet past in de stap naar Kansrijke Alternatieven. Een groot deel van de opgehaalde wensen uit de omgeving is of wordt daarom pas later definitief gehonoreerd of afgewezen.

Afweging van milieueffecten in de stap Kansrijke Alternatieven

In de stap Kansrijke Alternatieven is per Mogelijke Oplossing verkend wat de positieve en negatieve elementen zijn, conform het beoordelingskader (paragraaf 1.7). Per Kansrijk Alternatief is een beoordeling gemaakt van de te verwachten effecten op veiligheid, beheerbaarheid, toekomstbestendigheid, cultuurhistorie, landschap, beleefbaarheid, natuur en biodiversiteit, vrijetijdseconomie, woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid, duurzaamheid en circulariteit, betaalbaarheid en haalbaarheid.

Uit deze beoordeling kwam naar voren dat met name MO 3 (Iconische cultuurhistorie en dijkverbetering verbinden), MO 4 (Natuurlijk Maaslandschap) en MO 5 (Beleefbaar en toegankelijk Maaslandschap) veel maatschappelijke meerwaarde en ruimtelijke kwaliteit bieden. MO 1 (Dijkverbetering met zo min mogelijk ruimtelijke impact) en MO 2 (Krachtige ontwikkeling van een vitaal en prachtig landschap) wat dit betreft minder positief.

Na de beoordeling van de vijf Mogelijke Oplossingen is uitgezoomd om er samenhangende denkrichtingen uit te destilleren, door maatregelen en meekoppelkansen slim te combineren en van daaruit een concrete verhaallijn te maken in twee Kansrijke Alternatieven.

Alle uitgebreide afwegingen zijn terug te lezen in Hoofdstuk 3 en Bijlage 2 van de Nota Kansrijke Alternatieven[28]. Ook bevat de Nota Kansrijke Alternatieven in Hoofdstuk 8 een reflectie op de milieueffecten. Dit is bedoeld als een voorzet voor dit MER.

6 BESCHRIJVING KANSRIJKE ALTERNATIEVEN

6.1 Twee Kansrijke Alternatieven

De mogelijke oplossingen zijn beoordeeld en onderling vergeleken op basis van de criteria uit zeef 1 (zie Paragraaf 5.4). Naar aanleiding van deze vergelijking zijn twee Kansrijke Alternatieven samengesteld uit onderdelen van de mogelijke oplossingen: de meest negatieve elementen zijn in deze zeef afgevallen, de positieve elementen hebben een plek gekregen in één of beide Kansrijke Alternatieven. Op deze wijze zijn integrale Kansrijke Alternatieven samengesteld die onderscheidend zijn per dijkvak/deelgebied. De wijze waarop de dijkverbetering wordt ingevuld en het **ruimtebeslag** zijn bepalend. Hieronder zijn de twee Kansrijke Alternatieven op hoofdlijnen beschreven.

In Bijlage 1 zijn overzichtskaarten van beide Kansrijke Alternatieven opgenomen. Hierin zijn ook de nummers van de dijkvakken die we in dit dijktraject onderscheiden, terug te vinden.

6.2 Kansrijk Alternatief 1

In Kansrijk Alternatief (KA) 1 is het vertrekpunt een binnendijkse oplossing in grond met verticaal maatwerk op plekken waar dat voor een goede inpassing nodig is. In Grave wordt bij de versterking het tracé van de huidige kering gevolgd met voornamelijk een lijnvormige oplossing. De focus ligt op behouden en versterken van huidige kwaliteiten van landschap en cultuurhistorie. Hierna wordt KA 1 nader toegelicht. Achtereenvolgens komen aan bod:

- dijken;
- kunstwerken;
- en inpassing en meekoppelen.

Dijken in KA 1

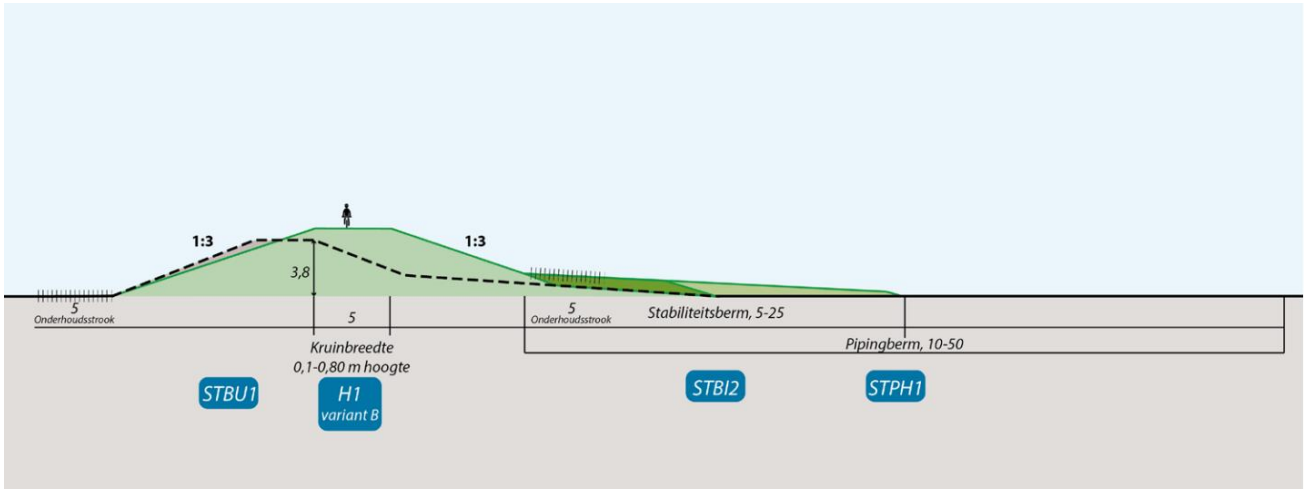
De waterveiligheidsopgave wordt voor Kansrijk Alternatief 1 geheel binnenwaarts opgelost. Dit betekent dat buitendijks geen versterkingsmaatregelen worden toegepast. Voor alle vakken wordt vanuit de bestaande buitenteen versterkt, waardoor er geen buitendijks ruimtebeslag is en er daarom ook geen opgave is om iets in het rivierbed te compenseren. Daarnaast worden in dit alternatief de waterveiligheidsmaatregelen grotendeels toegepast in grond. Daar waar een opgave is voor macrostabiliteit binnenwaarts en/of piping wordt dit opgelost met grondbermen. Pipingbermen langer dan 50 m worden niet aangelegd, omdat voor die situaties een verticale oplossing in de vorm van een pipingscherm voordeliger is (goedkoper, minder ruimtebeslag en impact op landschap).

In dit alternatief zijn voor de dijken de volgende technische bouwstenen per faalmechanisme toegepast:

- **Hoogte:** Kruinverhoging in grond (H1) binnenwaarts verhogen (variant b) en toepassen van een tuimeldijk (variant d) alleen bij bestaande tuimeldijk Neerloon.
- **Macrostabiliteit buitenwaarts:** verflauwing van het buitentalud naar 1:3 (STBU1). Dit is geen waterveiligheidsopgave, maar een beheeropgave.
- **Macrostabiliteit binnenzijde:** het aanleggen van een stabiliteitsberm (STBI2) en het plaatsen van een verticaal stabiliteitsscherm (STBI3) op maatwerklocaties.
- **Piping:** het aanleggen van een pipingberm (STPH1) en het plaatsen van een verticaal pipingscherm (STPH3).

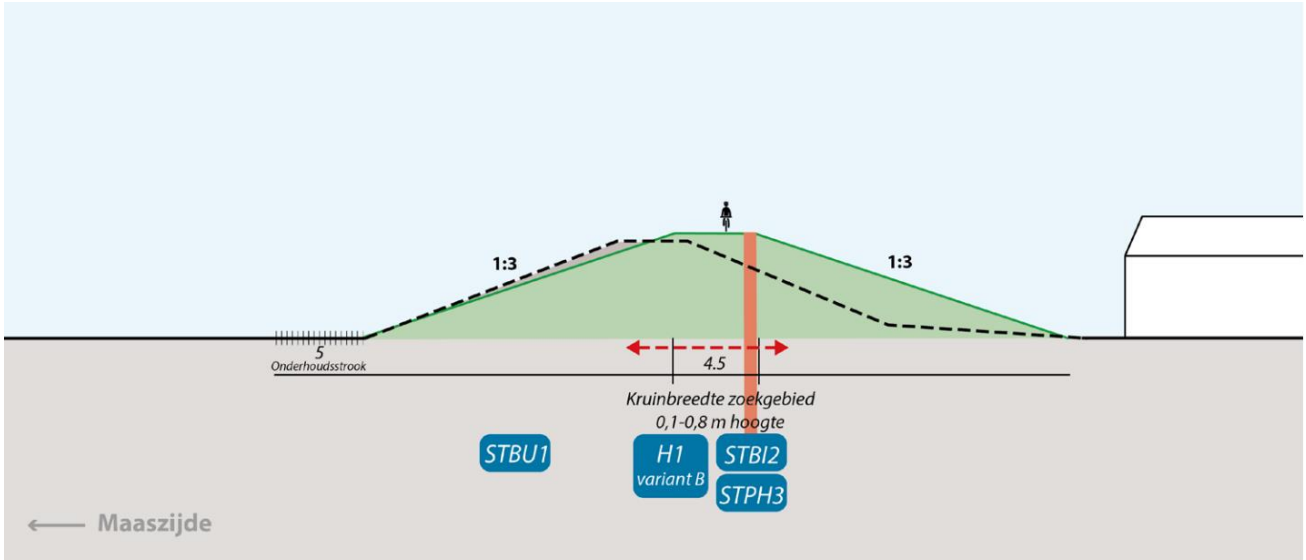
Een voorbeeld van een principeprofiel van KA 1 is weergegeven in Figuur 6-1. Hierin zijn de verschillende technische bouwstenen per faalmechanisme weergegeven (STBU1, STBI2, etc.). In Figuur 6-1 is het huidige dijkprofiel weergegeven (zwart onderbroken lijn) en een schets van het principeprofiel voor dat vak. Er is te zien dat de bestaande buitenteen op zijn plek is gebleven en dat vanaf dit punt het nieuwe profiel is ingetekend. Daarnaast is te zien dat de nieuwe dijk is verhoogd en dat het binnen- en buitentalud is verflauwd naar een talud van 1:3. Binnendijks op een derde van de kerende

hoogte van de dijk is een stabiliteits- en pipingberm aangelegd. Deze berm is aangelegd onder een talud van 1:20 en is op het einde aangesloten op het bestaande maaiveld onder een talud van 1:3.



Figuur 6-1 Principeprofiel voor Kansrijk Alternatief 1 (het profiel voor dijkvak 26, 27, 30, 33 en 34, aangegeven in Bijlage 1)

Daarnaast zijn op verschillende locaties langs het traject maatwerkoplossingen nodig. Het betreft vooral locaties bij binnendijkse bebouwing en de tuimeldijk bij Neerloon. Er worden bij de dijkverbetering geen huizen gesloopt. Op de betreffende locaties worden verticale maatregelen toegepast om het ruimtebeslag te beperken. Een voorbeeld van een maatwerkoplossing is in Figuur 6-2 weergegeven. Hierin is te zien dat het tekort aan binnendijks ruimtebeslag (stabiliteits-/pipingberm) wordt opgelost met een verticale maatregel (STBI2/STPH3). Afhankelijk van de afstand van de bebouwing tot de dijk zijn er andere technische oplossingen mogelijk, waarbij er binnendijks minder/geen extra ruimtebeslag is (zoals het werken met constructies of het iets verschuiven van de buitenteen in buitendijkse richting). Een overzicht van mogelijke maatwerkoplossingen is opgenomen in Bijlage 1.



Figuur 6-2 Voorbeeld van een maatwerkoplossing waar voldoende ruimte is voor het verflauwen van het binnen- en buitentalud naar 1:3, maar waar door de aanwezigheid van binnendijkse bebouwing geen ruimte is voor een stabiliteits-/pipingberm. Voor deze oplossing is een verticaal stabiliteits- en pipingscherm toegepast

Kunstwerken in KA 1

In dit alternatief is ervoor gekozen om de bestaande kunstwerken te behouden, eventueel met aanpassingen. Voor keersluis Cuijk betekent dit dat de huidige keersluis behouden blijft en dat het terrein naast de sluis verhoogd wordt, zodat deze op hoogte aansluit op de naastgelegen dijkvakken. Daarnaast wordt met aanpassingen aan de sluis ervoor gezorgd dat de bestaande constructie voldoet aan betrouwbaarheid sluiten (BSKW).

Voor de uitwateringssluizen Gasselseloop en Tochtsloot wordt de bestaande constructie behouden in combinatie met zichtjaar 2075. Hierbij wordt de constructie zodanig aangepast dat deze het versterkte dijkprofiel kan accommoderen. Voor de overige kunstwerken geldt dat er hier en daar kleine aanpassingen nodig zijn om de waterveiligheidsopgaven op te lossen en de kunstwerken in te passen in de dijkverbetering. Deze kleine aanpassingen zijn niet onderscheidend tussen de Kansrijke Alternatieven.

Inpassing en meekoppelen bij KA 1

Op de “Kaart Meekoppelkansen” in Bijlage 1 zijn de meekoppelkansen met een codering en omschrijving aangegeven. Onderlangs het hele dijktracé komt een onderhoudsstrook en tevens wandelpad dat door het hele plangebied onderlangs de dijk loopt (Mkk11).

Deelgebied Cuijk

Op de nieuwe dijkkruin wordt er een nieuw verhard fietspad doorgetrokken vanaf Cuijk tot na de aansluiting bij de haven van Cuijk (Mkk8). Dat betekent dat er ook een fietsbrug komt bij de ingang van de haven in dijkvak 3 (Mkk8).
De fietsroute loopt ten noorden van het bedrijventerrein van de haven langs een bomenrij, die deels wordt teruggeplant op een leeflaag in de dijkteen waar de aanleg van de stabiliteitsberm ervoor zorgt dat de bomen moeten worden verwijderd. Een stukje verderop in dijkvak 2 worden juist nieuwe bomen aangeplant om te zorgen voor een aantrekkelijke doorgaande fietsroute (Mkk8). Ten noordoosten van de haven liggen 2 kazematten van de Peel-Raamstelling, die bij de dijkverbetering goed dienen te worden ingepast. De kazematten en de dijkoprit ertussen geven een aanleiding voor een nieuw rustpunt waar het verhaal over de objecten kan worden verteld (Mkk9). Ook tussen dijkvak 5 en 14 komt een doorlopend fietspad bovenop de dijk te liggen nadat de dijk (binnendijks) verhoogd en verflauwd is (Mkk8). In de vakken 5, 6, 8 t/m 11, 13 en 14 komt een stabiliteitsberm en een pipingberm. In de vakken 7 en 12 is er alleen een stabiliteitsopgave en komt er slechts een stabiliteitsberm. Tussen de Keersluisweg en de A73 ligt een mogelijke locatie voor een nieuwe doorgang voor recreatief waterverkeer naar de Kraaijenbergse Plassen, waardoor het nodig is een fietsbrug aan te leggen voor de passerende fietsers (Mkk12). De andere mogelijke locatie is in dijkvak 6. Vroeger lag hier ergens het begin van de Beerse Overlaat, een mooie aanleiding voor een rustpunt i.c.m. de nieuwe doorgang (Mkk9). Vanaf hier liep de Beerse Overlaat langs de Groot Lindense Sluis tot aan de Gasselse Sluis bij wat nu de Tochtsloot is. Een uitgelezen kans om de cultuurhistorie zichtbaar te maken (Mkk3) en een mooie plek voor een rustpunt bij de Uitwateringssluis Gasselseloop (Mkk9). Op de uitloper van het Gasselse bos staat een huis waar lokaal maatwerk voor hoogte, piping en stabiliteit moet worden geleverd (in dijkvak 13). Deze hoek biedt een mooi panorama en is zeer geschikt voor een rustpunt (Mkk9). De N321 wordt tussen dijkvak 15 en 17 gereconstrueerd (Mkk7) met een eenzijdig fietspad aan beide zijden.

Deelgebied Grave in KA 1

Voor Grave is er in dit alternatief voor gekozen om het huidige keringtracé te behouden en oplossingen te ontwerpen binnen de bestaande ruimte (Tabel 6-1). Er wordt gewerkt met lijnvormige vaste of flexibele maatregelen, zoals het toepassen van een glazen/opdrijvende kering. Verder is er in dit Kansrijk Alternatief ruimte om de hoogte van de kering gefaseerd aan te leggen, waarbij in eerste instantie wordt verhoogd tot zichtjaar 2075. Constructies worden geschikt gemaakt om nog een verhoging tot zichtjaar 2125 mogelijk te maken.

Voor de Kop van de Oude Haven betekent dit dat er een muur komt met een coupure om woningen bij Bomvrije bereikbaar te houden. Langs de Prinsenstal komt een verhoging van de huidige muur. Langs de Maaskade zou het zicht op de Maas sterk belemmerd worden door een muur, dus zijn glazen, mobiele of opduwbare keringen een optie. Bij Maaskade Noord wordt huidige tracé aangehouden en wordt de bestaande coupure verhoogd. Bij de jachthaven komt een nieuwe muur langs de kade. Bij het ontwikkelen van de Emab-locatie moet als voorwaarde worden gesteld dat de Koninginnedijk als dijk en entree van de vesting herkenbaar moet blijven t.o.v. de inrichting van de openbare ruimte van de Emab-locatie. De Koninginnedijk wordt verhoogd en ingericht als een fietsstraat binnen het huidige profiel, met als zichtjaar 2075.

Tabel 6-1 Overzicht maatregelen Grave in KA 1

locatie	KA1 inpassen op huidig tracé
Jan van Cuykdijk	éénrichtingsfietspad aan weerszijden dijk
Kop Oude Haven + woning Bomvrije	Muur met coupure (hoogte uitbreidbaar 2075/2125)
Buitenom Bomvrije Halfb. Blauwkop	n.v.t.
Prinsenstal	huidig ruimtebeslag (nette muur, hoogte uitbreidbaar 2075/2125)
Maaskade Zuid	huidig ruimtebeslag, muur / glas /mobiel / uitbreidbaar /opduwbaar (2075/2150)
Maaspoort	huidig ruimtebeslag, muur / glas /mobiel / uitbreidbaar /opduwbaar (2075/2150)
Maaskade Noord	huidig ruimtebeslag, muur / glas /mobiel / uitbreidbaar /opduwbaar (2075/2150)
Scheepswerf + hb Bekaf	inpassen dijkverhoging westerzijde
Nieuwe Haven	huidig ruimtebeslag, nette muur, (hoogte uitbreidbaar 2075/2125)
EMAB-locatie	behouden entree en zicht op vesting Grave
Koninginnedijk	verhoogde weg/fietsstraat(hoogte 2125)

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
Een stuk verderop, in deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek, wordt in dijkvak 23 het monument van de Amerikaanse infanteriebrigade teruggebracht en mooier ingepast in het dijkprofiel (Mkk2). Verder wordt de dijkverbetering aangegrepen om tegelijkertijd de beekmonding van de Raam te herstellen (Mkk6). In vak 27 ligt een oud dijktracé dat zichtbaar moet blijven na de dijkverbetering. Ook het oude Schuttershuis, het Oude Veerhuis, Wachthuis en allerlei bebouwing langs de dijk in Overlangel en Neerloon dient goed te worden ingepast, vaak in combinatie met maatwerkoplossingen voor stabiliteit en/of piping. Rond het Schuttershuis is een goede aanleiding voor een rustpunt (Mkk9) dat het verhaal over de strijd tegen het water vertelt, net als bij de kruising van de Pannestaartweg, waar het verhaal van de Overlaat verteld kan worden (Mkk3). Het wandelpad onderlangs de dijk loopt tussen Velp en Overlangel via Keent over de Hans en Grietweg richting de Keentseweg (Mkk11). De Oude Maasdijk tussen de Pannestaartweg en Overlangel wordt fietsvriendelijker ingericht (Mkk8). Hiervoor zijn verschillende opties: binnen het huidige profiel of met een rammelstrook. In dijkvak 32 en op de grens daarvan liggen kansen voor een ecologische verbindingszone richting de Hertogswetering, Herperduin en Putwielen. Vak 36 is de tuimeldijk bij Neerloon. Hier wordt de hoogte- en stabiliteitsopgave opgelost d.m.v. een kistdam in de huidige tuimelkade. Deze kistdam is een zelfstandig waterkerende constructie. Het buitentalud kan daardoor iets steiler worden, zodat het ruimtebeslag van de dijk aan de buitendijkse zijde niet groter wordt. Ook kunnen de bomen op de dijk blijven staan. Het wandelpad onderlangs de dijk loopt vanaf dijkvak 37 door richting Ravenstein.

6.3 Kansrijk Alternatief 2

In Kansrijk Alternatief (KA) 2 is het vertrekpunt een buitendijkse oplossing in grond met aanvullingen binnendijks en aaneengesloten trajecten van verticaal maatwerk. In Grave wordt bij de versterking ingezet op een integrale aanpak van de openbare ruimte en worden nieuwe tracés voor de kering bij Bomvrije en Maaskade Noord opgenomen. De focus ligt op behouden, versterken en ontwikkelen van beleving en kwaliteiten van landschap en cultuurhistorie.
Hierna wordt KA 2 nader toegelicht. Achtereenvolgens komen aan bod:

- dijken;
- kunstwerken;
- en inpassing en meekoppelen.

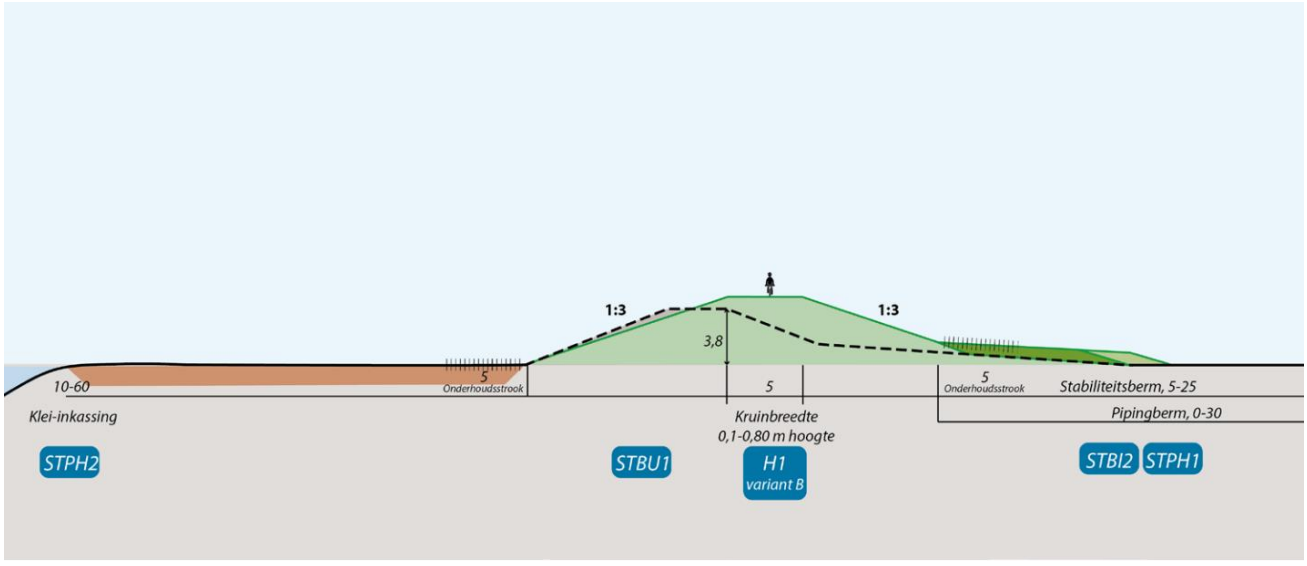
Dijken in KA 2

In Kansrijk Alternatief 2 wordt, net als in Kansrijk Alternatief 1, veel gewerkt met oplossingen in grond. In KA 2 is het doel om het binnendijkse ruimtebeslag van de versterkingsmaatregel voor piping te verkleinen door zoveel mogelijk gebruik te maken van een versterkingsmaatregel buitendijks in de vorm van een klei-inkassing. Een klei-inkassing wordt ingegraven onder het voorland, waardoor hiervoor geen riviercompensatie nodig is. Door het toepassen van klei-inkassingen zijn er minder pipingbermen nodig in KA 2. Echter, deze versterkingsmaatregel is alleen toe te passen in gebieden waar voldoende voorland aanwezig is, waardoor niet alle pipingbermen volledig te vervangen zijn door klei-inkassingen.
Pipingbermen langer dan 50 m worden niet aangelegd, omdat voor die situaties een verticale oplossing in de vorm van een pipingscherm voordeliger is (goedkoper, minder ruimtebeslag en impact op landschap).
In KA 2 wordt op een aantal locaties waar weinig ruimte is (zoals bedrijventerrein Cuijk en tuimeldijk Neerloon) wel een stukje buitendijks versterkt, waarvoor wel een riviercompensatie noodzakelijk is. Daarom worden in KA 2 weerdverlagingen meegenomen om te compenseren voor het buitendijkse versterken op een aantal locaties.

In dit alternatief zijn voor de dijken de volgende technische bouwstenen per faalmechanisme toegepast:

- **Hoogte:** Kruinverhoging in grond (H1) binnenwaarts verhogen (variant b), vierkant verhogen (variant a) alleen bij bedrijventerrein Cuijk en toepassen van een tuimeldijk (variant d) alleen bij bestaande tuimeldijk Neerloon.
- **Macrostabiliteit buitenwaarts:** verflauwing van het buitentalud naar 1:3 (STBU1). Dit is geen waterveiligheidsopgave, maar een beheeropgave.
- **Macrostabiliteit binnenzijde:** het aanleggen van een stabiliteitsberm (STBI2) en het plaatsen van een verticaal stabiliteitsscherm (STBI3) op maatwerklocaties.
- **Piping:** het aanleggen van een pipingberm (STPH1), het aanleggen van een klei-inkassing in het voorland (STPH2) en het plaatsen van een verticaal pipingscherm (STPH3).

In Figuur 6-3 is het principeprofiel voor vak 26, 27, 30, 33 en 34 voor Kansrijk Alternatief 2 weergegeven. Hierin zijn de verschillende technische bouwstenen per faalmechanisme weergegeven (STBI2, STPH2, etc.). Hierin is een combinatie van twee verschillende piping maatregelen te zien, namelijk een klei-inkassing in het voorland (STPH2) en een korte pipingberm (STPH1) in het achterland. Verder is te zien dat de nieuwe dijk is verhoogd en dat het huidige buitentalud (zwart onderbroken lijn) is verflauwd naar 1:3. Daarnaast is de bestaande kruinbreedte behouden en is het binnentalud aangelegd onder een helling van 1:3. Als laatste is te zien dat op een derde van de kerende hoogte van de dijk een stabiliteits-/pipingberm is aangelegd. Deze berm is aangelegd onder een talud van 1:20 en is op het einde aangesloten op het bestaande maaiveld onder een talud van 1:3.

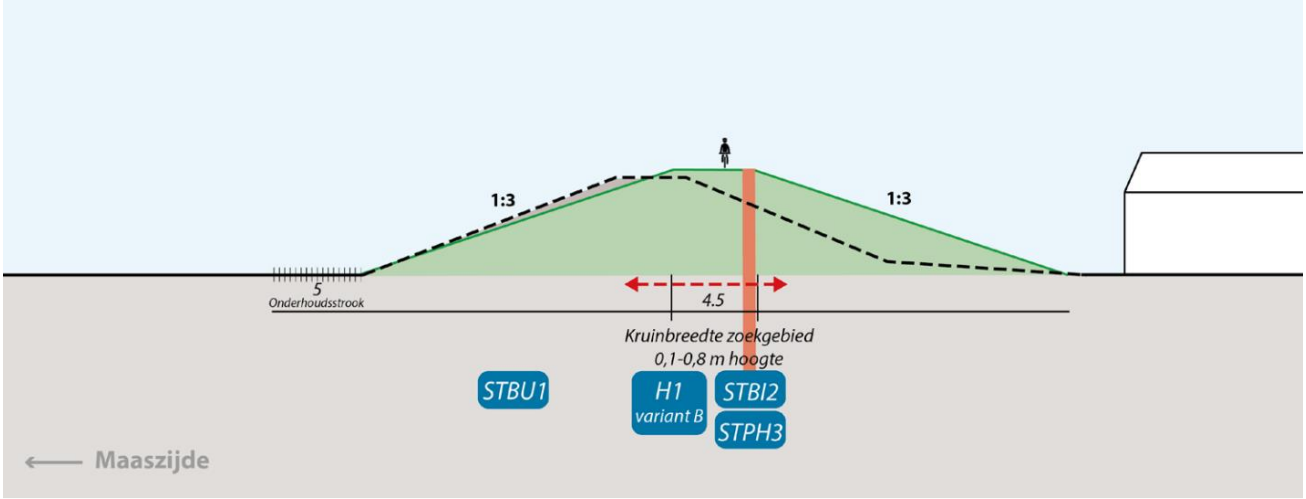


Figuur 6-3 Principeprofiel voor Kansrijk Alternatief 2 (het profiel voor dijkvak 26, 27, 30, 33 en 34, aangegeven in Bijlage 1).

Daarnaast zijn op verschillende locaties langs het traject maatwerkoplossingen nodig. Het betreft vooral locaties bij binnendijkse bebouwing, het bedrijventerrein Haven Cuijk en de tuimeldijk bij Neerloon. Hier worden verticale maatregelen toegepast om het ruimtebeslag te beperken. In dit Kansrijk Alternatief is ervoor gekozen om met grotere lengtes

van maatwerklocaties te werken om zo versnippering van het dijkprofiel (veel wisselingen van berm naar scherm) tegen te gaan.

Een voorbeeld van een maatwerkoplossing is in Figuur 6-4 weergegeven. Hierin is te zien dat er binnendijks geen ruimte is om het talud te verflauwen naar 1:3. Om dit waar te kunnen maken verschuift de buitenteen richting de rivier. Daarnaast wordt door middel van een verticaal stabiliteits-/pipingscherm de opgave voor stabiliteit en piping opgelost. Een overzicht van mogelijke maatwerkoplossingen is opgenomen in Bijlage 1.



Figuur 6-4 Voorbeeld van een maatwerkoplossing waar voldoende ruimte is voor het verflauwen van het binnen- en buitentalud naar 1:3, maar waar door de aanwezigheid van binnendijkse bebouwing geen ruimte is voor een stabiliteits-/pipingberm. Voor deze oplossing is een verticaal stabiliteits- en pipingscherm toegepast

Kunstwerken in KA 2

In dit alternatief is ervoor gekozen om een aantal kunstwerken te vervangen door nieuwe kunstwerken.
Dit geldt o.a. voor de keersluis bij Cuijk. Hier wordt een meekoppelkans gerealiseerd, waarbij een nieuwe doorgang naar de Kraaijenbergse Plassen wordt gerealiseerd met een nieuw kunstwerk. Er wordt een nieuw kunstwerk aangelegd tussen de A73 en de Keersluisweg. De bestaande keersluis wordt mogelijk gesloopt, maar zou eventueel ook als extra kunstwerk behouden kunnen blijven. Ook hier is betrouwbaarheid sluiten (BSKW) een aandachtspunt, waaraan het nieuwe kunstwerk moet voldoen.
Ook de uitwateringssluizen Gasselseloop en Tochtsloot worden vernieuwd. De bestaande uitwateringssluizen worden gesloopt en vervangen door nieuwe kunstwerken. Deze nieuwe kunstwerken worden naast de oude kunstwerken aangelegd of op de locaties van de bestaande kunstwerken. De nieuwe dijk op de locaties van de uitwateringssluizen wordt gedimensioneerd op zichtjaar 2075, maar de kunstwerken worden zodanig ontworpen dat ze geschikt zijn om een verdere uitbreiding van het dijklichaam voor zichtjaar 2125 mogelijk maken.
Voor de overige kunstwerken geldt dat er hier en daar kleine aanpassingen nodig zijn om de waterveiligheidsopgaven op te lossen en de kunstwerken in te passen in de dijkverbetering. Deze kleine aanpassingen zijn niet onderscheidend tussen de Kansrijke Alternatieven.

Inpassing en meekoppelen bij KA 2

De meekoppelkansen uit KA 1 komen in dit alternatief terug. Voor de beschrijving hiervan verwijzen we naar de beschrijving van KA 1. Hieronder worden alleen de meekoppelkansen beschreven die aanvullend zijn t.o.v. KA 1. Op de "Kaart Meekoppelkansen" in Bijlage 1 zijn de meekoppelkansen met een codering en omschrijving aangegeven.

Deelgebied Cuijk

Vanwege de buitendijkse teenverschuiving bij dijkvak 2 en 4 is er compensatie nodig ter hoogte van deze vakken. Hier liggen dan ook kansen voor buitendijkse natuur en Kaderrichtlijn Water (KRW)-maatregelen (Mkk4). Deze compensatie zou ook op een andere locatie iets meer stroomafwaarts gerealiseerd kunnen worden, grofweg tussen dijkvak 6 en 11 waar de uiterwaarden iets breder zijn. Om de nieuwe natuurontwikkeling in de uiterwaarden toegankelijk te maken, komen er nieuwe wandelrondjes in de uiterwaarden (Mkk11). Bij het maken van een binnendijkse steunberm kan ter

hoogte van Linden de weg worden heringericht voor eenrichtingsverkeer. Dit kan onderdeel zijn van een aanpassing van de verkeercirculatie in het dorp waardoor het de overlast van autoverkeer met boottrailers vermindert.

Deelgebied Grave
De Jan van Cuykdijk wordt gereconstrueerd (Mkk7) en krijgt een twee-richtingsfietspad aan de buitendijkse kant. Om de structuur van de vestingwerken te herstellen worden verschillende meekoppelkansen aangegrepen. Ten eerste wordt er een ecologische verbindingszone aangelegd vanaf het Visio-terrein die de contour van de buitenste vestingwal bij Blauwkop accentueert (Mkk5). Ten tweede worden de contouren van halfbastion Blauwkop zichtbaar en beleefbaar gemaakt door lage grondwallen in de uiterwaarden (Mkk1) met een bijbehorend wandelpad (Mkk11). De opstuwing die dit veroorzaakt kan evt. ter plekke worden gecompenseerd, wat weer kansen biedt voor buitendijkse natuur en KRW (Mkk4).

In de vesting wordt waar mogelijk de openbare ruimte op integrale wijze meegenomen in de dijkverbetering (Tabel 6-2). Nieuwe verblijfsplekken en een nieuwe relatie met de Maas kunnen een opwaardering van het waterfront mogelijk maken. In dit alternatief komt Bomvrije binnendijks met een nieuwe (deels mobiele) kering. De Maaskade wordt integraal aangepakt met de omliggende openbare ruimte, waar in ieder geval de ruimte rondom de Maaspoort en de Maaskade Noord opnieuw worden ontworpen met aandacht voor cultuurhistorie, beleving van het water en een aantrekkelijke openbare ruimte. De verkeersafwikkeling in het centrum moet hiervoor worden aangepast.
In de jachthaven wordt de kade op de locatie van de oude kademuur gelegd, zodat ruimte ontstaat voor een herinrichting van de openbare ruimte. Ook wordt hier het ravelijn teruggebracht. Ten westen van de Emab-locatie worden de buitenste vestingwal en gracht teruggebracht. Op de Koninginnedijk wordt het fietspad op een tuimeldijk naast de huidige weg aangelegd.
Voorbij de vesting Grave wordt er een losliggend fietspad op een tuimeldijk naast de Koninginnedijk aangelegd (Mkk8). Dit veroorzaakt extra opstuwing in het winterbed, wat in de naastliggende uiterwaarden gecompenseerd kan worden i.c.m. natuurontwikkeling (Mkk4).

Tabel 6-2 Overzicht maatregelen Grave in KA 2

locatie	KA2 integrale aanpak stedenbouw- openbare ruimte
Jan van Cuykdijk	tweerichtingsfietspad aan Maaszijde
Kop Oude Haven + woning Bomvrije	n.v.t.
Buitenom Bomvrije Halfb. Blauwkop	Nieuwe (mobiele) kering Bomvrije (hoogte uitbreidbaar 2075/2125?), Herstel halfbastion Blauwkop
Prinsenstal	n.v.t.
Maaskade Zuid	kering als onderdeel integrale aanpak openbare ruimte, uitbreidbaar 2075/2125
Maaspoort	kering als onderdeel integrale aanpak openbare ruimte, uitbreidbaar 2075/2125
Maaskade Noord	nieuw tracé, kans zichtbaar maken oude loop vestingwerk, onderdeel integrale aanpak, reactie ontwikkeling Scheepswerf
Scheepswerf + hb Bekaf	Relatie ontwikkeling Scheepswerf
Nieuwe Haven	herstel oude kademuur i.r.t herinrichting havenkade, (hoogte uitbreidbaar 2075/2125) + herstel ravelijn
EMAB-locatie	terugbrengen contour buitenste vestingwal en -gracht
Koninginnedijk	fietspad op tuimeldijk (hoogte 2125)

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
Bij Lage Wijth liggen er kansen voor nieuwe buitendijkse natuur waarbij in de stroomluwe delen ruimte is voor bosontwikkeling (Mkk4), in combinatie met rivierkundige compensatie en nieuwe wandelrondjes door de uiterwaarden (Mkk11). De Oude Maasdijk tussen de Pannenstaartweg en Overlangel wordt ingericht als veilige fietsstraat (Mkk8). Hiervoor zijn verschillende opties: een apart fietspad op de dijk, een fietspad binnendijks of het maken van een knip in de dijk voor gemotoriseerd verkeer. Een eind verderop bij de tuimeldijk van Neerloon moet rivierkundig gecompenseerd worden omdat de dijkteen hier buitendijks verschuift. De benodigde maatregel voor compensatie (weerdverlaging) biedt kansen voor de aanleg van buitendijkse natuur (Mkk4).

7 EFFECTBEOORDELING KANSRIJKE ALTERNATIEVEN

Het hoofdstuk "Effectbeoordeling Kansrijke Alternatieven" vormt de kern van dit MER. Hierin zijn de milieueffecten van de twee Kansrijke Alternatieven ten opzichte van de referentiesituatie in beeld gebracht en beoordeeld. Om een zinvolle effectbeoordeling te kunnen doen is een beoordelingskader opgesteld (zie paragraaf 1.7). Het beoordelingskader is een instrument om op uniforme en navolgbare wijze de effectbeoordeling uit te voeren. Dit hoofdstuk is opgebouwd conform het beoordelingskader, wat inhoudt dat de volgende thema's aan bod komen:

- ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid (paragraaf 7.1);
- natuur/biodiversiteit (paragraaf 7.2);
- vrijetijdseconomie (recreatie) (paragraaf 7.3);
- woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid (paragraaf 7.4);
- duurzaamheid (paragraaf 7.5);
- bodem (paragraaf 7.6);
- waterhuishouding (paragraaf 7.7);
- rivierkunde (paragraaf 7.8);
- leefomgeving (paragraaf 7.9);
- en hinder tijdens aanleg (paragraaf 7.10).

Deze paragrafen beginnen met een opsomming van de criteria waaraan getoetst is. Daarna is steeds per criterium toegelicht hoe is beoordeeld, gevolgd door de effectbeoordelingen (de toegekende beoordelingsscores) en de effectbeschrijvingen (de onderbouwingen bij de beoordelingsscores). De paragrafen worden afgesloten met een conclusie en eventuele toelichtingen op compensatie, mitigatie en leemten in kennis.

Tot slot zijn de meekoppelkansen in paragraaf 7.11 globaal beoordeeld op alle bovengenoemde thema's.

Kansrijke alternatieven beoordeeld zonder compenserende en mitigerende maatregelen
Belangrijk om te vermelden is dat de Kansrijke Alternatieven veelal zijn beoordeeld zonder compenserende en/of mitigerende maatregelen mee te rekenen. Dit zijn maatregelen om eventuele negatieve effecten te verzachten of elders te compenseren. Dit soort maatregelen worden vaak pas in een later stadium van het project uitgewerkt.

7.1 Effectbeoordeling ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

7.1.1 Criteria

De criteria waarop de Kansrijke Alternatieven zijn beoordeeld, zijn afkomstig uit de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD)[2]. Het gaat om de volgende vijf criteria:

1. effecten op monumenten;
2. effecten op monumentale en beeldbepalende bomen;
3. effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren;
4. effecten op landschappelijke en aardkundige waarden;
5. en effecten op archeologische (verwachtings)waarden.

De eerste vier aspecten zijn, vanwege de sterke onderlinge samenhang gezamenlijk beschouwd in paragraaf 7.1.2. De effecten op archeologische verwachtingswaarden zijn – vanwege de afwijkende wijze van beoordelen – apart beschouwd in paragraaf 7.1.3.

7.1.2 Effecten op ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

Wijze van beoordelen

De effecten van de Kansrijke Alternatieven op ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid zijn beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie die is beschreven in paragraaf 2.4.2. De beoordeling is middels eens kwalitatief deskundigenoordeel tot stand gekomen. Een belangrijke leidraad voor het ontwerp van de Kansrijke Alternatieven is het Ruimtelijk Kwaliteitskader[13] (RKK). Het RKK geeft inzicht in landschappelijke kenmerken en cultuurhistorische waarden van het gebied.

Daarnaast zijn de Kansrijke Alternatieven beschouwd op de aspecten belevingswaarde, gebruikswaarde, toekomstwaarde en herkomstwaarde. Deze methode sluit aan op de systematiek uit de Omgevingsverordening van de Provincie Noord-Brabant[30] om omgevingskwaliteit te beoordelen. Op de effecten van de Kansrijke Alternatieven op deze waarden wordt expliciet gereflecteerd in de conclusie in paragraaf 7.1.4. In de Omgevingsverordening zijn deze waarden als volgt toegelicht:

- ***Herkomstwaarde** gaat onder andere over verbondenheid, eigenheid en herkenbaarheid, cultuurhistorische verscheidenheid, cultuurhistorische waarden en de leesbaarheid van de omgeving in tijd en ruimte;*
- *Voorbeelden van **belevingswaarde** zijn uitstraling en aantrekkelijkheid, de schoonheid van de omgeving en een omgeving met contrasten, diversiteit, rust en ruimte;*
- ***Gebruikswaarde** heeft onder andere betrekking op een goede bereikbaarheid en functionaliteit van locaties, effectiviteit en productiviteit, externe veiligheid, een schoon milieu en een goede waterhuishouding;*
- *Bij **toekomstwaarde** gaat het bijvoorbeeld om stabiliteit en flexibiliteit, duurzaamheid, draagvlak voor een betekenisvolle toekomst, erfgoed, rekening houden met ecologische voorraden en duurzame ecosystemen.*

De aspecten **herkomstwaarde** (cultuurhistorie, herkenbaarheid) en **belevingswaarde** (uitstraling, aantrekkelijkheid) zijn specifiek meegenomen in deze effectbeoordeling. Voor wat betreft **gebruikswaarde** (bereikbaarheid en functionaliteit) wordt verwezen naar de effectbeoordeling Vrijetijdseconomie (recreatie) (paragraaf 7.3) en Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid (paragraaf 7.4), om dubbele beoordelingen te voorkomen. Voor het aspect **toekomstwaarde** (flexibiliteit, duurzaamheid) wordt verwezen naar de effectbeoordeling Duurzaamheid (paragraaf 7.5), ook hier om dubbele beoordelingen te voorkomen.

Bij de beoordeling van de effecten op ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-7).

Tabel 7-1 Beoordelingsschaal effecten op ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke verbetering, aanzienlijk positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
+ +	Sterke verbetering, aanzienlijk positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
+	Verbetering, (licht) positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie.
-	Aantasting, (licht) negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- -	Sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- - -	Zeer sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.

Effectbeoordeling ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

De effectbeoordeling heeft geleid tot de beoordelingsscores weergegeven in Tabel 7-2. Hierin is onderscheid gemaakt in de deeltrajecten Cuijk, Grave en Neerloon-Overlangel-Reek (NOR). Per deeltraject zijn verschillende effecten te verwachten als gevolg de Kansrijke Alternatieven. De toelichting bij de beoordelingsscores volgt daaronder, per aspect.

Tabel 7-2 Effectbeoordeling ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

Aspect		KA 1	KA 2
Effecten op monumenten	**Cuijk**	-	-
	Grave	- -	0
	NOR	0	-
Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen	**Cuijk**	0	0
	Grave	-	-
	NOR	0	0
Effecten op overige Cultuurhistorische elementen en structuren	**Cuijk**	0	0
	Grave	- -	+ +
	NOR	0	0
Effecten op landschappelijke en aardkundige waarden	**Cuijk**	-	-
	Grave	0	0
	NOR	-	0

Beschrijving effecten op monumenten

Er zijn bij beide Kansrijke Alternatieven risico's te verwachten voor de aanwezige monumenten die in de buurt van de kering staan in de deelgebieden Cuijk en Grave.

Deelgebied Cuijk

In het deelgebied Cuijk, ter hoogte van de Haven Cuijk, zijn twee kazematten aanwezig in het dijklichaam (zie Figuur 7-1). Deze kazematten zijn onderdeel van Rijksmonument "'t Bijltje 3"[34] en onderdeel van de Peel-Raamstelling. In beide Kansrijke Alternatieven wordt de dijk in grond verhoogd op de locatie van deze twee kazematten, waardoor deze kazematten in bepaalde mate zullen worden aangetast door de dijkverbetering. De precieze uitwerking van de dijkverbetering op deze locaties is nog niet bekend, omdat dit als maatwerk in de planuitwerking nader wordt uitgewerkt. Aangezien enige vorm van impact – bijvoorbeeld op de zichtbaarheid van deze kazematten – niet is uit te sluiten, is het effect van beide Kansrijke Alternatieven op deze bouwwerken beoordeeld als licht negatief.



Figuur 7-1 Eén van de twee kazematten in de dijk ter hoogte van de Haven Cuijk

Deelgebied Grave
In Grave zal bij beide Kansrijke Alternatieven dichtbij een aantal monumenten (aan de Maaskade en de Maasstraat) worden gewerkt. De Maaskade valt onder het beschermde stadsgezicht van Grave. Bovendien heeft de kademuur, onderdeel van de vestingwerken van Grave, een Rijksmonumentale status[35].

De werkzaamheden zullen zodanig worden gepland en uitgevoerd dat de effecten op de monumenten aan de Maasstraat en Maaskade worden geminimaliseerd. De monumenten bevinden zich relatief ver (circa 20 meter) van de kademuur af. Het effect op die monumenten is dan ook als neutraal te beschouwen.

Er zijn daarentegen wel sterke negatieve effecten te verwachten op de monumentale kademuur in Grave. In Kansrijk Alternatief 1 wordt uitgegaan van een verhoging van de kademuur middels een glazen constructie. Voor de lange termijn (zichtjaar 2125) zal de kademuur grotendeels herbouwd moeten worden op een zodanige manier dat deze wel voldoet als (fundament voor de) toekomstige waterkering. Mogelijk kan de versterking adaptief (in fasen) worden uitgevoerd. Het fundament van de kademuur lijkt op basis van een verkennende analyse voldoende stevig voor de versterking die tot zichtjaar 2075 nodig is. Constructies worden in dat geval pas over een aantal decennia geschikt gemaakt om nog een verhoging tot zichtjaar 2125 mogelijk te maken. Omdat de monumentale kademuur in haar aangezicht sterk wordt aangetast door de glazen verhoging, is het effect van KA 1 op monumenten in Grave als sterk negatief beoordeeld. Ook de aanleg van een opdrijvende kering in plaats van een glazen kering, zou een aantasting van de monumentale kademuur betekenen, aangezien dit grote technische ingrepen aan de muur zou vereisen.

De precieze uitwerking van de dijkverbetering in Kansrijk Alternatief 2 ter hoogte van de Maaskade moet nog uitgewerkt worden. In dit Kansrijke Alternatief is een brede opwaardering van de openbare ruimte voorgesteld. Dit betekent onder andere dat een verhoogde promenade naast de nieuwe kering zou worden aangelegd (Figuur 7-2). Het enige verschil voor de kademuur ten opzichte van de referentiesituatie is dat deze iets verhoogd wordt. De kademuur wordt in KA 2 dus wel aangepast, maar het aanzicht vanaf Grave zal, vanwege het tegelijk verhogen van de stoep, vrijwel hetzelfde blijven. Daarom is het effect van KA 2 op monumenten in Grave als neutraal beoordeeld.



Figuur 7-2 Een uitwerking van de verhoogde Maaskade in KA 2 (de grijze stoeprand staat voor een hoogteverschil van ongeveer 60 cm)

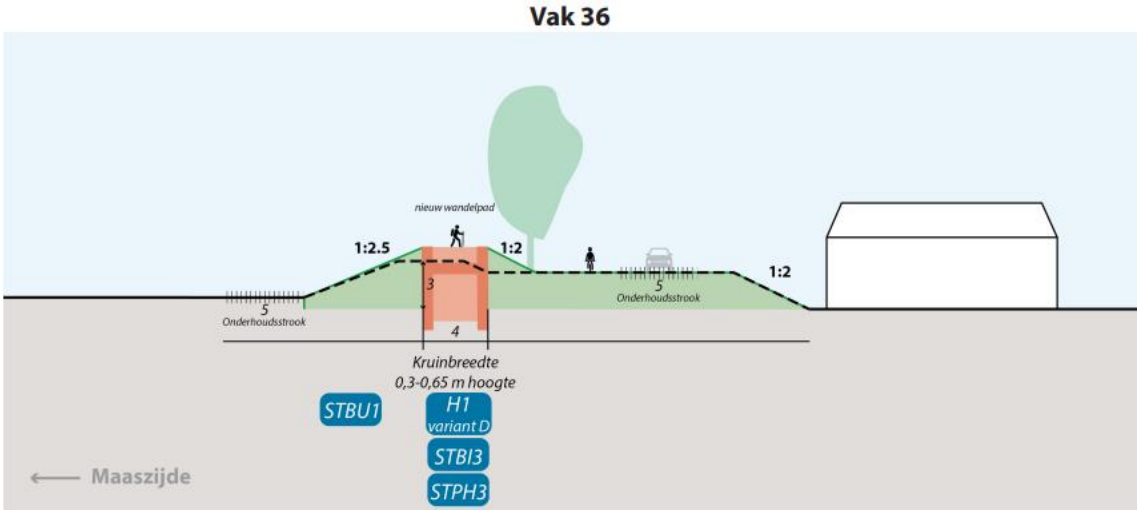
Een ander Rijksmonument in het deelgebied Grave is het Gemaal van Sasse[35]. Aan dit gemaal worden geen aanpassingen gedaan binnen het dijkverbeteringsproject Cuijk-Ravenstein. Er zijn dan ook geen effecten op dit monument te verwachten. Eventuele toekomstige renovatie van dit gemaal wordt gezien als een losstaand project.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
In het deelgebied NOR bevindt zich één rijksmonument dicht bij de dijk: de Sint Victorkerk met aanpalend kerkhof te Neerloon[35]. Ook bevinden zich meerdere fraaie woningen dichtbij de dijk in Neerloon (Figuur 7-3), waarvan vijf een gemeentelijk monument zijn. Deze bevinden zich allemaal binnen dijkvak 36 (zie Bijlage 1)[37].



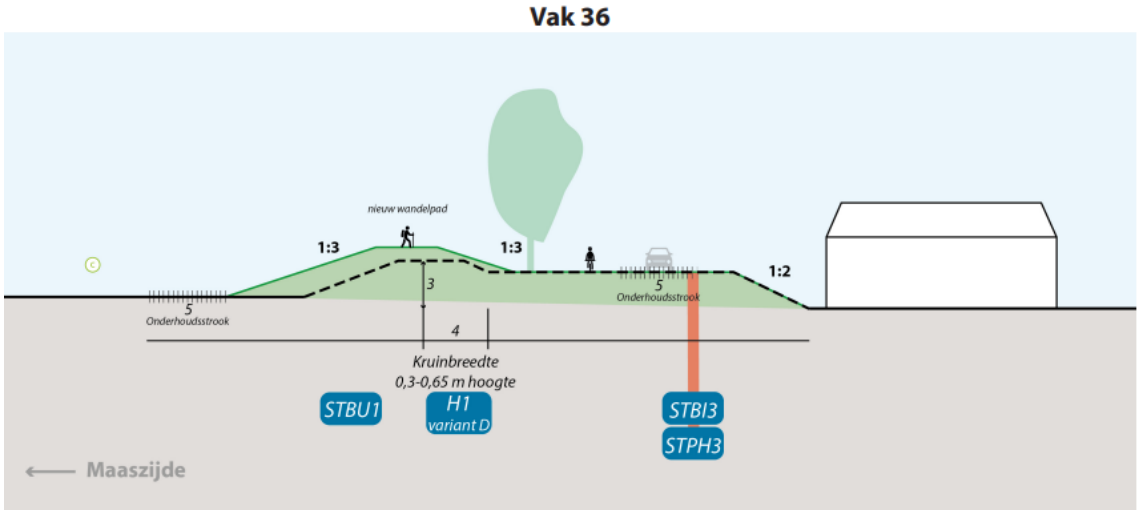
Figuur 7-3 De huidige situatie bij de Maasdijk te Neerloon, met rechtsvoor één van de monumentale woningen aan de Maasdijk, daarachter de Sint Victorkerk, en links van de bomenrij de tuimeldijk[36]

In KA 1 wordt de dijk bij Neerloon (dijkvak 36, zie Bijlage 1) verhoogd en versterkt middels een kistdamconstructie in de tuimeldijk. Een kistdam bestaat uit twee stalen damwanden die onder de oppervlakte zijn weggewerkt en ondergronds met elkaar zijn verbonden. Middels deze constructie wordt zowel de hoogte-, als stabiliteits-, als pipingopgave opgelost, en wordt voorkomen dat de dijk richting het binnenland verbreed zou moeten worden (Figuur 7-4).



Figuur 7-4 Uitwerking dijkverbetering bij Neerloon in KA 1, met de kistdamconstructie oranje gemarkeerd

In KA 2 wordt ditzelfde dijkvak versterkt met een damwand. De exacte ligging en wijze van inbrengen is nog niet bekend. Ook deze damwanden zorgen ervoor dat zowel de stabiliteits- als de pipingopgave wordt opgelost, en voorkomt dat de dijk richting het binnenland verbreed zou moeten worden. De hoogteopgave wordt hier overigens opgelost middels buitenwaartse kruinverhoging van de tuimeldijk (Figuur 7-5).



Figuur 7-5 Uitwerking dijkverbetering bij Neerloon in KA 2, met de damwand in oranje gemarkeerd

Het effect van de kistdam uit KA 1 op de monumenten in Neerloon is als neutraal beoordeeld. Deze constructie wordt dusdanig ver van bebouwing ingepast, dat schade aan de aanwezige monumenten valt uit te sluiten.

Het effect van de verticale damwand uit KA 2 op de monumentale bebouwing is als licht negatief beoordeeld, voornamelijk omdat een deel van de monumentale huizen zonder fundering is gebouwd (bron: bewoners) en daarom kwetsbaar is voor veranderingen in de ondergrond. Aangezien schade aan de monumenten als gevolg van het indrukken van damwanden een risico is, is het effect op deze monumentale panden als licht negatief beoordeeld.

Beschrijving effecten op monumentale en beeldbepalende bomen

Deelgebieden Cuijk en Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)

In de deelgebieden Cuijk en NOR is het nog onduidelijk of monumentale of beeldbepalende bomen moeten wijken voor de dijkverbetering. Dit is afhankelijk van de exacte dimensionering van de werkzaamheden en maatwerklocaties. De beeldbepalende bomen langs de Maasdijk in Neerloon blijven in beide Kansrijke Alternatieven gehandhaafd. Het effect van de Kansrijke Alternatieven op monumentale en beeldbepalende bomen in de deelgebieden Cuijk en NOR is als neutraal beoordeeld, omdat er op dit moment geen grote impact wordt verwacht op bomen in deze deelgebieden.

Deelgebied Grave

In Grave zullen monumentale en beeldbepalende bomen worden aangetast door de dijkverbetering. In de huidige situatie is aan de Maaskade beeldbepalende vestingbeplanting, inclusief een monumentale kastanje, aanwezig (Figuur 7-6). Bij beide Kansrijke Alternatieven worden deze bomen geraakt door de dijkverbetering en zullen ze grotendeels moeten wijken.

Bij Kansrijk Alternatief 1 worden vlakbij de bomen nieuwe damwanden aangebracht, waardoor het wortelstelsel beschadigd kan raken en de bomen kunnen afsterven. Mogelijk kan de verhoging adaptief worden aangepakt, en kan de bestaande muur worden verhoogd voor zichtjaar 2075. In dat geval zouden de bomen de komende 50 jaar wel gespaard kunnen blijven. Bij Kansrijk Alternatief 2 wordt het huidige straatniveau verhoogd, waardoor een verhoogde promenade ontstaat. De huidige bomen aan de Maaskade verdwijnen in dat alternatief. Bij beide alternatieven kunnen op dezelfde locaties nieuwe bomen teruggeplant worden, mits deze geen risico voor de waterveiligheid vormen. De dijkverbetering vormt dus ook een kans om bij de Maaskade gezondere leefomstandigheden voor bomen te creëren.



Figuur 7-6 Enkele monumentale, beeldbepalende bomen aan de Maaskade te Grave[36]

Gezien de monumentale status en beeldbepalende waarde van deze bomen, heeft bovenstaande geleid tot een negatieve beoordeling van beide Kansrijke Alternatieven op dit criterium. Aangezien er kansen ontstaan om bij de Maaskade gezondere leefomstandigheden voor bomen te creëren, is het effect als licht negatief ("-") in plaats van sterk negatief beoordeeld. Dit geldt voor beide Kansrijke Alternatieven.

Beschrijving effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren

Deelgebied Cuijk

In het deelgebied Cuijk zijn de volgende cultuurhistorische elementen en structuren in de buurt van de dijk geïdentificeerd:

- twee kazematten nabij de Haven Cuijk (zie "effecten op monumenten", eerder in deze paragraaf);
- UNESCO-werelderfgoed Maasheggengebied (zie "effecten op landschappelijke en aardkundige waarden", verderop in deze paragraaf);
- en de Beerse Overlaat.

Onder "effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren in deelgebied Cuijk" is om de bovengenoemde redenen alleen de Beerse Overlaat beoordeeld.

De kwaliteit en beleefbaarheid van de Beerse Overlaat verandert niet ten opzichte van de referentiesituatie. Dit geldt voor zowel KA 1 als KA 2. De meekoppelkans om de Beerse Overlaat beter zichtbaar te maken, is in deze beoordeling niet meegewogen. De beoordeling van de effecten van beide Kansrijke Alternatieven op overige cultuurhistorische elementen en structuren is daarom neutraal ("0") voor het deelgebied Cuijk.

Deelgebied Grave

In het deelgebied Grave zijn de Maaskade en de Raamsluis Grave geïdentificeerd als cultuurhistorische elementen in het dijktraject die beschermd zijn via het beschermde stadsgezicht Grave (Figuur 4-1 op pagina 52).

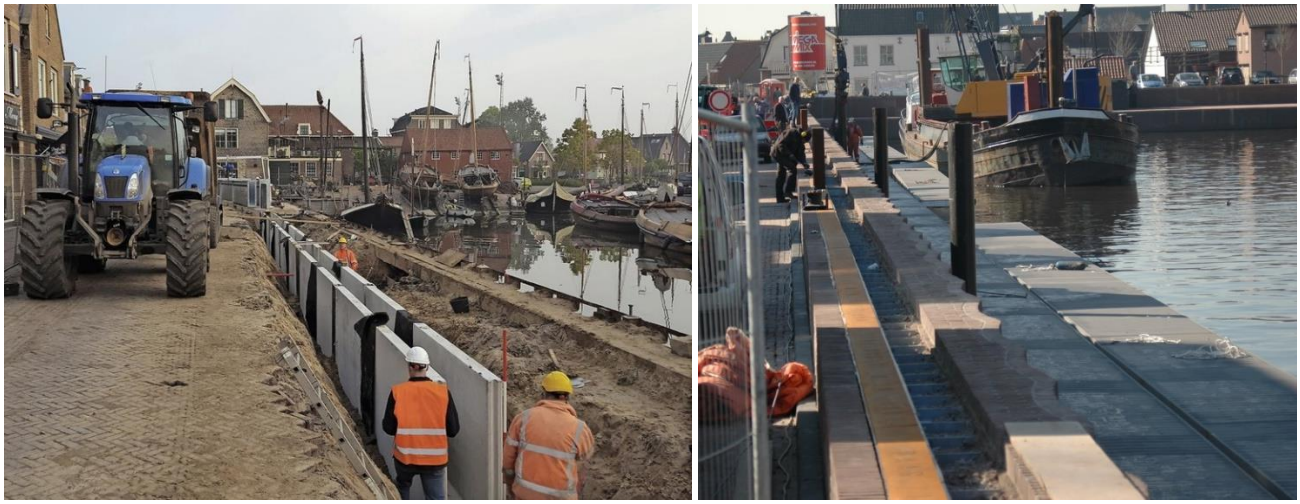
Kansrijk Alternatief 1 heeft een sterk negatief effect ("- -") op cultuurhistorische elementen en structuren in Grave. In de beoordeling van KA 1 is ervan uitgegaan dat de waterkerende hoogte bij de Maaskade wordt gerealiseerd middels een glazen constructie. Met name de belevingswaarde van de Maaskade zal naar verwachting sterk achteruit gaan door het

aanbrengen van een verticale (glazen) constructie. Een glazen constructie is vanuit landschappelijke inpassing uiteraard een betere optie dan een blinde muur (waartegen zowel de omgeving als het waterschap zich hebben uitgesproken), maar een glazen constructie zal alsnog zwaar uitgevoerde, gebiedsvreemde elementen vergen om het hoogwater te kunnen keren. Aan de andere kant blijft de structuur van de kering in KA 1 wel gelijk, doordat de kering hetzelfde tracé blijft volgen. Het sterk negatieve effect komt voort uit de aantasting van de cultuurhistorische structuur door de toepassing van staal en glas. In Figuur 7-7 is een voorbeeld opgenomen van een waterkerende glazen constructie.



Figuur 7-7 Voorbeeld van een glazen waterkering (Neer, Limburg)[38]

Ook een opdrijvende constructie zou als "- -" (sterk negatief effect) gescoord worden, aangezien het effect daarvan op de cultuurhistorische waarde van het Maasfront van Grave ook aanzienlijk zou zijn (zie Figuur 7-8 voor een voorbeeld). Voor de eventuele uitwerking van zo'n type constructie is in de Planuitwerkingsfase nader onderzoek benodigd.



Figuur 7-8 Voorbeeld van een opdrijvende waterkering in Spakenburg: links de realisatiefase; rechts het eindresultaat (niet tijdens hoogwater)

Daarnaast is het belangrijk te vermelden dat de Raamsluis Grave, een historische waterverbinding tussen Maas en Raam, in KA 1 wordt aangetast. Er worden twee aanpassingen gedaan ten aanzien van deze sluis. Ten eerste wordt het hekwerk naast de sluis wordt vervangen door een waterkerende muur (Figuur 7-9). Daarnaast breidt de beheerorganisatie van Waterschap Aa en Maas het bedieningsmechanisme uit, waardoor deze sluis ook elektromechanisch bedienbaar wordt. De Raamsluis ligt op een cruciale locatie. Hier is er in de huidige situatie zicht over de Oude Haven op de Maas. Met de plaatsing van de muur verdwijnt dit. De grens van het middeleeuwse deel van de vestingstad die gevormd wordt door de muur aan de westkant van de Oude Haven wordt door de muur ter hoogte van de Raamsluis niet meer goed leesbaar. De nu nog beleefbare overgang van bolwerken en ravelijnen (Bomvrije en het her in te richten Visio-terrein) naar het middeleeuws deel wordt aangetast (dit kan worden voorkomen door hier een coupure in te passen, die alleen wordt gesloten bij hoogwatersituaties, maar zo'n maatregel is niet opgenomen in KA 1). Het ontwerp van KA 1 wordt aangesloten op de herontwikkeling van het Visio-terrein met omlegging van het inlaatkanaal naar de Raam.



Figuur 7-9 De Raamsluis te Grave met daarnaast een hekwerk[36]

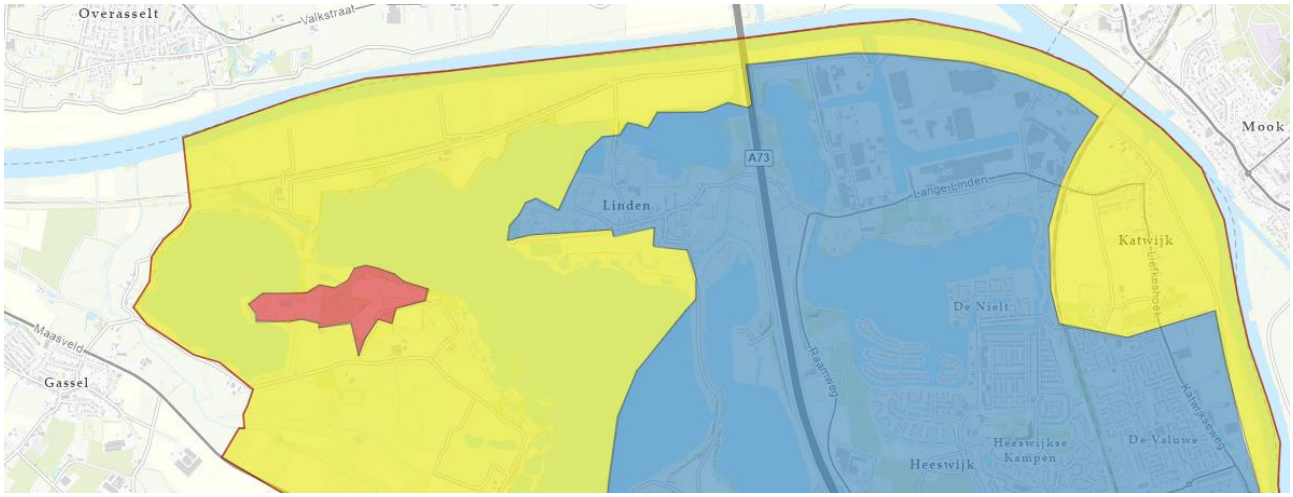
Kansrijk Alternatief 2 is daarentegen beoordeeld als sterke verbetering ("+ +") voor wat betreft cultuurhistorische elementen en structuren in Grave. Deze score komt op hoofdlijnen voort uit het integraal opwaarderen van de Maaskade in het centrum van Grave. Er wordt een verhoogde promenade aangelegd, waardoor het contact met het water een opwaardering krijgt en de belevingswaarde toeneemt. Bovendien wordt in KA 2 in ieder geval de ruimte rondom de Maaspoort en de Maaskade Noord opnieuw ontworpen met aandacht voor cultuurhistorie, beleving van het water en een aantrekkelijke openbare ruimte[28]. Overigens hebben de verleggingen van de waterkering rondom de huizen aan de Bomvrije en het noordelijke deel van de Maaskade geen meerwaarde voor cultuurhistorie, aangezien op deze locaties in het verleden ook geen waterkering heeft gelegen.

Daarnaast is het belangrijk te vermelden dat de Raamsluis Grave, een historische waterverbinding tussen Maas en Raam, in vrijwel dezelfde vorm als in de huidige situatie behouden blijft in KA 2. Het hekwerk naast de sluis (Figuur 7-9) wordt in KA 2 niet aangepast. Dit is niet nodig aangezien het in KA 2 voorgestelde dijktracé rondom de Bomvrije de benodigde waterkerende hoogte zal verzorgen. De Raamsluis ligt op een cruciale locatie. Hier is er zicht over de Oude Haven op de Maas. Ook is de grens van het middeleeuwse deel van de vestingstad die gevormd wordt door de muur aan de westkant van de Oude Haven is goed zichtbaar. De overgang van bolwerken en ravelijnen (Bomvrije en het her in te richten Visioterrein) naar het middeleeuws deel blijft goed beleefbaar.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
Voor wat betreft overige cultuurhistorische elementen en structuren in het deelgebied NOR, scoren beide alternatieven neutraal ("0"), aangezien hier naast monumentale panden en bomen geen overige cultuurhistorische elementen en structuren zijn geïdentificeerd.

Beschrijving effecten op landschappelijke en aardkundige waarden

Deelgebied Cuijk
Voor deelgebied Cuijk scoren beide alternatieven een "–" (licht negatief effect) op het criterium landschappelijke en aardkundige waarden, vanwege de nabijheid van een Maasheggengebied (UNESCO-werelderfgoed). Bij beide Alternatieven is er sprake van enige binnendijkse bermaanpassing, waarbij de buffergebied en transitiezone van het Maasheggengebied door de dijkverbetering geraakt worden (Figuur 7-10). In de planuitwerking zal na nadere uitwerking moeten blijken of het aantasten van heggen in de buffergebied en de transitiezone tot negatieve effecten leidt. Het gaat met name om het uiteindelijke ontwerp van dijkvak 11 (zie Bijlage 1 voor de situering). Het kerngebied van het Maasheggengebied ter hoogte van Gassel (rood uitgelicht in Figuur 7-10), wordt in ieder geval niet geraakt door de dijkverbetering. Bovengenoemde constateringen met betrekking tot dit Maasheggengebied gelden voor beide Kansrijke Alternatieven.



Figuur 7-10 Het Maasheggengebied in deelgebied Cuijk, met het beschermde kerngebied rood gemarkeerd, de bufferzone geel gemarkeerd en de transitiezone blauw gemarkeerd (de laatste twee worden doorkruist door de dijk)

Deelgebied Grave
Het deelgebied Grave wordt vanwege de historische vestingstructuur in sterke mate gekenmerkt door stedelijke cultuurhistorische elementen. De effecten hierop zijn reeds beschreven onder de effectbeschrijving "effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren", eerder in deze paragraaf. Om dubbele beoordelingen van deze effecten te voorkomen, wordt verwezen naar die effectbeschrijving. Daarom zijn de effecten op landschappelijke en aardkundige waarden bij Grave als neutraal ("0") beoordeeld.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
Het gebied Keent is aangemerkt als aardkundig waardevol gebied. Dit gebied wordt niet aangetast door de dijkverbetering omdat deze geheel binnendijks plaatsvindt in beide Kansrijke Alternatieven. In het deelgebied NOR scoort Kansrijk Alternatief 1 een "-" op landschappelijke waarden vanwege de vele verschillende maatwerklocaties ter hoogte van Overlangel en Neerloon. Doordat maatwerklocaties (met verticale damwanden) en grondbermen elkaar veelvuldig afwisselen in dit gebied, ontstaat een versnipperd landschappelijk beeld.

In KA 2 treedt dit effect van versnippering niet op, aangezien in dat alternatief over lange aaneengesloten stukken maatwerklocaties zullen worden toegepast. Daarom is het effect van KA 2 op dit criterium als neutraal ("0") beoordeeld.

7.1.3 Effecten op archeologische (verwachtings)waarden

Wijze van beoordelen

De beoordeling van de effecten van de Kansrijke Alternatieven op archeologische (verwachtings)waarden heeft plaatsgevonden door het ruimtebeslag van de Kansrijke Alternatieven te vergelijken met de resultaten uit het Conditionerend onderzoek Landschap, Cultuurhistorie en Archeologie[39], dat in het kader van de verkenning Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein is uitgevoerd. De conclusie van dit onderzoek is dat het binnendijkse gebied een hoge of middelhoge archeologische verwachtingswaarde heeft. Daar waar sprake van een hoge archeologische verwachtingswaarde is én maatregelen zijn uitgewerkt die tot graafwerkzaamheden leiden, wordt een inschatting gemaakt van de kans dat de ingrepen archeologische waarden kunnen aantasten. Over het algemeen is de archeologische verwachting aan binnendijkse zijde hoger dan buitendijks.

Bij de beoordeling van de effecten op archeologische (verwachtings)waarden is de onderstaande vierpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-7). Op basis van deze vierpuntsschaal is kwalitatief beoordeeld wat het effect is op archeologische (verwachtings)waarden. Aangezien een positief effect van de werkzaamheden op archeologische waarden niet mogelijk is, zijn voor dit aspect alleen scores van "0" tot en met "- - -" te vergeven.

Tabel 7-3 Beoordelingsschaal effecten op archeologische (verwachtings)waarden

Score	Toelichting
0	Er is geen ruimtebeslag in een zone met bekende waarden en/of er wordt gegraven in een gebied met een lage verwachtingswaarde
-	Er worden verticale constructies geplaatst in een gebied met (middel)hoge verwachtingswaarde
- -	Er wordt gegraven in een gebied met een (middel)hoge verwachtingswaarde
- - -	Er wordt gegraven in bekende archeologische monumenten/vindplaatsen

Effectbeoordeling archeologie

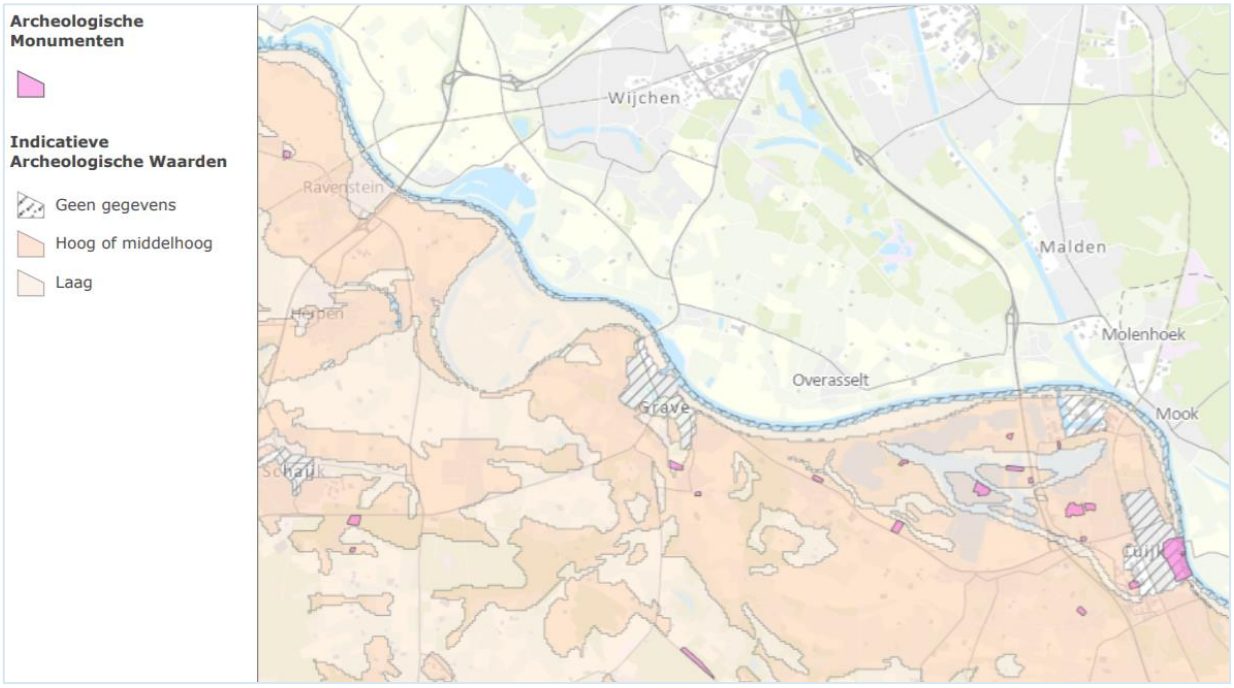
De effectbeoordeling ten aanzien van archeologie is voor beide alternatieven negatief ("-") (Tabel 7-4), omdat in beide Kansrijke Alternatieven in gebied met een middelhoge tot hoge archeologische verwachtingswaarde.

Tabel 7-4 Effectbeoordeling archeologie

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	-	-
Grave	-	-
NOR	-	-

Beschrijving effecten op archeologische (verwachtings)waarden

Bij beide Kansrijke Alternatieven is er sprake van maatregelen met ruimtebeslag in gebieden met lage, hoge en middelhoge verwachtingswaarden (Figuur 7-11). De Kansrijke Alternatieven verschillen van elkaar qua ruimtebeslag (bij KA 2 wordt bijvoorbeeld meer buitendijks en minder binnendijks gewerkt dan in KA 1). Echter, deze verschillen zijn niet zodanig dat dit leidt tot verschillende beoordelingsscores.



Figuur 7-11 Archeologische verwachtingswaarden en monumenten

Beide alternatieven brengen risico's met zich mee voor wat betreft het aantasten van middelhoge tot hoge archeologische verwachtingswaarden aan binnendijkse zijde, door het aanbrengen van verticale constructies. Het aanleggen van bermen zal naar verwachting niet leiden tot aantasting van archeologische waarden. Omdat er geen grootschalige vergravingen plaatsvinden aan binnendijkse zijde, is het risico op aantasting van archeologische (verwachtings)waarden

daar beperkt. In KA 2 vinden wel grootschalige vergravingen plaats aan buitendijkse zijde, ten behoeve van het plaatsen van klei-inkassingen. Aangezien de archeologische verwachtingswaarde buitendijks laag is, wordt dit gezien als een beperkt negatief effect.

In de Planuitwerkingsfase is inventariserend vooronderzoek nodig in de gebieden met hoge en middelhoge verwachtingswaarden op die locaties waar daadwerkelijk werkzaamheden in de grond zullen plaatsvinden (afhankelijk van het dijkontwerp dat op dat moment het uitgangspunt is).

Mochten tijdens de werkzaamheden onverhoopt archeologische resten worden aangetroffen, dan geldt de wettelijke verplichting om deze vondsten ("toevalsvondsten") bij de betreffende gemeente te melden.

7.1.4 Conclusie effecten ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

Ten aanzien van het thema *ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid* zijn voornamelijk negatieve, maar ook enkele positieve effecten te verwachten als gevolg van inpassing van de Kansrijke Alternatieven (KA's) voor de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein.

De KA's voor de dijkverbetering zijn binnen dit thema beoordeeld op:
- effecten op monumenten;
- effecten op monumentale en beeldbepalende bomen;
- effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren;
- effecten op landschappelijke en aardkundige waarden;
- en effecten op archeologische (verwachtings)waarden.

Alle vergeven beoordelingsscores binnen dit thema zijn samengevat in Tabel 7-5 en daaronder kort toegelicht.

Positieve effecten binnen dit thema zijn alleen te verwachten op cultuurhistorische elementen en structuren in Grave als gevolg van KA 2. Verder zijn alle onderzochte effecten als neutraal, negatief of sterk negatief beoordeeld.

Tabel 7-5 Effectbeoordeling thema ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

Aspect		KA 1	KA 2
Effecten op monumenten	**Cuijk**	-	-
	Grave	- -	0
	NOR	0	-
Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen	**Cuijk**	0	0
	Grave	-	-
	NOR	0	0
Effecten op overige Cultuurhistorische elementen en structuren	**Cuijk**	0	0
	Grave	- -	+ +
	NOR	0	0
Effecten op landschappelijke en aardkundige waarden	**Cuijk**	-	-
	Grave	0	0
	NOR	-	0
Effect op archeologische (verwachtings)waarden	**Cuijk**	-	-
	Grave	-	-
	NOR	-	-

Samenvatting effecten op monumenten

In alle deelgebieden zijn verschillende (rijks)monumenten in, aan of dichtbij de dijk geïdentificeerd.

Lichte negatieve effecten op monumenten zijn te verwachten in de deelgebieden Cuijk en Neerloon-Overlangel-Reek (NOR). In het deelgebied Cuijk worden twee rijksmonumentale kazematten deels in een hoger en breder grondlichaam "ingegraven" als gevolg van de dijkverbetering, ongeacht welk Kansrijk Alternatief wordt uitgevoerd. In het deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek zijn lichte negatieve effecten op monumenten te verwachten als gevolg van het indrukken van damwanden in de Maasdijk ter hoogte van Neerloon, zoals voorgesteld in KA 2. Het risico op beschadiging van gemeentelijke monumenten langs de Maasdijk in Neerloon als gevolg van in*drukken* van de damwand is kleiner dan wanneer damwanden zouden worden in*getrild*, maar dit effect is toch als licht negatief beschouwd. Indien hier wordt gekozen voor de constructieve oplossing uit KA 1 (kistdam in tuimeldijk) in plaats van de constructieve oplossing uit KA 2 (indrukken van een damwand vlakbij bebouwing), is er minder risico op schade aan de monumenten.

Sterke negatieve effecten zijn te verwachten bij KA 1 op de kademuur in Grave. Dit is een monumentale structuur, waarvan het aanzicht sterk wordt aangetast bij KA 1. In dat Kansrijke Alternatief wordt bovenop de muur een glazen wand met stalen elementen geplaatst, om aan de nieuwe normering voor waterkerende hoogte te voldoen. Dit wordt beschouwd als een fundamentele aantasting van dit monumentale bouwwerk en is daarom als een sterk negatief effect beoordeeld. KA 2 scoort neutraal, omdat de kademuur in dat kansrijke alternatief alleen verhoogd wordt. Aangezien de wandelpromenade langs de Maaskade ook verhoogd wordt aangelegd in KA 2, zal het aanzicht van de kademuur in dat alternatief niet veranderen. Het effect van KA 2 op monumenten in Grave wordt daarom als neutraal beschouwd.

De **herkomstwaarde** van de verschillende monumenten in, aan of dichtbij het dijktraject (waaronder kazematten, de kademuur in Grave en gemeentelijke monumenten in Neerloon) wordt dus door beide alternatieven (mogelijk) geschaad. De grootste verschillen tussen de Kansrijke Alternatieven onderling, uiten zich bij de kademuur in Grave en bij gemeentelijke monumenten aan de Maasdijk in Neerloon. Met betrekking tot de negatieve effecten in het deelgebied Cuijk zijn de verschillen tussen de alternatieven beperkter. Het negatieve effect op de kazematten bij de Haven Cuijk zijn een inherent gevolg van de dijkverbeteringsopgave en is daarom onontkoombaar. Bij het samenstellen van het Definitief Ontwerp dient extra aandacht besteed te worden aan het zo klein mogelijk maken van de risico's en/of negatieve effecten op deze monumentale objecten.

Samenvatting effecten op monumentale en beeldbepalende bomen

Negatieve effecten op monumentale en beeldbepalende bomen zijn alleen geïdentificeerd in het deelgebied Grave. Hier staan, langs de Maaskade, bomen met een monumentale status en beeldbepalende waarde. Deze bomen leveren een niet te onderschatten bijdrage aan de gunstige **belevingswaarde** van de Maaskade in Grave. Aangezien deze bomen dienen te verdwijnen voor de dijkverbetering, ongeacht welk alternatief wordt uitgevoerd, is het effect van beide KA's op deze bomen als negatief beoordeeld. Aangezien bij de Maaskade kansen ontstaan om gezondere leefomstandigheden voor bomen te creëren, is het effect als licht negatief ("-") in plaats van sterk negatief ("- -") beoordeeld. Dit geldt voor beide Kansrijke Alternatieven.

In de deelgebieden Cuijk en Neerloon-Overlangel-Reek zijn geen effecten op monumentale en beeldbepalende bomen geïdentificeerd.

Samenvatting effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren

Met betrekking tot cultuurhistorische elementen en structuren zijn alleen in het deelgebied Grave effecten te verwachten. De verschillen tussen de Kansrijke Alternatieven zijn aanzienlijk. Indien KA 1 zou worden ingepast, dan wordt de cultuurhistorische **belevingswaarde** van het Maasfront in Grave sterk negatief aangetast, vanwege de toepassing van een glazen waterkerende constructie met stevig uitgevoerde, stalen elementen. Indien KA 2 zou worden gerealiseerd, dan worden juist sterke positieve effecten verwacht, vanwege de (nog uit te werken) integrale opwaardering van de openbare ruimte aan het Maasfront in Grave. Onderdeel van deze integrale opwaardering is onder andere het aanleggen van een verhoogde promenade langs de Maas, waardoor de **belevingswaarde** van de relatie tussen de vestingstad en de Maas wordt versterkt. Ook wordt de historische Maaspoort betrokken bij deze opwaardering van de openbare ruimte.

Samenvatting effecten op landschappelijke en aardkundige waarden

Voor wat betreft landschappelijke en aardkundige waarden zijn met name van belang:

- het Maasheggengebied bij Gassel (onderdeel van UNESCO-werelderfgoed);
- en de landschappelijke aaneengeslotenheid van de dijk.

Zowel de **herkomstwaarde** als **belevingswaarde** van het Maasheggengebied zou kunnen worden aangetast door de dijkverbetering, hoewel de kern van het Maasheggengebied zich op geruime afstand buiten het projectgebied bevindt. Heggen in het buffergebied en in de transitiezone worden wel aangetast door de dijkverbetering, ongeacht naar welk Kansrijke Alternatief wordt gekeken. Daarom zijn de effecten van beide KA's op het criterium *effecten op landschappelijke en aardkundige waarden* in het deelgebied Cuijk als licht negatief beoordeeld.

Voor de effecten op het deelgebied Grave wordt verwezen naar de beschrijving van de effecten op cultuurhistorische elementen en structuren, om dubbele beoordeling te voorkomen.

In het deelgebied NOR heeft KA 1 een negatief effect op de landschappelijke **belevingswaarde**, aangezien in KA 1 zeer veel losstaande maatwerklocaties zijn voorgesteld in dit deelgebied. Dit zorgt voor een versnipperd landschappelijk beeld met veel afwisseling tussen verticale constructies en oplossingen in grond. In KA 2 zijn de maatwerklocaties langer aaneengesloten, wat zorgt voor een meer samenhangend landschappelijk beeld. Daarom is het effect van KA 1 op landschappelijke en aardkundige waarden in dit deelgebied als licht negatief beoordeeld, terwijl het effect van KA 2 als neutraal is beoordeeld.

Samenvatting effecten op archeologische (verwachtings)waarden

Beide alternatieven brengen risico's met zich mee voor wat betreft het aantasten van middelhoge tot hoge archeologische verwachtingswaarden aan binnendijkse zijde, door het aanbrengen van verticale constructies. Het aanleggen van bermen zal naar verwachting niet leiden tot aantasting van archeologische waarden. Omdat er geen grootschalige vergravingen plaatsvinden aan *binnendijkse* zijde, is het risico op aantasting van archeologische (verwachtings)waarden daar beperkt. In KA 2 vinden wel grootschalige vergravingen plaats aan *buitendijkse* zijde, ten behoeve van het plaatsen van klei-inkassingen. Aangezien de archeologische verwachtingswaarde buitendijks laag is, wordt dit gezien als een beperkt negatief effect. Beide alternatieven brengen dus beperkte risico's met zich mee voor wat betreft het aantasten van ondergrondse **herkomstwaarde**.

Eindbeoordeling thema ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

De Kansrijke Alternatieven zijn per deelgebied als volgt beoordeeld (Tabel 7-6) op het gehele thema *ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid*. Deze tabel is een synthese van alle hierboven behandelde aspecten. Uit de tabel blijkt dat de effecten van de Kansrijke Alternatieven op dit thema in het deelgebied Grave sterk uiteenlopen. KA 2 scoort daar positief, terwijl KA 1 sterk negatief scoort.

Tabel 7-6 Eindbeoordeling thema ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	-	-
Grave	- -	+
NOR	-	-

7.1.5 Leemten in kennis en aanbevelingen voor de Planuitwerkingsfase

In de deelgebieden Cuijk en NOR is het nog onduidelijk of monumentale of beeldbepalende bomen moeten wijken voor de dijkverbetering. Dit geldt ook voor het deelgebied Grave, met uitzondering van de Maaskade, waar wel duidelijk is dat enkele beeldbepalende bomen moeten wijken. Het al dan niet verwijderen van bomen is afhankelijk van de exacte dimensionering van de werkzaamheden en maatwerklocaties, die in de planuitwerking nader wordt uitgewerkt.

De uitwerking van de integrale opwaardering van de Maaskade te Grave, die in KA 2 is voorgesteld, is nog niet bekend in de verkenning. Het ontwerp dient in de planuitwerking verder uitgewerkt te worden. Afhankelijk van de uitwerking, vallen de effecten in het deelgebied Grave mogelijk anders uit.

Voor wat betreft archeologie is vervolgonderzoek nodig in de Planuitwerkingsfase om archeologische, waarna archeologische verwachtingswaarden eventueel kunnen worden bijgesteld. Daarnaast valt nog niet te beoordelen wat de effecten zijn op archeologische verwachtingswaarden bij andere werkzaamheden dan graafwerkzaamheden, die de archeologische waarden kunnen aantasten (zoals ophogingen, trillingen en grondwaterverlaging). Dit kan in de Planuitwerkingsfase wel, zodra de uitvoeringsmethoden bekend zijn.

7.2 Effectbeoordeling natuur/biodiversiteit

De effecten van de Kansrijke Alternatieven op de natuur zijn hieronder beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. De referentiesituatie, voor zover compleet, is beschreven in paragraaf 2.4.3. Meer informatie over de referentiesituatie is te vinden in de QuickScan ecologie[40] en de rapportage Nadere veldinspectie[41].

7.2.1 Criteria

De beoordeling van de effecten op de natuur/biodiversiteit bestaat uit vier onderdelen.

- **Effecten op Natura2000-gebieden en -soorten tijdens aanleg- en gebruiksfase** (paragraaf 7.2.2)
  Ten eerste zijn de effecten van de Kansrijke Alternatieven op omliggende N2000-gebieden onderzocht. Het gaat hierbij voornamelijk om de extra stikstofdepositie op omliggende N2000-gebieden die wordt veroorzaakt door de aanlegfase én de gebruiksfase van de ontwikkelingen. Dit onderzoek is nodig om te onderbouwen dat de ontwikkelingen voldoen aan de stikstofwetgeving. Overigens maakt het plangebied zelf geen deel uit van beschermde N2000-gebieden.

- **Effecten op Natuurnetwerk Brabant-gebieden** (paragraaf 7.2.3)
  Ten tweede zijn de effecten van de Kansrijke Alternatieven op Natuurnetwerk Brabant (NNB)-gebieden in beeld gebracht. Het plangebied valt voor een belangrijk deel binnen het NNB. Ontwikkelingen binnen een NNB-gebied zijn alleen mogelijk met een nadere toetsing: de 'nee-tenzij' toets. Dit houdt in dat ingrepen in NNB-gebied niet worden toegestaan, tenzij er sprake is van een zwaarwegend maatschappelijk belang en indien er geen alternatieven zijn. Indien bij een ingreep schade wordt aangericht aan een NNB-gebied, dan dient dit gemitigeerd of gecompenseerd te worden. Voor dit criterium is in beeld gebracht hoeveel oppervlakte NNB aangetast wordt door de plannen.

- **Effecten op overige beschermde flora en fauna tijdens aanleg- en gebruiksfase** (paragraaf 7.2.4)
  Als derde aspect binnen het thema ecologie zijn de effecten op overige beschermde flora en fauna (die niet binnen Natura2000 en het NNB vallen) inzichtelijk gemaakt. Voor diverse soorten is onderzocht of deze in het gebied voorkomen en of de Kansrijke Alternatieven voor de dijkverbetering kunnen leiden tot verstoring, aantasting of vernietiging van rustplaatsen. Indien dit zo blijkt te zijn, dan kan dit leiden tot aanpassingen in het uiteindelijke dijkontwerp, dan wel tot mitigerende en/of compenserende maatregelen om de mate van verstoring zo klein mogelijk te maken.

- **Bijdrage aan natuurontwikkeling** (paragraaf 7.2.5)
  Als vierde aspect binnen het thema ecologie is de natuurontwikkeling die de ontwerpen mogelijk maken, beoordeeld. De bijdrage aan natuurontwikkeling is opgenomen als apart criterium, zodat mogelijke positieve effecten voor natuur inzichtelijk kunnen worden gemaakt. Mogelijke positieve effecten zouden binnen de hierboven genoemde drie criteria namelijk weg kunnen vallen tegen de negatieve effecten.

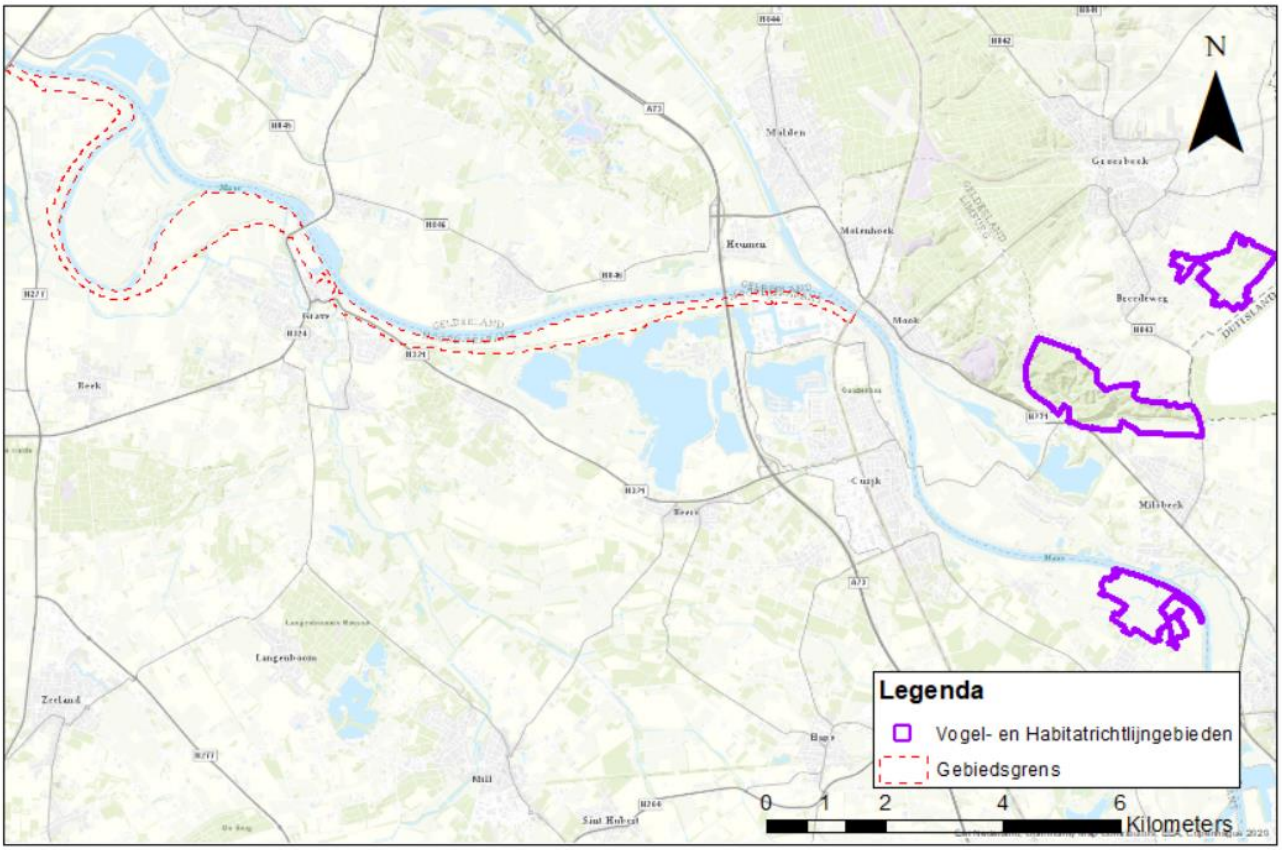
7.2.2 Effecten op Natura2000-gebieden en -soorten tijdens aanleg- en gebruiksfase

Wijze van beoordelen

Het plangebied maakt geen onderdeel uit van een Natura 2000-gebied. Het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied is de Sint Jansberg in Gelderland op 2,9 kilometer afstand ten oosten van het plangebied. Daarna volgt de Bruuk op 5,5 kilometer ten noordoosten van het plangebied en de in Noord-Brabant gelegen Oeffelter Meent op 6 kilometer afstand ten zuidoosten van het plangebied (Figuur 7-12).

De overheid heeft in de vorm van de effectenindicator 'Natura 2000 - ecologische randvoorwaarden en storende factoren' een instrument ontwikkeld waarmee mogelijk schadelijke effecten als gevolg van een voornemen kunnen worden verkend[42]. In de effectenindicator zijn de 19 meest voorkomende storende factoren beschreven. Een soort of habitattype is gevoelig voor een storende factor als 'in zijn algemeenheid' het vóórkomen van de storende factor leidt tot ne-

gatieve effecten op een soort of habitattype. Negatieve effecten kunnen de gunstige staat van instandhouding beïnvloeden. Beoordeeld is in eerste instantie welke storingsfactoren zich mogelijk voor kunnen doen in het kader van de voorgenomen ontwikkeling. Vervolgens is een inschatting van het effect gemaakt.



Figuur 7-12 Ligging plangebied (rood omlijnd) ten opzichte van de Natura 2000-gebieden (paars omlijnd; van noord naar zuid de Bruuk, de Sint Jansberg en de Oeffelter Meent[4]

Bij de beoordeling van de effecten op Natura2000-gebieden is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-7).

Tabel 7-7 Beoordelingsschaal effecten op Natura2000-gebieden

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke verbetering ten gunste van Natura2000-doelen
+ +	Sterke verbetering ten gunste van Natura2000-doelen
+	Verbetering ten gunste van Natura2000-doelen
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Negatieve effecten op Natura2000-doelen niet uit te sluiten
- -	Significante negatieve effecten op Natura2000-doelen
- - -	Dusdanig negatieve effecten op Natura2000-doelen dat project niet of alleen met ingrijpende maatregelen vergunbaar lijkt

Effectbeoordeling Natura2000-gebieden

Zonder Aerius-berekeningen valt het effect op Natura2000-gebieden nog niet volledig te beoordelen. Om in deze Verkenningsfase al een inschatting te kunnen maken, heeft een kwalitatieve beoordeling plaatsgevonden op basis van expert-judgement.

De beoordeling van de effecten op Natura2000-gebieden tijdens de aanlegfase is weergegeven in Tabel 7-8. De effectbeoordeling van de gebruiksfase (permanente effecten na aanleg) is weergegeven in Tabel 7-9.

Tabel 7-8 Beoordeling Natura2000-gebieden aanlegfase

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	-	-
Grave	0	0
NOR	0	0

Tabel 7-9 Beoordeling Natura2000-gebieden gebruiksfase

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	0
NOR	0	0

Beschrijving effecten op Natura2000-gebieden

Voor alle drie de deelgebieden en voor beide Kansrijke Alternatieven geldt dezelfde beoordeling, namelijk: geen relevante verandering ten opzichte van de referentiesituatie ("0"), met uitzondering van de stikstofemissie tijdens de aanlegfase in deelgebied Cuijk. Dit deelgebied bevindt zich het dichtst bij de nabij gelegen Natura2000-gebieden in de regio, waardoor het niet is uit te sluiten dat er een effect is als gevolg van stikstofemissie tijdens de aanlegfase ("-").

Aanlegfase

Vanwege de ligging van Natura2000-gebieden op grotere afstand zijn op voorhand storingsfactoren als oppervlaktevermindering en versnippering uitgesloten. Verstoring in de vorm van onder andere geluid, licht, trillingen en optische verstoring rijken doorgaans tot hooguit enkele honderden meters afstand van de verstoringsbron. Gezien de grotere afstand van de nabij gelegen Natura2000-gebieden zijn ook effecten van deze storingsfactoren uitgesloten.

De Oeffelter Meent bevindt zich stroomopwaarts ten opzichte van het plangebied en staat in verbinding met het riviersysteem van de Maas. Omdat de voorgenomen ontwikkeling zich richt op de dijkverbetering is er ook geen sprake van hydrologische effecten in het riviersysteem van de Maas. Effecten als verdroging, vernatting, wijziging overstromingsfrequentie en wijziging in stroomsnelheid zijn hierdoor evenmin aan de orde.

Alleen de effecten van vermesting en verzuring door stikstofemissie kunnen reiken tot op enkele kilometers ten opzichte van de uitstootlocatie. Dit betreft hiermee de enige relevante storingsfactor om nader op in te gaan in het kader van dit project. Dit is echter alleen mogelijk met een stikstofberekening in het programma Aerius, waartoe het nodig is om te weten welk materieel in welke hoeveelheid en periode worden ingezet. Dit is in de huidige fase van het project (de Verkenningsfase) nog niet mogelijk.

Op basis van de hoeveelheden grondverzet en in te zetten materieel wordt verwacht dat zowel KA1 als KA2 een stikstofdepositie kunnen veroorzaken op stikstofgevoelige habitattypen binnen N2000-gebieden. In KA2 is ongeveer vier keer zoveel grondverzet nodig dan in KA1. Omdat in de Oeffelter Meent al sprake is van overbelaste habitats (de kritische depositiewaarde wordt overschreden) hebben beide KA's een negatieve beoordeling gekregen. Of daadwerkelijk sprake is van **significant** negatieve effecten is afhankelijk van de huidige staat van de habitattype en leefgebieden en de instandhoudingsdoelstellingen. Hiervoor is een ecologische beoordeling noodzakelijk. Die beoordeling wordt in de planuitwerking uitgevoerd wanneer deposities zijn berekend.

Gebruiksfase

In principe blijft de gebruiksfase ongewijzigd. Het plangebied blijft functioneren als een dijk, met daarboven infrastructuur.

Alleen in het geval dat bepaalde meekoppelkansen worden verzilverd, wijzigt ook de gebruiksfase. Meekoppelkansen zijn niet meegenomen in deze beoordeling, maar zijn apart beoordeeld in paragraaf 7.11. Gezien het feit dat de meekoppelkansen voornamelijk gericht zijn op het aantrekkelijker maken van infrastructuur voor fietsverkeer en de beleefbaarheid van de omgeving, is de inschatting dat ook bij de meekoppelkansen geen sprake is van een verhoogde stikstofuitstoot tijdens de gebruiksfase.

7.2.3 Effecten op Natuurnetwerk Brabant

Wijze van beoordelen

Bij de beoordeling van de effecten op Natuurnetwerk Brabant (NNB)-gebieden is gelet op de tijdelijkheid van de effecten en het oppervlak waarop de effecten plaatsvinden. Bijvoorbeeld bij effecten van klei-inkassingen aan de buitenzijde van de dijk, is ervan uit gegaan dat het grondgebruik na de realisatie ongewijzigd blijft. Hierbij wordt de huidige toplaag opzij geschoven en na afronding weer op dezelfde manier teruggebracht. Dit betekent dat daar waar zich op dit moment natuurlijk grasland of ruigte bevindt, ervanuit gegaan is dat na de realisatie de gras- en ruigtevegetaties zich binnen 1 à 2 jaar weer terug ontwikkeld hebben. Daarom wordt het tijdelijk raken van NNB-oppervlak door de werkzaamheden tijdens de uitvoeringsfase als een neutraal effect beschouwd. Permanent verlies aan NNB-oppervlak leidt wel tot een negatieve effectbeoordeling.

De effecten op NNB-gebieden zijn beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie die is beschreven in paragraaf 2.4.3. Bij de beoordeling van de effecten op Natuurnetwerk Brabant-gebieden is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-10).

Tabel 7-10 Beoordelingsschaal effecten op Natuurnetwerk Brabant-gebieden

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke permanente verbetering oppervlakte NNB
+ +	Sterke permanente verbetering oppervlakte NNB
+	Beperkte permanente verbetering oppervlakte NNB
0	Geen relevante permanente verandering oppervlakte NNB t.o.v. de referentiesituatie
-	Beperkte permanente aantasting oppervlakte NNB
- -	Sterke permanente aantasting oppervlakte NNB
- - -	Zeer sterke permanente aantasting oppervlakte NNB

Beoordeling effecten op Natuurnetwerk Brabant

De effecten van de Kansrijke Alternatieven op het Natuurnetwerk Brabant zijn als volgt beoordeeld (Tabel 7-11).

Tabel 7-11 Beoordeling effecten Natuurnetwerk Brabant

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	- -	-
Grave	0	0
NOR	- -	- -

Beschrijving effecten op Natuurnetwerk Brabant op hoofdlijnen

Het Natuurnetwerk Brabant (NNB) heeft geen baat bij beide Kansrijke Alternatieven. Er is sprake van tijdelijke en permanente negatieve effecten op NNB-gebieden (Tabel 7-12).

Tabel 7-12 Geraakte oppervlakken NNB en permanent verlies aan NNB, per Kansrijk Alternatief, per deelgebied

		KA 1	KA 2
GERAAKT NNB-OPPERVLAK TIJDENS UITVOERING	Deelgebied Cuijk	1,373 ha	0,355 ha
	Deelgebied Grave	0,91 ha	0,94 ha
	Deelgebied NOR	9,298 ha	29,49 ha
PERMANENT VERLIES AAN NNB-OPPERVLAK	Deelgebied Cuijk	**0,635 ha**	**0,355 ha**
	Deelgebied Grave	**0 ha**	**0 ha**
	Deelgebied NOR	**0,798 ha**	**1 ha**

In het geval van KA 1 is er sprake van lokale, maar wel permanente negatieve effecten. Dit betreft het verwijderen van delen van bossen en bosschages als gevolg van stabiliteits- en pipingbermen aan binnendijkse zijde. Het geraakte oppervlak aan NNB-gebied is per deelgebied uitgewerkt onder het kopje “Nadere beschrijving effecten van KA 1 op Natuurnetwerk Brabant”.

In het geval van KA 2 is er vooral sprake van tijdelijke negatieve effecten. Dit komt door tijdelijke verstoringen als gevolg van het ingraven van klei-inkassingen in gebieden die zijn aangewezen als fauna- en kruidenrijk grasland. Bij KA 2 zijn er ook lokaal permanente negatieve effecten, zoals de aantasting van oppervlaktewater, moerasstukjes en delen van bossen. Het geraakte oppervlak aan NNB-gebied is per deelgebied uitgewerkt onder het kopje “Nadere beschrijving effecten van KA 2 op Natuurnetwerk Brabant”.

Tabel 7-11 laat alleen voor het deelgebied Cuijk een verschil in beoordeling zien. Dit verschil komt voort uit het feit dat in dit deelgebied sprake is van minder sterke aantasting van NNB-oppervlak in KA 2 dan in KA 1. De oppervlakken zijn verder uitgesplitst en toegelicht onder de kopjes “Nadere beschrijving effecten van KA 1” en “Nadere beschrijving effecten van KA 2”.

De beoordeling ‘zeer sterke verslechtering’ is niet aan de orde, omdat de oppervlaktevermindering nergens op zeer grote schaal plaatsvindt. Er is geen sprake van volledig verlies van oppervlakte aan natuurbeheertypes. Eén dennen-, eiken- en beukenbos in deelgebied NOR verdwijnt wel grotendeels.

Een uitzondering op de negatieve effecten, is de rivierkundige compensatie met eventueel natuurontwikkeling of ontwikkeling van KRW-doelen hoogte van Neerloon in KA 2 (meekoppelkans 4; voor de effectbeoordeling hiervan zie paragraaf 7.11).

Voor NNB-gebieden die grenzen aan het projectgebied geldt dat geen wezenlijke kenmerken en waarden worden aangetast. Tijdens de uitvoeringsfase kan er sprake zijn van tijdelijke verstoring op lokale schaal in de vorm van geluid. In de toekomstige situatie blijft het plangebied ongewijzigd, namelijk een dijk met daarbovenop infrastructuur. Van wijzigingen in oppervlak, versnippering, geluid en donkerte is daarom geen sprake.

Nadere beschrijving effecten van KA 1 op Natuurnetwerk Brabant

Hieronder is per deelgebied een beschrijving gegeven van de effecten van Kansrijk alternatief 1. Een deel van de effecten is van tijdelijke aard. Daar waar er geen sprake is van tijdelijke effecten, is er sprake van een permanent negatief effect in de vorm van oppervlaktevermindering.

De effecten op NNB-gebieden in deelgebied Cuijk zijn weergegeven in Tabel 7-13.
De effecten op NNB-gebieden in deelgebied Grave zijn weergegeven in Tabel 7-14.
De effecten op NNB-gebieden in deelgebied NOR zijn weergegeven in Tabel 7-15.

Tabel 7-13 Effecten van KA 1 op NNB-gebieden in deelgebied Cuijk

DEEL-TRAJECT	NATUURBEHEERTYPE	GERAAKTE OP-PERVLAK (HA)	VERWACHTE EFFECT
5, 6	L01.06 Struweelhaag	0,116 ha	Geen officiële NNB-status, verdwijnt als gevolg van stabiliteits- en pipingberm.
6, 7, 8	N16.03 Droog bos met productie	Aangrenzend aanwezig.	Geen effect als gevolg van KA 1.
11	N14.03 Haagbeuken- en essenbos	0,16 ha	Oppervlaktevermindering als gevolg van piping-berm.
12	N01.03 Rivier- en moeraslandschap	5,6 ha	Geen effect als gevolg van KA 1 (de NNB-status van dit oppervlak betreft een provinciale fout uit het verleden, die strijdig is met het vastgestelde provinciale beleid[18]).
12	N03.01 Beek en Bron	N.v.t.	Beheertype heeft betrekking op de Tochtsloot, die onder de dijk door stroomt. Uitgangspunt is dat deze behouden blijft, waarbij ook de passeerbaar-heid voor fauna geborgd blijft.
13	N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	0,275 ha	Tijdelijke verwijdering grasbekleding als gevolg van de dijkverbetering. Na uitvoering kan de vege-tatie weer opnieuw opkomen. Eventueel kan het oorspronkelijke maaisel uitgestrooid worden.
13	N16.03 Droog bos met productie	0,475 ha	Oppervlaktevermindering
14	N00.01 Nog om te vormen land-bouwgrond naar natuur (autonome ontwikkeling)	0,463 ha	Tijdelijk effect als gevolg van stabiliteitsberm. Kans om deze landbouwgrond na de dijkverbeter-ing om te vormen naar natuur.
TOTAAL OPPERVLAK NNB-STATUSGEBIED GERAAKT TIJDENS UITVOERING		1,373 ha	
PERMANENT VERLIES AAN OPPERVLAK NNB-STATUSGEBIED		0,635 ha	

Tabel 7-14 Effecten van KA 1 op NNB-gebieden in deelgebied Grave

DEEL-TRAJECT	NATUURBEHEERTYPE	GERAAKTE OPPERVLAK (HA)	VERWACHTE EFFECT
19	N02.01 Rivier	Aangren-zende ligging.	Geen.
24	N03.01 Beek en Bron	N.v.t.	Beheertype heeft betrekking op de Graafsche Raam, die kruist met de dijk. De situatie blijft ongewijzigd, waardoor er geen effect is (uiteraard mits de passeerbaarheid voor fauna geborgd blijft).
26	N12.01 Bloemdijk	0,91 ha	Ligging op de dijk. Tijdelijke aantasting van dit type tijdens en na de dijkverbetering, maar dit kan mid-dels mitigatie teniet worden gedaan op termijn.
TOTAAL OPPERVLAK NNB-STATUSGEBIED GERAAKT TIJDENS UITVOERING		0,91 ha	
PERMANENT VERLIES AAN OPPERVLAK NNB-STATUSGEBIED		Geen	

Tabel 7-15 Effecten van KA 1 op NNB-gebieden in deelgebied NOR

DEEL-TRAJECT	NATUURBEHEERTYPE	GERAAKTE OP-PERVLAK (HA)	VERWACHTE EFFECT
26 T/M 33	N12.01 Bloemdijk	5,6 ha	Ligging op de dijk. Tijdelijke aantasting van dit type tijdens en na de dijkverbetering, maar dit kan aan de hand van mitigatie teniet worden gedaan op termijn.
26, 27	N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	Aangrenzend aan noordzijde	Geen effect; buiten invloedssfeer.
27	L01.05 Knip en scheerheg	0,005 ha	Oppervlaktevermindering.
28	N14.03 Haagbeuken- en essenbos	0,29 ha	Oppervlaktevermindering.
29	N16.04 Vochtig bos met productie	0,286 ha	Oppervlaktevermindering.
29 T/M 35	N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland en N00.01 Nog om te vormen land-bouwgrond naar natuur (autonome ontwikkeling)	2,9 ha	Tijdelijke aantasting. Na uitvoering kan de vege-tatie weer opnieuw opkomen, eventueel uitstrooien oorspronkelijk maaisel. Kans om deze landbouwgrond pas na de dijkverbetering om te vormen naar natuur.
32	L01.02 Houtwal en houtsingel	Ontbreekt in de huidige situatie, betreft gras-berm van dijk.	Geen effect als gevolg van KA 1.
32	N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos	0,217 ha	Oppervlaktevermindering.
TOTAAL OPPERVLAK NNB-STATUSGEBIED GERAAKT TIJDENS UITVOERING		9,298 ha	
PERMANENT VERLIES AAN OPPERVLAK NNB-STATUSGEBIED		0,798 ha	

Nadere beschrijving effecten van KA 2 op Natuurnetwerk Brabant

Hieronder is per deelgebied een omschrijving gegeven van de effecten van Kansrijk alternatief 2. Een deel van de effecten is van tijdelijke aard. Daar waar er geen sprake is van tijdelijke effecten, is er sprake permanente effecten in de vorm van oppervlaktevermindering.

De effecten op NNB-gebieden in deelgebied Cuijk zijn weergegeven in Tabel 7-16.
De effecten op NNB-gebieden in deelgebied Grave zijn weergegeven in Tabel 7-17.
De effecten op NNB-gebieden in deelgebied NOR zijn weergegeven in Tabel 7-18.

Tabel 7-16 Effecten van KA 2 op NNB-gebieden in deelgebied Cuijk

DEEL-TRAJECT	NATUURBEHEERTYPE	GERAAKTE OP-PERVLAK (HA)	VERWACHTE EFFECT
5, 6	L01.06 Struweelhaag	0,08 ha	Met daarbij vermeld als status 'geen NNB'. Aangrenzende ligging, maar buiten invloedssfeer ontwikkeling.
6, 7, 8	N16.03 Droog bos met productie	Geen.	Aangrenzende ligging, maar buiten invloedssfeer ontwikkeling.
11	N14.03 Haagbeuken- en essenbos	Geen.	Aangrenzende ligging, maar buiten invloedssfeer ontwikkeling.
12	N01.03 Rivier- en moeraslandschap	4,44 ha	Geen effect als gevolg van KA 2 (de NNB-status van dit oppervlak betreft een provinciale fout uit het verleden, die strijdig is met het vastgestelde provinciale beleid[18]).
12	N03.01 Beek en Bron	N.v.t.	Beheertype heeft betrekking op de Tochtsloot, die onder de dijk door stroomt. Uitgangspunt is dat deze behouden blijft, waarbij ook de passeerbaarheid voor fauna geborgd blijft.
13	N16.03 Droog bos met productie	0,355 ha	Oppervlaktevermindering
14	N00.01 Nog om te vormen landbouwgrond naar natuur (inrichting)	0,425 ha	Kans om deze landbouwgrond na de dijkverbetering om te vormen naar natuur.
TOTAAL OPPERVLAK NNB-STATUSGEBIED GERAAKT TIJDENS UITVOERING		0,355 ha	
PERMANENT VERLIES AAN OPPERVLAK NNB-STATUSGEBIED		0,355 ha	

Tabel 7-17 Effecten van KA 2 op NNB-gebieden in deelgebied Grave

DEEL-TRA-JECT	NATUURBEHEERTYPE	GERAAKTE OP-PERVLAK (HA)	VERWACHTE EFFECT
19	N02.01 Rivier	Aangrenzende ligging.	Geen.
24	N03.01 Beek en Bron	N.v.t.	Beheertype heeft betrekking op Graafsche Raam, die kruist met de dijk. De situatie blijft ongewijzigd, waardoor er geen effect is. Uiteraard mits de passeerbaarheid voor fauna geborgd blijft.
26	N12.01 Bloemdijk	0,94 ha	Ligging op de dijk. Tijdelijke aantasting van dit type, maar dit kan aan de hand van mitigatie teniet worden gedaan op termijn.
TOTAAL OPPERVLAK NNB-STATUSGEBIED GERAAKT TIJDENS UITVOERING		0,94 ha	
PERMANENT VERLIES AAN OPPERVLAK NNB-STATUSGEBIED		Geen	

Tabel 7-18 Effecten van KA 2 op NNB-gebieden in deelgebied NOR

DEEL-TRAJECT	NATUURBEHEERTYPE	GERAAKTE OP-PERVLAK (HA)	VERWACHTE EFFECT
26 T/M 33	N12.01 Bloemdijk	6,1 ha	Ligging op de dijk. Tijdelijke aantasting van dit type tijdens en na de dijkverbetering, maar dit kan middels mitigatie teniet worden gedaan op termijn.
26, 27	N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	*	Tijdelijk effect klei-inkassing
26, 27	L01.01 Poel en kleine historische wateren/ N05.04 Dynamisch moeras	0,08 ha	Oppervlaktevermindering.
28	N14.03 Haagbeuken- en essenbos	0,29 ha	Oppervlaktevermindering.
29	N16.04 Vochtig bos met productie	0,27 ha	Oppervlaktevermindering.
29	N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	*	Tijdelijk effect klei-inkassing
29	L01.01 Poel en kleine historische wateren	0,02 ha	Oppervlaktevermindering
30	N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	*	Tijdelijk effect klei-inkassing
32	L01.02 Houtwal en houtsingel	Betreft de grasberm van de dijk.	Geen effect.
32	N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos	0,34 ha	Oppervlaktevermindering.
33	N12.05 Kruiden- en faunarijke akker	0,74 ha	Tijdelijk effect klei-inkassing
32, 33, 34	N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland en N00.01 Nog om te vormen landbouwgrond naar natuur (inrichting)	* 2 ha	Tijdelijk effect klei-inkassing. Kans om deze landbouwgrond na de dijkverbetering om te vormen naar natuur.
TOTAAL OPPERVLAK NNB-STATUSGEBIED GERAAKT TIJDENS UITVOERING		29,49 ha	
PERMANENT VERLIES AAN OPPERVLAK NNB-STATUSGEBIED		1 ha	

*totaal geraakte areaal kruiden- en faunarijk grasland omvat 19,65 ha. Oppervlak niet uitgesplist per deeltraject.

7.2.4 Effecten op overige beschermde flora en fauna

Wijze van beoordelen

De focus van de beoordeling van de effecten op overige beschermde flora en fauna (die niet binnen Natura2000 en het NNB vallen) ligt op de gebruiksfase (na de dijkverbetering) en de wijzigingen met permanente gevolgen die ontstaan in het landschap.

De soortenbescherming is onderverdeeld in drie verschillende beschermingsregimes met allen hun eigen verbodsartikelen:

- Vogelrichtlijnsoorten;
- Habitatrichtlijnsoorten;
- Nationaal beschermde soorten.

De effecten op overige beschermde flora en fauna zijn per beschermingsregime regime in beeld gebracht.

De effecten op overige beschermde flora en fauna zijn beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie die is beschreven in paragraaf 2.4.3. Bij de beoordeling van de effecten op overige beschermde flora en fauna is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-19).

Tabel 7-19 Beoordelingsschaal effecten op overige beschermde flora en fauna tijdens aanleg- en gebruiksfase

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke verbetering van habitat beschermde flora en fauna
+ +	Sterke verbetering van habitat beschermde flora en fauna
+	Beperkte verbetering van habitat beschermde flora en fauna
0	Geen relevante verandering van habitat voor beschermde flora en fauna
-	Beperkte aantasting van habitat beschermde flora en fauna
- -	Sterke aantasting van habitat beschermde flora en fauna
- - -	Zeer sterke aantasting van habitat beschermde flora en fauna

Bij effecten van klei-inkassingen aan de buitenzijde van de dijk, is ervan uit gegaan dat het grondgebruik na de realisatie ongewijzigd blijft. Hierbij wordt de huidige toplaag opzij geschoven en na afronding weer op dezelfde manier teruggebracht. Dit betekent dat daar waar zich op dit moment natuurlijk grasland of ruigte bevindt, ervanuit gegaan is dat na de realisatie de gras- en ruigtevegetaties zich binnen 1 à 2 jaar weer terug ontwikkeld hebben.

Effectbeoordeling

De effecten van de Kansrijke Alternatieven op overige beschermde flora en fauna zijn als volgt beoordeeld (Tabel 7-20).

Tabel 7-20 Beoordeling effecten overige beschermde flora en fauna

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	- -	-
Grave	0	0
NOR	- -	-

Beschrijving effecten op overige beschermde flora en fauna op hoofdlijnen

Hieronder is op hoofdlijnen beschreven welke effecten zijn te verwachten op overige beschermde flora en fauna (die niet binnen Natura2000 en het NNB vallen). De specifieke effecten per soort zijn beschreven onder de kopjes “Nadere beschrijving effecten van KA 1 op overige beschermde flora en fauna” en “Nadere beschrijving effecten van KA 2 op overige beschermde flora en fauna”.

Deelgebied Cuijk

Overige beschermde soorten in deelgebied Cuijk hebben over het algemeen geen baat bij de Kansrijke Alternatieven. Plaatselijk is er sprake van een negatief effect. Dit zijn de volgende:

- KA 1 en KA 2: Tijdens de aanlegfase kan sprake zijn van tijdelijke verstoring, dat verzacht of teniet gedaan kan worden door zorgvuldig te handelen.
- KA 1: De struwelenhaag parallel aan de Lommerstraat en de Hoge Voort verdwijnt. Dit heeft niet alleen effect op beschermde soorten, maar ook biodiversiteit in het algemeen.
- KA 1: In dijkvak 11 verdwijnt een deel van het aangrenzende bosje, dat het leefgebied vormt van beschermde soorten. Hier is onder meer een grote en actieve dassenburcht aanwezig.
- KA 1 en KA 2: Bij moestuinencomplex de Driessen verdwijnt een bosschage dat mogelijk onderdeel vormt van het leefgebied van (beschermde) soorten.

Deelgebied Grave

Overige beschermde soorten in deelgebied Grave hebben geen baat of hinder van de Kansrijke Alternatieven, althans niet in de gebruiksfase (na uitvoering van de dijkverbetering). Tijdens de aanlegfase kan sprake zijn van tijdelijke verstoring, die verzacht of teniet gedaan kan worden door zorgvuldig te handelen, zie ook onder “Leemten in kennis” (paragraaf 7.2.6).

Deelgebied NOR
Overige beschermde soorten in deelgebied NOR hebben over het algemeen geen baat bij de Kansrijke Alternatieven. Eén uitzonding hierop vormt het uitvoeren van riviercompensatie ter hoogte van Neerloon, met daarbij eventueel inrichting van natuur en KRW doelen.

Plaatselijk is er sprake van negatieve effecten. Dit zijn de volgende:

- KA 1 en KA 2: Tijdens de aanlegfase kan sprake zijn van tijdelijke verstoring, dat verzacht of teniet gedaan kan worden door zorgvuldig te handelen.
- KA 1: Aantasting bosgebied langs de Mars en Wijthdijk.
- KA 1: Aantasting leefgebied steenuil binnendijks ter hoogte van Overlangel.
- KA 1 en KA 2: lokale aantasting bosschages.
- KA 2: Tijdens de aanlegfase (van klei-inkassingen ter hoogte van deeltrajecten 27, 28 en 29) lokale aantasting van ruigtes, natuurlijke graslanden en potentiële oppervlaktewateren die interessant zijn voor amfibieën en grote modderkruiper.

Voor KA 1 is de beoordeling negatief omdat schade aan natuurwaarden blijvend is en er niets voor terugkomt. Bij KA 2 verdwijnen natuurwaarden in de vorm van een kleine dassenburcht en buitendijks natuurlijk grasland, ruigte en oppervlaktewater. De eventuele natuurontwikkeling ten behoeve van de riviercompensatie ter hoogte van Neerloon compenseert dit niet. In hoeverre de oppervlaktewateren geschikt zijn voor amfibieën en grote modderkruiper is nog onzeker.

In het geval dat bij Kansrijk Alternatief 2 op meerdere locaties gebruik wordt gemaakt van Meekoppelkans 4 'Nieuwe buitendijkse natuur en KRW', dan is er vanzelfsprekend een voordeel te behalen voor beschermde soorten. Maar dit is in onderhavige beoordeling niet meegewogen. Voor de beoordeling van meekoppelkansen, zie paragraaf 7.11.

Nadere beschrijving effecten van KA 1 op overige beschermde flora en fauna

In Tabel 7-21, Tabel 7-22, en Tabel 7-23 is per deelgebied en per beschermingsregime (vogelrichtlijnsoorten, habitatrichtlijnsoorten en nationaal beschermde soorten) een beschrijving gegeven van de effecten van Kansrijk alternatief 1.

Tabel 7-21 Effecten van KA 1 op beschermingsregimes in deelgebied Cuijk

BESCHERMINGSREGIME	SOORT	BEOORDELING EFFECT
VOGELRICHTLIJN	Jaarrond beschermde broedvogels	• Broedlocaties in de vorm van bomen, gebouwen en kunstwerken blijven behouden, waardoor geen effecten tijdens de gebruiksfase zijn te verwachten. • Mogelijk negatief effect op leefgebied steenuil (indien aanwezig, deeltraject 13) bij moestuinencomplex de Driessen door habitatverlies. In het geval van een negatief effect is een ontheffing nodig in het kader van de Wet natuurbescherming.
HABITATRICHTLIJN	Vleermuizen	• Rekening houden met het potentiële vóórkomen van vleermuizen in bunkers/ kazematten tijdens aanlegfase (deeltraject 1). Bij het ongeschikt maken is aanvullend onderzoek en afhankelijk van de conclusies een ontheffing nodig in het kader van de Wet natuurbescherming. • Verdwijnen potentieel leefgebied bij de te kappen bomen bij Moestuinencomplex de Driessen (deeltraject 13). Nadere beoordeling noodzaak aanvraag ontheffing in het kader van de Wet natuurbescherming. • Verdwijnen van een potentiële vliegroute in de vorm van een struwelenhaag parallel aan de Lommerstraat / Hoge Voort (deeltraject 5). Nadere beoordeling noodzaak aanvraag ontheffing in het kader van de Wet natuurbescherming.
	Bever en amfibieën	• Mogelijk minimale aantasting van bosgebied/leefgebied bever en amfibieën ten westen van Lommerstraat 6. Dit is vermoedelijk verwaarloosbaar.

BESCHERMINGSREGIME	SOORT	BEOORDELING EFFECT
NATIONAAL BESCHERMDE SOORTEN	Das	• Rekening houden met voorkomen dassenburchten en passeerbaarheid dijk voor de das (deeltrajecten 4 t/m 11). • Ontheffing is zeker nodig bij de deeltrajecten 5 en mogelijk ook 11 in verband met het verdwijnen van burchtlocaties. Mogelijk kan bij andere burchtlocaties sprake zijn van dusdanige verstoring dat deze worden verlaten.
	Amfibieën	• Mogelijk minimale aantasting van bos-/leefgebied ten westen van Lommerstraat 6. Dit is vermoedelijk verwaarloosbaar.
	Planten, sleedoornpage, eekhoorn en kleine marters	• Mogelijk een negatief effect op deze soortgroepen, indien deze aanwezig zijn. Omdat er nog geen veldinventarisatie is uitgevoerd, betreft dit een kennisleemte.

Tabel 7-22 Effecten van KA 1 op beschermingsregimes in deelgebied Grave

BESCHERMINGSREGIME	SOORT	BEOORDELING EFFECT
VOGELRICHTLIJN	Jaarrond beschermde broedvogels	• Broedlocaties in de vorm van bomen, gebouwen en kunstwerken blijven behouden, waardoor geen effecten tijdens de gebruiksfase zijn te verwachten.
HABITATRICHTLIJN	Vleermuizen	• Rekening houden met het potentiële vóórkomen van vleermuizen in bunkers/ kazematten tijdens aanlegfase (deeltraject 24, 25). Bij het ongeschikt maken is aanvullend onderzoek en afhankelijk van de conclusies een ontheffing nodig in het kader van de Wet natuurbescherming.
NATIONAAL BESCHERMDE SOORTEN	Planten en kleine marters	• Mogelijk een negatief effect op deze soortgroepen, indien deze aanwezig zijn. Omdat er nog geen veldinventarisatie is uitgevoerd, betreft dit een kennisleemte.

Tabel 7-23 Effecten van KA 1 op beschermingsregimes in deelgebied NOR

BESCHERMINGSREGIME	SOORT	BEOORDELING EFFECT
VOGELRICHTLIJN	Jaarrond beschermde broedvogels	• Broedlocaties in de vorm van bomen, gebouwen en kunstwerken blijven behouden, waardoor geen effecten tijdens de gebruiksfase zijn te verwachten. • Een uitzondering hierop vormt een bosschage in deeltraject 32. Hierin bevindt zich mogelijk een nest van een sperwer of andere roofvogel. Nader onderzoek is nodig om vast te stellen of een ontheffing nodig is. • In deeltraject 28 wordt het aanwezige bos mogelijk aangetast. Aanvullend onderzoek is nodig naar de effecten op vogelsoorten met een jaarrond beschermd nest. • Nabij de deeltrajecten 33, 34, 35 en 37 zorgt de binnendijkse versterking mogelijk voor een afname van het geschikte leefgebied voor de steenuil. Aanvullend onderzoek en een ontheffing in het kader van de Wet natuurbescherming is noodzakelijk.
HABITATRICHTLIJN	Vleermuizen	• Rekening houden met het mogelijk vóórkomen van vleermuizen in de aanwezige bomenrij op de dijk bij Neerloon (deeltraject 36).
	Bever en amfibieën	• Mogelijke aantasting van een klein deel van het bosgebied langs de Mars en Wijthdijk, deeltraject 28. Indien dit zo is, kan een ontheffing nodig zijn.

BESCHERMINGSREGIME	SOORT	BEOORDELING EFFECT
NATIONAAL BESCHERMDE SOORTEN	Das	• Rekening houden met vóórkomen dassenburchten en passeerbaarheid dijk voor de das (deeltrajecten 27 en 33). • Ontheffing is zeker nodig bij het deeltraject 27 in verband met het verdwijnen van burchtlocaties. • Mogelijk kan bij andere burchtlocaties bij Overlangel sprake zijn van dusdanige verstoring dat deze worden verlaten.
	Planten en kleine marters	• Mogelijk een negatief effect op deze soortgroepen, indien deze aanwezig zijn. Omdat er nog geen veldinventarisatie is uitgevoerd, betreft dit een kennisleemte.

Nadere beschrijving effecten van KA 2 op overige beschermde flora en fauna

In Tabel 7-24, Tabel 7-25, en Tabel 7-26 is per deelgebied en per beschermingsregime (vogelrichtlijnsoorten, habitatrichtlijnsoorten en nationaal beschermde soorten) een beschrijving gegeven van de effecten van Kansrijk alternatief 2.

Tabel 7-24 Effecten van KA 2 op beschermingsregimes in deelgebied Cuijk

BESCHERMINGSREGIME	SOORT	BEOORDELING EFFECT
VOGELRICHTLIJN	Jaarrond beschermde broedvogels	• Broedlocaties in de vorm van bomen, gebouwen en kunstwerken blijven behouden, waardoor geen effecten tijdens de gebruiksfase zijn te verwachten. • Mogelijk negatief effect op leefgebied steenuil (indien aanwezig, deeltraject 13) bij moestuinencomplex de Driessen door habitatverlies. In het geval van een negatief effect is een ontheffing nodig in het kader van de Wet natuurbescherming.
HABITATRICHTLIJN	Vleermuizen	• Rekening houden met het potentiële vóórkomen van vleermuizen in bunkers/ kazematten tijdens aanlegfase (deeltraject 1). Bij het ongeschikt maken is aanvullend onderzoek en afhankelijk van de conclusies een ontheffing nodig in het kader van de Wet natuurbescherming. • Verdwijnen potentieel leefgebied bij de te kappen bomen bij Moestuinencomplex de Driessen (deeltraject 13). Nadere beoordeling noodzaak aanvraag ontheffing in het kader van de Wet natuurbescherming.
NATIONAAL BESCHERMDE SOORTEN	Das	• Rekening houden met voorkomen dassenburchten en passeerbaarheid dijk voor de das (deeltrajecten 4 t/m 11). • Ontheffing is waarschijnlijk nodig bij de deeltrajecten 4, 5 en 11 in verband met dusdanige verstoring dat de burchtlocaties mogelijk worden verlaten.
	Planten, eekhoorn en kleine marters	• Mogelijk een negatief effect op deze soortgroepen, indien deze aanwezig zijn. Omdat er nog geen veldinventarisatie is uitgevoerd, betreft dit een kennisleemte.

Tabel 7-25 Effecten van KA 2 op beschermingsregimes in deelgebied Grave

BESCHERMINGSREGIME	SOORT	BEOORDELING EFFECT
VOGELRICHTLIJN	Jaarrond beschermde broedvogels	• Broedlocaties in de vorm van bomen, gebouwen en kunstwerken blijven behouden, waardoor geen effecten tijdens de gebruiksfase zijn te verwachten.
HABITATRICHTLIJN	Vleermuizen	• Rekening houden met het potentiële vóórkomen van vleermuizen in bunkers/ kazematten tijdens aanlegfase (deeltraject 24, 25). Bij het ongeschikt maken is aanvullend onderzoek en afhankelijk van de conclusies een ontheffing nodig in het kader van de Wet natuurbescherming.
NATIONAAL BESCHERMDE SOORTEN	Planten en kleine marters	• Mogelijk een negatief effect op deze soortgroepen, indien deze aanwezig zijn. Omdat er nog geen veldinventarisatie is uitgevoerd, betreft dit een kennisleemte.

Tabel 7-26 Effecten van KA 2 op beschermingsregimes in deelgebied NOR

BESCHERMINGSREGIME	SOORT	BEOORDELING EFFECT
VOGELRICHTLIJN	Jaarrond beschermde broedvogels	• Broedlocaties in de vorm van bomen, gebouwen en kunstwerken blijven behouden, waardoor geen effecten tijdens de gebruiksfase zijn te verwachten. • Een uitzondering hierop vormt een bosschage in deeltraject 32. Hierin bevindt zich mogelijk een nest van een sperwer of andere roofvogel. Nader onderzoek is nodig om vast te stellen of een ontheffing nodig is. • Nabij de deeltrajecten 33, 34, 35 en 37 zorgt de verticale pipingconstructie mogelijk voor verstoring van de steenuil. Werken met een goedgekeurde gedragscode of een ontheffing in het kader van de Wet natuurbescherming kan nodig zijn.
HABITATRICHTLIJN	Vleermuizen	• Rekening houden met het mogelijk vóórkomen van vleermuizen in de aanwezige bomenrij op de dijk bij Neerloon (deeltraject 36).
HABITATRICHTLIJN/ NATIONAAL BESCHERMDE SOORTEN	Amfibieën en grote modderkruiper	• Ter hoogte van de deeltrajecten 27, 28 en 29 bevinden zich zowel binnen- als buitendijks geschikte oppervlaktewateren voor amfibieën. Aanvullend onderzoek naar het vóórkomen van amfibieën is nodig en mogelijk ook een ontheffing in het kader van de Wet natuurbescherming. • De grote modderkruiper is in de afgelopen 10 jaar niet in dit stuwpand van de Maas waargenomen, waardoor er niet voldoende aanleiding is voor aanvullend onderzoek naar de grote modderkruiper.
NATIONAAL BESCHERMDE SOORTEN	Das	• Rekening houden met vóórkomen dassenburchten en passeerbaarheid dijk voor de das (deeltrajecten 27 en 33). • Ontheffing is zeker nodig bij het deeltraject 27 in verband met het verdwijnen van burchtlocaties. • Mogelijk kan bij andere burchtlocaties bij Overlangel sprake zijn van dusdanige verstoring dat deze worden verlaten.
	Planten, sleedoornpage en kleine marters	• Mogelijk een negatief effect op deze soortgroepen, indien deze aanwezig zijn. Omdat er nog geen veldinventarisatie is uitgevoerd, betreft dit een kennisleemte.

7.2.5 Bijdrage aan natuurontwikkeling

Wijze van beoordelen

Aangezien een eventuele bijdrage aan natuurontwikkeling van de Kansrijke Alternatieven per definitie een positief effect is voor de ecologie, is bij de beoordeling van dit criterium de onderstaande vierpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-27).

Tabel 7-27 Beoordelingsschaal bijdrage aan natuurontwikkeling

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke bijdrage aan natuurontwikkeling
+ +	Sterke bijdrage aan natuurontwikkeling
+	Beperkte bijdrage aan natuurontwikkeling
0	Geen relevante bijdrage aan natuurontwikkeling

Effectbeoordeling

De bijdrage van de Kansrijke Alternatieven aan natuurontwikkeling zijn als volgt beoordeeld (Tabel 7-28). De beoordelingsscores worden hieronder toegelicht.

Tabel 7-28 Beoordeling bijdrage aan natuurontwikkeling

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	0
NOR	0	0

Beschrijving bijdrage aan natuurontwikkeling

Wanneer alleen wordt gekeken naar de dijkverbetering zelf, zijn in de ontwerpen van de Kansrijke Alternatieven geen maatregelen opgenomen die bijdragen aan natuurontwikkeling. Daarom scoren beide Kansrijke Alternatieven voor alle deelgebieden een “0”.

Dit betekent niet dat het gehele project geen mogelijkheden voor natuurontwikkeling met zich meebrengt. Mogelijke positieve bijdragen aan natuurontwikkeling zijn er weldegelijk, maar deze zijn ondergebracht in de meekoppelkansen. Voor de effectbeoordeling van de meekoppelkansen verwijzen we naar paragraaf 7.11.

7.2.6 Conclusie effecten natuur/biodiversiteit

Ten aanzien van de Natura2000-gebieden zijn de effecten grotendeels neutraal beoordeeld. Het is mogelijk dat tijdens de uitvoering in het deelgebied Cuijk dermate veel stikstofuitstoot plaats zal vinden tijdens de realisatiefase, dat dit effecten heeft op de meest nabijgelegen Natura2000-gebieden. Dit moet echter nader worden onderzocht aan de hand van een Aerius-berekening. Deze berekening kan pas worden uitgevoerd op het moment dat de wijze van uitvoering en inzet van materieel bekend zijn (in de Planuitwerking). Omdat effecten van werkzaamheden in deelgebied Cuijk op nabijgelegen Natura2000-gebieden niet zijn uit te sluiten, zijn de effecten van beide Kansrijke Alternatieven als negatief (“-”) beoordeeld. De effecten op Natura2000-gebieden zijn voor de overige deelgebieden als neutraal (“0”) beoordeeld.

Ten aanzien van het Natuurnetwerk Brabant (NNB) ontstaan in de deelgebieden Cuijk en NOR negatieve effecten bij beide Kansrijke Alternatieven. Bij beide Kansrijke Alternatieven wordt in totaal circa 1,4 ha NNB permanent aangetast door de dijkverbetering. Daarnaast wordt bij KA 2 met name in deelgebied NOR NNB-areaal tijdelijk aangetast als gevolg van het aanbrengen van klei-inkassingen aan de buitendijkse zijde. De effecten van de Kansrijke Alternatieven op het NNB-areaal in de deelgebieden Cuijk en NOR zijn als sterk negatief (“- -”) beoordeeld. Een uitzondering hierop is het effect van KA 2 op deelgebied Cuijk. Dat effect is als negatief (“-”) beoordeeld, doordat de oppervlaktevermindering van NNB-areaal in deelgebied Cuijk bij KA 2 relatief beperkt is, vanwege de kleiner uitgevoerde piping- en stabiliteitsbermen. Er zijn geen permanente effecten op NNB-gebieden in deelgebied Grave. De effecten van beide Kansrijke Alternatieven op dit deelgebied zijn daarom als neutraal (“0”) beoordeeld.

Ten aanzien van de overige beschermde soorten zijn bij beide Kansrijke Alternatieven negatieve effecten te verwachten voor de das, steenuil, muurflora en mogelijk ook amfibieën. Om dit nader in beeld te brengen is nader onderzoek nodig (zie paragraaf 7.2.8). Op hoofdlijnen zijn de effecten van KA 1 op overige soorten als sterk negatief ("- -") beoordeeld, terwijl de effecten van KA 2 als negatief ("-") zijn beoordeeld. Dit komt ook bij dit criterium doordat in KA 1 grotere oppervlakken aan piping- en stabiliteitsbermen zijn opgenomen dan in KA 2. De effecten op overige soorten in deelgebied Grave zijn neutraal ("0") beoordeeld.

Op het criterium "bijdrage aan natuurontwikkeling" scoren beide Kansrijke Alternatieven neutraal ("0"). Wanneer alleen wordt gekeken naar de dijkverbetering zelf, zijn in de ontwerpen van de Kansrijke Alternatieven geen maatregelen opgenomen die bijdragen aan natuurontwikkeling. Dit betekent niet dat het gehele project geen mogelijkheden voor natuurontwikkeling met zich meebrengt. Mogelijke positieve bijdragen aan natuurontwikkeling zijn er weldegelijk, maar deze zijn ondergebracht in de meekoppelkansen. Voor de effectbeoordeling van de meekoppelkansen verwijzen we naar paragraaf 7.11.

Tabel 7-29 bevat een resumé van alle beoordelingen binnen het thema natuur/biodiversiteit. Tabel 7-30 bevat een synthese van alle effectbeoordelingen op ecologie, per deelgebied. Uit Tabel 7-30 blijkt dat KA 1 sterkere negatieve effecten op de ecologie heeft dan KA 2 in de deelgebieden Cuijk en NOR. De voornaamste reden hiervoor is dat het verlies aan habitats bij KA 1 groter is dan bij KA 2, vanwege de grotere oppervlakken aan piping- en stabiliteitsbermen. Daarnaast zijn de effecten van het aanbrengen van de klei-inkassingen uit KA 2 tijdelijk, terwijl verlies aan habitats als gevolg van piping- en stabiliteitsbermen vaker permanent is. De effecten van beide Kansrijke Alternatieven op de natuur/biodiversiteit in Grave zijn neutraal beoordeeld.

Tabel 7-29 Effectbeoordeling natuur/biodiversiteit, per criterium, per deelgebied

	Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Effecten op Natura2000-gebieden	**Cuijk**	-	-
	Grave	0	0
	NOR	0	0
Effecten op Natuurnetwerk Brabant	**Cuijk**	- -	-
	Grave	0	0
	NOR	- -	- -
Effecten op overige beschermde soorten	**Cuijk**	- -	-
	Grave	0	0
	NOR	- -	-
Bijdrage aan natuurontwikkeling	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	0
	NOR	0	0

Tabel 7-30 Effectbeoordeling natuur/biodiversiteit, per deelgebied

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	- -	-
Grave	0	0
NOR	- -	-

7.2.7 Mitigatie en compensatie voor natuur/biodiversiteit

Natura2000

Voor Natura2000-gebieden is er sprake van een mogelijk negatief effect tijdens de aanlegfase als gevolg van stikstofdepositie. Hier wordt in de planuitwerking nader onderzoek naar uitgevoerd. Het is denkbaar dat voor de betreffende gebieden mitigerende of compenserende maatregelen noodzakelijk zijn.

Natuurnetwerk Brabant

Ontwikkelingen binnen een NNB-gebied zijn alleen mogelijk met een nadere toetsing: de 'nee-tenzij' toets. Dit houdt in dat ingrepen in NNB-gebied niet worden toegestaan, tenzij er sprake is van een zwaarwegend maatschappelijk belang en indien er geen alternatieven zijn. Bij een 'nee-tenzij' toets worden de effecten op de wezenlijke kenmerken en waarden van NNB-gebied getoetst en voorgelegd aan het bevoegd gezag. Indien bij een ingreep schade wordt aangericht aan een NNB-gebied, dan dient dit gemitigeerd of gecompenseerd te worden. Bij beide Kansrijke Alternatieven dient in ieder geval gecompenseerd te worden voor de circa 1,4 hectare aan NNB-oppervlakken die permanent verloren gaan.

In de gebieden waar negatieve effecten verwacht worden, zijn mogelijkheden om de effecten te compenseren door het verzilveren van meekoppelkansen (zoals Mkk 4 "Nieuwe buitendijkse natuur en KRW"; de effecten van meekoppelkansen zijn beoordeeld in paragraaf 7.11). Voor zover graslanden worden aangetast door de dijkverbetering, zouden deze gecompenseerd kunnen worden in de uiterwaarden. Bij grasvegetaties kan de ontwikkeling vrij snel gaan na verwijdering van de vegetatie. Dit kan gestimuleerd worden door inzaaien van geschikte zaadmengsels of door het maaisel van de oorspronkelijke vegetatie op te potten en na uitvoering weer te verspreiden. Tevens vindt verspreiding van zaden plaats vanuit de overgebleven grasvegetaties direct aangrenzend aan het traject.

Aantasting van bosgebieden is lastiger te compenseren, aangezien het veel langer duurt voordat deze weer ontwikkeld zijn tot het niveau van de referentiesituatie. Daarnaast dient eerst een geschikte locatie te worden gevonden voor compensatie. Eventueel kan de ontwikkeling worden versneld door aanplant van bomen en struiken van een grote plantmaat.

Concrete maatregelen om effecten op het Natuurnetwerk Brabant te mitigeren ("minder erg te maken"), worden uitgewerkt in de planuitwerkingsfase. Het detailniveau van de huidige verkenningsfase is globaal.

Overige beschermde soorten

Vanuit de soortbescherming gelden de onderstaande mitigerende maatregelen.

- Er dient te worden voldaan aan de **zorgplicht** voor alle soorten:
  - dieren de gelegenheid geven te kunnen vluchten;
  - bij het aantreffen eventueel ervoor kiezen zich traag voortbewegende soorten te verplaatsen tot buiten de invloedssfeer.
- Er dient rekening te worden gehouden met het **broedseizoen** van vogels
  - in gebruik zijnde nesten mogen niet worden beschadigd of dermate worden verstoord dat vogels hun nest verlaten;
  - werkzaamheden in het broedseizoen (globaal maart t/m augustus) kunnen wel worden uitgevoerd, maar onder begeleiding van een ecoloog.
- Voor sommige soorten is het nodig om een **ontheffing** aan te vragen. Hierin worden specifieke mitigerende maatregelen opgenomen:
  - behouden van verblijfplaatsen of deze ongeschikt maken en opnieuw aanbieden;
  - geschikte oppervlaktewateren ongeschikt maken in minst kwetsbare periode en aanwezige dieren verplaatsen. Daarnaast dient nieuw geschikt leefgebied te worden aangeboden.

7.2.8 Leemten in kennis over natuur/biodiversiteit en aanbevelingen voor de Planuitwerkingsfase

Ten aanzien van Natura2000-gebieden betreft de enige kennisleemte een berekening van de uitstoot van stikstof voor beide Kansrijke Alternatieven. Alleen op deze wijze kan een gedegen beoordeling worden gemaakt voor de stikstofemissie in de nabijgelegen Natura2000-gebieden. Eventuele aanpassingen in wet- en regelgeving worden dan ook meegenomen. De huidige beoordeling is gedaan op basis van expert judgement.

Ten aanzien van het Natuurnetwerk Brabant zijn er geen kennisleemten. Tijdens de Planuitwerkingsfase dient een compensatieplan voor NNB-areaal uitgewerkt te worden.

Ten aanzien van overige beschermde soorten zijn er voor beide Kansrijke Alternatieven meerdere kennisleemten. Er is een kennisleemte omtrent de te verwijderen bomen (in ieder geval aan de Maaskade te Grave, maar mogelijk ook in de andere deelgebieden). Het verwijderen van deze bomen kan een negatieve invloed hebben, in die zin dat potentiële vliegroutes kunnen verdwijnen. Dit dient nader onderzocht te worden.

Om de referentiesituatie compleet in beeld te krijgen is het nodig om voor een aantal soortgroepen nog nader onderzoek uit te voeren, om het vóórkomen aan te tonen, of de aanwezigheid uit te sluiten. Een ontheffing in het kader van de Wet natuurbescherming kan mogelijk nodig zijn voor de soortgroepen planten, sleedoornpage, eekhoorn en kleine marters, indien deze soorten aanwezig zijn in het plangebied. Omdat er nog geen nader onderzoek is uitgevoerd, betreft dit een kennisleemte. In Tabel 7-31 is benoemd voor welke soorten vervolgonderzoek nodig is.

Tabel 7-31 Benodigd vervolgonderzoek

DEELGEBIED	KA	BENODIGD VERVOLGONDERZOEK
ALLE DEELGEBIEDEN	1 en 2	Onderzoek aanwezigheid **planten** en **kleine marters**. Voor beide soortgroepen is aanvullend onderzoek nodig om de aanwezige soorten nader te kunnen specificeren.
ALLE DEELGEBIEDEN	1 en 2	Onderzoek aanwezigheid van vliegroutes en beschermde soorten bij te verwijderen **bomen**
CUIJK	1	Nader onderzoek leefgebied **sleedoornpage**
CUIJK	1 en 2	In het geval van aantasting van de bunkers/kazematten zouden **vleermuizen** hiervan een negatief effect kunnen ondervinden in het geval dat deze in de huidige situatie worden gebruikt door de dieren.
GRAVE	1 en 2	Aantasting van **muurflora** op de kade in Grave. In beide gevallen zou er in dat geval een negatief effect zijn op natuurwaarden.
GRAVE	2	In het geval van aantasting van de bunkers/kazematten zouden **vleermuizen** hiervan een negatief effect kunnen ondervinden in het geval dat deze in de huidige situatie worden gebruikt door de dieren.
NOR	2	In hoeverre de oppervlaktewateren geschikt zijn voor **amfibieën** is nog onzeker. Het leefgebied van deze soorten wordt mogelijk aangetast. Voor deze soortgroep is aanvullend onderzoek nodig om de aanwezige soorten nader te kunnen specificeren.
NOR	1 en 2	Onderzoek naar het vóórkomen van **jaarrond beschermde nesten van vogels** in het bosschage van deeltraject 32.
NOR	2	Nader onderzoek leefgebied **sleedoornpage**
NOR & CUIJK	1	Nader onderzoek vóórkomen en terreingebruik **steenuil**.

7.3 Effectbeoordeling vrijetijdseconomie (recreatie)

De Kansrijke Alternatieven zijn in deze paragraaf beoordeeld op toegevoegde waarde voor, en eventuele aantasting van bestaande recreatieve en toeristische waarden, middels een kwalitatief deskundigenoordeel. Het gaat om de verwachte effecten die de Kansrijke Alternatieven hebben op wandel- en fietsroutes, verblijfsplekken, en de toeristische aantrekkingskracht van de vestingstad Grave en de Kraaijenbergse Plassen (inclusief de Maasheggen). De ontwikkelingen zijn beoordeeld ten opzichte van de in paragraaf 2.4.4 beschreven referentiesituatie.

7.3.1 Criteria

Beide Kansrijke Alternatieven zijn beoordeeld op de aspecten:

- effecten op recreatieve functies;
- en effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied.

7.3.2 Effecten op recreatieve functies

Wijze van beoordelen

De effecten van de Kansrijke Alternatieven op recreatieve functies zijn kwalitatief beoordeeld door per deelgebied te beschouwen in hoeverre bestaande recreatieve functies worden geraakt door de versterkingsmaatregelen. De recreatieve functies die zijn beschouwd, zijn: wandelroutes, fietsroutes, waterrecreatie, horeca en volkstuinen. Er zijn binnen het projectgebied geen recreatieve verblijfsfuncties aanwezig (zoals recreatieparken). Bij de beoordeling van de effecten op de leefomgeving is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-32).

Tabel 7-32 Beoordelingsschaal effecten op recreatieve functies

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+ +	Sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+	Beperkte verbetering t.o.v. de referentiesituatie
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Beperkte verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie

Effectbeoordeling

De Kansrijke Alternatieven zijn op het aspect “effecten op recreatieve functies” als volgt beoordeeld (Tabel 7-33).

Tabel 7-33 Beoordeling recreatieve functies

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	+ +
NOR	0	0

Effectbeschrijving

Deelgebied Cuijk

In deelgebied Cuijk bevinden zich de Kraaijenbergse Plassen als belangrijkste recreatiegebied. Daarnaast is voor een deel fietsen en/of wandelen over of langs de dijk goed mogelijk, maar worden fietsers deels van de dijk af geleid. Een doorgaande fietsroute langs de dijk is een belangrijke wens uit de omgeving en wordt door het waterschap samen met de gebiedspartners uitgewerkt. Echter, in de Verkenningsfase wordt hier nog geen besluit over genomen.

De dijkverbetering heeft geen gevolgen voor de toegang tot of beleefbaarheid van de waterrecreatie op de Kraaijenbergse Plassen. Een besluit over verandering van de toegang vanaf de Maas wordt pas na de Verkenningsfase genomen en maakt daarom geen deel uit van deze effectbeoordeling. Bovendien worden eventuele aanpassingen aan de watertoegang tot de Kraaijenbergse Plassen gezien als een apart project (meekoppelkans), waarvan de effecten in deze beoordeling niet zijn meegenomen (zie voor de effectbeoordeling van meekoppelkansen paragraaf 7.11). Er is wat betreft effecten op de waterrecreatie geen onderscheid tussen beide Kansrijke Alternatieven.

In dijkvak 13 ligt een volkstuinencomplex: Tuinen De Driessen. De grondbermen in KA 1 liggen voor een klein deel op dit complex. In KA 2 wordt alleen een binnendijkse stabiliteitsberm aangelegd. Deze is korter en heeft een iets kleinere impact. In beide gevallen zal het complex deels opnieuw moeten worden ingericht en dient onderzocht te worden hoe medegebruik na realisatie mogelijk kan worden gemaakt. Gezien de relatief kleine impact (in oppervlakte ten opzichte van de referentiesituatie) is er sprake van een neutraal effect op de recreatieve functie van het volkstuinencomplex als geheel.

In deelgebied Cuijk zijn overigens geen horecalocaties aanwezig die geraakt worden door de maatregelen.

Samengevat, onderscheiden de Kansrijke Alternatieven zich in het deelgebied Cuijk niet ten opzichte van de referentiesituatie, als het gaat om mogelijkheden voor wandelen, fietsen, waterrecreatie, horeca en overige vormen van vrijetijdseconomie. Beide Kansrijke Alternatieven zijn daarom neutraal (“0”) beoordeeld voor dit deelgebied.

Deelgebied Grave
Grave heeft een belangrijke recreatieve aantrekkingskracht. De dijk en de verbinding met de Maas zijn hier een belangrijk onderdeel van. De twee Kansrijke Alternatieven hebben ieder een ander accent op de recreatieve functies in en rondom Grave.



Figuur 7-13 Grave als belangrijk recreatief aantrekkingspunt (Bron: Brabants Dagblad 10-09-2021)

Langs de **Jan van Cuykdijk** is in de referentiesituatie (inclusief de autonome ontwikkeling dat de N321 zal worden aangepakt[7]) sprake van een éénrichtingsfietspad aan beide zijden van de dijk. In KA 1 wordt deze situatie gehandhaafd, waarbij het binnendijkse fietspad na realisatie op de nieuwe pipingberm aan de binnendijkse zijde wordt aangelegd.

In KA 2 wordt een tweerichtingsfietspad aan de buitendijkse kant aangelegd op de bestaande buitenberm, door het huidige fietspad te verbreden. KA 2 biedt daarmee een verbeterde fietsontsluitingsstructuur ten opzichte van de referentiesituatie.

Ter plaatse van het **halfbastion Blauwkop en Bomvrije** worden in KA 1 geen wijzigingen doorgevoerd aan de fiets- en wandelmogelijkheden. In KA 2 wordt het halfbastion Blauwkop beter beleefbaar gemaakt door onder andere een wandelpad te realiseren. Dit wordt als een positief effect op de recreatieve functies beschouwd.

De fiets- en wandelmogelijkheden door het **centrum van Grave** worden in KA 2 verbeterd, doordat de Maaskade aantrekkelijker wordt gemaakt voor wandelaars. Bij dit alternatief wordt namelijk een verhoogde promenade langs de Maas aangelegd. Ter plaatse van de **Koninginnedijk** wordt in KA 2 een vrijliggend fietspad gerealiseerd.

Bovenstaande ingrepen uit Kansrijk Alternatief 2 hebben gezamenlijk een sterk positief effect ("+ +") op recreatieve functies in het deelgebied Grave. Kansrijk Alternatief 1 heeft geen effect ("0") op de recreatieve functies in Grave.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek
In deelgebied NOR bevindt zich diverse lintbebouwing, maar ook delen met een primaire agrarische of natuurfunctie (Keent). Fietsen en wandelen over of langs de dijk is deels mogelijk. Een doorgaande fietsroute langs de dijk is een belangrijke wens uit de omgeving en wordt door het waterschap samen met de gebiedspartners uitgewerkt. Echter, in de Verkenningsfase wordt hier nog geen besluit over genomen. Bovendien is dit een losstaand project dat wordt beschouwd als meekoppelkans en daarom niet is meegenomen in deze effectbeoordeling.

In het deelgebied NOR onderscheiden de Kansrijke Alternatieven zich niet ten opzichte van de referentiesituatie, als het gaat om mogelijkheden voor wandelen, fietsen, waterrecreatie, horeca en overige vormen van vrijetijdseconomie. Beide Kansrijke Alternatieven zijn daarom neutraal ("0") beoordeeld voor dit deelgebied.

7.3.3 Effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied

Wijze van beoordelen

De effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied zijn kwalitatief beoordeeld door per deelgebied te beschouwen in hoeverre recreatieve functies worden geraakt door de versterkingsmaatregelen. De beoordeling hangt samen met de impact op recreatieve functies (beoordeeld in paragraaf 7.3.2), maar is breder doordat ook beleefbaarheid is meegewogen. Bij de beoordeling van de effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-34).

Tabel 7-34 Beoordelingsschaal effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+ +	Sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+	Beperkte verbetering t.o.v. de referentiesituatie
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Beperkte verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie

Effectbeoordeling

De Kansrijke Alternatieven zijn op het aspect toeristische aantrekkingskracht van het gebied als volgt beoordeeld (Tabel 7-35).

Tabel 7-35 Beoordeling toeristische aantrekkingskracht van het gebied

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	+ +
NOR	0	0

Effectbeschrijving

Deelgebied Cuijk

De aantrekkingskracht van dit deelgebied wordt bepaald door de toegang en uitzicht op de rivier en de Kraaijenbergse Plassen. In de Verkenningsfase wordt nog geen besluit genomen over een wijziging in de toegang tot de plassen of de ontsluiting door Linden. Als gevolg van de dijkverbetering zijn verder geen effecten te verwachten op de toeristische aantrekkingskracht van het deelgebied Cuijk. Het effect van beide Kansrijke Alternatieven op dit criterium is daarom als neutraal ("0") beschouwd.

Deelgebied Grave

In de vesting wordt waar mogelijk de openbare ruimte op integrale wijze meegenomen in de dijkverbetering. Bij KA 1 ligt de focus op zoveel mogelijk behoud van het huidige dijktracé. De waterkering ter hoogte van het Maasfront bij Grave wordt in KA 1 deels uitgevoerd als glazen kering. Een glazen kering is aantrekkelijker dan een blinde muur, maar is ook gevoelig voor vuil en vandalisme. Mits de glazen kering goed wordt onderhouden, is de inschatting dat deze geen effect heeft op de toeristische aantrekkingskracht van de vestingstad.

In KA 2 kunnen nieuwe verblijfsplekken en een nieuwe relatie met de Maas een opwaardering van het waterfront mogelijk maken. In KA 2 komt Bomvrije binnendijks te liggen middels een nieuwe kering. De Maaskade wordt integraal aangepakt met de omliggende openbare ruimte, waar in ieder geval de ruimte rondom de Maaspoort en het noordelijke deel van de Maaskade opnieuw worden ontworpen met aandacht voor cultuurhistorie, beleving van het water en een aantrekkelijke openbare ruimte. De verkeersafwikkeling in het centrum moet hiervoor worden aangepast. In de Nieuwe Haven wordt de kade op de locatie van de oude kademuur gelegd, zodat ruimte ontstaat voor een herinrichting van de openbare ruimte. Ter hoogte van de Koninginnedijk worden de buitenste vestingwal en gracht teruggebracht. Op de Koninginnedijk wordt het fietspad op een tuimeldijk naast de huidige weg aangelegd.

Op basis van de bovenstaande ingrepen wordt voor Grave in KA 2 een sterke verbetering ("+ +") van de toeristische aantrekkingskracht verwacht. Het effect van KA 1 op de toeristische aantrekkingskracht is als neutraal ("0") beschouwd.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek

De aantrekkingskracht van dit deelgebied wordt bepaald door de toegang en uitzicht op de rivier, de lintbebouwing met historische gebouwen, Keent en de tuimeldijk bij Neerloon. KA 2 vraagt om rivierkundige compensatie van buitendijkse maatregelen. Bij Neerloon kan deze compensatie worden gerealiseerd. Dit biedt kansen voor de aanleg van buitendijkse natuur. Indirect ontstaat hierdoor ook mogelijk een klein positief effect op de toeristische aantrekkingskracht. Omdat de inrichting van de uiterwaard nog niet is uitgewerkt, is hier momenteel nog geen onderscheidend effect te verwachten. Het effect van beide Kansrijke Alternatieven op de toeristische aantrekkelijkheid van het gebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR) is daarom als neutraal ("0") beschouwd.

7.3.4 Conclusie effecten vrijetijdseconomie (recreatie)

Mogelijke positieve effecten op recreatieve functies en toeristische aantrekkingskracht van het gebied kunnen vooral als gevolg van keuzes over meekoppelkansen ontstaan. Deze keuzes – waaronder de keuze om al dan niet een extra doorvaart naar de Kraaijenbergse Plassen te maken – worden tijdens deze Verkenningsfase nog niet gemaakt (zie paragraaf 7.11 voor de effectbeoordeling van meekoppelkansen). Alleen in Grave zijn positieve effecten voor de vrijetijdseconomie te verwachten, met name vanwege de opwaardering van de openbare ruimte in Kansrijk Alternatief,

met een verhoogde promenade langs de Maaskade. Een resumé van de effectbeoordelingen op het thema vrijetijdseconomie is weergegeven in Tabel 7-36.

Tabel 7-36 Beoordeling vrijetijdseconomie, per criterium, per deelgebied

Aspect	Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Effecten op recreatieve functies	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	+ +
	NOR	0	0
Effecten op toeristische aantrekkingskracht	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	+ +
	NOR	0	0

De uiteindelijke effectbeoordeling van de Kansrijke Alternatieven op het thema vrijetijdseconomie per deelgebied is daarmee als volgt (Tabel 7-37).

Tabel 7-37 Effectbeoordeling vrijetijdseconomie, per deelgebied

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	+ +
NOR	0	0

7.4 Effectbeoordeling woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid

De te verwachten permanente effecten van de Kansrijke Alternatieven op het woon- en werkklimaat en de verkeersveiligheid zijn in deze paragraaf beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie, die is beschreven in paragraaf 2.4.5.

7.4.1 Criteria

Beide Kansrijke Alternatieven zijn voor dit thema op vijf criteria beoordeeld:

- de effecten op het **woongenot** (paragraaf 7.4.2);
- de effecten op **bedrijfsfuncties** (paragraaf 7.4.3);
- de effecten op de **verkeersveiligheid** (paragraaf 7.4.4);
- de effecten op de **verkeersafwikkeling** (paragraaf 7.4.5);
- en de effecten op de **bereikbaarheid** van functies (paragraaf 7.4.6).

7.4.2 Effecten op het woongenot

Wijze van beoordelen

De effecten op het woongenot zijn tot stand gekomen middels een kwalitatief deskundigenoordeel. Bij de beoordeling van het woongenot is met name gelet op de mate waarin particuliere bewoners op en rondom de dijk structurele effecten zullen ondervinden van nieuw aan te leggen dijklichamen en de consequenties daarvan voor het uitzicht, te verwijderen opstallen (zoals schuurtjes), en veranderingen in grondeigendom. Het gaat hier dus nadrukkelijk niet om tijdelijke hinder tijdens de aanlegfase, maar om structurele hinder na realisatie. De effecten van tijdelijke hinder voor omwonenden wordt in het tweede deel van het MER (dus tijdens de Planuitwerkingsfase) beoordeeld.

Bij de beoordeling van de effecten op het woongenot is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-38).

Tabel 7-38 Beoordelingsschaal effecten op het woongenot

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke verbetering van het uitzicht, opstallen en grondeigendom t.o.v. de referentiesituatie.
+ +	Sterke verbetering van het uitzicht, opstallen en grondeigendom t.o.v. de referentiesituatie.
+	Verbetering van het uitzicht, opstallen en grondeigendom t.o.v. de referentiesituatie.
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie.
-	Aantasting van het uitzicht, opstallen en grondeigendom t.o.v. de referentiesituatie.
- -	Sterke aantasting van het uitzicht, opstallen en grondeigendom t.o.v. de referentiesituatie.
- - -	Zeer sterke aantasting van het uitzicht, opstallen en grondeigendom t.o.v. de referentiesituatie.

Effectbeoordeling woongenot

De Kansrijke Alternatieven zijn op het aspect woongenot als volgt beoordeeld (Tabel 7-39).

Tabel 7-39 Beoordeling effecten op het woongenot

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	- -	-
NOR	- -	-

Effecten van Kansrijk Alternatief 1 op het woongenot

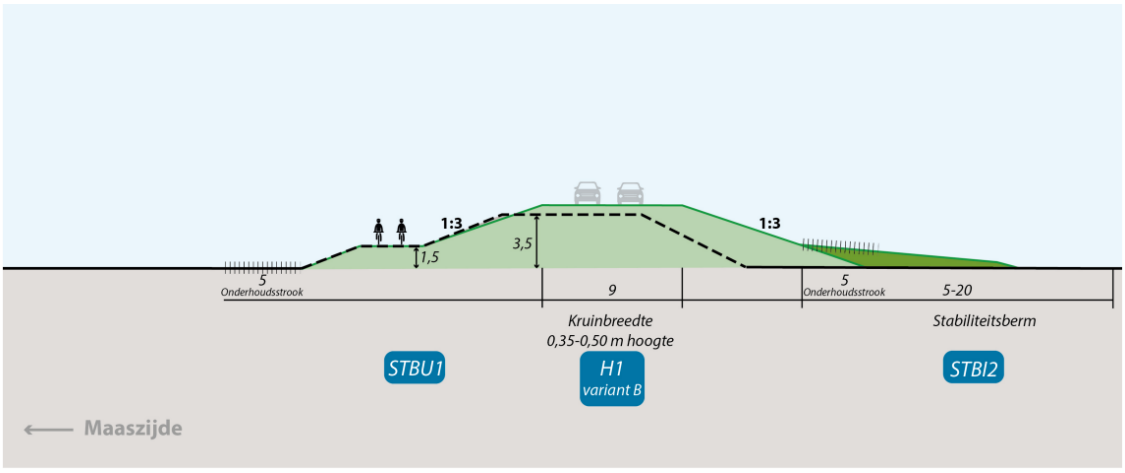
Deelgebied Cuijk

In het deelgebied Cuijk zijn nauwelijks effecten van KA 1 op het woongenot te verwachten, aangezien hier slechts enkele adressen dichtbij de dijk aanwezig zijn. Bij enkele adressen in dit deelgebied worden maatwerklocaties ontworpen (zie Bijlage 1). Dit betekent in de praktijk dat plaatselijk een verticale constructie in plaats van een grondlichaam wordt ingepast. Dit heeft mogelijk wel kleine negatieve effecten op het uitzicht van de bewoners. Gezien het geringe aantal woonadressen aan de dijk (zeven in dit deelgebied), wordt het effect op het woongenot van KA 1 in dit deelgebied als neutraal beschouwd. In de planuitwerking wordt de exacte constructieve oplossing en aansluiting op de grondoplossing bij de maatwerklocaties ontworpen. Hierbij kunnen negatieve effecten mogelijk verder worden beperkt.

Deelgebied Grave

KA 1 heeft over de gehele lengte van het dijktraject in het deelgebied Grave effecten op het woongenot. Er zijn effecten te verwachten ter hoogte van de Dokter Kanterslaan, de Bomvrije, de Prinsenstal, de Maaskade, en de Nieuwe Haven.

Bij KA 1 wordt ter hoogte van de Dokter Kanterslaan (dijkvak 15, zie Bijlage 1) aan de binnendijkse zijde een stabiliteitsberm van 5 tot 20 meter breed aangelegd (zie Figuur 7-14). Deze stabiliteitsberm zal ongeveer zeventig achtertuinen van bewoners van de Dokter Kanterslaan raken. De werkzaamheden voor de realisatie van deze stabiliteitsberm zullen plaatsvinden in de achtertuinen, waarbij bestaande tuininrichting en opstallen zoals schuurtjes (deels) worden verwijderd. Na oplevering van de stabiliteitsberm mag de tuininrichting opnieuw worden aangebracht, maar de opstallen mogen niet worden teruggeplaatst op de stabiliteitsberm. Daarom heeft KA 1 een permanent sterk negatief effect op het woongenot ter hoogte van de Dokter Kanterslaan. Overigens zal vermoedelijk meer geluidsoverlast ontstaan als gevolg van de verhoging van de dijk en daarmee van de provinciale weg N321. Dit is onafhankelijk van het wel of niet doorgaan van een gelijktijdige reconstructie van de N321. Om dit effect te bepalen zullen eerst geluidsonderzoeken moeten worden uitgevoerd.



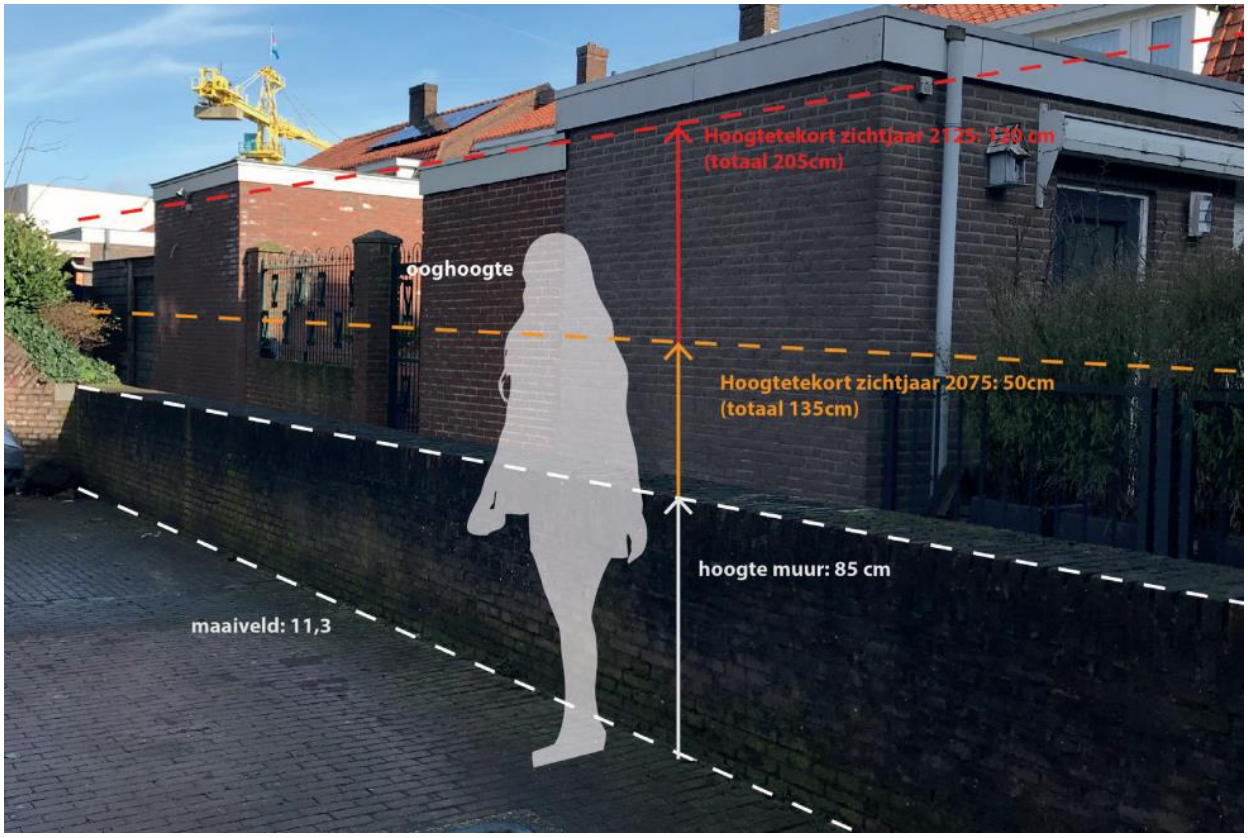
Figuur 7-14. Doorsnede van KA 1 ter hoogte van de Dokter Kanterslaan

Aangezien de dijkverbetering in KA 1 het huidige dijktraject volgt, zal ook de hoek Jan van Cuykdijk-Bomvrije (dijkvak 17 en 18, zie Bijlage 1) verhoogd worden, met 35 tot 40 cm. Dit heeft onder andere een negatief effect op het woongenot op de hoek Bomvrije-Prinsenstal, aangezien de provinciale weg N321 hier dicht langs bebouwing ligt en na realisatie nog hoger komt te liggen dan in de referentiesituatie. Daardoor zullen de bewoners vanuit de begane grond direct tegen een dijklichaam aankijken. Naast de verslechtering van het uitzicht, heeft dit ook effecten op het inschijnen van licht van verkeer. Dit effect is separaat beoordeeld onder de effectbeoordeling “Leefomgeving” (paragraaf 7.9).

Voor de (toekomstige) bewoners van de Prinsenstal (dijkvak 18, zie Bijlage 1) geldt ook dat het woongenot wordt aangetast. De ontwikkeling van woningen aan de Prinsenstal is een autonome ontwikkeling en maakt daarom deel uit van de referentiesituatie. In KA 1 wordt de muur bij de Prinsenstal circa 80 cm (voor zichtjaar 2075) tot 130 cm (voor zichtjaar 2175) hoog ten opzichte van het maaiveld. De inpassing van een muur van 80 cm hoogte zou een minimaal effect hebben ten opzichte van de referentiesituatie, aangezien hier al grotendeels een muur van ongeveer 80 cm aanwezig is. Een verhoging van de muur naar 130 cm zou wel een verslechtering van het uitzicht voor toekomstige bewoners van de begane grond betekenen.

Het effect van KA 1 op het woongenot bij de Maaskade (dijkvak 19, zie Bijlage 1) is afhankelijk van de uitvoering van de toekomstige kademuur, die op het moment van schrijven nog onbekend is. Dat de waterkerende hoogte van de kering hier hoger dient te worden, staat vast. Echter, hier zijn meerdere opties voor, waaronder een glazen kering of een opdrijvende (mobiele) kering. Het waterschap heeft zich wel uitgesproken tegen een blinde muur (dit zou namelijk zeer negatieve effecten op de omgeving hebben). Indien de inpassing van de nieuwe kademuur geen invloed heeft op het uitzicht van aanwonenden over de Maas (bijvoorbeeld door inpassing van een opdrijvende kering langs de gehele Maaskade), is het effect van KA 1 als neutraal te beschouwen. Indien het uitzicht wel wordt aangetast, bijvoorbeeld door een zwaar uitgevoerde glazen kering of een gedeeltelijke blinde muur, heeft KA 1 een negatief effect op het woongenot langs de Maaskade. Voor deze beoordeling is ervan uitgegaan dat de kademuur in KA 1 over de gehele lengte van de Maaskade als glazen kering zal worden uitgevoerd (met uitzondering van maatwerklocaties zoals de Maaspoort). Dit zal een negatief effect hebben op het uitzicht van aanwonenden. Daarom is bij KA 1 een negatief effect op het woongenot van bewoners van de Maaskade te verwachten.

De kerende muur vervolgt in KA 1 haar weg achterlangs de huizen aan het noordelijke deel van de Maaskade (dijkvak 19, zie Bijlage 1). Dit heeft nauwelijks invloed op het woongenot, aangezien deze muur langs een brandgang wordt aangelegd (Figuur 7-15).



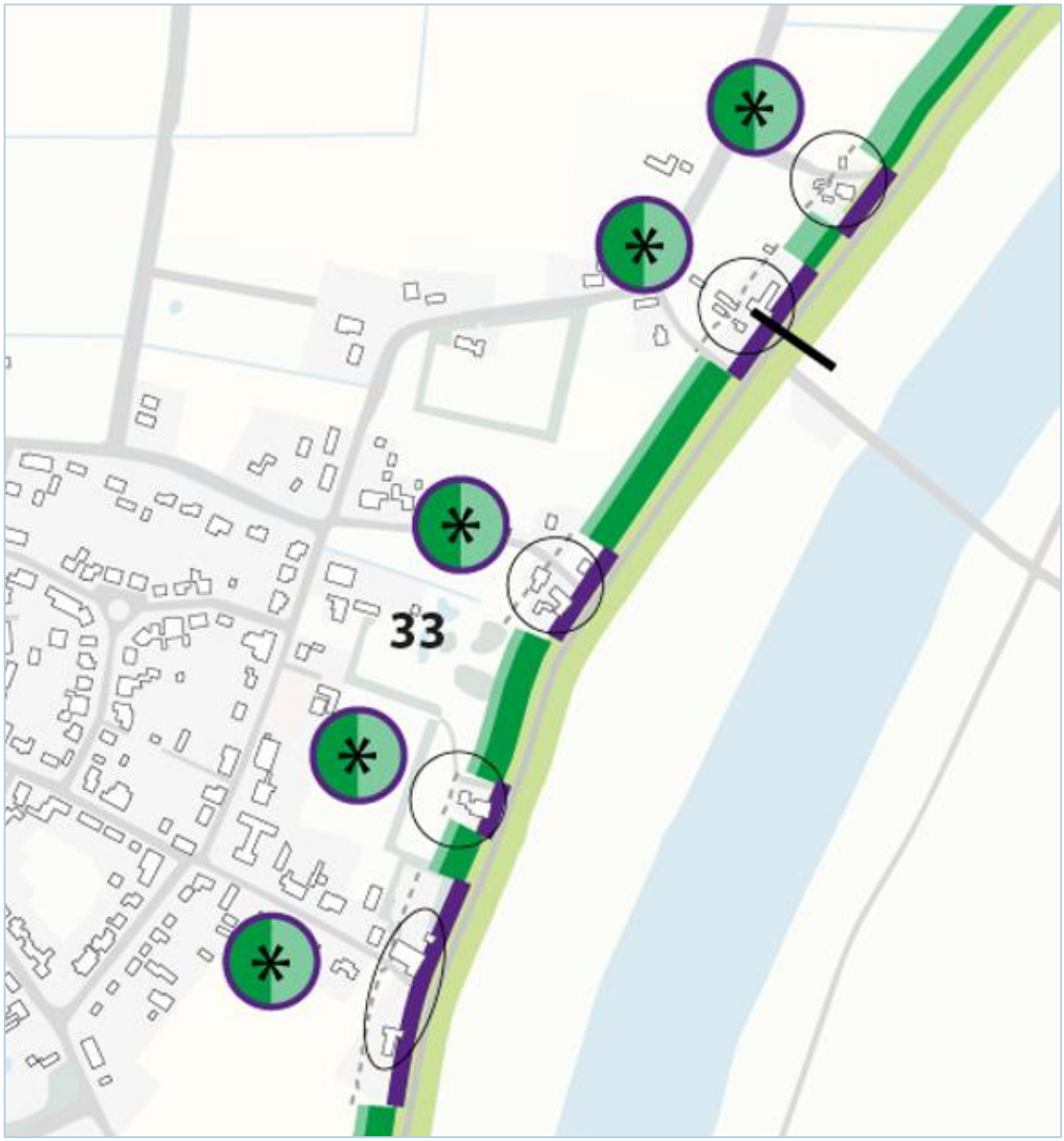
Figuur 7-15 Verhoging van de muur bij de brandgang achterlangs het noordelijke deel van de Maaskade

Voor bewoners van de Havenstraat (dijkvak 21, zie Bijlage 1) geldt wel dat het woongenot wordt aangetast. Hier komt in KA 1 een waterkerende kademuur met een hoogte van circa 50 cm (voor zichtjaar 2075) tot 120 cm (voor zichtjaar 2175), in plaats van het hekwerk dat er nu staat. Dat betekent dat maximaal de hoogte van het huidige hekwerk op deze plaats vervangen wordt door een waterkerende muur. Dit zorgt voor een verslechtering van het uitzicht over de Nieuwe Haven.

Bij de Koninginnedijk (dijkvak 22, zie Bijlage 1) is een licht negatief effect op het woongenot te verwachten, aangezien het bestaande dijklichaam hier, inclusief de bovenliggende straat, met 0 tot 50 cm wordt verhoogd.

Vanwege alle bovengenoemde negatieve effecten op het woongenot in Grave, is het effect van KA 1 op het woongenot in Grave als sterk negatief ("- -") beoordeeld.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
In KA 1 zijn in het deelgebied NOR veel stabiliteitsbermen aan de binnendijkse zijde opgenomen. Dit leidt tot een relatief "rommelig" landschappelijk beeld, waarbij lange stukken stabiliteitsberm worden afgewisseld met korte stukjes "maatwerklocatie", waar verticale constructies worden toegepast (zie Bijlage 1). Verticale constructies worden op bepaalde plekken toegepast om bebouwing te sparen. Het geheel van brede piping- en stabiliteitsbermen aan de binnenzijde, afgewisseld met korte maatwerklocaties, zorgt ervoor dat bij KA 1 relatief veel woningen als het ware worden "ingesloten" tussen bermen die aan weerszijden van de woningen worden aangebracht (zie Figuur 7-16). Dit is bij KA 1 het geval op 17 locaties in deelgebied NOR (Bijlage 1). Dit wordt beschouwd als een negatief effect op het woongenot.



Figuur 7-16 Bij KA 1 worden onder andere woningen bij Overlangel "ingesloten" tussen bermen (uitsnede uit KA 1, zie bijlage 1)

Bovendien leidt de hoogteopgave (van 10 tot 80 cm) in het deelgebied NOR tot een verslechtering van het uitzicht vanaf de binnendijkse bebouwing over het buitendijkse gebied en de Maas. Dit wordt ook beschouwd als een negatief effect op het woongenot.

In Neerloon (dijkvak 36 en 37, zie Bijlage 1) staan veel huizen dicht tegen of op de dijk. Hier dient zorgvuldig maatwerk geleverd te worden om effecten op het woongenot zoveel mogelijk te beperken. Ook hier geldt dat impact op het uizicht vanuit woningen valt te verwachten.

Vanwege de stapeling van de bovengenoemde negatieve effecten op het woongenot in deelgebied NOR, is het effect van KA 1 op het woongenot in NOR als sterk negatief ("- -") beoordeeld.

Effecten van Kansrijk Alternatief 2 op het woongenot

Deelgebied Cuijk

In het deelgebied "Cuijk" zijn bij KA 2, net als bij KA 1, nauwelijks effecten op het woongenot te verwachten, aangezien hier slechts enkele adressen (zeven) dichtbij de dijk aanwezig zijn. Bij de adressen waar de dijkverbetering de erven wel raakt, wordt in het dijkontwerp maatwerk geleverd (middels verticale constructies). Daarnaast zijn de pipingbermen aan binnendijkse zijde kleiner uitgevoerd in KA 2 dan in KA 1 (omdat de klei-inkassingen aan de buitendijkse zijde de benodigde lengte voor de pipingbermen aan de binnendijkse zijde verkleinen). Om deze redenen zal KA 2 het woongenot in dit deelgebied nauwelijks aantasten. De effecten op het woongenot zijn daarom als neutraal beoordeeld.

Deelgebied Grave

KA 2 heeft een aantal neutrale, positieve en negatieve effecten op het woongenot in Grave.

Ten eerste is het effect van KA 2 op het woongenot bij de Dokter Kanterslaan (dijkvak 15, zie Bijlage 1) gering. Aangezien in KA 2 een verticale constructie op deze locatie is voorzien, worden de achtertuinen en bestaande tuininrichting niet geraakt door de dijkverbeteringsmaatregelen. Vanwege de verhoging van de dijk en de daarmee gepaard gaande aantasting van het uitzicht, wordt het effect van KA 2 op het woongenot van de bewoners aan de Dokter Kanterslaan toch als negatief beschouwd. Overigens zal vermoedelijk meer geluidsoverlast ontstaan als gevolg van de verhoging van de dijk en daarmee van de provinciale weg N321. Dit is onafhankelijk van het wel of niet doorgaan van een gelijktijdige reconstructie van de N321. Om dit effect te bepalen zullen eerst geluidsonderzoeken moeten worden uitgevoerd.

In KA 2 is een verlegging van het dijktracé rondom de huizen aan de straat Bomvrije opgenomen (dijkvak 18, zie Bijlage 1). Het uitgangspunt is dat de kering daar deels als een glazen kering en deels als een grondkering wordt uitgevoerd. Bewoners van de Bomvrije hechten grote waarde aan het uitzicht over de Maas. Daarom hebben zij zich uitgesproken tegen een verlegging van het dijktracé – tenzij dit met een mobiele of opduwbare kering kan worden gerealiseerd. Dat laatste is bij KA 2 (deels) het geval. Hoewel de dijkverlegging een positief effect heeft op de waterveiligheid voor deze woningen, wordt de aantasting van het uitzicht over de Maas en de weerd door verlegging van het dijktracé rondom de Bomvrije als een plaatselijk negatief effect op het woongenot beschouwd.

Bij KA 2 zijn een aantal positieve effecten op het woongenot rondom de Maaskade (dijkvak 19, zie Bijlage 1) te verwachten. Zo is in dit kansrijke alternatief een doorlopende fietsstraat over de Maaskade opgenomen, waardoor een rustiger straatbeeld is te verwachten. Dit wordt gezien als een licht positief effect op het woongenot. Echter, voor bewoners aan de Maaskade is ook een negatief effect te verwachten als gevolg van de verhoging van de maaskade, waardoor het zicht op de rivier vermindert.

In dit kansrijke alternatief is, behalve een omlegging van het dijktracé rondom Bomvrije, ook een omlegging van de kering rondom de buitendijkse woningen aan het noordelijke deel van de Maaskade (dijkvak 19, zie Bijlage 1) opgenomen. Hoewel dit een aanmerkelijk positief effect heeft op de waterveiligheid voor deze woningen, wordt de aantasting van het uitzicht over de Maas door verlegging van de kering als een plaatselijk negatief effect op het woongenot beschouwd.

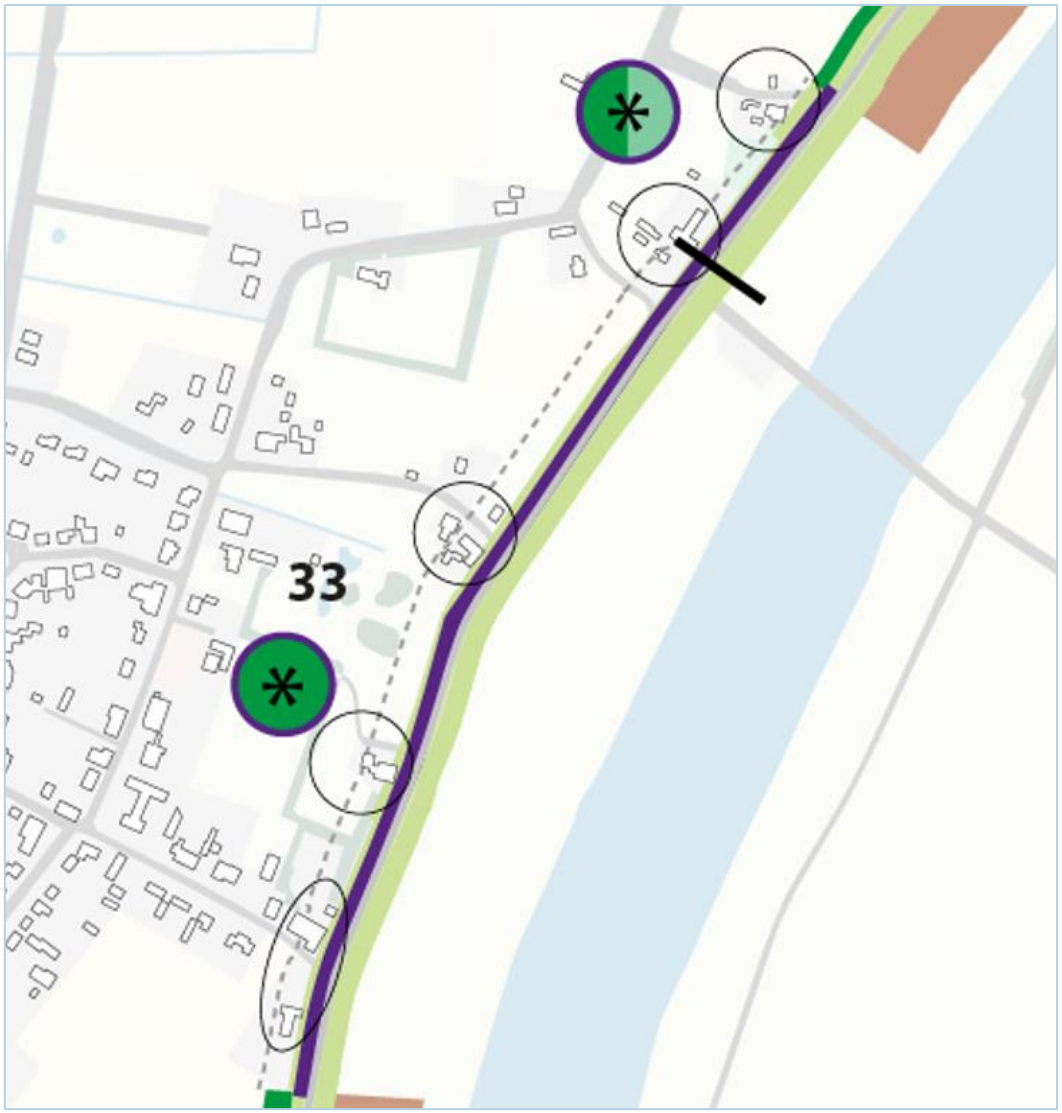
Voor KA 2 geldt, net als bij KA 1, dat de inpassing van een waterkerende muur bij de Havenstraat (dijkvak 21, zie Bijlage 1) zorgt voor aantasting van het uitzicht, wat als een negatief effect op het woongenot wordt beschouwd.

Bij de Koninginnedijk (dijkvak 22, zie Bijlage 1) is een te verwaarlozen effect op het woongenot te verwachten, aangezien hier bij KA 2 een tuimeldijk (met hoogte 0 tot 50 cm) aan de buitendijkse zijde wordt aangelegd, waardoor gemotoriseerd verkeer op dezelfde hoogte blijft rijden als in de referentiesituatie.

Alle bovenstaande effecten in afweging nemend, is de inschatting dat de negatieve effecten van verslechteringen van het uitzicht zwaarder wegen dan de positieve effecten van de integrale opwaardering van de openbare ruimte bij de Maaskade. Het effect van KA 2 op het algehele woongenot in Grave is daarom als negatief ("-") beoordeeld. Een nuance hierbij is dat de integrale opwaardering van de openbare ruimte bij de Maaskade nog nader uitgewerkt moet worden in de vervolgfase.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
Het effect van "insluiting" van woningen door grondlichamen aan de binnendijkse zijde speelt bij KA 2 nauwelijks, aangezien maatwerklocaties langer doorlopen (zie Bijlage 1). Doordat niet alleen bij de woningen zelf maatwerklocaties worden ingepast, maar ook tussen de woningen, worden de woningen niet zoals bij KA 1 ingesloten door bermen en wordt het zijwaartse uitzicht niet verstoord (Figuur 7-17).

De hoogteopgave (van 10 tot 80 cm) leidt in het deelgebied NOR tot een verslechtering van het uitzicht vanaf de binnendijkse bebouwing over het buitendijkse gebied en de Maas. Dit wordt beschouwd als een negatief effect op het woongenot. Daarnaast staan in Neerloon (dijkvak 36 en 37, zie Bijlage 1) veel huizen dicht tegen of op de dijk. Hier dient zorgvuldig maatwerk geleverd te worden om effecten op het woongenot zoveel mogelijk te beperken. Ook hier geldt dat impact op het uitzicht vanuit woningen valt te verwachten. Ondanks de langere aaneengesloten maatwerklocaties, is het effect van KA 2 op het woongenot in NOR toch als negatief ("-") beoordeeld, vanwege de verhoging van de dijk in dit gehele deelgebied en de daarmee gepaard gaande aantasting van het uitzicht van aanwonenden.



Figuur 7-17 Bij KA 2 zijn maatwerklocaties over grote lengtes opgenomen, onder andere bij Overlangel (uitsnede uit KA 2, zie bijlage 1)

7.4.3 Effecten op bedrijfsfuncties

Wijze van beoordelen

De effecten die de Kansrijke Alternatieven op bedrijfsfuncties kunnen hebben, hebben met name betrekking tot het grondgebruik van bestaande bedrijven. Wanneer de dijkverbetering bijvoorbeeld zou leiden tot een verlies aan bewerkbare landbouwgrond, dan wordt dat als een negatief effect op een bedrijfsfunctie beschouwd. De mate van verslechtering ("- - -" tot "-") hangt in dat geval af van de hoeveelheid grond die een bedrijf verliest. Als een bedrijfsfunctie nauwelijks tot niet wordt aangetast, wordt het effect als neutraal ("0") beoordeeld. Wanneer bedrijven juist meer mogelijkheden krijgen om zich te ontwikkelen dan in de referentiesituatie, kan het effect als positief worden beoordeeld ("+" tot "+ + +"). Voor de beoordeling van de effecten op de vrijetijdseconomie (recreatie) wordt verwezen naar paragraaf 7.3. Bij de beoordeling van de effecten op bedrijfsfuncties is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-73).

Tabel 7-40 Beoordelingsschaal effecten op bedrijfsfuncties

Score	Toelichting
+ + +	Toevoeging van meer dan 10 hectare bedrijfsgronden; zeer sterk positief effect.
+ +	Toevoeging van 1,5 tot 10 hectare bedrijfsgronden; sterk positief effect.
+	Toevoeging van 0,5 tot 1,5 hectare bedrijfsgronden; positief effect.
0	Toevoeging of aantasting van minder dan 0,5 hectare bedrijfsgronden; neutraal effect.
-	Verlies van 0,5 tot 1,5 hectare bedrijfsgronden; negatief effect.
- -	Verlies van 1,5 tot 10 hectare bedrijfsgronden; sterk negatief effect.
- - -	Verlies van meer dan 10 hectare bedrijfsgronden; zeer sterk negatief effect.

Effectbeoordeling bedrijfsfuncties

Het effect van de Kansrijke Alternatieven op de bedrijfsfuncties in de drie deelgebieden is als volgt beoordeeld (zie Tabel 7-41).

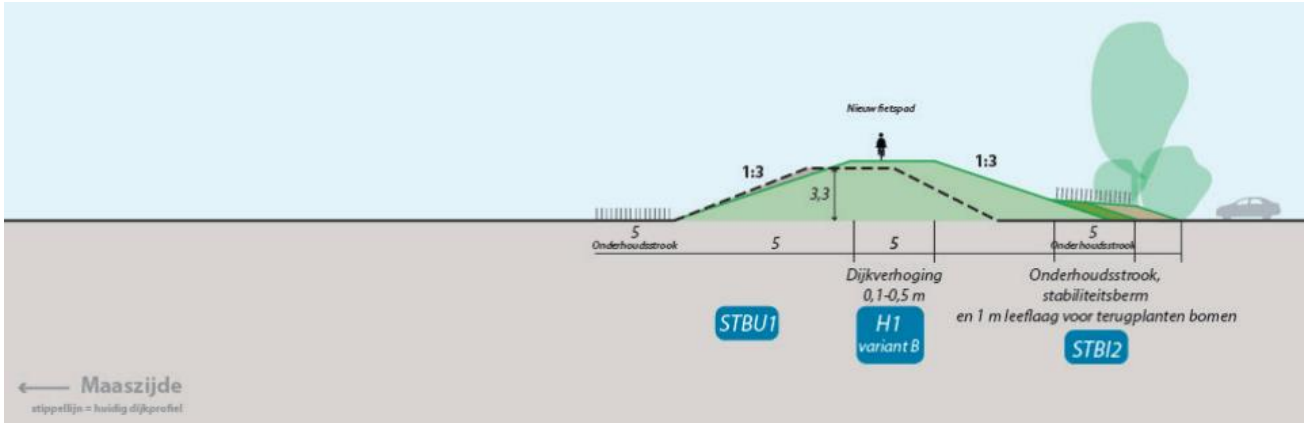
Tabel 7-41 Beoordeling effecten op bedrijfsfuncties

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	- -	-
Grave	0	0
NOR	- -	- -

Effecten van Kansrijk Alternatief 1 op bedrijfsfuncties

Deelgebied Cuijk

In KA 1 is een groot aantal ingrepen aan de binnendijkse zijde voorzien. Het uitgangspunt om in KA 1 zo veel mogelijk te versterken middels grondlichamen aan de binnendijkse zijde, leidt ertoe dat aan de binnendijkse zijde in het deelgebied Cuijk een aantal bedrijfsfuncties wordt aangetast door piping- en stabiliteitsberm. Bij de Haven Cuijk komt de binnendijkse stabiliteitsberm in kleine delen van huidige bedrijfspercelen te liggen. Dit leidt naar verwachting niet tot een grote aantasting van de bedrijfsvoering. Bij KA 1 dient een deel van het parkeerterrein van Berry Global Inc., inclusief een fietsenstalling, plaats te maken voor een stabiliteitsberm. Het profiel van de dijk zal door de ingrepen in KA 1 circa 10 meter richting binnendijkse zijde worden uitgebreid (zie Figuur 7-18). Dat betekent dat bij KA 1 ook delen van de terreinen van de Inland Terminal Cuijk en Lensli Cuijk verloren gaan aan stabiliteitsbermen. Op de stabiliteitsbermen worden overigens onderhoudsstroken van circa 5 meter breed vrijgehouden. Deze effecten worden als licht negatief beschouwd, aangezien bedrijfsterreinen grond kwijtraken maar de bedrijfsvoering naar verwachting niet significant wordt aangetast. Daarnaast biedt de Keur[45] van Waterschap Aa en Maas mogelijkheden voor gebruik van de grondbermen voor gebruik door bedrijven.



Figuur 7-18 Doorsnede van KA 1 ter hoogte van Berry Global Inc. in de Haven Cuijk

Ten noorden van de Kraaijenbergse Plassen valt ook een negatief effect van KA 1 op bedrijfsfuncties te verwachten. Hier leidt de inpassing van stabiliteitsbermen aan de binnendijkse zijde tot een permanent verlies aan landbouwgronden. In het kader van de waterveiligheid gelden beperkingen bij het gebruiken van stabiliteitsbermen als landbouwgrond. Conform de Keur[45] is medegebruik als landbouwgrond mogelijk. Hiervoor is een ontheffing nodig. Een 0,5 m dikke laag teelaarde geeft bescherming aan de steunberm. Bij KA 1 zijn de benodigde stabiliteitsbermen in dit deelgebied 5 tot 20 meter lang. Waterschap Aa en Maas koopt deze gronden aan. Op de stabiliteitsbermen wordt overigens een onderhoudsstrook van circa 5 meter breed vrijgehouden. Daarnaast zijn in KA 1 pipingbermen van 10 tot 50 meter aan binnendijkse zijde opgenomen ter hoogte van de Kraaijenbergse Plassen. Waterschap Aa en Maas is voornemens om de eerste 20 meter van deze gronden te verwerven. Op pipingbermen is ook onder voorwaarden landbouw mogelijk.

Het bovenstaande leidt bij KA 1 in deelgebied Cuijk tot het volgende:

- circa 0,5 hectare verlies aan bedrijventerrein in de Haven Cuijk ten behoeve van grondbermen die deels op deze terreinen worden aangelegd;
- circa 1,7 hectare verlies aan landbouwgrond van agrariërs ten behoeve van het waterschap, waarvan circa 0,4 hectare terugkomt voor de landbouw middels pachtcontracten;
- bij circa 3,0 hectare huidige landbouwgrond zullen voorwaarden gelden om aantasting van de pipingberm te voorkomen, maar deze gronden blijven in eigendom van agrariërs.

De bovenstaande effecten worden beschouwd als sterk negatief ("- -") voor bedrijfsfuncties.

Deelgebied Grave

Het effect van KA 1 op bedrijfsfuncties in Grave wordt als licht negatief beschouwd. Het gaat daarbij uitsluitend om landbouwfuncties in dijkvak 25 (zie Bijlage 1) die aangetast worden. Bij deze beoordeling is ervan uitgegaan dat de terrassen van de horeca aan de Maaskade kunnen blijven bestaan en dat het uitzicht over de Maas vanaf die terrassen niet significant wordt aangetast. Het uitzicht vanaf deze terrassen (maar ook vanuit de horecagebouwen zelf) over de Maas is namelijk essentieel voor de aantrekkingskracht van deze bedrijven.

De scheepswerf te Grave wordt niet meer bedrijfsmatig gebruikt in de referentiesituatie (zie paragraaf 2.4.5). Daarom zijn de effecten op de bedrijfsfunctie van de scheepswerf niet beoordeeld.

Langs de Koninginnedijk in Grave liggen bedrijfspercelen die geraakt worden door de in te passen bermen aan de binnenzijde bij KA 1. Hier zal per perceel maatwerk moeten worden geleverd om negatieve effecten op bedrijfspercelen te verminderen of te voorkomen.

Voor wat betreft landbouwfuncties in Grave zijn kleine effecten te verwachten. KA 1 leidt in deelgebied Grave (dijkvak 25) tot het volgende:

- circa 0,2 hectare verlies aan landbouwgrond van agrariërs ten behoeve van het waterschap;
- bij minder dan 0,1 hectare huidige landbouwgrond zullen voorwaarden gelden om aantasting van de pipingberm te voorkomen, maar deze gronden blijven in eigendom van agrariërs.

Dit verlies aan bedrijfsgronden wordt beschouwd als een neutraal ("0") effect op bedrijfsfuncties.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
In het deelgebied NOR zullen voornamelijk agrarische bedrijven aan binnendijkse zijde negatieve effecten ondervinden van KA 1. Hier leidt de inpassing van stabiliteitsbermen aan de binnendijkse zijde tot een permanent verlies aan landbouwgronden. In het kader van de waterveiligheid gelden beperkingen bij het gebruiken van stabiliteitsbermen als landbouwgrond. Conform de Keur[45] is medegebruik als landbouwgrond mogelijk. Hiervoor is een ontheffing nodig. Bij KA 1 zijn de benodigde stabiliteitsbermen in dit deelgebied 5 tot 25 meter lang. Waterschap Aa en Maas verkrijgt deze gronden. Op de stabiliteitsbermen wordt overigens een onderhoudsstrook van circa 5 meter breed vrijgehouden. Daarnaast zijn in KA 1 pipingbermen van 10 tot 50 meter aan binnendijkse zijde opgenomen ter hoogte van de meander rondom Keent. Waterschap Aa en Maas is voornemens om de eerste 20 meter van deze gronden te verkrijgen. Op pipingbermen is onder voorwaarden landbouw mogelijk.

Het bovenstaande leidt bij KA 1 in deelgebied NOR tot het volgende:
- circa 4,0 hectare verlies aan landbouwgrond van agrariërs ten behoeve van het waterschap, waarvan circa 0,6 hectare terugkomt voor de landbouw middels pachtcontracten;
- bij circa 4,3 hectare huidige landbouwgrond zullen voorwaarden gelden om aantasting van de pipingberm te voorkomen, maar deze gronden blijven in eigendom van agrariërs.

Dit verlies aan landbouwgronden wordt beschouwd als een sterk negatief effect ("- -") op bedrijfsfuncties.

Effecten van Kansrijk Alternatief 2 op bedrijfsfuncties

Deelgebied Cuijk
In KA 2 is een relatief klein aantal ingrepen aan de binnendijkse zijde opgenomen in het deelgebied Cuijk. De bedrijfsterreinen bij de Haven Cuijk blijven geheel gespaard, aangezien hier een verticale piping-/stabiliteitsconstructie wordt toegepast.

Ter hoogte van de Kraaijenbergse Plassen heeft KA 2 relatief weinig effecten op bedrijfsfuncties. Hier zijn aan de binnendijkse zijde geen pipingbermen benodigd, aangezien klei-inkassingen aan de buitendijkse zijde de pipingopgave oplossen. Bij klei-inkassingen worden buitendijkse gronden tijdelijk afgegraven, waarna een stevige kleilaag met daarboven een leeflaag wordt teruggebracht. Klei-inkassingen leiden dus enkel tot hinder tijdens aanleg en hebben geen permanent effect op bedrijfsfuncties. Er zijn wel stabiliteitsbermen van 5 tot 20 meter aan binnendijkse zijde nodig, maar deze brengen een relatief klein verlies aan landbouwareaal met zich mee. In het kader van de waterveiligheid gelden beperkingen bij het gebruiken van stabiliteitsbermen als landbouwgrond. Conform de Keur[45] is medegebruik als landbouwgrond mogelijk. Hiervoor is een ontheffing nodig. Waterschap Aa en Maas verwerft deze gronden. Op de stabiliteitsbermen wordt overigens een onderhoudsstrook van circa 5 meter breed vrijgehouden.

Het bovenstaande leidt bij KA 2 in deelgebied Cuijk tot het volgende:
- circa 1,2 hectare verlies aan landbouwgrond van agrariërs ten behoeve van het waterschap;
- bij circa 0,9 hectare huidige landbouwgrond zullen voorwaarden gelden om aantasting van de pipingberm te voorkomen, maar deze gronden blijven in eigendom van agrariërs.

Alle hierboven beschreven effecten in overweging nemend (geen invloed op Haven Cuijk en een relatief kleine invloed op landbouwpercelen), worden deze beschouwd (licht) negatief ("-") voor bedrijfsfuncties.

Deelgebied Grave
Het effect van KA 2 op bedrijfsfuncties (voornamelijk horeca) in Grave wordt als neutraal beschouwd. Bij deze beoordeling is ervan uitgegaan dat het uitzicht vanaf de horeca aan de Maaskade bij de integrale verbetering van de openbare ruimte niet significant wordt aangetast. Dit uitzicht wordt gezien als essentieel voor het functioneren van de horeca aan de Maaskade.

De effecten op de scheepswerf te Grave worden niet beoordeeld, omdat de scheepswerf verdwijnt. Dit is een autonome ontwikkeling.

Voor wat betreft landbouwfuncties in Grave zijn wel effecten te verwachten. KA 2 leidt in deelgebied Grave (dijkvak 25, zie Bijlage 1) tot het volgende:

- circa 0,2 hectare verlies aan landbouwgrond van agrariërs ten behoeve van het waterschap;
- bij minder dan 0,1 hectare huidige landbouwgrond zullen voorwaarden gelden om aantasting van de pipingberm te voorkomen, maar deze gronden blijven in eigendom van agrariërs.

Dit verlies aan landbouwgronden wordt beschouwd als een neutraal ("0") effect op bedrijfsfuncties.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek(NOR)
In het deelgebied NOR zullen voornamelijk agrarische bedrijven aan binnendijkse zijde negatieve effecten ondervinden van KA 2. De stabiliteits- en pipingbermen aan de binnendijkse zijde die in KA 2 zijn opgenomen, hebben negatieve effecten op de bedrijfsvoering van enkele van deze landbouwbedrijven. Hier zijn aan de binnendijkse zijde stabiliteitsbermen van 5 tot 25 meter breed benodigd. In het kader van de waterveiligheid gelden beperkingen bij het gebruiken van stabiliteitsbermen als landbouwgrond. Conform de Keur[45] is medegebruik als landbouwgrond mogelijk. Hiervoor is een ontheffing nodig. Waterschap Aa en Maas verkrijgt deze gronden. Op de stabiliteitsbermen wordt overigens een onderhoudsstrook van circa 5 meter breed vrijgehouden. De binnendijkse pipingbermen, die ondanks de implementatie van klei-inkassingen nog wel benodigd zijn in dit deelgebied, rijken 0 tot 30 meter richting binnendijks gebied. Waterschap Aa en Maas is voornemens om de eerste 20 meter van pipingbermen te verkrijgen. Op pipingbermen is onder voorwaarden landbouw mogelijk. Daarnaast zijn bij KA 2 veel buitendijkse klei-inkassingen opgenomen. Bij klei-inkassingen worden buitendijkse gronden tijdelijk afgegraven, waarna een stevige kleilaag met daarboven een leeflaag wordt teruggebracht. Klei-inkassingen leiden dus alleen tot hinder tijdens aanleg en hebben geen permanent effect op bedrijfsfuncties.

Het bovenstaande leidt bij KA 2 in deelgebied NOR tot het volgende:

- circa 3,2 hectare verlies aan landbouwgrond van agrariërs ten behoeve van het waterschap;
- bij circa 2,6 hectare huidige landbouwgrond zullen voorwaarden gelden om aantasting van de pipingberm te voorkomen, maar deze gronden blijven in eigendom van agrariërs.

Dit verlies aan landbouwgronden wordt beschouwd als een sterk negatief ("- -") effect op bedrijfsfuncties.

7.4.4 Effecten op de verkeersveiligheid

Wijze van beoordelen

De effecten van de Kansrijke Alternatieven op de verkeersveiligheid zijn beoordeeld middels een kwalitatief deskundigenoordeel. Allereerst is bekeken of de infrastructuur wordt aangepast. Binnen het gebied werken overheden samen om onder andere een doorgaande fietsstructuur te realiseren en onderzoeken zij mogelijkheden voor het verbeteren van mobiliteit en veiligheid. De keuzes daarover (meekoppelkansen) worden echter niet in de verkenning gemaakt en maken daarom geen deel uit van deze effectbeoordeling. De effecten van de meekoppelkansen zijn separaat (en globaal) beschouwd in paragraaf 7.11. Bij de beoordeling van de effecten op de verkeersveiligheid is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-42).

Tabel 7-42 Beoordelingsschaal effecten op de verkeersveiligheid

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+ +	Sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+	Beperkte verbetering t.o.v. de referentiesituatie
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Beperkte verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie

Effectbeoordeling verkeersveiligheid

De Kansrijke Alternatieven zijn als volgt beoordeeld op het aspect verkeersveiligheid (zie Tabel 7-43).

Tabel 7-43 Beoordeling effecten op de verkeersveiligheid

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	+
NOR	0	0

Effecten van Kansrijk Alternatief 1 op de verkeersveiligheid

Het uitgangspunt bij KA 1 is dat alle verkeersinfrastructuur gelijk blijft aan de referentiesituatie. Dit houdt concreet in dat de huidige situatie, aangevuld met autonome ontwikkelingen zoals de renovatie van de N321, niet verandert als gevolg van de dijkverbetering. De verkeersveiligheid in de nieuwe situatie blijft daarmee gelijk aan de referentiesituatie. Het effect van KA 1 op de verkeersveiligheid is daarom in alle deelgebieden als neutraal ("0") beschouwd.

De Oude Maasdijk tussen Reek en Overlangel in deelgebied NOR wordt bij KA 1 *mogelijk* als fietsstraat heringericht, óf de huidige weginrichting blijft ongewijzigd. De verkeersveiligheid zou door herinrichting tot een fietsstraat worden verbeterd. Voor deze effectbeoordeling is uitgegaan van het minst positieve scenario – het terugbrengen van de huidige weginrichting – om mogelijke negatieve effecten zo goed mogelijk in beeld te brengen. Daarom scoort ook dit deelgebied neutraal ("0").

Effecten van Kansrijk Alternatief 2 op de verkeersveiligheid

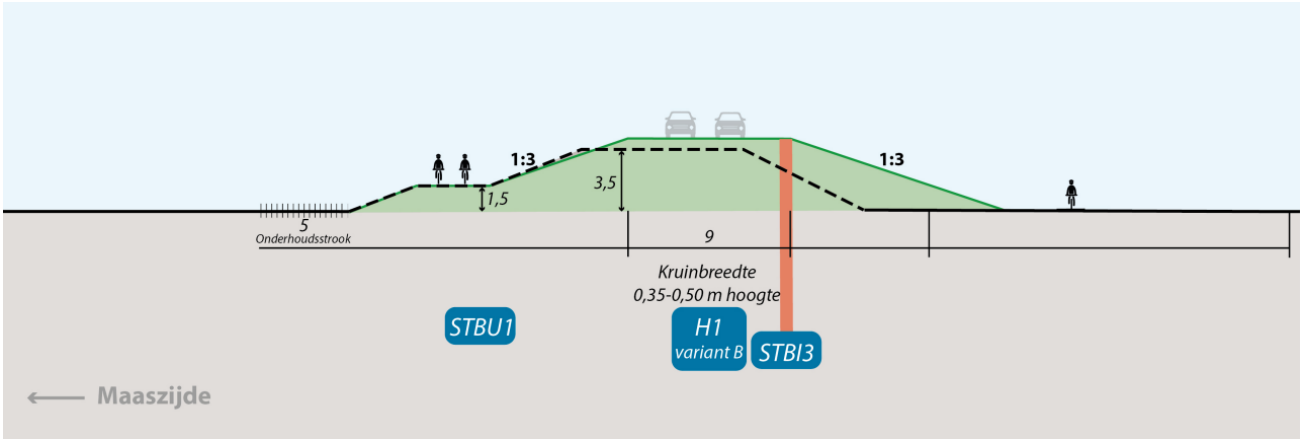
Deelgebied Cuijk

Het uitgangspunt bij KA 2 is dat alle verkeersinfrastructuur in deelgebied "Cuijk" gelijk blijft aan de referentiesituatie. De verkeersveiligheid in de nieuwe situatie blijft daarmee gelijk aan de referentiesituatie. Het effect van KA 2 op de verkeersveiligheid in dit deelgebied is daarom als neutraal beschouwd.

Deelgebied Grave

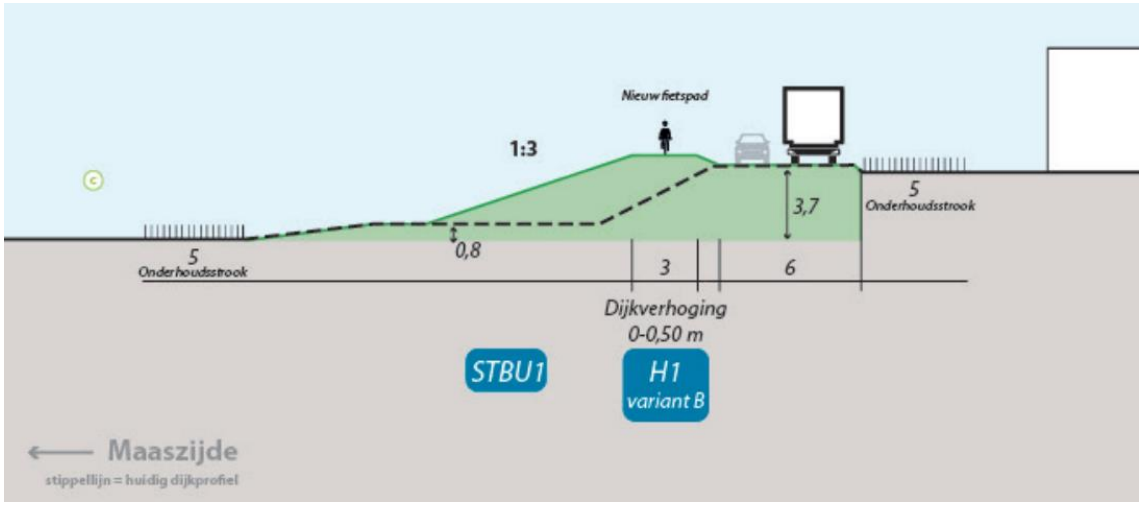
Het deelgebied Grave bij KA 2 is een uitzondering op het bovengenoemde. In dit kansrijke alternatief wordt de (fiets)verkeersveiligheid op de dijk verbeterd bij de Jan van Cuykdijk en de Koninginnedijk. Deze verbeteringen van de fietsinfrastructuur zijn verbonden aan het dijkontwerp.

Bij de Jan van Cuykdijk (N321) wordt een tweerichtingenfietspad teruggebracht aan de noordzijde (zie Figuur 7-19), terwijl dit in de referentiesituatie een eenrichtingsfietspad is. Daardoor hoeven fietsers tussen Gassel en Grave minder vaak de provinciale weg over te steken. Hierdoor verbetert de verkeersveiligheid in deze omgeving in lichte mate. Het fietspad aan de zuidelijke zijde (de zijde van de Dr. Kanterslaan) blijft in dit alternatief overigens ook behouden (zie rechts in Figuur 7-19). Overigens wordt de N321 gereconstrueerd door de provincie Noord-Brabant. Het is een meekoppelkans om deze reconstructie tegelijk met de dijkverbetering uit te voeren. Zie paragraaf 7.11.9 voor de effectbeoordeling van deze meekoppelkans.



Figuur 7-19. Getrapt dijkprofiel in KA 2 bij de Jan van Cuykdijk, met een tweerichtingenfietspad aan de noordzijde (links) en een eenrichtingsfietspad aan de zuidzijde (rechts)

In KA 2 wordt op de Koninginnedijk een "getrapt" dijkprofiel met een vrijliggend fietspad gerealiseerd (Figuur 7-20). Daardoor worden gemotoriseerd verkeer en fietsverkeer van elkaar gescheiden, wat de verkeersveiligheid ten goede komt.



Figuur 7-20 Getrapt dijkprofiel bij de Koninginnedijk met een vrijliggend fietspad

Bovenstaande aanpassingen aan de verkeerssituatie in KA 2 worden beschouwd als positieve effecten op de verkeersveiligheid in het deelgebied Grave.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
Voor deelgebied NOR geldt dat de huidige weginrichting wordt teruggebracht bij KA 2. De Oude Maasdijk tussen Reek en Overlangel wordt niet heringericht tot fietsstraat, zoals in KA 1, maar als meekoppelkans (Mkk 8) kan een buitendijks, vrijliggend fietspad worden gerealiseerd. Zie paragraaf 7.11.10 voor de effectbeoordeling van deze meekoppelkans.

7.4.5 Effecten op de verkeersafwikkeling

Wijze van beoordelen

De effecten van de Kansrijke Alternatieven op de verkeersafwikkeling zijn beoordeeld middels een kwalitatief deskundigenoordeel. Er is bekeken of de infrastructuur wordt aangepast en beoordeeld of de aanpassingen effecten kunnen hebben op de vlotheid waarmee het wegennet het verkeer kan afwikkelen. Bij de beoordeling van de effecten op de verkeersafwikkeling is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-44).

Tabel 7-44 Beoordelingsschaal effecten op de verkeersafwikkeling

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+ +	Sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+	Beperkte verbetering t.o.v. de referentiesituatie
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Beperkte verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie

Effectbeoordeling verkeersafwikkeling

De Kansrijke Alternatieven scoren als volgt (zie Tabel 7-45) op het aspect verkeersveiligheid.

Tabel 7-45 Beoordeling effecten op de verkeersafwikkeling

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	0
NOR	0	0

Effecten van Kansrijk Alternatief 1 op de verkeersafwikkeling

Het uitgangspunt bij KA 1 is dat alle verkeersinfrastructuur gelijk blijft aan de referentiesituatie. De verkeersafwikkeling in de nieuwe situatie blijft daarmee gelijk aan de referentiesituatie. Het effect van KA 1 op de verkeersafwikkeling wordt daarom voor alle deelgebieden als neutraal (“0”) beschouwd.

Effecten van Kansrijk Alternatief 2 op de verkeersafwikkeling

Ook bij KA 2 zijn geen effecten (“0”) op de verkeersafwikkeling te verwachten, aangezien de toekomstige verkeersinfrastructuur niet significant zal verschillen van de referentiesituatie (op de in Paragraaf 7.4.4 beschreven aanpassingen aan fietspaden na, maar deze zijn naar verwachting niet van invloed op de verkeersafwikkeling).

Hierbij past de nuance dat de uitwerking van de integrale opwaardering van de Maaskade te Grave, die in KA 2 is voorgesteld, nog niet bekend is op het moment van schrijven. Mogelijk komen toch effecten in beeld voor de verkeersafwikkeling in Grave, indien de integrale opwaardering van de openbare ruimte verder wordt uitgewerkt tijdens de Planuitwerkingsfase.

7.4.6 Effecten op de bereikbaarheid van functies

Wijze van beoordelen

De effecten van de Kansrijke Alternatieven op de bereikbaarheid van functies zijn beoordeeld middels een kwalitatief deskundigenoordeel. Er is bekeken of de infrastructuur wordt aangepast en beoordeeld of de aanpassingen effecten kunnen hebben op de bereikbaarheid van functies zoals bedrijven en woningen. Bij de beoordeling van de effecten op de bereikbaarheid van functies is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-46).

Tabel 7-46 Beoordelingsschaal effecten op de bereikbaarheid van functies

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+ +	Sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+	Beperkte verbetering t.o.v. de referentiesituatie
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Beperkte verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie

Effectbeoordeling bereikbaarheid van functies

De Kansrijke Alternatieven scoren als volgt (zie Tabel 7-47) op het aspect bereikbaarheid van functies.

Tabel 7-47 Beoordeling effecten op de bereikbaarheid van functies

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	-
NOR	0	0

Effecten van Kansrijk Alternatief 1 op de bereikbaarheid van functies

Het uitgangspunt bij KA 1 is dat alle verkeersinfrastructuur gelijk blijft aan de referentiesituatie. De bereikbaarheid van functies in de nieuwe situatie blijft daarmee gelijk aan de referentiesituatie. Het effect van KA 1 op de bereikbaarheid van functies wordt daarom voor alle deelgebieden als neutraal (“0”) beschouwd.

Effecten van Kansrijk Alternatief 2 op de bereikbaarheid van functies

Bij KA 2 zijn wel effecten op de bereikbaarheid van functies te verwachten, aangezien de toekomstige verkeersinfrastructuur enigszins zal verschillen van de referentiesituatie. De integrale opwaardering van de openbare ruimte van Grave die in dit alternatief is voorgesteld, zorgt ervoor dat (mogelijk) parkeerplaatsen verdwijnen aan de kop van de Nieuwe Haven en langs de Maaskade. De bereikbaarheid van functies (voor autoverkeer) gaat er daarom licht op achteruit (“-”) in het deelgebied Grave. Hierbij past de nuance dat het ontwerp van de integrale opwaardering van de Maaskade te Grave, die in KA 2 is voorgesteld, nader wordt uitgewerkt in de Planuitwerkingsfase. Het effect van KA 2 op de bereikbaarheid van functies in de andere twee deelgebieden is als neutraal (“0”) beschouwd.

7.4.7 Conclusie effecten woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid

Uit deze notitie blijkt dat verschillende negatieve effecten op het woon- en werkklimaat zijn te verwachten. Deze beschouwing komt voort uit het feit dat in beide alternatieven (maar met name in KA 1) relatief grote ingrepen nodig zijn om de waterveiligheidsopgaven in deze deelgebieden op te lossen. De kruinverhoging, de inpassing van piping- en stabiliteitsbermen aan binnendijkse zijde, en de aanpassingen aan de kademuur in Grave zullen (lichte en sterke) negatieve effecten hebben op het woongenot en bedrijfsfuncties. Aangezien in de deelgebieden Grave en NOR relatief veel adressen direct naast de waterkering liggen, zullen de effecten van deze maatregelen merkbaar zijn voor veel aanwonenden en bedrijven. Dit geldt voor beide Kansrijke Alternatieven.

In met name de deelgebieden Cuijk en NOR zal landbouwareaal worden geraakt door beide Kansrijke Alternatieven, als gevolg van de inpassing van binnendijkse piping- en stabiliteitsbermen. In het kader van de waterveiligheid gelden beperkingen bij het gebruiken van stabiliteitsbermen als landbouwgrond. Waterschap Aa en Maas verwerft deze gronden. De Keur[45] staat medegebruik toe, indien er een leeflaag wordt aangebracht. Daarmee kan het verlies van landbouwgrond grotendeels worden beperkt. Op pipingbermen is onder voorwaarden landbouw mogelijk. Waterschap Aa en Maas is voornemens om de eerste 20 meter van deze gronden te verwerven.

Positieve effecten op het thema *woon- en werkklimaat en verkeer* zijn alleen te verwachten bij Kansrijk Alternatief 2 (KA 2) in Grave. De verwachting is dat de in KA 2 voorgestelde integrale opwaardering van de Maaskade tot een lichte verbetering van de verkeersveiligheid leidt. Daar staat tegenover dat de integrale opwaardering ten koste gaat van een aantal parkeerplaatsen. Overige effecten zijn veelal als neutraal beoordeeld (er vindt dan geen significante verandering ten opzichte van de referentiesituatie plaats).

Alle beoordelingen voor het thema *woon- en werkklimaat en verkeer* zijn per kansrijk alternatief, per aspect, per deelgebied, weergegeven in Tabel 7-48. De eindbeoordeling van de effecten op "woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid" van de Kansrijke Alternatieven is per deelgebied weergegeven in Tabel 7-49. Om tot deze eindbeoordeling te komen, zijn de effecten op het woon- en werkklimaat zwaarder gewogen dan de effecten met betrekking tot verkeer, die veelal beperkter zijn.

Tabel 7-48 Beoordeling woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid, per aspect, per deelgebied

	Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Effecten op het woongenot	**Cuijk**	0	0
	Grave	- -	-
	NOR	- -	-
Effecten op bedrijfsfuncties	**Cuijk**	- -	-
	Grave	0	0
	NOR	- -	- -
Effecten op de verkeersveiligheid	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	+
	NOR	0	0
Effecten op de verkeersafwikkeling	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	0
	NOR	0	0
Effecten op de bereikbaarheid van functies	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	-
	NOR	0	0

Tabel 7-49 Effectbeoordeling woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	- -	-
Grave	- -	-
NOR	- -	- -

7.4.8 Leemten in kennis

De uitwerking van de integrale opwaardering van de Maaskade te Grave, die in KA 2 is voorgesteld, is nog niet bekend op het moment van schrijven. Mogelijk komen toch effecten in beeld voor de verkeersafwikkeling in Grave, indien de integrale opwaardering van de openbare ruimte verder wordt uitgewerkt tijdens de Planuitwerkingsfase.

Ook zal vermoedelijk meer geluidsoverlast ontstaan als gevolg van de verhoging van de dijk en daarmee van de provinciale weg N321. Dit is onafhankelijk van het wel of niet doorgaan van een gelijktijdige reconstructie van de N321. Om dit effect te bepalen zullen eerst geluidsonderzoeken moeten worden uitgevoerd.

7.5 Effectbeoordeling duurzaamheid

In deze paragraaf zijn de twee Kansrijke Alternatieven voor de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein beoordeeld op het gebied van duurzaamheid, volgens het beoordelingskader uit de Notitie Reikwijdte en Detailniveau[2]. Deze beoordeling is verlopen aan de hand van drie criteria die onderdeel uitmaken van het thema duurzaamheid. Op deze manier is vergeleken welk alternatief de minste impact heeft op het gebied van duurzaamheid. Deze analyse helpt tevens bij de keuzes om de doelen rondom duurzaamheid te behalen.

7.5.1 Criteria

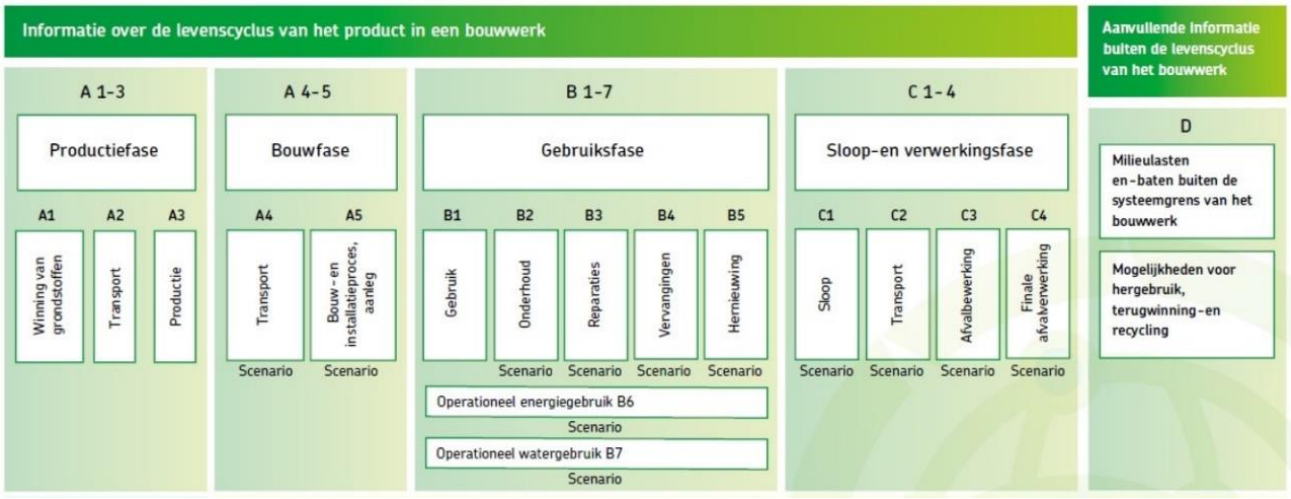
De volgende criteria zijn in dit MER gebruikt om het thema duurzaamheid te beoordelen:

1. CO_2-emissie;
2. Materialengebruik;
3. en de Circulaire Peiler.

7.5.2 Energieverbruik (CO_2)

Wijze van beoordelen

Het programma DuboCalc (versie 6.0) is gebruikt om de CO_2-uitstoot van de Kansrijke -Alternatieven inzichtelijk te maken. De CO_2-uitstoot is één van de elf milieueffecten die worden meegenomen in de DuboCalc berekeningen. Per object is de CO_2-equivalent berekend wat resulteert in de totale uitstoot per deelgebied en de totale uitstoot voor een geheel Kansrijke alternatief. Een hogere CO_2-equivalent, betekent een grotere uitstoot van CO_2. DuboCalc geeft de resultaten weer volgens de fases binnen een Levens Cyclus Analyse (LCA) (zie Figuur 7-21). Deze analyse gebruikt de fases om aan te geven waar de grootste uitstoot van een materiaal zit.



Figuur 7-21 Faseringen nationale milieudatabase

De CO_2-uitstoot voor het toepassen van de oplossingen met staal, ligt vooral in de productiefase. Bij de productie van staal komt namelijk veel CO_2 vrij. De oplossingen in grond veroorzaken in verhouding meer uitstoot in de bouwfase dan in de productiefase. Uitstoot in de bouwfase kan relatief makkelijk worden verminderd, bijvoorbeeld door het inzetten van elektrisch materieel. Het reduceren van de uitstoot die wordt veroorzaakt in de productiefase, is minder eenvoudig. Dit zou bijvoorbeeld verandering vereisen in het productieproces bij de leverancier.

Bij de beoordeling van het energieverbruik (CO_2) is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-50). Deze schaalverdeling heeft als doel om effecten ten opzichte van de referentiesituatie in beeld te brengen, maar ook om de Kansrijke Alternatieven ten opzichte van elkaar te kunnen vergelijken. Het Kansrijke Alternatief met de laagste CO_2-uitstoot wordt gescoord met "-" (hierbij is het uitgangspunt dat elke mate van CO_2-uitstoot onwenselijk is). Vervolgens is het andere Kansrijke Alternatief gescoord met "- -", indien sprake is van meer dan 10% meer CO_2-uitstoot dan in het beter scorende Kansrijke Alternatief. Positieve scores kunnen behaald worden wanneer de Kansrijke Alternatieven CO_2

uit de atmosfeer onttrekken en vastleggen of bijdragen aan CO2-reductie in zijn algemeenheid (bijvoorbeeld door middel van duurzame energieopwekking).

Tabel 7-50 Beoordelingsschaal energieverbruik (CO_2)

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke bijdrage aan doelstellingen omtrent CO_2-reductie
+ +	Er wordt meer dan 10% meer CO_2 uit de atmosfeer teruggewonnen en vastgelegd of bijgedragen aan CO_2-reductie in het algemeen dan in het andere Kansrijke Alternatief
+	Er wordt CO_2 uit de atmosfeer teruggewonnen en vastgelegd of bijgedragen aan CO_2-reductie in het algemeen
0	Er wordt vrijwel geen CO_2 uitgestoten of teruggewonnen
-	Er wordt CO_2 uitgestoten
- -	Er wordt meer dan 10% meer CO_2-uitgestoten dan bij het Kansrijke Alternatief met de minste CO_2-uitstoot
- - -	Overschrijding van wettelijke normen omtrent CO_2-uitstoot (n.v.t.)

Effectbeoordeling energieverbruik (CO_2)

Tabel 7-51 geeft de beoordeling weer van de Kansrijke Alternatieven per deelgebied. Deze scores zijn hieronder toegelicht.

Tabel 7-51 Beoordeling energieverbruik (CO_2)

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	-	- -
Grave	-	- -
NOR	-	- -

Beschrijving energieverbruik (CO_2)

Tabel 7-52 geeft de absolute uitstoot in kg CO_2-equivalent (CO_2-eq) weer voor elk KA en per deelgebied. De totale uitstoot in KA 2 (52.288.582 kg CO_2-eq) is 30% hoger dan de uitstoot in KA 1 (36.591.389 kg CO_2-eq). De minste uitstoot vindt plaats in deelgebied Grave in KA 1 (2.015.171kg CO_2-eq). De meeste uitstoot komt voor in deelgebied NOR in KA 2 (35.601.727 kg CO_2-eq).

Tabel 7-52 CO_2-equivalent per deelgebied in KA 1 en 2

DEELGEBIED	KG CO_2-EQ KA 1	KG CO_2-EQ KA 2
CUIJK	6.159.945	13.743.233
GRAVE	2.015.171	2.943.621
NOR	28.416.274	35.601.727
TOTAAL	36.591.389	52.288.582

Het vergelijken van de CO_2-uitstoot tussen deelgebieden onderling is alleen zinvol als de CO_2-uitstoot wordt gedeeld door de totale lengte van het betreffende deelgebied. De lengten van de deelgebieden verschillen immers fors. Voor de deelgebieden zijn de volgende lengten gehanteerd:

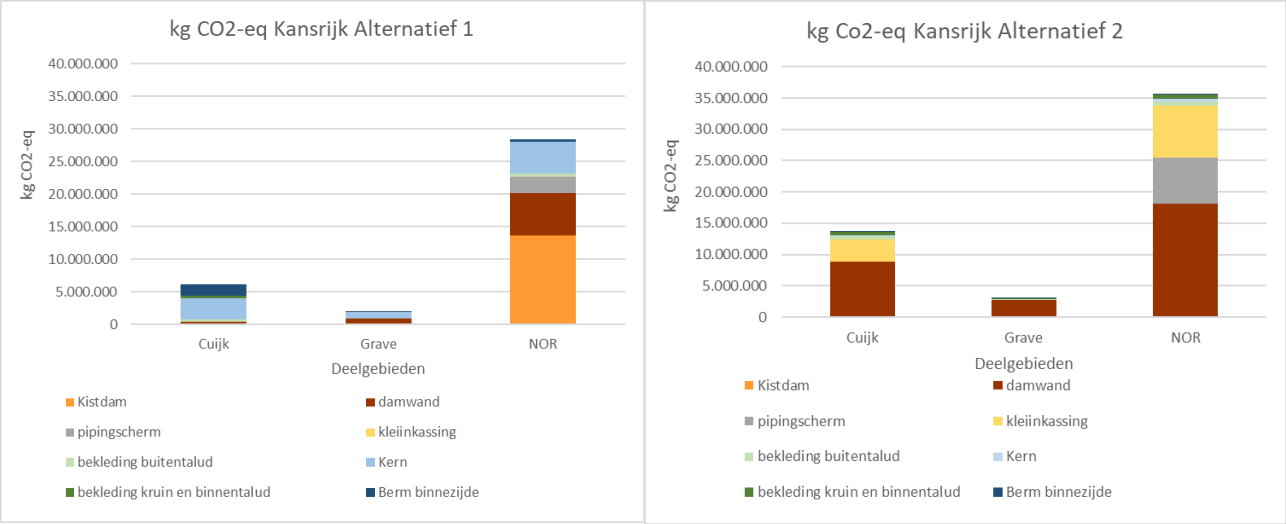
- Deelgebied Cuijk: 8.096 m;
- Deelgebied Grave: 3.259 m;
- Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR): 9.668 m.

Op basis van deze lengten is in Tabel 7-53 voor beide Kansrijke Alternatieven per deelgebied weergegeven hoeveel kg CO_2 wordt uitgestoten om een meter nieuwe waterkering te realiseren.

Tabel 7-53 CO_2-equivalent per meter per deelgebied in KA 1 en 2

DEELGEBIED	KG CO_2-EQ PER METER KA 1	KG CO_2-EQ PER METER KA 2
CUIJK	761	1.698
GRAVE	618	903
NOR	2.939	3.682

De resultaten worden in deze paragraaf besproken aan de hand van Figuur 7-22. Deze figuur geeft de totale uitstoot per deelgebied weer. De kleuren in de staven geven de uitstoot van de typen objecten (Tabel 7-54) weer binnen deze deelgebieden. Zo is goed te zien welke typen objecten de grootste uitstoot veroorzaken. De twee alternatieven worden met elkaar vergeleken. De objecten die in de beoordeling zijn meegenomen, zijn grondoplossingen en technische oplossingen.



Figuur 7-22 Totale uitstoot per deelgebied voor de KA's

Tabel 7-54 Toelichting bij de onderscheiden objecten (grondoplossingen en technische oplossingen)

OPLOSSING	TOELICHTING
GRONDOPLOSSINGEN	
KLEI-INKASSING	Het afgraven van aanwezige grond (zand) en aanbrengen van een laag klei
BEKLEDING BUITENTALUD	De bekleding die verwijderd en (opnieuw) aangebracht moet worden. Betreft klei en teellaag
KERN	Het grondvolume van de kern dat verwijderd en (opnieuw) aangebracht moet worden. Betreft volume van huidige kern, extra volume voor taludverflauwing en volume van de berm (excl. bermbekleding en teellaag)
BEKLEDING KRUIN EN BINNEN-TALUD	De bekleding die verwijderd en (opnieuw) aangebracht moet worden. Betreft klei, teellaag, bekleding en op sommige locaties een extra leeflaag
BERM BINNENZIJDE	Pipingberm en stabiliteitsberm. Het verwijderen van de teellaag van het huidige achterland waar de berm op geplaatst wordt. Daarnaast het aanbrengen van de bekleding en de teellaag

OPLOSSING	TOELICHTING
TECHNISCHE OPLOSSINGEN	
DAMWAND	Stalen damwanden/(stabiliteits)schermen, stalen gording, verankering met ankerstangen, groutankers en ankerplaten
KISTDAM	Stalen damwanden en legankers
PIPINGSCHERM	Stalen damwanden

Deelgebied Cuijk
In deelgebied Cuijk wordt in KA 1 de CO_2-uitstoot voornamelijk veroorzaakt door het aanbrengen van kernmateriaal (lichtblauw) en het plaatsen van de berm aan de binnenzijde (donkerblauw) welke voornamelijk bestaan uit grondwerk. In KA 2 vindt in deelgebied Cuijk vooral uitstoot plaats door de damwand (bruin) en klei-inkassing (geel). De totale uitstoot in dit deelgebied ligt hoger in KA 2 dan in KA 1. De uitstoot in KA 2 vindt voornamelijk plaats in de productiefase, wegens het toepassen van de damwand. Hierdoor scoort KA 1 beter dan KA 2 voor het deelgebied Cuijk. In KA 1 zijn de oplossingen vooral gezocht in grond. In KA 2 worden veel technische (verticale) oplossingen toegepast, met name bij de Haven Cuijk. De CO_2-uitstoot per meter bij KA 2 is 2,2× zo hoog als bij KA 1 in dit deelgebied. Dit leidt tot de scores "-" voor KA 1 en "- -" voor KA 2 in deelgebied Cuijk.

Deelgebied Grave
In deelgebied Grave vindt in KA 1 minder uitstoot plaats dan in KA 2. De meeste uitstoot bij KA 1 wordt veroorzaakt door het aanbrengen van kernmateriaal (lichtblauw) en de berm aan de binnenzijde (donkerblauw). Daarnaast wordt voor een deel ook technische oplossingen toegepast. In KA 2 is in deelgebied Grave de opgave voor een groot deel (bij de dr. Kanterslaan) opgelost door het plaatsen van een damwand (bruin). Daardoor resulteert in KA 2 de meeste uitstoot uit de productie van het benodigde staal voor deze damwand. Daarnaast zorgt de nieuwe buitendijkse oplossing rondom Bomvrije uit KA 2 voor meer CO_2-uitstoot dan het behouden van het huidige dijktraject uit KA 1. De CO_2-uitstoot per meter bij KA 2 is 1,5× zo hoog als bij KA 1 in dit deelgebied. Dit leidt tot de scores "-" voor KA 1 en "- -" voor KA 2 in deelgebied Grave.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
In deelgebied NOR vindt in beide Kansrijke Alternatieven opmerkelijk meer uitstoot per meter plaats dan in de deelgebieden Grave en Cuijk (twee- tot vijfmaal zoveel).
De uitstoot is in KA 1 voornamelijk toe te schrijven aan de kistdam (oranje) en de damwand (bruin). De uitstoot wordt vooral veroorzaakt door de productie van het staal voor beide oplossingen. Andere objecten, zoals de kern (lichtblauw) en het pipingscherm (grijs), dragen in mindere mate bij aan de uitstoot.
In KA 2 is de uitstoot vooral bepaald door de damwand (bruin) en de toepassing van een klei-inkassing (geel). Een deel van de uitstoot wordt veroorzaakt door het verwerken van grond (voornamelijk door klei-inkassing) en vindt daardoor plaats in de bouwfase. Het toepassen van de damwand en het pipingscherm (grijs), leidt vooral tot uitstoot in de productiefase.
De CO_2-uitstoot per meter bij KA 2 is 1,3× zo hoog als bij KA 1 in dit deelgebied. Dit leidt tot de scores "-" voor KA 1 en "- -" voor KA 2 in deelgebied NOR. Een belangrijke nuance hierbij is dat beide Kansrijke Alternatieven in dit deelgebied een – vergeleken met de andere deelgebieden – zeer hoge CO_2-uitstoot met zich meebrengen: KA 1 met name vanwege de kistdam bij Neerloon en KA 2 met name vanwege de lange aaneengesloten damwanden bij maatwerklocaties.

Conclusie energieverbruik (CO2)
Uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat bij KA 2 over de gehele linie meer CO_2 wordt uitgestoten dan in KA 1, als op het niveau van de deelgebieden wordt gekeken. Wanneer verder zou worden ingezoomd ontstaan nuances; zo zorgt bijvoorbeeld een oplossing zonder kistdam bij Neerloon (zoals in KA 2) voor minder CO_2-uitstoot dan de oplossing met kistdam (zoals in KA 1 is voorgesteld). Overigens vindt de uitstoot in KA 2 gerelateerd aan het toepassen van klei-inkassing plaats in de bouwfase. Door emissie-reducerende maatregelen toe te passen, kan deze uitstoot relatief eenvoudig worden gereduceerd ten opzichte van de uitstoot gerelateerd aan de productiefase. Verschillende maatregelen dragen bij aan het reduceren van de CO_2-uitstoot. In paragraaf 7.5.6 worden deze maatregelen omschreven.

7.5.3 Materialenverbruik

Wijze van beoordelen

Het programma DuboCalc (versie 6.0) is gebruikt om de milieueffecten van de Kansrijke Alternatieven inzichtelijk te maken op het gebied van materialengebruik. Het programma DuboCalc berekent de milieueffecten van de alternatieven op basis van het materialengebruik en omvat veel meer effecten dan alleen de CO_2-uitstoot (waaronder bijvoorbeeld de uitputting van fossiele energiedragers en aantasting van de ozonlaag). Deze milieueffecten worden via de 'schaduwprijs-methode' omgerekend tot één getal: de Milieukostenindicator (MKI). Deze methode omvat zowel het milieueffect, als wel het bedrijfseconomisch effect van een maatregel. De MKI is uitgedrukt in euro's. Hoe hoger de MKI, hoe groter de impact op het milieu. De berekeningen zijn uitgevoerd per KA, per deelgebied. Per object (toegelicht in Tabel 7-54) is de MKI berekend, wat resulteert in de totale milieu-impact per deelgebied en de totale impact voor een geheel Kansrijke Alternatief. DuboCalc geeft de resultaten weer volgens de fases binnen een Levens Cyclus Analyse (LCA) (Figuur 7-21 op pagina 125). Deze analyse gebruikt de fases om aan te geven waar de grootste uitstoot van een materiaal zit.

De milieu-impact van het toepassen van oplossingen met staal, ligt vooral in de productiefase. De productie van staal veroorzaakt namelijk een hoge impact op het milieu, onder andere wegens de uitstoot van CO_2. De oplossingen in grond veroorzaken in verhouding meer impact in de bouwfase, dan in de productiefase. Impact in de bouwfase kan relatief makkelijk worden verminderd, bijvoorbeeld door het inzetten van elektrisch materieel of door het gebruik van gebied-seigen grond. Het reduceren van de impact die wordt veroorzaakt in de productiefase, is minder eenvoudig. Dit zou bijvoorbeeld verandering vereisen in het productieproces bij de leverancier.

Bij de beoordeling van het materialenverbruik is de onderstaande vierpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-55). Deze schaal-verdeling heeft als doel om effecten ten opzichte van de referentiesituatie in beeld te brengen, maar ook om de Kansrijke Alternatieven ten opzichte van elkaar te kunnen vergelijken. Het Kansrijke Alternatief met de laagste MKI-waarde wordt gescoord met "-" (hierbij is het uitgangspunt dat elke mate van milieu-impact onwenselijk is). Vervolgens is het andere Kansrijke Alternatief gescoord met "- -", indien bij dat Kansrijke Alternatief sprake is van een meer dan 10% hogere MKI-waarde dan bij het beter scorende Kansrijke Alternatief.

Tabel 7-55 Beoordelingsschaal materialenverbruik

Score	Toelichting
0	Het materialenverbruik heeft geen milieuimpact (MKI-waarde 0)
-	Het materialenverbruik heeft milieuimpact (MKI-waarde >0)
- -	Er is sprake van een 10% hogere MKI-waarde dan bij het Kansrijke Alternatief met de laagste MKI-waarde
- - -	Overschrijding van wettelijke normen omtrent milieuimpact (n.v.t.)

Effectbeoordeling materialenverbruik

Tabel 7-56 geeft de beoordeling weer van de Kansrijke Alternatieven per deelgebied. Deze scores zijn hieronder toegelicht.

Tabel 7-56 Beoordeling materialenverbruik

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	-	- -
Grave	-	- -
NOR	-	-

Beschrijving materialenverbruik

Tabel 7-57 geeft de totale MKI-waarde weer per deelgebied, per KA, onderverdeeld in het soort oplossing (grondoplossingen en langconstructies). Onder grondoplossingen zijn de volgende elementen gerekend: klei-inkassing, bekleding buitentalud, kern, bekleding kruin en binnentalud en berm binnenzijde. Onder langconstructies is gerekend: de damwand, de kistdam en het pipingscherm. In de twee rechterkolommen is weergegeven wat de MKI-waarden per meter zijn, zodat deelgebieden onderling vergeleken kunnen worden.

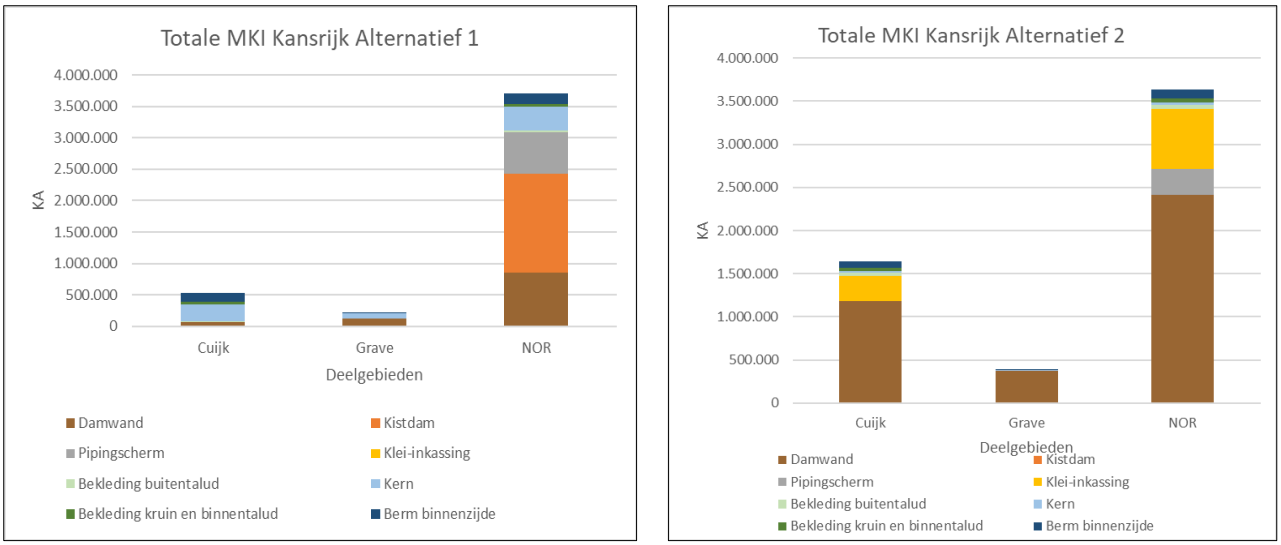
Tabel 7-57 MKI-waarde in euro's per oplossing, per deelgebied, per KA, in totaal én per meter

DEELGEBIED	OPLOSSING	TOTALE MKI IN EURO'S KA 1	TOTALE MKI IN EURO'S KA 2	MKI PER METER IN EURO'S KA 1	MKI PER METER IN EURO'S KA 2
CUIJK	**Grond**	464.018	458.830	57	57
	Langconstructies	61.199	1.180.448	8	146
	Totaal	**525.217**	**1.639.277**	**65**	**202**
GRAVE	**Grond**	97.965	18.475	30	6
	Langconstructies	122.398	372.873	38	114
	Totaal	**220.363**	**391.347**	**68**	**120**
NOR	**Grond**	623.534	916.598	64	95
	Langconstructies	3.082.967	2.713.734	319	281
	Totaal	**3.706.501**	**3.630.332**	**383**	**375**
TOTAAL	**Grond**	1.185.517	1.393.903	56	66
	Langconstructies	3.266.564	4.267.055	155	203
	Totaal	**4.452.082**	**5.660.956**	**212**	**269**

De totale MKI in KA 2 (€ 5.660.956) is 21% hoger dan de totale MKI in KA 1 (€ 4.452.082). In deelgebied Cuijk en Grave ligt de MKI waarde voor KA 1 in beide deelgebieden lager dan in KA 2. In deelgebied NOR is de MKI waarde voor beide Kansrijke Alternatieven nagenoeg gelijk. De materialen die zijn gebruikt in KA 1, hebben in totaal (alle deelgebieden samen) een lagere impact op het milieu dan de materialen in KA 2.

Uit Tabel 7-57 blijkt dat de langconstructies in KA 2 meer impact op het milieu veroorzaken dan in KA 1. Dit komt doordat in KA 2 de oplossing meer gezocht is in de technische oplossingen (langconstructies). Het toepassen van grond leidt tot een lagere impact op het milieu, omdat onder anderen geen staal geproduceerd hoeft te worden.

Naast de milieueffecten die worden meegenomen in de MKI, geldt ook dat grond een langere levensduur heeft en meer kansen biedt voor hergebruik. Hiermee draagt het gebruik van grond bij aan circulariteit.



Figuur 7-23 MKI in euro's voor de verschillende deelgebieden. Links is KA 1 en rechts KA 2.

De resultaten worden besproken aan de hand van Figuur 7-23. Deze figuur geeft de MKI per deelgebied weer voor beide alternatieven. De kleuren in de staven geven de uitstoot van de objecten weer binnen deze deelgebieden. Zo is goed te zien waar de grootste impact op het milieu zit.

KA 1 (zie Figuur 7-23) heeft in deelgebied Cuijk en Grave een lagere MKI waarde dan KA 2 en heeft daarmee in deze deelgebieden een kleinere impact op het milieu. In deelgebied NOR is de MKI waarde nagenoeg gelijk tussen KA 1 en KA 2.

Deelgebied Cuijk
Deelgebied Cuijk in KA 1 heeft een veel lagere MKI-waarde dan deelgebied Cuijk in KA 2. In KA 1 worden in dit deelgebied weinig technische oplossingen toegepast, maar voornamelijk oplossingen in grond, zoals het aanbrengen van kernmateriaal en de binnenzijde (licht en donker blauw). In KA 2 is de MKI-waarde per meter in deelgebied Cuijk ruim 3× hoger dan in KA 1. Dit leidt tot de scores "-" voor KA 1 en "- -" voor KA 2 in deelgebied Cuijk.

Deelgebied Grave
In KA 1 ligt de MKI-waarde voor deelgebied Grave lager dan in KA 2. In KA 1 worden in dit deelgebied technische oplossingen toegepast, namelijk een damwand (bruin). Daarnaast worden ook grondoplossingen toegepast. In deelgebied Grave in KA 2 worden meer technische oplossingen toegepast dan in KA 1, voornamelijk veroorzaakt door de damwand (bruin). In KA 2 worden nauwelijks grondoplossingen toegepast. Het toepassen van technische oplossingen leidt tot meer milieu-impact in de productiefase. In KA 2 is de MKI-waarde per meter in deelgebied Grave 1,8× hoger dan in KA 1. Dit leidt tot de scores "-" voor KA 1 en "- -" voor KA 2 in deelgebied Grave.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
De MKI waarde in deelgebied NOR in KA 1 is vergelijkbaar met de MKI-waarde in deelgebied NOR in KA 2. De voornaamste milieu-impact in KA 1 wordt veroorzaakt door de technische oplossingen, namelijk de kistdam (oranje), de damwand (bruin) en het pipingscherm (grijs). In deelgebied NOR in KA 2 worden meer technische oplossingen (damwand en pipingscherm) toegepast dan grondoplossingen. Echter, in KA 2 worden minder technische oplossingen toegepast dan in KA 1. Hiervoor zijn grondoplossingen in de plaats gekomen, namelijk klei-inkassingen (geel). In KA 2 is de MKI-waarde per meter in deelgebied NOR 2% lager dan in KA 1. De MKI-waarden van de KA's zijn dus bijna gelijk in dit deelgebied. Dit leidt tot de scores "-" voor KA 1 en "-" voor KA 2 in deelgebied NOR.

Conclusie materialenverbruik
Uit deze resultaten kan worden geconcludeerd dat de meeste impact gerelateerd aan materialengebruik in KA 1 toe te schrijven is aan het gebruik van de kistdam en damwanden. In KA 2 is de voornaamste conclusie dat het gebruik van damwanden een grote impact heeft op het milieu. Dit veroorzaakt in deelgebied Cuijk en Grave een relatief negatieve

beoordeling. Het toepassen van klei-inkassingen (grondoplossing) in KA 2 leidt in deelgebied NOR tot een bijna gelijke MKI-waarde aan die van KA 1.
Hier geldt ook, net als bij de CO_2-uitstoot, dat de impact op het milieu per meter nieuwe waterkering in het deelgebied NOR aanzienlijk hoger is dan in de deelgebieden Cuijk en Grave.

Verschillende maatregelen kunnen bijdragen aan het reduceren van de impact van het materialengebruik op het milieu. In paragraaf 7.5.6 zijn deze maatregelen omschreven.

7.5.4 Circulariteit

Wijze van beoordelen

De Circulaire Peiler[52] is opgesteld als beoordelingskader voor het aspect circulariteit. Het doel van de Peiler is het stimuleren van duurzame, circulaire ontwikkelingen en het in kaart brengen van maatregelen die effectief bijdragen aan circulariteit. De Peiler wordt toegepast op dijkverbeteringsprojecten. De beoordeling verloopt via acht ontwerpprincipes. Per ontwerpprincipe worden de gerealiseerde doelstellingen aangegeven en omgerekend naar een puntensysteem. Hoe hoger het uiteindelijke (gewogen) punt, de CPI (Circulair Peil Index), hoe beter het project scoort op circulariteit, waarbij een score van 100 maximaal is. Tabel 7-58 geeft de acht ontwerpprincipes van de Circulaire Peiler weer.

Tabel 7-58 De acht ontwerpprincipes van de Circulaire Peiler

nr.	Ontwerpprincipe
1	Voorkómen: niet doen wat echt niet hoeft
2	Verleng de levensduur van bestaande objecten of componenten
3	Duurzaam gebruik van bestaande objecten, materialen, grondstoffen en natuurlijke processen
4	Ontwerp voor meerdere levenscycli
5	Ontwerp toekomstbestendig
6	Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud
7	Duurzaam materiaalgebruik (milieubelasting van het materiaal)
8	Ontwerp voor minimaal grondstof- en energiegebruik in de aanleg/gebruiksfase

De doelstellingen binnen de ontwerpprincipes bepalen dus de ‘score’ op elk ontwerpprincipe. In de Peiler wordt gevraagd om de “hoogste” doelstelling te selecteren die in het project is gerealiseerd. Wanneer een hogere doelstelling wordt geselecteerd in de Peiler, leidt dit tot een hogere eindscore en dus een hogere beoordeling op circulariteit.

De Circulaire Peiler is ingevuld voor de Verkenningsfase van het project Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein. Deze is ingevuld voor de twee Kansrijke Alternatieven. Hierbij dient rekening te worden gehouden met het feit dat de Circulaire Peiler een totaalscore geeft *per KA*, terwijl de beoordeling in dit MER verloopt *per deelgebied*. Dit wil zeggen dat een eventueel verschil in score tussen de deelgebieden niet altijd terug te zien is in de totaalscore van de Kansrijke Alternatieven in de Circulaire Peiler. Een verschil in circulariteit per deelgebied is vaak niet voldoende om het volledige alternatief hoger te beoordelen op een bepaald ontwerpprincipe. Desondanks zijn de verschillen per deelgebied wel meegenomen in de beoordeling. Wanneer een maatregel binnen een deelgebied geen negatief effect heeft op de ontwerpprincipes van de Circulaire Peiler, is deze neutraal beoordeeld (“0”). Wanneer een maatregel binnen een deelgebied een negatief effect heeft op de ontwerpprincipes, is gekozen voor een negatieve beoordeling (“-”). Een hogere score op de Circulaire Peiler betekent dus een hogere beoordeling op het gebied van circulariteit. Bij de beoordeling van circulariteit is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-59).

Tabel 7-59 Beoordelingsschaal circulariteit

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterk positief effect op de ontwerpprincipes van de Circulaire Peiler
+ +	Sterk positief effect op de ontwerpprincipes van de Circulaire Peiler
+	Positief effect op de ontwerpprincipes van de Circulaire Peiler
0	Geen negatief effect op de ontwerpprincipes van de Circulaire Peiler
-	Negatief effect op de ontwerpprincipes van de Circulaire Peiler
- -	Sterk negatief effect op de ontwerpprincipes van de Circulaire Peiler
- - -	Zeer sterk negatief effect op de ontwerpprincipes van de Circulaire Peiler

In de effectbeoordeling zijn meekoppelkansen *niet* meegenomen in de beoordeling, op een aantal uitzonderingen na in deelgebied Grave, die inherent zijn verbonden aan het dijkontwerp (zoals meekoppelkans 15; woningen Bomvrije binnendijks brengen). De overige meekoppelkansen zijn separaat beoordeeld in paragraaf 7.11.

Eerst zullen per KA de ontwerpprincipes besproken worden die bijdragen aan het verschil in beoordeling *per deelgebied*. Daarna zullen toelichtingen die niet specifiek voor één deelgebied gelden worden omschreven *per KA*.

Effectbeoordeling circulariteit

Tabel 7-60 geeft de beoordeling weer op het gebied van circulariteit *per deelgebied*. Het merendeel van de deelgebieden scoort neutraal. Deelgebied Grave in KA 2 scoort negatief op circulariteit. Deze beoordelingen zijn hieronder toegelicht.

Tabel 7-60 Beoordeling circulariteit

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	-
NOR	0	0

Effectbeschrijving circulariteit

Figuur 7-24 geeft de gewogen scores weer van het invullen van de Circulaire Peiler voor KA 1 en KA 2, op basis van de 8 ontwerpprincipes. Doordat de Peiler zich voornamelijk richt op het beoordelen van voorafgaand onderzoek binnen het project, zijn de resultaten voor KA 1 en KA 2 erg vergelijkbaar. Mogelijke verschillen zijn vaak afhankelijk van het wel of niet meenemen van meekoppelkansen in de beoordeling per deelgebied.



Figuur 7-24 Resultaten KA 1 (links) en KA 2 (rechts) op de Circulaire Peiler

Hoewel de scores in Figuur 7-24 niet verschillen tussen de alternatieven, zijn toch verschillen aanwezig tussen de alternatieven. Deze verschillen zijn niet zichtbaar in de totaalscore, omdat ze niet leiden tot een hogere of lagere waarde binnen de ontwerpprincipes. Desondanks worden deze verschillen in onderstaande paragraaf kort toegelicht *per deelgebied.* Daarna worden ook de verschillen *per Kansrijk Alternatief* onder elkaar gezet.

Circulaire Peiler KA 1

Het invullen van de Circulaire Peiler voor KA 1 geeft als resultaat een CPI van 46. Ten opzichte van de maximale score (100), is deze score relatief laag. Overigens is deze lage score gedeeltelijk toe te schrijven aan het feit dat bepaalde maatregelen in deze fase van de Verkenningsfase nog niet aan bod komen, zoals het gebruik van materialenpaspoorten of onderzoek naar duurzame alternatieven voor de materialen en aan te voeren grondstromen. Daardoor kunnen geen punten toegekend worden aan de betreffende ontwerpprincipes. Voor de maatregelen die wél al getroffen zijn, zijn voornamelijk punten toegekend aan de ontwerpprincipes *voorkómen* en *toekomstgericht ontwerpen.*

Beoordeling deelgebieden Grave, Cuijk en NOR

Een specifiek kenmerk van deelgebied Grave in KA 1, is het behouden en versterken van de dijk bij Bomvrije, in plaats van deze te verleggen (zie KA 2). De totale opgave van het project wordt hiermee beperkt in deelgebied Grave, wat bijdraagt aan het eerste ontwerpprincipe van de Circulaire Peiler, namelijk; *niet doen wat echt niet hoeft*. Werkzaamheden en het gebruik van materialen worden beperkt. Echter leidt dit niet tot een hogere doelstelling binnen dit ontwerpprincipe. Daardoor is ondanks het verleggen van de dijk geen verschil te zien tussen de totale CPI-score van KA 1 en KA 2. Het *verleggen* van de dijk in KA 2, heeft wel effect op de beoordeling in dit MER (zie omschrijving bij KA 2).

In deelgebied Cuijk vinden geen specifieke activiteiten plaats die van grote invloed zijn op de ontwerpprincipes. Afhankelijk van meekoppelkansen, zoals het behouden van de huidige keersluis in plaats van deze te vervangen, zou dit in de toekomst wel het geval kunnen zijn. Daarmee wordt het tweede ontwerpprincipe verbeterd; *het verlengen van de levensduur van bestaande objecten*. Voor nu is dit deelgebied neutraal beoordeeld op circulariteit.

In KA 1 wordt bij Neerloon (deelgebied NOR), de hoogte- en stabiliteitsopgave opgelost door middel van een kistdam in de huidige tuimelkade. Voor het aanleggen van een kistdam is staal nodig, een materiaal dat lager scoort wat betreft circulariteit dan grond. Dit materiaalgebruik dat specifiek plaatsvindt in deelgebied NOR, heeft een negatieve invloed op het achtste ontwerpprincipe van de Peiler, namelijk; *ontwerpen voor minimaal grondstof- en energiegebruik in de aanleg/gebruiksfase*. Desondanks wordt dit effect niet meegenomen in de beoordeling van het deelgebied ten opzichte van de referentiesituatie, omdat dit slechts een klein deel van het tracé (en daarom relatief weinig materiaalgebruik en werkzaamheden) betreft. Daardoor zal het effect hiervan op de totale circulariteit slechts klein zijn.

Circulaire Peiler KA 2

Het invullen van de Circulaire Peiler voor KA 2, geeft dezelfde CPI-waarde van 46. Deze identieke score ontstaat doordat voorafgaand onderzoek en berekeningen voor beide alternatieven gelijk zijn. Ook hier geldt dus dat de relatief lage score gedeeltelijk toe te schrijven is aan het feit dat bepaalde onderzoeken of maatregelen nog niet in de Verkenningsfase aan bod komen en daardoor geen punten toegekend kunnen worden aan de betreffende ontwerpprincipes.

Beoordeling deelgebieden Grave, Cuijk en NOR

Specifiek in deelgebied Grave is in KA 2 gekozen om de bestaande dijk bij Bomvrije te verleggen. De totale opgave van het project wordt hierdoor vergroot in deelgebied Grave, wat een negatief effect heeft op het eerst ontwerpprincipe (*niet doen wat echt niet hoeft)* van de Peiler. Echter leidt dit niet tot een lagere doelstelling binnen dit ontwerpprincipe. Daardoor is ondanks het verleggen van de dijk geen verschil te zien tussen de totale CPI-score van KA 1 en KA 2. Dit verschil is wel meegenomen in de beoordeling in dit MER. Omdat voor het verleggen van de dijk meer werkzaamheden en materiaal nodig zal zijn, scoort het deelgebied slechter op het gebied van duurzaamheid dan KA 1.

In deelgebied Cuijk vinden geen specifieke activiteiten plaats die van grote invloed zijn op de ontwerpprincipes. Afhankelijk van meekoppelkansen, zoals het behouden of niet-behouden van de keersluis, zou dit in de toekomst wel het geval kunnen zijn. Voor nu is dit deelgebied neutraal beoordeeld.

In KA 2 zijn een aantal (verticale) maatwerkoplossingen nodig bij de tuimeldijk in deelgebied NOR. Het effect van deze maatregelen op de ontwerpprincipes wordt laag ingeschat omdat het om relatief weinig materiaal gaat, en dus is geen effect meegenomen in de beoordeling van deelgebied NOR.

Vergelijking Circulaire Peiler KA 1 en KA 2

De totaalscores van de Kansrijke Alternatieven zijn ook afhankelijk van een aantal aspecten die niet specifiek voor één deelgebied gelden. Tabel 7-61 licht deze aspecten toe per ontwerpprincipe voor KA 1 en 2 (hierin zijn alleen de ontwerpprincipes opgenomen waarbij een score hoger dan 0 is behaald). In deze tabel wordt toegelicht hoe de doelstellingen uit de Circulaire Peiler hebben geleid tot de totale CPI-score.

Tabel 7-61 Vergelijking Kansrijke Alternatieven op basis van niet-deelgebied-specifieke aspecten (let op: hierin zijn alleen de ontwerpprincipes opgenomen waarbij een score hoger dan 0 is behaald)

	DOELSTELLINGEN PER ONTWERPPRINCIPE	KA 1	KA 2
PRINCIPE 1: VOORKÓMEN	Verkleinen van de omvang van de opgave (middels efficiëntere oplossingen, onderzoeken van meekoppelkansen, verkennend onderzoek en MKI-berekeningen).	Voldoet wegens MKI berekeningen aan hogere waarde.	Voldoet wegens MKI berekeningen aan hogere waarde.
PRINCIPE 2: VERLENGEN VAN DE LEVENSDUUR VAN BESTAANDE OBJECTEN	Systematisch onderzoeken hoe de levensduur van bestaande objecten verlengd kan worden.	Het verlengen van de levensduur van bestaande objecten is onderzocht. Voldoet (nog) niet aan de eisen van een hogere waarde.	Het verlengen van de levensduur van bestaande objecten is onderzocht. Voldoet (nog) niet aan de eisen van een hogere waarde. In latere fase scoort dit alternatief mogelijk lager dan alternatief 1, wegens de verlegging van de dijk bij bomvrije.
PRINCIPE 4: ONTWERP VOOR MEERDERE LEVENSCYCLI	Onderzoeken van de herbruikbaarheid van materialen en toepassing van een “materialenpaspoort”.	Gebruik van materialenpaspoorten nog niet meegenomen. Wel is een grondbalans opgesteld en wordt het gebruik van materialenpaspoort overwogen.	In dit alternatief wordt meer gebruik gemaakt van grond, waardoor het ontwerp geschikt is voor meerdere levenscycli. De kwaliteit en levensduur van de grond is namelijk hoger dan andere materialen zoals staal of kunststof. Gebruik van materialenpaspoorten nog niet meegenomen. Wel is een grondbalans opgesteld en wordt het gebruik van materialenpaspoort overwogen.
PRINCIPE 5: TOEKOMST GERICHT ONTWERPEN	Toekomstgericht en adaptief ontwerpen en betrekken van de omgeving bij de planvorming.	Afhankelijk van de mate waarin gebiedsambities worden meegenomen. Meerdere gebiedsambities vallen momenteel onder meekoppelkansen. Wanneer deze in de toekomst worden meegerekend, stijgt de score op dit ontwerpprincipe	Afhankelijk van de mate waarin gebiedsambities worden meegenomen. Meerdere gebiedsambities vallen momenteel onder meekoppelkansen. Wanneer deze in de toekomst worden meegerekend, stijgt de score op dit ontwerpprincipe

	DOELSTELLINGEN PER ONTWERPPRINCIPE	KA 1	KA 2
PRINCIPE 7: DUURZAAM MATERIAALGEBRUIK	Onderzoeken van de milieuimpact en circulariteit van zo veel mogelijk alternatieven (liefst meer dan drie).	Wel berekeningen gemaakt met DuboCalc. Geen vergelijking gemaakt tussen meer dan drie alternatieven.	Wel berekeningen gemaakt met DuboCalc. Geen vergelijking gemaakt tussen meer dan drie alternatieven.
PRINCIPE 8: MINIMAAL ENERGIEVERBRUIK	Onderzoeken van mogelijkheden om energieverbruik tijdens de aanlegfase en van toekomstige gebruikers te beperken en om hernieuwbare energie op te wekken	Onderzoek gedaan naar het aanleggen van zonnepanelen. Slechts beperkt mogelijk binnen het project en dus gekozen om geen hernieuwbare energie toe te passen.	Onderzoek gedaan naar het aanleggen van zonnepanelen. Slechts beperkt mogelijk binnen het project en dus gekozen om geen hernieuwbare energie toe te passen.
PRINCIPE 8: MINIMAAL GRONDSTOFVERBRUIK	Onderzoeken van mogelijkheden om grondstofverbruik tijdens de aanlegfase en van toekomstige gebruikers te beperken	Voor- en nadelen afhankelijk van beschikbare gebiedseigen grond. Weinig bekend over beschikbare klei, dus geen invloed op beoordeling.	Buitendijks versterken met behulp van klei-inkassing is het vertrekpunt. Voor- en nadelen afhankelijk van beschikbare gebiedseigen grond. Weinig bekend over beschikbare klei, dus geen invloed op beoordeling. Daarnaast vooralsnog geen grote effecten van de aaneengesloten pipingberm en -scherm trajecten meegenomen. Betreft slechts kleine verschillen wat betreft materialen en energieverbruik
BONUSPUNTEN	Optioneel: voor innovatieve additionele maatregelen kunnen bonuspunten worden gegeven.	Geen bonuspunten toegekend. In toekomst afhankelijk van meekoppelkansen.	Geen bonuspunten toegekend. In toekomst afhankelijk van meekoppelkansen.

Conclusie circulariteit

In de totaalcijfers van de Circulaire Peiler zit tussen de twee alternatieven geen verschil in de score. Wanneer we kijken naar de deelgebieden apart, is er in deelgebied Grave een groot verschil, wegens het behouden van de dijk bij Bomvrije in KA 1, waar in KA 2 de dijk verlegd wordt. Daarom scoort KA 1 in de beoordeling beter op circulariteit dan KA 2 in deelgebied Grave. De overige verschillen tussen de Kansrijke Alternatieven geven geen andere scores op de Circulaire Peiler, ondanks de verschillen in details. Bij verdere uitwerking kunnen deze alsnog leiden tot verschillen.

7.5.5 Conclusie effecten duurzaamheid

Voorgaande beoordelingen op het gebied van CO_2-uitstoot, materialengebruik en de Circulaire Peiler staan onder elkaar weergegeven in Tabel 7-62. De eindbeoordeling is weergegeven in Tabel 7-63. Hierin krijgt deelgebied NOR een "- -" bij beide Kansrijke Alternatieven, aangezien de CO_2-uitstoot en de milieuimpact per meter nieuwe waterkering bij beide Kansrijke Alternatieven veel hoger is in dit deelgebied dan bij de andere deelgebieden.

Ten aanzien van CO_2-uitstoot is KA 2 steeds negatiever beoordeeld dan KA 1. Dit is toe te schrijven aan het inzetten van meer een stalen damwanden, waarvoor de productie van staal nodig is. Bij deze productie wordt relatief veel CO_2 uitgestoten. Wanneer verder dan op deelgebied-niveau zou worden ingezoomd, ontstaan nuances; zo zorgt bijvoorbeeld een oplossing zonder kistdam bij Neerloon (zoals in KA 2) voor minder CO_2-uitstoot dan de oplossing met kistdam (zoals in KA 1 is voorgesteld).

Ten aanzien van materialengebruik scoort KA 2 ook steeds negatiever dan KA 1, behalve in deelgebied NOR. Hierbij is een belangrijke nuance dat de milieuimpact van beide Kansrijke Alternatieven hier veel hoger is dan in de andere deelgebieden. De impact op het milieu van het materialengebruik (MKI) in deelgebied NOR, is voornamelijk hoog wegens de productie van staal voor de damwand en kistdam.

Tot slot zijn negatieve effecten te verwachten op circulariteit in deelgebied Grave in KA 2, namelijk wegens het verleggen van de dijk bij Bomvrije. Hierbij komen relatief veel werkzaamheden en materialen aan te pas vergeleken met het hergebruik en behoud van het huidige dijktracé in KA 1.

Tabel 7-62 Effectbeoordelingen duurzaamheid, per aspect

	Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
CO_2-uitstoot	**Cuijk**	-	- -
	Grave	-	- -
	NOR	-	- -
Materialengebruik	**Cuijk**	-	- -
	Grave	-	- -
	NOR	-	-
Circulariteit	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	-
	NOR	0	0

Tabel 7-63: Eindbeoordeling duurzaamheid

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	-	- -
Grave	-	- -
NOR	- -	- -

7.5.6 Mitigatie CO_2-uitstoot en milieu-impact materialengebruik

Een aantal maatregelen kunnen worden ingezet om de milieu-impact, zoals de CO_2-uitstoot en impact gerelateerd aan materialengebruik (MKI), in de deelgebieden te reduceren. Onderstaande maatregelen leiden vooral tot een duurzame materiaalkeuze of tot een reductie van de materialen die worden ingezet voor de dijkverbetering. De productie van deze materialen (de productiefase) veroorzaakt namelijk de meeste uitstoot van CO_2 en de grootste impact op het milieu. De meeste winst valt daarom te behalen door maatregelen in te zetten die zich richten op de productiefase; winning van grondstoffen, transport en productie.

Ten eerste verlaagt het hergebruik van bestaande damwanden (uit eigen of andere dijklichamen) de milieu-impact op het gebied van CO_2-uitstoot en materialengebruik. Hierdoor hoeven namelijk minder nieuwe materialen (zoals staal) geproduceerd te worden. Het hergebruik van damwanden kan ingewikkeld zijn, omdat damwanden moeten voldoen aan een bepaalde draagkracht, maten en diktes. Damwanden met deze specifieke kenmerken zijn niet altijd beschikbaar. Daarnaast leidt het aanbrengen van de damwand in de dijkteen tot een langere uitstoot dan het aanbrengen van de damwand in de dijkkruin. In de dijkteen zijn namelijk kortere damwanden nodig, waardoor minder materiaal nodig is.

Het sturen op grondoplossingen is van belang om de impact gerelateerd aan materiaalgebruik te reduceren. Namelijk doordat de MKI voor het gebruik van grond lager ligt vergeleken staal. Grond heeft daarnaast een langere levensduur en is beter geschikt voor hergebruik en circulariteit. Tevens is de impact van het gebruik van grond vooral veroorzaakt door het graven, verwerken en verplaatsen van grond dus de uitstoot door het materieel. Dit geeft een grote kans hier verbeteringen in te maken bij het gebruik van bijvoorbeeld elektrische machines, lokale winning (en daarmee beperking van transport) en transport over water. Ook kan worden gekozen om het staal te vervangen door hout of kunststof. De MKI voor deze materialen ligt lager dan die van staal. Daartegenover staat dat materialen zoals hout en kunststof een

kortere levensduur hebben, waardoor meer onderhoud vereist is. Daarnaast kan worden ingezet op innovatie pipingoplossingen zoals een grofzandbarrière.

In het geval dat toch gekozen wordt voor het gebruik van staal, heeft de keuze rondom de leverancier van staal invloed op de milieu-impact. Sommige producenten produceren op een duurzamere manier dan andere, of liggen dichterbij waardoor de transportafstanden worden verkleind. Daarnaast valt ook veel energie te besparen door het recyclen van metaal. Recycling van staal vraagt namelijk aanmerkelijk minder energie vergeleken het winnen en verwerken van erts tot bruikbaar metaal.

De CO_2-uitstoot in de bouwfase wordt gereduceerd door het gebruik van elektrisch materieel ten opzichte van niet-elektrisch materieel. Het is van belang dat bij het inzetten van elektrisch materieel *niet* wordt opgeladen op dieselaggregaten of grijze stroom. De voorkeur gaat uit naar duurzame energiebronnen. De meeste winst is te behalen door het materieel dat wordt gebruikt voor het verplaatsen en verwerken van de zwaarste materialen te vervangen door schoner/elektrisch materieel. Voor het verplaatsen van deze materialen is namelijk de meeste energie nodig.

7.6 Effectbeoordeling bodem

7.6.1 *Criteria*

De criteria waaruit de effectbeoordeling bodemt is opgebouwd, zijn:

- de effecten op **aanwezige bodemverontreinigingen**;
- **het benodigde grondverzet**;
- en de effecten op **maaivelddaling**.

7.6.2 *Effecten op aanwezige bodemverontreinigingen*

Wijze van beoordelen

De effecten op de bekende aanwezige bodemverontreinigingen zijn tot stand gekomen middels een kwalitatief deskundigenoordeel. Bij de beoordeling van de bodemkwaliteit is gelet op de eindsituatie ten opzichte van de referentiesituatie, die is beschreven in paragraaf 2.4.7. Het gaat hier dus expliciet niet om de uitvoeringsfase (waarvoor bijvoorbeeld BUS-meldingen en saneringsplannen benodigd zijn). Eventuele kosten en belemmeringen voor de uitvoering zijn beoordeeld via het criterium 'benodigd grondverzet' (paragraaf 0).

In het rapport "Vooronderzoek bodem- en waterbodemonderzoek, Verkenning Cuijk-Ravenstein"[31] is een overzicht opgenomen van de lokale gevallen van bodemverontreiniging. De informatie uit deze rapportage is gebruikt voor de effectbeoordeling. Aangenomen is dat alleen effecten op bodemkwaliteit ontstaan wanneer het ruimtebeslag van de maatregelen daadwerkelijk een bodemverontreiniging raakt. Bij de beoordeling van de effecten op aanwezige bodemverontreinigingen is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-64).

Tabel 7-64 Beoordelingsschaal effecten op aanwezige bodemverontreinigingen

Score	Toelichting
+ + +	Zeer veel saneringen van bestaande bodemverontreiniging
+ +	Veel sanering van bestaande bodemverontreiniging
+	Lokale sanering van bestaande bodemverontreiniging
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Beperkte verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie

Effectbeoordeling aanwezige bodemverontreinigingen

In Tabel 7-65 is per deelgebied weergegeven hoe de Kansrijke Alternatieven zijn beoordeeld als het gaat om de effecten op aanwezige bodemverontreinigingen.

Tabel 7-65 Beoordeling effecten op aanwezige bodemverontreinigingen

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	+
NOR	0	0

Beschrijving effecten op aanwezige bodemverontreinigingen

Deelgebied Cuijk

Langs het tracé, ter hoogte van het adres Lange Ooijen 16, is sprake van een geval van bodemverontreiniging in grond- en grondwater met minerale olie. Het is onbekend of sanering heeft plaatsgevonden en wat de actuele verontreinigingssituatie is. De locatie grenst aan een maatwerklocatie. Indien er geen sanering heeft plaatsgevonden kunnen zowel KA

1 (leeflaag) als KA 2 (verticale pipingconstructie die verspreiding van de grondwaterverontreiniging kan tegengaan) in potentie een verbetering zijn.

Verderop is sprake van een potentieel geval van bodemverontreiniging aan de Keersluisweg 9. Ook voor deze locatie geldt, afhankelijk van de actuele verontreinigingssituatie, dat zowel KA 1 als KA 2 in potentie een verbetering kunnen zijn.

Aangezien het slechts gaat om potentiële positieve effecten op de bodemkwaliteit, zijn beide Kansrijke Alternatieven voor dit deelgebied als neutraal ("0") beoordeeld.

Deelgebied Grave
Ter plaatse van de Prinsenstal in Grave is sprake van een geval van bodemverontreiniging ten aanzien van zink en lood in de ondergrond. Voor zover bekend is deze verontreiniging niet gesaneerd. De voorgenomen maatregelen (verticale pipingconstructie in KA 1) gaan de verontreiniging naar verwachting niet noemenswaardig beïnvloeden.

Bij de Maaskade is het verschil tussen KA 1 en KA 2 het wel/niet binnendijks brengen van de noordelijk gelegen woningen. De scheepswerf aan de Maaskade 28 verdwijnt (dit is een autonome ontwikkeling die losstaat van de dijkverbetering). Hier is tevens sprake is van een potentieel geval van ernstige bodemverontreiniging ten aanzien van PAK in grond en grondwater. Gelet op de aanwezige bebouwing zijn de sterke verontreinigingen in grond zeer waarschijnlijk niet volledig gesaneerd. Ten gevolge van de maatregelen horend bij KA 2 moet in ieder geval de sterk verontreinigde grond worden verwijderd en afgevoerd. Hierdoor is sprake van een positief effect ("+") ten opzichte van de referentiesituatie.

Verder wordt in deelgebied Grave de Koninginnedijk aangepakt. Hier is sprake van meerdere ernstige gevallen van bodemverontreiniging waarvan onbekend is of en in welke mate ze zijn gesaneerd. In zowel KA 1 als KA 2 wordt aan de kant van de (mogelijke) verontreinigingen een onderhoudsstrook gerealiseerd, waarbij het huidige maaiveldniveau gehandhaafd blijft. Er is geen sprake van een verslechtering of verbetering ten opzichte van de referentiessituatie.

Tot slot is er de locatie N324. Hier is sprake van een restverontreiniging met zink. Vermoedelijk is er geen overlap met het dijktracé waardoor er geen sprake is van verbetering of verslechtering ten opzichte van de referentiesituatie.

Aangezien het slechts gaat om potentiële positieve effecten op de bodemkwaliteit, is Kansrijk Alternatief 1 voor dit deelgebied als neutraal ("0") beoordeeld. Ten gevolge van de maatregelen horend bij KA 2 moet in ieder geval de sterk verontreinigde grond bij het noordelijke deel van de Maaskade worden verwijderd en afgevoerd. Hierdoor is sprake van een positief effect ("+") ten opzichte van de referentiesituatie in deelgebied Grave.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
Ter plaatse van de uiterwaard bij Keent, tussen Ravenstein en Grave, is in een sloot sprake van een sterk verontreinigde sliblaag. Verder zijn in twee moerassen in de deklaag sterk verhoogde gehalten ten aanzien van metalen in de boven- en ondergrond aangetroffen. De situering hiervan is onbekend. Afhankelijk van de situering verbeteren de buitendijkse maatregelen van KA 2 mogelijk de huidige situatie, doordat een deel van de sterke verontreiniging wordt gesaneerd door middel van isolatie.

Tot slot is ter plaatse van de Maasdijk sprake van een potentieel geval van bodemverontreiniging met asbest. Het is hierdoor onbekend of deze reikt tot de delen waar zowel in KA 1 als KA 2 ingegrepen wordt. Hierdoor kan nog niet beoordeeld worden of de maatregelen kunnen zorgen voor een verbetering ten opzichte van de referentiesituatie.

Aangezien het slechts gaat om potentiële positieve effecten op de bodemkwaliteit, zijn beide Kansrijke Alternatieven voor dit deelgebied als neutraal ("0") beoordeeld. Bij deze beoordeling spelen wel enkele kennisleemten mee (zie ook paragraaf 7.6.6).

7.6.3 Benodigd grondverzet

Wijze van beoordelen

De effectbeoordeling "benodigd grondverzet" is kwalitatief beoordeeld. Daartoe is de voorlopige grondbalans voor het gehele project gebruikt. Het voorgenomen grondverzet is beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie (geen inspanningen en geen ingrepen). Aangezien het benodigde grondverzet geen positief milieueffect kan zijn (des te minder grondverzet, des te beter), is de onderstaande vierpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-66).

Tabel 7-66 Beoordelingsschaal benodigd grondverzet

Score	Toelichting
0	Beperkt grondverzet en een gesloten grondbalans
-	Veel grondverzet en beperkte aan- en afvoer van grond
- -	Veel grondverzet en veel aan- en afvoer van grond
- - -	Zeer veel grondverzet en zeer veel aan- en afvoer van grond

Effectbeoordeling benodigd grondverzet

In Tabel 7-67 is weergegeven hoe het benodigde grondverzet is beoordeeld, per deelgebied en per Kansrijk Alternatief.

Tabel 7-67 Beoordeling van het benodigde grondverzet

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	-	- -
Grave	-	-
NOR	-	- -

Beschrijving benodigd grondverzet

De grondstromen zijn voor beide Kansrijke Alternatieven weergegeven in Tabel 7-68.

Tabel 7-68 Grondbalans per Kansrijk Alternatief

		Te ontgraven grond (m^3)	Aan te brengen grond (m^3)	Tekort of overschot aan grond binnen project (m^3)
KA 1	Klei categorie 2	235.973	382.831	-146.858
	Klei categorie 3	16.199	399.584	-383.385
	Zand	0	0	0
	Teellaag	228.754	223.953	4.801
	Totaal	**480.926**	**1.006.368**	**-525.442**
KA 2	Klei categorie 2	242.583	742.621	-500.038
	Klei categorie 3	506.762	321.597	185.165
	Zand	906.702	0	906.702
	Teellaag	319.316	320.777	-1.461
	Totaal	**1.975.363**	**1.384.995**	**590.368**

In Tabel 7-68 is te zien dat in KA 2 veel meer grond wordt afgegraven dan in KA 1 (ruim vier keer zoveel). Dit is met name het gevolg van de buitendijkse kleiinkassingen die zijn voorgesteld in KA 2 en in KA 1 ontbreken. Voor deze kleiinkassingen dient eerst zand te worden uitgegraven uit de weerden, waarna klei wordt aangebracht in de afgegraven delen. Daardoor is ook de totale hoeveelheid aan te brengen grond in KA 2 ruim hoger dan in KA 1. Hieronder wordt (kwalitatief) toegelicht wat dit per deelgebied betekent.

Deelgebied Cuijk
Qua grondbalans scoort KA 2 slechter ("- -") dan KA 1 in deelgebied Cuijk, omdat in KA 2 over grote oppervlakken kleiinkassingen zijn opgenomen in dit deelgebied. Daardoor moet bij KA 2 veel zand worden afgevoerd en veel klei worden aangevoerd.

Deelgebied Grave
Het grondverzet in Grave is voor beide Kansrijke Alternatieven met "-" beoordeeld, omdat de focus in dit deelgebied ligt op technische maatregelen (zoals verticale damwanden). In dit deelgebied is daardoor relatief weinig grondverzet nodig.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
Qua grondbalans scoort KA 2 slechter ("- -") dan KA 1 in deelgebied NOR, omdat in KA 2 over grote oppervlakken kleiinkassingen zijn opgenomen in dit deelgebied. Daardoor moet bij KA 2 veel zand worden afgevoerd en veel klei worden aangevoerd.

7.6.4 Effecten op maaivelddaling

Wijze van beoordelen

Maaivelddaling ontstaat door zettingen in de bodem. Dit komt voor bij veen en bij klei. Bij veen is er sprake van ontwatering van het gebied en daarmee breekt het veen af en is er sprake van maaivelddaling. Bij klei is er sprake van zettingen van de klei als reactie op veranderende grondwaterstanden.

De effecten op maaivelddaling zijn kwalitatief beoordeeld. Hierbij is uitgegaan van het stand-still principe. Dit wil zeggen dat elke verandering als negatief wordt beoordeeld. Dit houdt in dat de categorieën "+", "+ +" en "+ + +" niet van toepassing zijn in deze beoordeling. Bij de beoordeling van de effecten op maaivelddaling is daarom de onderstaande vierpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-69).

Tabel 7-69 Beoordelingsschaal effecten op maaivelddaling

Score	Toelichting
0	Geen verandering m.b.t. maaivelddaling
-	Verslechtering, negatief effect t.o.v. de referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie

Effectbeoordeling maaivelddaling

In Tabel 7-70 is per deelgebied weergegeven hoe de Kansrijke Alternatieven zijn beoordeeld als het gaat om de effecten op maaivelddaling.

Tabel 7-70 Beoordeling effecten op maaivelddaling

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	0
NOR	0	0

Beschrijving effecten op maaivelddaling

Het plangebied is niet zettingsgevoelig[44]. Tevens zijn er geen grote veranderingen in stijghoogten van grondwater te verwachten (zie de effectbeoordeling waterhuishouding; paragraaf 7.7). Daarom zijn de effecten van beide Kansrijke Alternatieven op maaivelddaling als neutraal ("0") beoordeeld voor alle deelgebieden.

7.6.5 *Conclusie effecten bodem*

Uit deze paragraaf blijkt dat er op basis van de informatie die momenteel beschikbaar is, er momenteel vanuit bodemoogpunt relatief kleine verschillen worden verwacht tussen KA 1 en KA 2. Van bodemverontreinigingen is de exacte situering vaak nog niet bekend, waardoor niet bepaald kan worden of maatregelen een positief effect gaan hebben op de referentiesituatie. In dat geval is de situatie beoordeeld als neutraal, omdat het slechts gaat om een potentieel positief effect. Daarnaast ontlopen de varianten elkaar qua bodemingrepen ter plaatse van bekende bodemverontreiniging niet veel.

Voor het grondverzet zijn de kleiinkassingen het belangrijkste. Aangezien in KA 2 over grote oppervlakken kleiinkassingen zijn opgenomen in de deelgebieden Cuijk en Neerloon-Overlangel-Reek (NOR), moet in die deelgebieden bij KA 2 veel zand worden afgevoerd en veel klei worden aangevoerd. Dit leidt tot de sterk negatieve beoordeling van KA 2 in die deelgebieden.

Voor wat betreft maaivelddaling zijn geen effecten te verwachten, aangezien het projectgebied niet zettingsgevoelig is.

Tabel 7-71 geeft een resumé weer van de beoordelingsscores uit deze paragraaf. Vervolgens is in Tabel 7-72 de eindbeoordeling voor het gehele thema bodem weergegeven. Aangezien de negatieve effecten omtrent het grondverzet veruit de belangrijkste zijn voor het thema Bodem, zijn deze effecten het zwaarst meegewogen in de eindbeoordeling.

Tabel 7-71 Beoordeling bodem

	Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Aanwezige bodemverontreinigingen	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	+
	NOR	0	0
Grondverzet	**Cuijk**	-	- -
	Grave	-	-
	NOR	-	- -
Maaivelddaling	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	0
	NOR	0	0

Tabel 7-72 Eindbeoordeling bodem

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	-	- -
Grave	-	-
NOR	-	- -

7.6.6 *Leemten in kennis over bodem en aanbevelingen voor de Planuitwerkingsfase*

Ter plaatse van de Prinsenstal in Grave is sprake van een geval van bodemverontreiniging ten aanzien van zink en lood in de ondergrond. Voor zover bekend is deze verontreiniging niet gesaneerd. Ook is ter plaatse van de Maasdijk in Neerloon sprake van een potentieel geval van bodemverontreiniging met asbest. Het Vooronderzoek bodem- en waterbodemonderzoek[31] dient in de Planuitwerking gecomplementeerd te worden om op dit soort vragen eenduidig antwoord te kunnen geven.

Aanbevolen wordt het thema bodem opnieuw te beoordelen na aanvullend onderzoek, waarbij informatie over bodemverontreinigingen nauwkeuriger in beeld wordt gebracht.

Ook wordt aanbevolen om in de planuitwerking zoveel mogelijk te streven naar een gesloten grondbalans.

7.7 Effectbeoordeling waterhuishouding

7.7.1 *Criteria*

De effecten van de Kansrijke Alternatieven op de waterhuishouding van het gebied zijn in deze paragraaf beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie, zoals beschreven in paragraaf 2.4.8. Beide Kansrijke Alternatieven zijn op twee criteria beoordeeld:

- de effecten op het binnendijkse watersysteem (paragraaf 7.7.2);
- en de effecten op de grondwaterstanden (paragraaf 7.7.3).

7.7.2 *Effecten op het binnendijks watersysteem*

Wijze van beoordelen

De effecten op het binnendijkse watersysteem zijn door een deskundige kwalitatief beoordeeld. Hierbij is uitgegaan van het stand-still principe. Dit wil zeggen dat het systeem op dit moment in balans is en dat elke verandering als negatief wordt beoordeeld. Dit houdt in dat zowel een verdroging als vernatting als negatief worden beoordeeld en dat de categorieën "+", "+ +" en "+ + +" niet van toepassing zijn in deze beoordeling. Bij de beoordeling van de effecten op het binnendijks watersysteem is daarom de onderstaande vierpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-75).

Tabel 7-73 Beoordelingsschaal effecten op het binnendijks watersysteem

Score	Toelichting
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Verslechtering, negatief effect t.o.v. de referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie

Verdroging of vernatting van het binnendijkse watersysteem wordt voornamelijk veroorzaakt door veranderingen in de grondwaterstanden. Zowel verdroging als vernatting kunnen negatieve effecten hebben. Verdroging kan in de zomerperiode zorgen voor problemen met peilhandhaving en droogtestress voor gewassen en natuur. Bij vernatting kunnen gewassen last van zuurstofstress krijgen en het kan het zijn dat het achterliggende watersysteem onvoldoende (gemaal)capaciteit heeft. Ook kan vernatting en verdroging effecten hebben op funderingen van woningen en andere gebouwen.

Voor de volgende maatregelen worden geen effecten op het binnendijks watersysteem verwacht omdat deze plaatsvinden boven de grondwaterstanden en/of omdat er geen aanpassingen aan watergangen binnendijks hoeven te worden gedaan:

- het aanpassen van het talud van de dijk;
- kruinverhogingen en -verplaatsingen;
- en damwanden en andere verticale constructies in de dijk (de effecten hiervan op grondwaterstanden zijn als neutraal te beschouwen; zie paragraaf 7.7.3).

Maatregelen uit de Kansrijke Alternatieven die wél mogelijke effecten hebben op het binnendijks watersysteem, zijn piping- en stabiliteitsbermen (vanwege de demping van watergangen).

Effectbeoordeling binnendijks watersysteem

De beoordeling van de effecten op het binnendijks watersysteem is weergegeven in Tabel 7-74.

Tabel 7-74 Beoordeling effecten op binnendijks watersysteem

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	0
NOR	0	0

Effecten van Kansrijk Alternatief 1 op het binnendijks watersysteem

In KA 1 is het vertrekpunt een binnendijkse oplossing. De binnendijkse maatregelen die hiermee bedoeld worden, zijn kruinverhoging binnenwaarts in grond, pipingbermen en stabiliteitsbermen. Wanneer er watergangen gedempt moeten worden om deze bermen te kunnen realiseren, zal dit een negatief effect hebben op de capaciteit van het systeem. Dit speelt met name tussen Neerloon en Grave omdat hier de watergangen het dichtst bij de dijk komen. Als dit het geval is, zal dit verlies aan slootcapaciteit moeten worden gecompenseerd.

Naast de binnendijkse maatregelen wordt KA 1 aangevuld met verticale maatregelen. Deze worden neutraal ("0") beoordeeld omdat er op basis van expert judgement geen nadelige veranderingen in grondwaterstanden worden verwacht (zie paragraaf 7.7.3) en hiermee dus ook geen vernatting of verdroging. Hieraan kan nog wel toegevoegd worden dat alleen het deelgebied NOR gevoelig is voor vernatting omdat in dit deelgebied sprake is van gestuurd peilbeheer op basis van bemaling (zie Figuur 2-17 op pagina 42).

In het achterland van het deelgebied Cuijk wordt het binnendijkse watersysteem beheerd met stuwen. Hier is extra bemalingscapaciteit als gevolg van vernatting dus niet aan de orde. Tevens is dit een infiltrerend gebied dat draineert naar de Maas. Het plaatsen van niet doorlatende pipingschermen zou deze stroming kunnen hinderen. Echter, Het is onwaarschijnlijk dat een verticale maatregel de watervoerende lagen in voldoende mate afsluit om een effect op de grondwaterstand te hebben. Kengetallen hiervoor komen uit Yihdego (2016)[58]. Deze studie concludeert dat een verticale maatregel alleen de grondwaterstromen reduceert als het scherm meer dan 60% van de stroming blokkeert. Dit is niet het geval bij de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein: naar schatting zullen de pipingschermen maximaal 20% van de stroming blokkeren. De effecten op het binnendijks grondwatersysteem in de gebieden Cuijk en NOR zijn daarom beoordeeld als neutraal ("0").

Voor het deelgebied Grave is tot dezelfde beoordeling gekomen (geen verandering) omdat de maatregelen geen effect hebben op de grondwaterstanden en dus ook niet op vernatting of verdroging binnendijks.

Bij het waterschap is bekend dat tijdens hoogwater in de huidige situatie bij Neerloon en Overlangel wateroverlast wordt ervaren in kelders en kruipruimten van woningen. Ook is door bewoners gerapporteerd dat slootpeilen soms stijgen wanneer het Maaspeil juist daalt na een hoogwatersituatie. De dijkverbetering zal deze situatie zeer waarschijnlijk niet negatief beïnvloeden. Ook als gevolg van het beoogde overslagdebiet (dit is de hoeveelheid water die over de kering mag slaan bij extreem hoogwater) is geen significante vernatting tijdens hoogwater te verwachten.

Effecten van Kansrijk Alternatief 2 op het binnendijks watersysteem

In Kansrijk Alternatief 2 is het vertrekpunt een buitendijkse oplossing in grond met aanvullingen binnendijks en aaneengesloten trajecten van verticaal maatwerk. Hierbij is er geen sprake van maatregelen in de deelgebieden Cuijk en NOR die het dempen van sloten in het binnendijkse systeem tot gevolg hebben.

Daarnaast zorgt de nevengeul ter hoogte van Neerloon niet voor een verandering in het binnendijkse watersysteem omdat deze niet permanent watervoerend is. Door de zandige ondergrond zal de nevengeul tevens niet zorgen voor insneden in een afdekkende laag. Hierdoor zal vernatting dus relatief meevallen en hierdoor is het effect van KA 2 ter hoogte van NOR beoordeeld als geen verandering ("0") t.o.v. de referentiesituatie. Overigens gelden met betrekking tot de situatie tijdens hoogwater bij Neerloon en Overlangel dezelfde constateringen als bij de beoordeling van KA 1.

Voor het deelgebied Grave is de beoordeling neutraal ("0"), omdat de maatregelen geen effect hebben op de grondwaterstanden en dus ook niet op vernatting of verdroging binnendijks. De watergang langs deeltraject 17 wordt bij Kansrijk Alternatief 2 gedempt en omgelegd rondom het "Visio"-terrein in Grave (zie Bijlage 1). Randvoorwaarde is dat deze omlegging zodanig wordt ontworpen dat er geen significant effect op het watersysteem zal optreden.

7.7.3 Effecten op de grondwaterstanden

Wijze van beoordelen

De effecten op de grondwaterstanden zijn door een deskundige kwalitatief beoordeeld. Hierbij is uitgegaan van het stand-still principe. Dit wil zeggen dat het systeem op dit moment in balans is en dat elke verandering als negatief wordt beoordeeld. Dus zowel een verhoging als een verlaging van grondwaterstanden wordt beoordeeld als negatief. Bij de

beoordeling van de effecten op de grondwaterstanden in het gebied is daarom de onderstaande vierpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-75).

Tabel 7-75 Beoordelingsschaal effecten op de grondwaterstanden

Score	Toelichting
0	Geen verandering in grondwaterstanden
-	Verslechtering, negatief effect t.o.v. de referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie

Constructieve maatregelen en/of het vergraven van de ondergrond kunnen zorgen voor een effect op grondwaterstanden. Bijvoorbeeld door het afsluiten van lagen met een hoge doorlatendheid of juist door het blootleggen van lagen. Deze ingrepen hebben een mogelijk effect op de grondwaterstroming waardoor grondwaterstanden kunnen stijgen of zakken. Veranderende grondwaterstanden zorgen voor vernatting of verdroging van het systeem binnendijks. Dit kan nadelige effecten hebben op de doelrealisatie van het landgebruik binnendijks (natuur of landbouw, maar ook woningen, vanwege mogelijke effecten op funderingen). Ook is er bij vernatting in polders bekeken of de gemaalcapaciteit binnendijks dit kan opvangen.

Het effect met betrekking tot de grondwaterstanden is beoordeeld aan de hand van een gemiddelde waterstand op de Maas. Bij dijkpaal 177 is dit 4,97 m+ NAP (afvoer St. Pieter 155 m^3/s). Hier is voor gekozen omdat de weerden langs het traject pas mee stromen tijdens extreme afvoeren die eens per 5 jaar voorkomen[47]. Het effect van de Kansrijke Alternatieven op de grondwaterstanden wordt dus beschouwd op een gemiddelde situatie waarbij er geen infiltratie vanaf de weerden plaatsvindt.

Effectbeoordeling grondwaterstanden

De beoordeling voor het aspect grondwater is weergegeven in Tabel 7-76.

Tabel 7-76 Beoordeling effecten op de grondwaterstanden

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	0
NOR	0	0

Beschrijving effecten op de grondwaterstanden

Voor de volgende maatregelen worden geen effecten op de grondwaterstanden verwacht omdat deze plaatsvinden boven de grondwaterstand en hierdoor geen effect hebben op de grondwaterstroming:

- het aanpassen van het talud;
- aanleg van een stabiliteitsberm en onderhoudsstroken;
- aanleg pipingberm;
- en kruinverhogingen en -verplaatsingen.

Effecten van Kansrijk Alternatief 1 op de grondwaterstanden

In KA 1 is voor de gebieden Cuijk en NOR het vertrekpunt een binnendijkse oplossing in grond met verticaal maatwerk op plekken waar dat voor een goede inpassing nodig is. Voor de binnendijkse bermen en onderhoudsstroken is dus geen effect zoals beschreven in de vorige paragraaf te verwachten. Daarnaast zullen de bermen ook weinig verandering brengen aan de horizontale weerstand van de bodem door de zandige ondergrond van het gebied.

De verticale maatregelen in KA 1 bestaan uit het plaatsen van pipingschermen en verticale constructies voor macrostabiliteit op maatwerklocaties. Voor de effectbeoordeling is ervan uitgegaan dat een pipingscherm geen doorlatendheid

heeft, omdat dit het meest negatieve effect heeft op grondwaterstroming door (gedeeltelijke) afsluiting van doorlatende zandlagen. Voor deze verticale maatregelen met de laagste doorlatendheid is alsnog tot een neutraal oordeel (“0”) gekomen. De reden hiervoor is dat de bodemopbouw in het gebied zeer zandig is, met watervoerende doorlatende lagen die zeer dik zijn. Het is onwaarschijnlijk dat een verticale maatregel de watervoerende lagen in voldoende mate afsluit om een effect op de grondwaterstand te hebben. Kengetallen hiervoor komen uit Yihdego (2016)[58]. Deze studie concludeert dat een verticale maatregel alleen de grondwaterstromen reduceert als het scherm meer dan 60% van de stroming blokkeert. Dit is niet het geval bij de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein: naar schatting zullen de pipingschermen maximaal 20% van de stroming blokkeren. De effecten op de grondwaterstanden in de gebieden Cuijk en NOR zijn daarom beoordeeld als neutraal (“0”).

In Grave wordt bij de versterking het tracé van de huidige kering gevolgd met voornamelijk een lijnvormige oplossing. Deze maatregelen vinden plaats boven de grondwaterstanden en hebben hierdoor geen relevant effect op de grondwaterstanden. Hierdoor is de beoordeling voor het deelgebied grave ook neutraal (“0”).

Effecten van Kansrijk Alternatief 2 op de grondwaterstanden

Voor KA 2 is een veelvoorkomende maatregel het aanbrengen van klei-inkassingen buitendijks. Veranderingen in de opbouw van zand- en kleilagen kan een effect hebben op de grondwaterstromen. In het geval van klei-inkassing wordt er een minder doorlatende laag aangebracht in het voorland. Hierdoor neemt de infiltratiecapaciteit op deze locatie af, wat zich vervolgens vertaalt in een verandering in grondwaterstromen. Toch is beoordeeld dat deze maatregel voor de gebieden NOR en Cuijk geen effect heeft op de grondwaterstanden. De reden hiervoor is dat de weerden pas vanaf een afvoer die eens in de 5 jaar voorkomt mee gaan stromen en dus over het algemeen weinig onder water staan. Hierdoor is de verandering in infiltratie op de locaties waar klei wordt aangebracht erg klein en de effecten op de grondwaterstanden daarmee ook.

Net als in KA 1 zijn ook in KA 2 verticale pipingschermen en verticale constructies voor macrostabiliteit op maatwerklocaties op diverse locaties voorgesteld. De effecten van deze schermen op de grondwaterstanden zijn als neutraal (“0”) beoordeeld (zie beschrijving onder “Effecten van Kansrijk Alternatief 1 op de grondwaterstanden”).

De buitendijkse maatregelen worden in KA 2 rivierkundig gecompenseerd door middel van weerdverlaging ter hoogte van Neerloon. Omdat de benodigde rivierkundige compensatie beperkt is, hoeft deze weerdverlaging niet permanent watervoerend te worden (het schetsontwerp gaat uit van slechts 2 dagen per jaar). Hierdoor zal er weinig tot geen effect op de grondwaterstanden plaatsvinden. Daarom is het effect van KA 2 op grondwaterstanden in het deelgebied NOR beoordeeld als neutraal (“0”).

In Grave wordt voor KA 2 bij de versterking ingezet op een integrale aanpak van de openbare ruimte en worden nieuwe tracés voor de kering bij Bomvrije en Maaskade Noord opgenomen. Deze maatregelen vinden plaats boven de grondwaterstand en hebben hierdoor geen effect op grondwaterstanden. Hierdoor is de beoordeling voor het deelgebied Grave ook neutraal (“0”).

7.7.4 Conclusie effecten waterhuishouding

In deze effectbeoordeling zijn de volgende zaken aan het licht gekomen. Geen van de aspecten van de Kansrijke Alternatieven veroorzaken een verandering in de waterhuishouding en de grondwaterstanden. Dit komt met name doordat veel maatregelen plaatsvinden boven de grondwaterstand en/of omdat ze plaatsvinden op locaties waar meestal geen water staat (de weerden).

Ook wordt de rivierkundige compensatie (weerdverlaging) ter hoogte van Neerloon als neutraal beoordeeld omdat de geul niet permanent watervoerend is en omdat deze aangelegd wordt in een zandig gebied.

Als resumé zijn alle beoordelingen voor het thema *waterhuishouding* per kansrijk alternatief, per aspect, per deelgebied, terug te zien in Tabel 7-77. De beoordeling van de effecten van de Kansrijke Alternatieven op het thema *waterhuishouding* als geheel, is per deelgebied weergegeven in Tabel 7-78.

Tabel 7-77 Effectbeoordeling waterhuishouding, per aspect, per deelgebied

	Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Effecten op het binnendijks water-systeem	Kraaijenbergse Plassen	0	0
	Grave	0	0
	Neerloon-Overlangel-Reek	0	0
Effecten op grondwaterstanden	Kraaijenbergse Plassen	0	0
	Grave	0	0
	Neerloon-Overlangel-Reek	0	0

Tabel 7-78 Effectbeoordeling waterhuishouding

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Kraaijenbergse Plassen	0	0
Grave	0	0
Neerloon-Overlangel-Reek	0	0

7.7.5 Compensatie gedempte sloten

Wanneer er watergangen gedempt moeten worden om bermen te kunnen realiseren, zal dit een negatief effect hebben op de capaciteit van het systeem. Als dit het geval is, zal dit verlies aan slootcapaciteit moeten worden gecompenseerd. Dit is op één locatie het geval: de watergang langs deeltraject 17 bij Kansrijk Alternatief 2 wordt gedempt en omgelegd rondom het “Visio”-terrein in Grave. Bij Kansrijk Alternatief 1 komt op die locatie een damwand en blijft de watergang intact (zie Bijlage 1).

7.7.6 Leemten in kennis en aanbevelingen voor de Planuitwerkingsfase

In de volgende fase van dit project is het van belang om de effecten op de grondwaterstanden en het binnendijks water-systeem kwantitatief te beoordelen. Hierbij is het van belang dat de maatregelen in meer detail zijn ontworpen omdat dit de mate van beïnvloeding kan bepalen. Daarbij gaat het om bijvoorbeeld:

- de diepte van de verticale oplossingen;
- het materiaal van de verticale oplossingen (wel of niet waterdoorlatend);
- en de dimensies en exacte locatie van de weerdverlaging ter hoogte van Neerloon, en het effect daarvan op grondwater.

Als het effect van maatregelen kwantitatief wordt doorgerekend, kan gebruik worden gemaakt van recent uitgevoerde grondonderzoeken, waarbij de aanwezigheid van slecht doorlatende ondiepe lagen in beeld is gebracht.

Daarnaast is bij het waterschap bekend dat tijdens hoogwater in de huidige situatie bij Neerloon en Overlangel water-overlast wordt ervaren in kelders en kruipruimten van woningen. Ook is door bewoners gerapporteerd dat slootpeilen soms stijgen wanneer het Maaspeil juist daalt na een hoogwatersituatie. De dijkverbetering zal de huidige situatie zeer waarschijnlijk niet negatief beïnvloeden, maar in de Planuitwerkingsfase zou met een geohydrologisch model nader onderzoek kunnen worden uitgevoerd naar deze effecten.

7.8 Effectbeoordeling rivierkunde

7.8.1 Criteria

De criteria waarop de rivierkundige effecten zijn beoordeeld zijn de volgende:

- de effecten op de hoogwaterveiligheid (paragraaf 0);
- de morfologische effecten (paragraaf 7.8.6);
- en de effecten voor de scheepvaart (dwarsstroming) (paragraaf 7.8.7).

7.8.2 Wijze van beoordelen op hoofdlijnen

De effecten van de Kansrijke Alternatieven op de rivierkundige aspecten zijn beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie, die is beschreven in paragraaf 2.4.9.

De effecten zijn per Kansrijk Alternatief beschreven. Daar waar mogelijk zijn de effectbeoordelingen gesplitst per deelgebied. Het projectgebied is opgesplitst in de drie deelgebieden Cuijk (rivierkilometer 168-173), Grave (rivierkilometer 173-176,5) en Neerloon-Overlangel-Reek (NOR; rivierkilometer 176,5-182).

De effecten op de rivierkundige aspecten zijn deels bepaald middels een kwalitatief deskundigenoordeel. Dit is het geval bij KA 1. Hier is namelijk geen buitendijkse versterking toegepast. Daarmee is een rivierkundige berekening onnodig. Voor KA 2 geldt dit niet. Voor dit alternatief zijn wel rivierkundige berekeningen uitgevoerd. De rivierkundige effecten zijn beoordeeld op basis van de mate waarin er een verhoging van de Maatgevende waterstanden plaatsvindt. Dit is één van de onderdelen van het Rivierkundig Beoordelingskader 5.0[59]. De andere onderdelen zijn op basis van expert judgement beoordeeld. In de planuitwerking is een beoordeling conform het gehele beoordelingskader nodig.

7.8.3 Redeneerlijn buitendijks versterken

De effectbeoordeling rivierkunde bestaat eigenlijk uit twee stappen. De eerste stap is het toetsen aan de redeneerlijn buitendijks versterken. Wanneer het ontwerp daaraan voldoet wordt het daadwerkelijke rivierkundige effect beschouwd. Wanneer het ontwerp niet voldoet aan de redeneerlijn is dit per definitie niet toegestaan, ongeacht het effect op de rivier.

Wanneer een dijk versterkt dient te worden moet er een afweging worden gemaakt tussen binnendijkse of buitendijkse versterking. Voor een versterking in binnendijkse richting zal niet altijd ruimte zijn of alleen met zeer hoge kosten. De buitendijkse ruimte is echter schaars en dient zoveel mogelijk beschikbaar te blijven voor de afvoer van rivierwater. Bij deze afweging spelen verschillende belangen een rol. Buitendijkse versterking kan voor het Hoogwaterbeschermingsprogramma een kostenbesparing en snellere doorlooptijd betekenen, voor de rivierbeheerder echter kan het betekenen dat de waterstanden stijgen of het bergend volume afneemt.

Buitendijkse versterking betreft een activiteit in het rivierbed waarvoor de algemene zorgplicht van toepassing is (Artikel 6.15 Waterbesluit). Dit houdt in dat de beheerder zorg draag voor een zo gering mogelijk effect op de rivier. Het rijk is met de waterschappen de volgende redeneerlijn overeengekomen:

- Buitendijkse versterkingen zo veel mogelijk voorkomen.
- Wanneer dit redelijkerwijs niet lukt, worden waterstandseffecten als gevolg van de buitendijkse maatregelen gecompenseerd.
- In een riviertakanalyse brengen keringbeheerder(s) i.s.m. de rivierbeheerder, de cumulatieve effecten van (potentiële) buitendijkse versterkingsmaatregelen op riviertakniveau in beeld. Zo mogelijk afgezet tegen (potentiële) compenserende maatregelen m.b.v. initiatieven van derden, bijvoorbeeld de Kaderrichtlijn Water (KRW) of binnen de Lange Termijn Ambitie Rivieren (LTAR).
- Keringbeheerders spannen zich in om:
  - waterstandseffecten op te vangen binnen de projectscope of d.m.v. meekoppeling bij overige projecten in het rivierbed (bijv. KRW of LTAR), gelijktijdig met de dijkverbetering in hetzelfde projectgebied;
  - of, indien dit niet lukt, de waterstandseffecten op programma- / gebiedsniveau te compenseren.

– Resterende waterstandseffecten kunnen worden gesaldeerd op riviertakniveau binnen de LTAR. Financiële afspraken zijn onderdeel van deze overdracht.
– Indien saldering binnen LTAR desondanks niet mogelijk is, bijv. in het benedenriviergebied, kunnen de resterende effecten worden meegenomen in de hydraulische belasting. De riviertakanalyse vormt hiervoor de basis. De Minister neemt hierover een besluit.

In het afwegingsproces in de richting van een voorkeursvariant wordt verwacht dat de keringbeheerder onderbouwt waarom een binnendijkse versterking en/of constructieve oplossing niet mogelijk of gewenst is. Hier hoort een onderbouwing bij hoe het belang van de rivierbeheerder is afgewogen.

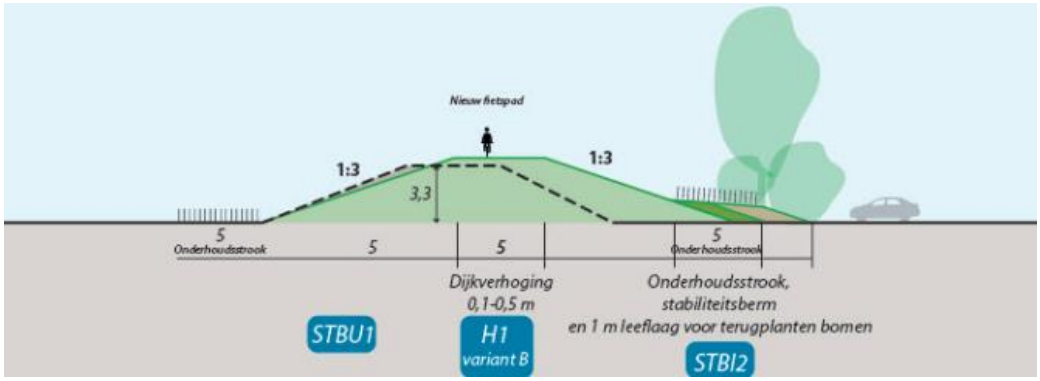
Binnendijkse versterking is redelijkerwijs niet mogelijk wanneer deze oplossing:
– Tot onredelijk hoge kosten leidt ten opzichte van buitendijks versterken incl. compensatiemaatregelen;
– Technisch zeer lastig te realiseren is of grote uitvoerrisico's met zich meebrengt;
– Een aantasting van maatschappelijke waarden oplevert.

Voorwaarden hierbij zijn dat de buitendijkse versterking niet op een hydraulisch ongunstige locatie ligt (denk hierbij aan het versterken of creëren van een hydraulisch knelpunt). De buitendijkse versterking mag ook geen belemmering opleveren voor het veilig en doelmatig gebruik van het rivierbed.

7.8.4 Ingrepen in de Kansrijke Alternatieven met mogelijke rivierkundige effecten

Kansrijk alternatief 1

Eenvoudig gesteld kan worden dat in Kansrijk Alternatief 1 geen buitendijkse versterking plaats vindt. Voor alle profielen geldt dat de buitenteenlijn op de huidige locatie wordt gehandhaafd. Hierbij wordt een nieuw buitentalud van 1:3 gemaakt waardoor de kruin iets naar binnen schuift. Dit is weergeven in Figuur 7-25.



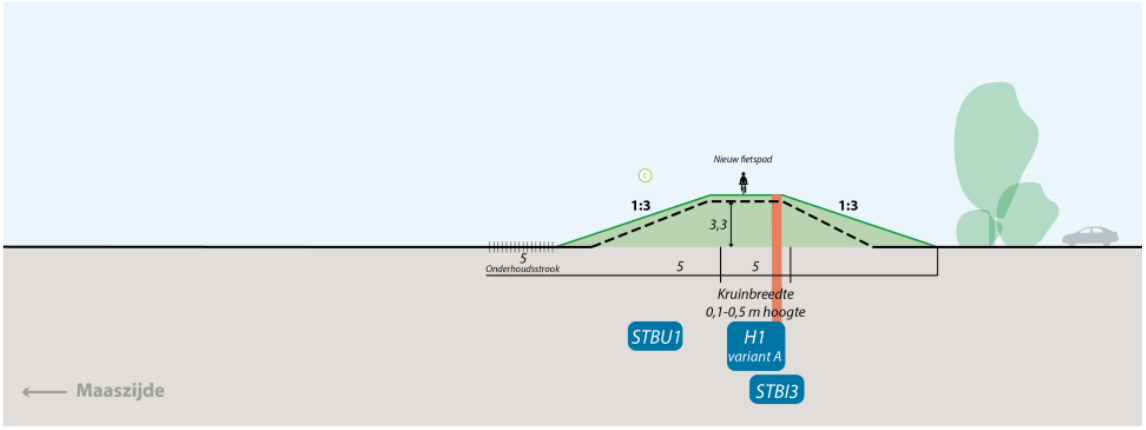
Figuur 7-25 Principeprofiel Vak 1,2 en 4 KA 1, de Maas ligt aan de linkerzijde

Gesteld wordt dat deze asverschuiving door taludverflauwing mogelijk een zeer klein positief effect kan hebben. Dit wordt echter niet als significant beschouwd en daarom niet meegenomen in de berekeningen.

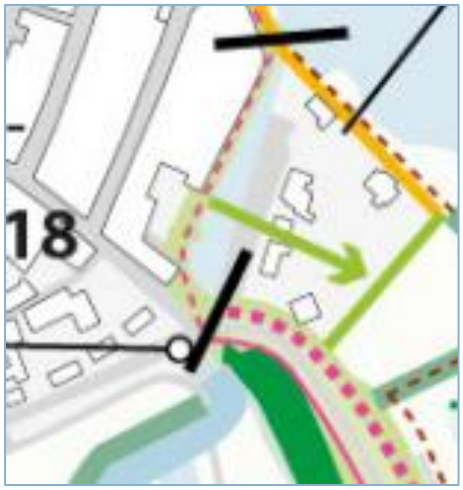
Kansrijk alternatief 2

De ontwerpkeuze om niet buitendijks te versterken geldt ook voor de grote meerderheid van de profielen in Kansrijk Alternatief 2. Dit geldt niet voor de volgende dijkvakken: 1, 2, 4, 18, 20, 21, 22 en 36. Hier wordt in KA 2 wel op meerdere locaties buitendijks versterkt. De principeprofielen of locaties waar dit het geval is, zijn weergegeven in Figuur 7-26, Figuur 7-27, Figuur 7-28, Figuur 7-29, Figuur 7-30 en Figuur 7-31.

Daarnaast is er een uitzonderingspositie voor dijkvak 37 (Figuur 7-32). Binnen dit dijkvak is er veel binnendijkse bebouwing waardoor er maatwerk nodig is. Het is mogelijk dat hierdoor toch buitendijks versterkt moet worden. Voor de uitgevoerde berekeningen is ervan uit gegaan dat de dijk verhoogd wordt waardoor het talud aan de buitendijkse zijde groter wordt. Voor deze locaties dient er dan ook eerst getoetst te worden aan de redeneerlijn buitendijks versterken.



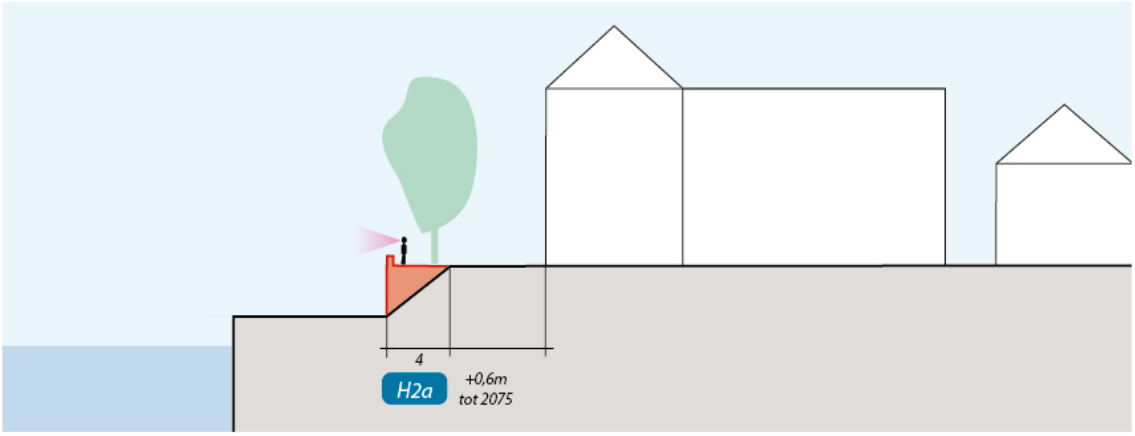
Figuur 7-26 Dijkvak 1, 2 & 4 in KA 2



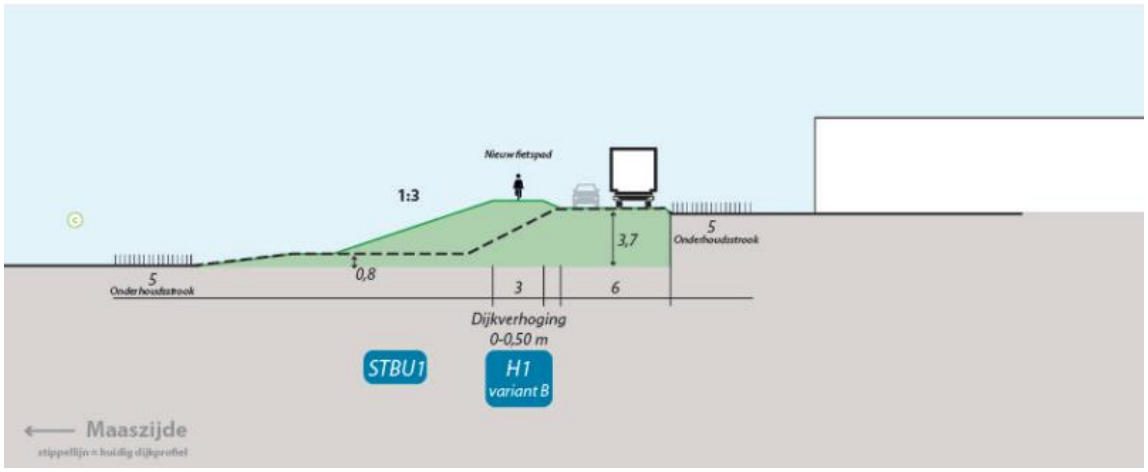
Figuur 7-27 Buitenwaartse dijkverlegging bij Dijkvak 18 in KA 2 (rondom Bomvrije te Grave; zie ook Bijlage 1)



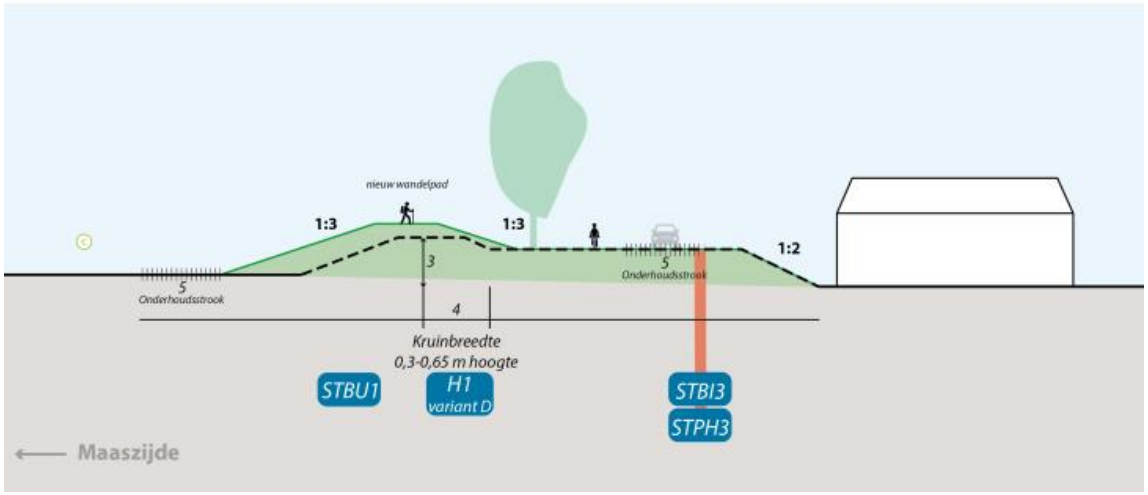
Figuur 7-28 Buitenwaartse dijkverlegging bij Dijkvak 20 in KA 2: links de huidige situatie en rechts de situatie in KA 2 (met een verticale waterkering rondom de huizen aan het noordelijke deel van de Maaskade; zie ook Bijlage 1)



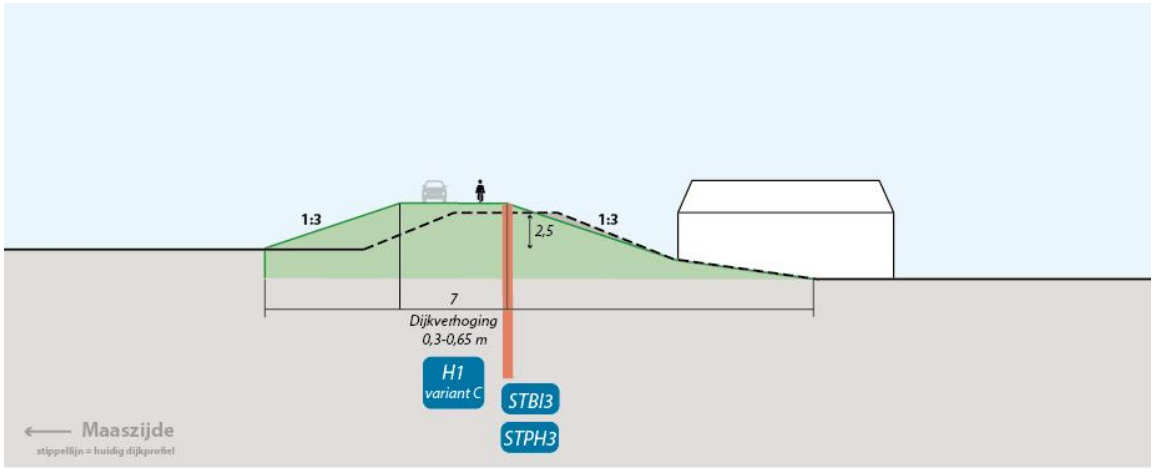
Figuur 7-29 Dijkvak 21 in KA 2



Figuur 7-30 Dijkvak 22 in KA 2



Figuur 7-31 Dijkvak 36 in KA 2



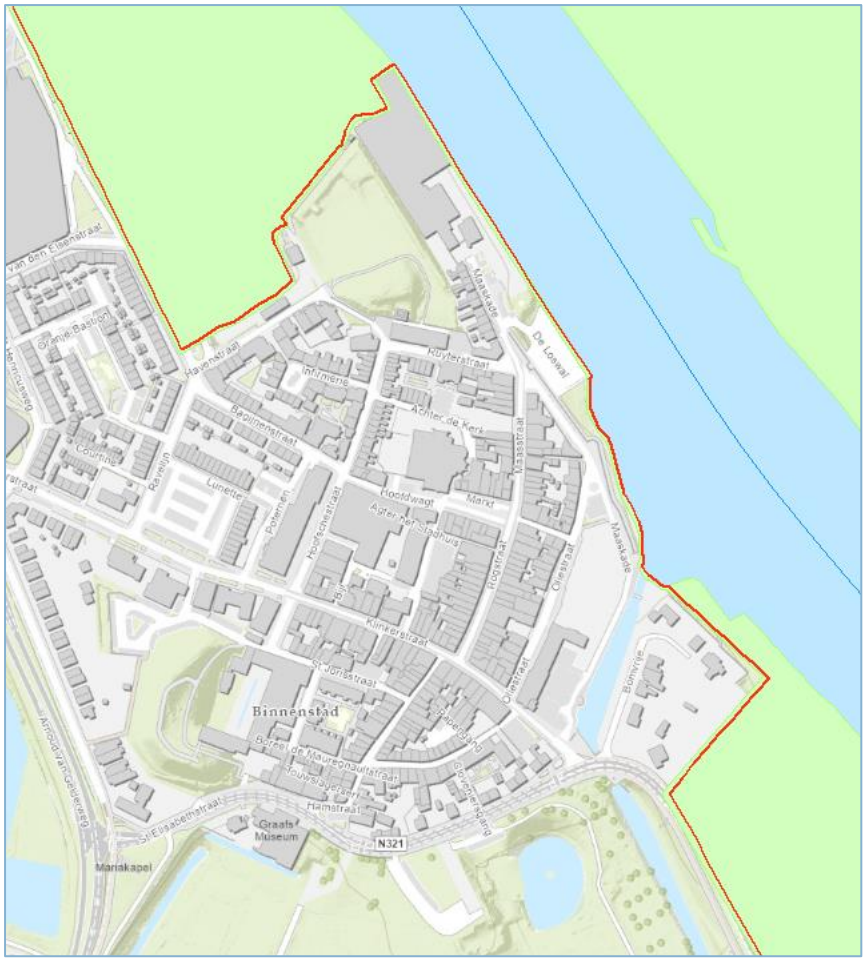
Figuur 7-32 Dijkvak 37 ter hoogte van (aaneengesloten) maatwerklocatie in KA 2

Voor de nieuwe kruinhoogtes is gebruik gemaakt van het ontwerp zoals opgenomen in Ontwerprapport Dijk[26].

Uit de principeprofielen blijkt nog niet duidelijk wat de afstand van de buitenkruinlijn tot de teenlijn is in de huidige situatie. Daarom is die met behulp van GIS gemeten op basis van het DTB-NAT en geverifieerd met behulp van AHN4. Voor de nieuwe dijkontwerpen is deze afstand berekend op basis van de dijkhoogte en het gegeven talud.

Met behulp van deze aannames in combinatie met de gegevens (nieuwe dijkprofielen en nieuwe dijkhoogtes) zijn de oppervlaktes berekend (Tabel 7-79) waarmee het doorstroomoppervlak verloren gaat als gevolg van de dijkverbetering. Voor de trajecten waar ook een kruinverplaatsing wordt gerealiseerd geldt dat de fictieve verplaatsing van de kruin bij de daadwerkelijke verplaatsing is opgeteld.

Let wel: in het door Rijkswaterstaat aangeleverde model is de ligging van de primaire kering ter plekke van Grave (dijkvakken 18 t/m 21) niet correct. De kering, tevens de buitengrens van het model, ligt hier verder rivierwaarts dan de werkelijke kering (Figuur 7-33). Daarom is het niet mogelijk om het effect van de buitendijkse versterking van dijkvakken 18, 20 en 21 kwantitatief vast te stellen. Deze vallen immers niet binnen het rivierkundig model. Daarom is de fictieve verplaatsing van deze dijkvakken niet meegenomen in Tabel 7-79.



Figuur 7-33 Ligging primaire kering (rode lijn) en modelbegrenzing (groen vlak) van rivierkundig model Rijkswaterstaat bij Grave

Tabel 7-79 Buitenwaartse dijkverbeteringsmaatregelen in KA 2 in meter (let wel: in het door Rijkswaterstaat aangeleverde model is de ligging van de primaire kering ter plekke van Grave (dijkvakken 18 t/m 21) niet correct. Daarom is de verplaatsing van deze dijkvakken niet meegenomen)

DIJKVAK	FICTIEVE VERPLAATSING KRUIN	BUITENWAARTSE VERSCHUIVING KRUIN	**TOTALE VERPLAATSING**
1	1,86	0,00	1,86
2	1,08	0,30	1,38
4	1,54	0,00	1,54
22	6,92	3,00	9,92
36	4,85	2,00	6,85
37	2,98	0,00	2,98

Vervolgens zijn simulaties uitgevoerd met een rivierkundig model van zowel de referentiesituatie als van KA 2[51].

7.8.5 Effecten op de hoogwaterveiligheid

Wijze van beoordelen

De effecten op de rivierkundige aspecten zijn deels beoordeeld middels een kwalitatief deskundigenoordeel. Dit is het geval bij KA 1. Hier is namelijk geen buitendijkse versterking toegepast. Daarmee is een rivierkundige berekening onnodig en wordt voldaan aan de redeneerlijn buitendijks versterken. Voor KA 2 geldt dit echter niet. Voor dit alternatief zijn wel rivierkundige berekeningen uitgevoerd. De aspecten zijn beoordeeld aan de hand van het Rivierkundig Beoordelingskader 5.0.

Bij de beoordeling van de effecten op de hoogwaterveiligheid is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-80).

Tabel 7-80 Beoordelingsschaal effecten op de hoogwaterveiligheid

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke waterstandsdaling op de Maas tijdens hoogwater
+ +	Sterke waterstandsdaling op de Maas tijdens hoogwater
+	Beperkte waterstandsdaling op de Maas tijdens hoogwater
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie of beperkte waterstandsverhoging (<1 mm) op de Maas tijdens hoogwater
-	Opstuwingspiek maar wel een netto waterstandsdaling op de Maas tijdens hoogwater
- -	Waterstandsverhoging (>1 mm) op de Maas tijdens hoogwater
- - -	Forse waterstandsverhoging op de Maas tijdens hoogwater met negatief effect op dwarsstroming en morfologie

Effectbeoordeling hoogwaterveiligheid

Het effect met betrekking tot de hoogwaterveiligheid tijdens de hoogwaterreferentie is als volgt beoordeeld (Tabel 7-81). Voor het plangebied is de hoogwaterreferentie 4100 m³/s (Bedijkte Maas, herhalingstijd van ~3000 jaar).

Tabel 7-81 Beoordeling Hoogwaterveiligheid

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	- -
Grave	0	- -
NOR zonder compensatie	0	- -
NOR met compensatie	0	-[1]

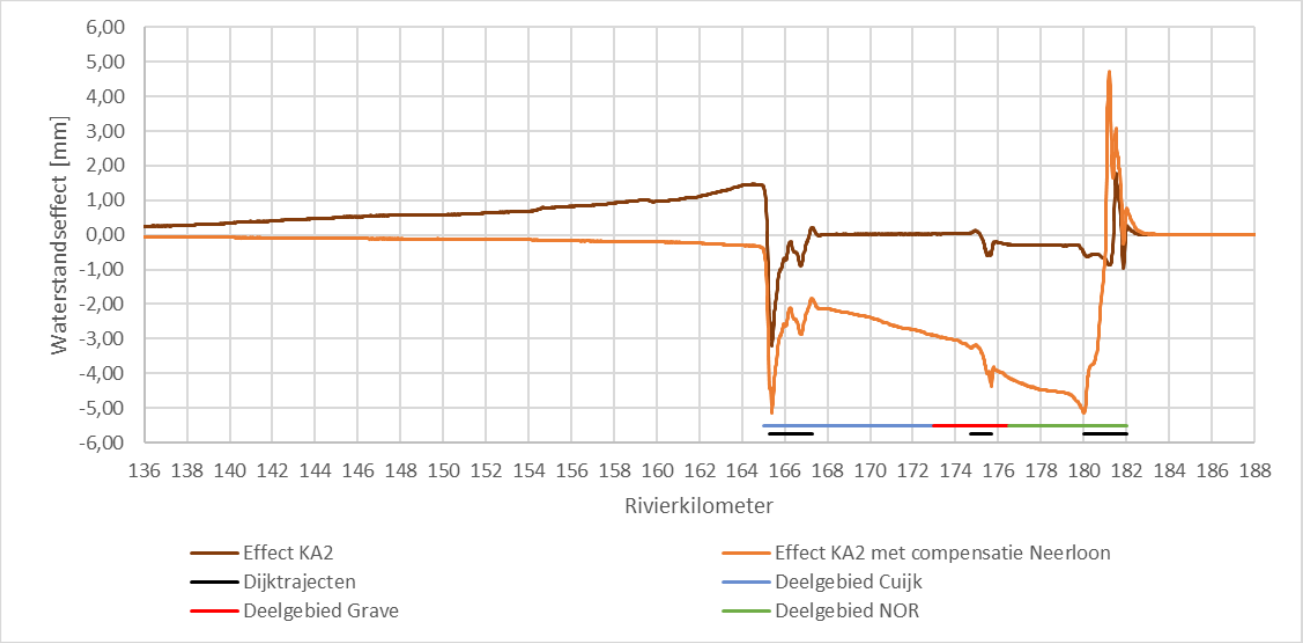
Effecten van Kansrijk Alternatief 1 op de hoogwaterveiligheid

In het deelgebied Cuijk worden geen buitendijkse versterkingen toegepast. Er is enkel sprake van een taludverflauwing naar 1:3. Gezien de beperkte verflauwing wordt er slechts weinig extra ruimte voor de rivier geboden bij hoge waterstanden. Er wordt niet verwacht dat dit een positief effect heeft op de waterstand. Als het gevolg van het ontbreken van buitendijkse versterkingen wordt er ook geen negatief effect verwacht. Dit samen geeft een neutraal ("0") oordeel. Ditzelfde geldt voor de deelgebieden Grave en Neerloon-Overlangel-Reek (NOR).

Effecten van Kansrijk Alternatief 2 op de hoogwaterveiligheid

De effecten van KA 2 op de waterstanden zijn in Figuur 7-34 weergegeven zonder én met compensatiemaatregel Neerloon. Er zijn in KA 2 drie buitendijkse versterkingen die in de figuur te zien zijn middels zwarte lijntjes: bij de Haven Cuijk, bij de Koninginnedijk te Grave en bij Neerloon (inclusief dijkvak 37).

[1] Dit geldt alleen wanneer Rijkswaterstaat Zuid-Nederland akkoord gaat met de toepassing van de zaagtandmethode. Dit wordt kansrijk geacht.



Figuur 7-34 Waterstandseffecten op de as van de rivier tijdens de hoogwaterreferentie van KA 2 en KA 2 inclusief compensatie Neerloon

Deelgebied Cuijk
Zichtbaar in Figuur 7-34 is dat de dijkverbeteringen in de dijkvakken 1, 2 en 4 (Rkm 165-167) binnen het deelgebied Cuijk leiden tot een opstuwing van circa 1,3 millimeter bij Rkm 165. Daarom scoort het deelgebied Cuijk "- -".

Deelgebied Grave
In het deelgebied Grave wordt buitendijks versterkt. In dit deelgebied vindt volgens het model geen ontoelaatbare opstuwing plaats. Toch is deelgebied Grave met "- -" beoordeeld, omdat de dijkverlegging rondom Bomvrije en Maaskade Noord opstuwing zal veroorzaken (dit valt niet met het model aan te tonen omdat dit gebied buiten de begrenzing van het model valt; de beoordeling is daarom indicatief). De rivierwaartse versterking bij de Havenstraat (dijkvak 18) ligt volledig in de luwte van Grave zelf waardoor er geen stroming plaatsvindt. Dit zal geen opstuwend effect hebben. De versterking (tuimeldijk) van dijkvak 22 resulteert in een opstuwing van 0,4 mm. Deze is niet zonder meer vergunbaar omdat dit een meekoppelkans betreft en daarmee niet absoluut noodzakelijk is.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
Voor de dijkverbetering van dijkvak 36 (Rkm 180-181) binnen deelgebied NOR is berekend dat hier een opstuwing van ongeveer 0,2 mm optreedt, wat is toegestaan. Immers, vanuit het RBK 5.0[59] is een opstuwing van 1 millimeter toegestaan omdat dit de nauwkeurigheid van het modelinstrumentarium is.

Voor dijkvak 37 (Rkm 181-182) dient er nader gedetailleerd te worden. Het is niet uitgesloten dat er op locaties buitendijks versterkt moet worden omdat er bebouwing tegen de dijk aan staat. Dit betekent dat binnendijks versterken niet haalbaar is op het gebied van kosten en maatschappelijke waarden. Ter hoogte van dijkvak 37 (Rkm 181-182) treedt een opstuwingspiek op van 1,7 millimeter. Daarmee is de buitendijkse versterking in dit deelgebied niet vergunbaar. Gesteld kan worden dat het ongewenst is om buitendijks te versterken omdat hier negatieve effecten optreden. Dit leidt tot het oordeel "- -" voor deelgebied NOR zonder rivierkundige compensatie.

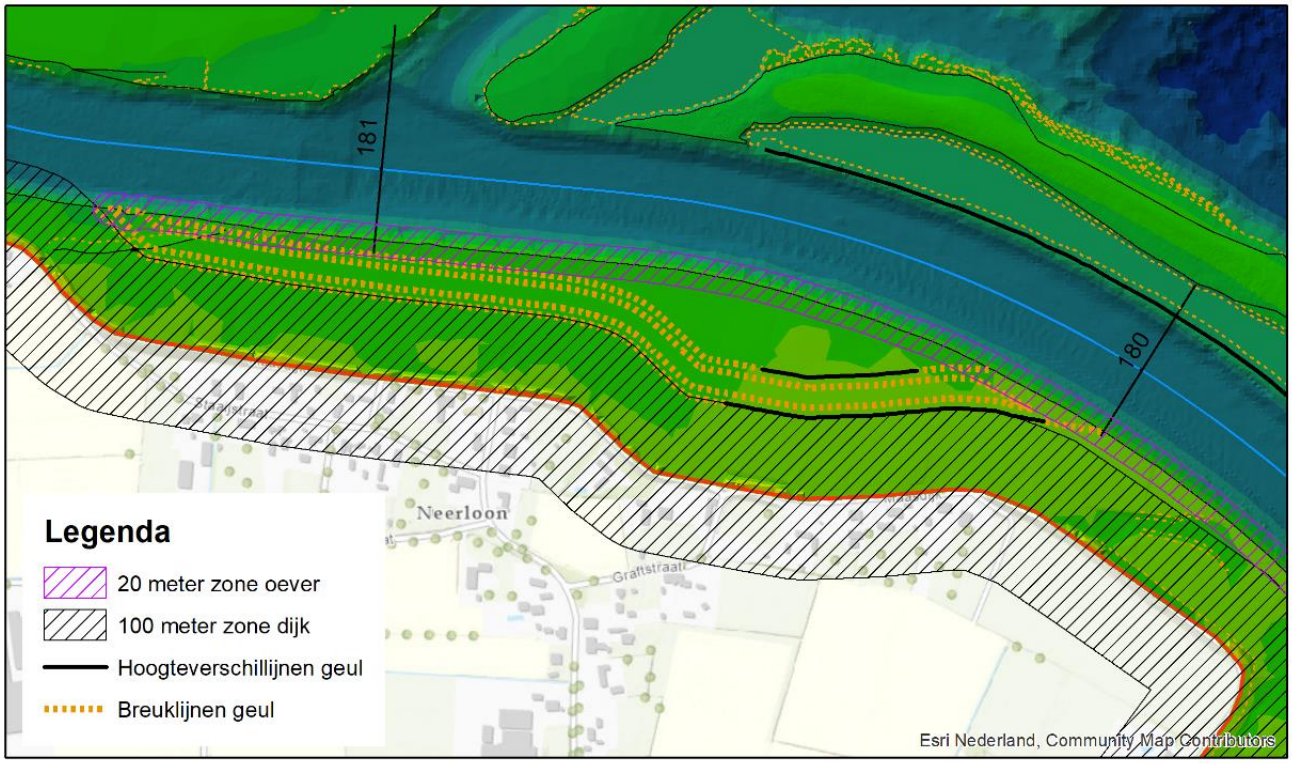
Deze effecten zijn wel te compenseren. Het toevoegen van een compensatiegeul bij Neerloon zorgt ervoor dat de opstuwingseffecten van de buitenwaartse dijkverbeteringen volledig wordt gecompenseerd. Er ontstaat bij de uitstroom van de compensatiegeul wel een opstuwingspiek van 4,6 mm maar aangezien de waterstandsdaling vele malen groter is dat de opstuwingspiek kan dit effect worden toegestaan op grond van de zogenaamde *zaagtandmethode*. Hierover dient wel in overleg met bevoegd gezag (Rijkswaterstaat Zuid-Nederland; afgekort RWS-ZN) getreden te worden. Akkoord vanuit RWS-ZN op de toepassing van de zaagtandmethode wordt kansrijk geacht. Dit leidt tot het oordeel "Opstuwingspiek maar wel een netto waterstandsdaling op de Maas tijdens hoogwater" ("-") voor het deelgebied NOR met rivierkundige compensatie.

Merk op dat eventuele negatieve effecten van meekoppelkansen (zoals de reconstructie van de N321 bij Grave) in deze effectbeoordeling niet zijn meegenomen. In de planuitwerking is het van belang dat het integrale ontwerp wordt beoordeeld. Voor de effectbeoordeling van de meekoppelkansen, zie paragraaf 7.11.

Rivierkundige compensatie in KA 2

Ter hoogte van dijkvak 36 bij Neerloon is ruimte om compensatie toe te passen in de vorm van een (droge) nevengeul. Er is gekozen om minimaal 100 meter van de dijk (de bandijklijn in de Baseline-schematisatie) te blijven en voor zo ver mogelijk (20 meter) van de insteeklijn van de oever.

In Figuur 7-35 is te zien dat de hele vergraving buiten de 100 meter zone van de dijk is gebleven. Dit lukt logischerwijs niet voor de 20 meter zone van de oever omdat de vergraving aangesloten wordt op het zomerbed. Aan de benedenstroomse zijde is er een langer traject waar er binnen de zone van 20 meter wordt vergraven. Dit is over een lengte van ongeveer 400 meter. Op dat traject moet in een later stadium mogelijk oeverbescherming worden aangebracht, of, wanneer blijkt dat dit mogelijk is, een smallere geul worden ontworpen.



Figuur 7-35: Uitgangspunten compensatie Neerloon

Binnen de gestelde uitgangspunten is het mogelijk gebleken om een geul te dimensioneren met een bodembreedte van 25 meter, de breedte tussen de insteeklijnen is 50 meter. De bodemhoogte is verlaagd naar 7 m +NAP, dit is een verlaging van ongeveer 1,5 meter. Daarmee is het toepassen van steile taluds (steiler dan 1:7) op een groot gedeelte van het traject voorkomen. Het stuwpeil ligt op 4,90 m +NAP. De oeverlijn aan de bovenstroomse en benedenstroomse zijde zijn intact gebleven waardoor deze fungeren als een drempel. De bovenstroomse drempel is het hoogste (en daarmee bepalend voor het meestromen van de geul. Deze is gelegen op circa 8,7 m +NAP. Als gevolg van de drempelhoogte van 8,7 m +NAP kan worden gesteld op basis van de betrekkingslijnen dat de geul slechts eens per 10 jaar stroomvoerend is (bij een afvoer van 2302 m^3/s bij Borgharen, bijbehorende waterstand 8,80 m +NAP).

Overigens is meeliften op rivierkundige compensatie binnen het westelijk aangrenzende project Meanderende Maas mogelijk een optie. Het is nog niet zeker of dit mogelijk is; dit is een aandachtspunt voor de Planuitwerkingsfase.

7.8.6 Effecten op de morfologie

Wijze van beoordelen

Ingrepen in de uiterwaard kunnen effect hebben op de morfologische dynamiek in het rivierbed. Deze is onder te verdelen in het zomerbed en de uiterwaard. In het zomerbed is het van belang dat er geen extra sedimentatie optreedt. Dit kan tot gevolg hebben dat er extra gebaggerd moet worden om de vaarweg op diepte te houden. Ook erosie in het zomerbed in de buurt van kunstwerken of bij kabels en leidingen is niet wenselijk. Daarnaast kan een ingreep er in resulteren dat er sedimentatie of erosie ontstaat in de uiterwaard met schade of hinder tot gevolg. Denk hierbij aan instabiel wordende kribben of eroderende percelen.

Deze beoordeling is uitgevoerd op basis van simulaties bij een afvoer van 2.000 m³/s bij Borgharen (zie Figuur 7-36 op p. 159). Deze afvoer heeft een herhalingstijd van ongeveer 5 jaar en is daarmee representatief voor morfologische effecten.

Bij de beoordeling van de effecten op de morfologie is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-82).

Tabel 7-82 Beoordelingsschaal effecten op de morfologie

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke vermindering in de mate van erosie en sedimentatie in het rivierbed
+ +	Sterke vermindering in de mate van erosie en sedimentatie in het rivierbed
+	Beperkte vermindering in de mate van erosie en sedimentatie in het rivierbed
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Beperkte maar toelaatbare verhoging in de mate van erosie en sedimentatie in het rivierbed
- -	Sterke verhoging in de mate van erosie en sedimentatie in het rivierbed
- - -	Zeer sterke verhoging in de mate van erosie en sedimentatie in het rivierbed

Voor de effectbeoordeling van KA 2 is aangenomen dat voor alle buitendijkse versterkingen wordt voldaan aan de redeneerlijn, ondanks dat hiervoor geschreven is dat dit niet het geval is. De reden hiervoor is dat op deze wijze de maximale effecten van dit alternatief worden beschouwd.

Effectbeoordeling morfologie

De beoordeling voor het aspect morfologie is als volgt (Tabel 7-83).

Tabel 7-83 Beoordeling morfologie

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	0
NOR	0	0

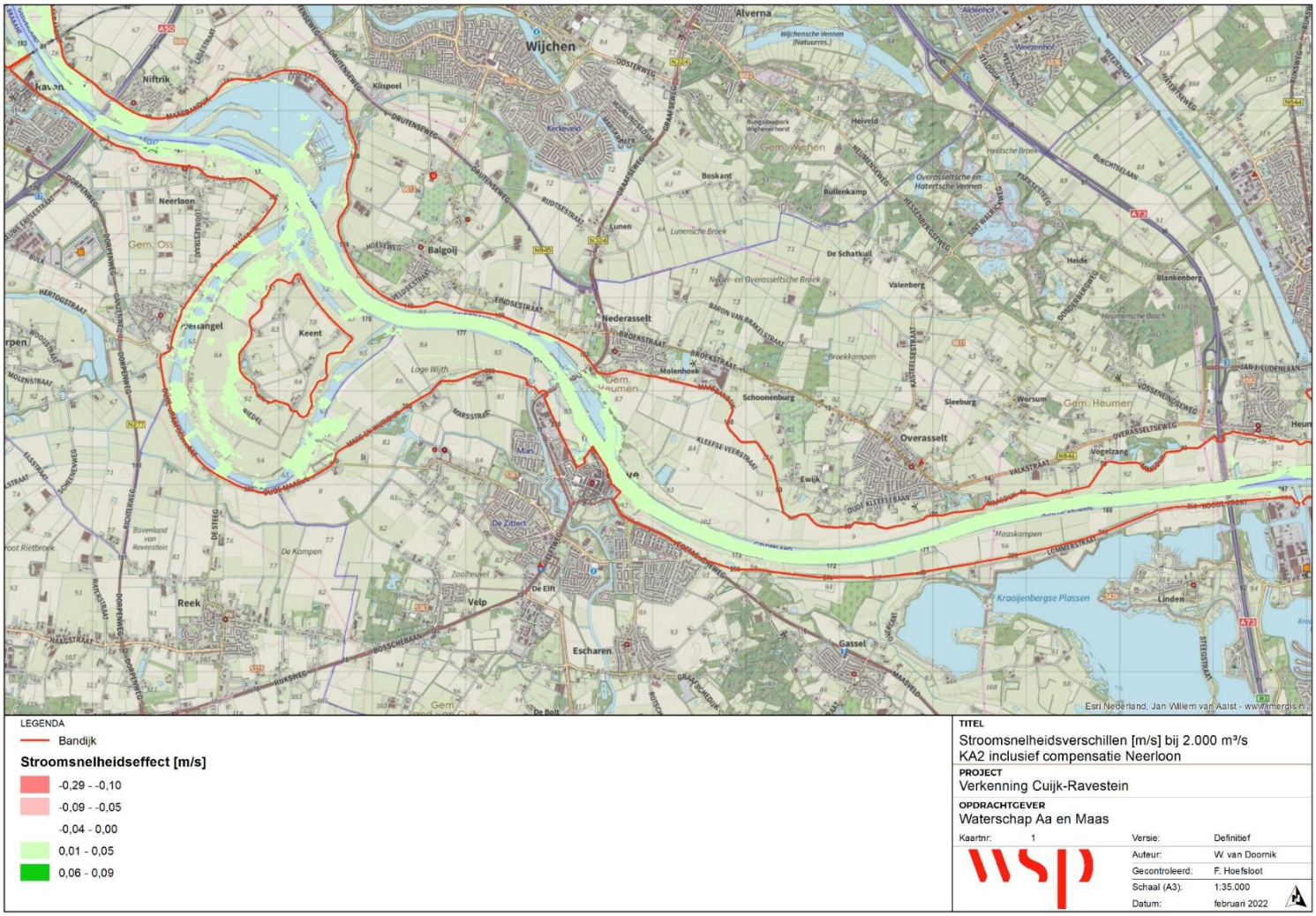
Effecten van Kansrijk Alternatief 1 op de morfologie

Er is geen effect van KA 1 op de morfologische dynamiek. Immers, er wordt geen buitendijkse versterking uitgevoerd, waardoor er geen verandering optreedt in de stroombeelden. Daardoor kan worden geconcludeerd dat de situatie in het gehele plangebied niet verandert.

Effecten van Kansrijk Alternatief 2 op de morfologie

Voor de deelgebieden Cuijk en Grave worden de morfologische effecten als neutraal beoordeeld.
De effecten van KA 2 op de morfologische dynamiek binnen het deelgebied NOR wordt eveneens als neutraal beoordeeld. Aandachtspunt is de compensatie Neerloon. Voor deze geul geldt dat de bodem verlaagd is naar 7 m +NAP. Op basis van de betrekkingslijnen is duidelijk dat de geul slechts 2 dagen per jaar nat zal zijn (bij een afvoer van 1470 m³/s bij Borgharen, bijbehorende waterstand 7,02 m +NAP).

De tijd dat de geul daadwerkelijk stroomvoerend is en daarmee effecten voor de scheepvaart en/of morfologische situatie heeft is nog kleiner. Bij een afvoer van 1971 m³/s bij Borgharen (herhalingstijd van 5 jaar) staat er 1,13 meter water in de geul. Hiermee worden de effecten op de morfologische situatie en scheepvaart als klein ingeschat. Hoe groot deze effecten zijn, dient nader onderzocht te worden. Wat in Figuur 7-36 zichtbaar is, is dat de stroomsnelheden bij 2.000 m³/s licht toenemen. Daardoor wordt er geen sedimentatie verwacht, maar mogelijk zelfs een lichte erosie. Geconcludeerd kan worden dat de compensatiegeul – bij voor de morfologie representatieve afvoeren – geen significant morfologisch effect heeft.



Figuur 7-36 Stroomsnelheidsverschillen bij een Maasafvoer van 2.000 m³/s

7.8.7 Effecten op de scheepvaart (dwarsstroming)

Wijze van beoordelen

Bij een stroming van uiterwaard naar de hoofdgeul (of andersom) ontstaat er een dwarsstroomcomponent in de vaarweg. Deze dwarsstroom kan hinder of een onveilige situatie voor de scheepvaart opleveren. Deze dwarsstroom (in de vorm van dwarsstroomsnelheid) wordt beschouwd op de rand van de vaarweg. Deze wordt op de Maas gedefinieerd op een bepaalde afstand uit de oever of op de bakenlijn. Voor de beoordeling van dit aspect worden eveneens de stroomsnelheidsverschillen bij een afvoer van 2.000 m³/s gebruikt.

Bij de beoordeling van de effecten op de scheepvaart (dwarsstroming) is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-84).

Tabel 7-84 Beoordelingsschaal effecten op de scheepvaart (dwarsstroming)

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+ +	Sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+	Beperkte verbetering t.o.v. de referentiesituatie
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Beperkte verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie

Voor de effectbeoordeling van KA 2 is aangenomen dat voor alle buitendijkse versterkingen wordt voldaan aan de redeneerlijn, ondanks dat hiervoor geschreven is dat dit niet het geval is. De reden hiervoor is dat op deze wijze de maximale effecten van dit alternatief worden beschouwd.

Effectbeoordeling dwarsstroming

De beoordeling van de twee Kansrijke Alternatieven op het aspect dwarsstroming is weergegeven in Tabel 7-85.

Tabel 7-85 Beoordeling dwarsstroming

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	0
NOR	0	0

Effecten van Kansrijk Alternatief 1 op dwarsstroming

Evenals bij de effectbeoordeling op de morfologie, treden er als gevolg van KA 1 geen (significante) veranderingen op in de stroomsnelheden bij een afvoer van 2.000 m³/s. Ditzelfde geldt daarmee ook voor de dwarsstroomcomponent hiervan. Dit geldt voor alle drie de deelgebieden. Daarom zijn deze effecten als neutraal (“0”) beoordeeld.

Effecten van Kansrijk Alternatief 2 op dwarsstroming

Zoals eerder beschreven bij morfologie, treden er als gevolg van KA 2 geen (significante) veranderingen op in de stroomsnelheden bij een afvoer van 2.000 m³/s. Ditzelfde geldt daarmee ook voor de dwarsstroomcomponent hiervan. Dit geldt voor alle drie de deelgebieden. Daarom zijn deze effecten als neutraal (“0”) beoordeeld.

7.8.8 Conclusie effecten rivierkunde

In deze effectbeoordeling zijn de onderstaande zaken aan het licht gekomen.

Voor KA 1 geldt dat alle rivierkundige aspecten neutraal (“0”) scoren. Er wordt immers geen buitendijkse versterking toegepast en omdat er buitendijks geen verandering in de geometrie optreedt, blijft het stroombeeld gelijk.

Dit geldt niet voor KA 2. In dit alternatief zijn wel degelijk buitendijkse versterkingen opgenomen. Voor de dijkvakken 1,2,4 en 22 (deelgebieden Cuijk en Grave) geldt dat niet wordt voldaan aan de redeneerlijn buitendijks versterken (“- -”) omdat er goede alternatieven beschikbaar zijn. Daarmee is niet meer relevant dat het opstuwende effect van deze buitendijkse versterkingen volledig teniet gedaan door de waterstandsdaling van de compensatiemaatregel Neerloon.

Voor dijkvak 36 (deelgebied NOR) geldt dat de oplossing waarbij niet buitendijks versterkt wordt veel duurder is dan de optie met buitendijks versterken. Hiermee wordt voldaan aan de redeneerlijn buitendijks versterken. Daarnaast is gebleken dat deze versterking geen significante waterstandseffecten heeft tijdens de hoogwaterreferentie. Voor dijkvak 37 in hetzelfde deelgebied dient er nader gedetailleerd te worden. Het is niet uitgesloten dat er op locaties buitendijks

versterkt moet worden omdat er bebouwing tegen de dijk aan staat. Dit betekent dat binnendijks versterken niet haalbaar is op het gebied van kosten en maatschappelijke waarden. Gebleken is dat de eerder genoemde compensatiemaatregel Neerloon samen met de dijkverbetering in dijkvak 37 wel een forse opstuwingspiek van 4,7 mm tot gevolg hebben. Op basis van de waterstandseffecten kan worden gesteld dat de waterstandsdaling vele malen groter is dat de opstuwingspiek. Daardoor kan dit effect worden toegestaan op grond van de zogenaamde zaagtandmethode. Hierover dient wel in overleg met bevoegd gezag getreden te worden. Het voorgaande in beschouwing nemende, is het effect op de hoogwaterveiligheid bij deelgebied NOR als negatief ("-") beoordeeld. Immers, er treedt een negatief effect op, wat gecompenseerd zal moeten worden.

De effecten van KA 2 op de morfologie en dwarsstroming zijn beoordeeld als neutraal ("0") omdat er geen significante effecten zichtbaar zijn op de stroomsnelheden bij 2.000 m³/s. Bij het aanvragen van een vergunning dient in overleg getreden te worden met RWS-ZN voor de randvoorwaarden. Wanneer RWS-ZN een beoordeling wil bij hogere afvoeren kan dit ongewenste effecten hebben. Op basis van ervaring wordt dit niet verwacht.

Tabel 7-86 bevat een resumé van de effectbeoordelingen per criterium binnen het thema Rivierkunde. In Tabel 7-87 zijn deze beoordelingen samengevoegd tot één rivierkundige effectbeoordeling van de Kansrijke Alternatieven, per deelgebied. De negatieve effecten op het criterium hoogwaterveiligheid zijn hierbij het zwaarst meegewogen. Bij deze eindbeoordeling is ervan uit gegaan dat bij deelgebied NOR wél rivierkundige compensatie plaatsvindt, door middel van een weerdverlaging.

Tabel 7-86 Beoordeling rivierkundige effecten, per deelgebied, per criterium

	Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Hoogwaterveiligheid	**Cuijk**	0	- -
	Grave	0	- -
	NOR zonder compensatie	0	- -
	NOR met compensatie	0	-
Morfologie	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	0
	NOR	0	0
Dwarsstroming	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	0
	NOR	0	0

Tabel 7-87 Beoordeling rivierkundige effecten van de Kansrijke Alternatieven, per deelgebied

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	- -
Grave	0	- -
NOR	0	-

7.8.9 Leemten in kennis en aanbevelingen voor de planuitwerking

Ten aanzien van effectbeoordeling rivierkunde spelen een aantal leemten in kennis:

- Meeliften op rivierkundige compensatie binnen het westelijk aangrenzende project Meanderende Maas is mogelijk een optie. Het is nog niet zeker of dit mogelijk is; dit is een aandachtspunt voor de Planuitwerkingsfase.
- De beoordeling van deelgebied Grave is indicatief, omdat het opstuwende effect van de dijkverlegging rondom Bomvrije buiten de begrenzing van het rivierkundige model valt.
- Voor dijkvak 37 (Rkm 181-182) geldt dat het ontwerp nader gedetailleerd dient te worden.

In de planuitwerking is een beoordeling conform het gehele rivierkundige beoordelingskader[59] nodig. RWS is betrokken bij dit project en is op de hoogte van de effecten. Er is een mitigatiemaatregel in beeld: een weerdverlaging bij Neerloon.

7.9 Effectbeoordeling leefomgeving

7.9.1 Criteria

Beide Kansrijke Alternatieven zijn beoordeeld op de volgende aspecten:

- licht- en geluidshinder;
- luchtkwaliteit;
- trillinghinder;
- en externe veiligheid.

Omdat in de Verkenningsfase alleen permanente effecten worden beschouwd en weinig permanente hinder wordt verwacht, zijn bovenstaande criteria gezamenlijk uitgewerkt. Onderdeel van een goede inpassing is namelijk ook het beperken en zoveel mogelijk voorkomen van dergelijke negatieve permanente effecten.

7.9.2 Effecten op de leefomgeving (licht- en geluidshinder, luchtkwaliteit, trillinghinder en externe veiligheid) in de gebruiksfase

Wijze van beoordelen

De effecten op de leefomgeving zijn kwalitatief beoordeeld ten opzichte van de in paragraaf 2.4.10 beschreven referentiesituatie, door per deelgebied (Cuijk, Grave en Neerloon-Overlangel-Reek) te beschouwen of de dijkverbetering leidt tot veranderingen in ligging en gebruik van de dijkzone. Er is met name gekeken naar het toekomstige gebruik van de dijk door gemotoriseerd verkeer, aangezien dit type gebruik van de dijk zorgt voor de meeste effecten op licht- en geluidshinder, luchtkwaliteit, trillinghinder en externe veiligheid. Ook (grote) aanpassingen in hoogte kunnen leiden tot een effect, doordat bijvoorbeeld straatverlichting of koplampen van verkeer bij woningen naar binnen gaan schijnen. Echter, in de Verkenningsfase is het detailniveau van het ontwerp nog onvoldoende om een dergelijke beoordeling goed uit te kunnen voeren. Deze effectbeoordeling heeft daarom meer het karakter van een overzicht van aandachtspunten voor de Planuitwerkingsfase.

Binnen het beoordelingsaspect woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid zijn de effecten op woongenot, bedrijfsfuncties en verkeer beoordeeld (zie paragraaf 7.4). De effectbeoordelingen voor het thema leefomgeving dienen, in de Planuitwerkingsfase, voornamelijk om de vergunbaarheid om deze aspecten aan te tonen.

Bij de beoordeling van de effecten op de leefomgeving is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-88).

Tabel 7-88 Beoordelingsschaal effecten op de leefomgeving in de gebruiksfase (licht- en geluidshinder, luchtkwaliteit, trillinghinder en externe veiligheid)

Score	Toelichting
+ + +	Zeer sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+ +	Sterke verbetering t.o.v. de referentiesituatie
+	Beperkte verbetering t.o.v. de referentiesituatie
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
-	Beperkte verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- -	Sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie
- - -	Zeer sterke verslechtering t.o.v. de referentiesituatie

Effectbeoordeling

De Kansrijke Alternatieven zijn op het thema leefomgeving als volgt beoordeeld (Tabel 7-89).

Tabel 7-89 Beoordeling leefomgeving in de gebruiksfase (licht- en geluidshinder, luchtkwaliteit, trillinghinder en externe veiligheid)

Aspect	Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Licht- en geluidshinder	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	?
	NOR	0	0
Luchtkwaliteit	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	0
	NOR	0	0
Trillinghinder	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	?
	NOR	0	0
Externe veiligheid	**Cuijk**	0	0
	Grave	0	0
	NOR	0	0

Beschrijving effecten op de leefomgeving

Deelgebied Cuijk

In deelgebied Cuijk worden in beide Kansrijke Alternatieven geen aanpassingen voorzien aan de ligging van het dijktracé of de routestructuur voor gemotoriseerd verkeer. Een besluit over verandering van de toegang vanaf de Maas tot de Kraaijenbergse plassen wordt pas na de Verkenningsfase genomen en maakt daarom geen deel uit van deze effectbeoordeling. Er is geen onderscheid tussen beide Kansrijke Alternatieven. Naar verwachting ontstaat in het deelgebied Cuijk geen permanente verslechtering of verbetering wat betreft de aspecten licht- en geluidshinder, luchtkwaliteit, trillinghinder en externe veiligheid. Daarom worden de effecten van beide alternatieven op de leefomgeving als neutraal beschouwd voor dit deelgebied.

Deelgebied Grave

In KA 1 is de ligging van het dijktracé gelijk aan de referentiesituatie. De benodigde versterkingsmaatregelen leiden naar verwachting niet tot permanente geluids- licht-, trilling- en externe veiligheidseffecten, omdat deze geen impact hebben op verkeersstromen die kunnen zorgen voor geluidsoverlast, lichthinder, trillingen en verhoogde externe veiligheidsrisico's. Een aandachtspunt voor de planuitwerking is de aansluiting van de Jan van Cuykdijk op de straat Bomvrije. Bewoners van het huis op deze hoek zouden meer lichthinder kunnen ervaren van hoger rijdend wegverkeer als gevolg van de dijkverhoging in KA 1. De effecten van KA 1 op de leefomgeving in het deelgebied Grave zijn als neutraal beschouwd.

Wanneer KA 2 wordt gerealiseerd zal de situatie in Grave sterk veranderen, onder andere door omleggingen van het dijktracé rondom de Bomvrije en een ander gebruik van de openbare ruimte bij de Maaskade. Het is mogelijk dat er binnen het centrum van Grave een verschuiving plaatsvindt van de verkeersstromen en bijbehorende effecten op de leefomgeving. Positieve en negatieve effecten op de leefomgeving kunnen optreden bij de Maaskade, waar in deze variant een verhoogde promenade wordt aangelegd en woningen aan de noordelijke Maaskade binnendijks worden gebracht. Ook bij de Koninginnedijk / Nieuwe Haven zijn effecten te verwachten als gevolg van verhoging van de wegligging. De effecten bij Bomvrije en halfbastion Blauwkop dienen in de planuitwerking nader te worden onderzocht, indien de optie van een buitenwaartse dijkverlegging rondom Bomvrije wordt meegenomen naar de volgende fase.

De effecten van KA 2 op de leefomgeving in Grave zijn in deze Verkenningsfase nog niet goed te beoordelen. Er ontstaan mogelijk positieve effecten (bijvoorbeeld plaatselijk minder geluidshinder indien de verkeerscirculatie wordt aangepast) en mogelijk negatieve effecten (bijvoorbeeld hinder als gevolg van de verhoogde wandelpromenade). Het is mogelijk dat tijdens de planuitwerking wel degelijk effecten op de leefomgeving in beeld komen, onder andere doordat de aanpassingen aan de openbare ruimte in Grave in Kansrijk Alternatief 2 effecten kunnen hebben die nu nog niet zijn te overzien, aangezien deze aanpassingen nog niet zijn uitgewerkt. Overigens zal vermoedelijk meer geluidsoverlast ontstaan als gevolg van de verhoging van de dijk en daarmee van de provinciale weg N321. Dit is onafhankelijk van het wel

of niet doorgaan van een gelijktijdige reconstructie van de N321. Om dit effect te bepalen zullen eerst geluidsonderzoeken moeten worden uitgevoerd.

Over KA 2 kan al wel geconcludeerd worden dat de veranderingen in verkeersstromen niet tot een relevante verandering leiden voor de criteria *luchtkwaliteit* en *externe veiligheid*. De effecten op licht- en geluidshinder en trillinghinder zijn in deze fase nog niet goed te beoordelen voor KA 2 in Grave.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)
De Kansrijke Alternatieven onderscheiden zich niet ten opzichte van de referentiesituatie, als het gaat om verwachte hinder voor de leefomgeving. De reden hiervoor is dat de gebruiksfunctie op de dijk (grotendeels erftoegangsweg) gelijk blijft. De effecten van beide Kansrijke Alternatieven op de leefomgeving in dit deelgebied worden daarom als neutraal beschouwd. Tijdens de planuitwerking wordt onderzocht of de verhoging van de weg op de (Oude) Maasdijk leidt tot extra geluids- en lichthinder voor de vele aanwonenden van de dijk (en voor diersoorten).

7.9.3 Conclusie effecten op de leefomgeving
Er worden geen permanente effecten op de leefomgeving verwacht in de deelgebieden Cuijk en Neerloon-Overlangel-Reek (NOR). Dit geldt voor beide Kansrijke Alternatieven. De effecten op deelgebied Grave zijn voor KA 1 als neutraal beoordeeld. De effecten van KA 2 op dit deelgebied zijn nog niet goed te beoordelen, omdat het detailniveau van het ontwerp onvoldoende is om dit te beoordelen. Dit is een leemte in kennis (zie paragraaf 7.9.4).

Tabel 7-90 Effecten op de leefomgeving

Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Cuijk	0	0
Grave	0	?
NOR	0	0

7.9.4 Leemten in kennis
In deelgebied Grave is er onzekerheid over verschillende effecten op de leefomgeving (permanente veranderingen in licht- en geluidshinder en trillinghinder), die tijdens de planuitwerking beter beoordeeld kunnen worden, aangezien er dan een uitgewerkt ontwerp is.

Ook zal vermoedelijk meer geluidsoverlast ontstaan als gevolg van de verhoging van de dijk en daarmee van de provinciale weg N321. Dit is onafhankelijk van het wel of niet doorgaan van een gelijktijdige reconstructie van de N321. Om dit effect te bepalen zullen eerst geluidsonderzoeken moeten worden uitgevoerd.

7.10 Effectbeoordeling hinder tijdens aanleg

De hinderaspecten (tijdelijke effecten op de bereikbaarheid van functies, vervoersbewegingen, geluids-, stof- en trillinghinder) worden in de Planuitwerkingsfase uitgewerkt. Deze hinderaspecten hebben namelijk betrekking op de tijdelijke hinder die ontstaat in de realisatiefase van de dijkverbetering. In deze Verkenningsfase wordt alleen de gebruiksfase beoordeeld, zoals omschreven in paragraaf 5.3 van de Nota Reikwijdte en Detailniveau[2].

Desondanks valt in de Verkenningsfase al wel te vermelden dat de dijkverbetering, in welke vorm deze ook wordt uitgevoerd, (aanzienlijke) hinder tijdens aanleg kan veroorzaken. Te denken valt aan:

- tijdelijke geluids-, stof- en trillinghinder van bouwverkeer en -materieel (versterken in grond betekent bijvoorbeeld dat grond moet worden aangevoerd (met vrachtwagens of per schip) en met graafmachines wordt aangebracht. Constructieve oplossingen vragen om een werkstrook met voldoende breedte om elementen aan te kunnen brengen (drukken of trillen), enzovoorts);
- het gedurende één jaar minder bruikbaar zijn van buitendijkse landbouwpercelen indien klei-inkassingen worden toegepast (indien hiervoor wordt gekozen, worden overeenkomsten met grondeigenaren en -gebruikers gesloten);
- tweemaal hinder van de aanpassing van de kademuur in Grave, indien deze eerst voor zichtjaar 2075 en na een aantal decennia nogmaals voor zichtjaar 2125 wordt aangepast;
- en een onderbreking van de beschikbaarheid voor autoverkeer gedurende meerdere weken bij de Keersluisweg (Haven Cuijk), de N321 bij Grave (die wordt aangepakt door de provincie Noord-Brabant), lokale straten in het centrum van Grave, de Koninginnedijk in Grave en de (Oude) Maasdijk in het deelgebied NOR.

De dijkverbetering zal kortom tijdelijke hinder voor de omgeving veroorzaken, ongeacht welk alternatief wordt gerealiseerd. Op dit moment in de verkenning zijn nog geen verschillen tussen de alternatieven te verwachten, op hindereffecten van de aanleg van de klei-inkassingen na. In het nog te ontwikkelen uitvoeringsontwerp wordt uitgewerkt hoe bewoners en bedrijven tijdens aanleg van het uiteindelijke plan bereikbaar kunnen blijven en hoe overige hinder tijdens aanleg zoveel mogelijk kan worden gereduceerd of voorkomen.

7.11 Effectbeoordeling meekoppelkansen

7.11.1 *Meekoppelkansen*

Beide Kansrijke Alternatieven bevatten meekoppelkansen (Mkk's). Er zijn meekoppelkansen die in beide KA's zijn opgenomen en meekoppelkansen die alleen in KA 2 zijn opgenomen omdat ze een directere relatie hebben met de versterkingsmaatregelen (zie Figuur 7-37). De meekoppelkansen worden in het Voorkeursalternatief (het VKA; eindresultaat van deze Verkenningsfase) opgenomen in een 'menukaart'. Met die menukaart kunnen de definitieve keuzes over de meekoppelkansen in een later stadium nog worden gemaakt. De menukaart biedt de gebiedspartners ruimte om de meekoppelkansen verder uit te werken, af te stemmen met stakeholders en de (financiële) haalbaarheid te onderzoeken.

MEEKOPPELKANSEN IN KA's		KA 1	KA2
cultuurhistorie			
1	Vesting Grave; zichtbaar maken/herstel/behoud kades, muren, grond- en waterwerken		
2	Restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorisch element/objecten		
3	Beerse overlaat, Zuiderwaterlinie, historische dijktrajecten en plekken		
natuur			
4	Nieuwe buitendijkse natuur en KRW: Weerdverlaging Lage Wijth en KB plassen (evt Lelyprofiel) vanuit compensatie en klei		
5	EVZ realiseren en bestaande gebieden verbeteren: Raam Blauwkop en Raam bestaand EVZ, Hertogswetering, Tochtsloot, Herpense duinen		
6	Herstel beekmonding Raam		
verkeer en recreatie			
7	N321 reconstructie/groot onderhoud		
8	Doorgaande fietsroute op de dijk incl goede aansluitingen en ontbrekende schakels		
9	Nieuwe recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op/aan de dijk		
11	Recreatieve ontsluiting uiterwaarden, wandelpad langs de dijk		
12	Nieuwe doorgang vaarverkeer Kraaijenbergsche Plassen + fietsbruggen		
wonen en werken			
15	Maatwerk buitendijks wonen Grave (Maasboulevard, Scheepswerf, (betreft het binnendijks brengen van de woningen)		

Figuur 7-37 Verdeling Meekoppelkansen in de Kansrijke Alternatieven, per KA aangegeven met groene blokken [28]

7.11.2 *Beoordeelde meekoppelkansen in deze effectbeoordeling*

In deze effectbeoordeling zijn de meekoppelkansen beoordeeld zoals ze in de Kansrijke Alternatieven zijn opgenomen en vastgesteld. De meekoppelkansen die onlosmakelijk onderdeel zijn van het dijkontwerp van KA 2, zijn reeds beoordeeld als integraal onderdeel van KA 2. Het gaat daarbij om de meekoppelkansen:

- Mkk 1 "Halfbastion Blauwkop zichtbaar en beleefbaar maken", inclusief Mkk 9 "rustpunt", Mkk 11 "wandelpad" en Mkk 15 "woningen Bomvrije binnendijks brengen" in Grave;
- Mkk 4 "Rivierkundige compensatie / nieuwe buitendijkse natuur en KRW" bij Neerloon.
- Mkk 8 "Doorgaande fietsroute/fietsstraat door Grave";
- Mkk 8 "doorgaande fietsroute/fietsstraat Tuimeldijk Koninginnedijk" in Grave;
- Mkk 8 "Verbreden naar 2-richtingenfietspad aan NO-zijde" bij Grave;
- en Mkk 15 "Woningen Maaskade Noord binnendijks brengen" in Grave.

De effecten van alle andere meekoppelkansen uit Figuur 7-37 zijn separaat beschouwd in deze paragraaf. Het detailniveau van de informatie is in de Verkenningsfase globaal, waardoor de effectbeoordeling kwalitatief en beschouwend van aard is.

De meekoppelkansen die in deze paragraaf zijn beoordeeld, zijn:
- Mkk 2 - Restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorisch element/object (paragraaf 7.11.4);
- Mkk 3 - Beerse Overlaat zichtbaar maken (paragraaf 7.11.5);
- Mkk 4 - Nieuwe buitendijkse natuur (paragraaf 7.11.6);
- Mkk 5 - Realiseren en verbeteren van ecologische verbindingszones (paragraaf 7.11.7);
- Mkk 6 - Herstel beekmonding Raam (paragraaf 7.11.8);
- Mkk 7 - Reconstructie of groot onderhoud N321 (paragraaf 7.11.9);
- Mkk 8 - Doorgaande fietsroute op de dijk inclusief aansluiten ontbrekende schakels (paragraaf 7.11.10);
- Mkk 9 - Nieuwe recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk (paragraaf 7.11.11);
- Mkk 11 - Recreatieve ontsluiting uiterwaarden / wandelpad langs de dijk (paragraaf 7.11.12);
- Mkk 12 - Nieuwe doorgang vaarverkeer Kraaijenbergse Plassen inclusief fietsbruggen (paragraaf 7.11.13).

7.11.3 Wijze van beoordelen
De meekoppelkansen zijn beoordeeld conform het beoordelingskader dat is vastgesteld in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD)[2]. De effectbeoordelingen zijn tot stand gekomen middels een kwalitatief deskundigenoordeel. Hierbij is alleen de meekoppelkans zelf beoordeeld. De meekoppelkans kan in principe onafhankelijk van de keuze voor KA 1 of KA 2 gerealiseerd worden.

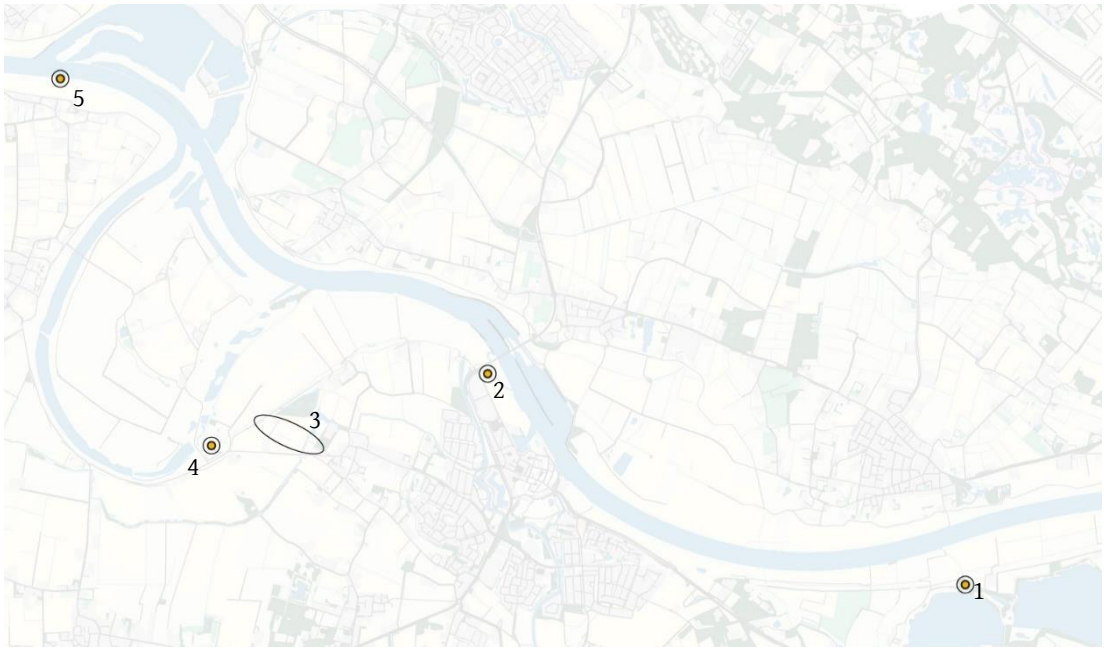
De meekoppelkansen zijn in de huidige Verkenningsfase nog zeer globaal uitgewerkt. De beoordeling van de effecten van de meekoppelkansen is daarom per definitie indicatief; de meekoppelkansen kunnen niet op hetzelfde detailniveau als KA 1 en KA 2 beoordeeld worden. Pas na verdere uitwerking is een beoordeling conform het beoordelingskader MER met een zevenpuntsschaal mogelijk. Bij de beoordeling van de milieueffecten van de meekoppelkansen is daarom de onderstaande driepuntsschaal gehanteerd (Tabel 7-91).

Tabel 7-91 Beoordelingsschaal milieueffecten van de meekoppelkansen

Score	Toelichting
↥	Overwegend positieve effecten
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie
↧	Overwegend negatieve effecten of aandachtspunt voor verdere uitwerking
*	Onvoldoende informatie; milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

7.11.4 Effectbeoordeling Mkk 2: Restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorische objecten/elementen
Beschrijving meekoppelkans
Deze meekoppelkans bestaat uit een aantal locaties waarvoor in de planuitwerking van de dijkverbetering mogelijk meerwaarde kan worden gerealiseerd:
1) het Ganzenorgel;
2) het Monument Thompson;
3) het Vergeten Sluisje;
4) een recreatieve aansluiting van het dijkje bij het klooster in Velp; en
5) een recreatieve aansluiting van de Romeinse Oversteek.

Deze vijf locaties zijn in Figuur 7-38 op kaart weergegeven.



Figuur 7-38 Locaties van de meekoppelkans "restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorisch element/object"

Ter plaatse van het Ganzenorgel kan mogelijk vanaf de dijk een toegang tot het terrein worden gerealiseerd waardoor dit gebied zichtbaar en toegankelijk wordt vanaf de dijk.
Het monument Thompson worden aangepast zodat een rustpunt ontstaat met zicht op de brug.
Het vergeten sluisje kan via wellicht toegankelijk worden gemaakt vanaf de dijk.
Het dijkje bij het oude klooster is onderdeel van de Beerse Overlaat en kan beleefbaar worden gemaakt.
Ook de Romeinse oversteek kan een wellicht beter beleefbaar worden gemaakt.

Effectbeoordeling

De milieueffecten van de vijf locaties van deze meekoppelkans zijn gezamenlijk beoordeeld in Tabel 7-39.

Tabel 7-92 Beoordeling effecten meekoppelkansen "Restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorische objecten/elementen"

Thema	Beoordeling	Toelichting
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	↥	Door deze meekoppelkans wordt de zichtbaarheid en de beleefbaarheid van cultuurhistorische elementen sterk verbeterd.
Natuur / biodiversiteit	↧	Het Ganzenorgel is onderdeel van het Natuurnetwerk Brabant (N14.03 Haagbeuken- en essenbos). Onderzoek naar beschermde soorten is noodzakelijk. Een negatief effect op beschermde soorten is mogelijk (vogels, bever en das, amfibieën, teunisbloempijlstaart en grote modderkruiper[4]).
Vrijetijdseconomie (recreatie)	↥	Door het toegankelijk maken van de cultuurhistorie wordt de toeristische aantrekkelijkheid vergroot.
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	o	Ter plaatse van de genoemde locaties zijn geen woningen of bedrijven aanwezig. De toegangspaden kruisen enkele agrarische gronden. In de planuitwerking zal onderzocht moeten worden in hoeverre het gebruik van deze gronden beperkt wordt. Er worden geen verkeerskundige effecten verwacht omdat de rustpunten van de weg af liggen.

Thema	Beoordeling	Toelichting
Duurzaamheid	*	In de planuitwerking kan gezocht worden naar duurzaam of circulair gebruik van materialen
Bodem	*	Er zal beperkt grondverzet nodig zijn voor realisatie. Een grondbalans is niet gemaakt in deze fase. Het effect op verontreinigingen wordt in de planuitwerking onderzocht.
Waterhuishouding	0	De aanleg van rustpunten of verbeteren zichtbaarheid of toegankelijkheid heeft geen effecten op waterhuishouding
Rivierkunde	0	De aanleg van rustpunten of verbeteren zichtbaarheid of toegankelijkheid heeft geen effecten op rivierkunde
Leefomgeving	0	De aanleg van rustpunten of verbeteren zichtbaarheid of toegankelijkheid heeft geen effecten op leefomgeving.
Hinder tijdens aanleg	*	Tijdelijke hinderaspecten worden pas in de planuitwerking beschouwd.

* = milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

7.11.5 Effectbeoordeling Mkk 3: Beerse Overlaat zichtbaar maken

Beschrijving meekoppelkans

Wanneer de Maas dreigde te overstromen werd het gebied bij Beers onder water gezet, de 'Beerse Overlaat' genoemd. Deze overlaat voorkwam plotselinge dijkdoorbraken. De inlaat hiervan lag tussen Grave en Linden. De overlaat liep dwars door het Maasland via de Graafsche Raam en de Hertogswetering. De Beerse Overlaat werd ook gebruikt als verdedigingsmechanisme als onderdeel van de Zuiderwaterlinie. Het vertelt het verhaal van de watergeschiedenis van de regio en is daarmee van cultuurhistorisch belang. In de huidige situatie is de Beerse Overlaat voor de voorbijganger niet herkenbaar.

Er zijn verschillende kansen om de Beerse Overlaat beleefbaar te maken. In de Verkenningsfase is een voorstel gedaan om wandelmogelijkheden en rustpunten toe te voegen, en om in het wegdek een aangepaste textuur aan te brengen.

Effectbeoordeling

De beoordeling van de milieueffecten van de meekoppelkans "Beerse Overlaat zichtbaar maken" is weergegeven in Tabel 7-93.

Tabel 7-93 Beoordeling effecten meekoppelkans "Beerse Overlaat zichtbaar maken"

Thema	Beoordeling	Toelichting
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	↥	Door deze meekoppelkans wordt de zichtbaarheid en de beleefbaarheid van de Beerse Overlaat sterk verbeterd.
Natuur / biodiversiteit	0	De aanleg van rustpunten en het verbeteren het van de zichtbaarheid van de Beerse Overlaat heeft geen effect op natuur. Ook een wandelrondje aan buitendijkse zijde heeft naar verwachting geen effect op natuur, aangezien de voorgestelde wandelroutes door agrarisch gebruikt gebied gaan.
Vrijetijdseconomie (recreatie)	↥	Door het beter beleefbaar maken van dit cultuurhistorische element, wordt de toeristische aantrekkingskracht van het gebied vergroot.

Thema	Beoordeling	Toelichting
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	↧	Ter plaatse van de locatie zijn agrarische gronden en agrarische bedrijfswoningen aanwezig. De voorgestelde paden kruisen enkele agrarische percelen. In de planuitwerking zal onderzocht moeten worden in hoeverre de bedrijfsfuncties en het woongenot worden aangetast door deze meekoppelkans. Er worden geen verkeerskundige effecten verwacht omdat de rustpunten van de weg af liggen.
Duurzaamheid	*	In de planuitwerking kan gezocht worden naar duurzaam of circulair gebruik van materialen.
Bodem	*	Er zal beperkt grondverzet nodig zijn voor de realisatie van deze meekoppelkans. Een grondbalans is niet gemaakt in deze Verkenningsfase. Het effect op verontreinigingen wordt in de planuitwerking onderzocht.
Waterhuishouding	o	De aanleg van rustpunten en het verbeteren het van de zichtbaarheid of toegankelijkheid heeft geen effect op de waterhuishouding.
Rivierkunde	o	De aanleg van rustpunten en het verbeteren het van de zichtbaarheid of toegankelijkheid heeft geen effect op rivierkunde.
Leefomgeving	o	De aanleg van rustpunten en het verbeteren het van de zichtbaarheid of toegankelijkheid heeft geen effect op permanente licht, lucht, geluid of trillinghinder.
Hinder tijdens aanleg	*	Tijdelijke hinderaspecten worden pas in de planuitwerking beschouwd.

* = milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

7.11.6 Effectbeoordeling Mkk 4: Nieuwe buitendijkse natuur

Beschrijving meekoppelkans

Er zijn diverse locaties in beeld waar uiterwaardverlaging (langs de Maas "weerdverlaging") mogelijk is vanwege de noodzakelijke rivierkundige compensatie van buitenwaartse dijkverbeteringsmaatregelen. Weerdverlaging kan een ecologische (neven)doelstelling hebben: de realisatie van riviergebonden natuur. De verlagingen in de weerden kunnen na de uitvoering als natuur worden ingericht en zo een bijdrage leveren aan doelstellingen voor terrestrische en aquatische natuur. Alle zoeklocaties voor buitendijkse natuurontwikkeling (zie Bijlage 1) zijn beschouwd.

De buitendijkse gebieden die grenzen aan de dijk, hebben – met uitzondering van delen van Keent – een agrarische bestemming en zijn geen onderdeel van het Natuurnetwerk Noord-Brabant (NNB). De provincie Noord-Brabant heeft aangegeven belang te hechten aan natuurontwikkeling in de weerden. De provincie is bereid daartoe de grenzen van het NNB aan te passen. Dit maakt 50% medefinanciering door de provincie mogelijk.

Effectbeoordeling

De milieueffecten van de meekoppelkans "Nieuwe buitendijkse natuur" zijn als volgt beoordeeld (Tabel 7-94).

Tabel 7-94 Beoordeling effecten meekoppelkans "Nieuwe buitendijkse natuur"

Thema	Beoordeling	Toelichting
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	↥	Het inpassen van buitendijkse natuur zorgt voor een verhoging van de belevingswaarde en toekomstwaarde van het gebied. De gebruikswaarde verandert van waarde in economische zin naar waarde in ecologische zin.

Thema	Beoordeling	Toelichting
Natuur / biodiversiteit	↥	Voor ecologie heeft het, ten opzichte van de huidige landbouwfuncties, sterke meerwaarde om een nevengeul of strang aan te leggen. Zo'n strang zou ook kunnen bijdragen aan de ecologische doelstellingen voor de Kaderrichtlijn Water (KRW), waarvoor bijna overal in Nederland een grote verbeteringsopgave geldt. Ook de uitbreiding van NNB-gebied wordt als positief beschouwd.
Vrijetijdseconomie (recreatie)	o	Het is nog niet bekend of nieuwe buitendijkse natuurgebieden toegankelijk kunnen zijn voor recreanten. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat er geen verandering is van de recreatieve aantrekkingskracht van het gebied
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	↧	Nieuwe buitendijkse natuur heeft geen invloed op het woongenot of op de verkeerssituatie. Het heeft wel een negatief effect op de bedrijfsfunctie van agrarische bedrijven (verlies aan landbouwareaal).
Duurzaamheid	↥	Het omzetten van landbouwareaal naar natuurgebied bewerkstelligt een CO_2-reductie en kan zelfs worden gezien als het vastleggen van CO_2 uit de atmosfeer.
Bodem	↧	De hoeveelheid grondverzet is sterk afhankelijk van het type natuur dat wordt ontwikkeld en de daarvoor benodigde vergravingen. Er kan een grote hoeveelheid grondverzet nodig zijn voor de realisatie van geulen in weerden. Een grondbalans is nog niet gemaakt in deze fase. Een mogelijk positief effect op bodemverontreinigingen (afvoeren vervuilde grond) wordt in de planuitwerking onderzocht.
Waterhuishouding	o	Een watervoerende of waterhoudende geul in een weerd kan zorgen voor een verhoogde intreding van grondwater richting binnendijks gebied. Uitgangspunt is dat er geen vergravingen plaatsvinden die leiden tot een significante toename daarvan.
Rivierkunde	o	Een watervoerende of waterhoudende geul in een weerd kan leiden tot een positief effect, maar bij het ontwerp dient erop gelet te worden dat er geen toename is van dwarsstroming en morfologische effecten.
Leefomgeving	o	Het effect op de leefomgeving (licht-, geluid-, lucht- en trillinghinder en externe veiligheid) van het verdwijnen van landbouwmaterieel uit de weerden en daarvoor in de plaats komende natuur is verwaarloosbaar.
Hinder tijdens aanleg	*	Tijdelijke hinderaspecten worden pas in de planuitwerking beschouwd.

* = milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

7.11.7 Effectbeoordeling Mkk 5: Realiseren en verbeteren van ecologische verbindingszones

Beschrijving meekoppelkans

In de Kansrijke Alternatieven zijn drie locaties benoemd waar een ecologische verbindingszone (EVZ) kan worden gerealiseerd of versterkt (als meekoppelkans). Een ecologische verbindingszone zorgt voor een koppeling van leefgebieden, zoals bijvoorbeeld die van de sleedoornpage (een vlinder).

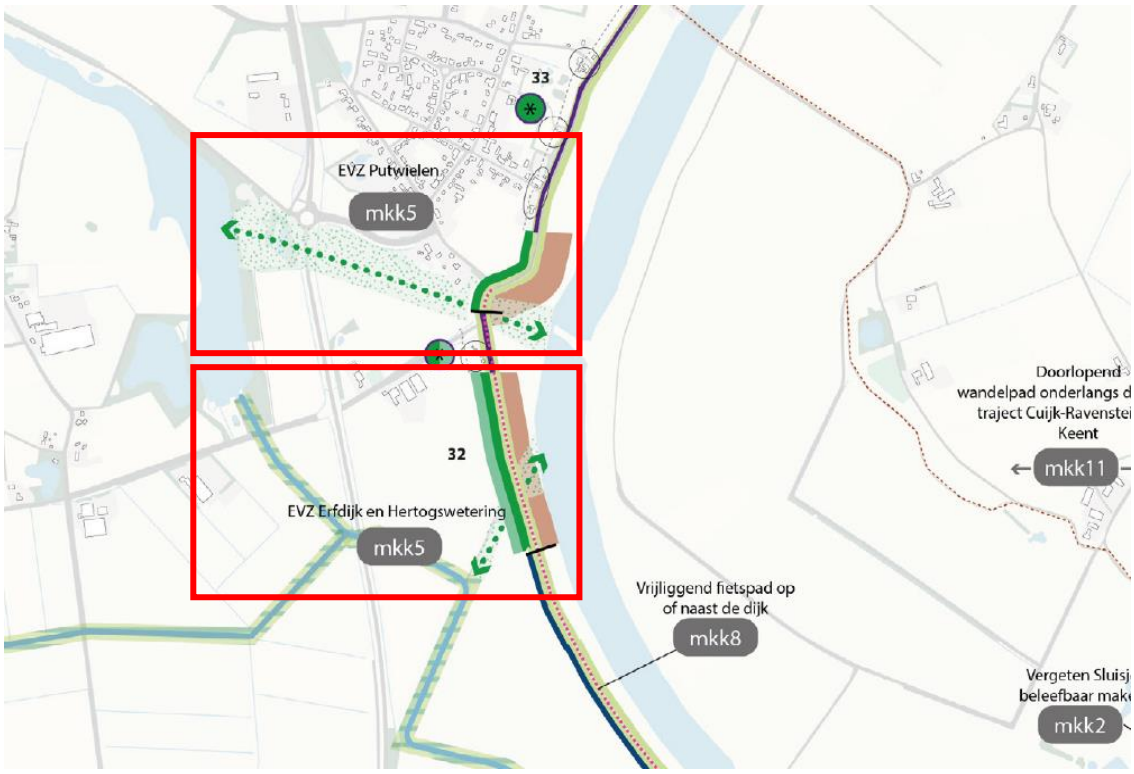
De drie EVZ's die als meekoppelkans bij de dijkverbetering zijn geïdentificeerd in de Kansrijke Alternatieven, zijn hieronder toegelicht. In de bijbehorende kaarten zijn alleen de kruisingen van de EVZ's met de dijk uitgelicht.

“EVZ Putwielen”

- Zie Figuur 7-39 voor de locatie van deze EVZ.
- Dit is een “droge” EVZ over de dijk, zonder waterverbinding.
- Er wordt een verbinding gemaakt tussen de oude Maasarm rondom Keent en een bestaande EVZ. Deze EVZ loopt door tot aan de Herperduin, bij Oss.

“EVZ Erfdijk en Hertogswetering”

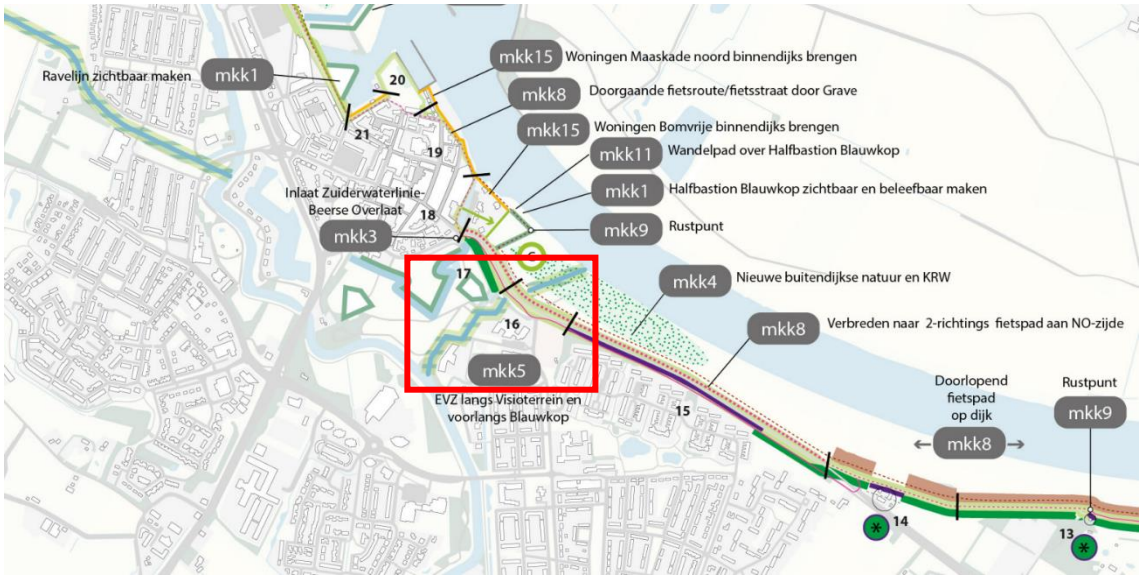
- Zie Figuur 7-39 voor de locatie van deze EVZ.
- Ook dit is een “droge” EVZ.
- Er wordt een verbinding gemaakt tussen de oude Maasarm rondom Keent en de Hertogswetering, die al op delen als EVZ geldt.



Figuur 7-39 Locatie van EVZ’s (meekoppelkansen) bij Overlangel (uitsnede uit kaart KA 2, zie Bijlage 1)

“EVZ Graafsche Raam”

- Zie Figuur 7-40 voor de locatie van deze EVZ.
- Het gaat om de introductie van een nieuwe, watervoerende EVZ.
- Er wordt een ecologische verbinding gemaakt tussen de Graafsche Raam en het buitendijkse gebied ten zuid-oosten van de vesting Grave.
- Indien deze watervoerende EVZ gerealiseerd wordt, komt er een nieuwe inlaatsluis onder de dijk en weg door, die de rol van de inlaatsluis Raamsluis Grave zou vervangen.



Figuur 7-40 Locatie van de EVZ zuidelijk langs de vesting Grave (uitsnede uit kaart KA 2, zie Bijlage 1)

Effectbeoordeling

De milieueffecten van de meekoppelkans "Realiseren en verbeteren van ecologische verbindingszones" zijn als volgt beoordeeld (Tabel 7-95).

Tabel 7-95 Beoordeling effecten meekoppelkans "Realiseren en verbeteren van ecologische verbindingszones"

Thema	Beoordeling	Toelichting
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	↥	EVZ's zijn onderdeel van het terugdringen van biodiversiteitsafname. Het realiseren van ecologische verbindingszones heeft daarmee een positief effect op de toekomstwaarde van het landschap.
Natuur / biodiversiteit	↥	De ecologische verbindingszones zorgen voor een koppeling van leefgebieden van onder andere de Sleedoornpage (een vlinder). Dit heeft een sterk positief effect op het ecosysteem als geheel.
Vrijetijdseconomie (recreatie)	o	EVZ's zijn in principe niet toegankelijk voor recreanten. Langs de routes waar EVZ's zijn voorgesteld, zijn in de huidige situatie ook al geen recreatieve waarden aanwezig. De EVZ's hebben daarom een neutraal effect op de vrijetijdseconomie / recreatie.
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	↧	EVZ's gaan ten koste van kleine hoeveelheden landbouwareaal. Dit geldt met name voor een nieuwe watervoerende EVZ zuidelijk langs Grave, waar in de uiterwaard in de referentiesituatie sprake is van gras/akker.
Duurzaamheid	o	Het omzetten van agrarisch grondgebruik naar natuur (wat het geval is bij de EVZ zuidelijk langs Grave) zorgt in lichte mate voor minder CO_2-uitstoot en terugwinning van CO_2 uit de atmosfeer. Echter, dit effect zal zo klein zijn dat dit als neutraal wordt beschouwd.
Bodem	*	Het effect van de ingrepen op eventuele bodemverontreinigingen wordt in de planuitwerking onderzocht.

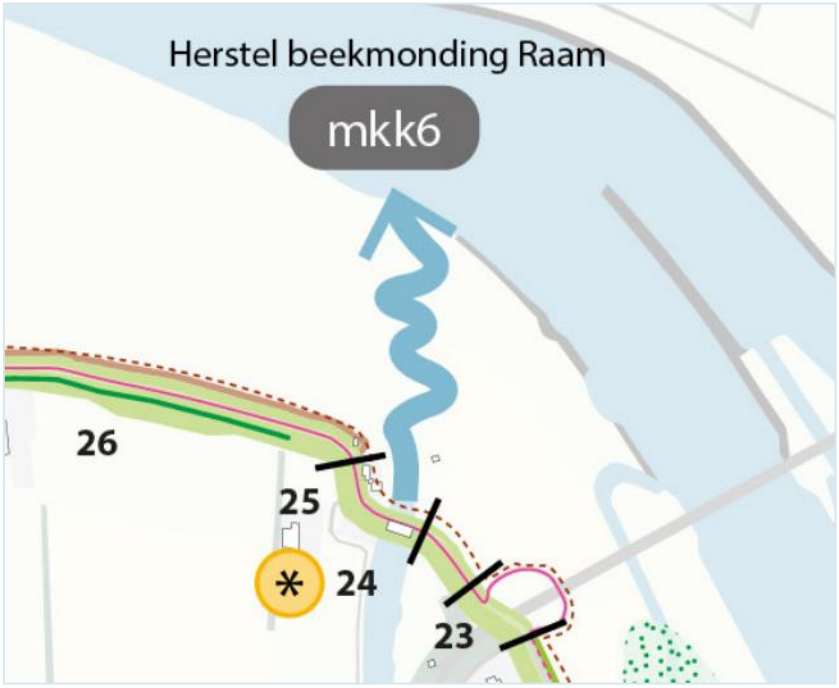
Thema	Beoordeling	Toelichting
Waterhuishouding	0	Het effect van een nieuwe watervoerende EVZ zuidelijk langs Grave op het binnendijks watersysteem is vermoedelijk neutraal, aangezien de nieuwe EVZ de (waterinlaat)functie van de Raamsluis in Grave zal overnemen. In de planuitwerking dient het effect nader onderzocht te worden. De overige voorgestelde EVZ's hebben geen invloed op de waterhuishouding.
Rivierkunde	0	Het effect van een nieuwe watervoerende EVZ zuidelijk langs Grave op de hoogwaterveiligheid, morfologie in de vaargeul en de scheepvaart, is neutraal. De ingreep bestaat uit een klein open waterlichaam, eventueel voorzien van vegetatie op de oevers. In de referentiesituatie bestaat dit gebied uit gras en akker. Het gebied ligt in een stroomluw gebied met relatief lage stroomsnelheden. Wanneer in het ontwerp van deze EVZ ook een glad vegetatietype wordt voorgesteld en het waterlichaam relatief smal gehouden wordt, zijn hier geen significante rivierkundige effecten te verwachten.
Leefomgeving	0	Het realiseren van EVZ's heeft geen effecten op de leefomgeving (licht-, geluid-, lucht- en trillinghinder en externe veiligheid)
Hinder tijdens aanleg	*	Tijdelijke hinderaspecten worden pas in de planuitwerking beschouwd.

* = milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

7.11.8 Effectbeoordeling Mkk 6: Herstel beekmonding Raam

Beschrijving meekoppelkans

Deze meekoppelkans houdt in dat de monding van de Raam in de Maas wordt "ontsteend". De oevers van de Raam tussen het gemaal van Sasse en de Maas (zie Figuur 7-41) worden daardoor natuurvriendelijker dan in de referentiesituatie. Hierdoor ontstaan kansen voor een bijdrage aan natuurontwikkeling.



Figuur 7-41 Locatie van de beekmonding van de Raam donkerblauw uitgelicht (uitsnede uit KA 2, zie Bijlage 1)

De stortstenen liggen er in de referentiesituatie vooral om de monding op zijn plek te houden. Deze stortstenen hebben geen directe functie voor de dijk en verlenen geen sterkte hieraan. Enkel het eerste deel direct aan het gemaal blijft intact om te voorkomen dat er erosie richting de dijk plaats zal vinden. Het voorstel bestaat met name uit het verwijderen van stortstenen (over een lengte van +/- 200 meter), maar mogelijk ook een stukje taludafgraving en aanleg van natuurvriendelijke oevers. Het detailontwerp volgt in de Planuitwerkingsfase.

Effectbeoordeling

De milieueffecten van de meekoppelkans "Herstel beekmonding Raam" zijn als volgt beoordeeld (Tabel 7-96).

Tabel 7-96 Beoordeling effecten meekoppelkans "Herstel beekmonding Raam"

Thema	Beoordeling	Toelichting
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	↥	Het herstellen van de beekmonding van de Raam is onderdeel van het herstellen van de biodiversiteit. Het herstellen van de beekmonding heeft daarmee een positief effect op de toekomstwaarde van het landschap.
Natuur / biodiversiteit	↥	De beekmonding wordt natuurlijker dan in de referentiesituatie, doordat stortstenen worden verwijderd. Hierdoor ontstaan kansen voor een bijdrage aan natuurontwikkeling.
Vrijetijdseconomie (recreatie)	o	Het herstellen van de beekmonding heeft geen effect op recreatieve functies zoals het nabijgelegen Graafs Kazemattenmuseum en de nabijgelegen camperparkeerplaats, aangezien de stortsteentaluds daar intact blijven om te voorkomen dat erosie richting de dijk plaats zal vinden. Deze meekoppelkans heeft daarom ook geen effect op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied.
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	↧	Deze meekoppelkans heeft geen effecten op het woongenot en de verkeerssituatie. Voor wat betreft effecten op bedrijfsfuncties, geldt dat landbouwareaal verloren zou gaan indien de taluds ver zouden afkalven als gevolg van het verwijderen van de stortstenen. Dit is een mogelijk negatief effect dat in de planuitwerking nader dient te worden onderzocht.
Duurzaamheid	*	In de planuitwerking kan gezocht worden naar het gebruik van duurzaam materieel en circulair hergebruik van materiaal bij het verwijderen van de stortstenen.
Bodem	*	Het effect van de ingrepen op eventuele bodemverontreinigingen wordt in de planuitwerking onderzocht.
Waterhuishouding	o	Het verwijderen van stortstenen van de oevers heeft geen effect op het binnendijks watersysteem en de grondwaterstanden.
Rivierkunde	↧	Bij deze meekoppelkansen zijn negatieve effecten te verwachten op de morfologie. Indien de stortstenen worden verwijderd, vindt waarschijnlijk meer erosie plaats bij de taluds van de beekmonding. Dit zorgt mogelijk voor meer sedimentatie in de vaargeul. Dit is een mogelijk effect dat in de planuitwerking nader dient te worden onderzocht.
Leefomgeving	o	Het herstellen van de beekmonding heeft geen permanent effecten op de leefomgeving (licht-, geluid-, lucht- en trillinghinder en externe veiligheid)
Hinder tijdens aanleg	*	Tijdelijke hinderaspecten worden pas in de planuitwerking beschouwd.

* = milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

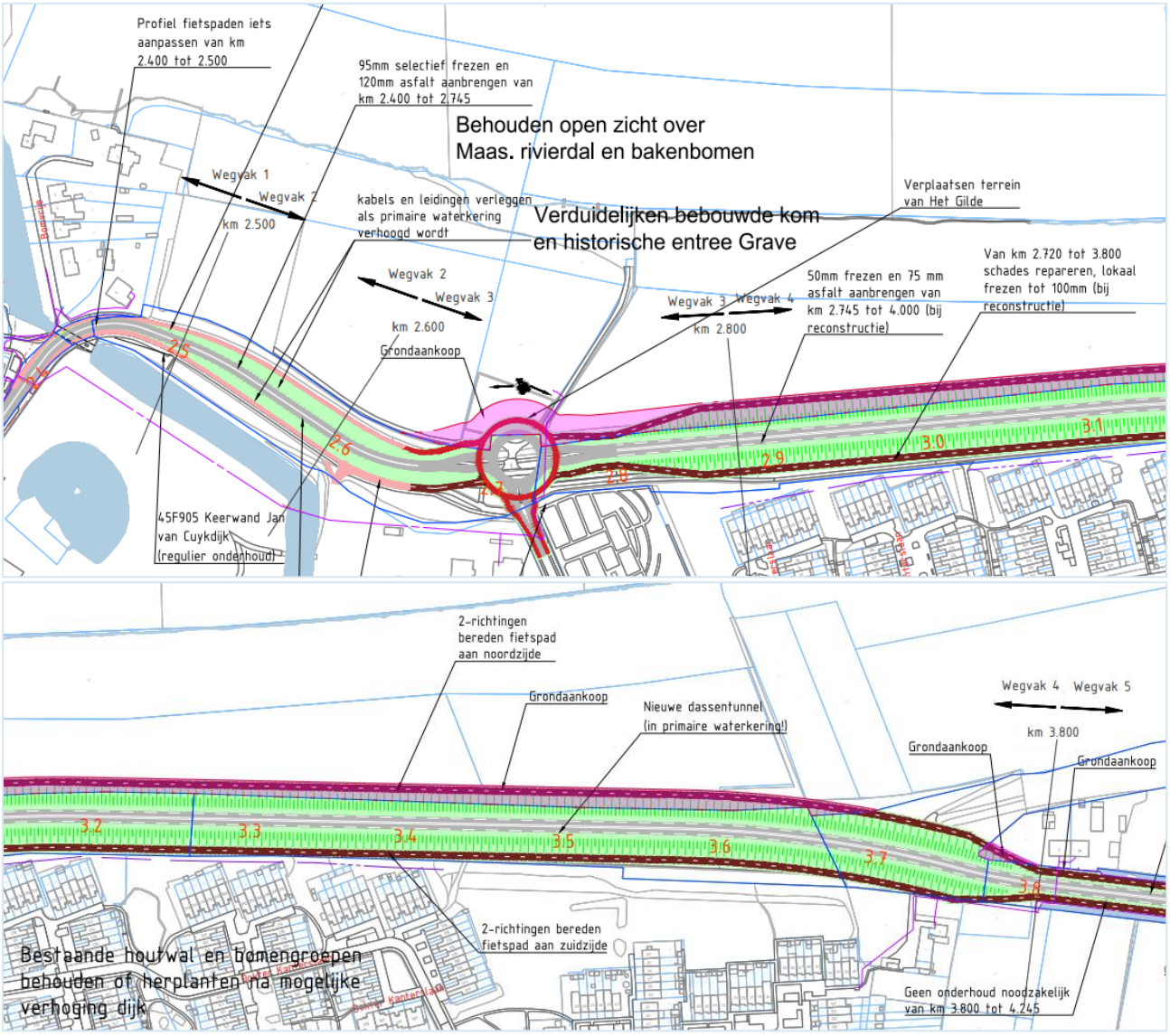
7.11.9 Effectbeoordeling Mkk 7: Reconstructie of groot onderhoud N321

Beschrijving meekoppelkans

De N321 tussen Cuijk en Grave zal in de toekomst een reconstructie ondergaan. Deze provinciale weg ligt op de dijkvakken 15, 16 en 17 op de dijk (zie Figuur 7-42). De reconstructie van deze weg kan gelijktijdig worden uitgevoerd met de dijkverbetering. Het gedeelte van het plan dat overlapt met het dijktraject Cuijk-Ravenstein is in Figuur 7-42 weergegeven.

Het plan van de provincie Noord-Brabant voor dit gedeelte van de provinciale weg bevat onder andere:

- verbreding van de kruin (bovenzijde) van de dijk, en daarmee een verbreding van de dijk richting de Maas;
- het aanleggen van een tweerichtingsfietspaden aan de noordzijde en de zuidzijde van de weg;
- en het aanleggen van een rotonde bij de kruising N321-Estersveldlaan.



Figuur 7-42 Het westelijke deel (boven) en het oostelijke deel (beneden) van de N321 op de dijk bij Grave[8]

Effectbeoordeling

De milieueffecten van de meekoppelkans "Reconstructie of groot onderhoud N321" zijn als volgt beoordeeld (Tabel 7-97).

Tabel 7-97 Beoordeling effecten meekoppelkans "Reconstructie of groot onderhoud N321"

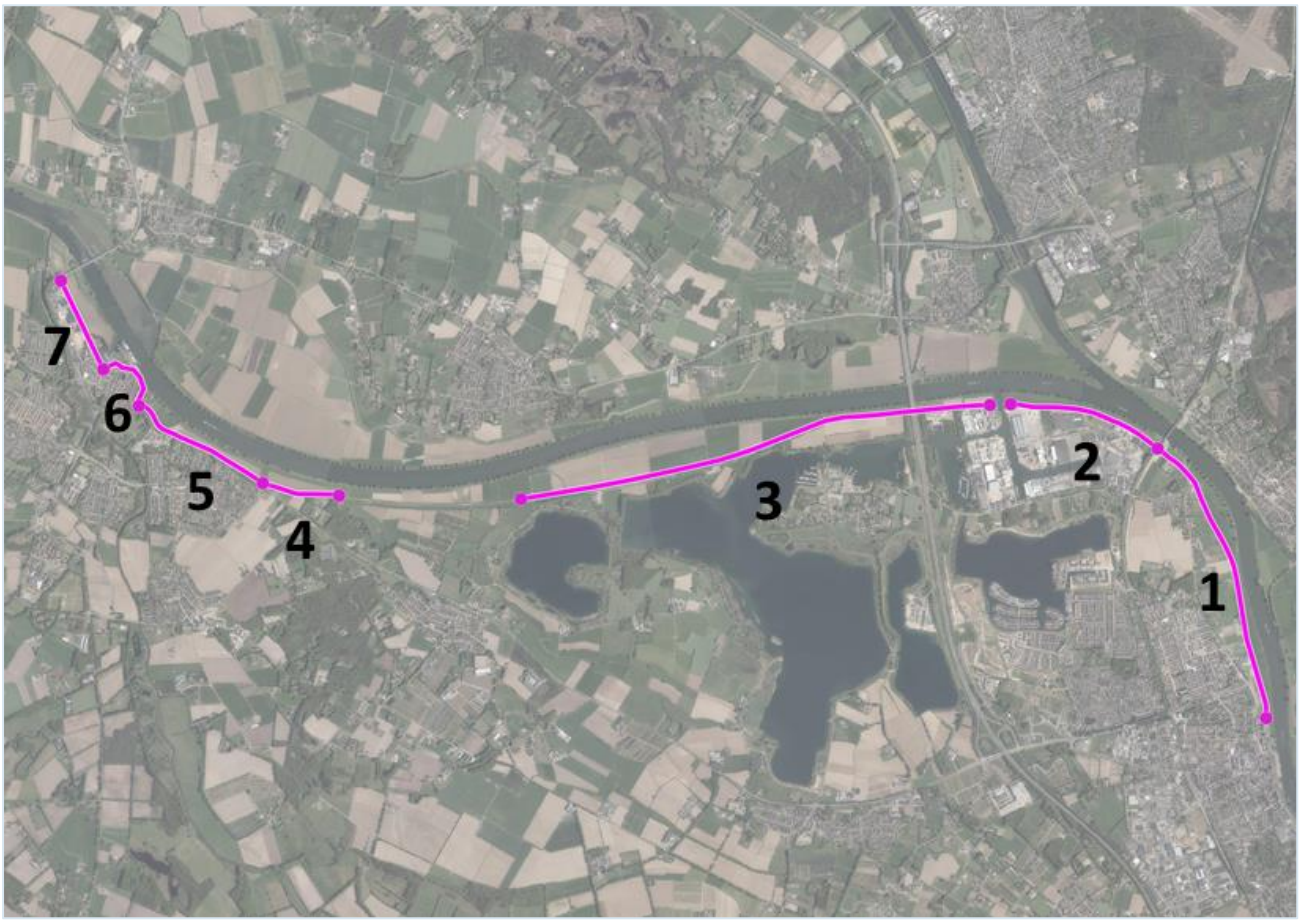
Thema	Beoordeling	Toelichting
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	↧	De weg komt door de verbreding van het dijkprofiel prominenter in het landschap te liggen. Dit wordt beschouwd als een negatief effect op de belevingswaarde van het landschap.
Natuur / biodiversiteit	o	De reconstructie van de N321 heeft op zichzelf (dus de dijkverbetering buiten beschouwing latend) geen effect op (beschermde) ecologische waarden.
Vrijetijdseconomie (recreatie)	o	De reconstructie van de N321 heeft geen effecten op de vrijetijdseconomie / recreatie.
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	↥	De reconstructie van de N321 op zichzelf heeft geen effecten op het woongenot omdat de weg op dezelfde plek blijft liggen en uitzicht of bereikbaarheid niet verandert. De zorgen over (geluids)overlast zijn benoemd bij het thema leefomgeving. De effecten van de verhoging van de dijk zijn beoordeeld in de effectbeoordeling "Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid" van de Kansrijke Alternatieven voor de dijkverbetering. De reconstructie van de N321 heeft een positief effect op de verkeersveiligheid en de doorstroming, met name door het vervangen van de kruising met de Estersveldlaan door een rotonde en door de verbreding van de kruin (bovenzijde) van de dijk. Daarnaast heeft het aanleggen van tweerichtingsfietspaden aan beide zijden van de weg een positief effect op de verkeersveiligheid en de bereikbaarheid voor fietsers, omdat fietsers minder vaak de weg hoeven over te steken om hun bestemming te bereiken.
Duurzaamheid	*	Duurzaamheidsaspecten van deze meekoppelkans worden door de provincie onderzocht in de planuitwerking.
Bodem	*	Het effect van de reconstructie van de N321 op eventuele bodemverontreinigingen en het benodigd grondverzet, wordt in de planuitwerking onderzocht.
Waterhuishouding	o	De reconstructie van de N321 heeft geen effecten op de waterhuishouding.
Rivierkunde	↧	De benodigde kruinbreedte voor de N321 is niet noodzakelijk voor de hoogwaterveiligheid. De effecten van de buitenwaartse verbreding dient daarom naar verwachting volledig gecompenseerd te worden. Op dit moment is daarin niet voorzien, en is de haalbaarheid van het ontwerp niet vastgesteld.
Leefomgeving	*	De reconstructie van de N321 heeft in principe geen effect op de leefomgeving (licht-, geluid-, lucht- en trillinghinder en externe veiligheid), omdat de weg op hetzelfde tracé blijft liggen. In gesprekken met bewoners is wel gebleken dat er zorgen zijn over een toename van geluidsoverlast door meer (en sneller) verkeer. Een geluidsonderzoek is nog niet uitgevoerd. Daarom wordt nog geen beoordeling van de effecten ingevuld. Eventuele negatieve effecten door verhoging van de dijk zijn beoordeeld in de effectbeoordelingen van de twee Kansrijke Alternatieven.
Hinder tijdens aanleg	*	Tijdelijke hinderaspecten worden pas in de planuitwerking beschouwd.

* = milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

7.11.10 Effectbeoordeling Mkk 8: Doorgaande fietsroute op dijk inclusief aansluiten ontbrekende schakels

Beschrijving meekoppelkans

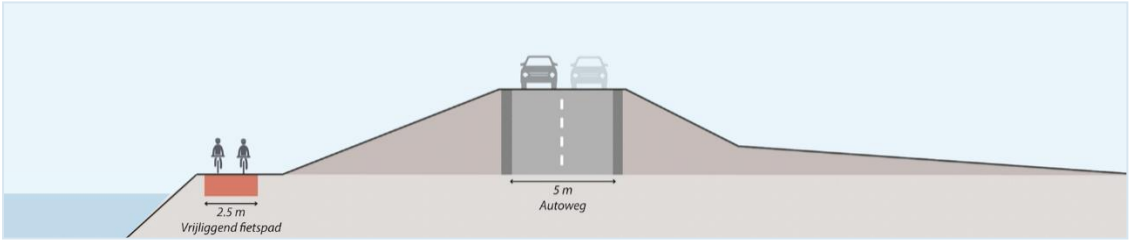
Op delen van het dijktraject Cuijk-Ravenstein is al een fietspad aanwezig. Er bestaat een meekoppelkans om op de "ontbrekende schakels" ook een fietspad te realiseren, zodat een doorlopende fietsroute over de dijk ontstaat. Deze route zou met name een recreatieve functie vervullen. De ontbrekende schakels voor een doorlopende fietsroute zijn weergegeven in Figuur 7-43 (hierbij zijn wel kanttekeningen opgenomen in het bijschrift).



Figuur 7-43 Ontbrekende schakels voor een doorlopende fietsroute over het dijktraject Cuijk-Ravenstein (N.B.: schakel "1" valt buiten dit dijktraject; bij de schakels 5, 6 en 7 is fietsen op de dijk al mogelijk, maar dit wordt niet gezien als een doorlopende fietsroute; de schakels 6 en 7 zijn al beoordeeld als integraal onderdeel van Kansrijk Alternatief 2)

Onderdeel van het creëren van een doorgaande fietsverbinding over de dijk is ook een fietsbrug bij de Keersluis Cuijk. (N.B.: fietsbruggen over eventuele nieuwe toekomstige doorsteken naar de Kraaijenbergse Plassen horen bij Mkk 12).

Ook het aanleggen van een fietspad aan de buitendijkse zijde van de Oude Maasdijk tussen Reek en Overlangel maakt deel uit van deze meekoppelkans. Een mogelijke weginrichting voor dit gedeelte van de dijk is schematisch weergegeven in Figuur 7-44.



Figuur 7-44 Mogelijke weginrichting voor de Oude Maasdijk tussen Reek en Overlangel

Effectbeoordeling

De milieueffecten van de meekoppelkans "Doorgaande fietsroute op dijk inclusief aansluiten ontbrekende schakels" zijn als volgt beoordeeld (Tabel 7-98).

Tabel 7-98 Beoordeling effecten meekoppelkans "Doorgaande fietsroute op dijk inclusief aansluiten ontbrekende schakels"

Thema	Beoordeling	Toelichting
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	↥	Het aanleggen van een doorlopend fietspad over het gehele dijktraject zorgt voor een verbetering van de belevingswaarde van het dijk- en rivierlandschap voor recreanten.
Natuur / biodiversiteit	o	Geen effect op natuur/biodiversiteit verwacht. Een aandachtspunt is dat een doorlopend fietspad een negatief effect kán hebben op (beschermde) ecologische waarden, aangezien beschermde natuurgebieden deels op of direct naast de dijk liggen.
Vrijetijdseconomie (recreatie)	↥	Door het realiseren van een doorlopende fietsroute over het gehele dijktraject ontstaat een aantrekkelijke fietsroute voor recreanten. Dit heeft een positief effect op de recreatieve aantrekkingskracht van het gebied ten noorden van de Kraaijenbergse Plassen en de aantrekkingskracht van Grave.
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	↥	Het fietspad langs de Kraaijenbergse plassen kan een negatief effect hebben voor huidige aanwonenden en agrarische gebruikers. Daar staat tegenover dat nieuwe vrijliggende fietspaden de verkeersveiligheid zullen verbeteren.
Duurzaamheid	o	Het aanleggen van een fietspad brengt waarschijnlijk beperkte milieukosten met zich mee. CO_2-reductie als gevolg van verhoogde fietsaantrekkelijkheid is niet te verwachten, aangezien het geen forensenroute (maar een recreatieve route) betreft.
Bodem	*	Het aanleggen van een doorlopend fietspad brengt mogelijk met zich mee dat verontreinigde funderingslagen van bestaande infrastructuur dienen te worden afgevoerd. Een mogelijk positief effect op bodemverontreinigingen (afvoeren van deze vervuilde lagen) wordt in de planuitwerking onderzocht.
Waterhuishouding	o	Het doorlopende fietspad heeft geen effecten op de waterhuishouding.
Rivierkunde	↧	Een nieuwe fietsbrug bij de Keersluis Cuijk heeft in potentie een negatief effect op de hoogwatersituatie: de taluds richting een dergelijke brug kunnen opstuwing veroorzaken. Het ontwerp van deze taluds is een aandachtspunt voor verdere uitwerking.
Leefomgeving	o	Het doorlopende fietspad heeft geen effecten op de leefomgeving (licht-, geluid-, lucht- en trillinghinder en externe veiligheid), aangezien recreatieve fietsers geen van deze effecten met zich meebrengen (of slechts in zeer geringe mate).
Hinder tijdens aanleg	*	Tijdelijke hinderaspecten worden pas in de planuitwerking beschouwd.

* = milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

7.11.11 Effectbeoordeling Mkk 9: Nieuwe recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk

Beschrijving meekoppelkans

Deze meekoppelkans bestaat uit kleine voorzieningen waar langskomende recreanten voor korte tijd kunnen rusten. Het gaat dus nadrukkelijk niet om verblijven in de zin van een overnachting. In de praktijk gaat het om voorzieningen zoals bankjes en informatiepanelen waarop een verhaal over cultuurhistorische objecten kan worden verteld. In Bijlage 1 zijn diverse locaties voor mogelijke rustplaatsen aangegeven.

Effectbeoordeling

De milieueffecten van de meekoppelkans "Nieuwe recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk" zijn als volgt beoordeeld (Tabel 7-99).

Tabel 7-99 Beoordeling effecten meekoppelkans "Nieuwe recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk"

Thema	Beoordeling	Toelichting
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	↥	Het aanleggen van recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk zorgt voor een verbetering van de belevingswaarde van het dijk- en rivierlandschap voor recreanten.
Natuur / biodiversiteit	o	Recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk hebben mogelijk een klein negatief effect op (beschermde) ecologische waarden. In de planuitwerking zal de locatie van dergelijke voorzieningen afgestemd moeten worden op de ecologische bescherming van een gebied.
Vrijetijdseconomie (recreatie)	↥	Door het realiseren van recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk, wordt het dijktraject aantrekkelijker voor recreanten. Dit heeft een positief effect op de recreatieve aantrekkingskracht van het gebied.
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	o	Uitgangspunt voor het uiteindelijke Voorkeursalternatief is dat de recreatieve voorzieningen zodanig worden geplaatst dat er geen negatief effect op het woongenot ontstaat.
Duurzaamheid	*	In de planuitwerking kan gezocht worden naar duurzaam of circulair gebruik van materialen
Bodem	o	Het aanleggen van recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk heeft geen effecten op de bodemkwaliteit of het benodigde grondverzet.
Waterhuishouding	o	Het aanleggen van recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk heeft geen effecten op de waterhuishouding.
Rivierkunde	o	Het aanleggen van recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk heeft geen rivierkundige effecten.
Leefomgeving	o	Het aanleggen van recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk heeft geen effecten op de leefomgeving (licht-, geluid-, lucht- en trillinghinder en externe veiligheid), aangezien recreatieve wandelaars geen van deze omgevingseffecten met zich meebrengen (of slechts in verwaarloosbare mate).
Hinder tijdens aanleg	*	Tijdelijke hinderaspecten worden pas in de planuitwerking beschouwd.

* = milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

7.11.12 Effectbeoordeling Mkk 11: Recreatieve ontsluiting uiterwaarden / wandelpad langs de dijk

Beschrijving meekoppelkans

Om contouren van cultuurhistorische structuren en nieuwe natuurontwikkelingen in de uiterwaarden toegankelijk te maken, bestaat de meekoppelkans om nieuwe wandelrondjes in de uiterwaarden of langs de dijk (aan buitendijkse zijde) te introduceren. Diverse locaties voor deze meekoppelkans zijn aangegeven in Bijlage 1.

Effectbeoordeling

De milieueffecten van de meekoppelkans "Recreatieve ontsluiting uiterwaarden / wandelpad langs de dijk" zijn als volgt beoordeeld (Tabel 7-100).

Tabel 7-100 Beoordeling effecten meekoppelkans "Recreatieve ontsluiting uiterwaarden / wandelpad langs de dijk"

Thema	Beoordeling	Toelichting
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	↥	Het realiseren van een recreatieve ontsluiting door de uiterwaarden zorgt voor een verbetering van de belevingswaarde van het dijk- en rivierlandschap voor recreanten.
Natuur / biodiversiteit	↧	Het realiseren van een recreatieve ontsluiting door de uiterwaarden heeft een negatief effect op (beschermde) ecologische waarden, aangezien de wandelpaden hierbij in de buurt komen.
Vrijetijdseconomie (recreatie)	↥	Door het realiseren van recreatieve ontsluitingen door de uiterwaarden ontstaan aantrekkelijke wandelroutes voor recreanten. Dit heeft een positief effect op de recreatieve aantrekkingskracht van het gebied.
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	↧	De beoogde wandelroutes doorkruisen enkele percelen die nu in agrarisch gebruik zijn.
Duurzaamheid	o	Het aanleggen van recreatieve ontsluitingen door de uiterwaarden heeft een te verwaarlozen effect op CO2-uitstoot en (circulair) materiaalgebruik.
Bodem	o	Het aanleggen van recreatieve ontsluitingen door de uiterwaarden heeft geen effect op de bodemkwaliteit en het benodigde grondverzet.
Waterhuishouding	o	Het aanleggen van recreatieve ontsluitingen door de uiterwaarden heeft geen effecten op de waterhuishouding.
Rivierkunde	o	Het aanleggen van recreatieve ontsluitingen door de uiterwaarden heeft geen rivierkundige effecten.
Leefomgeving	o	Het aanleggen van recreatieve ontsluitingen door de uiterwaarden heeft geen effecten op de leefomgeving (licht-, geluid-, lucht- en trillinghinder en externe veiligheid), aangezien recreatieve wandelaars geen van deze omgevingseffecten met zich meebrengen (of slechts in verwaarloosbare mate).
Hinder tijdens aanleg	*	Tijdelijke hinderaspecten worden pas in de planuitwerking beschouwd.

* = milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

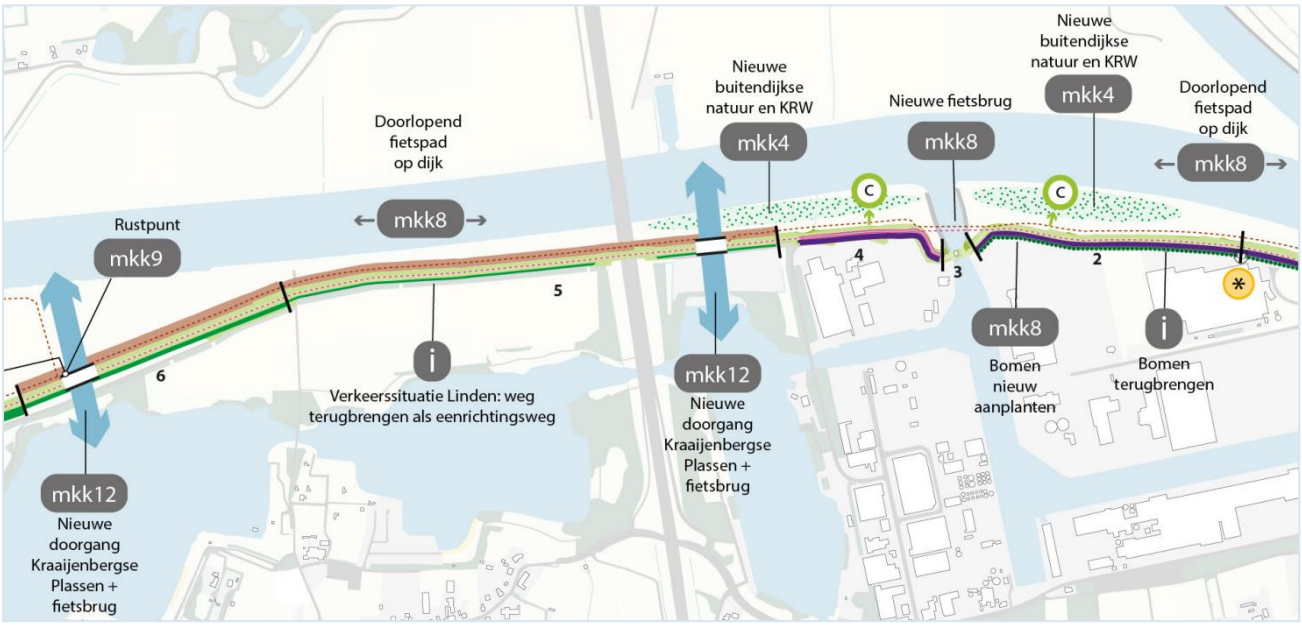
7.11.13 Effectbeoordeling Mkk 12: Nieuwe doorgang vaarverkeer Kraaijenbergse Plassen inclusief fietsbruggen

Beschrijving meekoppelkans

Er bestaat een meekoppelkans om een nieuwe doorgang voor vaarverkeer naar de Kraaijenbergse Plassen te maken, zodat recreatief vaarverkeer en beroepsvaart (meer) van elkaar worden gescheiden. Door deze meekoppelkans is het tevens nodig om een extra (fiets)brug aan te leggen over een eventuele nieuwe doorgang, zodat een doorgaande route over de dijk voor fiets-, landbouw- en beheer- en onderhoudsverkeer ontstaat.

Tussen de Keersluisweg en de A73 ligt een mogelijke locatie voor een nieuwe doorgang voor recreatief vaarverkeer naar de Kraaijenbergse Plassen. Deze locatie is midden op de kaart in Figuur 7-45 weergegeven.

Een andere mogelijkheid is een doorgang door dijkvak 6 van het dijktraject. Deze locatie is uiterst links op de kaart in Figuur 7-45 weergegeven.



Figuur 7-45 Locaties voor een nieuwe doorgang naar de Kraaijenbergse Plassen, uiterst links en midden op de kaart (uitsnede uit KA 2, zie Bijlage 1)

Het is nog niet besloten of de huidige Keersluis Cuijk (dijkvak 3) gesloopt zou worden in combinatie met deze meekoppelkans. De opties waaraan gedacht wordt, zijn:

- Variant 1a: een nieuwe keersluis tussen de A73 en de Keersluisweg, slopen van bestaande Keersluis Cuijk, en een nieuwe verkeersbrug over de nieuwe keersluis;
- Variant 1b: een nieuwe keersluis tussen de A73 en de Keersluisweg, behouden van bestaande keersluis, en een nieuwe verkeersbrug over de nieuwe keersluis;
- Variant 2: nieuwe keersluis met aansluiting direct op de Kraaijenbergse Plassen, behouden van bestaande keersluis, en een nieuwe verkeersbrug over de nieuwe keersluis.

Een belangrijk aandachtspunt bij deze meekoppelkans is de hoogwaterveiligheid. De Keersluis Cuijk voldoet momenteel niet aan de eisen die worden gesteld aan de 'betrouwbaarheid sluiting' bij hoogwater. De praktijk leert dat het moeilijk is om, ook met maatregelen, aan de gestelde eisen te voldoen. Een belangrijk aandachtspunt is dat de betrouwbaarheid van sluiting over het gehele dijktraject nog lager zou worden wanneer meer doorgangen door de dijk worden geïntroduceerd. Uitgangspunt is dat het dijkontwerp dient te voldoen aan de gestelde waterveiligheidsnormeringen.

Effectbeoordeling

De milieueffecten van de meekoppelkans "Nieuwe doorgang vaarverkeer Kraaijenbergse Plassen inclusief fietsbruggen" zijn als volgt beoordeeld (Tabel 7-101).

Tabel 7-101 Beoordeling effecten meekoppelkans "Nieuwe doorgang vaarverkeer Kraaijenbergse Plassen inclusief fietsbruggen"

Thema	Beoordeling	Toelichting
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	↥	Het scheiden van recreatief vaarverkeer en de beroepsvaart heeft een positief effect op de gebruikswaarde van het gebied. Recreatief vaarverkeer en de beroepsvaart zullen elkaar minder in de weg zitten, waardoor voor beide een hogere capaciteit ontstaat om de dijk te passeren.
Natuur / biodiversiteit	o	Een nieuwe doorgang naar de Kraaijenbergse Plassen heeft geen effect op (beschermde) ecologische waarden. Deze wordt aangelegd op geruime afstand van ecologische waarden.
Vrijetijdseconomie (recreatie)	↥	Door recreatief vaarverkeer en de beroepsvaart (meer) van elkaar te gescheiden, wordt het aantrekkelijker om van de Maas naar de Kraaijenbergse Plassen en vice versa te varen. Aangezien de Kraaijenbergse Plassen een belangrijke motor voor de Vrijetijdseconomie van Cuijk zijn, wordt dit gezien als een sterk positief effect.
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	↥	Permanente effecten op het woongenot zijn niet te verwachten. Door recreatief vaarverkeer en de beroepsvaart (meer) van elkaar te gescheiden, zal de beroepsvaart minder hinder ondervinden van recreatief vaarverkeer in de Haven van Cuijk. Dit is te beschouwen als een positief effect op bedrijfsfuncties. Er gaat wel landbouwareaal verloren aan de nieuwe doorgang. Dit is een negatief effect op bedrijfsfuncties. Effecten op de verkeerssituatie (wegverkeer) zijn mogelijk, als gevolg van herroutering van wegverkeer.
Duurzaamheid	↧	De aanleg van een nieuwe keersluis heeft veel CO_2-uitstoot tot gevolg, vanwege de toepassing van materialen zoals staal en beton.
Bodem	*	Effecten op eventuele bodemverontreinigingen worden in de planuitwerking nader onderzocht.
Waterhuishouding	o	De Kraaijenbergse plassen zijn een geïsoleerd oppervlaktewatersysteem (dat wel via kwel in verbinding staat met de Maas). Dit betekent dat een extra doorgang alleen effect op het watersysteem zou hebben als deze niet simultaan zou openen en sluiten met de keersluis Cuijk. Dat is niet het geval: de nieuwe keersluis zou simultaan sluiten met de bestaande keersluis Cuijk. Een nieuwe doorgang zou daarnaast de watercirculatie in de Kraaijenbergse Plassen kunnen veranderen, maar het effect daarvan op het watersysteem wordt als verwaarloosbaar beschouwd. Een aandachtspunt voor verdere uitwerking van deze meekoppelkans is het effect op de waterkwaliteit van de Kraaijenbergse Plassen.
Rivierkunde	↧	De taluds naar de verkeers-/fietsbrug hebben in potentie een negatief effect op de hoogwatersituatie: deze kunnen opstuwing veroorzaken. Het ontwerp van deze taluds is een aandachtspunt voor verdere uitwerking. Voor een eventuele extra invaart naar de Kraaijenbergse plassen dient gedegen rivierkundig en morfologisch onderzoek gedaan te worden en dienen de effecten voor de scheepvaart in beeld te worden gebracht.

Thema	Beoordeling	Toelichting
Leefomgeving	*	Het aanleggen van een nieuwe keersluis heeft mogelijk effecten op de leefomgeving (licht-, geluid-, lucht- en trillinghinder en externe veiligheid). Als verkeersstromen gaan veranderen, kunnen effecten ontstaan. Ook veranderingen in vaarverkeer kunnen voor effecten op de leefomgeving zorgen. Deze effecten dienen nader onderzocht te worden in de planuitwerking, als de effecten op verkeersstromen duidelijker zijn.
Hinder tijdens aanleg	*	Tijdelijke hinderaspecten worden pas in de planuitwerking beschouwd.

* = milieueffect pas te beoordelen tijdens de Planuitwerkingsfase

7.11.14 Samenvatting milieueffecten meekoppelkansen

Het samenvattende overzicht van alle effectbeoordelingen van de meekoppelkansen is weergegeven in Tabel 7-102 op pagina 185.

7.11.15 Leemten in kennis over meekoppelkansen

De meeste meekoppelkansen hebben in deze Verkenningsfase een laag detailniveau, waardoor de effectbeoordelingen kwalitatief en beschouwend van aard zijn. Bij de totstandkoming van de huidige, indicatieve effectbeoordelingen van de meekoppelkansen is daarnaast sprake van een aantal leemten in kennis. Deze zijn hieronder op hoofdlijnen toegelicht.

- De inzichten met betrekking tot de effecten van meekoppelkansen op ecologische waarden kunnen nog veranderen naar aanleiding van nadere ecologische (veld)onderzoeken.

- Voor wat betreft duurzaamheid dient bij een aantal meekoppelkansen verder uitgewerkt te worden welke materialen gebruikt worden en welk materieel gebruikt wordt bij de uitvoering, voordat dit thema kan worden beoordeeld.

- Wanneer een meekoppelkans een mogelijk effect heeft op de bodemkwaliteit (bijvoorbeeld als grond wordt afgegraven of verplaatst), dienen de effecten op de bodemkwaliteit nader onderzocht te worden in de planuitwerking van die meekoppelkans. In deze Verkenningsfase kan daar vaak geen beoordeling voor worden gegeven, vanwege een tekort aan informatie over de bodemkwaliteit.

- Ook de hindereffecten tijdens aanleg kunnen pas beoordeeld worden wanneer de uitwerking van een meekoppelkans in een verder gevorderd stadium is en de uitvoeringsmethode bekend is.

Tabel 7-102 Samenvattende tabel van de indicatieve effectbeoordeling meekoppelkansen

	Effectbeoordeling									
Thema	Mkk 2 Restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorisch element/ object	Mkk 3 Beerse Overlaat zichtbaar maken	Mkk 4 Nieuwe buitendijkse natuur	Mkk 5 Realiseren en verbeteren van ecologische verbindingszones	Mkk 6 Herstel beekmonding Raam	Mkk 7 Reconstructie of groot onderhoud N321	Mkk 8 Doorgaande fietsroute op de dijk inclusief aansluiten ontbrekende schakels	Mkk 9 Nieuwe recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op of aan de dijk	Mkk 11 Recreatieve ontsluiting uiterwaarden / wandelpad langs de dijk	Mkk 12 Nieuwe doorgang vaarverkeer Kraaijenbergse Plassen inclusief fietsbruggen
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	↥	↥	↥	↥	↥	↧	↥	↥	↥	↥
Natuur / biodiversiteit	↧	o	↥	↥	↥	o	o	o	↧	o
Vrijetijdseconomie (recreatie)	↥	↥	o	o	o	o	↥	↥	↥	↥
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	o	↧	↧	↧	↧	↥	↥	o	↧	↥
Duurzaamheid	*	*	↥	o	*	*	o	*	o	↧
Bodem	*	*	↧	*	*	*	*	o	o	*
Waterhuishouding	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Rivierkunde	o	o	o	o	↧	↧	↧	o	o	↧
Leefomgeving	o	o	o	o	o	*	o	o	o	*
Hinder tijdens aanleg	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

* = milieueffect pas te beoordelen in de Planuitwerkingsfase

8 CONCLUSIE MILIEUEFFECTEN KANSRIJKE ALTERNATIEVEN

8.1 Overzicht van alle effectbeoordelingen

In Tabel 8-1 zijn alle effectbeoordelingsscores van de Kansrijke Alternatieven per thema, per deelgebied weergegeven. De Kansrijke Alternatieven zijn op kaart weergegeven in Bijlage 1.

Tabel 8-1 Overzichtstabel effectbeoordelingen KA 1 en KA 2 per thema, per deelgebied

Thema	Beoordeling per thema per deelgebied	KA 1	KA 2
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	Cuijk	-	-
	Grave	- -	+
	NOR	-	-
Natuur/biodiversiteit	Cuijk	- -	-
	Grave	o	o
	NOR	- -	-
Vrijetijdseconomie (recreatie)	Cuijk	o	o
	Grave	o	+ +
	NOR	o	o
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	Cuijk	- -	-
	Grave	- -	-
	NOR	- -	- -
Duurzaamheid	Cuijk	-	- -
	Grave	-	- -
	NOR	- -	- -
Bodem	Cuijk	-	- -
	Grave	-	-
	NOR	-	- -
Waterhuishouding	Cuijk	o	o
	Grave	o	o
	NOR	o	o
Rivierkunde	Cuijk	o	- -
	Grave	o	- -
	NOR	o	-
Leefomgeving	Cuijk	o	o
	Grave	o	Planuitwerking
	NOR	o	o
Hinder tijdens aanleg	Cuijk	Planuitwerking	Planuitwerking
	Grave	Planuitwerking	Planuitwerking
	NOR	Planuitwerking	Planuitwerking

8.2 Bepalende milieueffecten voor samenstellen VKA

In deze paragraaf is per deelgebied een samenvatting gegeven van de effecten die bepalend zijn geweest voor het samenstellen van het Voorkeursalternatief (VKA) voor de dijkverbetering[3]. Ook is aangegeven welke eventuele negatieve effecten verzacht of gecompenseerd moeten worden. Dit is een opgave voor de planuitwerkingsfase.

Deelgebied Cuijk

Voor het deelgebied Cuijk zijn de milieueffecten als volgt beoordeeld (Tabel 8-2).

Tabel 8-2 Effectbeoordelingen deelgebied Cuijk

Thema	KA 1	KA 2
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	-	-
Natuur/biodiversiteit	- -	-
Vrijetijdseconomie (recreatie)	0	0
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	- -	-
Duurzaamheid	-	- -
Bodem	-	- -
Waterhuishouding	0	0
Rivierkunde	0	- -
Leefomgeving	0	0
Hinder tijdens aanleg	Planuitwerking	Planuitwerking

In het deelgebied Cuijk zijn de twee Kansrijke Alternatieven op een aantal aspecten onderscheidend beoordeeld. Hieronder is per aspect toegelicht hoe daar in de keuze van het Voorkeursalternatief (VKA) rekening mee is gehouden.

- In het deelgebied Cuijk heeft vooral de beoordeling op het aspect rivierkunde een belangrijke rol gespeeld in de keuze van het Voorkeursalternatief (VKA). In dit deelgebied zou buitenwaarts versterken (dijkverbetering aan de zijde van de Maas) leiden tot een opstuwing in de Maas tijdens hoogwater. Deze opstuwing bedraagt meer dan 1 mm. Bovendien is binnenwaarts versterken (dijkverbetering aan de binnendijkse zijde) een realistisch alternatief. Daardoor is de vergunbaarheid van KA1 bij Rijkswaterstaat onzeker en/of zou de ruimte voor de rivier gecompenseerd moeten worden met rivierverruimende maatregelen. Om deze reden is de binnenwaartse versterking bij het bedrijventerrein Haven Cuijk opgenomen in het VKA.
- De bovenstaande keuze leidt echter tot een (sterk) negatieve beoordeling op het aspect bedrijfsfuncties. Circa 0,5 hectare aan bedrijfsterreinen in de Haven Cuijk wordt geraakt door de voorziene grondbermen aan de binnendijkse zijde. Behalve een fietsenstalling wordt er geen bebouwing geraakt.

Er zijn een aantal aspecten waarop in dit deelgebied een negatieve score is gegeven in het MER deel 1 voor beide Kansrijke Alternatieven. Hier is in de planuitwerkingsfase nadere aandacht voor nodig.

- Monumenten. De (potentiële) aantasting van de twee kazematten in de dijk bij Katwijk zorgt voor een negatieve score. Deze historische bouwwerken zouden kunnen “verdwijnen” onder de te verhogen en verbreden granddijk. Daarom zijn dit maatwerklocaties voor de planuitwerking.
- Landschap. De aanleg van bermen leidt tot het kappen van struweel en bomen langs het bedrijventerrein Haven Cuijk en langs de Kraaijenbergse Plassen. In de planuitwerking wordt exact uitgewerkt om welke bosschages en bomen het gaat en wordt bepaald waar deze herplant kunnen worden. In het VKA is opgenomen dat er een nieuwe bomenrij wordt aangeplant langs het bedrijventerrein Haven Cuijk.
- Natura 2000-gebieden. De precieze mate van stikstofdepositie op de nabijgelegen Natura 2000-gebieden moet nog worden onderzocht in de planuitwerking. De werkzaamheden in het deelgebied Cuijk leiden mogelijk tot effecten op onder andere het Natura 2000-gebied Oeffelter Meent.
- Natuurnetwerk Brabant. Het aanleggen van de stabiliteitsberm langs de Kraaijenbergse Plassen leidt tot permanent verlies van 0,14 ha bos dat gecompenseerd moet worden. Ook is er verlies aan 0,13 terrein dat nog is om te vormen naar natuur. Beide gebieden vallen onder het beschermde Natuurnetwerk Brabant. In de planuitwerking zal onder andere hiervoor een compensatieplan opgesteld moeten worden.

- Beschermde soorten. Het kappen van bomen en struweel langs het bedrijventerrein Haven Cuijk, de Kraaijenbergse plassen en bij het moestuinencomplex De Driessen kan leiden tot een sterk negatief effect op beschermde soorten (waaronder dassen, vleermuizen en broedvogels). Ook bij de kazematten bij Katwijk moet rekening worden gehouden met de aanwezigheid van vleermuizen. In de planuitwerking wordt een veldinventarisatie uitgevoerd en wordt bepaald op welke wijze mitigatie en/of compensatie mogelijk is.
- Archeologie. Langs het gehele dijktracé is in de planuitwerking archeologisch onderzoek nodig omdat het binnendijkse gebied een middelhoge tot hoge verwachtingswaarde voor archeologische vondsten heeft.
- Hindereffecten tijdens aanleg. In de huidige verkenningsfase is nog geen aandacht besteed aan de wijze van uitvoering. In de planuitwerking wordt de wijze van uitvoering op hoofdlijnen bepaald en worden de effecten van de uitvoering op verschillende hinderaspecten, zoals geluid en trillingen, onderzocht.

Deelgebied Grave

Voor het deelgebied Grave zijn de milieueffecten als volgt beoordeeld (Tabel 8-3).

Tabel 8-3 Effectbeoordelingen deelgebied Grave

Thema	KA 1	KA 2
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	- -	+
Natuur/biodiversiteit	0	0
Vrijetijdseconomie (recreatie)	0	+ +
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	- -	-
Duurzaamheid	-	- -
Bodem	-	-
Waterhuishouding	0	0
Rivierkunde	0	- -
Leefomgeving	0	Planuitwerking
Hinder tijdens aanleg	Planuitwerking	Planuitwerking

In het deelgebied Grave zijn de twee Kansrijke Alternatieven op een aantal aspecten onderscheidend beoordeeld. Hieronder is per aspect toegelicht hoe daar in de keuze van het Voorkeursalternatief (VKA) rekening mee is gehouden.

- Monumenten. Kansrijk Alternatief 1 scoort sterk negatief vanwege het ophogen van de muur aan de Maaskade (een Rijksmonument) met een glazen kering. Het oordeel is dat een glazen opbouw bovenop deze muur een sterke aantasting van de monumentale waarde zou betekenen. Mede om deze reden is gekozen voor de oplossing uit Kansrijk Alternatief 2: het integraal ophogen en opwaarderen van de Maaskade. Dit heeft een neutraal effect op de monumentale waarde van de muur aan de Maaskade.
- Cultuurhistorische elementen en structuren. Kansrijk Alternatief 2 soort zeer positief op het aspect Cultuurhistorische elementen en structuren, omdat goed wordt aangesloten op de Vestingvisie Grave[25]. In het VKA zijn elementen uit Kansrijk Alternatief 2 overgenomen, maar beslist niet alle elementen. Zo zijn de tracéverleggingen aan het noordelijke deel van de Maaskade en rondom de Bomvrije niet overgenomen, onder andere vanwege het opstuwende effect op de Maaswaterstanden.
- Vrijetijdseconomie. De integrale opwaardering van de Maaskade die in Kansrijk Alternatief 2 en het VKA is opgenomen, heeft naar verwachting een zeer positief effect op de recreatieve en toeristische aantrekkingskracht van Grave.
- Woongenot. Bij Kansrijk Alternatief 2 zijn de effecten op het woongenot als sterk negatief beoordeeld, onder andere doordat een berm wordt aangelegd door de tuinen langs de dr. Kanterslaan. Ook de verlegging rondom de Bomvrije heeft een negatief op het woongenot. In het VKA is voor beide ingrepen niet gekozen.
- Verkeersveiligheid. In Kansrijk Alternatief 2 scoren de vrijliggende fietspaden langs de N321 en de Koninginnedijk positief op verkeersveiligheid. In het VKA is alleen het vrijliggende fietspad langs de N321 opgenomen.
- Bereikbaarheid van functies. Kansrijk Alternatief 2 heeft een negatief effect op de bereikbaarheid van functies, omdat enkele parkeerplaatsen langs de Maaskade en de Nieuwe Haven komen te vervallen. In het VKA geldt dit alleen voor de Maaskade. In de planuitwerking wordt het verkeersplan verder uitgewerkt en worden negatieve effecten waar mogelijk verzacht.
- Rivierkunde. Het nieuwe tracé van de waterkering in Kansrijk Alternatief 2, met de rivierwaartse verlegging van de kering rondom het noordelijke deel van de Maaskade Noord en Bomvrije, én de tuimeldijk langs de

Koninginnedijk scoort sterk negatief omdat dit strijdig is met de Beleidslijn grote rivieren. Deze ingrepen zorgen namelijk voor opstuwing van de Maaswaterstanden. Deze rivierwaartse dijkverleggingen zijn allemaal niet opgenomen in het VKA.

Er zijn een aantal aspecten waarop in dit deelgebied een negatieve score is gegeven in het MER deel 1 voor beide Kansrijke Alternatieven. Hier is in de planuitwerkingsfase nadere aandacht voor nodig.

- Beeldbepalende Bomen. In beide Kansrijke Alternatieven gaan we ervan uit dat de beeldbepalende bomen op de Maaskade verwijderd moeten worden. In het VKA wordt uitgegaan van herplanten.
- Archeologie. Langs het gehele dijktracé is in de planuitwerking archeologisch onderzoek nodig omdat het binnendijkse gebied een middelhoge tot hoge verwachtingswaarde voor archeologische vondsten heeft.
- Hindereffecten tijdens aanleg. In de huidige verkenningsfase is nog geen aandacht besteed aan de wijze van uitvoering. In de planuitwerking wordt de wijze van uitvoering op hoofdlijnen bepaald en worden de effecten van de uitvoering op verschillende hinderaspecten, zoals geluid en trillingen, onderzocht.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR)

Voor het deelgebied NOR zijn de milieueffecten als volgt beoordeeld (Tabel 8-4).

Tabel 8-4 Effectbeoordelingen deelgebied NOR

Thema	KA 1	KA 2
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	-	-
Natuur/biodiversiteit	- -	-
Vrijetijdseconomie (recreatie)	0	0
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	- -	- -
Duurzaamheid	- -	- -
Bodem	-	- -
Waterhuishouding	0	0
Rivierkunde	0	-
Leefomgeving	0	0
Hinder tijdens aanleg	Planuitwerking	Planuitwerking

In het deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek (NOR) zijn de twee Kansrijke Alternatieven op een aantal aspecten onderscheidend beoordeeld. Hieronder is per beoordelingsaspect toegelicht hoe daar in de keuze van het Voorkeursalternatief (VKA) rekening mee is gehouden.

- Monumenten. In Kansrijk Alternatief 2 is het effect op monumenten negatief, vanwege de damwanden die op korte afstand van het rijksmonument Sint Victorkerk en een vijftal gemeentelijke monumenten in de grond worden aangebracht. Al deze monumenten bevinden zich in Neerloon. Het aanbrengen van damwanden in de grond geeft een risico op schade aan deze monumenten. Aangezien in het VKA wél is gekozen voor deze oplossing, verdient dit speciale aandacht bij het bepalen van de uitvoeringswijze in de planuitwerking.
- Landschap. In Kansrijk Alternatief 1 liggen in Overlangel en Neerloon een groot aantal maatwerklocaties, waardoor grondbermen en verticale constructies elkaar op korte afstand afwisselen. Dit geeft een negatief effect op de ruimtelijke kwaliteit vanwege het “rommelige” landschappelijke beeld dat daardoor ontstaat. In het VKA wordt een andere keuze gemaakt, namelijk het aaneensluiten van de damwanden (zoals in Kansrijk Alternatief 2). Hierdoor wordt een rommelig landschappelijk beeld voorkomen.
- Beschermde soorten. In beide Kansrijke Alternatieven wordt leefgebied aangetast van beschermde soorten door de verbreding van het dijklichaam. Kansrijk Alternatief 1 scoort sterk negatief door het grotere binnendijkse ruimtebeslag. Het VKA heeft een minder groot ruimtebeslag dan Kansrijk Alternatief 1, maar zal ook negatieve effecten met zich meebrengen. Met name de aantasting van een bosgebied langs de Mars en Wijthdijk en leefgebied van de steenuil ter hoogte van Overlangel verdient nadere aandacht in de planuitwerkingsfase.
- Woongenot. Door de verhoging van de dijk neemt heet uitzicht van de woningen langs de dijk in beide Kansrijke Alternatieven af. In Overlangel en Neerloon is wordt in Kansrijk Alternatief 1 het woongenot extra aangetast (sterk negatief) door de aanleg van grondbermen tussen de woningen in. In het VKA is daar niet voor gekozen, maar wordt een doorlopende verticale constructie toegepast.
- Rivierkunde. In Kansrijk Alternatief 1 is het effect op rivierkunde neutraal doordat geen buitenwaartse versterking plaatsvindt. In Neerloon is in Kansrijk Alternatief 1 een (kostbare) kistdam opgenomen. In het VKA is daar

niet voor gekozen, maar is een maatwerkoplossing opgenomen, die in de planuitwerkingsfase wordt uitgewerkt. Door het realiseren van een weerdverlaging bij Neerloon kan een eventueel negatief effect op de Maaswaterstanden (opstuwing) worden gecompenseerd.

Naast deze onderscheidende effecten zijn er een aantal aspecten waarop in dit deelgebied een negatieve score is gegeven voor beide Kansrijke Alternatieven. Hier is in de planuitwerking nadere aandacht voor nodig.

- Natuurnetwerk Brabant. De verbreding van de dijk zorgt in beide alternatieven voor een sterk negatief effect op het Natuurnetwerk Brabant. In totaal wordt bij het VKA 0,72 ha aan bosgebied geraakt. In de planuitwerkingsfase zal hiervoor een compensatieplan worden gemaakt. Daarnaast wordt het natuurbeheertype Bloemendijk aangetast. Hiervoor wordt een mitigatieplan opgesteld, om de negatieve effecten te verzachten.
- Bedrijfsfuncties. Beide alternatieven hebben een sterk negatief effect op bedrijfsfuncties in dit deelgebied, vanwege het verlies aan landbouwareaal. In het VKA zal dit vergelijkbaar zijn met Kansrijk Alternatief 2. In Kansrijk Alternatief 1 is het verlies aan landbouwareaal nog iets groter, vanwege het grotere binnendijkse ruimtebeslag.
- Archeologie. Langs het gehele dijktracé is in de planuitwerking archeologisch onderzoek nodig omdat het binnendijkse gebied een middelhoge tot hoge verwachtingswaarde voor archeologische vondsten heeft.
- Hindereffecten tijdens aanleg. In de huidige verkenningsfase is nog geen aandacht besteed aan de wijze van uitvoering. In de planuitwerking wordt de wijze van uitvoering op hoofdlijnen bepaald en worden de effecten van de uitvoering op verschillende hinderaspecten, zoals geluid en trillingen, onderzocht.

9 AANDACHTSPUNTEN PLANUITWERKINGSFASE

9.1 Leemten in kennis

Bij de totstandkoming van de effectbeoordelingen in dit MER is getracht om zo veel mogelijk gebruik te maken van de kennis en expertise die beschikbaar is vanuit de onderliggende onderzoeken en de deskundigheid van specialisten. Desondanks spelen een aantal beperkingen in de beschikbare informatie mee bij de effectbeoordelingen. Deze zijn hieronder toegelicht, per MER-thema waarbij sprake is van leemten in kennis. De benoemde leemten in kennis dienen tijdens de Planuitwerkingsfase te worden opgevuld, door het ontwerp nader te detailleren en aanvullende onderzoeken uit te voeren.

Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid

In de deelgebieden Cuijk en NOR is het nog onduidelijk of monumentale of beeldbepalende bomen moeten wijken voor de dijkverbetering. Dit geldt ook voor het deelgebied Grave, met uitzondering van de Maaskade, waar wel duidelijk is dat enkele beeldbepalende bomen moeten wijken. Het al dan niet verwijderen van bomen is afhankelijk van de exacte dimensionering van de werkzaamheden en maatwerklocaties, die in de planuitwerking nader wordt uitgewerkt.

De uitwerking van de integrale opwaardering van de Maaskade te Grave, die in KA 2 is voorgesteld, is nog niet bekend in de verkenning. Het ontwerp dient in de planuitwerking verder uitgewerkt te worden. Afhankelijk van de uitwerking, vallen de effecten in het deelgebied Grave mogelijk anders uit.

Voor wat betreft archeologie is vervolgonderzoek nodig in de Planuitwerkingsfase om archeologische, waarna archeologische verwachtingswaarden eventueel kunnen worden bijgesteld. Daarnaast valt nog niet te beoordelen wat de effecten zijn op archeologische verwachtingswaarden bij andere werkzaamheden dan graafwerkzaamheden, die de archeologische waarden kunnen aantasten (zoals ophogingen, trillingen en grondwaterverlaging). Dit kan in de Planuitwerkingsfase wel, zodra de uitvoeringsmethoden bekend zijn.

Natuur/biodiversiteit

Ten aanzien van Natura2000-gebieden betreft de enige kennisleemte een berekening van de uitstoot van stikstof voor beide Kansrijke Alternatieven. Alleen op deze wijze kan een gedegen beoordeling worden gemaakt voor de stikstofemissie in de nabijgelegen Natura2000-gebieden. De huidige beoordeling is gedaan op basis van expert judgement.

Ten aanzien van het Natuurnetwerk Brabant zijn er geen kennisleemten. Tijdens de Planuitwerkingsfase dient een compensatieplan voor NNB-areaal uitgewerkt te worden.

Ten aanzien van overige beschermde soorten zijn er voor beide Kansrijke Alternatieven meerdere kennisleemten. Om de referentiesituatie compleet in beeld te krijgen is het nodig om voor een aantal soortgroepen nog nader onderzoek uit te voeren, om het vóórkomen aan te tonen, of de aanwezigheid uit te sluiten. Een ontheffing in het kader van de Wet natuurbescherming kan mogelijk nodig zijn voor de soortgroepen planten, sleedoornpage, eekhoorn en kleine marters, indien deze soorten aanwezig zijn in het plangebied. Omdat er nog geen nader onderzoek is uitgevoerd, betreft dit een kennisleemte. Voor de volgende soorten is nader onderzoek nodig: planten, kleine marters, bomen, sleedoornpage, vleermuizen, muurflora, vleermuizen, amfibieën, vogels met jaarrond beschermde nesten en de steenuil.

Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid

De uitwerking van de integrale opwaardering van de Maaskade te Grave, die in KA 2 is voorgesteld, is nog niet bekend op het moment van schrijven. Mogelijk komen toch effecten in beeld voor de verkeersafwikkeling in Grave, indien de integrale opwaardering van de openbare ruimte verder wordt uitgewerkt tijdens de Planuitwerkingsfase.

Ook zal vermoedelijk meer geluidsoverlast ontstaan als gevolg van de verhoging van de dijk en daarmee van de provinciale weg N321. Dit is onafhankelijk van het wel of niet doorgaan van een gelijktijdige reconstructie van de N321. Om dit effect te bepalen zullen eerst geluidsonderzoeken moeten worden uitgevoerd.

Bodem

Ter plaatse van de Prinsenstal in Grave is sprake van een geval van bodemverontreiniging ten aanzien van zink en lood in de ondergrond. Voor zover bekend is deze verontreiniging niet gesaneerd. Ook is ter plaatse van de Maasdijk in Neerloon sprake van een potentieel geval van bodemverontreiniging met asbest. Het Vooronderzoek bodem- en waterbodemonderzoek[31] dient in de Planuitwerking gecomplementeerd te worden om op dit soort vragen eenduidig antwoord te kunnen geven.

Aanbevolen wordt het thema bodem opnieuw te beoordelen na aanvullend onderzoek, waarbij informatie over bodemverontreinigingen nauwkeuriger in beeld wordt gebracht.

Ook wordt aanbevolen om in de planuitwerking zoveel mogelijk te streven naar een gesloten grondbalans.

Waterhuishouding

In de volgende fase van dit project is het van belang om de effecten op de grondwaterstanden en het binnendijks watersysteem kwantitatief te beoordelen. Hierbij is het van belang dat de maatregelen in meer detail zijn ontworpen omdat dit de mate van beïnvloeding kan bepalen. Daarbij gaat het om bijvoorbeeld:

- de diepte van de verticale oplossingen;
- het materiaal van de verticale oplossingen (wel of niet waterdoorlatend);
- en de dimensies en exacte locatie van de weerdverlaging ter hoogte van Neerloon, en het effect daarvan op grondwater.

Als het effect van maatregelen kwantitatief wordt doorgerekend, kan gebruik worden gemaakt van recent uitgevoerde grondonderzoeken, waarbij de aanwezigheid van slecht doorlatende ondiepe lagen in beeld is gebracht.

Daarnaast is bij het waterschap bekend dat tijdens hoogwater in de huidige situatie bij Neerloon en Overlangel wateroverlast wordt ervaren in kelders en kruipruimten van woningen. Ook is door bewoners gerapporteerd dat slootpeilen soms stijgen wanneer het Maaspeil juist daalt na een hoogwatersituatie. De dijkverbetering zal de huidige situatie zeer waarschijnlijk niet negatief beïnvloeden, maar in de Planuitwerkingsfase zou met een geohydrologisch model nader onderzoek kunnen worden uitgevoerd naar deze effecten.

Rivierkunde

Ten aanzien van effectbeoordeling rivierkunde spelen een aantal leemten in kennis:

- Meeliften op rivierkundige compensatie binnen het westelijk aangrenzende project Meanderende Maas is mogelijk een optie. Het is nog niet zeker of dit mogelijk is; dit is een aandachtspunt voor de Planuitwerkingsfase.
- De beoordeling van deelgebied Grave is indicatief, omdat het opstuwende effect van de dijkverlegging rondom Bomvrije buiten de begrenzing van het rivierkundige model valt.
- Voor dijkvak 37 (Rkm 181-182) geldt dat het ontwerp nader gedetailleerd dient te worden.

In de planuitwerking is een beoordeling conform het gehele rivierkundige beoordelingskader[59] nodig.

Leefomgeving

In deelgebied Grave is er onzekerheid over permanente veranderingen in licht- en geluidshinder en trillinghinder, die tijdens de planuitwerking beter beoordeeld kunnen worden, aangezien er dan een uitgewerkt ontwerp is.

Meekoppelkansen

De meeste meekoppelkansen hebben in deze Verkenningsfase een laag detailniveau, waardoor de effectbeoordelingen kwalitatief en beschouwend van aard zijn. Bij de totstandkoming van de huidige, indicatieve effectbeoordelingen van de meekoppelkansen is daarnaast sprake van een aantal leemten in kennis met betrekking tot ecologie, duurzaamheid en bodemkwaliteit. Ook de hindereffecten tijdens aanleg kunnen pas beoordeeld worden wanneer de uitwerking van een meekoppelkans in een verder gevorderd stadium is en de uitvoeringsmethode bekend is.

9.2 Compensatie en mitigatie

Voor sommige specifieke MER-thema's dient gecompenseerd en/of gemitigeerd te worden. Compenseren is soms nodig om negatieve effecten op een andere locatie terug in balans te brengen. Mitigeren betekent dat een negatief effect verzacht wordt. Voor de thema's waar sprake is van benodigde compensatie en mitigatie, is hieronder toegelicht wat dit inhoudt.

Natura2000

Voor Natura2000-gebieden is er sprake van een mogelijk negatief effect tijdens de aanlegfase als gevolg van stikstofdepositie. Hier wordt in de planuitwerking nader onderzoek naar uitgevoerd. Het is denkbaar dat voor de betreffende gebieden mitigerende of compenserende maatregelen noodzakelijk zijn.

Natuurnetwerk Brabant

Ontwikkelingen binnen een NNB-gebied zijn alleen mogelijk met een nadere toetsing: de 'nee-tenzij' toets. Dit houdt in dat ingrepen in NNB-gebied niet worden toegestaan, tenzij er sprake is van een zwaarwegend maatschappelijk belang en indien er geen alternatieven zijn. Bij een 'nee-tenzij' toets worden de effecten op de wezenlijke kenmerken en waarden van NNB-gebied getoetst en voorgelegd aan het bevoegd gezag. Indien bij een ingreep schade wordt aangericht aan een NNB-gebied, dan dient dit gemitigeerd of gecompenseerd te worden. Bij beide Kansrijke Alternatieven dient gecompenseerd te worden voor de circa 1,4 hectare aan NNB-oppervlakken die permanent verloren gaan.

In de gebieden waar negatieve effecten verwacht worden, zijn mogelijkheden om de effecten te compenseren door het verzilveren van meekoppelkansen. Voor zover graslanden worden aangetast door de dijkverbetering, zouden deze gecompenseerd kunnen worden in de uiterwaarden. Bij grasvegetaties kan de ontwikkeling vrij snel gaan na verwijdering van de vegetatie. Dit kan gestimuleerd worden door inzaaien van geschikte zaadmengsels of door het maaisel van de oorspronkelijke vegetatie op te potten en na uitvoering weer te verspreiden. Tevens vindt verspreiding van zaden plaats vanuit de overgebleven grasvegetaties direct aangrenzend aan het traject.

Aantasting van bosgebieden is lastiger te compenseren, aangezien het veel langer duurt voordat deze weer ontwikkeld zijn tot het niveau van de referentiesituatie. Daarnaast dient eerst een geschikte locatie te worden gevonden voor compensatie. Eventueel kan de ontwikkeling worden versneld door aanplant van bomen en struiken van een grote plantmaat.

Concrete maatregelen om effecten op het Natuurnetwerk Brabant te mitigeren ("minder erg te maken"), worden uitgewerkt in de planuitwerkingsfase. Het detailniveau van de huidige verkenningsfase is globaal.

Overige beschermde soorten

Vanuit de soortbescherming gelden de onderstaande mitigerende maatregelen.

- Er dient te worden voldaan aan de **zorgplicht** voor alle soorten:
    - dieren de gelegenheid geven te kunnen vluchten;
    - bij het aantreffen eventueel ervoor kiezen zich traag voortbewegende soorten te verplaatsen tot buiten de invloedssfeer.
- Er dient rekening te worden gehouden met het **broedseizoen** van vogels
    - in gebruik zijnde nesten mogen niet worden beschadigd of dermate worden verstoord dat vogels hun nest verlaten;

    - werkzaamheden in het broedseizoen (globaal maart t/m augustus) kunnen wel worden uitgevoerd, maar onder begeleiding van een ecoloog.
- Voor sommige soorten is het nodig om een **ontheffing** aan te vragen. Hierin worden specifieke mitigerende maatregelen opgenomen:
    - behouden van verblijfplaatsen of deze ongeschikt maken en opnieuw aanbieden;
    - geschikte oppervlaktewateren ongeschikt maken in minst kwetsbare periode en aanwezige dieren verplaatsen. Daarnaast dient nieuw geschikt leefgebied te worden aangeboden.

Mitigatie CO2-uitstoot en milieu-impact materialengebruik

Een aantal maatregelen kunnen worden ingezet om de milieu-impact, zoals de CO_2-uitstoot en impact gerelateerd aan materialengebruik (MKI), in de deelgebieden te reduceren. Met name het hergebruiken van bestaande damwanden, sturen op grondoplossingen, kiezen van duurzame materiaalleveranciers en het inzetten van elektrisch materieel leiden tot een duurzamere dijkverbetering. De productie(fase) van materialen veroorzaakt de meeste uitstoot van CO_2 en de grootste impact op het milieu. De meeste winst valt daarom te behalen door maatregelen in te zetten die zich richten op de productiefase: winning van grondstoffen, transport en productie.

Compensatie gedempte sloten

Wanneer er watergangen gedempt moeten worden om bermen te kunnen realiseren, zal dit een negatief effect hebben op de capaciteit van het systeem. Als dit het geval is, zal dit verlies aan slootcapaciteit moeten worden gecompenseerd. Dit is op één locatie het geval: de watergang langs deeltraject 17 bij Kansrijk Alternatief 2 wordt gedempt en omgelegd rondom het “Visio”-terrein in Grave. Bij Kansrijk Alternatief 1 komt op die locatie een damwand en blijft de watergang intact (zie Bijlage 1).

Rivierkundige compensatie in KA 2

Bij Kansrijk Alternatief 2 is, vanwege de buitendijkse oplossingen, rivierkundige compensatie van het waterstandseffect en bergend vermogen van de Maas tijdens hoogwater nodig. Ter hoogte van dijkvak 36 bij Neerloon is ruimte om compensatie toe te passen in de vorm van een (droge) nevengeul. Zo’n type nevengeul is gevisualiseerd in Figuur 7-35 op pagina 157. Overigens is meeliften op rivierkundige compensatie binnen het westelijk aangrenzende project Meanderende Maas mogelijk een optie. Het is nog niet zeker of dit mogelijk is; dit is een aandachtspunt voor de Planuitwerkingsfase.

9.3 Doorkijk vervolgproces

Afronding Verkenningsfase

Met de Nota Voorkeursalternatief[3] en dit MER deel 1 wordt de Verkenningsfase van de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein afgerond. Naar verwachting wordt het Voorkeursalternatief in december2022 bestuurlijk vastgesteld. Hierna volgt de Planuitwerkingsfase, waarin het VKA wordt uitgewerkt, en het projectbesluit en het MER deel 2 worden opgesteld, die de basis gaan vormen voor de realisatiefase. In deze paragraaf wordt een korte doorkijk gegeven naar deze planuitwerkingsfase.

Aanscherpen en detailleren van de ontwerpopgaven

Gedurende de planuitwerking gaan we de veiligheidsopgave verder aanscherpen en detailleren. Hierbij worden ook de uitgangspunten, bijvoorbeeld ten aanzien van de waterstanden op de rivier, opnieuw beschouwd. Bij aanvang van de planuitwerking starten ook de onderzoeken die nodig zijn voor de detaillering van de maatregelen en de vergunningverlening. Denk bijvoorbeeld aan (veld)onderzoek op het gebied van bodem, grondwater, ecologie of archeologie.

Op basis daarvan worden de maatregelen geactualiseerd en in detail ingepast. Met name ook de verticale maatregelen en de maatwerklocaties worden in de planuitwerkingsfase nader uitgewerkt, zowel technisch (type maatregel, mogelijke innovaties) als ruimtelijk (positie van de maatregel in het dijklichaam en de aansluitingen). Dit speelt voor alle deelgebieden, maar in hoge mate voor Grave waar de verticale oplossingen zorgvuldig ingepast moeten worden.

Tijdens de planuitwerking gaan we met de betrokken partners (gemeenten, provincie Noord-Brabant) verder met het uitwerken van de meekoppelkansen. Het daadwerkelijk uitvoeren van meekoppelkansen in de realisatiefase is met name afhankelijk van voldoende concrete uitwerking, beschikbaar budget, verleende vergunningen en draagvlak.

Planprocedures en effectbeoordeling VKA

In de planuitwerking werken we in het ontwerp toe naar het detailniveau dat nodig is voor een Projectbesluit en voor de afronding van de procedure voor milieueffectrapportage. In de Verkenningsfase is dit MER deel 1 opgesteld om de milieueffecten van de keuzes die zijn gemaakt inzichtelijk te maken. In de Planuitwerking vullen we deze aan tot het Project-MER, waarin de milieueffecten van het Voorkeursalternatief (VKA) en eventuele varianten daarop worden beoordeeld. Er wordt dan ook onderzocht wat benodigd is inzake compensatie en mitigatie.

Op het ontwerp-Projectbesluit en het MER kunnen zienswijzen worden ingediend en na behandeling van deze zienswijzen volgt de definitieve vaststelling.

Zodra in de Planuitwerking het ruimtebeslag door de maatregelen voldoende concreet is, starten we de ook gesprekken voor verwerving van grond.

Publieksparticipatie en samenwerking

Ook in de planuitwerking zal samenwerking met de omgeving centraal staan. Op belangrijke momenten worden bewoners en andere belanghebbenden geïnformeerd en gevraagd om hun belangen en wensen kenbaar te maken. De planuitwerking gebruiken we ook om een definitief overzicht te maken van alle wensen en of deze met het ontwerp zijn gehonoreerd of dat ze als eis voor realisatie moeten worden meegenomen. Wanneer wensen niet zijn gehonoreerd zullen we dat op adequate wijze toelichten aan betrokkenen.

Met de partners werken we op efficiënte en effectieve wijze door aan het realiseren van de meekoppelkansen. In een samenwerkingsovereenkomst leggen we de definitieve afspraken vast over de meekoppelkansen die we daadwerkelijk uit gaan voeren.

REFERENTIES

Voor inzage van de onderstaande documenten wordt verwezen naar de bijlagen. Documenten die zijn te raadplegen via internet zijn niet bijgevoegd als bijlage. Voor overige stukken geldt dat deze op aanvraag beschikbaar zijn (bij Waterschap Aa en Maas of derden).

[1] Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO); Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020. Te raadplegen via https://basisinformatie-overstromingen.nl/liwo/#/scenarios/6/4941.

[2] Notitie Reikwijdte en Detailniveau Verkenning Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein; Waterschap Aa en Maas, januari 2022. Te raadplegen via: https://www.brabant.nl/actueel/ter-inzages/notitie-reikwijdte-en-detailniveau-voor-het-milieueffectrapport-dijkverbetering-cuijk-ravenstein.

[3] Nota Voorkeursalternatief voor dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, Een herkenbare dijk met veel gezichten, onderdeel van een groter geheel; Waterschap Aa en Maas, december 2022. Te raadplegen via: https://www.aaenmaas.nl/in-jouw-buurt/projectenkaart/dijkverbetering-cuijk-ravenstein/.

[4] Integrale Uitgangspuntennotitie Verkenning Cuijk-Ravenstein; Waterschap Aa en Maas, 25 januari 2021. Te raadplegen via https://lievensecso.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=66dd3fc29e6646fa869eea2bad8e13dc.

[5] Technische Uitgangspuntennota Verkenning Cuijk-Ravenstein; Waterschap Aa en Maas, 12 maart 2021.

[6] Basisspecificatie Dijk, werkversie 3; Waterschap Aa en Maas, 31 mei 2022.

[7] N321 Grave – Cuijk; Provincie Noord-Brabant, z.d.. Te raadplegen via: https://www.brabant.nl/onderwerpen/verkeer-en-vervoer/wegenprojecten-in-brabant/n321-grave-cuijk.

[8] Planstudie N321; SWECO, 2019, in opdracht van Provincie Noord-Brabant.

[9] Startbeslissing MIRT-verkenning A50 Ewijk-Bankhoef-Paalgraven; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020.

[10] Omgevingsstrategie Verkenningsfase dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, 2020.

[11] Adaptieve Uitvoeringsstrategie Maas 2020-2050; Deltaprogramma Maas, september 2019. Te raadplegen via https://www.deltaprogrammamaas.nl/applications/deltaprogramma/files/Documenten/2019/Adaptieve_Uitvoeringsstrategie_Maas_DEF.pdf.

[12] Kennisgeving voornemen & participatie van Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein; Waterschap Aa en Maas, 6 juli 2020. Te raadplegen via https://zoek.officielebekendmakingen.nl/wsb-2020-7429.pdf.

[13] Ruimtelijk Kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein; H+N+S Landschapsarchitecten, 21 september 2020. Te raadplegen via: https://www.aaenmaas.nl/publish/pages/1171/ruimtelijk_kwaliteitskader_cuijk-ravenstein_21092020_2.pdf.

[14] Groei en krimp per gemeente; cbs, 2021. Te raadplegen via: https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-bevolking/regionaal/groei-en-krimp.

[15] Conditionering: Rivierkunde, Verkenning Cuijk-Ravenstein; Lievense|WSP, 20 november 2022.

[16] Wat is het Programma Integraal Riviermanagement (IRM)? Nationaal Deltaprogramma, 2021. Te raadplegen via: www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/vraag-en-antwoord/wat-is-het-programma-integraal-riviermanagement.

[17] Biodiversiteit en leefgebieden; Provincie Noord-Brabant, z.d. Te raadplegen via: https://www.brabant.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/natuur/biodiversiteit/biodiversiteit-en-leefgebieden.

[18] Natuurbeheerplan; Provincie Noord-Brabant, z.d. Te raadplegen via: https://noord-brabant.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=aadeed0954ee4cebaa058ed0ae6a4c40.

[19] Begrenzingskaart Beschermd Stadsgezicht Grave; Minister van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur en de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1991. Te raadplegen via: https://archisarchief.cultureelerfgoed.nl/Beschermde_Gezichten/BG1525/.

[20] Structuurvisie Cuijk 2030; Croonenburo5, 2017.

[21] Structuurvisie gemeente Grave 2025; Gemeente Grave & Royal Haskoning DHV, 2014.

[22] Structuurvisie Buitengebied Oss – 2015; Gemeente Oss, 2015. https://www.oss.nl/bestuur_en_organisatie/verordeningen-en-beleidsdocumenten/Beleidsdocumenten.htm

[23] Nota Bouwstenen Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein; Waterschap Aa en Maas, 29 juni 2021. Te raadplegen via https://www.aaenmaas.nl/publish/pages/1171/2021-03-05_-_nota_bouwstenen_dijkverbetering_cuijk_ravenstein.pdf.

[24] Verkenning van het speelveld, Nota Mogelijke Oplossingen Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein; Waterschap Aa en Maas, 29 juni 2021. Te raadplegen via https://www.aaenmaas.nl/publish/pages/1171/nota_mogelijke_oplossingen_definitief.pdf.
[25] Vestingvisie Grave; West 8 in opdracht van de gemeente Grave, 2017. Te raadplegen via: https://www.grave.nl/vestingvisie-grave.
[26] Concept Ontwerprapport Dijk Verkenning Cuijk-Ravenstein; Waterschap Aa en Maas, september 2021.
[27] Concept Ontwerprapport Kunstwerken Verkenning Cuijk-Ravenstein; Waterschap Aa en Maas, september 2021.
[28] Nota Kansrijke Alternatieven; Waterschap Aa en Maas, 21 december 2021. Te raadplegen via: https://www.aaenmaas.nl/publish/pages/2161/2021-12-01_nota_kansrijke_alternatieven_dijkverbetering_cuijk_ravenstein_1.pdf.
[29] Uitleg over KNMI-klimaatscenario's; KNMI, z.d.. Te raadplegen via: https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/knmi-klimaatscenario-s.
[30] Omgevingsverordening Noord-Brabant, Concept behorende bij Statenvoorstel 67/20; Provincie Noord-Brabant, november 2021. Te raadplegen via: https://www.brabant.nl/onderwerpen/omgevingsbeleid/interim-omgevingsverordening/ontwerp-omgevingsverordening.
[31] Vooronderzoek bodem- en waterbodemonderzoek, Verkenning Cuijk-Ravenstein; Lievense Milieu B.V., 21 december 2020. Te raadplegen via Bijlage 6 bij dit milieueffectrapport.
[32] Bodemkwaliteitskaarten; Omgevingsdienst Brabant Noord, november 2019. Te raadplegen via https://bodemloket.odbn.nl/item3/bodemkwaliteits-kaarten.
[33] Belevingswaardenonderzoek dijkverbetering Cuijk-Ravenstein; Pouderoyen Tonnaer, 2020. Te raadplegen via Bijlage 2 bij dit milieueffectrapport.
[34] Monument 't Bijltje 3, Katwijk NB, Cuijk; Monumenten.nl, februari 2022. Te raadplegen via: https://www.monumenten.nl/monument/420214.
[35] Zoek een rijksmonument; Monumenten.nl, maart 2022. Te raadplegen via: https://www.monumenten.nl/monumenten?size=n_12_n.
[36] Google Street View; Google, augustus 2021. Te raadplegen via: https://www.google.com/maps.
[37] Monumentenlijst Gemeente Oss; Gemeente Oss, 12 november 2019. Te raadplegen via: https://loket.oss.nl/Loket/product/c9d4d19472ccb496c0d58d786e9c7962.
[38] Neer kijkt door glas naar de Maas; L1mburg Centraal, 20 november 2020. https://l1.nl/l1mburg-centraal-neer-kijkt-door-glas-naar-de-maas-161034/.
[39] Inventarisatie Landschap, Cultuurhistorie en Archeologie Verkenning Cuijk-Ravenstein; Lievense|WSP, 8 december 2020. Te raadplegen via Bijlage 3 bij dit milieueffectrapport.
[40] QuickScan ecologie, Verkenning dijkverbetering Cuijk-Ravenstein; Lievense Milieu B.V., 9 december 2020. Te raadplegen via Bijlage 4 bij dit milieueffectrapport.
[41] Nadere veldinspectie, in kaart brengen aanvullend ecologisch onderzoek dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, WSP, 8 april 2021. Te raadplegen via Bijlage 5 bij dit milieueffectrapport.
[42] De effectenindicator, een kennismaking in 5 vragen; Alterra, z.d.. Te raadplegen via: https://www.synbiosys.alterra.nl/bij12/effectenindicator.aspx.
[43] Gebiedsvisie voor Wisseveld en omgeving; SVP Architectuur en Stedenbouw, juni 2016. Te raadplegen via: https://www.waterlinie-grave.nl/wp-content/uploads/2017/06/Gebiedsvisie-Waterlinie-Grave.pdf.
[44] Kaart Draagkracht – Zettingsgevoeligheid; Deltares, 2015. Te raadplegen via: https://atlasnatuurlijkkapitaal.nl/draagkracht-zettingsgevoeligheid.
[45] Keur Waterschap Aa en Maas 2015; Waterschap Aa en Maas, 2015. Te raadplegen via: https://www.aaenmaas.nl/onswerk/regels/keur/.
[46] Betrekkingslijnen Maas 2019-2020; Rijkswaterstaat, 2020.
[47] Betrekkingslijnen Maas 2020-2021; Rijkswaterstaat, 2021.
[48] Nota peilbeheer in vrij afwaterende gebieden; Waterschap Aa en Maas, 2015.
[49] Peilbesluit Hertogswetering; Waterschap Aa en Maas, 2014.
[50] Kaart met peilbesluiten; Waterschap Aa en Maas, z.d.. Te raadplegen via: https://maps.aaenmaas.nl/portaal/peilbesluiten/.
[51] Rivierkundige effecten buitendijks versterken Kansrijke Alternatieven; WSP, 20 april 2021.

[52] Nieuwe peilstok voor circulariteit in projecten; WSP, 1 februari 2021. Te raadplegen via: https://www.wsp.com/nl-NL/inzichten/2021-water-governance-nieuwe-peilstok-voor-circulariteit-in-projecten.
[53] Structuurvisie gemeente Grave 2025. Gemeente Grave & Royal Haskoning DHV, 2014.
[54] Website Kraaijenbergse Plassen. Gemeente Cuijk, z.d.. Te raadplegen via: https://www.kraaijenbergseplassen.nl/over-de-kraaij/ontstaan/.
[55] Kunstwerken traject 36-2 Preverkenning; Iv-Infra b.v., 17 februari 2020.
[56] Graafsche Raam; Waterschap Aa en Maas, z.d. Te raadplegen via: https://www.aaenmaas.nl/in-jouw-buurt/projectenkaart/graafsche-raam/.
[57] De Hertogswetering: historisch en vogelrijk; IVN, 26 mei 2021. Te raadplegen via: https://www.ivn.nl/afdeling/ivn-oss/nieuws/de-hertogswetering-historisch-en-vogelrijk.
[58] Evaluation of flow reduction due to hydraulic barrier engineering structure: case of urban area flood, contamination and pollution risk assessment; Yihdego, Y., 2016.
[59] Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren; Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, 4 juni 2019. Te raadplegen via: https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgevingbeleid/@178387/rivierkundig/.

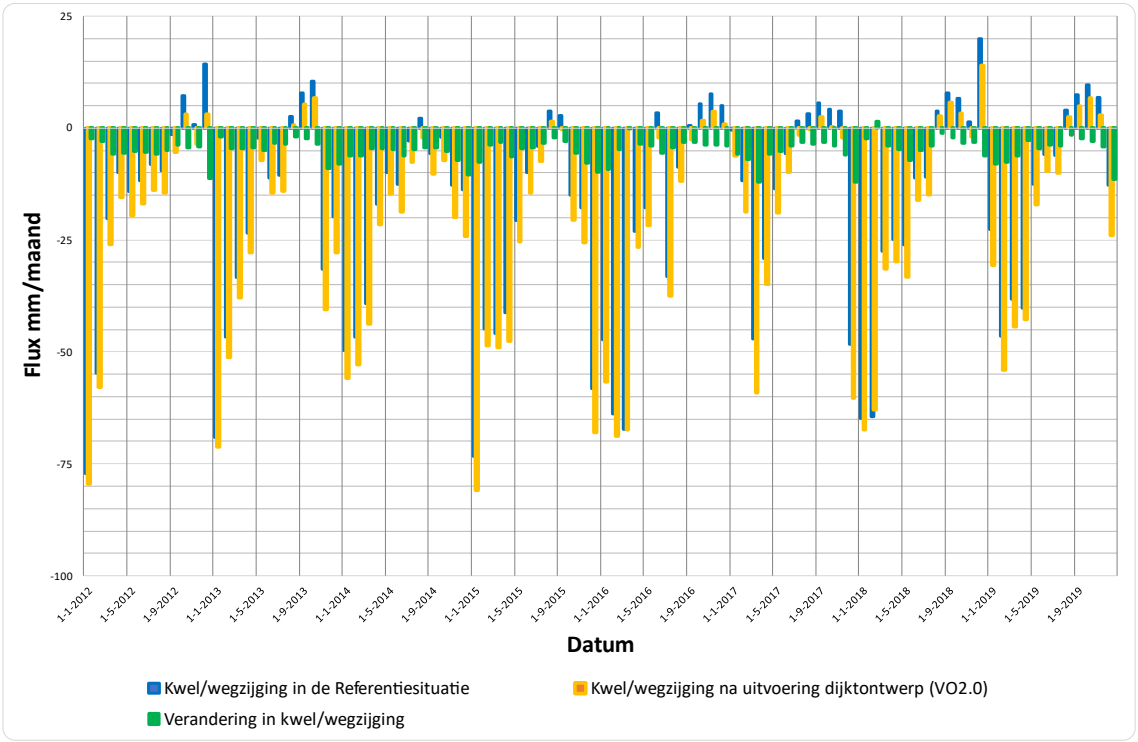
Bijlage F. Overzichtskaart plaatsnamen en locaties op en rondom het dijktraject Cuijk-Ravenstein

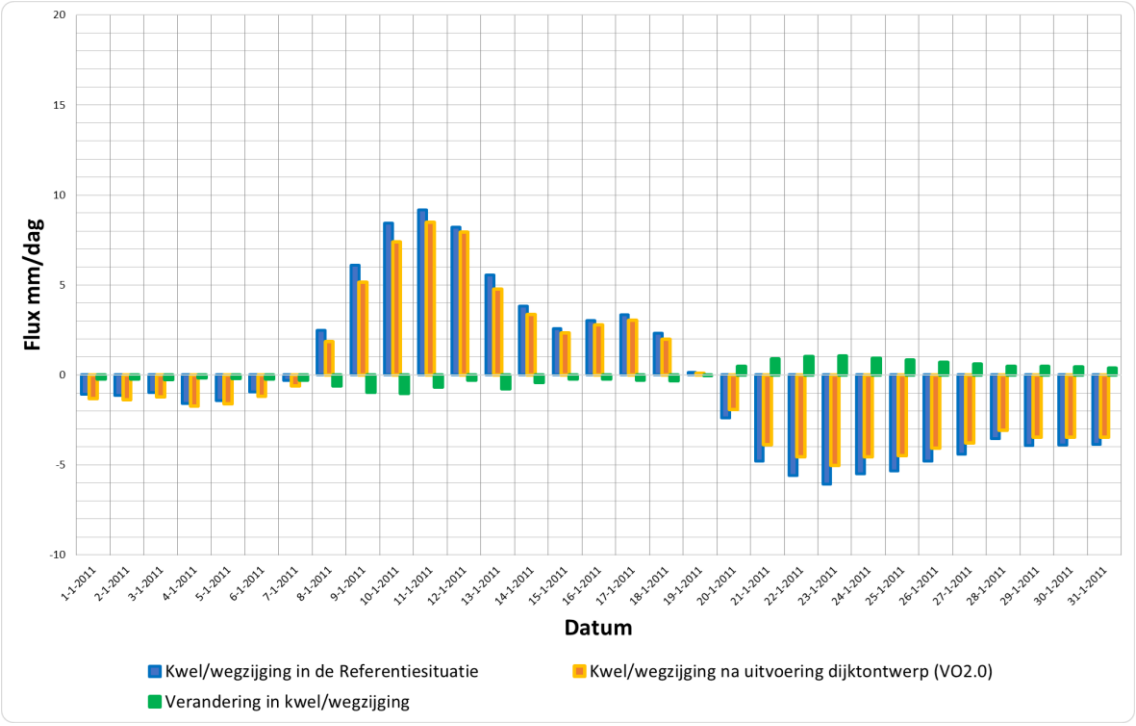


Bijlage G. Kwel- en wegzijgingsfluxen (bijlage bij thema waterhuishouding)

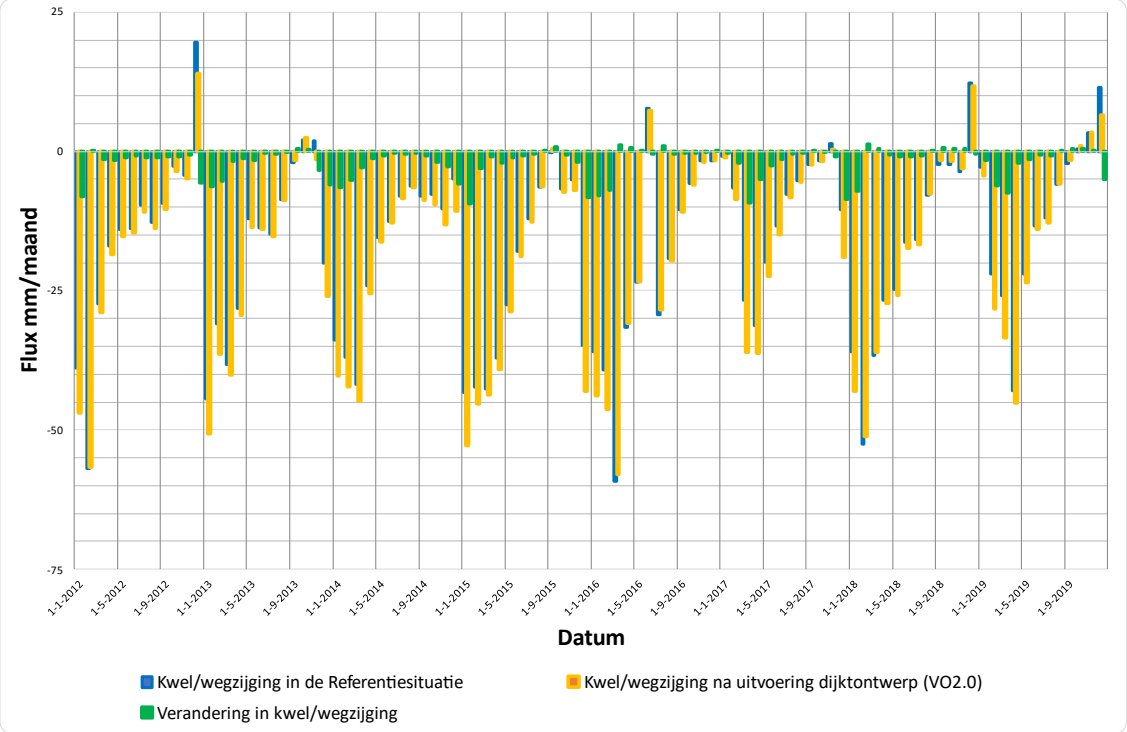
Bijlage G. Kwel- en wegzijgingsfluxen binnendijks van verticale schermen (bijlage bij thema waterhuishouding)

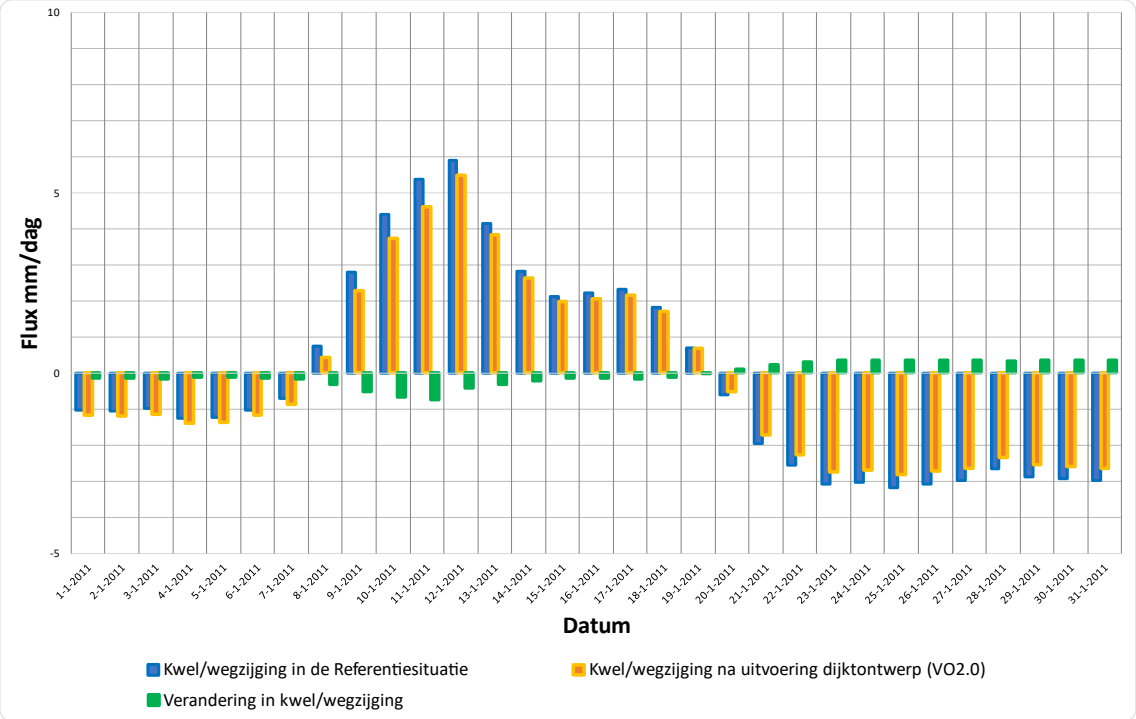
Zone 1 – dijkvak 37 en 38



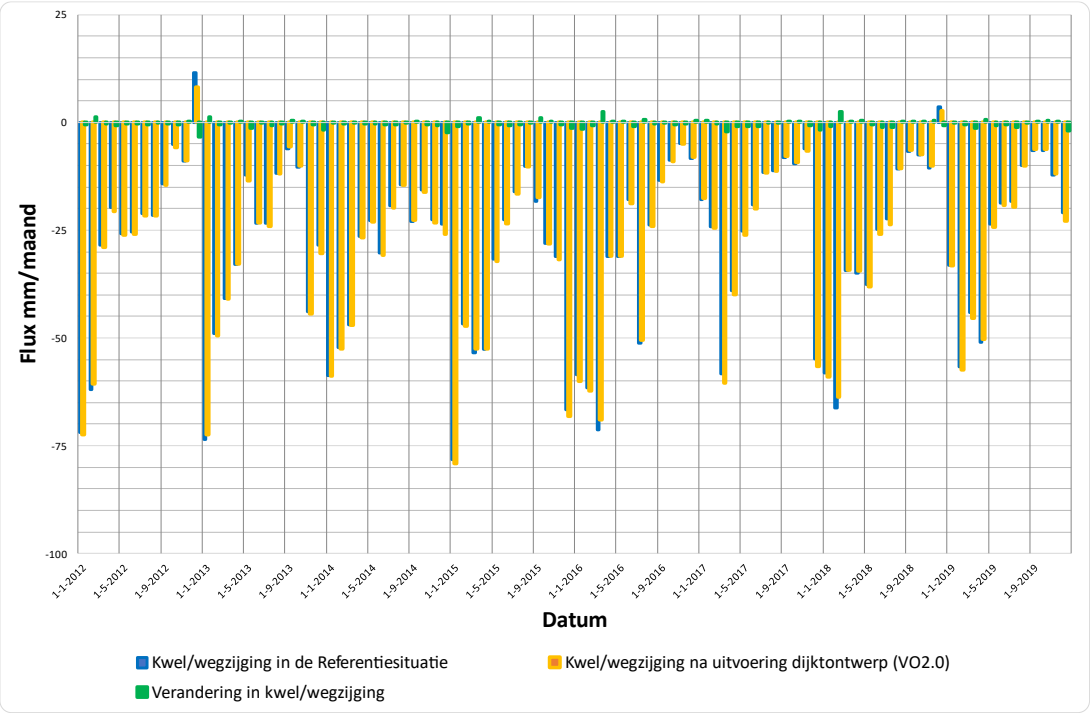


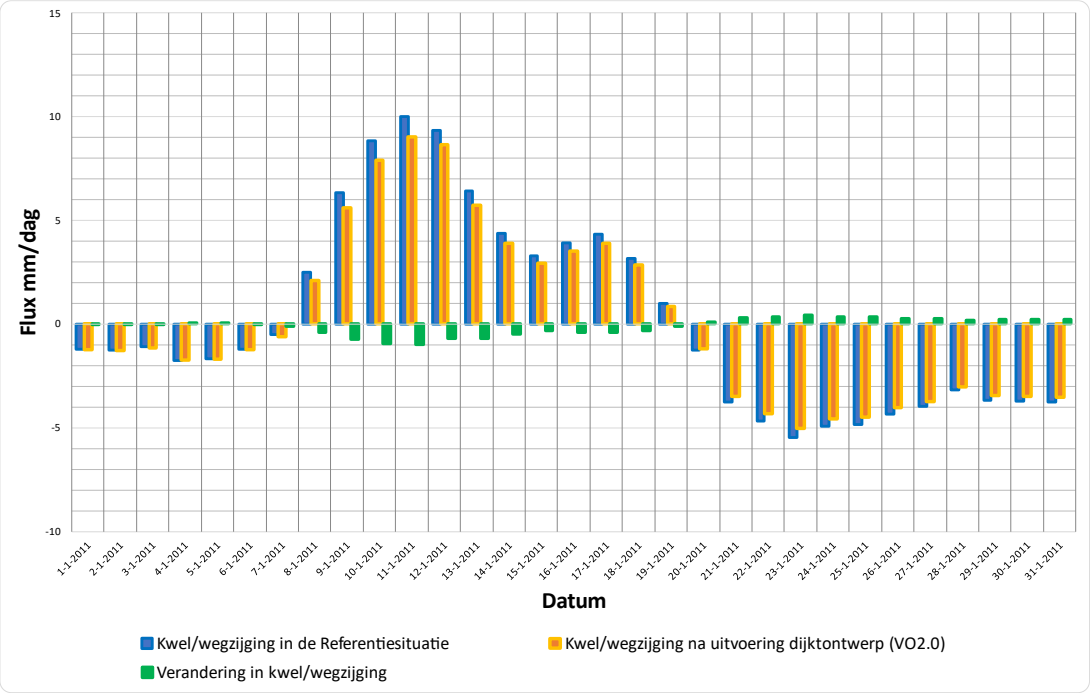
Zone 2 – dijkvak 36



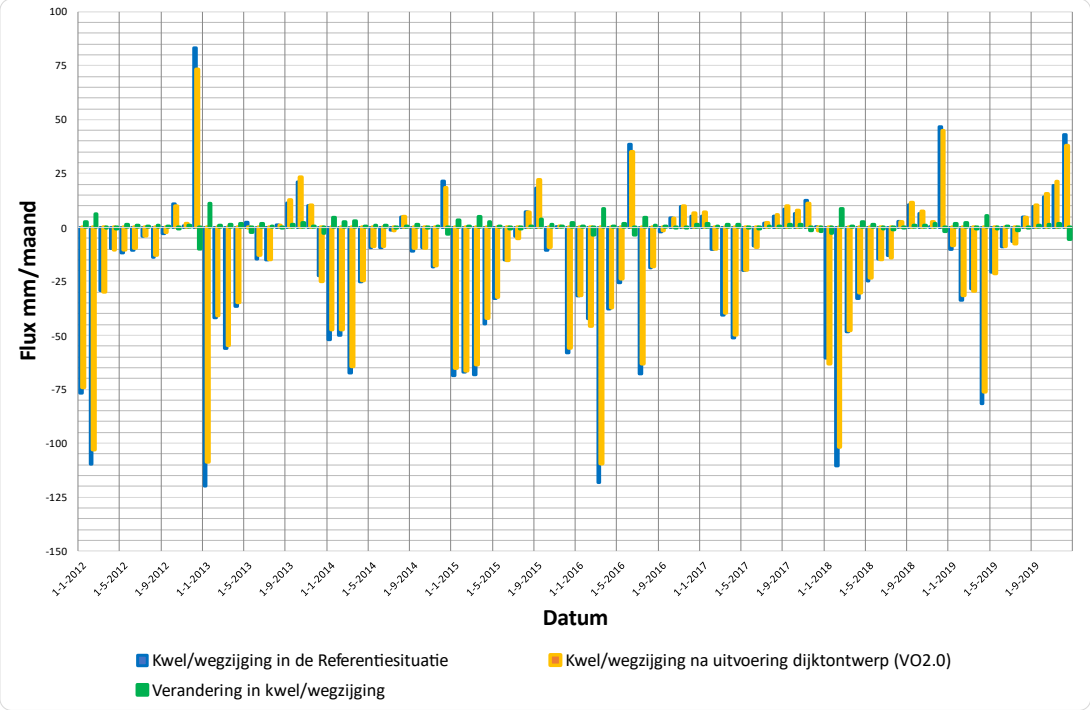


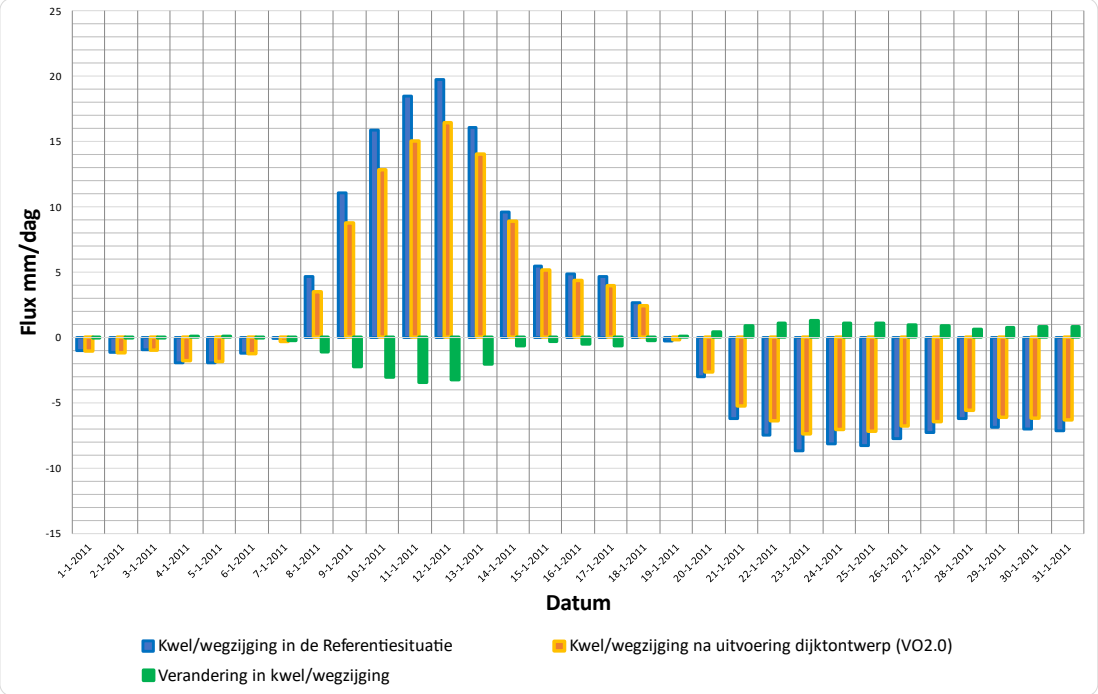
Zone 3 – dijkvakken 35 en 34



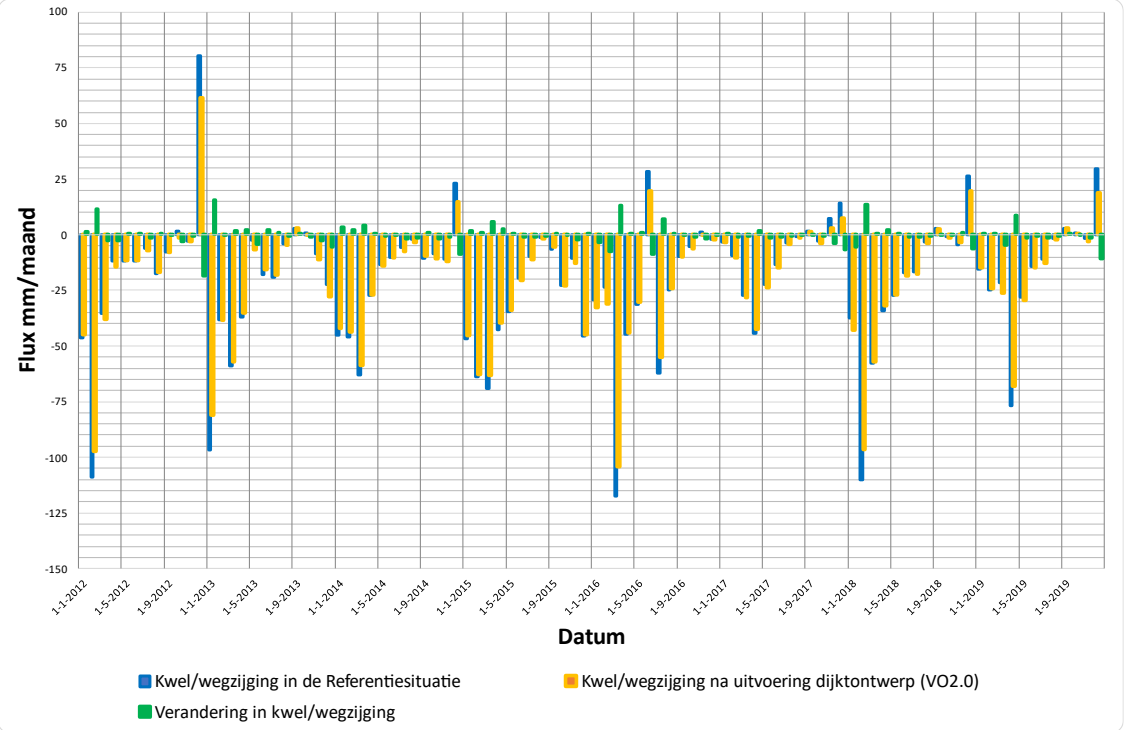


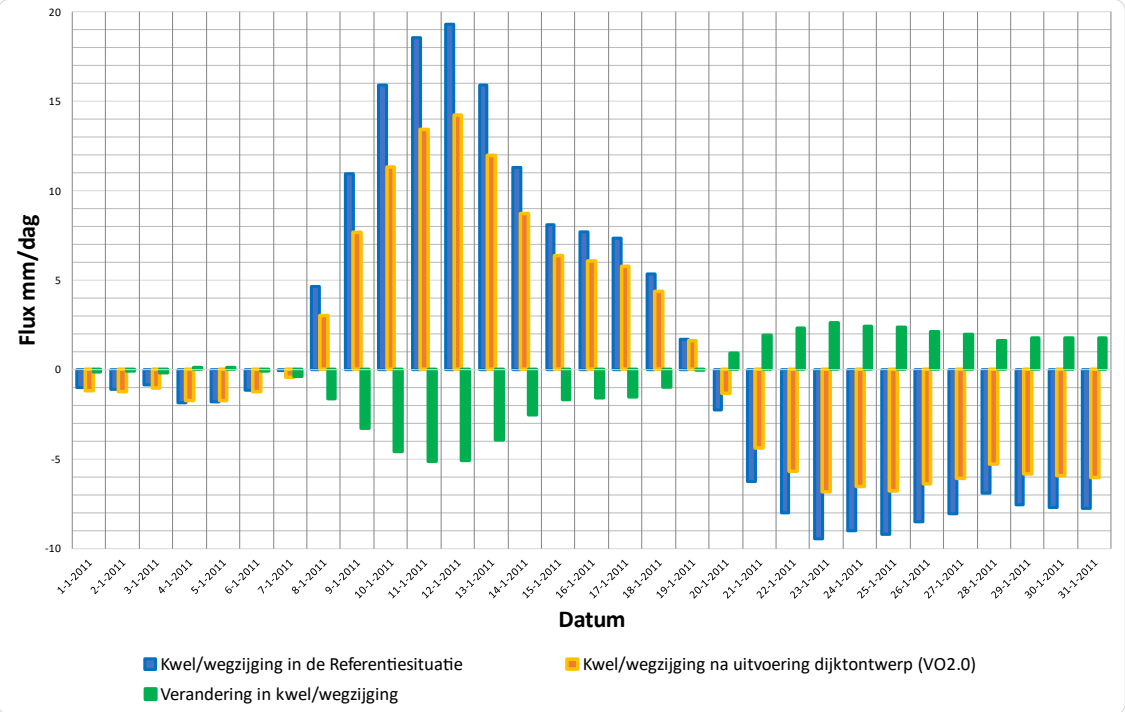
Zone 4 – dijkvak 34



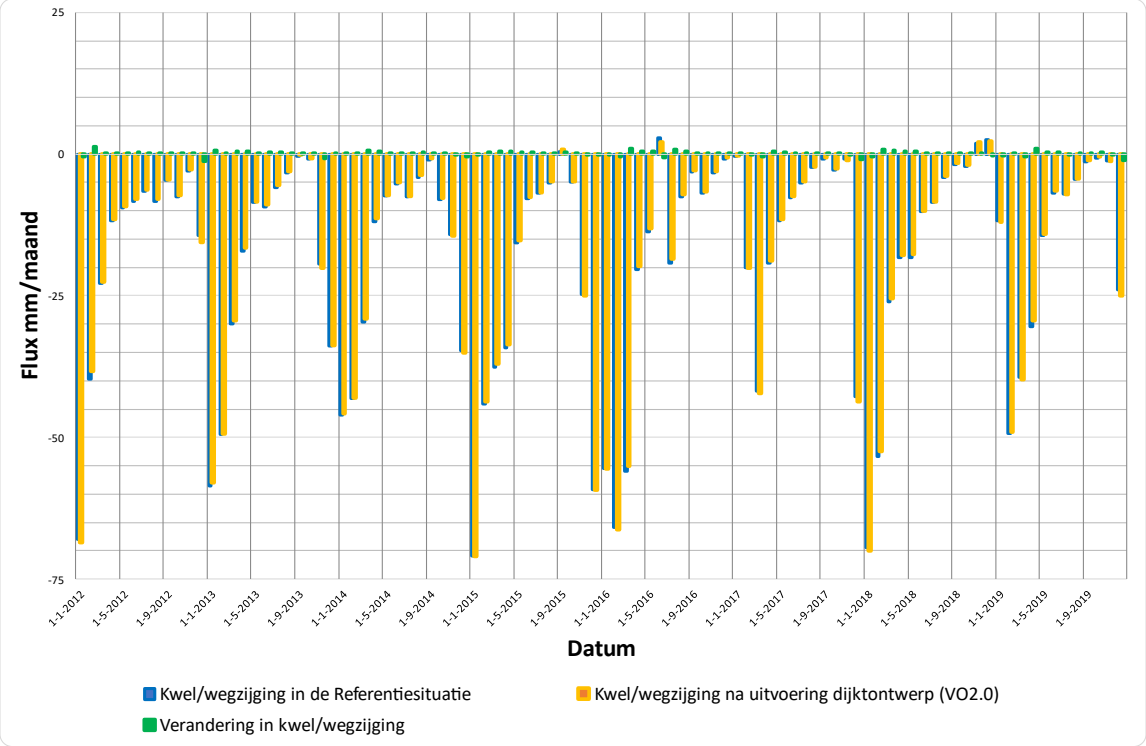


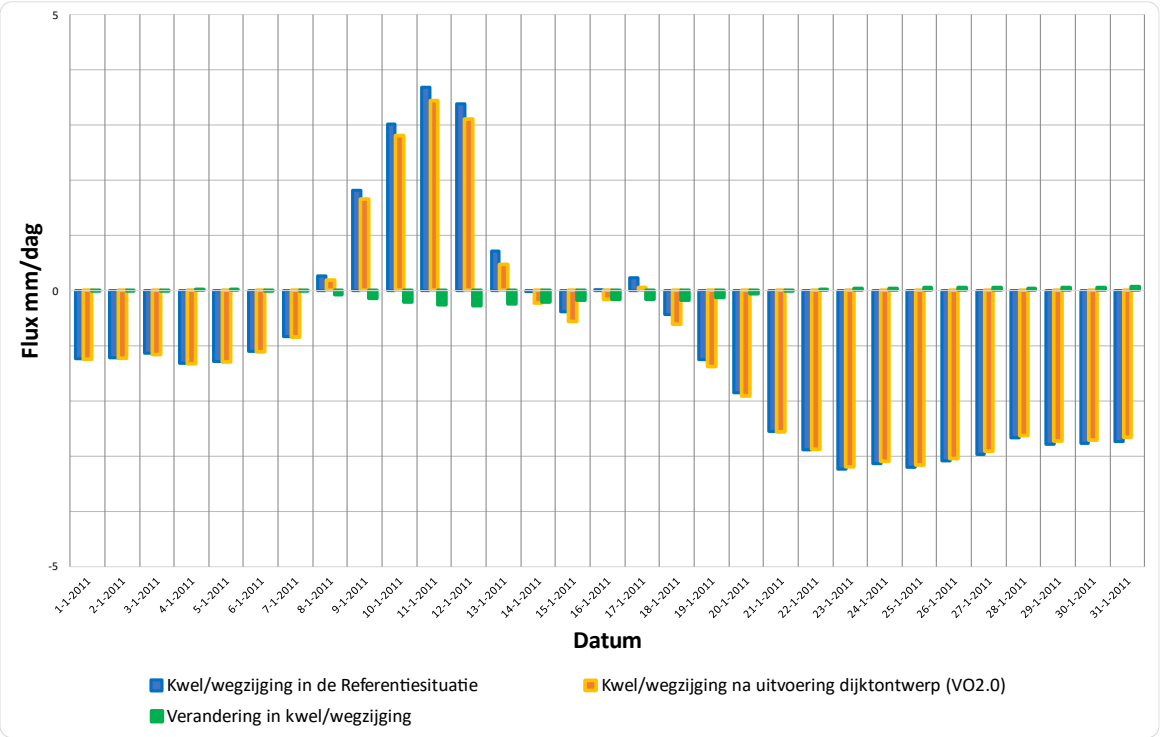
Zone 5 – dijkvak 33



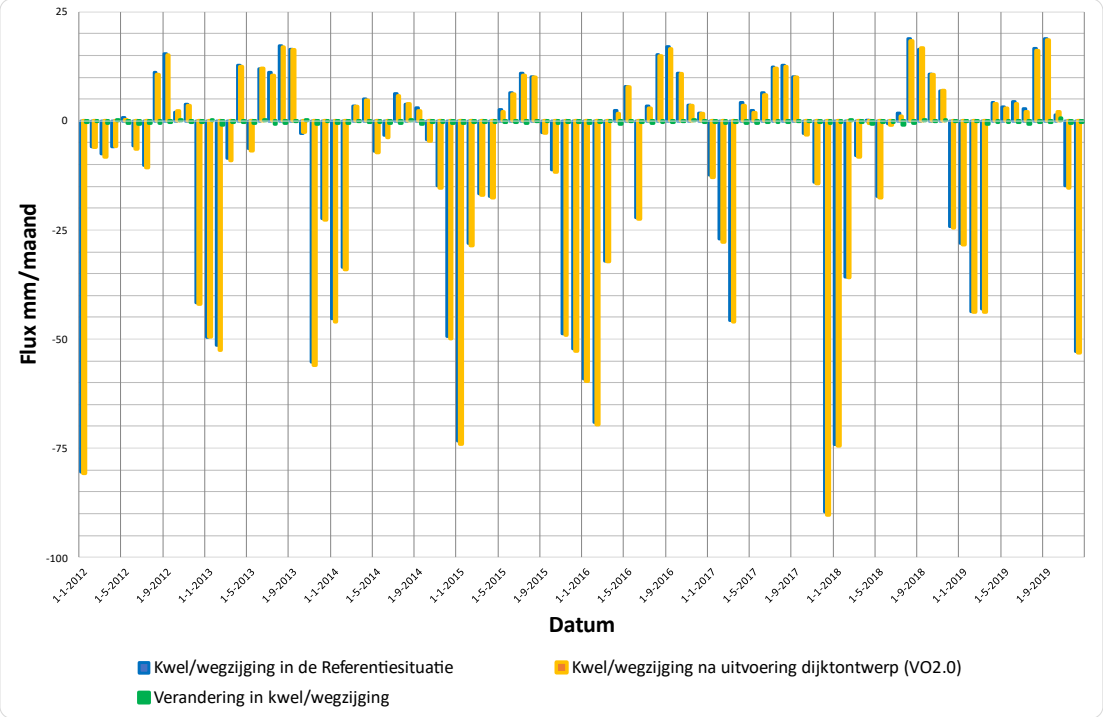


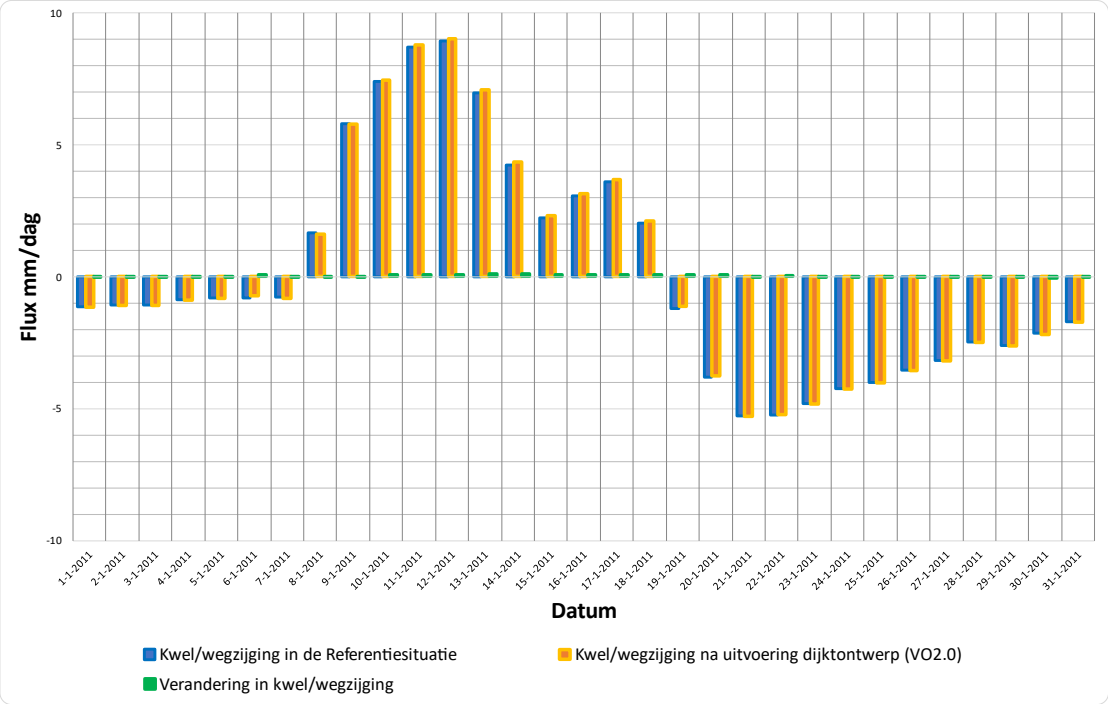
Zone 6 – dijkvak 32



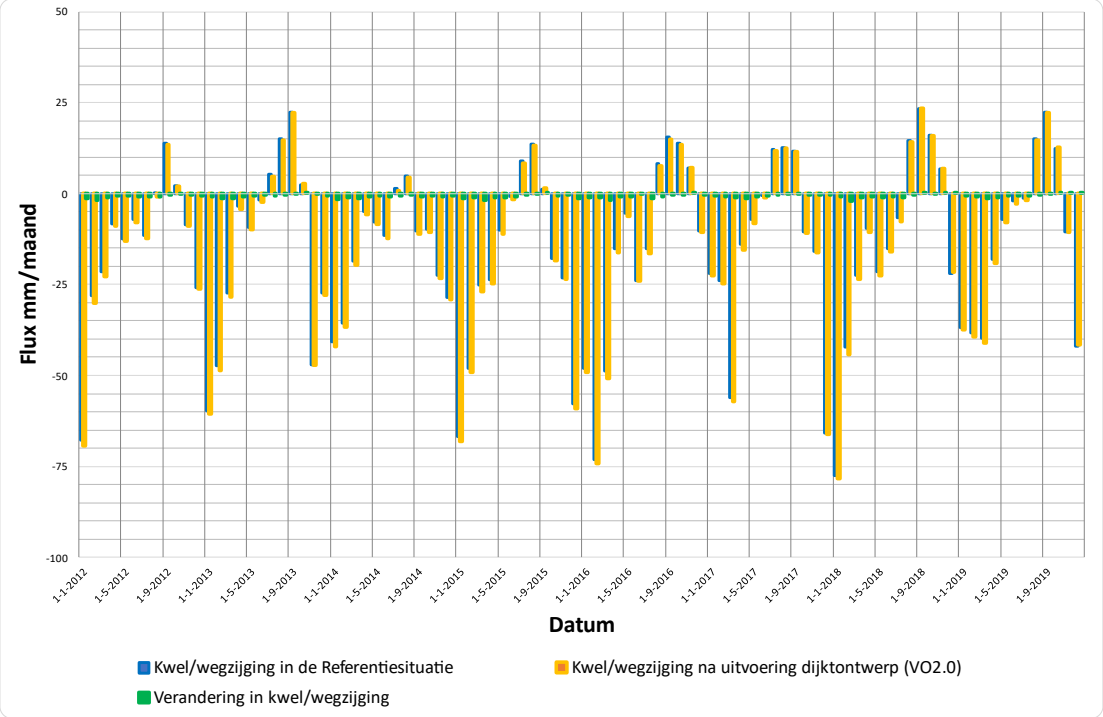


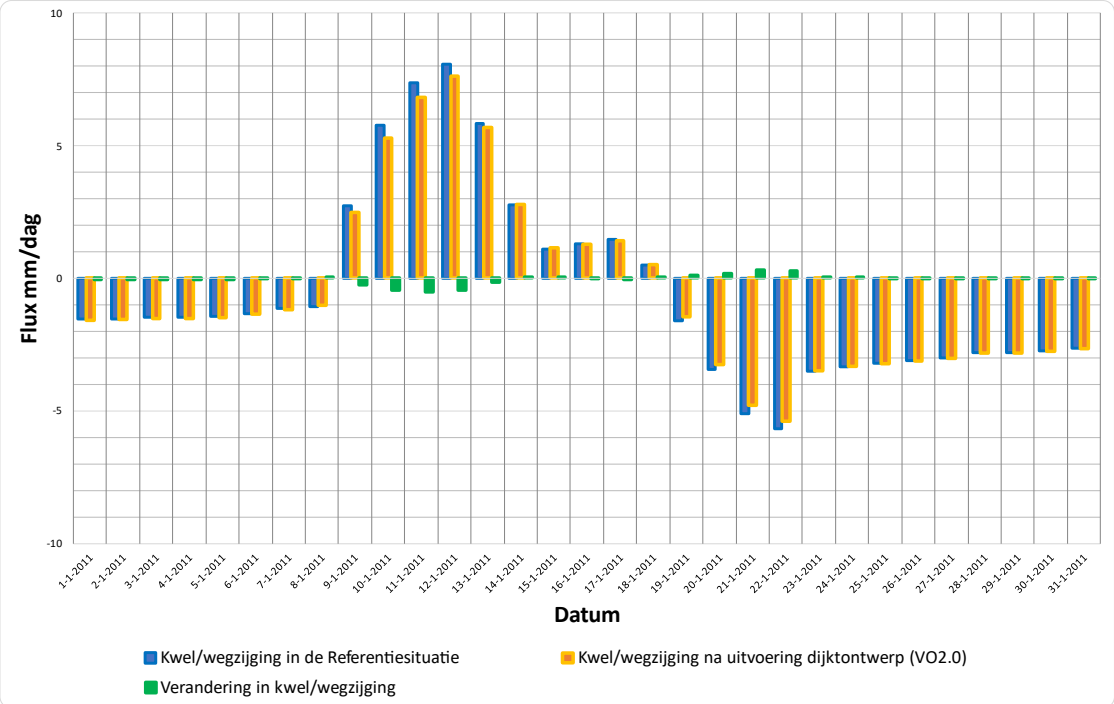
Zone 7 – dijkvak 31



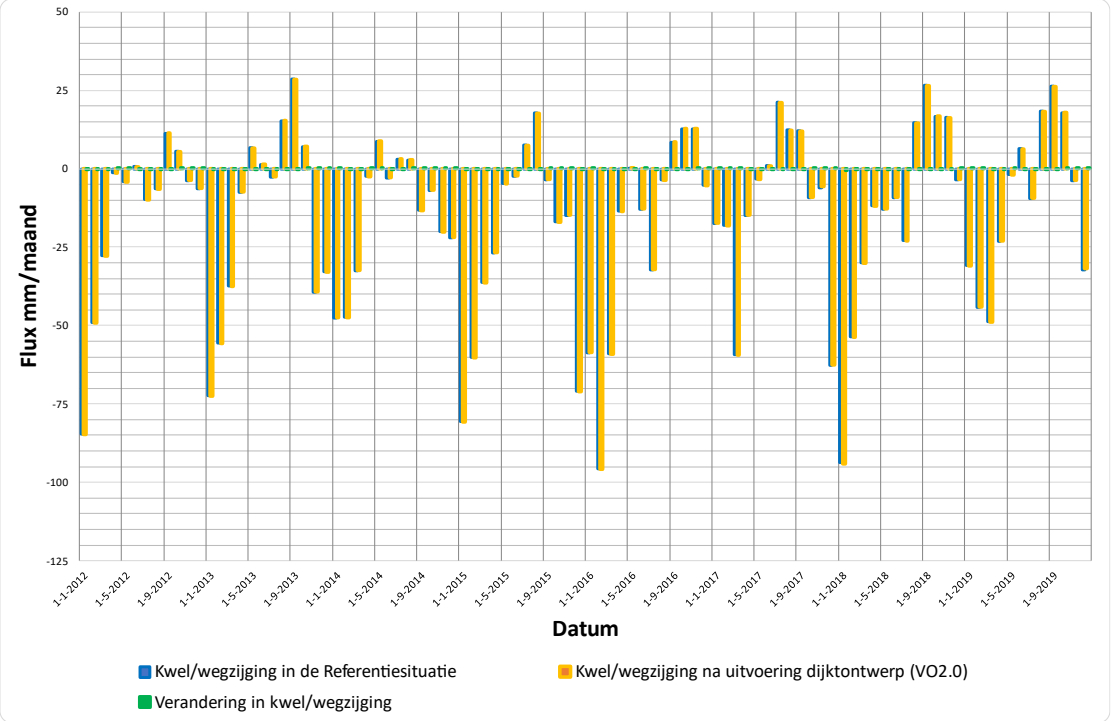


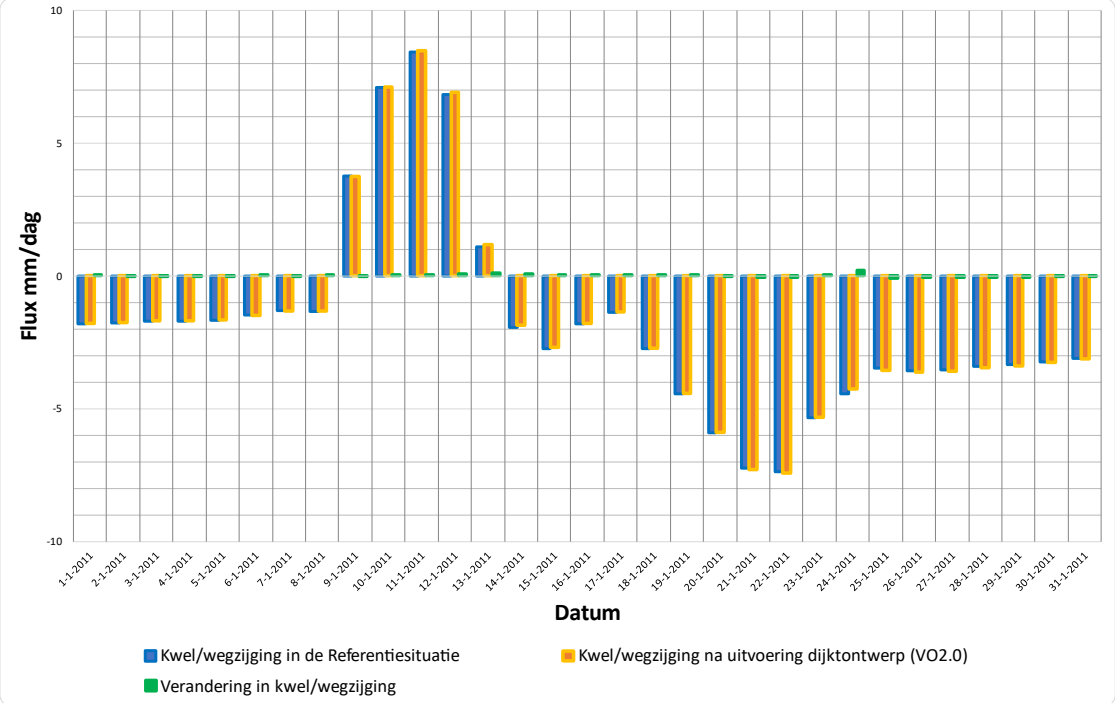
Zone 8 – dijkvak 30



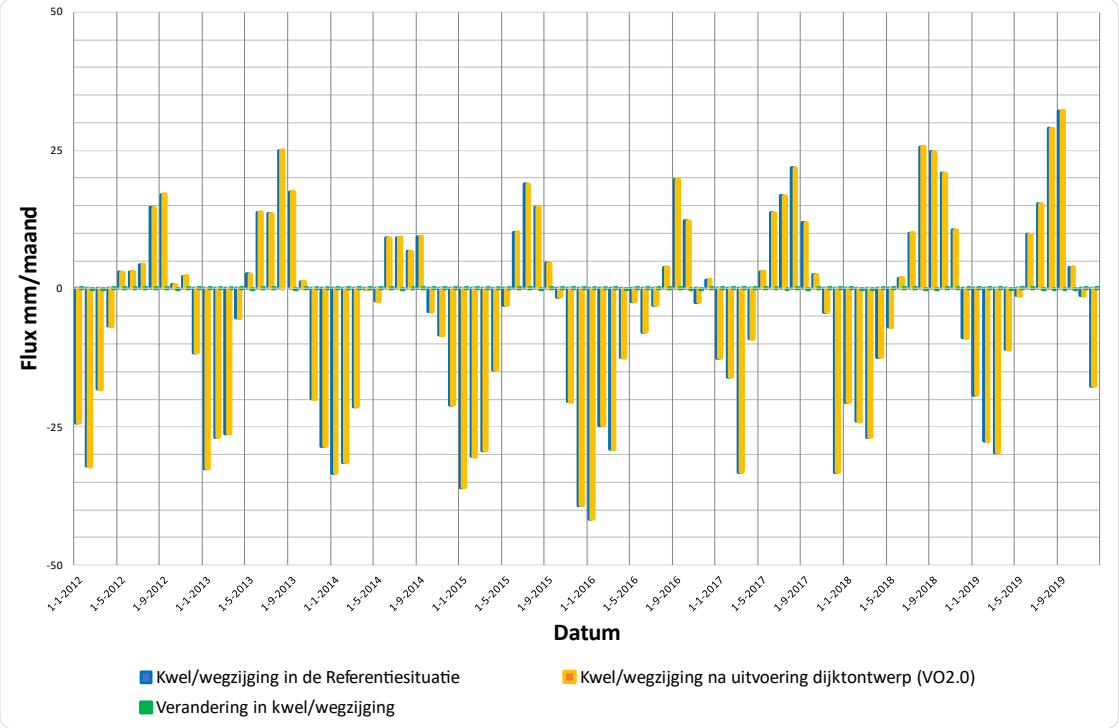


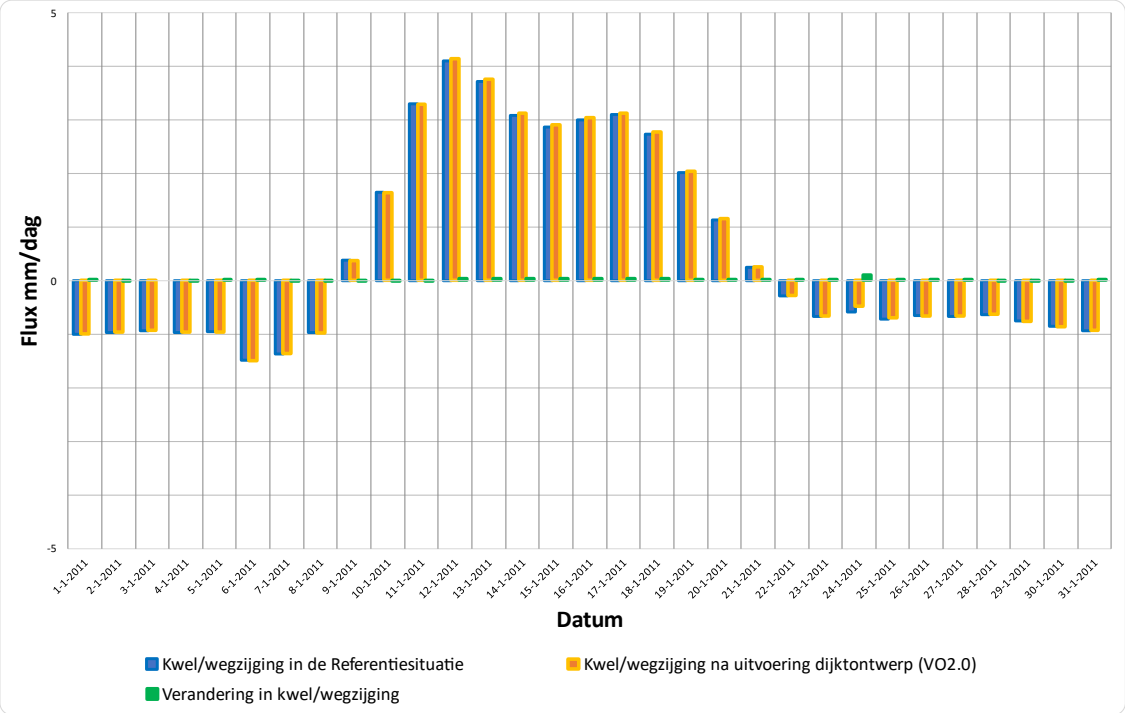
Zone 9 – dijkvak 30



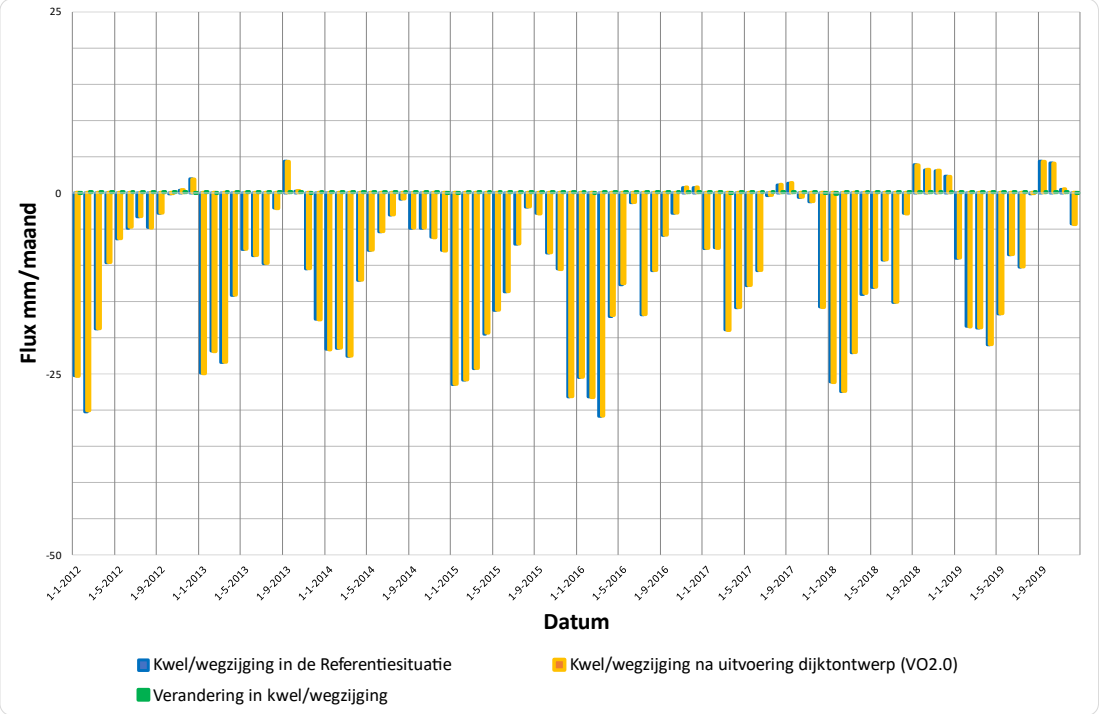


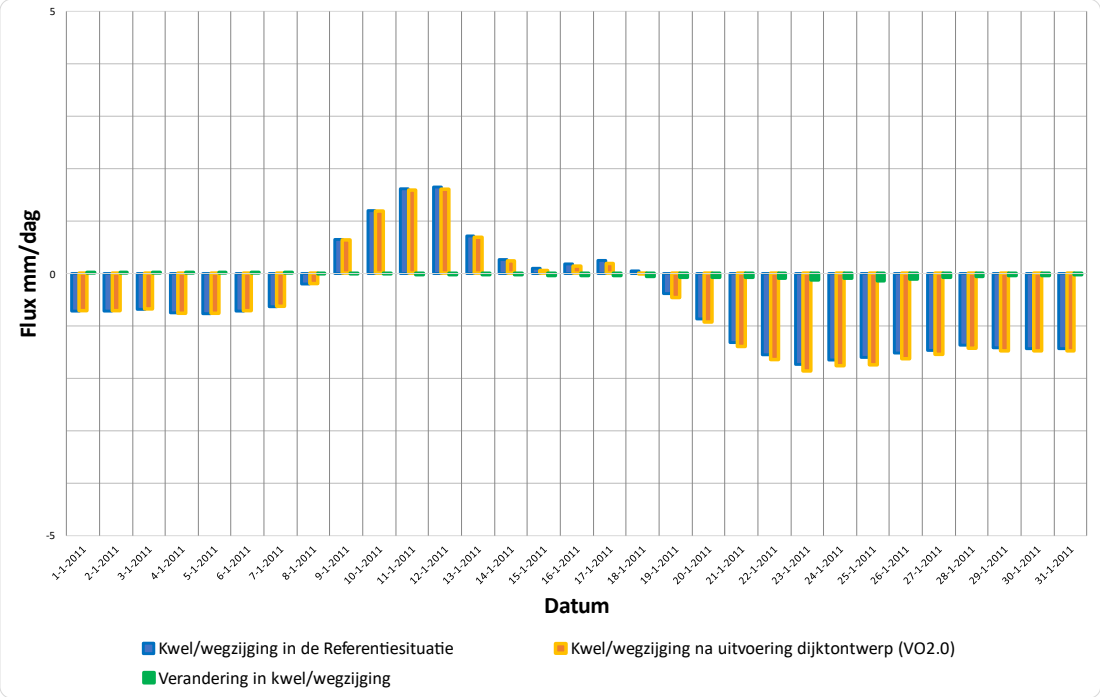
Zone 10 – dijkvak 28



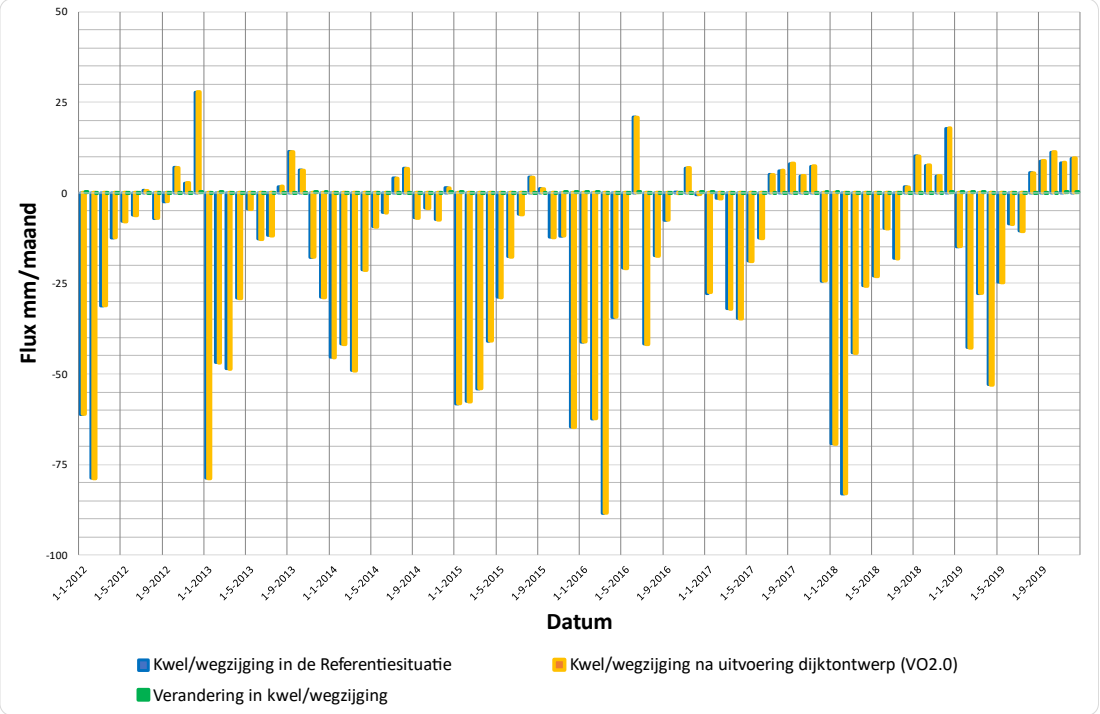


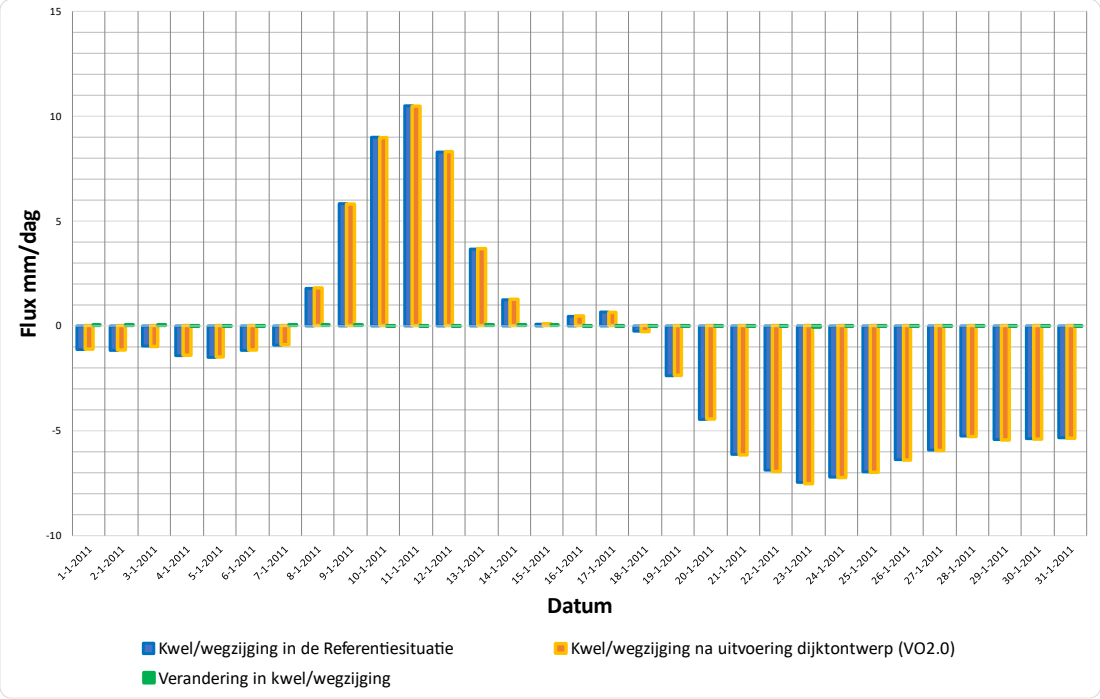
Zone 11 – dijkvak 27



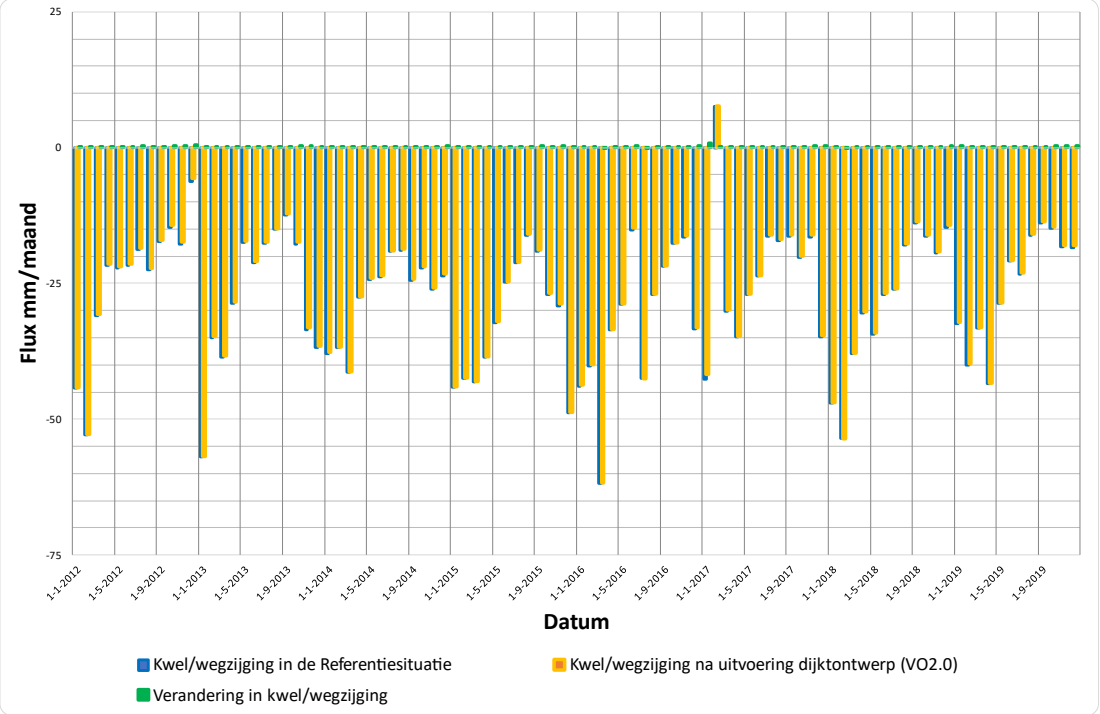


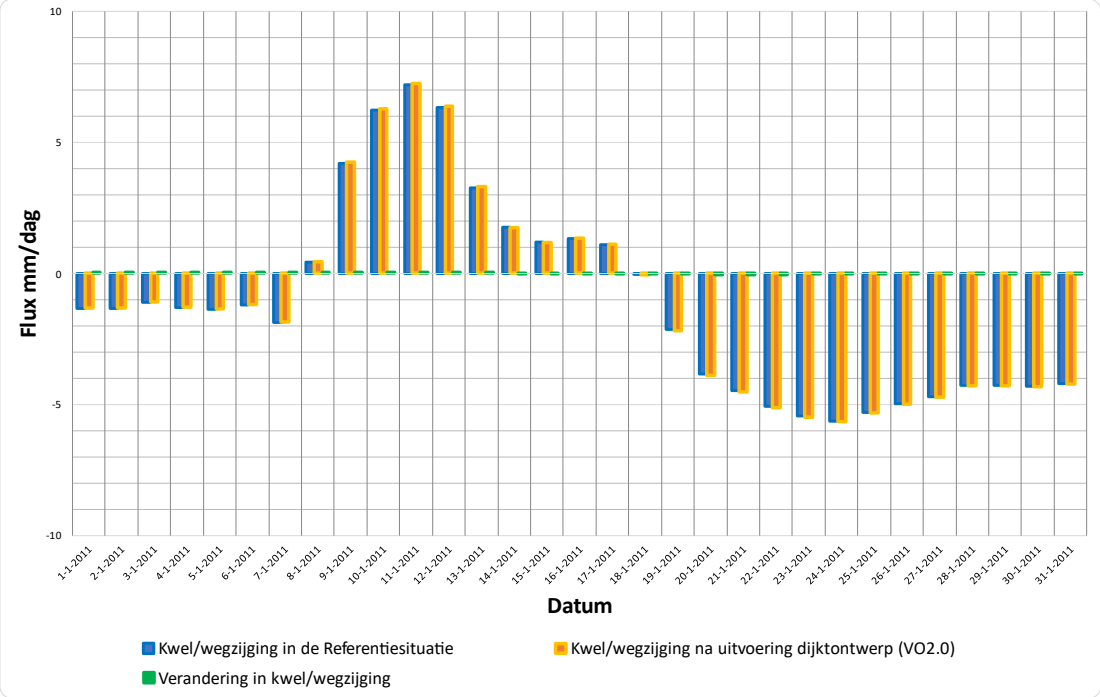
Zone 12 – dijkvak 26



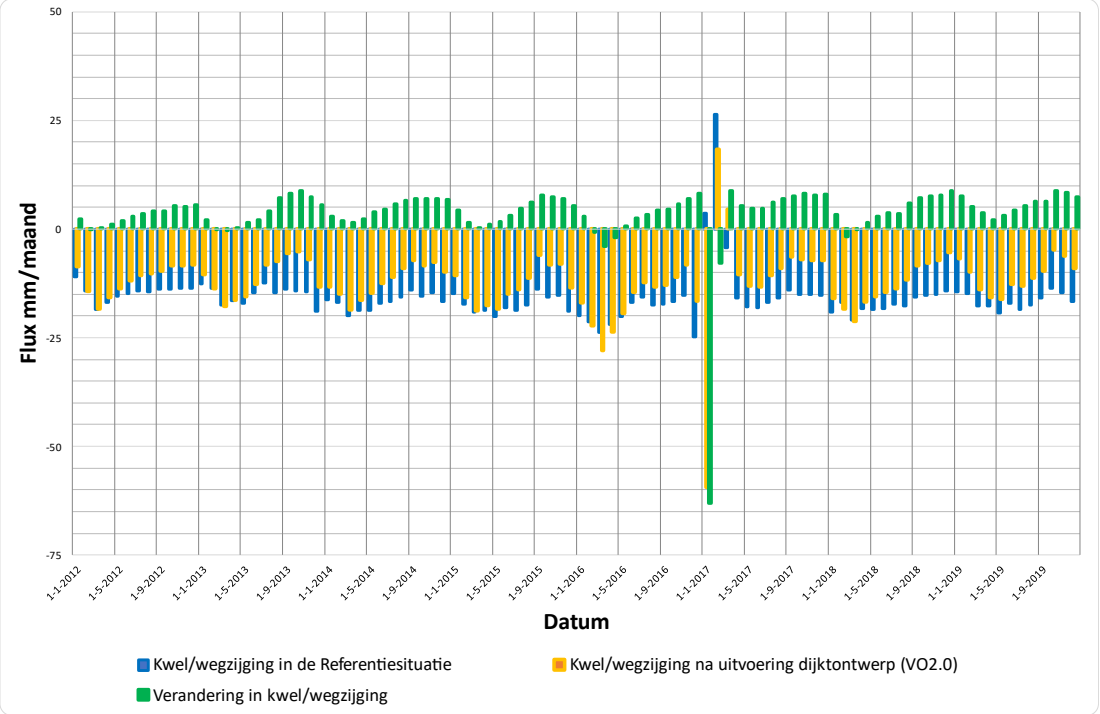


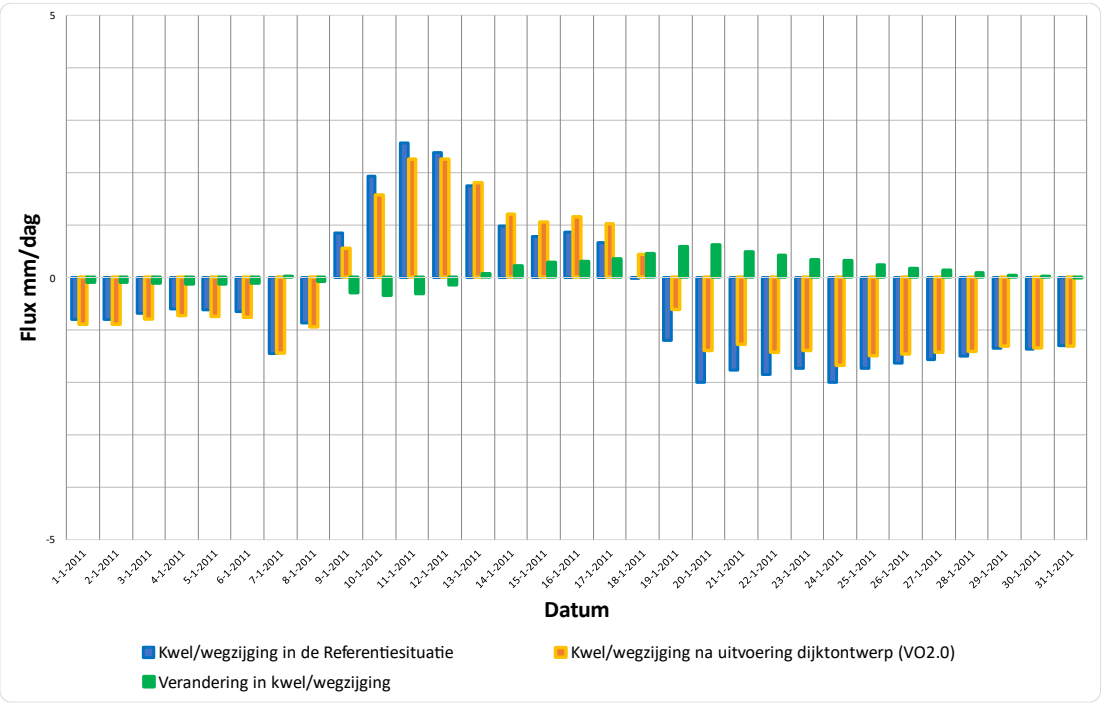
Zone 13 – dijkvak 24



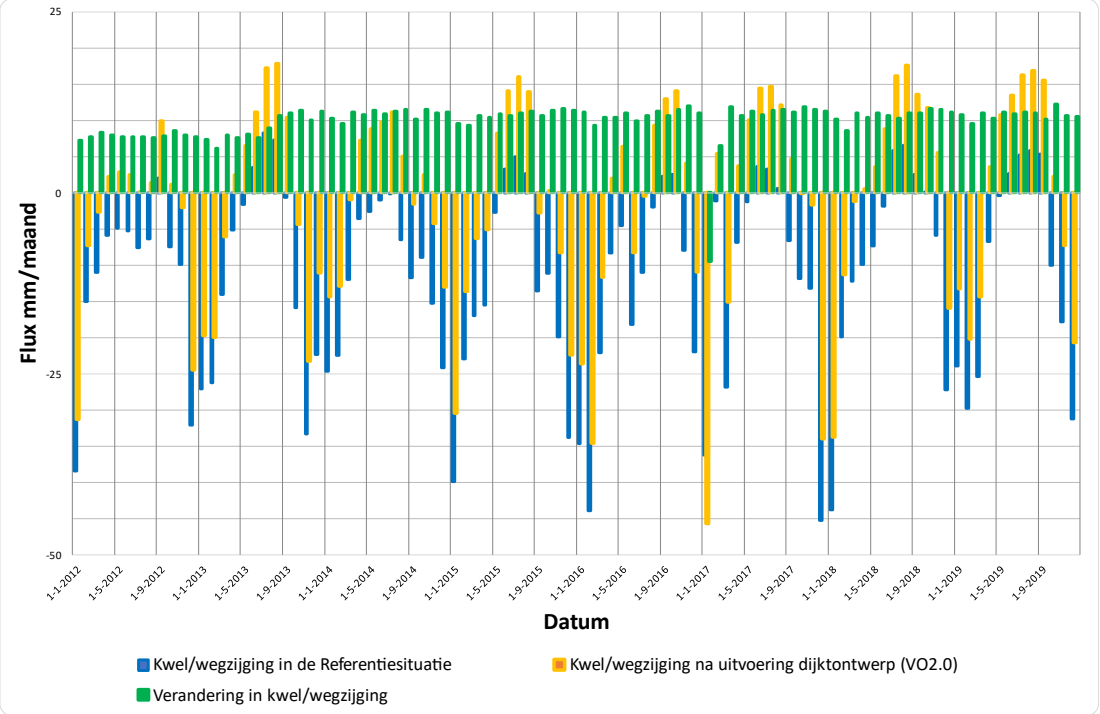


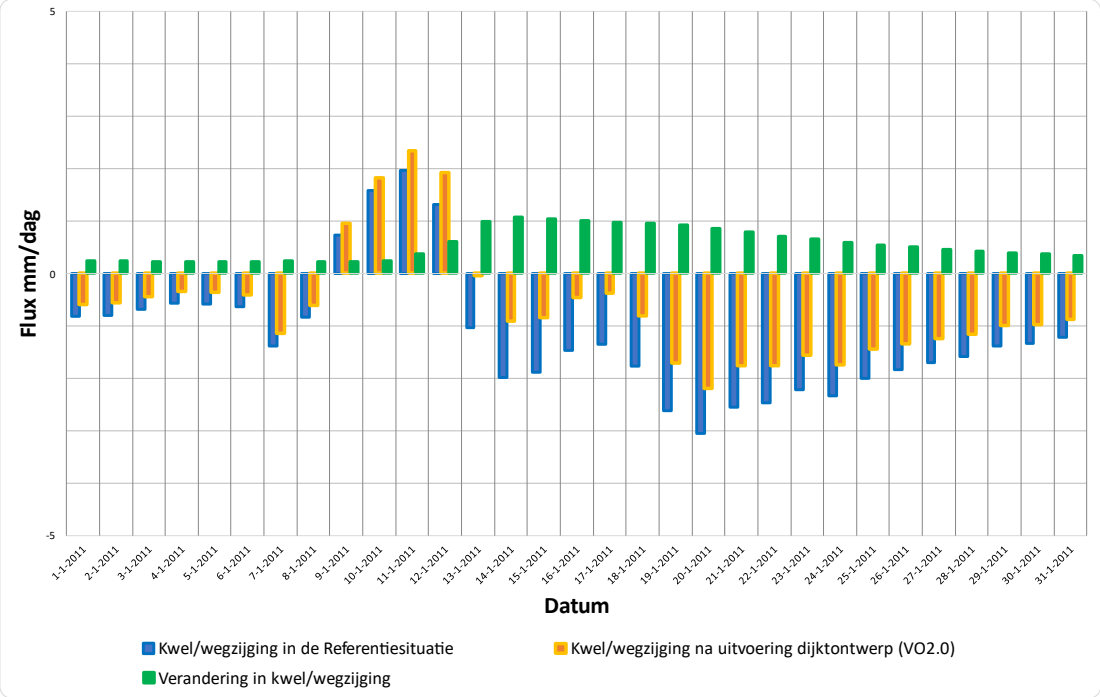
Zone 14 – dijkvak 20



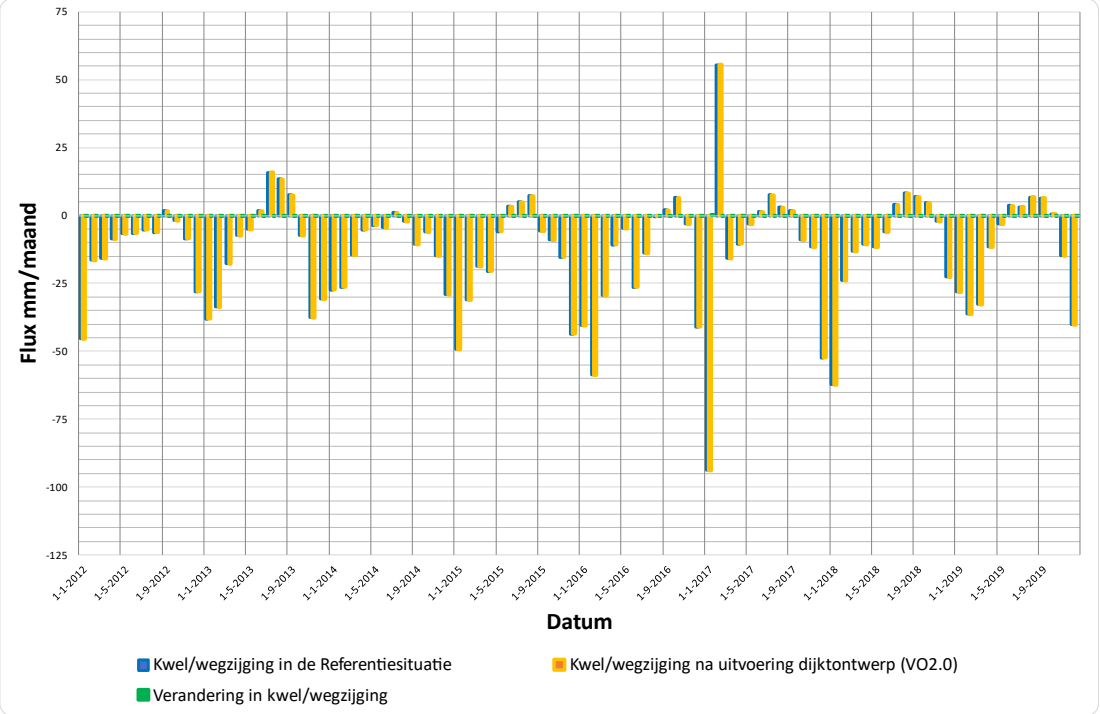


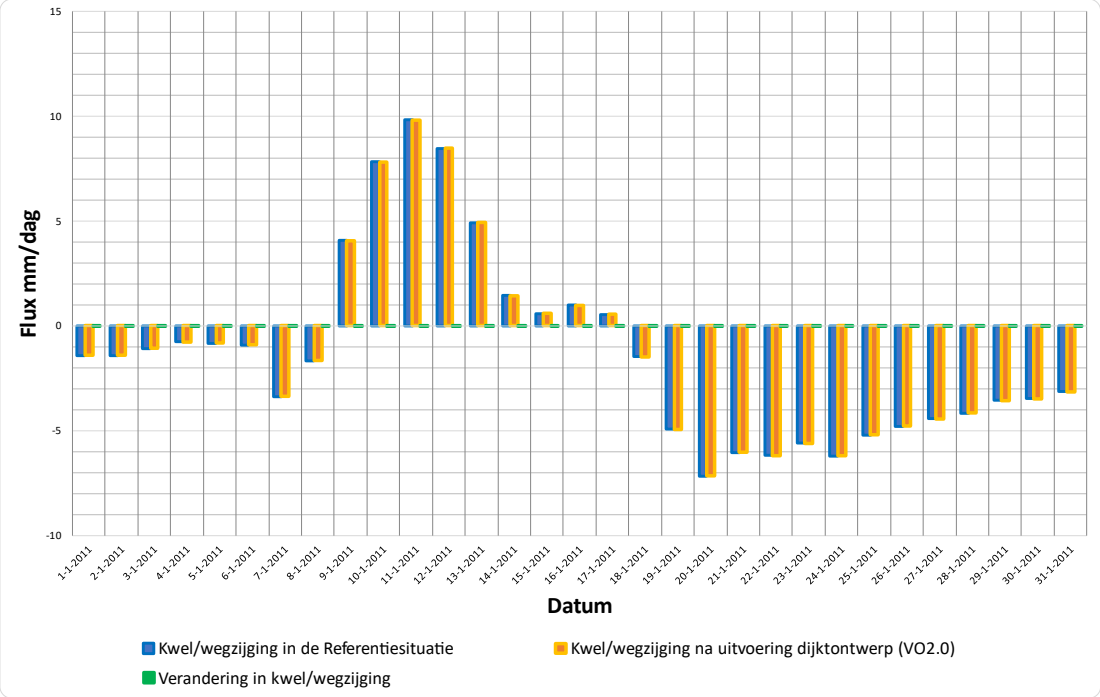
Zone 15 – dijkvak 17



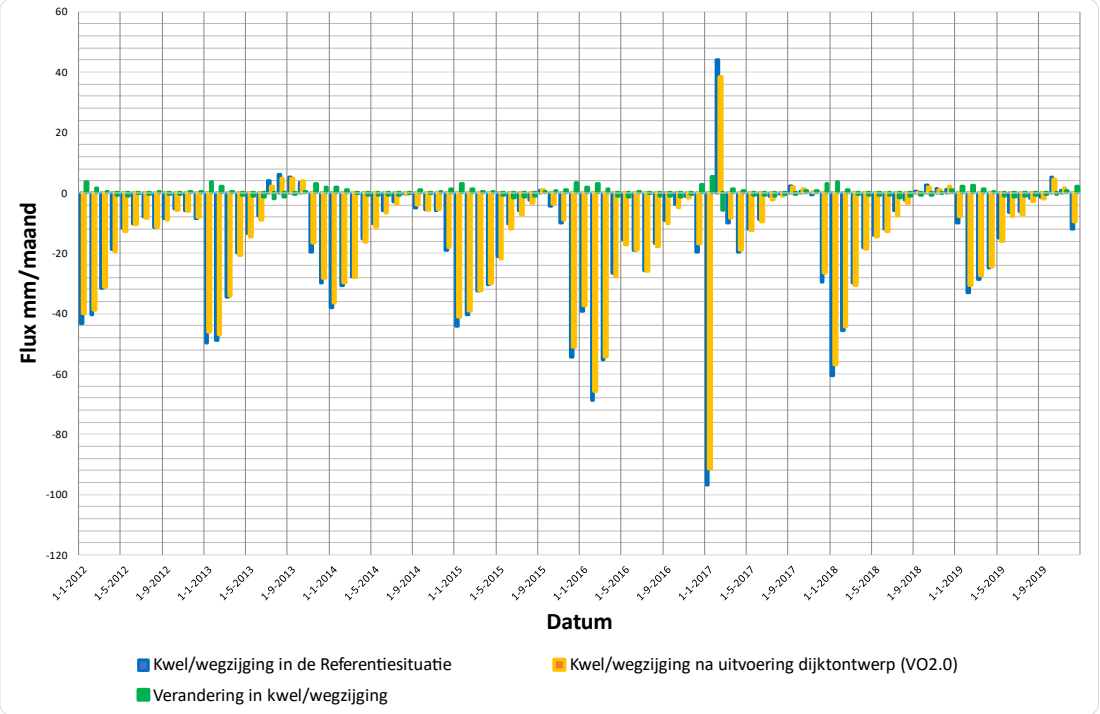


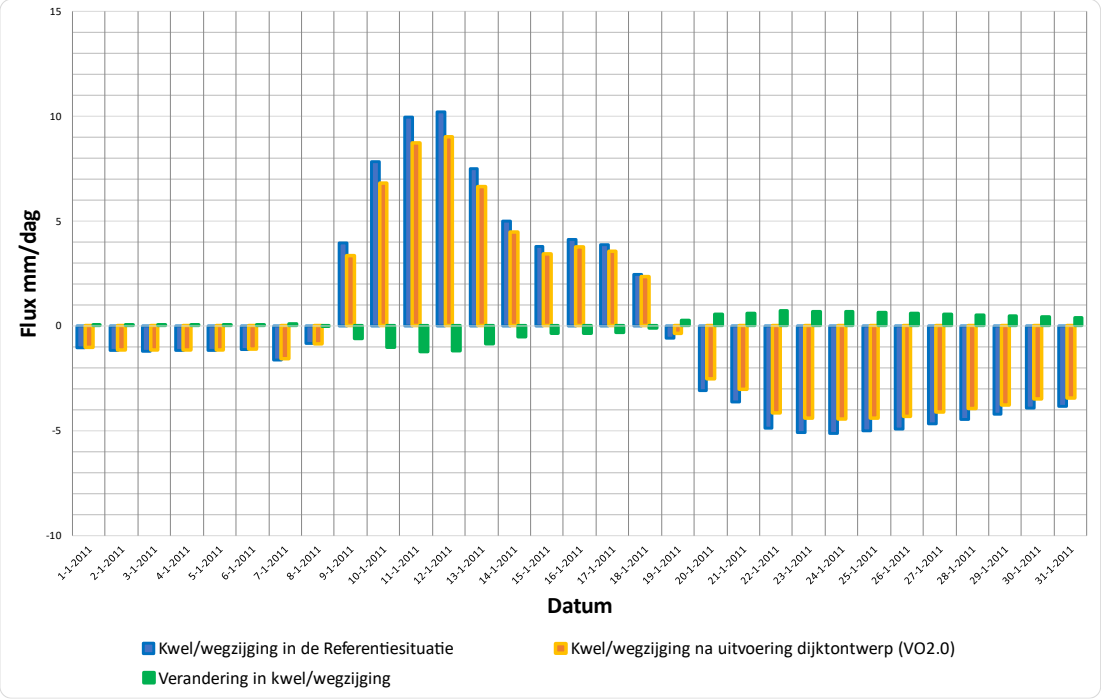
Zone 16 – dijkvak 15





Zone 17 – dijkvak 1





N

Uiterwaard verlaging
Kleiinkassing dijkvak 36
Verticale constructies (inclusief filterconstructies)
Zones voor vaststellen kwel- en wegzijgingsfluxen

Dijkvak 38
Dijkvak 37
Dijkvak 36
Dijkvak 35
Dijkvak 34

1
2
3
4

Niftrik
Maasbandijk
Maasdijk
Fietspad A50 West
Veerstraat
Dorpsstraat
Schuttersstraat
Kerkstraat
Niftriksestraat
Staaijstraat
Neerloon
Kalisheuvel
Langakker
Dorpenweg
Ganzenweg
Bronk

0 0,25 0,5 1 Kilometer

N

Verticale constructies (inclusief filterconstructies)

Zones voor vaststellen kwel- en wegzijgingsfluxen

Dijkvak 35

Dijkvak 34

Dijkvak 33

Dijkvak 32

Dijkvak 31

Dijkvak 30

Dijkvak 29

Dijkvak 28

Dijkvak 27

3

4

5

6

7

8

9

10

11

N277

Overlangel

Keent

Balgoij

Oud-Velp

Bronk

Kromstraat

Overlangelseweg

Ganzenweg

Kerkstraat

Vingelenweg

Keentseweg

Kapelstraat

Hoogveldsestraat

Oude Maasweg

Veldsestraat

Boomsestraat

Molenstraat

Hamelspoelweg

Richteweg

Scheenenweg

In de Overlaat

Zuijdenhoutstraat

Velpseweg

Pannestaartweg

Wolfgatschestraat

Pastoriestraat

0 0,25 0,5 1 Kilometer

N

▪ ▪ Verticale constructies (inclusief filterconstructies)

Zones voor vaststellen kwel- en wegzijgingsfluxen

Maasbandijk

Veldsestraat

Maasbandijk

Loswalpad

Eindsestraat

Maasbandijk

Brutenseweg

N324

Rijksweg

Oude Rijksweg

Eindsestraat

Sluisweg

Dijkvak 26

12

Dijkvak 27

11

Dijkvak 25

Dijkvak 24

13

N324

Veerstraat

Dijkvak 28

10

Dijkvak 29

Dijkvak 30

9

Marsstraatje

Noordeinde

Wisseveld

Dijkvak 23

Landbouwstraat

Arnoudvan'tGelderweg

Julianastraat

Leuvensestraat

Oranje-Nassaustraat

Mars

Schimmelpenninckstraat

Handelstraat

Dijkvak 22

14

Dijkvak 20

Maasdijk

Hollestraat

0 0,25 0,5 1 Kilometer

N

Verticale constructies (inclusief filterconstructies)

Zones voor vaststellen kwel- en wegzijgingsfluxen

Dijkvak 23

Dijkvak 22

14

Dijkvak 21

Dijkvak 20

Dijkvak 19

Dijkvak 18

Dijkvak 17

15

Dijkvak 16

16

Dijkvak 15

Dijkvak 14

Wisseveld

Mars

Binnenstad

Bikkelkamp

Grave

De Zittert

De Stoof

Estersveld

Gasthuishoeve

Noordeinde

Landbouwstraat

Handelstraat

Baronessestraat

Arnoud van Gelderweg

St. Henricuswal

Bagijnenstraat

Achter de Kerk

Lunette

Trompetterstraat

Potermen

Maaskade

Veerstraat

Herto9 van Parmapad

Schansstraatje

Kleefseveerstraat

Gasthuisstraat

N321

N324

Lovendaalsingel

Eiffweg

Stoofweg

Scheerling

Traverse

Kanterslaan

Kriegerstraat

Raamoever

Raamdijk

Essinklaan

Anna van Burenweg

van der Nootstraat

Ruyllaan

Maria Stuartlaan

Amalia van Solmslaan

Sirtemalaan

Raijmakerslaan

Jan van Cuykdijk

Leuvensestraat

Oranje Nassaustraat

Schimmelpenninckstraat

van Egmondstraat

Bourgondischestraat

Habsburgsestraat

Stadhouderslaan

Dr. Wierstraat

Vlianastraat

Frater Adrianusstraat

Mgr. Tillemansstraat

de la Genestestraat

Mgr. Borretweg

Reigershorst

Korhoenderhorst

Ooievaarshorst

Zwanenhorst

Eendenpoel

Wulpenhorst

Futenhorst

Pijlstaart

Smient

Koolvenweg

Opkruid

Montlaan

Tijnlaan

0 0,25 0,5 1 Kilometer

N

▪ ▪ Verticale constructies (inclusief filterconstructies)

Zones voor vaststellen kwel- en wegzijgingsfluxen

Dijkvak 1

Dijkvak 2

Dijkvak 3

Dijkvak 4

Dijkvak 5

17

0 0,25 0,5 1 Kilometer

Bijlage H. Achtergrondrapport Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid bij het milieueffectrapport

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Achtergrondrapport Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid bij het milieueffectrapport

Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein
WBS: WSD.3.3
Datum: 12 augustus 2025
Versienummer: D1.0



Inhoud

Inhoud **3**

1. Inleiding **6**

1.1 Aanleiding 6

1.1.1 Doelstelling en korte projectbeschrijving 7

1.2 Leeswijzer 7

2. Uitgangspunten effectonderzoek **8**

2.1 Kaders wet- en regelgeving, beleid en richtlijnen 8

2.2 Beoordelingskader 12

3. Referentiesituatie **17**

3.1 Huidige situatie 17

3.1.1 Landschappelijke waarden 17

Algemeen 17

Deelgebied Haven-Cuijk 19

Deelgebied Kraaijenbergse Plassen 20

Deelgebied Oost (Jan van Cuijkdijk) 21

Deelgebied Vesting Grave 21

Deelgebied West (Koninginnedijk) 23

Deelgebied Lage Wijth 24

Deelgebied Reek 25

Deelgebied Neerloon 26

3.1.2 Monumentale gebouwen 27

Deelgebied Haven-Cuijk 28

Deelgebied Oost (Jan van Cuykdijk) 28

Deelgebied Vesting Grave 28

Deelgebied Lage Wijth 29

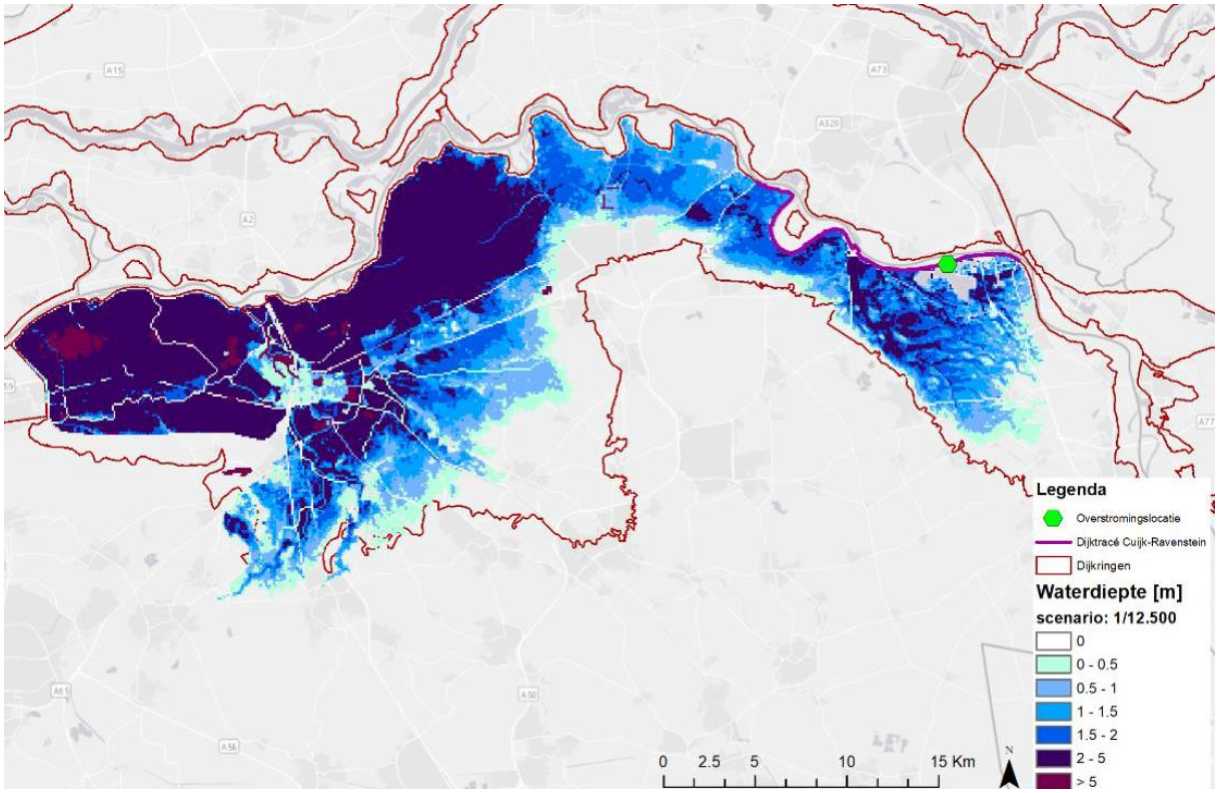
Deelgebied Reek 29
Deelgebied Neerloon 30
3.1.3 Monumentale en beeldbepalende bomen 30
Deelgebied Vesting Grave 31
Deelgebied Lage Wijth 31
Deelgebied Reek 31
Deelgebied Neerloon 32
3.1.4 Overige cultuurhistorische elementen en structuren 32
Deelgebied Kraaijenbergse Plassen 34
Deelgebied Vesting Grave 34
Deelgebied Lage Wijth 34
Deelgebied Reek 34
Deelgebied Neerloon 34
Cultuurhistorische landschappen en gebieden omgevingsverordening 35
3.2 Autonome ontwikkeling 37
4. Effectbeoordeling voorkeursalternatief 38
4.1 Effectbeoordeling 38
4.1.1 Effecten op landschappelijke waarden 38
Deelgebied Haven-Cuijk 39
Deelgebied Kraaijenbergse Plassen 41
Deelgebied Oost (Jan van Cuijkdijk) 43
Deelgebied Vesting Grave 45
Deelgebied West (Koninginnedijk) 49
Deelgebied Lage Wijth 52
Deelgebied Keent 55
Deelgebied Neerloon 58
4.1.2 Effecten op monumentale gebouwen 60
Deelgebied Haven-Cuijk 60
Deelgebied Oost (Jan van Cuykdijk) 61
Deelgebied Vesting Grave 62
Deelgebied Lage Wijth 64
Deelgebied Keent 66

Deelgebied Neerloon 67
4.1.3 Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen 68
Deelgebied Vesting Grave 68
Deelgebied Lage Wijth 68
Deelgebied Reek 69
Deelgebied Neerloon 70
4.1.4 Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren 71
Deelgebied Kraaijenbergse Plassen 71
Deelgebied Vesting Grave 71
Deelgebied Lage Wijth 72
Deelgebied Reek 73
Deelgebied Neerloon 73
Cultuurhistorische landschappen en gebieden omgevingsverordening 74
4.2 Mitigerende en compenserende maatregelen 76
4.3 Leemten in kennis 76
Referenties **77**

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Door klimaatverandering valt er steeds meer neerslag en neemt de intensiteit van de buien toe. Dat betekent dat het water in de Maas in de toekomst steeds meer water moet afvoeren en daardoor vaker erg hoog staat. Alle dijken in Nederland moeten daarom voldoen aan de waterveiligheidseisen voor het beschermen van de inwoners en de economische waarden in het achterland. De normen voor waterveiligheid zijn in 2017 vastgelegd in de Waterwet en overgenomen in de Omgevingswet als zogenaamde omgevingswaarden. De dijk tussen Cuijk en Ravenstein is een van de trajecten met de strengste norm langs de Maas vanwege de grote gevolgen bij een dijkdoorbraak. Het gebied dat zou overstromen bij een dijkdoorbraak strekt zich uit tot en met ‘s-Hertogenbosch.



Figuur 1-1 Overstromingsscenario bij doorbraaklocatie Kraaijenbergse plassen (*bron: Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen*)

De dijk tussen Cuijk en Ravenstein is beoordeeld aan de hand van de geldende veiligheidsnormen. Uit de uitgevoerde beoordeling blijkt dat vrijwel het hele traject niet voldoet aan de waterveiligheidseisen. Waterschap Aa en Maas (WSAM) gaat daarom aan de slag om de dijk te verbeteren. Het project Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein is opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het HWBP is onderdeel van het Deltaprogramma waarin de waterschappen en Rijkswaterstaat samenwerken om Nederland te beschermen tegen overstromingen.

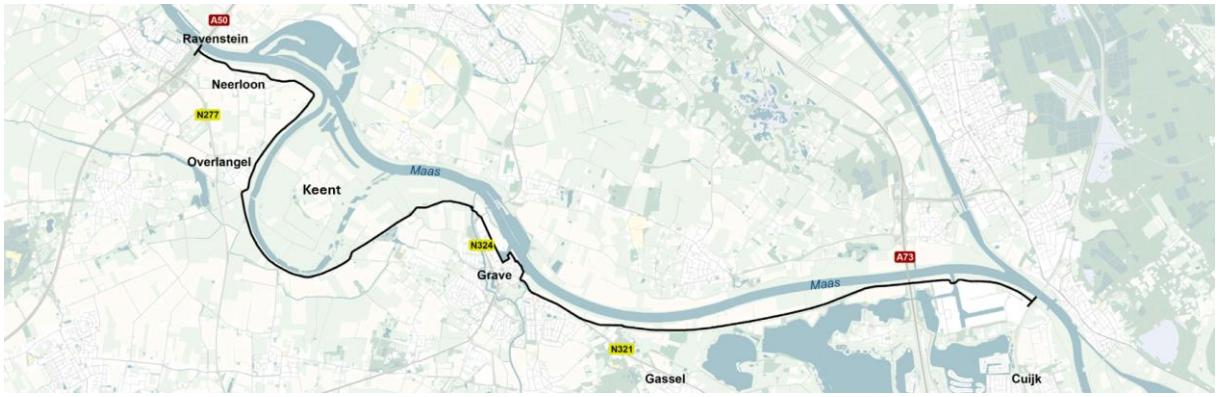
Het verbeteren van de waterveiligheid aan de Brabantse zijde van de Maas heeft prioriteit ten opzichte van de Gelderse zijde en de dijkring Keent. De Brabantse zijde heeft namelijk meer inwoners en een hogere economische waarde, wat tot gevolg heeft dat het beschermingsniveau hier hoger is en dat de dijk hier nu eerst wordt aangepakt. Voor deze dijk geldt dat in 2050 een minimaal beschermingsniveau gegarandeerd dient te zijn met een overstromingskans van 1/10.000 per jaar.

1.1.1 Doelstelling en korte projectbeschrijving

De primaire doelstelling van het project is om de waterkering Cuijk-Ravenstein (dijktraject 36-2) te laten voldoen aan de landelijke normen voor primaire waterkeringen waarbij bestaande waarden en functies worden ingepast. De secundaire doelstelling van het project is om, waar mogelijk, een bijdrage te leveren aan (verbetering van) de kwaliteit van de leefomgeving. De opgave voor de dijkverbetering bestaat daarmee uit een opgave voor waterveiligheid, inclusief de daarbij behorende landschappelijke inpassing en meekoppelkansen.

Het dijktraject Cuijk-Ravenstein is circa 21 km lang en bestaat voor een groot deel uit een gronddijk. Halverwege het traject, in de vestingstad Grave, is een kademuur aanwezig als primaire waterkering. Daarnaast zijn ook diverse constructieve objecten (kunstwerken) in de dijk aanwezig zoals onder andere de Keersluis Cuijk en Gemaal van Sasse. De gronddijk, de kademuur en de kunstwerken zijn allen onderdeel van het project dijkverbetering Cuijk-Ravenstein.

Hieronder is in Figuur 1-2 Dijktraject Cuijk-Ravenstein met belangrijkste plaatsnamen, N-wegen en snelwegen het dijktraject met een zwarte lijn weergegeven.



Figuur 1-2 Dijktraject Cuijk-Ravenstein met belangrijkste plaatsnamen, N-wegen en snelwegen

1.2 Leeswijzer

Dit deelrapport “Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid” vormt een bijlage van het MER Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstijn. In dit deelrapport is de effectbeschrijving en -beoordeling opgenomen voor het thema ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid. Hoofdstuk 2 start met een beschrijving van het vigerende beleid en wet- en regelgeving, ook wordt in dit hoofdstuk een beschrijving gegeven van de gehanteerde beoordelingscriteria en de methodiek die is gehanteerd voor de effectbeschrijving en -beoordeling. Vervolgens is in hoofdstuk 3 per criterium de referentiesituatie beschreven, die is opgebouwd uit de huidige situatie inclusief eventuele autonome ontwikkelingen. In hoofdstuk 4 zijn de effectbeschrijving en -beoordeling van de verschillende beoordelingscriteria opgenomen.

2. Uitgangspunten effectonderzoek

2.1 Kaders wet- en regelgeving, beleid en richtlijnen

Voor het thema Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid zijn de volgende wettelijke en/of beleidskaders relevant:

Europese kaders	
UNESCO Maasheggen biosfeergebied (Zie afbeelding 2-1)	UNESCO heeft de Maasheggen aangewezen als biosfeergebied. Daarmee neemt de Maasheggen deel aan het internationale UNESCO programma 'Man and the Biosphere' (MAB). Biosfeergebieden zijn gebieden met een speciale status waar mens en natuur samenleven. Waar intensief wordt samengewerkt aan duurzame ontwikkeling en aan doelen op gebied van economie, natuur, toerisme en water. **Betekenis voor het project:** Het onderstreept het belang van het behouden en goed inpassen van bestaande cultuurhistorische landschapselementen, zoals de Maasheggen, in het gebied.
Rijksbeleid	
Nationale Omgevingsvisie (NOVI)	De NOVI is de visie van de Rijksoverheid voor een duurzame fysieke leefomgeving. De belangrijkste nationale belangen: - Nationaal belang 2: Realiseren van een goede leefomgevingskwaliteit. - Nationaal belang 4: Waarborgen en bevorderen van een gezonde en veilige fysieke leefomgeving. - Nationaal belang 19: Behouden en versterken van cultureel erfgoed en landschappelijke en natuurlijke kwaliteiten van (inter)nationaal belang. **Betekenis voor het project:** De plicht voor een goede landschappelijk inpassing.
Ruimtelijk perspectief Maas (RMP)	Het RMP geeft een brede voorkeursstrategie voor de Maas. De vereiste waterveiligheid komt in deze strategie tot stand door de combinatie van rivierverruiming en dijkversterking. Het RPM brengt de belangrijkste ruimtelijke en economische opgaven langs de Maas tot 2050 in beeld brengt en geeft inzicht in de inpasbaarheid van hoogwaterbeschermingsmaatregelen. **Betekenis voor het project:** Het projectgebied ligt op de overgang van insnijdende Maas naar meanderend Maas. Het verschil en de overgang in riviertype heeft het huidige landschap vormgegeven en geeft richting aan de inpassing.

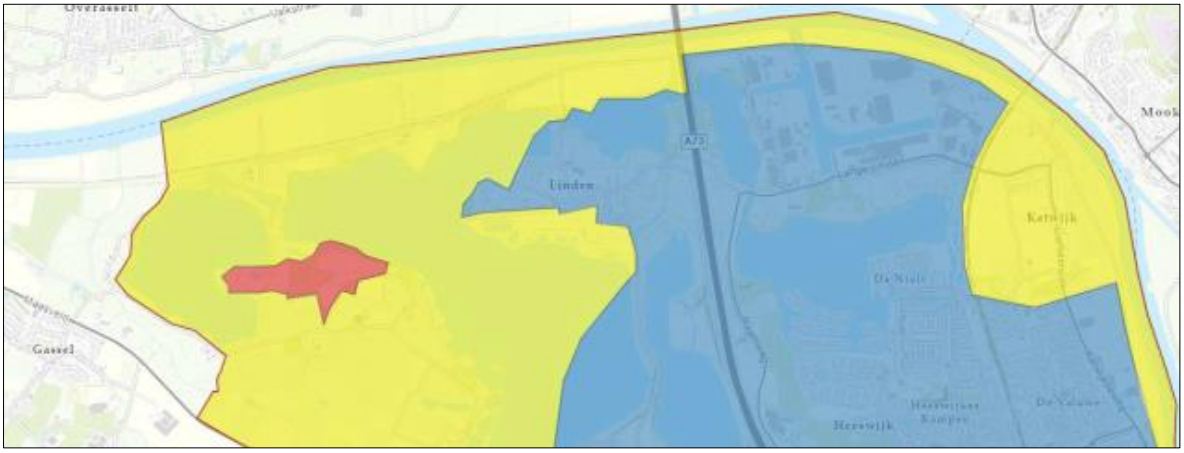
Monumentenregister	Namens de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap wijst de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed beschermde rijksmonumenten aan. **Betekenis voor het project:** Locatie en globale beschrijving van de rijksmonumenten.
Provinciaal/regionaal beleid	
Omgevingsvisie Noord-Brabant. 2018	In de omgevingsvisie staat hoe Brabant wordt ingericht. Zodat het de komende decennia aantrekkelijk blijft om er te wenen, werken en recreëren. De basisopgave is: werken aan veiligheid, gezondheid en omgevingskwaliteit. De visie is gekoppeld aan de regels uit de Omgevingsverordening. **Betekenis voor het project:** De in de omgevingsverordening benoemde gebieden, elementen en structuren zijn de belangrijkste in de passen opgaven in het plangebied.
Gemeentelijk beleid	
Structuurvisie (toenmalige) gemeente Grave 2025	De structuurvisie Grave 2025[21] geeft een samenhangend ontwikkelingskader vanuit een duidelijke stip op de horizon: Grave moet gaan glinsteren als vitale vestinggemeente aan de Maas. Dit gebeurt door: - Een wervend, divers en in de Brabantse en Gelderse regio onderscheidend woonklimaat te bieden, - Een bastion van zorg te blijven, - Een goede bereikbaarheid te bevorderen, - Een aantrekkelijk vestigingsklimaat voor winkels en andere bedrijven te creëren, - En een gastvrije, levendige pleisterplaats te zijn voor actieve en natuurcultuurminnende dag- en verblijfstoeristen. **Betekenis voor het project:** Voor dit dijkverbeteringsproject blijven de belangrijkste visiedocumenten voor Grave de Visie op de vestingstad Grave en het Schetsboek Waterveiligheid Grave aan de Maas.
Visie op de vestingstad Grave	De visie geeft op stedenbouwkundig niveau sturing aan de toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen van Grave. Het beleefbaar en zichtbaar maken van de oude vesting maakt hier onderdeel van uit. **Betekenis voor het project:** De visie geeft op stedenbouwkundig niveau richting aan de inpassing.
Waterveiligheid Grave aan de Maas, schetsboek	Het schetsboek geeft in het verlengde van de vestingvisie oplossingsrichtingen voor de waterveiligheidsopgave in relatie tot behoud en beleefbaar maken de vestingwerken en de vestingstad als geheel.

	Betekenis voor het project: Het schetsboek geeft op inrichtingsniveau niveau richting aan de inpassing.
Structuurvisie Cuijk 2030	De structuurvisie is het strategische beleidsdocument waarin het beleid voor de inrichting van de ruimte is beschreven. **Betekenis voor het project:** Het meest relevante onderdeel van de Structuurvisie Cuijk 2030 voor dit dijkverbeteringsproject, is dat de gemeente streeft naar het behouden en versterken van de Kraaijenbergse Plassen als een bovenregionale functie voor watersport- en natuurrecreatie.
Structuurvisie Buitengebied Oss	De gemeente Oss heeft in 2015 één overkoepelende visie voor het buitengebied opgesteld. Met de Structuurvisie wil de gemeente Oss een robuuste en duurzame ruimtelijke structuur voor een vitaal en multifunctioneel buitengebied realiseren. De volgende punten worden nagestreefd. **Betekenis voor het project:** De visie geeft richting hoe om te gaan met bestaande landschappelijke gebieden en structuren: - Een versterking van de ruimtelijke identiteit met aandacht voor verscheidenheid, ruimte en landelijkheid; - Behoud, herstel en/of ontwikkeling van de landschappelijke, cultuurhistorische en ecologische structuren en elementen; Een versterking van de aanwezige landschapstypen: uiterwaarden, oever- wal, komgebied, dekzandrand en dekzandrug.
Omgevingsvisie Maashorst	De gemeente stelt dat ontwikkelingen geen negatieve impact mogen hebben op de fysieke leefomgeving. Hierbij is de missie van de gemeente het verbeteren van een duurzaamheid samenleving, gezondheid en omgevingskwaliteit. **Betekenis voor het project:** Het onderstreept het belang van een goede landschappelijke inpassing.

Gemeentelijke monumentenlijsten gemeente Land van Cuijk, Maashorst en OSS	De gemeentes hebben hun gemeentelijke monumenten vastgelegd in monumentenlijsten. **Betekenis voor het project**: Locatie en globale beschrijving van de gemeentelijke monumenten.
Gemeentelijke lijsten met monumentale bomen gemeente Land van Cuijk, Maashorst en OSS	De gemeentes hebben hun monumentale bomen vastgelegd in bomenlijsten. **Betekenis voor het project:** - Locatie en globale beschrijving van de monumentale bomen.
Beschermde stads- en dorpsgezicht Grave	Beschermd stads- en dorpsgezicht. De monumentenstatus is een aanwijzing zonder visie over hoe om te gaan met het erfgoed. Het beschermd stadsgezicht beschrijft voornamelijk de binnenstad binnen de oude vesting. Het geeft de volgende, voor de kademuur, belangrijke kenmerken: • Het stratenpatroon van de binnenstad van drie evenwijdig lopende straten haaks op de Maaskade. • Vanaf de kade is zicht over de Maas en op het agrarisch gebied aan de Gelders zijde. Panden en objecten die binnen een beschermd gezicht vallen, krijgen niet automatisch de status van beschermd monument. Binnen het beschermde stadsgezicht Grave hebben verschillende individuele gebouwen en de kademuur een (rijks)monumentale status. **Betekenis voor het project**: De aanwijzing onderstreept vooral het belang van de zicht- en functionele relatie tussen oude binnenstad en de Maas en welke rol de Maaskade daarin vervult. Tevens geeft een de begrenzing duiding over de relatie tussen kademuur en binnenstad.
Waterschap	
Voorkeursalternatief CuRa (VKA)	Het VKA is het resultaat uit de verkenningsfase en geeft het voorkeursalternatief en de daarbij behorende afwegingen van de dijkversterking. **Betekenis voor het project**: Het is richtinggevend in gemaakte keuzes voor het VO-ontwerp.
Ruimtelijk kwaliteitskader CuRa (RKK)	Het RKK is in eerste instantie ten behoeve van de verkenningsfase opgesteld. Het geeft inzicht in landschappelijke kenmerken en cultuurhistorische waarden van het gebied en geeft sturing aan de inpassing van de dijk in het landschap. **Betekenis voor het project**: Het is richtinggevend in gemaakte keuzes voor het VO-ontwerp.

Ruimtelijk kwaliteitsbeeld CuRa (RKB)	Het RKB is ten behoeve van de planuitwerkingsfase opgesteld. Het geeft inzicht in landschappelijke kenmerken en cultuurhistorische waarden van het gebied en geeft op een gedetailleerde detailniveau sturing aan de inpassing van de dijk in het landschap. **Betekenis voor het project**: Het is richtinggevend in gemaakte keuzes voor het VO-ontwerp.

Tabel 2-1 Relevante regelgeving en beleid



Afbeelding 2-1 Het Maasheggengebied in deelgebied Haven-Cuijk en Kraaijenbergse Plassen. Rood: kerngebied. Geel: bufferzone. Blaauw: transitiezone.

2.2 Beoordelingskader

Voor het MER is op basis van de notitie reikwijdte en detailniveau en het advies van de Commissie mer een beoordelingskader vastgesteld. Voor het thema Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid geldt het volgende beoordelingskader:

Thema	Beoordelingscriteria	Beoordeling
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	• Effecten op monumentale gebouwen • Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen • Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren • Effecten op landschappelijke waarden	Kwalitatief deskundigenoordeel op basis van Ruimtelijk Kwaliteitskader[5] (inclusief belevings-waarde, gebruikswaarde, toekomstwaarde en herkomstwaarde)

Tabel 2-2 Beoordelingskader dat in het MER is gehanteerd

Landschappelijke waarden versus aardkundige waarden

Voor een duidelijke beoordeling zijn landschappelijk waarden en aardkundige waarden los van elkaar in deze MER beoordeeld. Landschappelijke waarden zijn de fysieke beleefbare (bovengrondse) eigenschappen van het landschap. Aardkundige waarden zijn geologische, geomorfologische, hydrologische en bodemkundige eigenschappen. Ze hebben een relatie met elkaar, echter zijn ze ten behoeve van een zo objectief mogelijke beoordeling los van elkaar beschouwd.

Wijze van beoordelen

De effecten van het VO op ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid zijn beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. De beoordeling is middels eens kwalitatief deskundigenoordeel tot stand gekomen. Een belangrijke leidraad voor het ontwerp van het VO zijn het Ruimtelijk Kwaliteitskader CuRa

(RKK) en het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld CuRa (RKB). Het RKK geeft inzicht in landschappelijke kenmerken en cultuurhistorische waarden van het gebied en samen met het RKB geeft het sturing aan de inpassing van de dijk in het landschap.

Daarnaast is het VO beschouwd op de aspecten belevingswaarde, gebruikswaarde, toekomstwaarde en herkomstwaarde. Deze methode sluit aan op de systematiek uit de Omgevingsverordening van de Provincie Noord-Brabant om omgevingskwaliteit te beoordelen. Op de effecten van het VO op deze waarden wordt expliciet gereflecteerd in paragraaf 4. In de Omgevingsverordening zijn deze waarden als volgt toegelicht:

- ***Herkomstwaarde*** *gaat onder andere over verbondenheid, eigenheid en herkenbaarheid, cultuurhistorische verscheidenheid, cultuurhistorische waarden en de leesbaarheid van de omgeving in tijd en ruimte;*
- *Voorbeelden van* ***belevingswaarde*** *zijn uitstraling en aantrekkelijkheid, de schoonheid van de omgeving en een omgeving met contrasten, diversiteit, rust en ruimte;*
- ***Gebruikswaarde*** *heeft onder andere betrekking op een goede bereikbaarheid en functionaliteit van locaties, effectiviteit en productiviteit, externe veiligheid, een schoon milieu en een goede waterhuishouding;*
- *Bij* ***toekomstwaarde*** *gaat het bijvoorbeeld om stabiliteit en flexibiliteit, duurzaamheid, draagvlak voor een betekenisvolle toekomst, erfgoed, rekening houden met ecologische voorraden en duurzame ecosystemen.*

De waarden **herkomstwaarde** (cultuurhistorie, herkenbaarheid van monumentale bomen, gebouwen en overige cultuurhistorische elementen en structuren) en **belevingswaarde** (uitstraling, aantrekkelijkheid van landschappelijke waarden) zijn specifiek meegenomen in deze effectbeoordeling.

Voor wat betreft **gebruikswaarde** (bereikbaarheid en functionaliteit) wordt verwezen naar de effectbeoordeling Vrijetijdseconomie (recreatie) en Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid, om dubbele beoordelingen te voorkomen. Voor het aspect **toekomstwaarde** (flexibiliteit, duurzaamheid) wordt verwezen naar de effectbeoordeling Duurzaamheid, ook hier om dubbele beoordelingen te voorkomen.

Bij de beoordeling van de effecten op ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid is de onderstaande zevenpuntsschaal gehanteerd (Tabel 2-3).

+ + +	Zeer sterke verbetering, aanzienlijk positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
+ +	Sterke verbetering, aanzienlijk positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
+	Verbetering, (licht) positief effect t.o.v. de referentiesituatie.
0	Geen relevante verandering t.o.v. de referentiesituatie.
-	Aantasting, (licht) negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- -	Sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.
- - -	Zeer sterke aantasting, aanzienlijk negatief effect t.o.v. de referentiesituatie.

Tabel 2-3 Klassegrenzen criterium 'ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid'

In de tabel zijn de effecten beoordeel op basis van onderstaande focus.

Effecten op landschappelijke waarden

De dijk

- *Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige dijktracé.*
- *Belevingswaarde: Herkenbaarheid van de huidige verschijningsvorm van de dijk met een eenduidig dijkprofiel.*

Binnendijks landschap

- *Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige aanliggende landschap.*
- *Belevingswaarde: De mate waarin het huidige landschap doorloopt tot aan de dijk.*

Buitendijks landschap

- *Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige aanliggende landschap.*
- *Belevingswaarde: De mate waarin het huidige landschap doorloopt tot aan de dijk.*

Effecten op monumentale gebouwen, Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen, effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren

- *Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving.*
- *Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie.*

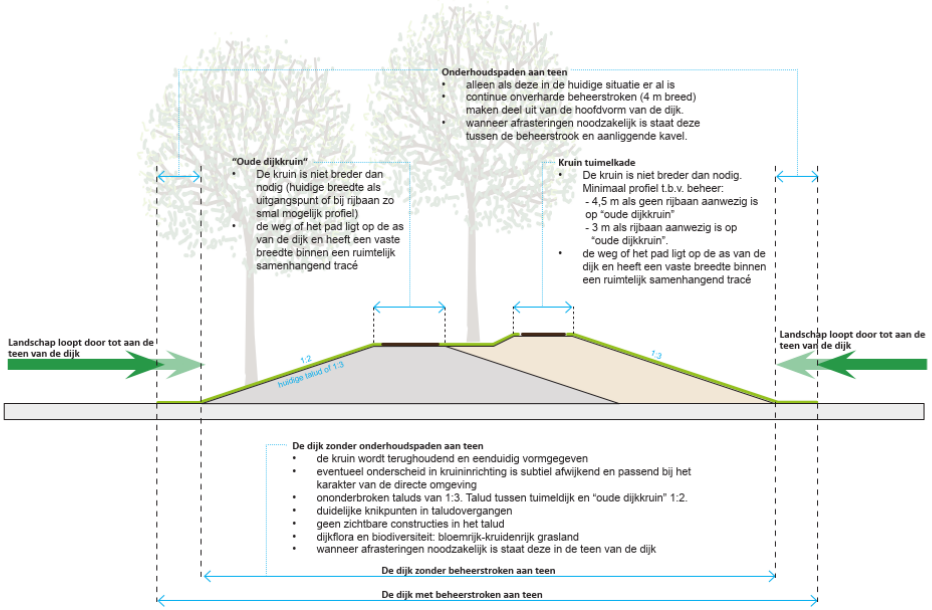
Koppeling met het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld

Alvorens dit rapport te lezen is het raadzaam het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld en het Ruimtelijke kwaliteitskader (RKB) door te nemen. In deze paragraaf zijn een aantal specifieke onderwerpen uit het RKB opgenomen die direct betrekking hebben op enkele effecten.

Belevingswaarde: Herkenbaarheid van de huidige verschijningsvorm van de dijk met een eenduidig dijkprofiel
In het RKB zijn voor de moderne gronddijk en voor de tuimeldijk principes opgenomen om te komen tot een over het gehele tracé herkenbare eenduidige dijk. Dit is het toetsingskader voor een “eenduidig dijkprofiel”. De principes zijn hieronder weergegeven.

3.2.2 Dijk met tuimelkade

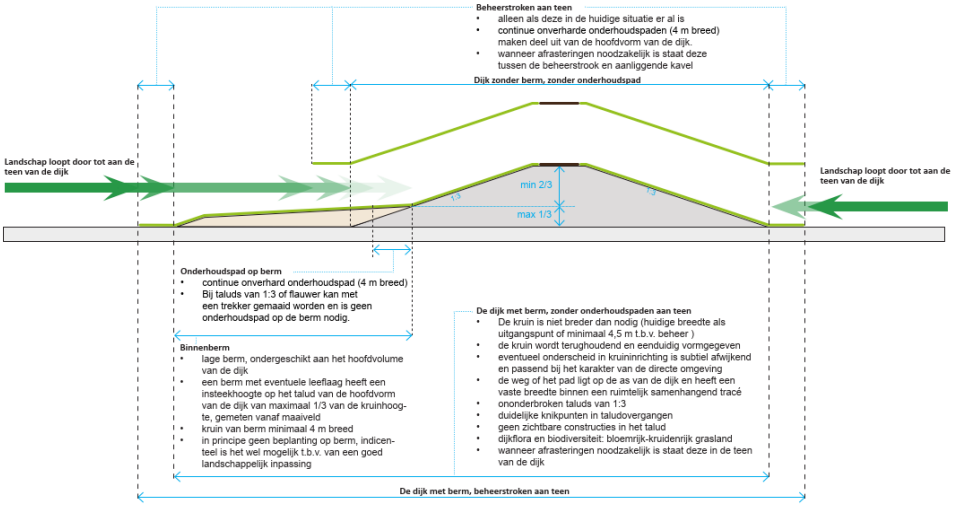
- Huidige ruimtelijk opbouw en maatvoering kruin van een bestaande tuimeldijk is uitgangspunt.
- De kruin van de tuimelkade is niet breder dan nodig.
  - Minimaal 4,5 meter beheerpad als geen rijbaan aanwezig is op “oude dijkkruin”.
  - Minimaal 3 meter beheerpad als rijbaan aanwezig is op “oude dijkkruin”.
- De kruin van de dijk is niet breder dan nodig.
  - huidige breedte handhaven.
  - bij een nieuwe rijbaan een zo smal mogelijk profiel passend bij het verkeersregime.
- Waar binnendijks geen maatregelen nodig zijn aan het dijklichaam of deze anders worden getroffen (bijvoorbeeld middels constructie), blijven huidige taludhellingen zoveel mogelijk behouden.
- Bij aanpassingen aan het talud overal dezelfde taludhelling toepassen. 1:3 ten behoeven van beheerbaarhied. Bij maatwerk kan hiervan worden afgeweken, mits de helling binnen de volgende range valt:
  - Taluds niet flauwer dan 1:4 t.b.v een herkenbare dijk in het landschap.
  - Taluds niet steiler dan 1:2 t.b.v van een robuste groene gronddijk.
- Om een compacte kruin te verkrijgen talud tussen tuimelkade tuimeldijk en “oude dijkkruin” 1:2
- Bomen op een bestaande tuimeldijk behouden (hiermee rekening houden met grondophogingen en plaatsen constructies) en aanvullen waar gaten zijn ontstaan: aansluiten op bestaande bomenlaan/rij. Als meer dan 50% van de bomenlaan/rij moet worden aangevuld de gehele bomenlaan vervangen.
- Bij eventuele nieuwe tuimeldijken bij oeverwaldorpen beplanting op de dijk toepassen tussen oude dijkkruin en tuimeldijk en/of op het binnentalud van de oude dijk.
- Herkenbare overgang tussen hoofdvorm van de dijk en het aanliggende landschap/ landgebruik door middel van een duidelijke overgang tussen type vegetatie. Wanneer afrasteringen noodzakelijk is staat deze tussen het onderhoudspad of de teen van de dijk en de aanliggende kavel.



Afbeelding 2-2 Principeprofiel van de moderne gronddijk met tuimelkade uit het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld.

3.2.1 Moderne gronddijk

- De kruin is niet breder dan nodig. Minimaal 4,5 meter ten behoeve van beheerpad op de kruin.
- Overal dezelfde taludhelling. 1:3 ten behoeven van beheerbaarhied. Bij hoge uitzondering kan hiervan bij maatwerk worden afgeweken, mits de helling binnen de volgende range valt:
  - Taluds niet flauwer dan 1:4 t.b.v een herkenbare dijk in het landschap.
  - Taluds niet steiler dan 1:2 t.b.v van een robuste groene gronddijk.
- Steunbermen ondergeschikt aan het hoofdvolume van de dijk en niet hoger dan 1/3 van de totale hoogte van de dijk (gemeten vanaf binnendijkse maaiveld).
- Een herkenbaar volume en afmeting van steunbermen. Breedte steunberm minimaal 4 (tevens minimale breedte voor beheerbaarheid).
- Herkenbare overgang tussen hoofdvorm van de dijk en bermen door knik.
- Herkenbare overgang tussen hoofdvorm van de dijk en het aanliggende landschap/ landgebruik door knik en door middel van een duidelijke overgang tussen type vegetatie of landgebruik. Wanneer afrasteringen noodzakelijk is staat deze tussen het onderhoudspad of de teen van de dijk en de aanliggende kavel.
- Om onnodige en nauwelijks waarneembare knikpunten in de berm te voorkomen, bij bermhoogtes kleiner dan 0,5 meter een taludverflauwing toepassen zodat de berm vloeiend overloopt in het aanliggende maaiveld.



Afbeelding 2-3 Principeprofiel van de moderne gronddijk uit het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld.

Gradatie in effect van "Belevingswaarde: De mate waarin het huidige landschap doorloopt tot aan de dijk"
Het RKB en RKK sturen aan op een dijk dat als een lijnelement in het landschap ligt, waarbij het landschap zoveel mogelijk doorloopt tot de teen van de dijk. De optimale situatie is een dijk zonder berm, waarbij het landschap doorloopt tot het "hoofdvolume" (dijk zonder berm) van de dijk. In de effectbeoordelingen is de volgende gradatie gehanteerd:

- Geen relevante verandering (0): De dijk heeft geen berm en het landschap loopt door tot de teen van de dijk.
- Aantasting (-): De dijk heeft een berm met een inrichting van de berm dat aansluit op de functies in het aanliggende landschap. Dan loopt het landschap door tot aan het "hoofdvolume" van de dijk.
- Sterke aangetast (- -): De dijk heeft een berm zonder een inrichting van de berm dat aansluit op de functies in het aanliggende landschap. Dan loopt het landschap tot de teen van de berm.

Opbouw van het rapport

Ten behoeve van een overzichtelijke opbouw en leesbaar rapport is de onderstaande volgorde in de beoordelingscriteria gehanteerd in deze rapportage:

- Effecten op landschappelijke waarden.
- Effecten op monumentale gebouwen.
- Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen.
- Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren.

Bij het effect op landschappelijke waarden wordt integraal naar het gebied gekeken. Bij het effect op monumentale gebouwen en bomen wordt specifiek naar de vastgestelde monumenten gekeken. Na deze effectbeoordelingen blijven maar enkele "overige cultuurhistorische" elementen over om te behandelen. Om dubbelingen te voorkomen worden deze daarom als laatste behandeld.
De cultuurhistorische landschappen en gebieden uit de omgevingsverordening worden als eenheid in een aparte paragraaf onder "overige cultuurhistorische elementen en structuren" beschouwd.

Afbakening scope

De afbakening van de scope vindt op onderstaande uitleg plaats op basis van deskundigenoordeel.

Om systematisch de landschappelijke waarden te kunnen beoordelen is voor de landschappelijke waarden ingegaan op de dijk, het binnendijkse landschap dat de dijk raakt en het buitendijkse landschap dat de dijk raakt. Dit doen we omdat de dijk een cultuurhistorische structuur in het landschap is, dat het binnen- en buitendijkse landschap van elkaar scheidt. Tevens heeft in het projectgebied het binnendijkse landschap wezenlijke andere waarden dan het buitendijkse landschap. Ook de effecten op beide landschappen varieert door de methode van versterken.

Voor monumentale gebouwen wordt alleen ingegaan op de Rijksmonumenten en Gemeentelijke monumenten die feitelijk worden geraakt door de dijkversterking of waarvan de visueel-ruimtelijke relatie met de kering van belang is.

Voor monumentale bomen worden de door de gemeentes en provincie aangewezen monumentale en beeldbepalende beschermde bomen beschouwd die binnen 10 meter van de dijk staan. Vanuit de dijkversterkingsopgave zijn daar de volgende bomen aan toegevoegd:

- Leilindes bij het Schuttershuisje
- Markante populier bij de dijkopgang Oude Graafsestraat
- Bomen op de tuimeldijk bij Neerloon

Voor de overige cultuurhistorische elementen en structuren wordt alleen ingegaan op elementen en structuren aangewezen in de Omgevingsverordening ruimte van de Provincie Noord Brabant, die feitelijk worden geraakt door de dijkversterking of waarvan de visueel-ruimtelijke relatie met de kering van belang is.

3. Referentiesituatie

3.1 Huidige situatie

3.1.1 Landschappelijke waarden

Voor de landschappelijke waarden wordt ingegaan op de dijk, het binnendijkse landschap dat de dijk raakt en het buitendijkse landschap dat de dijk raakt. Dit hoofdstuk begint met een hoofdbeschrijving van het landschap, gevolgd door de beschrijving per deelgebied.

Algemeen

De kering

De waterkering van CuRa bestaat uit moderne gronddijken en de vestingmuren van Grave. De moderne gronddijken hebben een duidelijk hoofdvolume: een dijk zonder binnen- of buitenberm. Soms kent de dijk binnenbermen, maar deze zijn zeer laag en lopen in vloeiende lijnen over in het aanliggende landschap en kennen soms medegebruik, waardoor het landschap door lijkt te lopen tot het hoofdvolume van de dijk. De moderne gronddijken binnen CuRa zijn grofweg te onderscheiden in twee dijktypen (los van het onderscheid tussen gewone dijk en tuimeldijk). Het onderscheid is ontstaan door hun verschil in ontwikkeling.

<u>Dijktraject Cuijk-Grave: nieuwe/verplaatste moderne gronddijk</u>

Dijktraject Cuijk-Grave is grotendeels een moderne, verplaatste (of geheel nieuwe) gronddijk. Het traject ligt in het gebied waar de Maas overgaat van een rivier die zich insnijdt in het landschap (de Noordelijk Maasvallei) naar een rivier die hoog in het landschap ligt (de Meanderende Maas / de Bedijkte Maas). Het gegeven dat dit de eerste plek is waar de Maas buiten zijn natuurlijke oevers kan treden en het Maaswater breed uit kan stromen en meanderen is de geologische basis waarom hier de instroomlocatie van de Beerse Maas ligt: de Beerse Overlaat. Pas na de Maaskanalisatiewerken in de jaren ’30 van de 20e eeuw zijn de huidige moderne dijken gerealiseerd. In afbeelding 3-4 is de ligging van de historische ligging van Beerse Overlaat weergegeven.

<u>Vestingmuren Grave</u>

In Grave bestaat de kering grotendeels uit de vestingmuren van de vestingstad.

<u>Dijktraject Grave-Ravenstein: moderne gronddijk op locatie oude gronddijk</u>

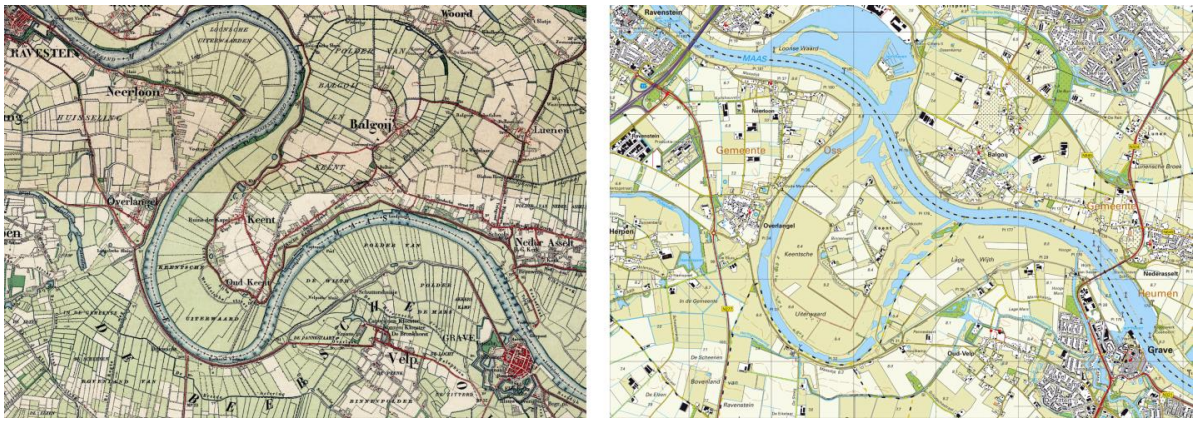
Traject Grave-Ravenstein is een moderne gronddijk op de locatie van een oude gronddijk. Tijdens de werking van de Beerse Overlaat lag hier ook een relatief hoge gronddijk. Na de Maaskanalisatiewerken in de jaren ’30 van de 20e eeuw zijn de dijken verstevigd als moderne gronddijken.



Afbeelding 3-1 Historisch landschap tussen Cuijk en Grave zijn winterdijk (1900)



Afbeelding 3-2 Huidig landschap tussen Cuijk en Grave met winterdijk (2024)



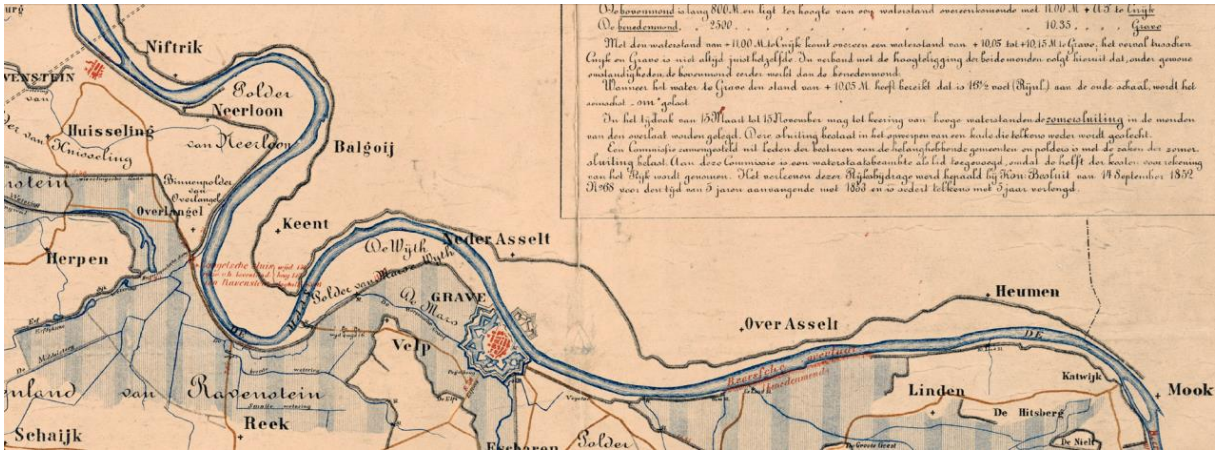
Afbeelding 3-3
Links: Het landschap tussen Grave en Ravenstein met de oude gronddijk (1900). Duidelijk is de concentratie aan bebouwing en hoger gelegen akkers tussen Neerloon en Overlangel te zien.
Rechts: Het landschap tussen Grave en Ravenstein met de moderne gronddijk (2024).

Het landschap
Het landschap is gevormd door dezelfde krachten die hebben gezorgd voor het onderscheid in keringen.

Dijktraject Cuijk-Grave
Dit traject kent een overwegend open landschap in het stroomgebied van de Beerse Overlaat, afgewisseld met maasheggen op de hoger gelegen gronden. Het landschap is later omgevormd door zandwinning in de Kraaijenbergse Plassen en bedrijventerrein van haven Cuijk. Doordat de dijk pas laat is aangelegd ontbreken oude gebouwen aan de dijk. De Kraaijenbergse Plassen zijn ingepast met het Maasheggenlandschap als leitmotief.

Vesting Grave
De kering vormt de scheiding tussen oude binnenstad en het rivierdal van de Maas. Die binnenstad bestaat overwegend uit oude gebouwen in een historische stedenbouwkundige opzet. Vanaf de vestingstructuur van de besloten stad is ruim zicht op het open landschap van de Maas.

Dijktraject Grave-Ravenstein
Tussen Grave en Overlangel stroomde het water van de overlaat en de Maas door het laag gelegen weidse binnen- en buitendijkse gebied tegen de dijk (zie afbeelding 3-4) , waardoor daar weinig bebouwing is. Het gebied Overlangel-Neerloon-Ravenstein lag hoog en veilig voor het water van de overlaat, waardoor zich hier veel oude bebouwing aan de dijk bevindt. Op enkele plekken is de oorspronkelijke dijk nog beleefbaar door:
- Dijkhuizen op kruinhoogte van een oude dijk;
- Woningen hoog aan de dijk;
- Restanten van wielen en de kronkeldijk langs of tegen de dijk bij Mars en Wijth;
- De tuimeldijk bij Neerloon met de rijbaan en bomen op de oorspronkelijke dijk;
- Bochten in de dijk die te relateren zijn aan bochten van de oude kronkeldijk. De bochten uit de kronkeldijk zijn tijdens de aanleg van de moderne gronddijk rechter getrokken, maar soms nog steeds herkenbaar.



Afbeelding 3-4 Historische kaart met de ligging van de Beerse Overlaat en het stroomgebied (blauw) van de Beerse Maas. Duidelijk zijn de hogere gronden bij o.a. Overlangel en Neerloon te herkennen.

Deelgebied Haven-Cuijk

De dijk

De dijk vormt een scherpe scheidslijn tussen het binnendijkse industriegebied en de groene buitendijkse rivieromgeving. De dijk is deels toegankelijk, maar heeft slechts gedeeltelijk betekenis als recreatieve route, omdat de invaart (keersluis) van Haven Cuijk een niet te passeren barrière vormt. De keersluis biedt toegang tot het water in de haven van Cuijk en de Kraaijenbergse plassen.

In dijkvak 1 ligt een smalle onverharde weg op de dijk (Everdineweerd). Dijkvak 2 bevat geen weg of pad. In dijkvak 4 ligt de weg (Keersluisweg) op een brede kruin en is voorzien van fietssuggestiestroken. De Keersluisweg vormt de ontsluiting voor vrachtverkeer naar de industrie aan de dijk. De aansluitende wegen Korte Oijen en Keersluisweg zorgen voor onderbrekingen in de dijk als heldere doorgaande lijn in het landschap. Bij de Korte Oijen ligt een recreatieve voorziening met uitzicht over de Maas.

Het binnentalud en buitentalud hebben hellingen 1:3, met uitzonderling van het binnentalud van dijkvak 1. Dit is 1:2. In het buitentalud van dijkvak 1 liggen twee kazematten van de Maaslinie.

De dijk ligt in UNESCO Maasheggen Biosfeergebied.

Binnendijkse landschap

De industrie en haven van Cuijk bepalen sinds de jaren 60 van de vorige eeuw het binnendijkse beeld. Via een keersluis is de haven toegankelijk. De historische kaarten laten een aaneengesloten gordel van relatief hoge gronden zien vanaf Katwijk naar Linden. Hier lagen de boerderijen, voordat het industriegebied en haven werden ontwikkelend.

In de binnendijkse dijkteen staat beplanting, die het zicht op het bedrijventerrein deels ontneemt. Enkele beplantingsstructuren aan de Everdingeweerd geven de sfeer van Maasheggen langs de dijk. De binnendijkse boomstructuur op de overgang van dijkvak 1 en 2 past het industriegebied enigszins in in het landschap. Desalniettemin is het bedrijventerrein sterk aanwezig.

Tussen de spoorbrug en Korte Oijen liggen het binnendijkse landschap, kavels en de woning Evedineweerd 29 hoog aan de dijk.

Buitendijkse landschap

De uiterwaarde is smal en kent een intensief (o.a. maïs) landbouwkundig gebruik. De Maas ligt dichtbij. Langs de oever van de Maas staan hier de karakteristieke bakenbomen. Vanaf het gehele dijktracé is een mooi zicht op het rivierengebied.

Deelgebied Kraaijenbergse Plassen

De dijk

De dijk is een na de Maaskanalisatiewerken nieuwe, grotendeel teruggelegd, dijk. Het teruggelegde deel van dijk is duidelijk herkenbaar door het tracé bestaande uit één lange curve tussen de hogere gronden rond Kraaijenberg/Linden in het oosten en de hogere gronden rond de Driesenweg in het westen. De overgangen van bestaande dijk naar nieuwe dijk zijn nog duidelijk herkenbaar door knikken in het dijkverloop bij de Hardweg en de Driesenweg.

Het dijktraject tussen Driesenweg en de N321 is een nieuwe gronddijk op de voormalige omringdijk Vegetasseweg. Historisch gezien sluit de teruggelegde dijk van dijkvak 13 aan op de oude omringdijk bij de Driesenweg 4. De woning en de recreatieve voorziening liggen op de oude omringdijk. Op de overgang van beide dijkvakken is in de bochtstraal van de het buitentalud nog het voormalig tracé van de omringdijk te herkennen. De knik in midden in dijkvak 14 markeert de locatie van een voormalig wiel. Tevens heeft het dijkvak binnendijks een verbreding die niet historisch is te herleiden. De dijk is hier onnodig robuust een breed.

De dijk is een hele duidelijke scheiding tussen binnen- en buitendijks: bosschages, bomenrijen, Maasheggen en enkele boerderijen aan de binnenzijde van de dijk en een weids uitzicht over het buitendijkse gebied.

In dijkvak 12 en 13 is de dijk voorzien van een fietspad op de kruin. De taluds zijn 1:3. Binnendijks ligt, tussen de Lommerstraat/Maasheggen en de dijk, een zone met lage bijna onzichtbare binnenbermen. De bermen zijn door agrariërs in medegebruik als grasland, waardoor ze onderdeel lijken van het landschap aan de dijk.

Bij DP230 ligt een grondvolume tegen de dijk. De functie hiervan is niet gedocumenteerd. Aangenomen wordt dat het oorspronkelijk bedoeld was als sokkel voor het monument voor de Beerse Overlaat dat nu in Beers staat. Het grondvolume heeft momenteel geen functie.

De dijk ligt in UNESCO Maasheggen Biosfeergebied.

Binnendijkse landschap

Binnendijks bevinden zich de Kraaijenbergse plassen, een stelsel van forse zandwinningsplassen die recent zijn afgerond en zijn ingericht ten behoeve van recreatie en natuur. Rond het door de zandwinning getransformeerde landschap liggen nog tal van oorspronkelijke landschapsstructuren zoals het Maasheggenlandschap. De zone tussen de dijk en het water van de Kraaijenbergse plassen is ontwikkeld ten behoeve van recreatie. Langs de plassen loopt een fietspad met afwisseling tussen open en besloten stukken. De relatie met de Maas is hier echter helemaal verdwenen.

In dijkvak 6-9 ligt op afstand van de binnenteen de Lommerstraat als ontsluiting voor de boerderijen en fietsers. De zuidkant van de weg wordt grotendeels begeleid door bossages en Maasheggen. De hoge dijk belemmert het zicht op de rivier vanaf de weg. De zone tussen dijk en de binnendijkse beplanting maakt visueel onderdeel uit van het kleinschalige binnendijkse landschap. De zone is agrarisch in gebruik en is door dijkopgangen, kavelscheidingen en tochten opgedeeld in kavels. Uitzondering hierop is een deel van de Lommerstraat in dijkvak 6. De weg ligt hier tegen de teen van de dijk.

Dijktraject 13 en 14 raken of vormen de rand van het oude cultuurland van het “Eiland van Gassel”. Een hoger gelegen gebied dat met een omringdijk (Hogedijk en Vegetasseweg) beschermd werd tegen het water van de Maas en de Beerse Maas. Het contrast tussen het besloten kleinschalige landschap van het 'eiland' en het open uitgestrekte landschap van de Beerse Overlaat en de Maas is nog goed te zien. De vormen van bodemgebruik (akkers, graslanden, bosjes, hakhout) zijn nauwelijks gewijzigd. Bij de Driesenweg loopt het Gasselse Bos tot aan de teen van de dijk en deels op het binnentalud van de dijk.

Buitendijkse landschap
De uiterwaarde is relatief smal en kent een intensief landbouwkundig gebruik. De Maas ligt dichtbij. Langs de oever van de Maas staan hier de karakteristieke bakenbomen. Vanaf het gehele dijktracé is een mooi en weids zicht op het rivierengebied.

Deelgebied Oost (Jan van Cuijkdijk)

De dijk
De N321, de oude straatweg van Cuijk naar Grave, komt hier samen met de Maasdijk. De dijk heeft een brede kruin, bij de Estersveldlaan met voorsorteervakken, en vrij liggende fietspaden. Op de dijk ligt de N321 en wordt er 80 km/u gereden. Vanaf de Esterveldlaan geldt het 50km/u regime. De dijk is als dijk beleefbaar. Echter doen de grote kruinbreedte en vele bebording en lichtmasten (in het 50km/u deel) afbreuk aan deze beleefbaarheid.

De overgang tussen dijkvak 14 en 15 oogt rommelig door veel variatie in maaiveldhoogtes, verschillende verhardingen die de dijk op en over gaan (landbouwtoeritten, fietspad, rijbaan N321) en een relatief hoog maaiveld binnendijks. De overgang van dijkvak 17 naar 18 vormt een mooie toegangspoort naar vestingstad Grave.

Tussen de Estersveldlaan en Grave liggen de fietspaden op de dijk. Het fietspad buitendijks ligt iets hoger dan de teen van dijk en bied, in de periodes als er geen mais op de akkers staat, mooi zicht op de Maas en de bakenbomen. Tussen dijkvak 14 en de Estersveldlaan liggen de fietspaden aan de teen van de dijk.

Het binnentalud van dijkvak 14 is met 1:2 steil.

Binnendijkse landschap
Aan de binnendijkse zijde liggen de woningen aan de Dokter Kanterslaan. Dit is een woonwijk uit jaren ‘80. De woningen zijn via hoven ontsloten en met achterzijde op de dijk en de Maas georiënteerd. Woonkamers liggen op de eerste verdieping en bieden zicht op de dijk en het Maaslandschap. Tegen de binnenteen staan grote populieren. Het fietspad binnendijks ligt grotendeels aan de teen van de dijk en biedt zicht op de achterkanten van de woningen van de Dokter Kanterslaan.

Rond de Esterveldlaan liggen binnendijks, op een hoog maaiveld, een begraafplaats en een scholencomplex. De bebouwing langs de N321 heeft weinig allure. Tussen Grave en de Esterveldlaan ligt het voormalige Visioterrein dat wordt omgevormd tot een vestingpark. Hier ligt de Raam tegen de teen van dijk.

Buitendijkse landschap
De N-weg biedt een mooi zicht op de buitendijkse omgeving, op beide oevers van de Maas en op (de kerk van) Grave. De uiterwaard is smal, met bakenbomen aan de Maas. De toegangsweg naar de verdwenen veerpont bij Grave ligt er nog. Ten oosten van deze weg vindt landbouw plaats in de uiterwaarden. Ten westen bevindt zich een evenemententerrein met voetbalgoaltjes en terrein het van het Graafse Cloveniersgilde.

Deelgebied Vesting Grave

De kering

Algemeen
Vestingstad Grave en de rivier de Maas zijn historisch, ruimtelijk en functioneel aan elkaar verbonden. De historische relatie bestond vooral uit verdediging en handel. De vestingmuren waren hoog en robuust ter verdediging, waardoor zicht op de Maas vanuit de stad zeer beperkt was. Met de Raamsluis konden de waterstanden van de vestinggrachten worden geregeld en het achterland onder water worden gezet.

De Maaspoort, Oude Haven en Nieuwe Haven zorgden voor de functionele verbinding tussen stad en Maas: handel.

De verdedigingsfunctie van de hedendaagse vestingwerken is verdwenen. De vestingwerken hebben recreatieve en cultuurhistorische waarden. Ze bepalen de huidige identiteit van de stad en bieden ruimte aan verblijfsplekken (onder andere terrassen bij Maaspoort), attractieve wandel- en fietsroutes en mooie vergezichten over de Maas.

Prinsenstal en Oude Haven (dijkvak 18)
De kop van de Oude Haven (Brugstraat/Jan van Cuykdijk) is voor de beleving van de entree van de vesting cruciaal. De overgang tussen gronddijk, de 'groene verdedigingswerken' (terug te brengen bastions en ravelijnen op Visioterrein en locatie Bastion Blauwkop) en de muren van de middeleeuwse gordel (Prinsenstal) is goed beleefbaar.

De Raamsluis is cultuurhistorisch van groot belang als verbinding tussen de Raam en de Maas en als onderdeel van het inundatiesysteem van de Zuiderwaterlinie. Voor de regelwerken van de Raamsluis staat een muur, waardoor vanaf de Jan van Cuykdijk het zicht op de regelwerken en de vestingmuur van de Oude Haven wordt ontnomen.

Vanaf de kop van de Oude Haven is de Maas te zien. Op de locatie van de houten brug over de haven lag in de tijd van de vestingwerken ook een brug. De contouren van rondeel Prinsenstal zijn nog steeds aanwezig. Het rondeel is toegankelijk gemaakt met een later toegevoegde trap en steiger. Het rondeel is door zijn hoogte en dikte duidelijk te onderscheiden van de kademuur.

Maaskade (dijkvak 19)
Kenmerkend voor de Maaskade is het grote contrast tussen de beslotenheid van de vesting en de weidse ruimte van de Maas. Bewoners hechten zeer aan het zicht over de Maas en willen dit behouden. Tegelijkertijd is de Maaskade voor de slechting van de vesting aan het eind 18^{e} eeuw hoger geweest. Een historische aanleiding voor een andere inrichting is dus aanwezig.

De historische vestingwerken aan de Maaskade bestaan uit meerdere onderdelen. De vestingmuur, Rondeel Maaskade met daarnaast een later toegevoegde trap naar de benedenkade, Rondeel Oliestraat met daarop twee kanonnen en de Maaspoort welke bij de laatste dijkversterking zo is aangepast dat zijn oorspronkelijke functie als logische verbinding tussen bovenkade en loswal (en tussen Gelderland en Brabant) verloren is gegaan.

Rond de Maaspoort zijn terrassen met glazen windschermen op de vestingmuur.

Kering achter woningen Maaskade (dijkvak 19)
Deze kering verbindt de waterkering 'historische vestingmuur aan de Maaskade' met waterkering 'historisch Halfbastion Bekaf'. De kering zelf is geen historische structuur, maar vormt de scheiding tussen de binnendijkse en buitendijkse woningen aan de Maaskade. De muur is vormgegeven als robuuste tuinmuur in dezelfde metselstenen als de historische muren. De coupure in de rijbaan van de Maaskade is onderdeel van dit deel van de kering.

Halfbastion Bekaf (dijkvak 22)
De vestingmuren van halfbastion Bekaf vormen de waterkering. In de verkenningsfase van de dijkversterkingsopgave is geconcludeerd dat de waterkering over dit traject voldoet. Daarom wordt in dit rapport niet ingegaan op dit deel van de kering.

Havenstraat (dijkvak 21)
De kering aan de Havenstraat ligt naast het tracé van de voormalige muur van de vesting. In de huidige situatie is de muur nog zichtbaar door middel van een afwijkende bestrating op de locatie van de muur.

De kering bestaat uit een talud van basaltsteen. Tevens verspringt de kering om het havengebouw heen. Een niet zo fraai gaashekwerk scheidt de Nieuwe Haven van de Havenstraat.

Landschap binnen de kering
De binnenstad van Grave is een oude vestingstad en ligt hoger dan het omringende landschap. Aan de stadszijde van de kering staat een mix van monumentale gebouwen en nieuwe panden (sommige nog in aanbouw) met zicht op de rivier. De oude binnenstad is met de straten haaks op de vestingwerken verbonden.

De openbare ruimte is krap, oud, stenig en doet sleets aan. Op de Maaskade staan grote oude kastanjebomen, welke onderdeel zijn van de waardevolle boomstructuur op de vestinggordel. Ze zijn echter niet allemaal meer vitaal. Rond de Maaspoort is de openbare ruimte door de terrassen rommelig onpraktisch. De openbare ruimte van de Prinsenstal wordt na afronding van de nieuwbouw van de aanliggende panden opnieuw ingericht.

Het gebied langs de kering/vestingmuur is voor een groot deel autoluw, behalve de Maaskade. Er rijdt vrachtverkeer van en naar de scheepswerf, er wordt geparkeerd, gewandeld en gefietst.

De openbare ruimte van de Havenstraat is verouderd en is aan verbetering toe. Het is als rijbaan ingericht, maar het gebruik is voor fietsers en voetgangers. In de straat liggen betonblokken (met bankjes) om autoverkeer tegen te houden. Door gebrek aan een groene inrichting en voortuinen doet de locatie hard en stenig aan. Aan de kant van de Koninginnedijk zijn twee mindervalideparkeerplaatsen.

Landschap buiten de kering
Vanaf de Maaskade is weids uitzicht over Maas en rivierengebied. Tegen de vestingmuur ligt de stenige en lege Loswal, welke voor evenementen wordt gebruikt. Aan de loswal ligt een passantenhaven. Aan de overkant van de Maas ligt kroonwerk Coehoorn licht verhoogd in het landschap, lastig te onderscheiden vanaf de westkant van de rivier. Aan de noordwestelijke zijde van de binnenstad ligt het terrein van de scheepswerf.

Buiten de kering bij de Havenstraat ligt een Jachthaven, maar daarachter zicht op de het groene EMAB-terrein.

Deelgebied West (Koninginnedijk)

De dijk
De Koninginnedijk strekt in een rechte lijn vanaf de N324 tot de Nieuwe Haven. De dijk doorsnijdt de verschillende lagen van de vestingstructuur om uiteindelijk haaks aan te sluiten op de Havenstraat. Het tracé van de dijk verschiet een aantal keer van kleur: het bedrijventerrein wordt ontsloten door een grijze klinkerweg op de kruin van de dijk, bij Catharinahof is de dijk met een fietspad uitgevoerd in rode klinkers en in Grave bestaat de woonstraat op de dijk uit twee verschillende wegprofielen met afwisselende materialen.

De weg op de dijk dient voornamelijk fietsers, bewoners en bezoekers van de bedrijven. Fietsers die vanaf de Mars en de Wijthdijk Grave binnenrijden zien als eerste het bedrijventerrein. Dit is niet een aantrekkelijke entree behorende bij een historische vestingstad. Ook de dijk verliest hier zijn leesbaarheid en continuïteit, doordat het dijktalud binnendijks bijna wegvalt door het hoge maaiveld, door het hoge buitendijkse maaiveld van het EMAB-terrein, en doordat de weg en het wegprofiel verschillende verschijningsvormen heeft.

Vanaf de weg is er zicht op de Maas, de Nieuwe Haven en het agrarisch terrein tussen de dijk en de rivier, dat ca. 4 meter lager ligt dan de dijk. Het buitentalud is 1:2,5. Tevens ligt er een onverharde afrit met pad voor boer en dijkbeheerder en een oprit naar het EMAB-terrein.

Aandachtspunt is de aansluiting van de Koninginnedijk op de Havenstraat. De beperkte ruimte met een steil talud richting de haven en parkeerplaatsen boven en beneden vergen aandacht. Een ander aandachtspunt is de veiligheid van de fietsers op het gedeelte tussen Industriestaat en John S. Thompsonbrug.

Binnendijkse landschap
Ingeklemd tussen de dijk en de N324, ligt een binnendijks uitbreidingsgebied van Grave met o.a. bedrijventerrein Wisseveld, parkeerterreinen, braakliggende terreinen, woningen en zorgcomplex Catharinahof. Het bedrijventerrein ligt ca. een halve meter lager dan de Koninginnedijk. De oudere woningen liggen op de huidige dijkhoogte. De nieuwere woningen zijn reeds gebouwd op ongeveer de nieuwe dijkhoogte. Catharinahof ligt ruim hoger dan de nieuwe dijkhoogte.

De contouren van de voormalige vesting van Grave is nog duidelijk zichtbaar in de stedenbouwkundige opzet van het binnendijkse buitendijkse gebied. Diverse wegen van dit gebied sluiten aan op de dijk.

Buitendijkse landschap
Buitendijks ligt de Nieuwe Haven, grenzend aan het overwoekerde, gedeeltelijk verhard EMAB-terrein. Het terrein strekt zich ca. 140 meter langs de dijk en is omlijst door hoge populieren, die de rivier aan het zicht onttrekken. De uiterwaarden ernaast bestaan uit landbouwgrond met een vistrap die doorloopt onder de John S. Thompsonbrug. Ter hoogte van de brug stuit de Koninginnedijk op de N327. De dijk en het fietspad buigen af en lopen door onder de brug.

De contouren van de voormalige vesting van Grave is nog duidelijk zichtbaar in de vormgeving van de buitendijkse gebieden. Vooral de contouren van het EMAB-terrein en de Nieuwe Haven dragen hier aan bij.

Deelgebied Lage Wijth

De dijk
De dijk ligt op de plek van de oorspronkelijke Maasdijk, die de Polder van de Wijth en Polder de Mars scheidde. De oude kronkeldijk Mars en Wijthdijk is omstreeks 1955 tijdens de aanleg van de moderne gronddijk rechtgetrokken, waarbij de (structuren van) oude dijkkronkels, wielen en een oude waterloop bewaard zijn gebleven. Het bewaren van deze cultuurhistorische landschapselementen lijkt destijds een bewuste keuze te zijn geweest. Dit tezamen met het rijke cultuurhistorische landschap en gebouwen (Gemaal van Sasse, Schuttershuisje en Mars en Wijth 3) maakt dat de dijk een authentiek karakter heeft. Dat de dijk alleen toegankelijk is voor fietsers en dat de verharding daardoor relatief smal is, is een grote kwaliteit van dit deelgebied.

Bij de Thompsonbrug ligt een recreatieve voorziening met een oorlogsmonument. Dat door de vele inrichtingselementen rommelig aandoet. Tussen Gemaal van Sasse en het Schuttershuisje staan twee bankjes met uitzicht over de Maas.

De dijk ligt ca. vier meter hoger dan de omgeving en snijdt door het polderlandschap dat onderdeel was van het inundatieterrein van de Beerse Overlaat. De relatief nieuwe boerderijen met erfbeplanting liggen binnendijks dicht tegen de dijkteen. Het smalle fietspad (asfalt) op de kruin wordt hier en daar onderbroken door oversteekjes van de aanliggende boerderijen die buitendijks grond bezitten. Deze oversteekjes/beheerafritten zijn allemaal anders qua vormgeving en materialisatie wat een rommelig beeld geeft.

In dijkvak 25 ligt binnendijks een berm. In dijkvak 28 en 29 is het maaiveld binnendijks tegen de dijk onregelmatig. Hier lijken bermpjes en in onbruik geraakte op en af ritten te liggen. De taluds zijn in dit dijkvak zijn 1:2.5, waar de rest 1:3 is.

Binnendijkse landschap
Binnendijks lag vroeger het stroomgebied van de Beerse Maas. De openheid van het agrarische landschap is van waarde voor de leesbaarheid van deze cultuurhistorie. De horizon wordt begrensd door de beplanting langs de N327 en woonwijk Mars en in het zuiden door de beplanting langs de wetering en Velp. Hier steekt de toren van kapucijnenklooster Emmaus uit boven het groene eiland van de kloostertuin. Vanaf de dijk is er een prachtig zicht op dit klooster dat gelegen is op een oeverwal. Het zicht op het klooster wordt gekaderd door voornamelijk haaks op de dijk staande Maasheggen. Binnendijks liggen belangrijke cultuurhistorische elementen: woning Mars en Wijth 3, Schutterhuisje, twee grondlichamen van een oude Maasdijk en een nat bosje met cultuurhistorisch waardevolle beplanting en de structuur van een oude Maasdijk. Het cultuurhistorisch binnendijks landschap wordt onderbroken door de erven van vier landbouwbedrijven. Deze zijn deels met kavel beplanting ingepast in het landschap.

Buitendijkse landschap
De dijk loopt door open agrarisch landschap tussen de N324 en de oude rivierarm van Keent. De Maas is niet zichtbaar vanaf de dijk, behalve bij het Gemaal van Sasse. Het zicht op Keent is open en wordt alleen onderbroken door enkele wild uitgegroeide heggen en erfbeplantingen. De Lelyzone die hier is uitgegraven is niet leesbaar in het landschap. Dicht tegen de dijk liggen de relicten van een oude Maasdijk: wielen, struweelbeplanting en de loop van de Horsensche Graaf (tussen het Velps Sluisje en de “vergeten sluis” bij de Hans en Grietweg). Ook de Ketelkampweg lijkt deze structuur te volgen. Bij de Thompsonbrug staan binnen- en buitendijks kazematten ter verdediging van de brug in de tweede wereldoorlog.

Deelgebied Reek

De dijk
De dijk tussen Lage Wijth en Overlangel hoog boven het landschap. Op het traject zijn fietspaden gemarkeerd door middel van fietssuggestiestroken. De weg heeft een snelheidslimiet van 60 km/uur. De weg sluit aan op de woonkern Overlangel en is de verbindingsweg richting de Lage Wijth. Variatie in materialisatie van de opritten doet rommelig aan. Veel opritten naar woningen en kavels zijn van asfalt, waardoor het onderscheid tussen een privéoprit en een openbare weg moeilijk is in te schatten. Bij de aansluiting van de Steeg ligt een slinger in de weg wat voor een onderbreking zorgt in de dijk als heldere doorgaande lijn in het landschap. Bij de Steeg ligt een recreatieve voorziening dat door de vele inrichtingselementen rommelig aandoet. Tevens is het geen fijne verblijfsplek door het verkeer dat het met grote snelheid passeert. Naast de Steeg staat dijkwoning het Wachthuis, met vloerpeil op een oude dijkhoogte.

Tussen Overlangel en Neerloon is de dijk toegankelijk voor zowel auto’s als fietsers. De asfaltweg is smal. Er zijn verschillende (beheer)afritten langs de dijk. De afritten geven veelal niet genoeg verharde draairuimte in de bochten, waardoor deze kaal gereden zijn. Variatie in materialisatie van de opritten doet rommelig aan. Veel opritten naar woningen en kavels zijn van asfalt, waardoor het onderscheid tussen een privéoprit en een openbare weg moeilijk is in te schatten. Bij de Oude Graafsestraat staat een markante populier op een grondlichaam hoog tegen de dijk. Onder de populier is een recreatieve voorziening dat te laag ligt om goed uitzicht te hebben op het buitendijks gebied. Verderop staan nog twee bankjes op de dijk met uitzicht op de het buitendijkse gebied. De aansluitende weg Oude Graafsestraat zorgt voor onderbrekingen in de dijk als heldere doorgaande lijn in het landschap.

Taluds variëren tussen 1:2,5 en 1:3.

Binnendijkse landschap
Tussen Lage Wijth en Overlangel is binnendijks zicht op open relatief laag gelegen agrarische landschap waar vroeger het water van de Beerse Overlaat stroomde. Enkele erven liggen als groene eilandjes tegen de dijk, bestaande uit oude boerderijen en het Wachthuis, omringd door opgaande beplanting.

Het weidse landschap loopt tussen de erven door tegen de dijk. Beplanting van de ecologische verbindingszone Hertogswetering, een monumentale populier en bos zorgen voor afwisseling in het zicht naar het open landschap.

Tussen Overlangel en Neerloon is het dijktraject ruimtelijk onderdeel van de dorpen en kleinschalige landschap op de hoger gelegen oeverwallen, donken, stroomruggen en dekzandruggen tussen Oijen en Overlangel. Vandaar dat hier relatief veel bebouwing voorkomt. De binnendijkse erven liggen als groene eilandjes tegen de dijk, bestaande uit kleinschaligheid historische bebouwing omringd door opgaande beplanting. Bij Overlangel zijn de erven geclusterd.

Buitendijkse landschap
Buitendijks is zicht op Keent met daarvoor de oude rivierarm van de Maas. Rond 2012 is de oude rivierarm deels hersteld en opnieuw uitgegraven. Er vindt nu natuurontwikkeling plaats. Huizen van Keent liggen uit het zicht door de dijk die eromheen loopt.

Deelgebied Neerloon

De dijk
De dijk is toegankelijk voor zowel auto's als fietsers. De asfaltweg is smal, deels met onverharde berm. Er zijn verschillende (beheer)afritten langs de dijk. De afritten geven veelal niet genoeg verharde draairuimte in de bochten, waardoor deze kaal gereden zijn. Variatie in materialisatie van de opritten doet rommelig aan.

Om de bomen (essen en lindes) bij Neerloon te behouden is bij een vorige dijkverbetering een tuimeldijk aangelegd. Tevens zijn de tuimeldijk en bomen naar het westen doorgetrokken tot aan de Staaijstraat. Op de tuimeldijk ligt een struin-graspad dat door bewoners van Neerloon wordt gemaaid.

Het dorp Neerloon ligt dicht tegen de dijk en erven en tuinen lopen door op het binnendijkse dijktalud. De kerk ligt hoog aan de dijk. De naastgelegen woning en Maasdijk 25 zijn oude dijkwoningen met de voordeuren op een oude kruinhoogte.

Bij de aansluiting van de Staaijstraat ligt een slinger in de weg wat voor een onderbreking zorgt in de dijk als heldere doorgaande lijn in het landschap. In de slinger ligt een recreatieve voorziening met uitzicht over de Maas.

Taluds variëren tussen 1:2,5 en 1:3.

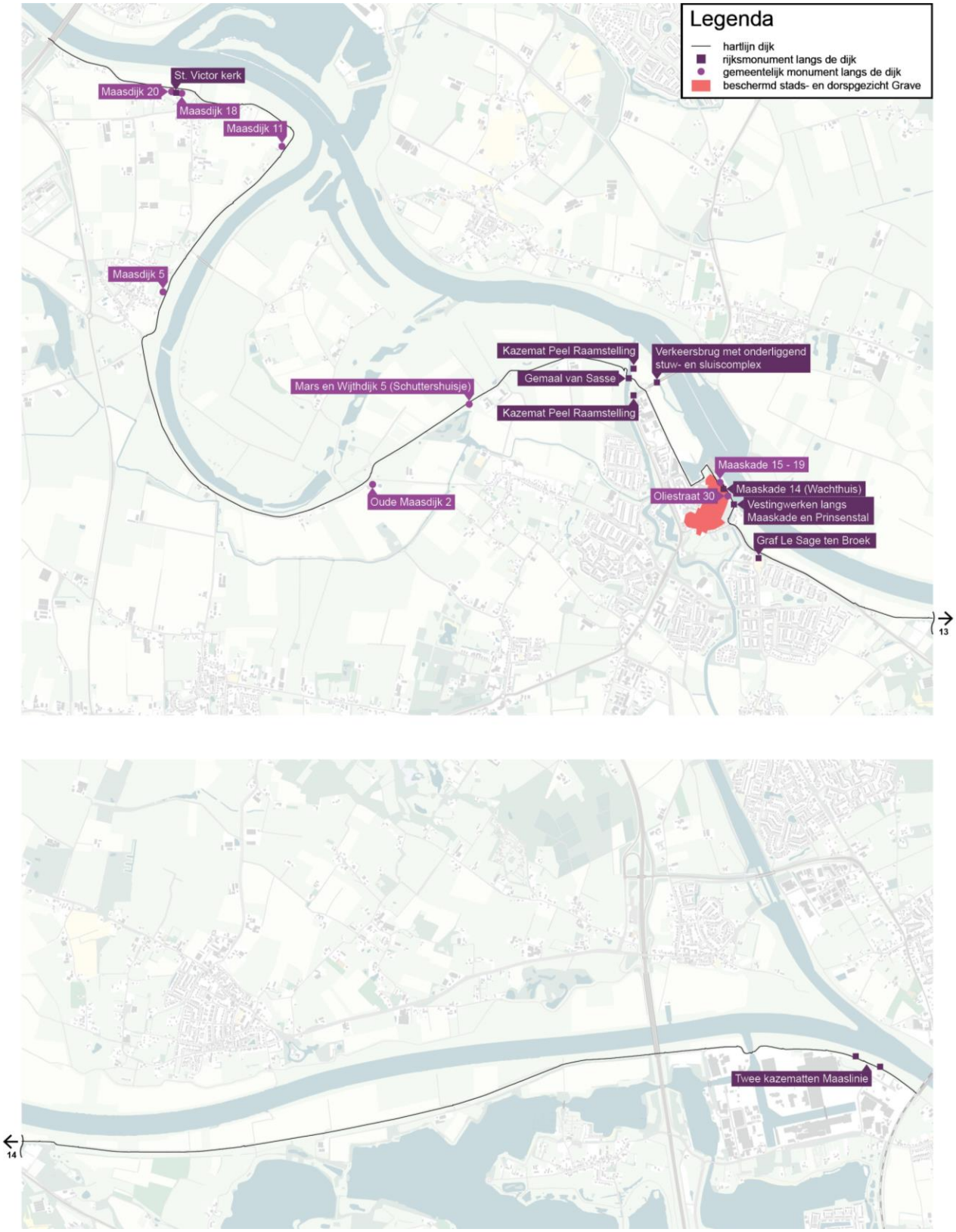
Binnendijkse landschap
Het dijktraject is ruimtelijk onderdeel van de dorpen op de hoger gelegen oeverwallen, donken, stroomruggen en dekzandruggen tussen Oijen en Overlangel. Bomen op de dijk zijn kenmerkend voor deze historische delen van de bedijkte Maas, vooral bij bebouwing en tuimeldijken. Net zoals de binnendijkse erven die als groene eilandjes tegen de dijk liggen, bestaande uit kleinschaligheid historische bebouwing omringd door opgaande beplanting. Buiten Neerloon loopt het landschap tussen de erven door tegen de dijk.

Buitendijkse landschap
Bij Neerloon liggen buitendijks hoge uiterwaarden, waardoor de dijk als laag wordt ervaren en de Maas niet zichtbaar is vanaf de dijk. Aan de Maasorver staan de karakteristieke bakenbomen. Tussen Neerloon en A50 liggen de uiterwaarden laag en de Maas dicht bij de dijk, waardoor dijk hoog wordt ervaren en de Maas goed zichtbaar is. De uiterwaarden zijn in gebruik voor landbouw.

3.1.2 Monumentale gebouwen

Dit hoofdstuk behandeld de Rijksmonumenten en Gemeentelijke monumenten langs de kering die feitelijk worden geraakt door de dijkversterking of waarvan de visueel-ruimtelijke relatie met de kering van belang is. Niet alleen de gebouwen, maar ook monumentale objecten.

Deelgebieden waar geen monumentale gebouwen staan zijn niet opgenomen in dit hoofdstuk.



Afbeelding 3-1 De rijksmonumenten en gemeentelijke monumenten langs de kering.

Deelgebied Haven-Cuijk

Rijksmonument Kazematten Maaslinie

In dijkvak 1 liggen boven in het buitentalud twee kazematten van de Maaslinie. De kazematten liggen nog op hun originele locatie en zijn goed beleefbaar. De kazematten zijn niet toegankelijk en liggen door voormalige dijkverhogingen niet meer met hun ingang aan de kruin van de dijk. De dorpels van de ingangen liggen net iets te laag in het talud, waardoor grond over de dorpels de kazematten in loopt.

Deelgebied Oost (Jan van Cuykdijk)

Rijksmonument Rooms Katholieke begraafplaats

De begraafplaats zelf is geen monument, maar grafmonument “Graf Le Sage ten Broek” wel. Gesteld kan worden dat het geheel van de begraafplaats als ensemble van belang is voor het monument. Het monument ligt centraal op de begraafplaats. De begraafplaats is afgebakend met een lage haag en enkele solitaire bomen. De begraafplaats ligt ingeklemd in de oksel van de dijk en het grondlichaam van de Estersveldlaan, van waar goed zicht is op de begraafplaats.

Deelgebied Vesting Grave

Rijksmonument Beschermd stads- of dorpsgezicht Grave

De binnenstad van Grave is een Beschermd stads- en dorpsgezicht. De monumentenstatus is een aanwijzing zonder visie over hoe om te gaan met het erfgoed. Het beschermd stadgezicht beschrijft voornamelijk de binnenstad binnen de oude vesting. Het geeft de volgende, voor de vestingmuur/kering, belangrijke kenmerken:

- Het stratenpatroon van de binnenstad van drie evenwijdig lopende straten haaks op de Maaskade.
- Vanaf de kade is zicht over de Maas en op het agrarisch gebied aan de Gelders zijde.

Rijksmonument Vestingmuren Grave

De vestingmuur langs de Oude Haven, Prinsenstal en Maaskade is rijksmonument. Aan kan worden genomen dat de vestingmuur van de Oude Haven/Prinsenstal vroeger ongeveer dezelfde hoogte had als in de huidige situatie. De muur bij de Maaskade is echter later verder ontwikkeld tot muur met daarop een zware grondwal. Deze is bij de het slechten van de vesting van Grave geheel verwijderd. Pas later is bij renovatiewerkzaamheden de huidige muur, welke hoger is dan het maaiveld van de Maaskade, aangebracht. Daarna is tevens de Maaspoort opnieuw opgebouwd.

Onder de grond bevinden zich nog resten van de originele vestingmuur. Aan kan worden genomen dat nagenoeg al het zichtbare metselwerk in de jaren ‘70 en ‘90 nieuw is aangebracht. Het metselwerk is veelal aan een betonschort over de originele muur bevestigd. De Maaspoort is geheel nieuw opgetrokken, maar niet geheel volgens de originele situatie.

Overige Monumenten

Aan de Maaskade staan een aantal monumentale gebouwen. De versterkingsopgave heeft voor alle gebouwen hetzelfde effect, waarmee de effecten generiek kunnen worden behandeld. Tevens is het effect verwaarloosbaar. Daarom is hier voor de volledigheid alleen een opsomming van de gebouwen gegeven.

Rijsmonument

- Maaskade 14 (Wachthuis)

Gemeentelijke monument

- Oliestraat 30
- Maaskade 15-19

Deelgebied Lage Wijth

De verkeersbrug, sluizen, kazematten en Gemaal van Sasse worden hier benoemd aangezien ze in verschillende tijdslagen een historische relatie met elkaar hebben. Het gemaal met de sluis en brug, de sluis en brug met de kazematten, en daarmee de indirect de kazematten met het gemaal. Ze zijn daarmee uiteindelijke als ensemble te beschouwen, terwijl de kazematten feitelijk niet door de dijk worden geraakt.

Rijksmonument Verkeersbrug (John S. Thompsonbrug) met onderliggend stuw- en sluizencomplex
Het westelijke grondlichaam van de brug is volgens de legger onderdeel van de waterkering. Het fietspad eronder door lijkt de dijk te zijn, maar is het niet. Onder de brug ligt de stuw die de reden is waarvoor het Gemaal van Sassen gebouwd. Daarmee hebben het gemaal, de brug en de stuw een historische relatie met elkaar.

Rijksmonument Kazematten Peel Raamstelling
Op enige afstand van de dijk liggen twee kazematten, dicht bij de John S. Thompsonbrug en in het zicht van het Gemaal van Sasse. De kazematten zijn gericht op de brug en dienden als verdediging van de brug. Een ervan staat goed zichtbaar op een verhoging in de uiterwaarde, langs het uitwateringskanaal van het gemaal. De tweede staat enigszins verscholen in de groenstructuur langs de N324.

Rijksmonument Gemaal van Sasse
Het gemaal is een onderbreking in de dijk. De noordelijke frontmuur tussen rijbaan en het uitwateringskanaal is de daadwerkelijke waterkering. Het gemaal is gebouwd om water af te voeren dat door de bouw van de stuw onder de John S. Thompsonbrug, niet meer onder vrij verval vrij af kon stromen via de Raamsluis in Grave. Daarmee hebben het gemaal, de brug en de stuw een historische relatie met elkaar.

De waardering volgens het monumentenregister:

> *Het gemaal is van algemeen belang. Het gebouw heeft cultuurhistorisch belang als voorbeeld van de sociaal-economische en waterstaatkundige ontwikkeling, namelijk de watervrijmaking van het Maasgebied in het Interbellum en als voorbeeld van de typologische ontwikkeling van het elektrische gemaal. Het is architectuurhistorisch van belang vanwege de traditionalistische stijl en de ornamentiek en als voorbeeld van de toegepaste combinatie van techniek en traditionele bouwelementen; het is tevens van belang in het oeuvre van het ingenieursbureau. Het gebouw is tevens van belang vanwege de gaafheid van het ex- en interieur. Het is zeldzaam wegens opzet en constructie."*
>
> De daadwerkelijke kering (frontmuur van het gemaal) is in de loop der jaren echter aangepast. Het is verlaagd, voorzien van een modern hekwerk, er zijn regelwerken van de sluisdeuren aan bevestigd, er is een vistrap voor aangelegd en origineel metselwerk en -details zijn verwijderd.

Gemeentelijk monument Mars en Wijthdijk 5 (Schuttershuisje)
Binnendijks op de hoogte van de voormalige dijkkruin het Schuttershuisje. Het huisje ligt iets lager dan de huidige dijkkruin, dicht tegen de kruin. In de teen van het tuimeldijkje staan voor het huis vijf leilindes. De bomen zijn niet door de gemeente als monumentaal benoemd, maar vormen een onlosmakelijk ensemble met het oude Schuttershuisje.

Deelgebied Reek

Gemeentelijk monument Oude Maasdijk 2
Op enige afstand van de dijk staat Langgevelboerderij "Huize Houtkamp". Het ligt aan de dijkopgang van de Pannestaartweg.

Gemeentelijk monument Maasdijk 5
Binnendijks staat tegen de teen van de dijk een langhuisboerderij. De boerderij staat met de voorgevel naar de dijk en heeft naast de auto-oprit een dijktrap als verbinding tussen voordeur en dijkkruin.

Gemeentelijk monument Maasdijk 11
Binnendijks staat tegen de teen van de dijk een boerderij bestaande uit een ensemble van gebouwen dat bestaat uit woonhuis, stallen en schuren. De stallen en schuren staan dicht tegen de dijk, met daarachter het woonhuis. Naast de auto-oprit heeft het ensemble een dijktrap als verbinding met de dijkkruin.

Deelgebied Neerloon

Rijksmonument St. Victor Binnendijks Kerk
De kerk in "Waterstaatsstijl" en begraafplaats liggen hoog aan de dijk. De muur van de begraafplaats ligt op de voormalige dijkhoogte waar nu de rijbaan ligt. Bij de Loonsestraat staat een Heilige Hartbeeld op de dijk. Beide hebben hoogstwaarschijnlijk een historische relatie met elkaar.

Gemeentelijk monument Maasdijk 18
Binnendijks staat ingeklemd in de oksel van de teen van de dijk en de oprit van de Loonsestraat een boerderijensemble. Het geheel heeft een dijktrap als verbinding tussen voordeur en dijkkruin.

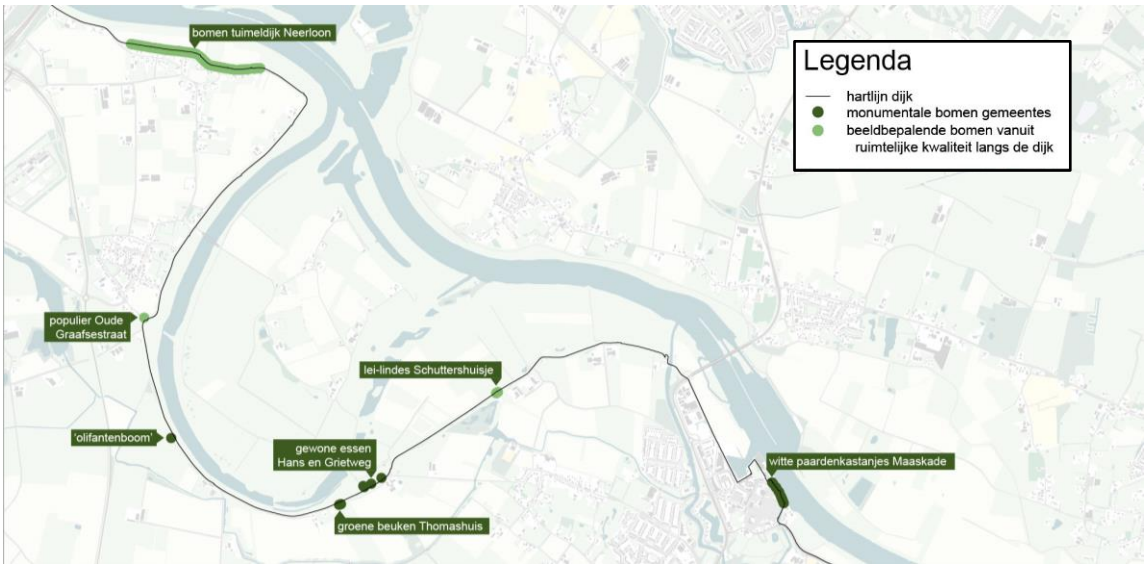
Gemeentelijk monument Maasdijk 20
Binnendijks op de hoogte van de voormalige dijkkruin, waar de rijbaan ook op ligt, een oude boerderij. De boerderij is met de voorkant en voordeur naar de dijk gericht.

3.1.3 Monumentale en beeldbepalende bomen

Dit hoofdstuk behandelt de door de gemeentes en provincie aangewezen monumentale en beeldbepalende beschermde bomen die binnen 10 meter van de bestaande dijk staan. Vanuit het waarborgen van de ruimtelijke kwaliteit zijn daar de volgende bomen aan toegevoegd:

- Leilindes bij het Schuttershuisje
- Markante populier bij de dijkopgang Oude Graafsestraat
- Bomen op de tuimeldijk bij Neerloon.

Vanuit de dijkversterking worden geen bakenbomen geraakt. Deelgebieden waar geen monumentale of beeldbepalende bomen staan zijn niet opgenomen in dit hoofdstuk.



Afbeelding 3-2 De monumentale en beeldbepalende bomen langs de kering.

Deelgebied Vesting Grave

Witte paardenkastanjes op de Maaskade

Op de Maaskade staat een rij van achttien Witte Paardenkastanjes. Ze maken onderdeel uit van de groene gordel om de oude vestingstad. De groene gordel markeert de vestingstructuur. De bomen op Bastion Bekaf, Bomvrije en het Visioterrein behoren hier ook toe. De Visie op de vestingstad van Grave doet de uitspraak deze groene gordel verder te ontwikkelen.

De vitaliteit van de bomen varieert met een levensverwachting van 5-10 jaar, 10-15 jaar tot >15 jaar.

Deelgebied Lage Wijth

Leilindes bij het Schuttershuisje

De vijf bomen zijn niet monumentaal, maar vormen een onlosmakelijk ensemble met het oude Schuttershuisje dat op een voormalige dijkhoogte ligt. De bomen zijn een voorbeeld van een eerste vorm van zonwering en/of windbreker om het huis in de zomer te koelen te houden en in de winter juist minder snel af te laten koelen. De bomen zijn smal geleid om tevens in de smalle ruimte tussen het huis en de rijbaan op te kruin te kunnen passen. De bomen staan in de teen van het tuimeldijkje van de woning.

De vitaliteit van de bomen is redelijk met een levensverwachting van >15 jaar.

Deelgebied Reek

Gewone essen Hans en Grietweg

Bij de Hans en Grietweg staan buitendijks vier essen in de Maasheggenstructuur. Dit is een typisch beeld dat hoort bij het Maasheggenlandschap. De bomen staan dicht tegen de binnenteen van de dijk of het grondlichaam van de Hans en Grietweg.

De vitaliteit van de bomen varieert met een levensverwachting van 10-15 jaar tot >15 jaar.

Groene beuken Thomashuis Velp

Bij het binnendijks gelegen Thomashuis Velp (Oude Maasdijk 4) staan drie beuken dicht tegen de oude boerderij. De bomen zijn waarschijnlijk als beeldbepalend aangemerkt aangezien ze een mooi ensemble vormen met de boerderij en de vier forse eiken aan de binnenteen van de dijk.

De vitaliteit van de bomen is redelijk met een levensverwachting van >15 jaar.

De “olifantenboom”

Binnendijks staat bij A329.5 een Canadese populier die in de omgeving beter bekend is als de “olifantenboom”. De boom is groot en voor een populier redelijk oud. Hij staat in de overhoogte van een landbouwafrit. De boom is erg gehavend door stormschade wat het enerzijds een triest aanblik geeft, anderzijds als markant kan worden beschouwd.

De vitaliteit van de boom is matig met een levensverwachting van 10-15 jaar.

Markante populier bij Oude Graafsestraat

Bij de dijkopgang van de Oude Graafsestraat staat binnendijks een markante populier op een grondlichaam hoog tegen de dijk. De populier markeert de dijkopgang en is een beschutte locatie voor een picknickbankje met uitzicht op de uiterwaarden bij Keent. De boom is niet als monumentaal aangemerkt.

De vitaliteit van de boom is goed met een levensverwachting van >15 jaar.

Deelgebied Neerloon

Bomen op de tuimeldijk

De bomen op de tuimeldijk zijn karakteristiek voor het gebied van de Meanderende Maas. Bomendijken horen bij de oeverwaldorpen in het gebied, welke een sterke verbinding hebben met de dijk. Bomendijken komen vooral voor bij tuimeldijken.

Om de bomen (essen en lindes) bij Neerloon te behouden is bij een vorige dijkverbetering een tuimeldijk aangelegd. Tevens zijn de tuimeldijk en bomen naar het westen doorgetrokken tot aan de Staaijstraat. De bomen staan tussen de rijbaan op een oudere dijkhoogte en de hoger gelegen tuimeldijk. Ze staan op dezelfde maaiveldhoogte als de rijbaan. De bomen zijn niet als monumentaal aangemerkt.

De vitaliteit van de essen varieert met een levensverwachting van 10-15 jaar tot >15 jaar. De vitaliteit van de lindes is goed met een levensverwachting van >15 jaar.

3.1.4 Overige cultuurhistorische elementen en structuren

Voor de “overige cultuurhistorische elementen en structuren” wordt ingegaan op elementen en structuren die concreet zijn aangewezen in de Omgevingsverordening ruimte van de Provincie Noord Brabant, en die feitelijk worden geraakt door de dijkversterking of waarvan de visueel-ruimtelijke relatie met de kering van belang is.

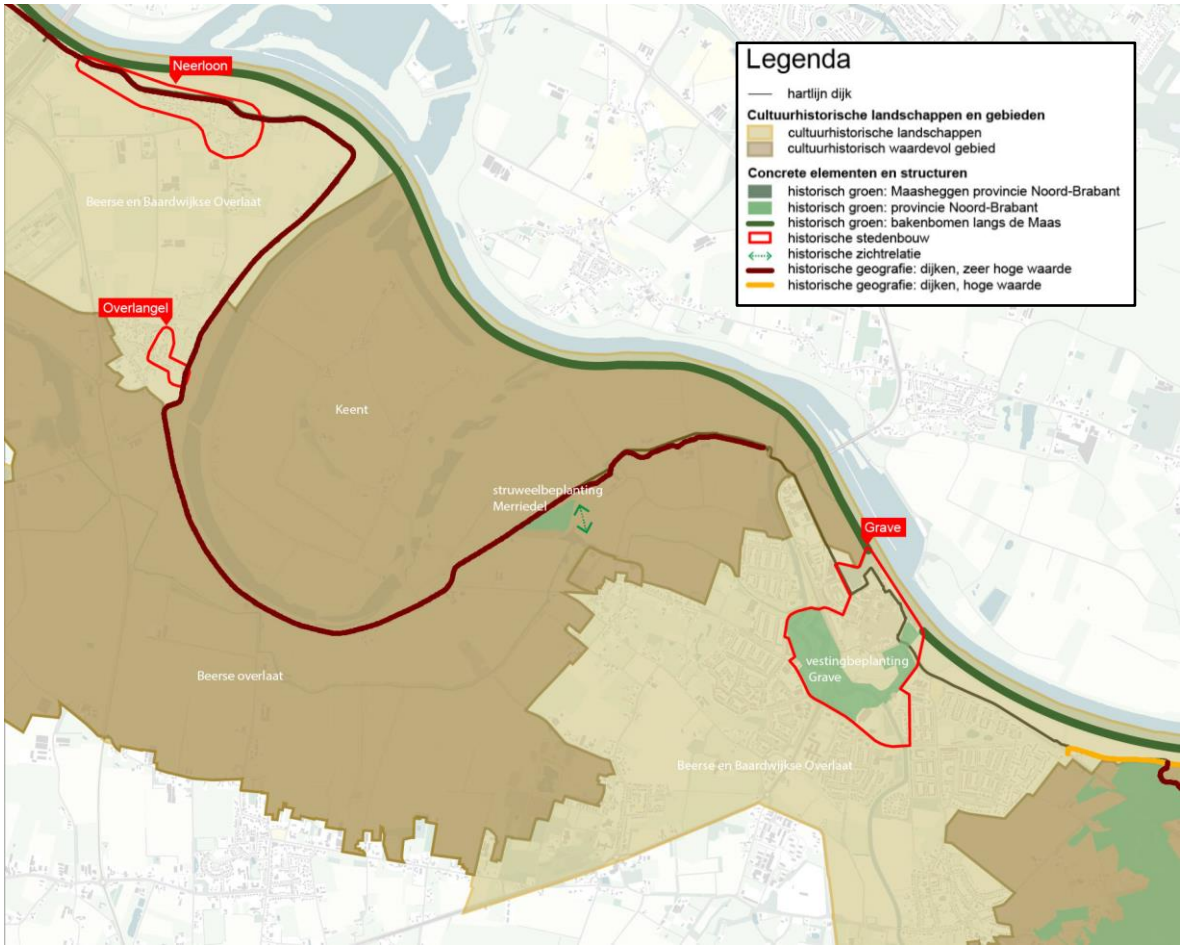
De dijken zelf zijn ook vernoemd in de omgevingsverordening ruimte. Deze zijn reeds in paragraaf 3.1.1 behandeld.

De cultuurhistorische landschappen en gebieden uit de omgevingsverordening worden als eenheden in een aparte paragraaf beschouwd.

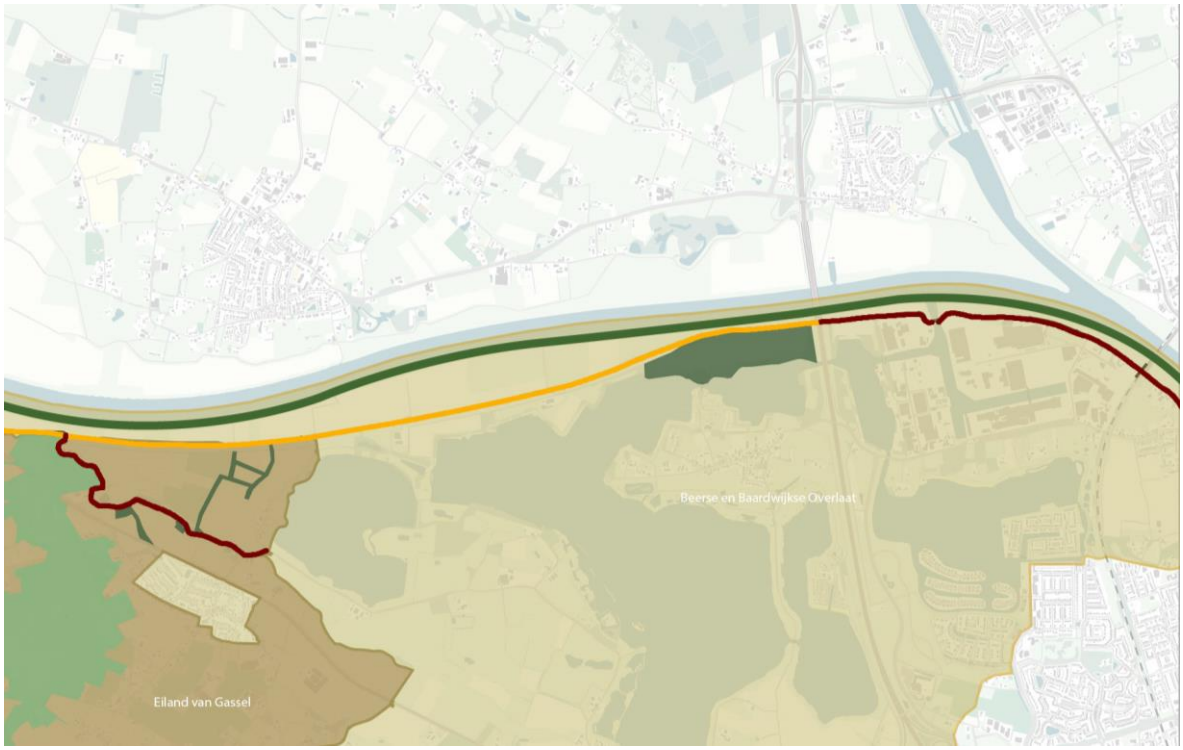
- Cultuurhistorisch waardevol gebied Eiland van Gassel
- Cultuurhistorisch waardevol gebied Keent
- Cultuurhistorisch waardevol gebied Beerse Overlaat
- Cultuurhistorische landschap Beerse (en Baardwijkse) Overlaat.

Het verbreden en verhogen van de dijk heeft geen invloed op de bakenbomen, aangezien de bomen op ruime afstand van de dijk staan. Met de uiterwaardverlaging bij Neerloon komt de versterkingsopgave wel dicht bij de bakenbomen die daar aan de oevers van de Maas staan. De bakenbomen zijn daarom alleen in deelgebied Neerloon behandeld.

Deelgebieden waar volgens de Verordening ruimte geen cultuurhistorische elementen en structuren zijn, zijn niet opgenomen in dit hoofdstuk.



Afbeelding 3-3 (1 van 2) *De cultuurhistorische landschappen, elementen en structuren volgens de omgevingsverordening ruimte van de Provincie Noord Brabant.*



Afbeelding 3-3 (2 van 2) *De cultuurhistorische landschappen, elementen en structuren volgens de omgevingsverordening ruimte van de Provincie Noord Brabant.*

Deelgebied Kraaijenbergse Plassen

Historisch groen: Maasheggen

De Maasheggen in de Kraaijenbergse Plassen liggen in het Unesco Biosfeergebied de Maasheggen. De Hooge Voort en de Lommerstraat worden aan de zuidzijde begeleid door een robuuste Maasheg. Het oostelijke deel van de Maasheg langs de Hooge Voort is echter wegens een calamiteit tijdens een hoogwater verwijderd. Het overgrote deel van de nog wel aanwezige Maasheg langs de Lommerstraat staat op ruime afstand van de dijk.

De kaart van de verordening ruimte impliceert dat een Maasheg langs de Sluisgraaf tot aan de teen van de dijk loopt. Dit is echter niet zo. De Maasheg blijft op ruime afstand van de dijk.

Deelgebied Vesting Grave

Historische stedenbouw: Grave

Dit cultuurhistorie gebied uit de omgevingsverordening is indirect al voldoende in de gebiedsomschrijving van Grave in paragraaf 3.1.1 en voor de monumenten van Grave in paragraaf 3.1.2 opgenomen.

Historisch groen: Vestingbeplanting Grave

De verordening vermeld historische beplanting op de vestingwerken. Dit betreft de beplanting op het Visioterrein en de bomenrij langs Bomvrije. De dijk blijft echter op ruimte afstand van de beplanting aangezien de dijk ingeklemd ligt tussen de Raam en de particuliere kavels van Bomvrije.

Deelgebied Lage Wijth

Historische zichtrelatie

De verordening vermeld een zichtrelatie. Het betreft hier de zichtrelatie tussen de “heilige drie-eenheid” (de kerk van Sint Vincentius, Capucijnenklooster Emmaus en het voormalige kloostercomplex van de Redemptoristinnen) en de Mars en Wijthdijk met de omliggende polders en historische landschapsstructuren. Deze relatie is reeds behandeld in de gebiedsomschrijvingen in paragraaf 3.1.1.

Historisch groen: Struweelbeplanting Merriedel, Keent

Het binnendijkse driehoekige natte bosje is volgens de verordening een bos rond een wiel met opstanden uit de periode van 1850-1910. Het bosje licht op ongeveer 15 meter van de dijk. Ten zuidoosten ligt om het bosje de restant van een oud dijkje.

Deelgebied Reek

Historische stedenbouw: Overlangel

Het oeverwaldorp ligt gesitueerd aan de dijk. De bebouwing ligt met name geconcentreerd langs de oeverwal, hoofdzakelijk bestaande uit boerderijen (plaatselijk, vooral aan de noordwestelijke zijde van het dorp op terpen) met centraal de pastorie, scholen en Sint-Antoniuskerk (1854-1855). In de directe omgeving boerderijen op terpen.

Het oeverwaldorp ligt haaks op de dijk en raakt de dijk met de Doctor Ruijsstraat en de oude gebouwen van Maasdijk 3 en Maasdijk 4. De rijbaan van de Doctor Ruijsstraat is smal met dicht daar tegenaan de gebouwen van Maasdijk 4. De dorpsrand oogt hier pittoresk door de weelderige kavelbeplanting en de oude bebouwing.

Deelgebied Neerloon

Historische stedenbouw: Neerloon

Oeverwaldorp met kerk aan de dijk en dorpskern ten zuiden daarvan. Het dorp heeft een Langgerekte hoofdvorm evenwijdig aan de dijk met een lager gelegen binnendijkse weg als gevolg van uitbreidingen langs de oeverwal. In de kern liggen karakteristieke gebouwengroep bestaande uit boerderijen, Sint-Victorkerk en langs de Maasdijk veelal T-boerderijen.

Historische groen: Bakenbomen langs de Maas
Bakenbomen zijn populieren die op de oevers langs de rivier staan en de grens tussen land en water markeren. Ze staan in een rij met een onderlinge afstand van ongeveer honderd meter en komen voornamelijk langs het bedijkte deel van de Maas voor. Ze zijn in de jaren dertig van de vorige eeuw, bij de kanalisatie van de Maas geplant, als bakens voor begeleiding van het scheepvaartverkeer.

Cultuurhistorische landschappen en gebieden omgevingsverordening

Provincie Noord-Brabant heeft gebieden aangewezen die planologisch beschermd zijn in de Omgevingsverordening Noord-Brabant. De beschrijvingen uit de verordening geven handvatten voor de inpassing van de dijkversterking. In deze paragraaf zijn de voor de dijkversterking relevante onderdelen van de beschrijvingen samengevat.

Cultuurhistorisch waardevol gebied Eiland van Gassel
Cultuurhistorisch waardevol gebied Eiland van Gassel ligt in CuRa-deelgebied Kraaijenbergse Plassen.

Het oude cultuurland van het 'eiland' van Gassel werd door een omringdijk beschermd tegen het water van de Maas en de Beerse Maas. Dit gebied is qua inrichting en landschapsbeeld goed bewaard gebleven. Het contrast tussen het kleinschalige, besloten landschap van het 'eiland' en het open, uitgestrekte landschap van de Beerse Overlaat is nog duidelijk zichtbaar.

De dorpen Escharen, Gassel, Nieuw-Gassel en Heihoek werden door een dijk beschermd tegen het water van de Maas. Verschillende delen van deze omringdijk, de Hooge Dijk (nu Hogendijk), zijn nog aanwezig. Diverse wielen getuigen van eerdere dijkdoorbraken. Vroeger, als de Maas buiten haar oevers trad, lag dit gebied als een schiereiland tussen de Maas en de Beerse Maas. Alleen in het noordwesten was het met Grave verbonden door de Escharense dijk, aangelegd vóór 1850.

De dijken, wielen, terpbewoning en verhoogde wegen herinneren nog aan het oude landschap. De voormalige heide op de zandopduiking is ontgonnen en bebost. In het noorden bevindt zich een hakhoutgebied met veel onverharde wegen. Rond 1900 was het eiland van Gassel een kleinschalig gebied met een mozaïek van akkers, graslanden, bosjes en kleine heideveldjes, met enkele grotere akkercomplexen. De kleinschaligheid en vormen van bodemgebruik zijn nauwelijks veranderd, behalve dat de heidevelden vrijwel allemaal zijn omgezet in bos. Ook de wegenstructuur is vrijwel onveranderd.

Planologische beschermde waarden/kenmerken relevant voor de dijkversterking:
- De Escharense Dijk
- De Hogendijk
- De wielen
- De akkercomplexen
- Het hakhoutrelicten van traditionele Maasheggen in de polder ten noorden van Gassel
- De onverharde wegen
- De terpen met bebouwing
- De verhoogd aangelegde wegen

Cultuurhistorisch waardevol gebied Keent
Cultuurhistorisch waardevol gebied Keent ligt in de CuRa-deelgebieden West (Koninginnedijk), Lage Wijth en Keent.

Het gebied Keent heeft zijn huidige vorm gekregen door afsnijding van een Maasmeander omstreeks 1935. Het dijkenpatroon en de goed herkenbare meander illustreren de belangrijke werken die in de crisisjaren zijn uitgevoerd om de afvoer van de Maas te verbeteren.

Zowel het binnendijkse gebied als de uiterwaard zijn in gebruik als grasland en weiland. Bij de maasoevers zijn natte graslanden aanwezig. In de uiterwaard liggen nog enkele waardevolle relicten van Maasheggen.

In de Tweede Wereldoorlog is dit gebied in gebruik geweest als militair hulpvliegveld. In het uiterste oosten van het gebied staat het Van Sassegemaal, in 1929 gebouwd in het kader van de verbetering van de waterhuishouding van de Raam. Dit was nodig geworden door de bouw van de stuw in de Maas ten noorden van Grave. Vlakbij ligt een brugkazemat uit 1937. Waardevolle samenhang bestaat tussen de oude Maasmeander en de zuidelijke Maasdijk. En tussen de Maaswerken, de afsnijding van de meander en de bouw van het Van Sassegemaal.

Planologische beschermde waarden/kenmerken relevant voor de dijkversterking:
- De oude Maasmeander
- De natte graslanden aan de Maasoever in de gedempte meander
- De dijken rondom Keent
- De wielen
- Het microreliëf in het landschap
- Het dijkenpatroon van Maasdijk (1928), de Oude Maasdijk (1330), Mars en Wijthdijk (1928);
- De relicten van Maasheggen
- Het Van Sassegemaal met kazemat
- De stuw en schutsluizen in de Maas bij Grave
- De Graafsche Raam
- Restanten van de loop van de Oude Maas
- Beplanting van meidoorn aan de Hans en Grietweg
- De brug over de Maas in het verlengde van de Keensteweg
- John S. Thompsonbrug (rijksmonumentnr., 514.153)
- Bevrijdingsteken monument aan de zuidelijke oprit naar de John S. Thompsonbrug
- Graafs Kazemattenmuseum ten noorden van het Gemaal van Sasse

Cultuurhistorisch waardevol gebied Beerse Overlaat
Cultuurhistorisch waardevol gebied Beerse Overlaat ligt in CuRa-deelgebied Lage Wijth en Keent.

De Beerse Maas is een overlaatsysteem dat eeuwenlang het landschap en het bodemgebruik heeft bepaald. Tal van dijken, kaden, weteringen en sluizen herinneren aan de wateroverlast, die vrijwel ieder jaar plaatsvond. Het verschijnsel van de Beerse Maas trad vanaf 1700 steeds frequenter op. De overlaat is pas gesloten in 1942.

Grote delen van de voormalige Beerse Overlaat zijn in de periode 1950 - 1980 onderhevig geweest aan ruilverkavelingen, waarbij de percelering grootschaliger is geworden en er voor het eerst boerderijen werden gebouwd in dit vroeger geheel onbebouwde gebied. Het zeer open en weidse karakter is echter nog goed bewaard gebleven. Het landschap, met de dijken, wielen en historische bebouwing op terpen laat nog veel zien van de historie van de Beerse Overlaat. De Hertogswetering is met zijn lengte van ruim dertig kilometer een van de langste weteringen van ons land. De wetering begint bij Grave en loopt door de laagste delen van het terrein naar Gewande, waar het water op de Maas wordt geloosd.

De samenhang tussen dijken, dwarskaden, weteringen, terpen en sluizen is waardevol. Ook de relatie tussen de openheid en het vrijwel ontbreken van bebouwing met de Beerse Maas is waardevol. Ondanks de bouw van nieuwe boerderijen heeft het gebied zijn weidse en open karakter behouden. Het gebied maakte als inundatiegebied onderdeel uit van de Zuiderwaterlinie.

Planologische beschermde waarden/kenmerken relevant voor de dijkversterking:
- De Hertogswetering
- De Peeldam bij Velp (deze is echter verdwenen)
- Maasdijk ten noorden van Velp
- Mars en Wijthdijk ten noorden van Velp
- Pannestaartweg tussen Oud Velp en Keent;
- Gemaal van Sasse

- Begroeiing langs de Mars en Wijthdijk en rond het wiel met Canadapopulier, eenstijlige meidoorn, zwarte els en wilg, overwegend uit de periode 1850-1910 (historisch groen “Struweelbeplanting Merriedel, Keent”)

Cultuurhistorische landschappen Beerse (en Baardwijkse) Overlaat

Cultuurhistorische landschappen Beerse (en Baardwijkse) Overlaat liggen in het gehele plangebied van CuRa.

Het gebied van de Beerse Overlaat weerspiegelt 700 jaar waterstaatgeschiedenis. Het systeem van de Beerse Maas was het meest uitgebreide overlaatstelsel van ons land. De inrichting en het gebruik van het gebied waren geheel op deze functie afgestemd. De vele landschapselementen vertellen het verhaal van deze bijzondere vorm van
waterbeheer.

Ontwikkelstrategie relevant voor de dijkversterking:
- Behoud open landschap.
- Behoud en beleefbaar maken van eendenkooien, dijken, waterlopen, wielen.
- Vergroten cultuurhistorische waardering door vergroting van beleving.

In het noorden ligt de Maas met haar uiterwaarden. Ten zuiden daarvan ligt een strook oud cultuurland op oeverwallen en donken, waar de dorpen en stadjes op liggen. Aan de zuidkant van deze vanouds bewoonde zone ligt een aaneenschakeling van laaggelegen komgebieden. Door deze kommen stroomde vroeger, bij hoge waterstanden op de Maas, een parallelrivier: de Beerse Maas. Het water uit de Maas stroomde bij Cuijk het land binnen om vervolgens een brede, traag stromende rivier te vormen naar ‘s-Hertogenbosch. Hierdoor was het lange tijd niet mogelijk om in deze komgebieden huizen te bouwen of akkers aan te leggen. De komgebieden werden extensief gebruikt als hooi- of weiland, als griend of als eendenkooi. Veel opgaande bomen trof men niet aan in de loop van deze Beerse Maas; bossen zouden de doorstroming van het water belemmeren.

De boerderijen, dorpen en steden, boomgaarden en akkers lagen op de donken en de stroomruggen langs de Maas en op de brede dekzandrug tussen ‘s-Hertogenbosch en Grave. Er was dus vanouds een groot verschil in visueel-landschappelijk opzicht tussen de vrij besloten oeverwallen en donken, de zeer open komgebieden en de besloten landschappen met elzen- en meidoornsingels en populierenbeplanting op de flanken van de dekzandruggen in het zuiden.

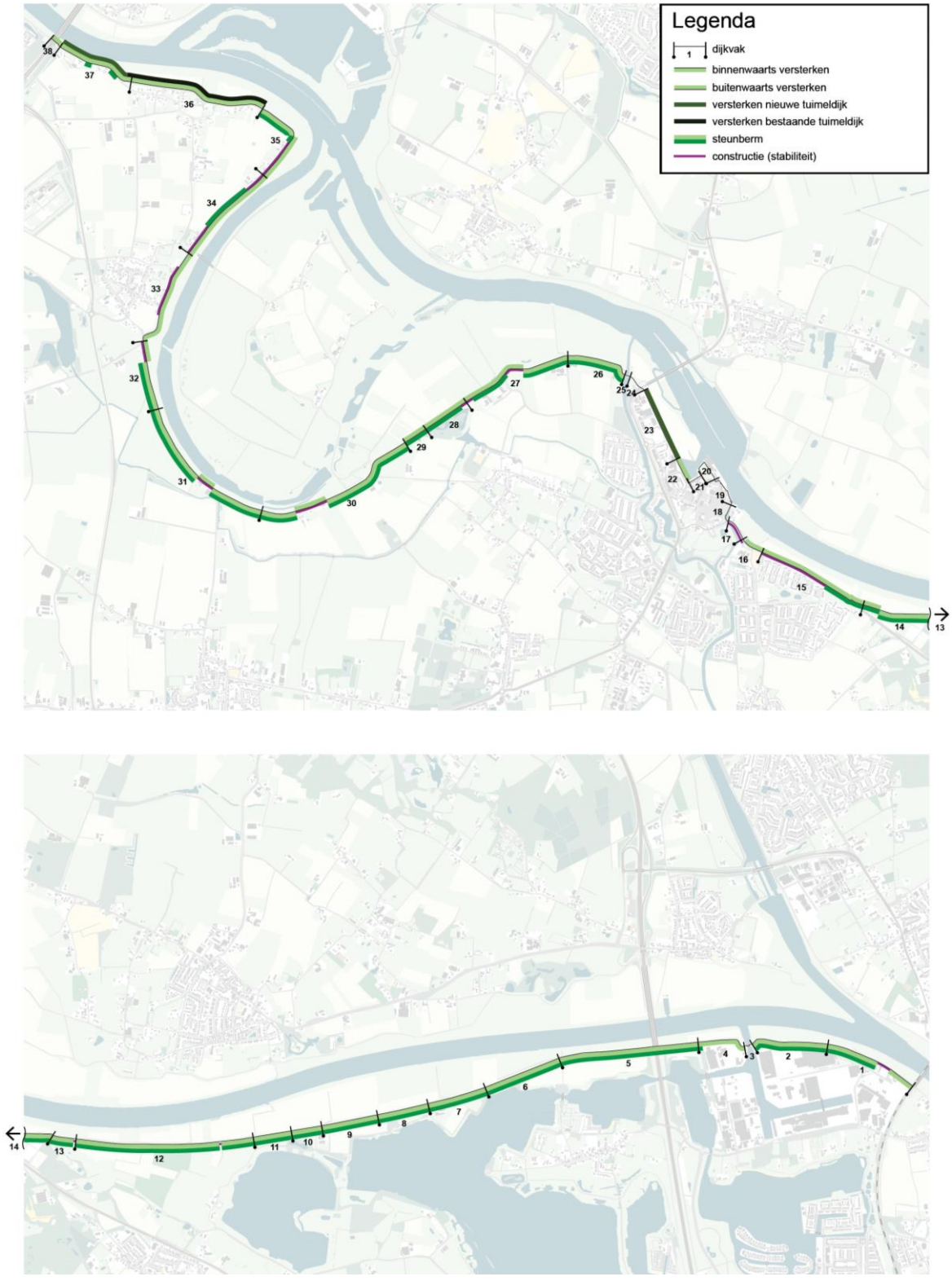
3.2 Autonome ontwikkeling

Niet van toepassing

4. Effectbeoordeling voorkeursalternatief

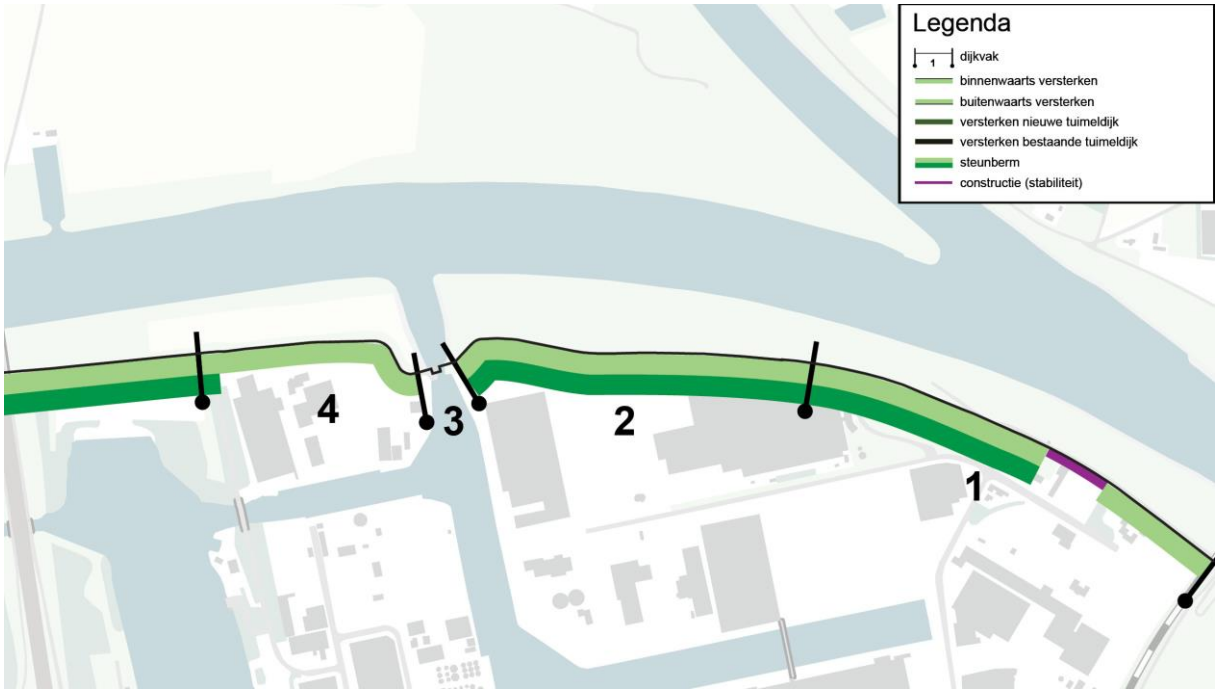
4.1 Effectbeoordeling

4.1.1 Effecten op landschappelijke waarden



Afbeelding 4-1 Schematische weergave van het VO voor de gehele dijkversterking

Deelgebied Haven-Cuijk



Afbeelding 4-2 Schematische weergave van het VO voor deelgebied Haven-Cuijk

De dijk

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige dijktracé

De dijk wordt eenduidig vanuit de buitenkruinlijn binnenwaarts versterkt, waarbij het huidige tracé wordt gevolgd. Uitzonderingen hierop zijn de onderdoorgang bij de A73 en bij de spoorlijn bij Everdineweerd 29, waar (lichte) slingers in de dijk komen. Het oorspronkelijk tracé blijft herkenbaar, maar wordt aangetast (-).

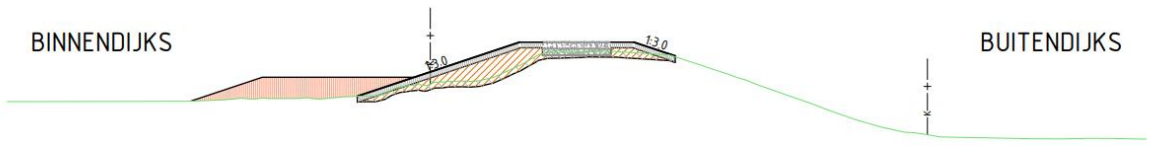
Belevingswaarde: Herkenbaarheid van de huidige verschijningsvorm van de dijk met een eenduidig dijkprofiel

De dijk wordt hoger, breder en krijgt binnenbermen. Daarmee wordt de dijk robuuster, en doordat de dijk momenteel geen bermen kent, verandert de verschijningsvorm. Alle taluds worden 1:3 waardoor de huidige onregelmatigheid in taludhellingen verleden tijd is. De dijk kent enkele overgangen van een dijk met berm naar dijk zonder berm. Deze overgangen vinden plaats op ruimtelijk logische locaties, zoals opritten van zijwegen. Behalve bij A177, waar de overgang conform het RKB vloeiend is vormgegeven. Over het geheel wordt de verschijningsvorm sterk aangetast (- -).

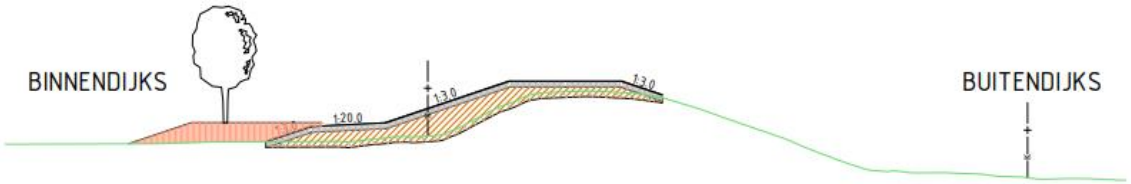
Binnendijkse landschap

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige aanliggende landschap

De binnenwaartse versterking raakt het binnendijkse landschap. Bedrijfskavels en voor het gebied waardevolle groenstructuren worden geraakt. De Maasheg-achtige beplantingsstructuur aan de Everdineweerd en de boomstructuur op de overgang van dijkvak 1 en 2 worden op een overhoogte tegen de dijk of tegen de berm teruggebracht. De Maasheg in dijkvak 5 (ten oosten van de A73) wordt versmald. Het oorspronkelijk landschap blijft herkenbaar, maar wordt door verbreding van dijk in areaal aangetast (-).



Afbeelding 4-3 De overhoogte waar de Maasheg aan de Everdineweerd op wordt aangebracht



Afbeelding 4-4 De overhoogte waar de boomstructuur op de overgang van dijkvak 1 en 2 op wordt aangebracht.

Belevingswaarde: De mate waarin het huidige landschap doorloopt tot aan de dijk
De bedrijfskavels blijven doorlopen tot de teen van de dijk, of tot de teen van de binnenberm. Het aanbrengen van de binnenberm zonder medegebruik in dijkvak 1 en 2 zorgt ervoor dat het landschap op afstand van het hoofdvolume (de dijk zonder de berm) van de dijk komt te liggen. Doordat de rijbaan van de Hooge Voort in dijkvak 5 op de berm komt te liggen loopt het landschap daar optisch door tot het hoofdvolume van de dijk. De mate waarop het landschap doorloopt tot het hoofdvolume van de dijk wordt door de berm sterk aangetast (- -).

Buitendijkse landschap
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het oorspronkelijke aanliggende landschap
De dijk wordt vanuit de buitenkruinlijn binnenwaarts versterkt, waardoor het buitendijkse landschap onveranderd blijft. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: De mate waarin het landschap doorloopt tot aan de dijk
De dijk wordt vanuit de buitenkruinlijn binnenwaartse versterkt, waardoor het buitendijkse landschap door blijft lopen tot de dijk. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Dijk		**Binnendijkse landschap**		**Buitendijkse landschap**		**Totaal**
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	
+ + +							
+ +							
+							
0					X	X	
-	X		X				X
- -		X		X			
- - -							

Tabel 4-1 Effectbeoordeling landschappelijke waarden deelgebied Haven-Cuijk

Deelgebied Kraaijenbergse Plassen



Afbeelding 4-5 Schematische weergave van het VO voor deelgebied Kraaijenbergse Plassen

De dijk

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige dijktracé

De dijk wordt eenduidig vanuit de buitenkruinlijn binnenwaarts versterkt, waarbij het huidige tracé wordt gevolgd.

Bij de onderdoorgang bij de A73 wordt het huidige tracé aangetast door een (lichte) slinger in de dijk.

Het tracé bestaande uit één lange curve tussen de hogere gronden rond Kraaijenberg/Linden in het oosten en de hogere gronden rond de Driesenweg in het westen blijft behouden. De knikpunten in de overgangen van bestaande dijk naar nieuwe dijk bij de Hardweg en de Driesenweg blijven duidelijk herkenbaar. Bij de Driesenweg wordt deze overgang zelfs versterkt door de rijbaan en kruinverhogen over het tracé van de voormalige omringdijk Vegetasseweg te leggen.

In dijkvak 14 blijft de knik in de dijk bij een voormalig wiel behouden en wordt de overgang naar buitenwaartse versterking bij Vegetasschewg 2 en deelgebied Oost volgens de lijnen van het huidige tracé vormgegeven.

Het oorspronkelijke tracé blijft overwegend herkenbaar. Bij de Driesenweg wordt het historische tracé van de oude ringdijk zichtbaar gemaakt. Bij de Hartweg wordt de knik in de dijk, die de overgang markeert van de oudere naar de nieuwere dijk (aangelegd na het sluiten van de Beerse overlaat), benadrukt. Bij de A73 wordt het tracé aangetast. Gesteld kan worden dat de verbetering de aantasting compenseert en ´onder de streep´ geen relevante verandering plaats vindt (0).

Belevingswaarde: Herkenbaarheid van de huidige verschijningsvorm van de dijk met een eenduidig dijkprofiel

De dijk wordt hoger, breder en krijgt een binnenberm. Daarmee wordt de dijk robuuster, en doordat de dijk momenteel geen (zichtbare) bermen kent, verandert de verschijningsvorm. Alle taluds blijven 1:3. De dijk kent alleen bij de Driesenweg een overgang van een dijk met berm naar dijk zonder berm. Deze overgang wordt opgevangen in de hogere met bos begroeide gronden. Overgangen in bermbreedtes vinden plaats op ruimtelijk logische locaties, of lopen vloeiend over conform het RKB. Vooral door de hogere en bredere dijk, en toevoegen van binnenbermen wordt de verschijningsvorm sterk aangetast (- -).

Binnendijkse landschap

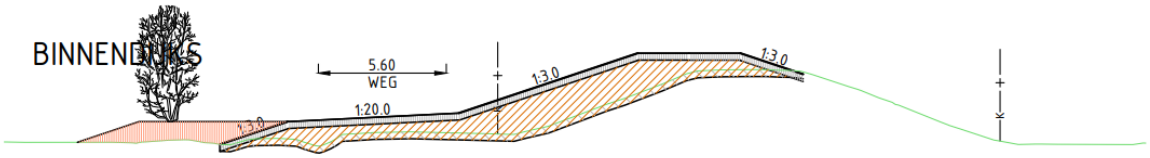
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige aanliggende landschap

De binnenwaartse versterking raakt het binnendijkse landschap. Het agrarische gebruik, en daarmee het kleinschalige landschap, tussen de Lommerstraat/Maasheggen en de dijk verdwijnt door het aanbrengen van

de binnenbermen. Wel blijven de tochtsloten, een oude groenstructuur (voormalige tochtsloot) en de dijkopgangen de binnenberm onderbreken.

Het oorspronkelijke landschap bij dijkvak 14 en ten zuiden van de Lommerstraat en de Maasheggen blijft herkenbaar. Maar door het aanbrengen van de binnenbermen wordt in dijkvak 6-13 het landschap direct tegen de dijk aan sterk aangetast (- -).

Belevingswaarde: De mate waarin het huidige landschap doorloopt tot aan de dijk
In dijkvak 5 blijft het landschap doorlopen tegen het hoofdvolume van de dijk. Dit komt doordat de rijbaan van de Hooge Voort op de berm komt te liggen en de Maasheg tegen de Hooge Voort wordt teruggebracht. Het aanbrengen van de binnenberm zonder medegebruik in dijkvak 6-13 zorgt ervoor dat het landschap op afstand van het hoofdvolume van de dijk komt te liggen. In dijkvak 14 blijft het landschap tot tegen de teen van de dijk lopen. De mate waarop het landschap doorloopt tot de dijk wordt door de berm sterk aangetast (- -).



Afbeelding 4-6 *In dijkvak 5 blijft het landschap doorlopen tegen het hoofdvolume van de dijk, doordat de rijbaan van de Hooge Voort op de berm komt te liggen en de Maasheg tegen de Hooge Voort wordt teruggebracht.*

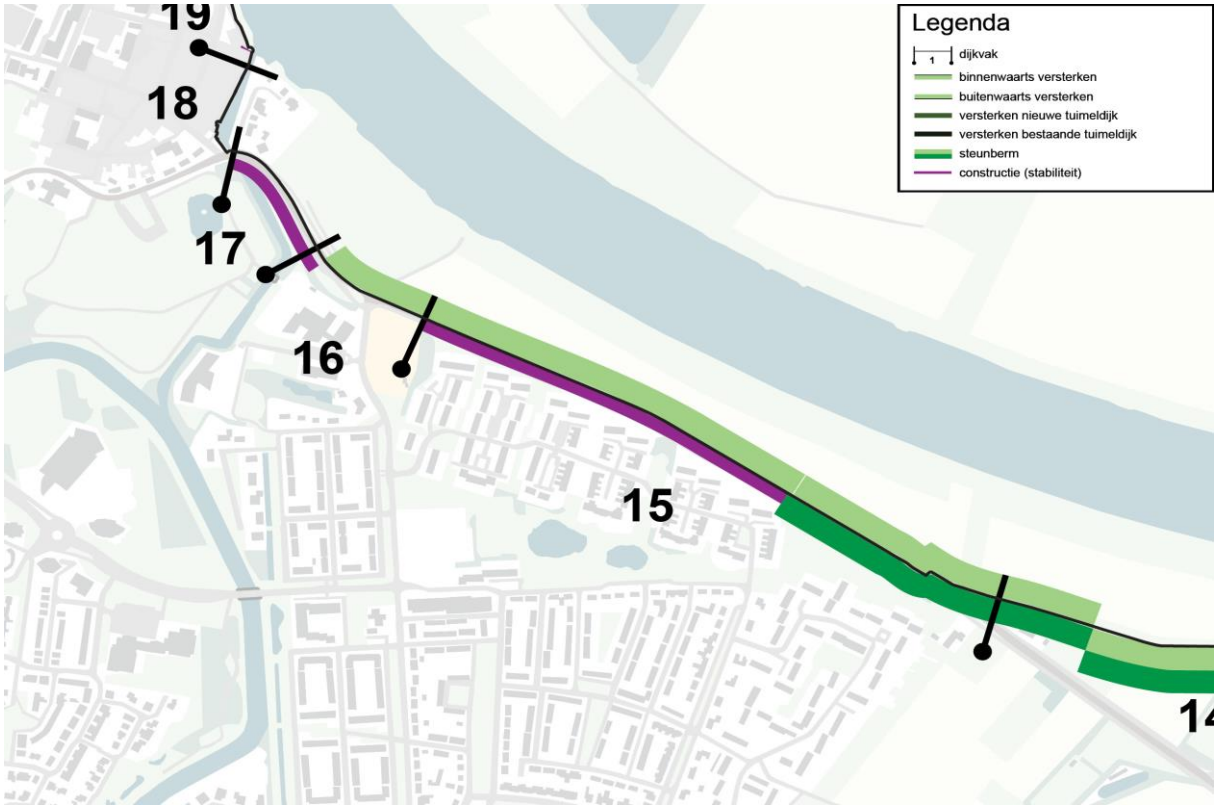
Buitendijkse landschap
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het oorspronkelijke aanliggende landschap
De dijk wordt vanuit de buitenkruinlijn naar binnen versterkt, met uitzondering van een kleine buitenwaartse versterking bij Vegetasscheweg 2. De meekoppelkans Beerse Overlaat maakt in het buitendijkse gebied het cultuurhistorisch erfgoed in het landschap zichtbaar en beleefbaar. Vooral door de meekoppelkans Beerse Overlaat wordt de herkenbaarheid van het oorspronkelijke landschap aanzienlijk verbeterd (+).

Belevingswaarde: De mate waarin het landschap doorloopt tot aan de dijk
De dijk wordt vanuit de buitenkruinlijn binnenwaarts versterkt, waardoor het buitendijkse landschap door blijft lopen tot de dijk. Ook bij Vegetasscheweg 2 loopt het landschap tot aan de dijk. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Dijk		**Binnendijkse landschap**		**Buitendijkse landschap**		**Totaal**
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	
+ + +							
+ +					X		
+							
0	X					X	
-							X
- -		X	X	X			
- - -							

Tabel 4-2 *Effectbeoordeling landschappelijke waarden deelgebied Kraaijenbergse Plassen*

Deelgebied Oost (Jan van Cuijkdijk)



Afbeelding 4-7 Schematische weergave van het VO voor deelgebied Oost (Jan van Cuijkdijk)

De dijk

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige dijktracé

De dijk wordt eenduidig vanuit de binnenkruinlijn buitenwaarts versterkt, waarbij het huidige tracé wordt gevolgd. De nieuw te realiseren rotonde van de N321 is echter een verstorend elementen in het tracé. De aansluiting naar dijkvak 14 kent een lichte verschuiving en vindt vloeiend plaats volgens de lijnen van het huidige tracé. De aansluiting van het tracé op deelgebied Grave blijft (op de kruinverhoging na) nagenoeg onveranderd. Het huidige tracé wordt aangetast (-).

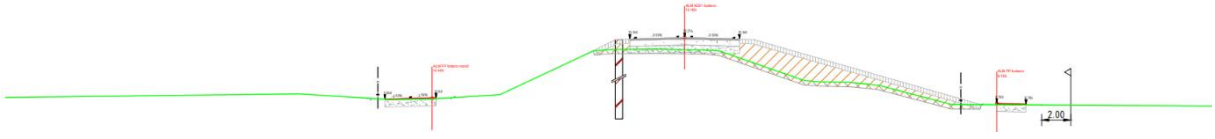
Belevingswaarde: Herkenbaarheid van de huidige verschijningsvorm van de dijk met een eenduidig dijkprofiel

De dijk wordt hoger, door de vernieuwde N321 veel breder (en door een rotonde bij de Estersveldlaan lokaal nog breder) en krijgt een binnenberm tussen A253 en A256. Daarmee wordt de dijk robuuster, de inrichting van de kruin wordt onrustiger (door de rotonde) en doordat de dijk momenteel geen steunbermen kent, verandert de verschijningsvorm. De dijk lijkt meer op een grondlichaam van een weg. Het binnentalud blijft 1:2 en het buitentalud wordt 1:3, wat past binnen de richtlijnen van het RKB. De dijk kent twee overgangen van een dijk met berm naar dijk zonder berm. Deze overgangen vinden vloeiend plaats conform het RKB. Over het geheel wordt de verschijningsvorm, door binnenberm in combinatie met de herinrichting van de N321 zeer sterk aangetast (- - -).

Binnendijkse landschap

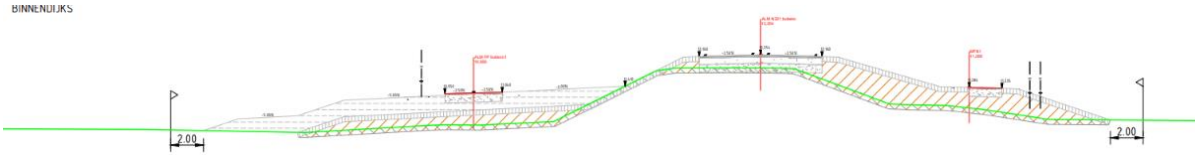
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige aanliggende landschap

Door de buitenwaartse (vanuit de binnenkruinlijn) versterking wordt vanaf A256 het binnendijkse landschap gespaard. Door het toepassen van een constructie ten behoeve van binnenwaartse stabiliteit en door het tracé van het fietspad aan de bomen aan te passen, worden de binnendijkse bomen behouden.



Afbeelding 4-8 De buitenwaartse versterking met de binnendijkse constructie hoog in de dijk.

Tussen A253 en A256 en komt echter een binnenberm. Deze gaat ten koste van de huidige robuuste groenstructuur. De groenstructuur en fietspad worden op een overhoogte teruggebracht op de berm. Het oorspronkelijk landschap blijft herkenbaar, maar wordt door de binnenberm met overhoogte aangetast (-).



Afbeelding 4-9 De buitenwaartse versterking met de binnendijkse berm met overhoogte t.b.v. de groenstructuur.

Belevingswaarde: De mate waarin het huidige landschap doorloopt tot aan de dijk
Op het traject zonder berm lopen de binnendijkse waarden (bomen, begraafplaats, de Raam) tot de teen van de dijk. Doordat het fietspad en de groenstructuur op de berm komt te liggen loopt het landschap daar optisch door tot het hoofdvolume van de dijk. De mate waarop het landschap doorloopt tot de dijk wordt door de berm wel aangetast (-).

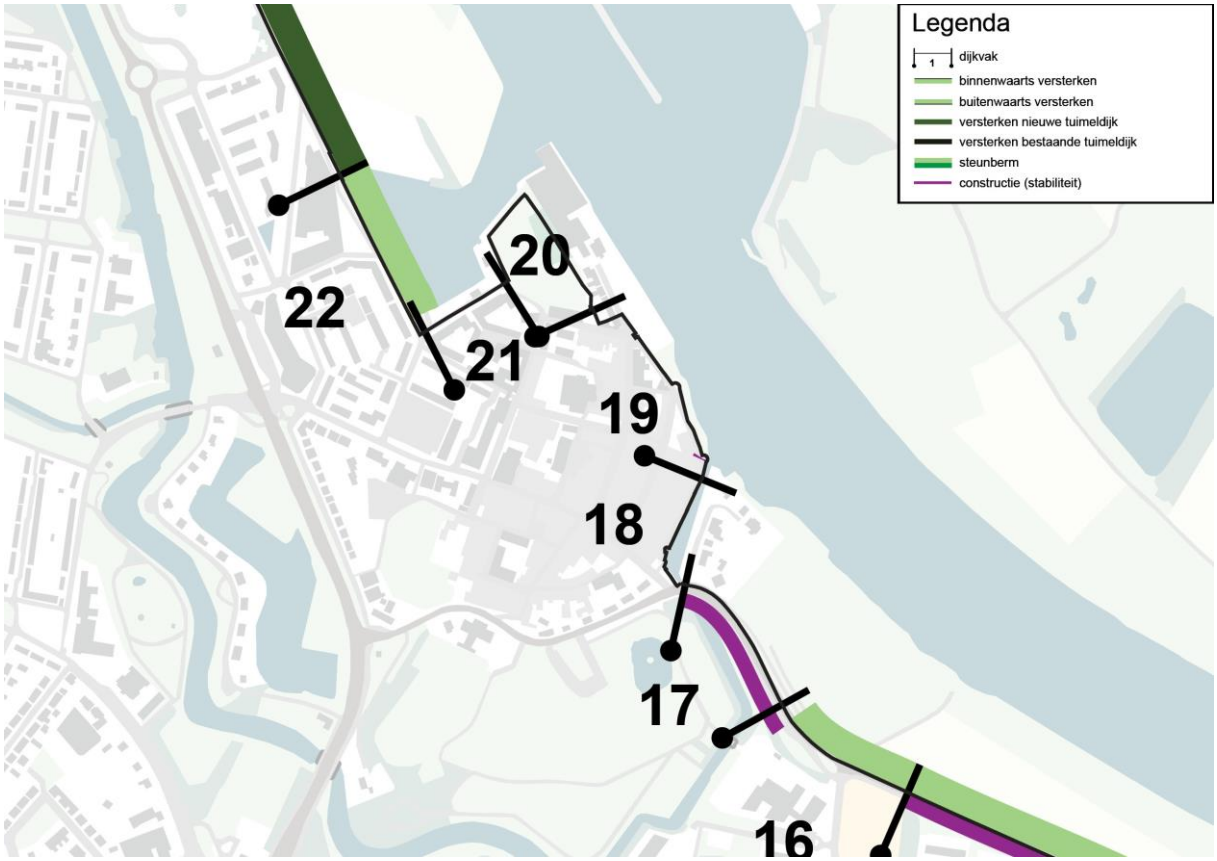
Buitendijkse landschap
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het oorspronkelijke aanliggende landschap
De buitenwaartse versterking raakt het buitendijkse landschap. Het betreft landbouwkavels, de oude toegangsweg naar het verdwenen veer, het terrein van het Graafse Cloveniersgilde en het evenemententerrein. De aansluiting naar het veer wordt hersteld, het terrein van het gilde wordt met de dijk mee richting de Maas geschoven en het landbouwareaal en het evenemententerrein worden verkleind. Het resultaat is dat de uiterwaarden nog smaller wordt en de dijk dichter naar de rivier komt. Het buitenwaarts gaan en het verhogen van de dijk hebben tevens als gevolg dat het uitzicht vanuit de woningen aan de Dokter Kanterslaan, richting het buitendijkse landschap, afneemt. Het oorspronkelijk landschap blijft herkenbaar, maar wordt door verbreding van dijk in areaal en beleving aangetast (-).

Belevingswaarde: De mate waarin het landschap doorloopt tot aan de dijk
Het buitendijkse landschap loopt, net zoals in de huidige situatie, tot aan de teen van de dijk. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Dijk		**Binnendijkse landschap**		**Buitendijkse landschap**		**Totaal**
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	
+ + +							
+ +							
+							
0						X	
-	X		X	X	X		
- -							X
- - -		X					

Tabel 4-3 Effectbeoordeling landschappelijke waarden deelgebied Oost (Jan van Cuijkdijk)

Deelgebied Vesting Grave



Afbeelding 4-10 Schematische weergave van het VO voor deelgebied Vesting Grave

De kering

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige dijktracé

De kering blijft, net zoals in de huidige situatie de vestingmuur volgen. Tevens wordt de verdwenen vestingmuur in de Havenstraat weer opnieuw opgebouwd, waardoor het huidige tracé van de kering daar ook beter herkenbaar wordt. Door het zichtbaar maken van kering/vestingmuur vindt een verbetering plaats (+).

Belevingswaarde: Herkenbaarheid van de huidige verschijningsvorm van de dijk met een eenduidig dijkprofiel

Er vinden kleine wijzigingen plaats aan de vestingmuur. Op enkele plekken wordt de muur opgehoogd. Op andere plekken worden cortenstalen elementen in de muur verwerkt, waarop en waaraan de demontabele kering kan worden bevestigd. Dit wordt op een eenduidige manier gedaan conform het RKB (zie hoofdstuk 4 van het Ruimtelijk kwaliteitsbeeld). Tevens worden de Raamsluis, rondeel Prinsenstal en de Maaspoort zodanig aangepast dat ze nog beter beleefbaar zijn en dat hun historisch functioneren beter afleesbaar is. Ook wordt de oude vestingmuur in de Havenstraat als kering opgebouwd en zichtbaar gemaakt. De verschijningsvorm van de oude vestingmuur blijft gelijk, de herkenbaarheid van de muur als waterkering wordt vergroot en beleefbaarheid/afleesbaarheid van onderdelen van de vestingmuur worden sterk verbeterd. Er vindt een sterke verbetering plaats (+ +).



Figuur 4-11 *Rondeel Prinsenstal in de huidige situatie.*



Figuur 4-12 *Visualisatie van het aangepaste rondeel Prinsenstal bij laagwater. De muur rechts, achter de persoon, is opgehoogd. De ronde muur van het rondeel is opgehoogd en in de rest van het rondeel zijn cortenstalen elementen in de muur verwerkt, waarop en waaraan de demontabele kering kan worden bevestigd.*



Figuur 4-13 *Visualisatie van het aangepaste rondeel Prinsenstal bij extreem hoogwater, met demontabele kering.*



Figuur 4-14 *De Maaspoort in de huidige situatie.*



Figuur 4-15 *Visualisatie van de aangepaste Maaspoort bij laagwater. De doorloop is weer (meer historisch correct) open gemaakt. In de pilaren van de Maaspoort en op de lage muren zijn cortenstalen elementen de muur verwerkt, waarop en waaraan de demontabele kering kan worden bevestigd.*



Figuur 4-16 *Visualisatie van de aangepaste Maaspoort bij extreem hoogwater, met demontabele kering.*

Landschap binnen de kering

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige aanliggende landschap

Over het algemeen vinden geen veranderingen plaats in de aanliggende openbare ruimte. Alleen bij de Havenstraat vindt herinrichting plaats, met het aanbrengen van bomen en een aantrekkelijke verblijfsruimte conform de Visie op de vesting Grave. Deze herinrichting gebeurt over een zeer beperkt deel langs de kering in Grave, waardoor over het gehele deelgebied het positieve effect beperkt is. Er vindt een verbetering plaats (+).



Figuur 4-17 *De Havenstraat in de huidige situatie: geen zichtbare vestingmuur, een rommelig aanzicht van de haven, en matige verblijfskwaliteit in de openbare ruimte.*



Figuur 4-18 *Visualisatie van de vestingmuur als waterkering en de her in te richten openbare ruimte in de Havenstraat: zichtbare vestingmuur en openbare ruimte met meer verblijfskwaliteit.*

Belevingswaarde: De mate waarin het huidige landschap doorloopt tot aan de dijk

De openbare ruimte blijft net zoals in de huidige situatie doorlopen tegen de vestingmuur/kering. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Landschap buiten de kering

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het oorspronkelijke aanliggende landschap

Er vinden geen veranderingen plaats in de aanliggende openbare ruimte. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

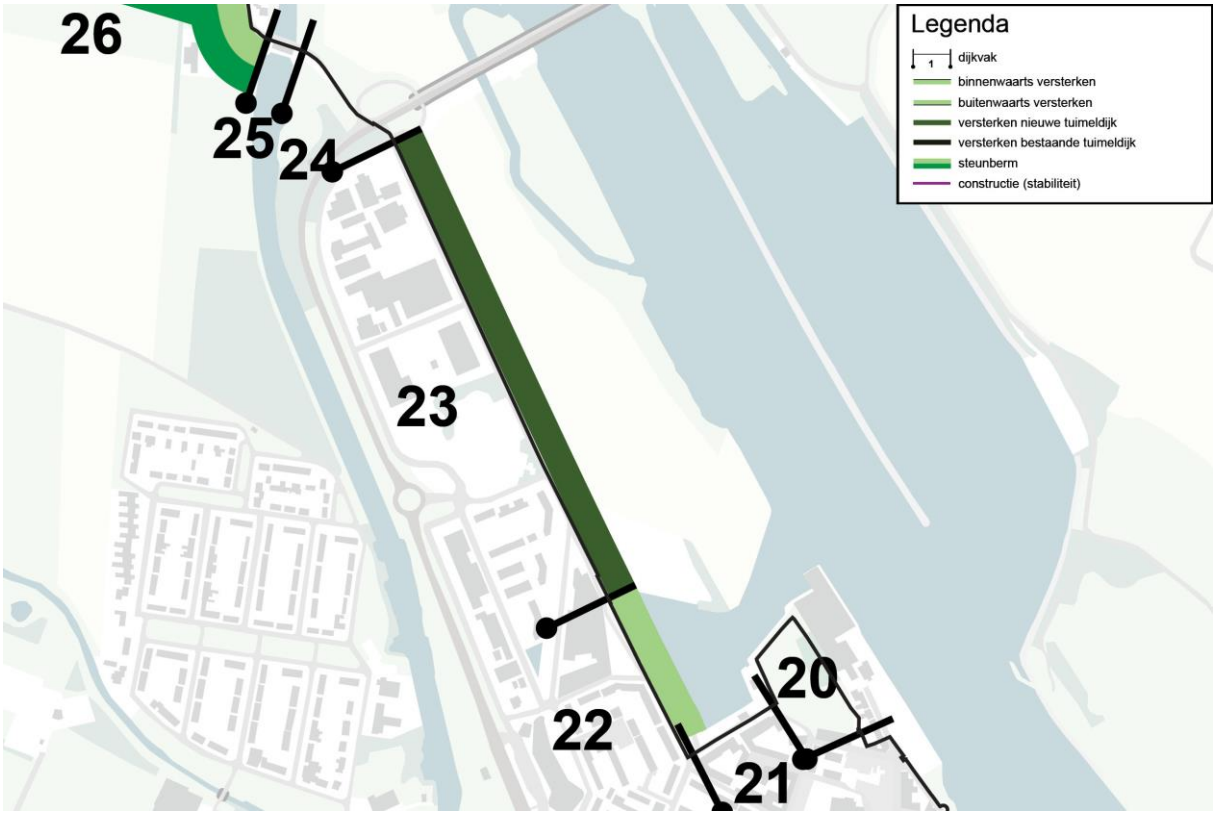
Belevingswaarde: De mate waarin het landschap doorloopt tot aan de dijk

De openbare ruimte blijft net zoals in de huidige situatie doorlopen tegen de vestingmuur/kering. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Dijk		Binnendijkse landschap		Buitendijkse landschap		Totaal
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	
+ + +							
+ +		X					
+	X		X				X
0				X	X	X	
-							
- -							
- - -							

Tabel 4-4 Effectbeoordeling landschappelijke waarden deelgebied Vesting Grave.

Deelgebied West (Koninginnedijk)



Afbeelding 4-19 Schematische weergave van het VO voor deelgebied West (Koninginnedijk)

De dijk

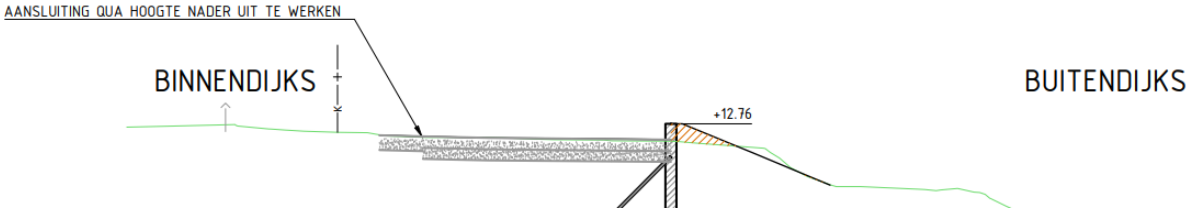
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige dijktracé

De dijk wordt buitenwaarts versterkt, waarbij het huidige tracé wordt gevolgd. Met uitzondering van de aansluiting op de Havenstraat. Bij de Havenstraat slingert de kering om de parkeervakken heen. Dit staat in contrast met het versterken van de Koninginnedijk als ‘klare lijn’ (doel uit het VKA), met een uniform profiel

(doel Waterveiligheid Grave aan de Maas, schetsboek) dat de vestingstructuur doorsnijdt. Hoewel ruimtelijk een verbetering plaats vindt van de huidige situatie wordt de herkenbaarheid van het dijktracé aangetast (-).

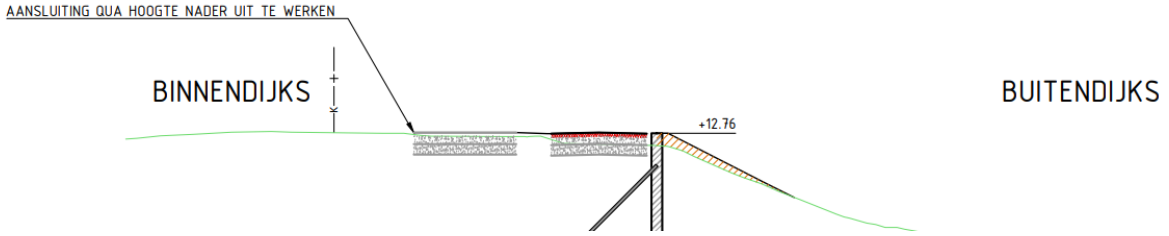
Belevingswaarde: Herkenbaarheid van de huidige verschijningsvorm van de dijk met een eenduidig dijkprofiel
De dijk wordt hoger, breder en wordt voor een deel een tuimeldijk. Daarmee wordt de dijk robuuster, en doordat de dijk momenteel geen tuimeldijk heeft, verandert de verschijningsvorm. Het dijkprofiel varieert door diverse redenen: variatie in dijkhoogtes t.b.v. waterveiligheid, variatie in dorpelhoogtes aanliggend panden, onderscheid in gewone dijk en tuimeldijk. Onderstaand is de variatie in dijkprofielen opgesomd als de dijk vanaf Grave richting de John S. Thompsonbrug wordt gevolgd.

A275
Lage kruin met rijbaan (ca. +12.16 NAP), laaggelegen woningen, parkeerplaatsen en muurtje (+12.76 NAP), talud 1:2,5.



Figuur 4-20 Dwarsprofiel A275

A276
Hoge kruin met rijbaan (+12.76 NAP), hoger gelegen woningen, talud 1:2,5.



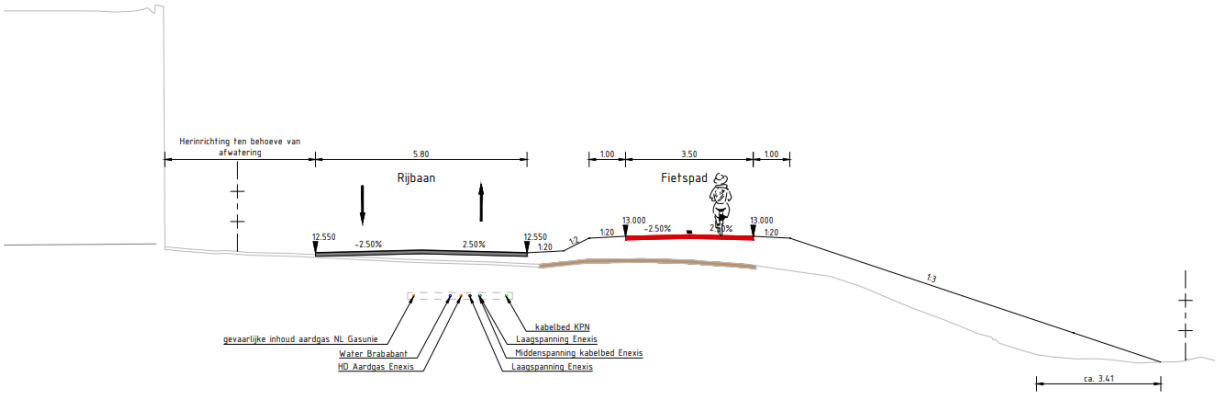
Figuur 4-21 Dwarsprofiel A276

A276.50
Hoge kruin met fietspad (+12.76 NAP), hoog gelegen Catharinahof, talud 1:2,5. Hier is geen profiel voor beschikbaar.

A277.50
Hoogste kruin met fietspad (+13.00 NAP), hoog gelegen Catharinahof, talud 1:3. Hier is geen profiel voor beschikbaar.

A278
Hoogste kruin met fietspad en rijbaan (+13.00 NAP), hoger gelegen woningen, talud 1:3. Hier is geen profiel voor beschikbaar.

A279
Hoogste kruin met fietspad (tuimeldijk, +13.00 NAP), laag gelegen bedrijven, rijbaan ca. op originele dijkhoogte (+12.55 NAP), talud 1:3.



Figuur 4-23 Dwarsprofiel van de tuimeldijk

Het buitentalud van de tuimeldijk is 1:3, het talud bij de Nieuwe Haven is maximaal 1:2,5 wat past binnen de richtlijnen van het RKB. Dit verschil in hellingen wordt opgevangen in het talud bij het EMAB-terrein, waar het vloeiend verloopt volgens de principes van het RKB.

Over het geheel wordt de verschijningsvorm met een eenduidig profiel sterk aangetast (- -).

Binnendijkse landschap

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige aanliggende landschap

Doordat de binnendijkse openbare- en particuliere ruimte direct (zonder binnentalud) aansluit op de kruin van de dijk worden waarden geraakt: enkele bomen moeten wijken en de nieuwe kruinhoogte moet aansluiten op particuliere eigendommen. De rijbaan bij de tuimeldijk gaat binnenwaarts, wat ten koste gaat van openbare ruimte. Het huidige landschap verandert niet drastisch in negatieve zin, maar er vindt een aantasting van het landschap plaats (-).

Belevingswaarde: De mate waarin het huidige landschap doorloopt tot aan de dijk

Voor de overgang tussen de huidige openbare- en particuliere ruimte en de nieuwe kruinhoogte zijn diverse overgangen ontworpen (of moeten nog worden uitgewerkt) om de aansluiting te maken. De binnendijkse openbare ruimte loopt door tot aan, en uiteindelijk op de kruin van de dijk. Er vinden wel te veranderingen plaats, maar deze hebben geen positief of negatief effect op de mate waarin het landschap doorloopt tot aan de dijk (0).

Buitendijkse landschap

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het oorspronkelijke aanliggende landschap

De buitenwaartse versterking raakt het buitendijkse landschap. Het betreft landbouwkavels en het EMAB-terrein. De aansluiting naar de landbouwkavels het EMAB-terrein worden hersteld. Het oorspronkelijk landschap blijft herkenbaar, maar wordt door verbreding van dijk in areaal aangetast (-).

Belevingswaarde: De mate waarin het landschap doorloopt tot aan de dijk

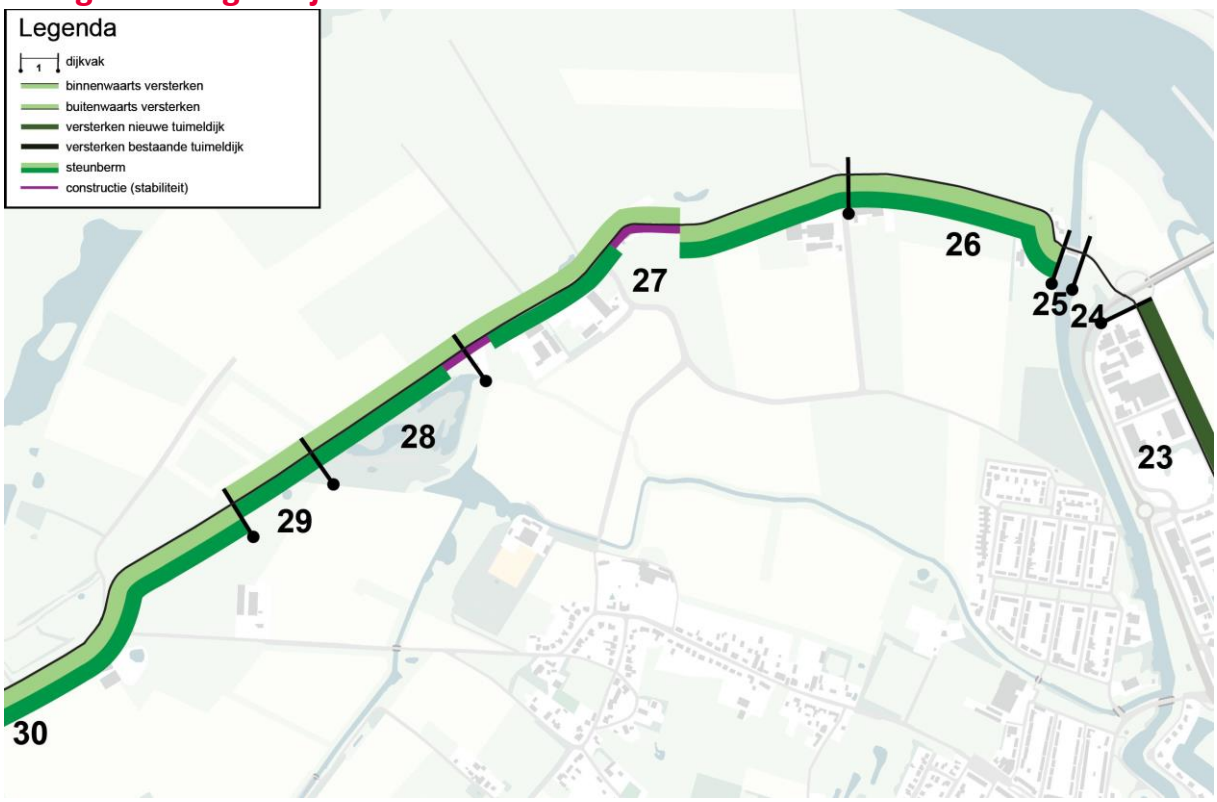
Het buitendijkse landschap loopt, net zoals in de huidige situatie, tot aan de teen van de dijk. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Dijk		**Binnendijkse landschap**		**Buitendijkse landschap**		**Totaal**
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	
+ + +							
+ +							
+							
0				X		X	
-	X		X		X		
- -		X					X

- - -							

Tabel 4-5 Effectbeoordeling landschappelijke waarden deelgebied West (Koninginnedijk).

Deelgebied Lage Wijth



Afbeelding 4-24 Schematische weergave van het VO voor deelgebied Lage Wijth.

De dijk

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige dijktracé

De dijk wordt eenduidig vanuit de buitenkruinlijn binnenwaarts versterkt, waarbij het huidige tracé wordt gevolgd. Uitzondering hierop zijn het dijktraject tussen John S. Thompsonbrug en Gemaal van Sasse, Gemaal van Sasse, Mars en Wijthdijk 3 en het dijktraject tussen A299 (Schuttershuisje) en A306:

- Het dijktraject tussen John S. Thompsonbrug en Gemaal van Sasse kent grotendeels geen hoogte opgave. Het deel met hoogteopgave wordt versterkt in combinatie met het gemaal. Gemaal van Sasse heeft een eigen inpassingopgave (zie paragraaf 4.1.2 Effecten op monumentale gebouwen).
- Bij Mars en Wijthdijk 3 gaat de dijk buitenwaarts.
- Het dijktraject tussen A299 (Schuttershuisje) en A306 gaat buitenwaarts om het binnendijkse Schuttershuisje (zie paragraaf 4.1.2 Effecten op monumentale gebouwen) en een nat bosje met cultuurhistorisch waardevolle beplanting (zie paragraaf 4.1.3 Effecten op overige cultuurhistorische elementen) te behouden.

De overgangen in asverschuivingen vinden vloeiend plaats conform het RKB en volgens de lijnen van het huidige tracé. Het oorspronkelijk tracé blijft herkenbaar, maar wordt aangetast (-).

Belevingswaarde: Herkenbaarheid van de huidige verschijningsvorm van de dijk met een eenduidig dijkprofiel

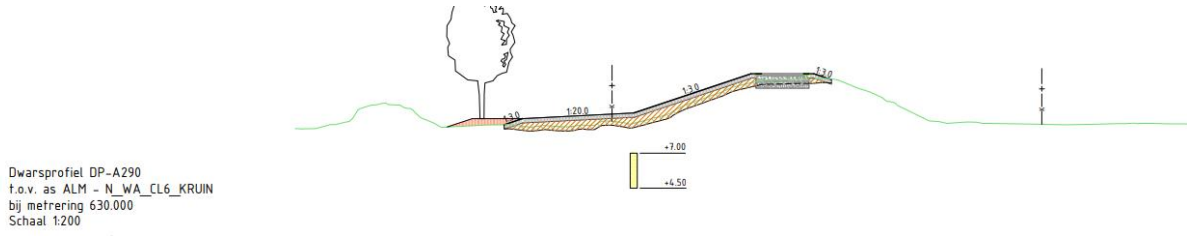
De dijk wordt hoger, breder en krijgt bijna overal binnenbermen. Daarmee wordt de dijk robuuster, en doordat de dijk momenteel maar één berm kent, verandert de verschijningsvorm. Alle taluds worden 1:3 waardoor de huidige onregelmatigheid in taludhellingen verleden tijd is. De dijk kent een aantal overgangen van een dijk met berm naar dijk zonder berm. Deze overgangen vinden plaats op ruimtelijk logische locaties zoals opritten en huidige grondvolumes aan de dijk. Behalve bij Mars en Wijthdijk 3, waar de overgang conform het RKB vloeiend is vormgegeven. Doordat de dijk bijna overal binnenbermen krijgt wordt de verschijningsvorm sterk aangetast (- -).

Binnendijkse landschap

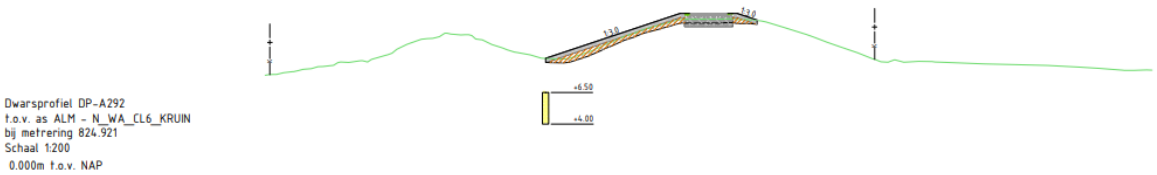
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige aanliggende landschap

De binnenwaartse versterking raakt het binnendijkse landschap. Voor het gebied waardevolle structuren worden geraakt.

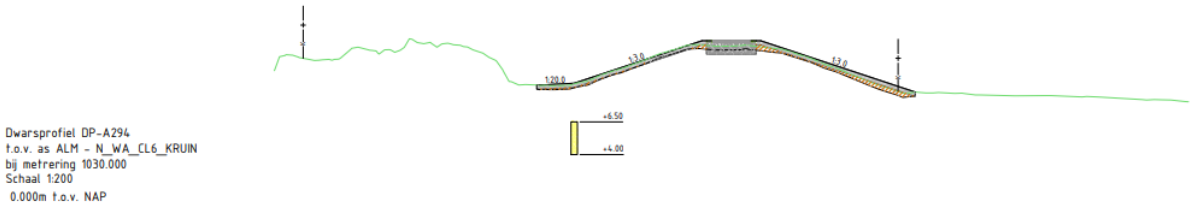
De Maasheg in dijkvak 26 wordt enkele meters ingekort. De kavelbeplanting van landbouwbedrijf Marsstraatje 1 wordt geraakt door een berm, en op en tegen de berm gecompenseerd. De twee relicten van een oude Maasdijk worden geraakt door een berm. De berm is echter zo laag mogelijk gehouden, waardoor het effect op de grondlichamen van de relicten nihil zijn en ze hoog boven de berm uit blijven komen.



Afbeelding 4-25 Compensatie van de kavelbeplanting van Marsstraatje 1.



Afbeelding 4-26 De dijkversterking in verhouding met het 1e relict van een oude Maasdijk.



Afbeelding 4-27 De dijkversterking in verhouding met het 2e relict van een oude Maasdijk.

De historische zichtrelatie tussen de “heilige drie-eenheid” (de kerk van Sint Vincentius, Capucijnenklooster Emmaus en het voormalige kloostercomplex van de Redemptoristinnen) en de Mars en Wijthdijk blijft behouden.

Het oorspronkelijk landschap blijft herkenbaar, maar wordt door verbreding van dijk en de hoeveelheid geraakte waarden sterk aangetast (- -).

Belevingswaarde: De mate waarin het huidige landschap doorloopt tot aan de dijk

Het landschap blijft doorlopen tot de teen van de dijk zonder berm (bij een aantal woonkavels en boerderijen), maar voornamelijk tot de teen van de binnenberm. Het aanbrengen van de binnenbermen zonder medegebruik zorgt ervoor dat het landschap op afstand van het hoofdvolume van de dijk komt te liggen. De mate waarop het landschap doorloopt tot de dijk wordt door de hoeveelheid bermen zeer sterk aangetast (- -).

Buitendijkse landschap

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het oorspronkelijke aanliggende landschap

De dijk wordt overwegend vanuit de buitenkruinlijn binnenwaarts versterkt. Op enkele plekken gaat de dijk buitenwaarts om binnendijkse waarden te behouden. Bij Mars en Wijth 3 wordt de Ketelkampweg geraakt. De weg markeert een cultuurhistorische structuur en wordt met de dijk mee naar buiten verplaatst. Bij het natte bosje met cultuurhistorisch waardevolle beplanting wordt buitendijks de cultuurhistorische structuur van de Horsensche Graaf geraakt deze wordt met de dijk mee naar buiten verplaatst.

Om de buitenwaartse stabiliteit te waarborgen wordt van het buitendijkse wiel bij A297 ongeveer de eerste drie meter vanaf de dijk gedempt.

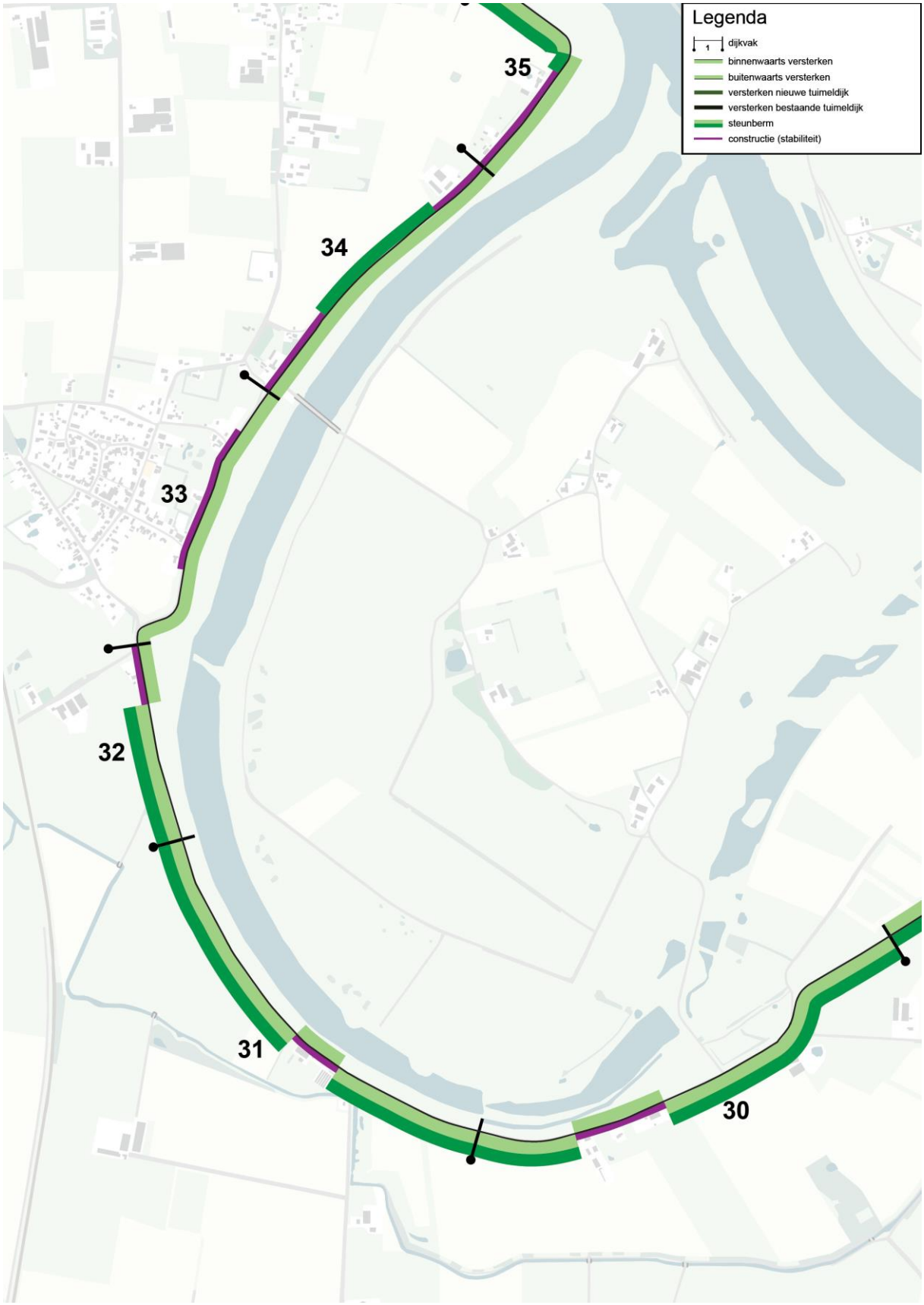
Het oorspronkelijk landschap blijft herkenbaar, maar wordt door verbreding van dijk en de hoeveelheid geraakte waarden sterk aangetast (- -).

Belevingswaarde: De mate waarin het landschap doorloopt tot aan de dijk
De dijk wordt voornamelijk vanuit de buitenkruinlijn binnenwaarts versterkt. Daar waar waarden worden geraakt worden deze teruggebracht, met uitzondering van het te dempen deel van het wiel bij A297. Het buitendijkse landschap blijft door lopen tot de dijk. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Dijk		**Binnendijkse landschap**		**Buitendijkse landschap**		**Totaal**
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	
+ + +							
+ +							
+							
0						X	
-	X						
- -		X	X	X	X		X
- - -							

Tabel 4-6 *Effectbeoordeling landschappelijke waarden deelgebied Lage Wijth.*

Deelgebied Keent

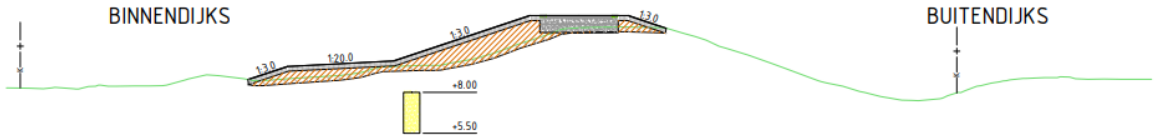


Afbeelding 4-28 Schematische weergave van het VO voor deelgebied Keent.

De dijk

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige dijktracé

De dijk tussen de Pannestaartweg en de Oude Graafsestraat, bestaande uit een lange bocht rond Keent, wordt vanuit de buitenkruinlijn binnenwaarts versterkt. Hierbij wordt het huidige tracé gevolgd. Uitzonderingen hierop liggen bij de binnendijkse woonkavels, waar de dijk lokaal buitenwaarts gaat. Bij overgangen in de asverschuivingen tussen binnenwaartse en buitenwaartse versterking wordt zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de lange bocht in de dijk. De overgangen verlopen vloeiend.



Afbeelding 4-29 Binnenwaartse versterking vanuit de buitenkruin



Afbeelding 4-30 Buitenwaartse versterking vanuit de binnenkruinlijn, met constructie bij de woonkavels.

Tussen de Oude Graafseweg en de scherpe bocht in de Maasdijk bij A360 wordt de dijk eenduidig vanuit de binnenkruinlijn buitenwaarts versterkt. Aan het begin en het einde van dit tracé vindt de overgang in de asverschuivingen tussen binnenwaartse en buitenwaartse versterking onopvallend plaats in de scherpe bochten in de dijk.

Over de gehele lengte volgt de versterkte dijk het huidige dijktracé. De overgangen in asverschuivingen tussen binnenwaartse en buitenwaartse versterkingen vinden vloeiend en niet zichtbaar plaats, conform het RKB. Het oorspronkelijk tracé blijft herkenbaar, maar wordt aangetast (-).

Belevingswaarde: Herkenbaarheid van de huidige verschijningsvorm van de dijk met een eenduidig dijkprofiel

De dijk wordt hoger, breder en krijgt bijna overal binnenbermen, behalve bij de woonkavels. Daarmee wordt de dijk robuuster, en doordat de dijk momenteel niet overal bermen heeft en de huidige bermen smal zijn, verandert de verschijningsvorm drastisch. Alle taluds worden 1:3, behalve tussen de Oude Graafseweg en de scherpe bocht in de Maasdijk bij A360. Daar worden het buitentalud 1:3,5 ten behoeve van de buitenwaartse stabiliteit, wat past binnen de richtlijnen van het RKB.

De dijk kent bij de binnendijkse woonkavels overgangen van een dijk met berm naar dijk zonder berm. Tussenruimtes kleiner dan 150 meter tussen de woonkavels krijgen geen berm. De overgangen van dijk met berm naar dijk zonder berm vinden vloeiend plaats, conform het RKB.

De wegaansluiting van de Steeg wordt ondergeschikt gemaakt aan de doorgaande lijnstructuur van de dijk, wat bijdraagt aan een eenduidig doorlopend dijkprofiel. Daarnaast wordt de huidige recreatieve voorziening omgevormd tot een rustpunt (meekoppelkans Schans Reek) dat qua vormgeving, beleving en informatievoorziening verwijst naar de schans die er ooit gelegen. De schans maakt onderdeel uit van de tijdelijke circumvallatielinie bij de belegering van Graven in 1602. Meekoppelkans Schans Reek maakt samen met de aanpassing aan de Steeg cultuurhistorisch erfgoed van dijk zichtbaar en beleefbaar.

Doordat de dijk bijna overal, waar dat ruimtelijk mogelijk is, binnenbermen krijgt en door de sterke afwisseling tussen dijk met berm - dijk zonder berm wordt de verschijningsvorm sterk aangetast. Door de meekoppelkans Schans Reek wordt de beleefbaar van een tijdsperiode van cultuurhistorisch erfgoed van dijk aanzienlijk

verbeterd. Gesteld kan worden dat de verbetering de aantasting compenseert en ´onder de streep´ geen relevante verandering plaats vindt (0).

Binnendijkse landschap
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige aanliggende landschap
De binnenwaartse versterking raakt het binnendijkse landschap. Waar de dijk buitenwaarts wordt versterk komen binnenwaarts bermen. De binnendijkse woonkavels, waardevolle bomen (zie paragraaf 4.1.3 Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen) en gebouwen blijven behouden door het toepassen van constructies of doordat ze in de huidige situatie al op een overhoogte staan.

Het Wachthuis is een oud dijkhuis met de dorpelhoogte op de kruinhoogte van een oude dijk. Het onderscheid tussen kruinhoogte van de oude dijk en de kruinhoogte van de huidige gronddijk is nog goed waarneembaar. Door een buitenwaartse asverschuiving is ook na de versterking dit onderscheid duidelijk afleesbaar. Door de huidige versterkingsopgave komt het monument nog meer lager dan de kruin te liggen, en verder van de kruin te liggen. Daarmee blijft het monument weliswaar een herkenbare dijkwoning op/aan de dijk, maar de samenhang met de dijkkruin en daarmee de afleesbaarheid van het historische functioneren van de dijkwoning wordt aangetast.

Het oorspronkelijk landschap blijft herkenbaar, maar wordt voornamelijk door verbreding van dijk in areaal aangetast (-).

Belevingswaarde: De mate waarin het huidige landschap doorloopt tot aan de dijk
Het landschap blijft doorlopen tot de teen van de dijk (bij een aantal woonkavels en boerderijen), maar voornamelijk tot de teen van de binnenberm. Het aanbrengen van de binnenbermen zonder medegebruik zorgt ervoor dat het landschap op afstand van het hoofdvolume van de dijk komt te liggen. De mate waarop het landschap doorloopt tot de dijk wordt door de hoeveelheid bermen sterk aangetast (- -).

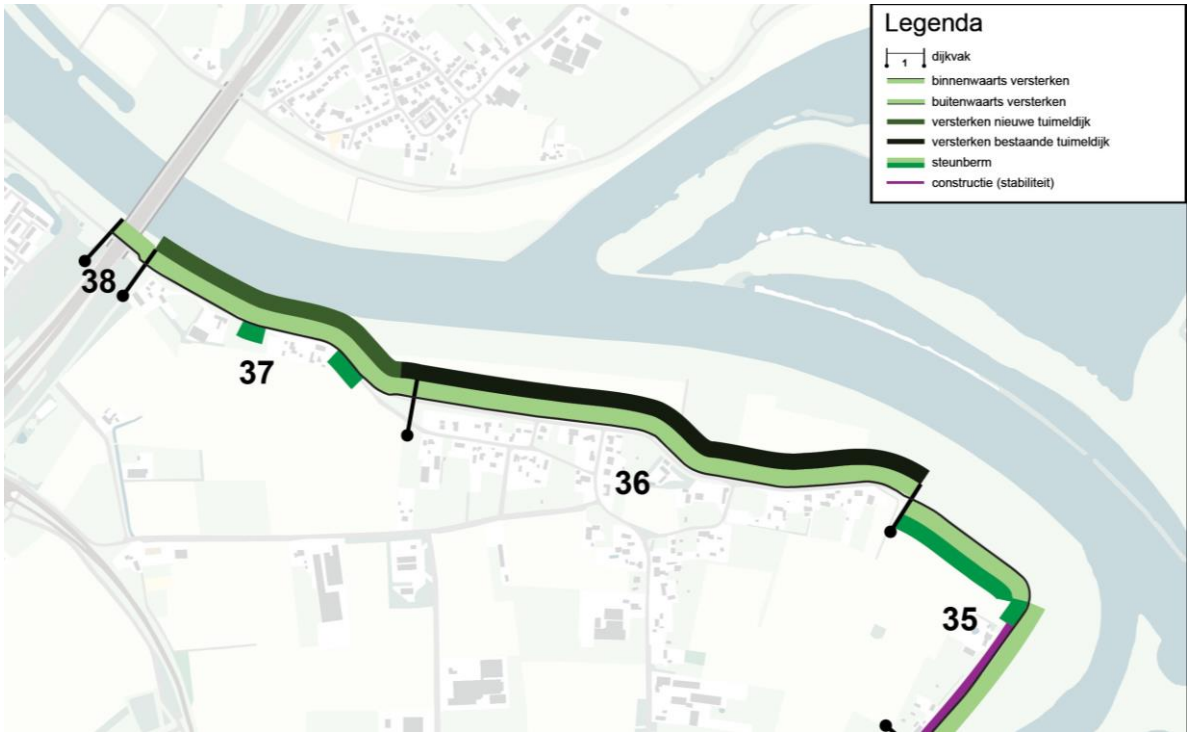
Buitendijkse landschap
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het oorspronkelijke aanliggende landschap
De dijk wordt deels vanuit de buitenkruinlijn binnenwaarts versterkt, deels vanuit de binnenkruinlijn buitenwaarts versterkt. Bij de Hans en Grietweg wordt enkele meters aan Maasheg geraakt door het verplaatsen van een toerit naar de kavels binnen de Maasheggen. Bij het Wachthuis en Neerloon raakt de dijk binnendijkse natuur en komt de dijk dicht bij het water van de oude Maasarm te liggen. Het oorspronkelijk landschap blijft herkenbaar, maar wordt door verbreding van dijk en de hoeveelheid geraakte waarden sterk aangetast (- -).

Belevingswaarde: De mate waarin het landschap doorloopt tot aan de dijk
Het buitendijkse landschap loopt, net zoals in de huidige situatie, tot aan de teen van de dijk. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Dijk		**Binnendijkse landschap**		**Buitendijkse landschap**		**Totaal**
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	
+ + +							
+ +							
+							
0		0				X	
-	X		X				X
- -				X	X		
- - -							

Tabel 4-7 *Effectbeoordeling landschappelijke waarden deelgebied Keent.*

Deelgebied Neerloon

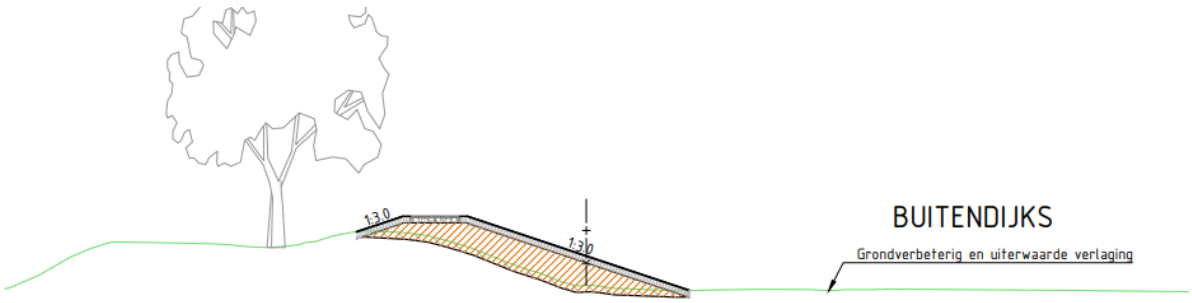


Afbeelding 4-31 Schematische weergave van het VO voor deelgebied Neerloon.

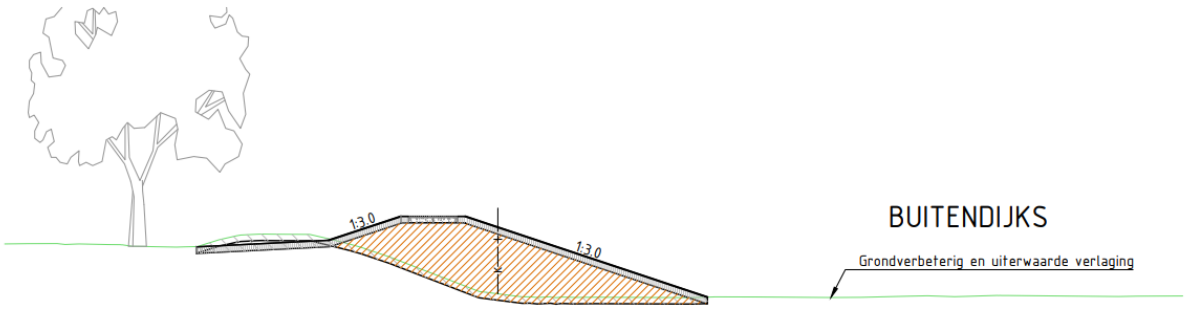
De dijk

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige dijktracé

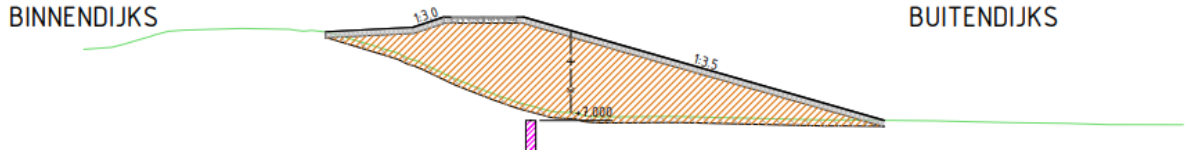
Ten oosten van Neerloon wordt de dijk vanuit de buitenkruin binnenwaarts versterkt. De bestaande tuimeldijk bij Neerloon wordt buitenwaarts versterkt. Tussen Neerloon en de A50 wordt de dijk buitenwaarts versterkt met een nieuwe tuimeldijk, in het verlengde van de tuimeldijk van Neerloon. Hierbij wordt het huidige tracé gevolgd. Uitzonderingen hierop is de tuimeldijk bij A374. Ten behoeve van binnenwaartse stabiliteit wordt daar de tuimeldijk dichter naar de rivier gelegd. De overgang in asverschuiving vindt vloeiend plaats conform het RKB, maar blijft waarneembaar. Over bijna de gehele lengte volgt de versterkte dijk het huidige dijktracé. Het oorspronkelijk tracé blijft herkenbaar, maar wordt aangetast (-).



Afbeelding 4-32 Buitenwaartse versterking tuimeldijk bij Neerloon.



Afbeelding 4-33 Buitenwaartse versterking tuimeldijk bij A374, waarbij de tuimeldijk verder richting de rivier wordt gelegd ten behoeve van vergroten van de binnenwaartse stabiliteit.



Afbeelding 4-34 Buitenwaartse versterking met een nieuwe tuimeldijk Tussen Neerloon en de A50.

Belevingswaarde: Herkenbaarheid van de huidige verschijningsvorm van de dijk met een eenduidig dijkprofiel
De (tuimel)dijk wordt hoger, breder en krijgt ten oosten van Neerloon en bij de gasleidingen ten westen van Neerloon binnenbermen. Daarmee wordt de dijk robuuster, en doordat de dijk momenteel geen bermen heeft, verandert de verschijningsvorm van de dijk. De bermen bij de gasleidingen zijn korter dan 150 meter en voldoen daarmee niet aan het RKB. Ze zorgen lokaal, samen met de het stukje tuimeldijk dat dichter naar de rivier is geschoven, voor een onrustiger beeld.

De overgangen van dijk met berm - dijk zonder berm, overgangen van tuimeldijk-geen tuimeldijk en de asverschuiving binnen de tuimeldijk vinden vloeiend en conform het RKB plaats. Positief is dat de nieuwe tuimeldijk wordt aangelegd in het verlengde van de tuimeldijk van Neerloon en past in het gebied van de oeverwaldorpen. Het is echter een flinke verandering van de huidige situatie. De nieuwe tuimeldijk in combinatie met de kleine verspreid liggende binnenbermen maakt dat de verschijningsvorm sterk wordt aangetast (- -).

Binnendijkse landschap
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige aanliggende landschap
De binnenwaartse versterking ten oosten van Neerloon, en de binnenbermen raken het binnendijkse landschap. Dit gaat ten koste van landbouwkavels en een paardenweide. De binnendijkse woonkavels, waardevolle bomen en gebouwen blijven behouden. Het oorspronkelijk landschap blijft herkenbaar, maar wordt door verbreding van dijk en de bermen in areaal aangetast (-).

Belevingswaarde: De mate waarin het huidige landschap doorloopt tot aan de dijk
De woonkavels en het dorp Neerloon blijven tegen de teen van de dijk liggen. Het agrarische landschap loopt tot de teen van de binnenbermen. Het aanbrengen van de binnenbermen zonder medegebruik zorgt ervoor dat het landschap op afstand van het hoofdvolume van de dijk komt te liggen. Het oorspronkelijk landschap van de dorpse bebouwing blijft bij Neerloon doorlopen tot aan de teen van de dijk, maar het agrarische landschap ligt door de bermen niet meer tegen het hoofdvolume van de dijk en wordt aangetast (-).

Buitendijkse landschap
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het oorspronkelijke aanliggende landschap
De (tuimel)dijk van Neerloon tot de A50 wordt buitenwaarts als tuimeldijk versterkt. De dijkversterking zelf raakt hier alleen landbouwkavels.

Ten behoeve van riviercompensatie wordt de uiterwaarde bij Neerloon (met uitzondering van de (baken)bomen) ongeveer 0,4 m verlaagd naar +8,4m NAP. Dit gebeurt in de geest van de Lelyzones van de Maasverbetering uit 1942. Na de ingreep kan het huidige landgebruik weer terugkomen in de uiterwaarde. Na afronding van de dijkversterking is het oorspronkelijke landschap weer als zodanig herkenbaar, maar het is niet het originele landschap. Het oorspronkelijke landschap wordt door verbreding van dijk en door de afgraving aangetast (-).

Belevingswaarde: De mate waarin het landschap doorloopt tot aan de dijk
Het buitendijkse landschap loopt, net zoals in de huidige situatie, tot aan de teen van de dijk. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Dijk		**Binnendijkse landschap**		**Buitendijkse landschap**		**Totaal**
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	
+ + +							
+ +							
+							
0						X	
-	X		X	X	X		X
- -		X					
- - -							

Tabel 4-8 Effectbeoordeling landschappelijke waarden deelgebied Neerloon.

4.1.2 Effecten op monumentale gebouwen

Deelgebied Haven-Cuijk

Rijksmonument Kazematten Maaslinie
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving.
De S3 kazematten liggen in de huidige situatie al lager in de dijk dan ze van oorsprong lagen. De dorpels van de kazematten lagen in de originele situatie op kruinhoogte. In de huidige situatie liggen ze door een voormalige dijkversterking lager in het talud dan de kruin. Door de huidige versterkingsopgave komen ze nog meer lager dan de kruin te liggen, en verder van de kruin te liggen. Daarmee blijven de kazematten weliswaar herkenbare objecten in de dijk, maar de samenhang met de dijk en daarmee de afleesbaarheid van het functioneren van de kazematten in de dijk wordt sterk aangetast (- -).

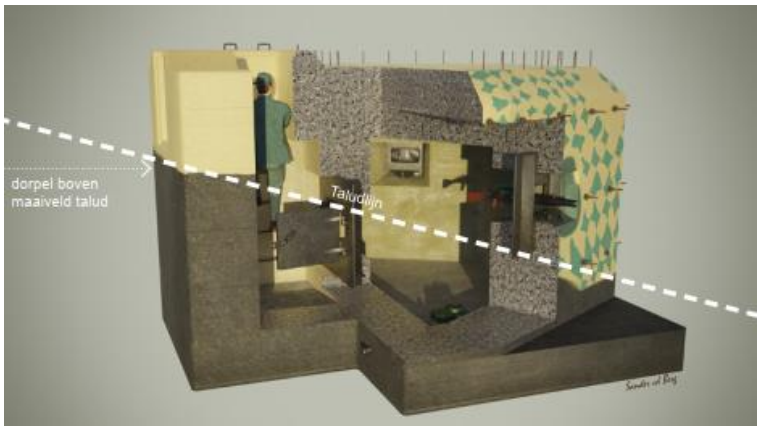
Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie
De kazematten blijven even beleefbaar als in de huidige situatie. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).



Afbeelding 4-35 De S3 Kazemat(ten) in de huidige situatie met de dorpels lager dan de kruin. De bovenkant van de kazemat ligt hier op kruinhoogte.



Afbeelding 4-36 Voorbeeld van een S3 kazemat bij Cuijk met de dorpelhoogte nog op de hoogte van de dijkkruin.



Afbeelding 4-37 3D model van een S3 kazemat. De stippellijn geeft het dijktalud weer.

	Kazematten		Totaal
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	
+ + +			
+ +			
+			
0		X	
-			X
- -	X		
- - -			

Tabel 4-9 Effectbeoordeling monumentale gebouwen deelgebied Neerloon.

Deelgebied Oost (Jan van Cuykdijk)

Rijksmonument Rooms Katholieke begraafplaats.

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving.

De begraafplaats en het grafmonument worden niet geraakt door de versterkingsopgaven. De begraafplaats komt wel nog lager aan de dijk te liggen, waardoor vanaf de dijk nog meer zicht op de begraafplaats is. Dit doet geen afbreuk noch heeft het meerwaarde voor de herkenbaarheid. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De begraafplaats blijft even beleefbaar als in de huidige situatie. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Begraafplaats		Totaal
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	
+ + +			
+ +			
+			
0	X	X	X
-			
- -			
- - -			

Tabel 4-10 Effectbeoordeling monumentale gebouwen deelgebied Oost (Jan van Cuykdijk).

Deelgebied Vesting Grave

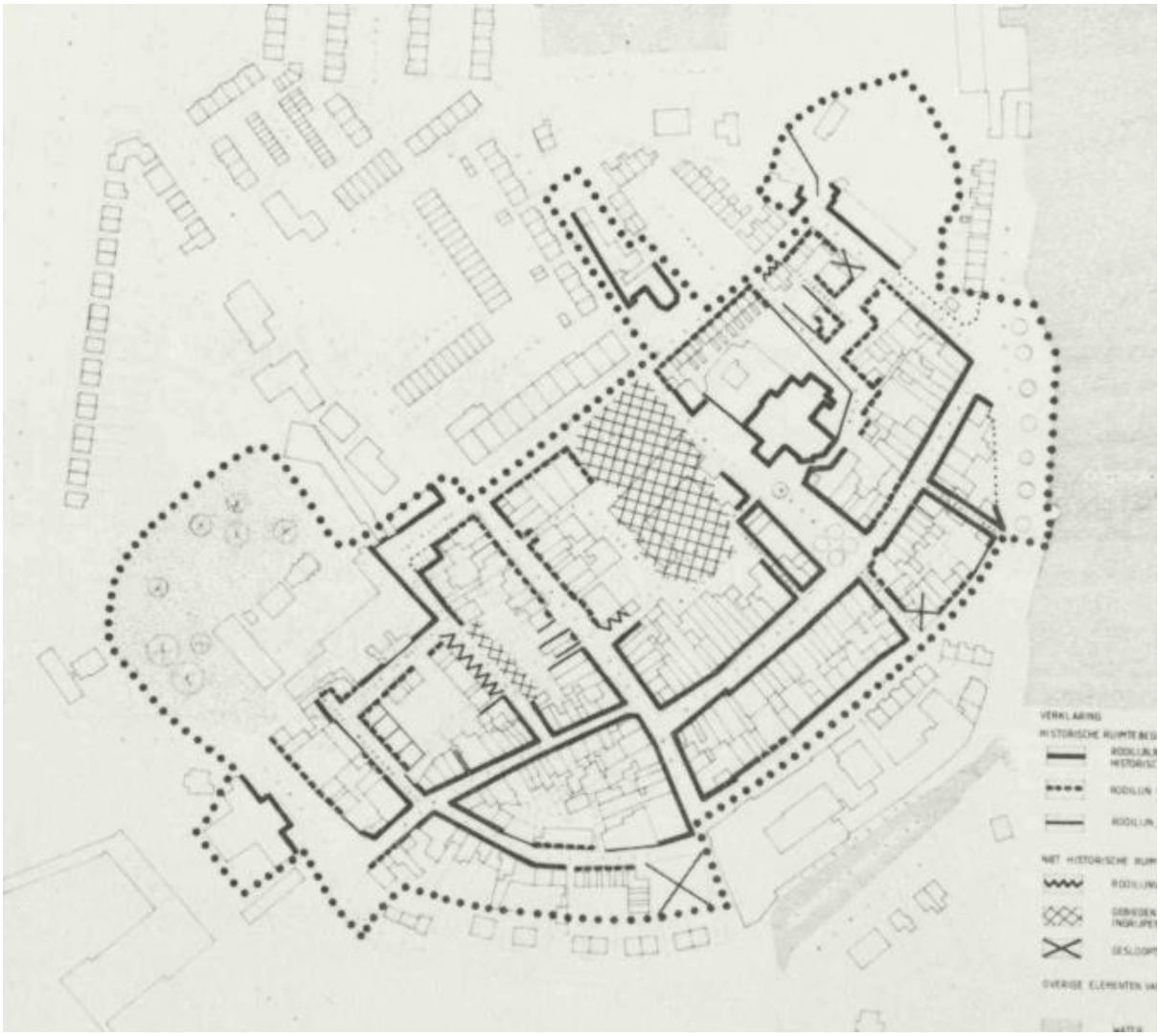
Rijksmonument Beschermd stads- of dorpsgezicht Grave

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

Door het toepassen van demontabele keringen blijft jaarrond de visuele relatie tussen de Maas en de vestingstad behouden. Door de doorgang van de Maaspoort weer historisch (meer) correct open te maken, wordt de functionele relatie tussen het stratenpatroon van de vestingstad en de loswal aan de Maas (waar vroeger de veerpont naar Gelderland lag) hersteld. Door de oude vestingmuur in de Havenstraat als kering opnieuw op te bouwen en zichtbaar te maken wordt aan de noordoostzijde van de stad de relatie tussen vestingstad en vestingwerken hersteld (zie voor visualisaties paragraaf 4.1.1). Er vindt een sterke verbetering plaats in de relatie tussen het beschermd stads- of dorpsgezicht en de vestingwerken (+ +).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

Alleen de Maaskade met vestingmuur en Maaspoort vallen binnen de contour van het bescherm stads- of dorpsgezicht en zijn concreet als objecten te beschouwen. Er vinden kleine wijzigingen plaats aan de vestingmuur en Maaspoort, waarvan de zichtbare delen in de jaren ‘70 en ‘90 geheel vernieuwd zijn. Op enkele plekken wordt de muur opgehoogd. Op andere plekken worden cortenstalen elementen in de muur verwerkt, waarop en waaraan de demontabele kering kan worden bevestigd. Dit wordt op een eenduidige manier gedaan conform het RKB (zie hoofdstuk 4 van het Ruimtelijk kwaliteitsbeeld), waarbij de historische uitstraling van de muur wordt behouden en een extra tijdslaag wordt toegevoegd. De doorloop van de Maaspoort wordt, historisch meer correct, open gemaakt. Enerzijds kan beredeneerd worden dat de muur en Maasport worden aangetast, anderzijds kan het toevoegen van de extra tijdslaag van “de vestingmuur als kering” de uitstraling en aantrekkelijkheid verbeteren. Het is wel zeker dat het weer open maken van de Maaspoort een plus is op de huidige situatie. Uitstraling en aantrekkelijkheid verbeterd (+).



Afbeelding 4-38 De historisch-ruimtelijke waarderingskaart van het Beschermd stads- of dorpsgezicht Grave, met de buitenste stippellijn de begrenzing van het beschermd gezicht.

Rijksmonument Vestingmuren Grave

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

Zie de beschrijving van "Rijksmonument Beschermd stads- of dorpsgezicht Grave" in de paragrafen hiervoor. Met als kanttekening dat de vestingmuur aan de Havenstraat geen rijksmonument is en dat, in het verlengde van de Maaskade, de vestingmuur aan de Oude haven/Prinsenstal wel rijksmonument is. Er vindt een verbetering plaats in de relatie tussen het rijksmonument, voornamelijk de Maaspoort, en de historische vestingstad en de loswal (+).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

Zie de beschrijving van "Rijksmonument Beschermd stads- of dorpsgezicht Grave" in de paragrafen hiervoor. Met als kanttekening dat de vestingmuur aan de Havenstraat geen rijksmonument is en dat, in het verlengde van de Maaskade, de vestingmuur aan de Oude haven/Prinsenstal wel rijksmonument is. Uitstraling en aantrekkelijkheid van het rijksmonument, voornamelijk de Maaspoort, verbeteren (+).

Overige Monumenten

Aan de Maaskade staan een aantal monumentale gebouwen. De versterkingsopgave heeft voor alle gebouwen hetzelfde effect, waarmee de effecten generiek kunnen worden behandeld. Het betreft:

- Rijksmonument Maaskade 14 (Wachthuis);
- Gemeentelijke monument Oliestraat 30;
- Gemeentelijke monument Maaskade 15-19.

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

De monumentale gebouwen staan op afstand van de kering en worden niet geraakt door de versterkingsopgaven. De opgave doet geen afbreuk noch heeft het meerwaarde voor de herkenbaarheid van de monumenten. De samenhang tussen het Wachthuis en de Maaspoort wordt wel verbeterd door de doorloop van de Maaspoort weer open te maken. Deze verbetering van de situatie is indirect al bij "Rijksmonument Beschermd stads- of dorpsgezicht Grave" en "Rijksmonument Vestingmuren Grave" meegewogen en wordt hier neutraal gehouden. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De monumentale gebouwen staan op afstand van de kering en worden niet geraakt door de versterkingsopgaven. De opgave doet geen afbreuk noch heeft het meerwaarde voor de uitstraling en aantrekkelijkheid van de monumenten. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Beschermd stadsgezicht		**Vestingmuren Grave**		**Overige monumenten**		**Totaal**
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	
+ + +							
+ +		X					
+	X		X	X			X
0					X	X	
-							
- -							
- - -							

Tabel 4-11 Effectbeoordeling monumentale gebouwen deelgebied Grave.

Deelgebied Lage Wijth

Rijksmonument Verkeersbrug (John S. Thompsonbrug) met onderliggend stuw- en sluizencomplex

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

De monumentale brug wordt niet geraakt door de versterkingsopgaven. Het grondlichaam van de brug wel. Daar gaat de dijk aan de kant van Grave ca. 0.5 meter omhoog. De opgave doet geen afbreuk noch heeft het meerwaarde voor herkenbaarheid van het monument. Tevens wordt de relatie binnen het ensemble John S. Thompsonbrug-kazematten-gemaal van Sasse niet verstoord. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De monumentale brug wordt niet geraakt door de versterkingsopgaven. Het grondlichaam van de brug wel. Daar gaat de dijk aan de kant van Grave ca. 0.5 meter omhoog. De opgave doet geen afbreuk noch heeft het meerwaarde voor de uitstraling en aantrekkelijkheid van het monument. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Rijksmonument Kazematten Peel Raamstelling

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

De monumentale gebouwen staan op afstand van de kering en worden niet geraakt door de versterkingsopgaven. De opgave doet geen afbreuk noch heeft het meerwaarde voor herkenbaarheid van de monumenten. Tevens wordt de relatie binnen het ensemble John S. Thompsonbrug-kazematten-gemaal van Sasse niet verstoord. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De monumentale gebouwen staan op afstand van de kering en worden niet geraakt door de versterkingsopgaven. De opgave doet geen afbreuk noch heeft het meerwaarde voor de uitstraling en aantrekkelijkheid van de monumenten. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Rijksmonument Gemaal van Sasse

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

In de beoogde ontwerprichting blijft het gebouw als solitaire eenheid (als object in de dijk) behouden. De functionele en symmetrische relatie tussen frontmuur en het gebouw blijft tevens zo veel mogelijk behouden. De versterkingsopgave doet daardoor geen afbreuk noch heeft het meerwaarde voor de herkenbaarheid van het monument en de oorspronkelijke samenhang met de omgeving. Tevens wordt de relatie binnen het ensemble John S. Thompsonbrug-kazematten-gemaal van Sasse niet verstoord. Er vindt geen relevante verandering plaats (0)

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

In de beoogde ontwerprichting wordt de historische uitstraling en architectuur van de frontmuur zo veel mogelijk hersteld: de muur wordt in metselwerk verhoogd, de hekwerken verwijderd of aangepast passend aan de architectuurstijl van het gemaal, architectonische details worden teruggebracht en er wordt onderzocht of de regelwerken van de sluisdeuren minder prominent aanwezig kunnen worden gemaakt. Met deze ingrepen wordt de uitstraling en aantrekkelijkheid van het rijksmonument verbeterd (+).

Gemeentelijk monument Mars en Wijthdijk 5 (Schuttershuisje)

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

Het schuttershuisje is een oud dijkhuis met de dorpelhoogte op de kruinhoogte van een oude dijk. Het onderscheid tussen kruinhoogte van de oude dijk en de kruinhoogte van de huidige gronddijk is nog goed waarneembaar. Door een buitenwaartse asverschuiving is ook na de versterking dit onderscheid duidelijk afleesbaar. Door de huidige versterkingsopgave komt het monument nog meer lager dan de kruin te liggen, en verder van de kruin te liggen. Daarmee blijft het monument weliswaar een herkenbare dijkwoning op/aan de dijk, maar de samenhang met de dijkkruin en daarmee de afleesbaarheid van het historische functioneren van de dijkwoning wordt aangetast (-).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

Door de buitenwaartse asverschuiving blijven ook de vijf bestaande leilindes tussen rijbaan en huis behouden. De bomen vormen een onlosmakelijk ensemble met het oude Schuttershuisje. Door het behoud van de bomen vindt er geen relevante verandering plaats (0).

	John S. Thompsonbrug		Kazematten		Gemaal van Sasse		Schuttershuisje		Totaal
	Herkomstw.	*Belevingsw.*	*Herkomstw.*	*Belevingsw.*	*Herkomstw.*	*Belevingsw.*	*Herkomstw*	*Belevingsw*	
+ + +									
+ +									
+						X			
0	X	X	X	X	X			X	X
-							X		
- -									
- - -									

Tabel 4-11 Effectbeoordeling monumentale gebouwen deelgebied Lage Wijth.

Deelgebied Keent

Gemeentelijk monument Oude Maasdijk 2

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

De monumentale boerderij staat in de oksel van de Pannestaartweg, op enige afstand van de dijk. De dijk gaat binnenwaarts met een berm. Hoewel de boerderij dichter bij de dijk met berm komt te liggen, vormt de berm een afstand tussen de boerderij en het hoofdvolume van de dijk (de dijk zonder de berm). Daarmee wordt de relatie tussen de dijk en de boerderij aangetast (-).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

Doordat de dijk en berm binnenwaarts gaan en het grondlichaam van de Pannestaartweg breder wordt, worden erf en erfbeplanting beperkt geraakt. Daarmee wordt de uitstraling en aantrekkelijkheid van het monument aangetast (-).

Gemeentelijk monument Maasdijk 5 en 11

Binnendijks staan twee monumentale boerderijen. De versterkingsopgave heeft voor beide boerderijen hetzelfde effect, waarmee de effecten generiek kunnen worden behandeld.

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

De monumentale boerderijen staan tegen of op een kleine afstand van de teen van de dijk en worden door buitenwaartse versterkingen niet geraakt door de versterkingsopgaven. Ze blijven herkenbaar als boerderijen aan de teen van de dijk. Dijktrappen blijven behouden en worden aangesloten op de nieuwe kruin van de dijk. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

Doordat de binnenwaartse stabiliteit door een constructie wordt opgelost blijft de erfbeplanting en dijktrappen behouden. De opgave doet geen afbreuk noch heeft het meerwaarde voor de uitstraling en aantrekkelijkheid van de monumenten. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Oude Maasdijk 2		Maasdijk 5 en 11		Totaal
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	
+ + +					
+ +					
+					
0			X	X	
-	X	X			X
- -					
- - -					

Tabel 4-12 Effectbeoordeling monumentale gebouwen deelgebied Keent.

Deelgebied Neerloon

Rijksmonument St. Victor Binnendijks Kerk, en gemeentelijk monument Maasdijk 18 en 20

Binnendijks staan twee monumentale boerderijen en een kerk. De versterkingsopgave heeft voor de monumenten hetzelfde effect, waarmee de effecten generiek kunnen worden behandeld.

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

De monumenten staan aan de teen van de dijk, of op een oude kruinhoogte aan de dijk. Ze worden door een buitenwaartse versterkingen van een bestaande tuimeldijk, of met een nieuwe tuimeldijk niet geraakt door de dijkversterking. Ze blijven herkenbaar als boerderij of kerk aan de dijk. De huidige verbindingen tussen de monumenten en de rijbaan op de dijk blijft onveranderd. De relatie tussen de kerk en het Heilige Hartbeeld op de dijk blijft ook onveranderd aangezien het beeld op de huidige locatie worden behouden of teruggebracht. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

Doordat de huidige kruin met rijbaan behouden blijft, blijven de erfbeplanting, dijktrappen en andere verbindingen behouden. De opgave doet geen afbreuk aan de aantrekkelijkheid van de monumenten. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Kerk en Maasdijk 18 en 20		Totaal
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	
+ + +			
+ +			
+			
0	X	X	X
-			
- -			
- - -			

Tabel 4-13 Effectbeoordeling monumentale gebouwen deelgebied Neerloon.

4.1.3 Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen

Deelgebied Vesting Grave

Witte paardenkastanjes op de Maaskade

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving.

De constructie van de vestingmuur voldoet en behoeft geen aanpassing. Hierdoor hoeven aan de Maaskade geen graafwerkzaamheden te worden verricht en blijft de situatie voor de bomen onveranderd. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De constructie van de vestingmuur voldoet en behoeft geen aanpassing. Hierdoor hoeven aan de Maaskade geen graafwerkzaamheden te worden verricht en blijft de situatie voor de bomen onveranderd. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Paardenkastanjes Maaskade		Totaal
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	
+ + +			
+ +			
+			
0	X	X	X
-			
- -			
- - -			

Tabel 4-14 Effectbeoordeling monumentale en beeldbepalende bomen deelgebied Vesting Grave.

Deelgebied Lage Wijth

Leilindes bij het Schuttershuisje

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

De leilindes horen bij het dijkhuis het Schuttershuisje. Ze vormen een onlosmakelijk ensemble. Door de buitenwaartse asverschuiving blijft het ensemble van dijkhuis en leilindes behouden. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De leilindes horen bij het dijkhuis het Schuttershuisje. Ze vormen een onlosmakelijk ensemble. Door de buitenwaartse asverschuiving blijft het ensemble van dijkhuis en leilindes behouden. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	
+ + +			
+ +			
+	X	X	X
0			
-			
- -			
- - -			

Tabel 4-15 Effectbeoordeling monumentale en beeldbepalende bomen deelgebied Lage Wijth.

Deelgebied Reek

Gewone essen Hans en Grietweg

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

De bomen staan in de een Maasheggenstructuur aan de teen van de dijk en het grondlichaam van de Hans en Grietweg. Door de binnenwaartse versterking blijft de situatie voor de bomen onveranderd. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

Door de binnenwaartse versterking blijft de situatie voor de bomen onveranderd. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Groene beuken Thomashuis Velp

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

De bomen vormen een ensemble met de oude boerderij en erfbeplanting. Door de buitenwaarste versterking en de stabiliteitsoplossing middels een constructie blijft de situatie voor de bomen onveranderd. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

Door de binnenwaartse versterking en de stabiliteitsoplossing middels een constructie blijft de situatie voor de bomen onveranderd. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

De “olifantenboom”

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

De monumentale populier staat op een overhoogte van een landbouwtoerit. De boom blijft behouden door de afrit te verplaatsen en een lage de berm en de dijk om het verhoogde maaiveld van de boom heen aan te leggen. De situatie van een boom aan een dijk blijft onveranderd. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De situatie voor de boom blijft onveranderd. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Markante populier bij Oude Graafsestraat

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

De markante populier staat op een overhoogte van de Oude Graafsestraat. De boom blijft behouden door de kruinverhoging buiten de kroonprojectie plaats te laten vinden. De situatie van een boom bij een dijkopgang blijft onveranderd. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De situatie voor de boom blijft onveranderd. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Gewone essen		Groene beuken		olifantenboom		Markante populier		Totaal
	Herkomstw.	*Belevingsw.*	*Herkomstw.*	*Belevingsw.*	*Herkomstw.*	*Belevingsw.*	*Herkomstw*	*Belevingsw*	
+ + +									
+ +									
+									
0	X	X	X	X	X	X	X	X	X
-									
- -									
- - -									

Tabel 4-16 Effectbeoordeling monumentale en beeldbepalende bomen deelgebied Reek.

Deelgebied Neerloon

Bomen op de tuimeldijk

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving.

De bomen staan tussen de rijbaan en tuimeldijk, op hetzelfde maaiveldhoogte als de rijbaan. De tuimeldijk wordt vanuit haar buitenwaarts versterkt, waardoor de bomen tussen de rijbaan en de tuimeldijk blijven staan. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).



Afbeelding 4-39 Buitenwaartse versterking tuimeldijk bij Neerloon

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De situatie voor de bomen blijft onveranderd. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Bomen op de tuimeldijk		Totaal
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	
+ + +			
+ +			
+			
0	X	X	X
-			
- -			
- - -			

Tabel 4-17 Effectbeoordeling monumentale en beeldbepalende bomen deelgebied Neerloon.

4.1.4 Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren

Deelgebied Kraaijenbergse Plassen

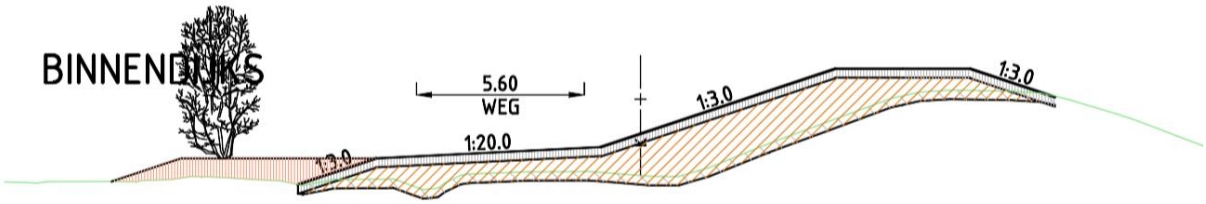
Historisch groen: Maasheggen

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving.

De Maasheggen worden enkele meters binnenwaarts op een overhoogte teruggebracht. Ze blijven de rijbaan van de Hooge Voort begeleiden. Dat ze op een overhoogte komen te staan is cultuurhistorische niet helemaal correct aangezien de heggen in het overstroombare gebied van de uiterwaarden thuishoren. In deze specifieke situatie blijft de huidige samenhang met de dijk gelijk: een Maasheg langs een weg aan de teen van een dijk. Echter wordt de samenhang met de omgeving en het aanliggende landschap minder door de overhoogte. De herkenbaarheid wordt aangetast (-).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De belevingswaarde wordt tijdens de realisatiefase tijdelijke aangetast aangezien de Maasheg wordt verwijderd en opnieuw wordt aangeplant. Op de lange termijn blijft de belevingswaarde van de Maasheggen onveranderd (0).



Afbeelding 4-40 De Maasheggen worden enkele meters binnenwaarts op een overhoogte teruggebracht.

	Maasheggen		Totaal
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	
+ + +			
+ +			
+			
0		X	
-	X		X
- -			
- - -			

Tabel 4-18 Effectbeoordeling overige cultuurhistorische elementen en structuren deelgebied Kraaijenbergse Plassen.

Deelgebied Vesting Grave

Historische stedenbouw: Grave

Van dit cultuurhistorisch gebied uit de omgevingsverordening is indirect al voldoende het effect beschreven in de effectbeschrijvingen van deelgebied Grave in paragraaf 4.1.1 en paragraaf 4.1.2.

Historisch groen: Vestingbeplanting Grave

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving.

De verordening vermeldt historische beplanting op de vestingwerken. Dit betreft de beplanting op het Visioterrein en de bomenrij langs Bomvrije. De dijk blijft echter op ruime afstand van de beplanting aangezien de dijk ingeklemd ligt tussen de Raam en de particuliere kavels van Bomvrije. De herkomstwaarde van het historisch groen blijft onveranderd (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie
De belevingswaarde van het historisch groen blijft onveranderd (0).

	Vestingbeplanting Grave		**Totaal**
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	
+ + +			
+ +			
+			
0	X	X	X
-			
- -			
- - -			

Tabel 4-19 Effectbeoordeling overige cultuurhistorische elementen en structuren deelgebied Vesting Grave.

Deelgebied Lage Wijth

Historische zichtrelatie
Van dit cultuurhistorie gebied uit de omgevingsverordening is indirect al voldoende het effect beschreven in de effectbeschrijvingen van deelgebied Lage Wijth in paragraaf 4.1.1.

Historisch groen: Struweelbeplanting Merriedel, Keent
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving.
Om het binnendijkse cultuurhistorische bosje te behouden wordt de dijk vierkant met een binnenberm versterkt. Het bosje wordt niet geraakt. Het bosje ligt in de huidige situatie al op enige afstand van de dijk. Het bosje ligt in de nieuwe situatie ook op afstand van het van de dijk. De herkomstwaarde van het historisch bosje blijft onveranderd (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie
De belevingswaarde van het historisch bosje blijft onveranderd (0).

	Struweelbeplanting Merriedel		**Totaal**
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	
+ + +			
+ +			
+			
0	X	X	X
-			
- -			
- - -			

Tabel 4-120 Effectbeoordeling overige cultuurhistorische elementen en structuren deelgebied Lage Wijth.

Deelgebied Reek

Historische stedenbouw: Overlangel

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

Het oeverwaldorp ligt haaks op de dijk en raakt de dijk met de steile oprit van de Doctor Ruijsstraat en de oude boerderijen van Maasdijk 3 en Maasdijk 4. De oude boerderijen staan tegen de teen van de dijk en worden door buitenwaartse versterkingen niet geraakt door de versterkingsopgaven. Ze blijven herkenbaar als boerderijen aan de teen van de dijk. Dit in combinatie met de ingepaste oprit van de Doctor Ruijsstraat maakt dat samenhang tussen de structuur van het oeverwaldorp en de dijk onveranderd blijft. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De versterkingsopgave doet geen afbreuk aan de belevingswaarde van de structuur van het oeverwaldorp. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Historische stedenbouw: Overlangel		**Totaal**
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	
+ + +			
+ +			
+			
0	X	X	X
-			
- -			
- - -			

Tabel 4-21 Effectbeoordeling overige cultuurhistorische elementen en structuren deelgebied Reek.

Deelgebied Neerloon

Historische stedenbouw: Neerloon

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

Het oeverwaldorp ligt parallel aan de dijk en raakt de dijk met enkele wegen, de kerk en oude woongebouwen. De oude gebouwen staan tegen de teen van de dijk en worden, samen met de wegen, door buitenwaartse versterkingen met tuimeldijken niet geraakt door de versterkingsopgaven. Dit maakt dat samenhang tussen de structuur van het oeverwaldorp en de dijk onveranderd blijft. Er vindt geen relevante verandering plaats (0)

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De versterkingsopgave doet geen afbreuk aan de belevingswaarde van de structuur van het oeverwaldorp. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Historische groen: Bakenbomen langs de Maas

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving

Het landschap verandert minimaal als gevolg van de uiterwaardverlaging. Tevens blijft de structuur van de bakenbomen onveranderd. Ook blijft de verbondenheid van de bakenbomen in hun omgeving onveranderd, doordat ze de overgang tussen water en land blijven markeren. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie

De uiterwaardverlaging doet geen afbreuk aan de belevingswaarde van de structuur van de bakenbomen. Er vindt geen relevante verandering plaats. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

	Historische stedenbouw: Neerloon		**Bakenbomen langs de Maas**		**Totaal**
	Herkomstwaarde	*Belevingswaarde*	*Herkomstwaarde*	*Belevingswaarde*	
+ + +					
+ +					
+					
0	X	X	X	X	X
-					
- -					
- - -					

Tabel 4-22 Effectbeoordeling overige cultuurhistorische elementen en structuren deelgebied Neerloon.

Cultuurhistorische landschappen en gebieden omgevingsverordening

Cultuurhistorisch waardevol gebied Eiland van Gassel

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving.

Het oorspronkelijke tracé van de Maasdijk blijft herkenbaar en vormt de scheiding tussen het open rivierlandschap en het besloten Eiland van Gassel. Bij de Driesenweg wordt het historische tracé van de oude ringdijk De Hogendijk beter zichtbaar gemaakt. Het bosgebied van het Eiland van Gassel blijft zoals in de bestaande situatie tegen de dijk liggen. Bij de Driesenweg blijft het bos tot op het binnendijkse grondlichamen gesitueerd. De verschijningsvorm en samenhang blijven behouden. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie.

Binnendijks worden enkele bomen geraakt en waar mogelijk gecompenseerd. De recreatieve voorziening bij de Driesenweg wordt aangepast, waarbij de bankjes onder bomen komen te staan die op de oude dijkhoogte worden aangeplant. Hierdoor wordt de beleving van het binnendijkse bos dat doorloopt tot op de dijk versterkt. De beleving wordt enerzijds een beetje aangetast door het verwijderen en heraanplanten van groen, anderzijds versterkt door het opwaarderen van de recreatieve voorziening met bomen. Dit zorgt ervoor dat er onder de streep geen relevante verandering plaatsvindt (0).

Cultuurhistorisch waardevol gebied Keent

Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving.

Het ensemble van kazematten, Gemaal van Sasse, en de John S. Thompsonbrug blijft behouden. Tevens blijft het kenmerkende dijkenpatroon behouden: het onderscheid tussen de in het kleinschalige landschap gelegen bochtige Mars en Wijthdijk en de in het open landschap gelegen lange bocht van de Oude Maasdijk.

Het is echter onvermijdelijk dat enkele onderdelen (in kleine mate) worden geraakt. Hier vindt een gedegen compensatie en inpassing plaats. Onderdelen waar dit betreft zijn:

- Om de binnendijks gelegen Mars en Wijth 3 te ontzien wordt de buitendijks gelegen Ketelkampweg geraakt. De weg markeert een cultuurhistorische structuur en wordt met de dijk mee naar buiten verplaatst.

- Om het binnendijks gelegen historisch groen “Struweelbeplanting Merriedel, Keent” te ontzien wordt buitendijks de cultuurhistorische structuur van de Horsensche Graaf geraakt. Deze wordt met de dijk mee naar buiten verplaatst.
- Om de buitenwaartse stabiliteit van de dijk te kunnen waarborgen wordt van het buitendijkse wiel bij Marsstraatje 4 ongeveer de eerste drie meter vanaf de dijk gedempt. Het wiel blijft voldoende groot om als relict in het landschap herkenbaar te blijven.
- Bij de Hans en Grietweg wordt enkele meters aan Maasheg (ca. 5 meter) geraakt door het verplaatsen van een toerit naar de kavels binnen de Maasheggen. De aantasting is beperkt en zal geen negatieve invloed hebben op de maasheggenstructuur.
- Om bij het Wachthuis en Neerloon de binnendijks gelegen bebouwing te ontzien raakt de buitenwaartse versterking buitendijkse natuur en komt de dijk dichter bij het water van de oude Maasarm te liggen.

Het oorspronkelijk cultuurhistorisch waardevol landschap wordt door verbreding van de dijk op enkele onderdelen in kleine mate door de dijkversterking geraakte en aangetast. Door de inpassingsmaatregelen blijft het cultuurhistorisch waardevol landschap van Keent herkenbaar en blijft de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving behouden. Dit zorgt ervoor dat er onder de streep geen relevante verandering plaatsvindt (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie.
Cultuurhistorisch waardevol gebied Keent ondervindt door dijkversterking enkele kleinschalige ingrepen. De grootste verandering in beleving is dat de dijk hoger en breder wordt. Het contrast tussen de dijk en het omringende pittoreske rivierenlandschap van Keent wordt daardoor groter. Een ontwikkeling die onlosmakelijk verbonden is met het karakter van het rivierenlandschap. De uitstraling en aantrekkelijkheid van het cultuurhistorisch waardevol gebied als geheel veranderd, maar niet in positieve of negatieve zin. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Cultuurhistorisch waardevol gebied Beerse Overlaat
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving.
Het open landschap in het stroomgebied van de Beerse Maas blijft behouden. De Hertogswetering, het gebied van de Peeldam, de Pannestaartweg en “Struweelbeplanting Merriedel, Keent” worden niet geraakt en/of aansluitingen tussen de dijk en de structuur worden hersteld. De uitstraling en aantrekkelijkheid van het rijksmonument Gemaal van Sasse wordt verbeterd (zie par. 4.1.2). De enige verandering in beleving is dat de dijk hoger en breder wordt, met binnenbermen. Dit heeft echter geen invloed op de visuele relatie tussen de dijk en het open landschap in het stroomgebied van de Beerse Maas. Het robuuster worden van de dijk is een ontwikkeling die onlosmakelijk verbonden is met het karakter van het rivierenlandschap. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie.
De dijkversterking heeft minimale impact op cultuurhistorisch waardevol gebied Beerse Overlaat. De enige verandering in beleving is dat de dijk hoger en breder wordt, met binnenbermen. Dit heeft echter geen invloed op de visuele relatie tussen de dijk en het open landschap in het stroomgebied van de Beerse Maas. Het robuuster worden van de dijk is een ontwikkeling die onlosmakelijk verbonden is met het karakter van het rivierenlandschap. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Cultuurhistorische landschappen Beerse (en Baardwijkse) Overlaat
Herkomstwaarde: Herkenbaarheid van het huidige object of structuur en de oorspronkelijke verbondenheid/samenhang met de omgeving.
Het huidige visueel-landschappelijke contrast tussen de vrij besloten oeverwallen en donken, de zeer open komgebieden en de besloten landschappen met elzen- en meidoornsingels en populierenbeplanting op de flanken van de dekzandruggen in het zuiden blijft behouden. Er vindt geen relevante verandering plaats (0).

Belevingswaarde: Hoe het object zich manifesteert in uitstraling en aantrekkelijkheid ten opzichte van de huidige situatie.
De dijkversterking heeft geen negatieve impact op cultuurhistorische landschappen Beerse (en Baardwijkse) Overlaat. De meekoppelkans Beerse Overlaat in CuRa-deelgebied Kraaijenbergse Plassen maakt het cultuurhistorisch erfgoed van de Beerse Overlaat in het landschap zichtbaar en beleefbaar. Vooral door de meekoppelkans Beerse Overlaat wordt de herkenbaarheid van het oorspronkelijke landschap verbeterd. Er vindt een verbetering plaats (+).

	Cult. waardevol gebied Eiland van Gassel		**Cult. waardevol gebied Keent**		**Cult. waardevol gebied Beerse Overlaat**		**Cult. waardevol landschappen Beerse/ Baardwijkse Overlaat**		**Totaal**
	Herkomstw.	*Belevingsw.*	*Herkomstw.*	*Belevingsw.*	*Herkomstw.*	*Belevingsw.*	*Herkomstw*	*Belevingsw*	
+ + +									
+ +									
+								X	
0	X	X	X	X	X	X	X		X
-									
- -									
- - -									

Tabel 4-23 Effectbeoordeling Cultuurhistorische landschappen en gebieden omgevingsverordening

4.2 Mitigerende en compenserende maatregelen

In het ontwerp is rekening gehouden landschappelijke waarden op en aan de dijk. Enige aandachtspunt dat volgt uit dit hoofdstuk en als mitigerende maatregel kan worden gezien voor de uitvoeringsfase is om rekening te houden met de overlap van de werkstrook en aanwezig waardevol groen (maatwerk bij de uitvoering). Dit speelt bij binnendijkse boom- en struikopstanden bij de Driesenweg (en de volkstuinen) in dijkvak 13-14 en de buitendijkse Maasheggen bij de Hans en Grietweg in dijkvak 30.

4.3 Leemten in kennis

Het dijkontwerp gaat uit van behoud van de bomen op de tuimeldijk bij Neerloon. Om de essen binnen het huidige ontwerp te behouden zijn aanvullende maatregelen nodig zoals het snoeien van wortels en toepassen van een wortelscherm. De mate waarop de wortels kunnen worden gesnoeid is momenteel gebaseerd op generieke principes. Hoeveel en op welke locaties de wortels van deze specifieke bomen kunnen worden gesnoeid (met behoud van vitale bomen) bepalen de exacte locatie van het aan te leggen grondlichaam van de dijk. De snoeibaarheid van de wortels worden momenteel onderzocht.

Referenties

Ruimtelijk kwaliteitsbeeld Cuijk-Ravenstein, NL25-648800269-117959, Sweco i.o.v. Waterschap Aa en Maas, 10 januari 2025

Ruimtelijk kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein - verkenningsfase, H+N+S landschapsarchitecten i.o.v. Waterschap Aa en Maas, 21 september 2020. Te raadplegen via https://www.aaenmaas.nl/publish/pages/1171/ruimtelijk_kwaliteitskader_cuijk-ravenstein_21092020_2.pdf

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Aanvulling MER

Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein

Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein
WBS: WSD 3.1
Datum: 18 maart 2026



Inhoud

Inhoud **2**

1. Inleiding **4**
1.1 Projectbeschrijving 4
1.2 Doel 4
1.3 Proces naar toetsingsadvies Cie mer 4
1.4 Leeswijzer 5

2. Onderbouwing van informatie in het MER **6**
2.1 Advies Cie mer 6
2.1.1 Conclusie 6
2.2 Aanvulling op het MER 7
2.2.1 Overzicht documenten 7
2.2.2 Beschouwing beoordeling MER deel 1 versus MER deel 2 7

3. De gebiedsopgave als tweede doelstelling **9**
3.1 Advies Cie mer 9
3.1.1 Conclusie 10
3.2 Aanvulling op het MER 10
3.2.1 Gebiedsopgave 10
3.2.2 Kansen 11

4. Waterhuishouding **14**
4.1 Advies Cie mer 14
4.1.1 Conclusie 15
4.2 Aanvulling op het MER 16
4.2.1 Technische informatie behorend bij het grondwatermodel 16
4.2.2 Koppeling grondwater- en rivierkundig model en omstandigheden bij hoogwater 17
4.2.3 Modelonzekerheden en vertaling naar de uitwerking van het dijkontwerp 18
4.2.4 Verduidelijking beoordelingsmethode en scores uit het MER 19

5. Archeologie **20**
5.1 Advies Cie mer 20
5.1.1 Conclusie 21
5.2 Aanvulling op het MER 21
5.2.1 Effecten waterstandsaanpassingen op archeologie 21
5.2.2 Mitigerende maatregelen 21
5.2.3 Beschrijving omgang met toevalsvondsten 22

6. Natuur **23**
6.1 Advies Cie mer 23
6.2 Aanvulling op het MER 23

Bijlage A. **Lijst met documenten om aan besluitvorming toe te voegen** **24**

1. Inleiding

1.1 Projectbeschrijving

Het klimaat verandert. Dat betekent dat het water in de rivieren in de toekomst steeds vaker erg hoog staat. Alle dijken in Nederland moeten daarom voldoen aan de nieuwe normen voor waterveiligheid. Ook de dijken langs de Maas. We werken hiervoor samen in het landelijke hoogwater beschermingsprogramma (HWBP). Samen met Rijkswaterstaat, provincie Noord-Brabant, gemeenten en bewoners gaat waterschap Aa en Maas aan de slag om de dijk tussen Cuijk en Ravenstein te verbeteren.

Het dijktraject, weergegeven in Figuur 1-1, is circa 21 km lang en bestaat voor een groot deel uit een gronddijk. Halverwege het traject, in de vestingstad Grave, is een kademuur aanwezig als primaire waterkering. Daarnaast zijn ook diverse constructieve objecten in de dijk aanwezig (kunstwerken) zoals onder andere de Keersluis Cuijk en Gemaal van Sasse. De gronddijk, de kademuur en de kunstwerken zijn gezamenlijk onderdeel van het project dijkverbetering Cuijk-Ravenstein. Deze rapportage is onderdeel van de planuitwerking. In de planuitwerking wordt het gekozen voorkeursalternatief uit de verkenningsfase verder uitgewerkt.



Figuur 1-1 Dijktraject Cuijk-Ravenstein

1.2 Doel

Om het project mogelijk te maken zijn een projectbesluit en verschillende omgevingsvergunningen nodig. Voor deze besluiten is een milieueffectrapport (MER) opgesteld. De provincie Noord-Brabant moet het projectbesluit goedkeuren. Zij heeft de Commissie voor de milieueffectrapportage (hierna: de Cie mer) vrijwillig gevraagd te adviseren over het MER. In een advies spreekt de Cie mer zich uit over de juistheid en de volledigheid van het MER. Het doel van een MER is om ten behoeve van de besluitvorming volledig en correct te zijn ten aanzien van milieu informatie.
De Cie mer heeft zich in een toetsingsadvies uitgesproken over het MER voor dijkversterking Cuijk-Ravenstein en heeft daarbij adviezen voor aanvulling aangegeven. Deze notitie/aanvulling gaat in op deze adviezen.

1.3 Proces naar toetsingsadvies Cie mer

De Cie mer heeft het MER beoordeeld. Ook heeft de Cie merde zienswijzen, die zijn ingediend op het projectbesluit (met MER) en hoofdvergunningen in de ter inzage leggingsperiode van 12 november 2025 t/m 23 december 2025, betrokken bij hun advisering.

Op 9 januari 2026 heeft een online startgesprek plaatsgevonden tussen de werkgroep van de Cie mer, de mer-coördinator van Provincie Noord-Brabant en vertegenwoordigers van en namens Waterschap Aa en Maas (verantwoordelijk voor het opstellen van het MER). Vanwege weersomstandigheden die dag is een locatiebezoek uitgesteld naar 4 februari 2026.
De Cie mer heeft daarna een concept toetsingsadvies uitgebracht, dat op 19 februari 2026 is besproken door de Cie mer, mer-coördinator van Provincie Noord-Brabant en vertegenwoordigers van en namens Waterschap Aa en Maas. De Cie mer heeft daarna een Voorlopig toetsingsadvies over het MER uitgebracht op 26 februari 2026. Onderhavige notitie geeft de aanvulling op het MER naar aanleiding van het toetsingsadvies van de Cie mer.

1.4 Leeswijzer

In de hoofdstukken 2 t/m 6 wordt per onderwerp het toetsingsadvies van de Cie mer in detail herhaald, waarna in de paragrafen daarna de aanvulling op de informatie uit het MER, ingaande op het toetsingsadvies van de Cie mer wordt behandeld. Hoofdstuk 2 gaat in op de onderbouwing van informatie in het MER. Hoofdstuk 3 gaat in op vragen van de Cie mer over de gebiedsambities. Hoofdstuk 4 gaat in op vragen van de Cie mer over geohydrologie, hoofdstuk 5 op archeologie en hoofdstuk 6 op natuur.

2. Onderbouwing van informatie in het MER

2.1 Advies Cie mer

Voor het ontwerp van de dijk is een lang proces doorlopen. Dat geldt ook voor het MER dat gedurende het ontwerpproces tot stand is gekomen: MER deel 1 is in 2022 afgerond, MER deel 2 in 2025. De Commissie merkt op dat beide delen van het MER zelfstandig leesbare rapporten zijn. Dat is logisch, omdat MER deel 1 is gebruikt om een VKA te kiezen, en MER deel 2 zich richt op de verdere uitwerking daarvan. Deze aanpak is gebruikelijk voor dijkversterkingen. De optelsom van alle onderzoeken en documenten moet dan een compleet en navolgbaar overzicht bieden over hoe van het vaststellen van de opgaven tot het voorgestelde ontwerp is gekomen. In dit geval constateert de Commissie het zeer moeilijk is om als lezer een compleet, navolgbaar en onderbouwd beeld te krijgen.

Een belangrijke oorzaak daarvan is dat niet alle onderliggende rapporten deel uitmaken van het MER en/of het ontwerp-projectbesluit (bijvoorbeeld als bijlage). Ook waren ze niet terug te vinden op de projectwebsite voor de dijkverbetering[1]. Gedurende het adviestraject heeft de Commissie aanvullende rapporten opgevraagd en ontvangen. Dit betrof het archeologisch onderzoek[2] en de veiligheidseisen voor de kunstwerken[3]. Deze rapporten zijn belangrijk om de conclusies in het MER te kunnen begrijpen.

Ook speelt een rol dat de beoordelingscriteria in MER deel 2 voor een deel zijn aangepast ten opzichte van MER deel 1. Dat is op zich logisch, omdat het detailniveau hoger is bij de uitwerking van het VKA. De aanpassingen zijn echter niet toegelicht, waardoor de toegekende scores vragen oproepen. Specifiek gaat het om de scores voor kwel en wegzijging (zie paragraaf 2.3 van dit advies) en de beoordeling van grondverzet[4]. Ook mist een beschouwing van de beoordeling van het uitgewerkte VKA ten opzichte van de beoordeling in MER deel 1: hoe verhouden deze scores zich tot de eerder gemaakte keuzes?

2.1.1 Conclusie

De Commissie adviseert om, voorafgaand aan het projectbesluit, het MER aan te vullen met:

- Een compleet overzicht van alle documenten waar de beoordeling op is gebaseerd. Alle documenten die zijn gebruikt om de conclusies in het MER (zowel deel 1 als deel 2) te onderbouwing en/of toe te lichten, moeten beschikbaar zijn.
- Een beschouwing over hoe de beoordeling van het uitgewerkte VKA zich verhoudt tot de scores die tot de keuze van het VKA hebben geleid.

[1] https://www.aaenmaas.nl/in-jouw-buurt/projectenkaart/dijkverbetering-cuijk-ravenstein.

[2] Waterschap Aa en Maas, 1 april 2025. Archeologisch bureauonderzoek Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, gemeenten land van Cuijk, Maashorst en Oss. SWAR 2733.

[3] Waterschap Aa en Maas, 11 april 2025. Trajectaanpak BSKW. Analyse en maatregelen.

[4] Het VKA scoort in MER deel 2 sterk negatief (- -) vanwege een grondverzet van 901.000 m3. In MER Deel 1 scoort Kansrijk alternatief 1 met 1.500.000 m3 grondverzet negatief (-). Hoewel het grondverzet bij het VKA aanzienlijk kleiner is dan het verwachte grondverzet van de kansrijke alternatieven, wordt dit als negatiever gepresenteerd.

2.2 Aanvulling op het MER

2.2.1 Overzicht documenten

De aan de besluitvorming toe te voegen documenten zijn weergegeven in bijlage A van deze notitie.

2.2.2 Beschouwing beoordeling MER deel 1 versus MER deel 2

De criteria en wijze van beoordelen (plussen/minnen) tussen het MER deel 1 en MER deel 2 komen niet altijd overeen omdat er een groot verschil in aanpak en detaillering zit tussen beide MER-delen. Dit komt doordat MER deel 1 gericht is op het onderscheid tussen mogelijke oplossingsrichtingen en MER deel 2 gericht is op het in detail in beeld brengen van de effecten van het VKA. MER deel 2 heeft dan ook een veel hoger detailniveau. Ook speelt mee dat er een aantal jaar zit tussen de oplevering van MER deel 1 en MER deel 2, waardoor inzichten over effecten en daarmee de beoordeling soms herzien zijn.

Beoordeling kwel- en wegzijging

In MER deel 1 is het criterium kwel en wegzijging niet beoordeeld, wel is ingegaan op het criterium effecten op grondwaterstanden (zie onderstaande tabel). De effecten op grondwaterstanden zijn in MER deel 1 neutraal beoordeeld (0).

	Deelgebied	Score KA 1	Score KA 2
Effecten op het binnendijks water-systeem	Kraaijenbergse Plassen	0	0
	Grave	0	0
	Neerloon-Overlangel-Reek	0	0
Effecten op grondwaterstanden	Kraaijenbergse Plassen	0	0
	Grave	0	0
	Neerloon-Overlangel-Reek	0	0

In MER deel 2 zijn zowel de effecten op grondwaterstanden als op kwel en wegzijging beoordeeld omdat deze twee aspecten samen een vollediger beeld geven van de hydrologische situatie (zie onderstaande tabel). De effecten op grondwaterstanden zijn evenals in MER deel 1 neutraal beoordeeld (0). De effecten op kwel- en wegzijging zijn over het algemeen positief beoordeeld omdat onder hoogwateromstandigheden de kwel binnendijks afneemt en daarmee het waterbezwaar.

Tabel 8-10 Samenvatting effectbeoordeling waterhuishouding

Beoordelingscriterium	Beoordeling
Effecten op binnendijks watersysteem	0
Effecten op grondwaterstanden	0
Effecten op kwel en wegzijging	+
Effecten op waterkwaliteit	0

Beoordeling grondverzet

In MER deel 1 is voor het criterium grondverzet de onderstaande kwalitatieve beoordelingsschaal gebruikt. In het MER deel 1 is sprake van een grondverzet van circa 1,5 mln. m^3, dit is destijds op basis van de kwalitatieve toelichting (zie onderstaande tabel) negatief beoordeeld (-).

Score	Toelichting
0	Beperkt grondverzet en een gesloten grondbalans
-	Veel grondverzet en beperkte aan- en afvoer van grond
- -	Veel grondverzet en veel aan- en afvoer van grond
- - -	Zeer veel grondverzet en zeer veel aan- en afvoer van grond

In MER deel 2 is, in tegenstelling tot MER deel 1, gekozen voor een kwantitatieve indeling van de scores op basis van de hoeveelheid grondverzet in m^3. Het benodigde grondverzet van circa 0,9 mln. m^3 leidt hier tot een sterk negatieve beoordeling (- -). Het verschil met de beoordeling in MER deel 1 komt doordat in MER deel 2 is uitgegaan van een kwantitatieve indeling van de klassegrenzen.

Tabel 7-3 Klassegrenzen criterium 'Benodigd grondverzet'

+ + +	N.v.t.
+ +	N.v.t.
+	N.v.t.
0	Geen effect
-	Het grondverzet bedraagt minder dan 500.000 m^3
- -	Het grondverzet ligt tussen de 500.000 en 1.000.000 m^3
- - -	Het grondverzet bedraagt meer dan 1.000.000 m^3

3. De gebiedsopgave als tweede doelstelling

3.1 Advies Cie mer

In de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD)[5] stond dat er ruime aandacht besteed zou worden aan kansen om de kwaliteit van de leefomgeving te verbeteren. Op welke manier was toen nog niet duidelijk. Daarom adviseerde de Commissie destijds om in het MER de status van deze doelstelling te verduidelijken om ook de bijdrage van het project daaraan te kunnen beoordelen.

De manier waarop gedurende ontwerptraject met de gebiedsopgave is omgegaan is niet goed te volgen. Zo is deze opgave verschillend benaderd in beide delen van het MER, de nota VKA en het ontwerp-projectbesluit (zie onderstaand tekstkader). De gebiedsopgave werd in de NRD gepresenteerd als een secundaire doelstelling, die erop gericht is om, waar mogelijk, met de dijkverbetering een bijdrage te leveren aan de kwaliteit van de leefomgeving. De mogelijke oplossingen die aan het begin van het ontwerptraject gepresenteerd zijn, lieten wat de gebiedsopgave betreft hoge ambities zien, vooral voor natuur.

Benadering van de gebiedsopgave in verschillende documenten:

- ***NRD**: waar mogelijk een bijdrage te leveren aan (verbetering van) de kwaliteit van de leefomgeving. De opgave voor de dijkbetering bestaat daarom uit een opgave voor waterveiligheid, inclusief de daarbij behorende landschappelijke inpassing en meekoppelkansen.*
- ***MER deel 1**: (beleids)ambities van samenwerkpartners, wensen van bewoners en andere belanghebbenden (in de Integrale Uitgangspuntennotitie) en het Ruimtelijk Kwaliteitskader (RKK) (paragraaf 3.2 MER deel 1). Dit resulteert in ontwerpuitgangspunten voor de dijkverbetering en meekoppelkansen, specifiek voor landschap, erfgoed, natuur en recreatie (paragraaf 5.1 Uitgangspunten ruimtelijke kwaliteit, MER deel 1).*
- ***Nota VKA**: de gebiedsopgave bestaat uit inpassing, meekoppelkansen en raakvlakken.*
- ***MER deel 2**: de gebiedsopgave gaat over de meekoppelkansen. Inpassing is onderdeel van de primaire opgave voor waterveiligheid, waar ook de ontwerpuitgangspunten voor ruimtelijke kwaliteit zijn opgenomen (zie hoofdstuk 2 van MER deel 2).*
- ***Het ontwerp-projectbesluit**: de gebiedsopgave is hier niet in vermeld. In de onderliggende motivering is het nog wel als tweede doelstelling genoemd, zonder toe te lichten in hoeverre voorgestelde ontwerp daar invulling aan geeft.*

De Commissie leidt vooral uit MER deel 2 af dat de focus gedurende het ontwerptraject vooral heeft gelegen op de inpassing van de dijkverbetering, dus op het voorkomen van negatieve effecten (conditionerend). Een belangrijk deel daarvan is nodig om tot een (juridisch) uitvoerbaar plan te komen en om rekening te houden met bestaande waarden in het gebied. Het gaat dan specifiek om erfgoed, natuur, bebouwing en bedrijvigheid. Wel hebben enkele meekoppelkansen, zoals de herinrichting van de Koninginnedijk, herinrichting van de N321, en nieuwe recreatieve voorzieningen op of aan de dijk, een plek gekregen in het projectbesluit[6].

Beide MER-delen bevatten een overzicht van meekoppelkansen, waarbij in deel 2 staat welke daarvan uiteindelijk geen plek in het ontwerp hebben gekregen. Paragraaf 2.3.2 in MER deel 2 beschrijft vooral het proces dat daarbij doorlopen is, zonder inhoudelijk te motiveren waarom bepaalde kansen zijn afgevallen.

[5] Waterschap Aa en Maas, januari 2022. Notitie Reikwijdte en Detailniveau Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein.

[6] Zie tabel 2-2 in MER deel 2.

Daardoor is niet helder welke keuzes gemaakt zijn en welke overwegingen daar een rol bij hebben gespeeld. Gezien de prominente plek van de gebiedsopgave bij de start van het project is dat wel relevant.

3.1.1 Conclusie

De Commissie beveelt aan om bij het definitieve besluit een goed leesbare beschouwing toe te voegen die zich specifiek richt op de gebiedsopgave. Bied hiermee overzicht in alle keuzes die gedurende het hele ontwerpproces zijn gemaakt op dit doel. Het gaat daarbij niet om het proces, maar om de inhoudelijke keuzes. Dit geeft de (niet ingevoerde) lezer een compleet beeld van hoe het uiteindelijke plan zich verhoudt tot de (oorspronkelijke) ambities en waarom deze wel (of meestal niet) onderdeel uitmaken van het plan.

Ook beveelt ze aan om in de voorbereiding van de uitvoering en het beheer nadrukkelijker in beeld te brengen welke kansen daar (alsnog) een plek in kunnen krijgen. Het gaat specifiek om kansen voor verbetering van natuur (biodiversiteit). De dijkverbetering betekent immers een zeer grote fysieke ingreep die met relatief eenvoudige maatregelen kansen biedt om de ecologische en landschappelijke kwaliteit te verbeteren. De tabel in figuur 10 in bijlage 4 Ruimtelijke kwaliteitsbeeld geeft hier veel handvatten voor.

3.2 Aanvulling op het MER

3.2.1 Gebiedsopgave

In het MER wordt in MER deel 2, par. 2.3.2 een weergave gegeven van ambities/potentiële meekoppelkansen en het proces dat daarmee is doorlopen.

Hoofddoel van het project is de dijk van Cuijk naar Ravenstein veilig maken. De dijk moet voldoen aan de nieuwe normen voor waterveiligheid. Financiering van de dijkversterking komt uit het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP)[7]: “Het ontwerp van een dijk bepaalt voor een groot deel de uiteindelijke kosten van een dijkverbeteringsproject. Waterschappen maken zelf de keuze voor een ontwerp. Om te beoordelen in hoeverre het ontwerp sober en doelmatig is, heeft het Hoogwaterbeschermingsprogramma het stappenplan 'Sober en doelmatig ontwerp' opgesteld (https://www.hwbp.nl/documenten/2021/10/25/stappenplan-sober-en-doelmatig). Door het stappenplan te gebruiken, krijgen alliantiepartners een onderbouwing of het ontwerp wel of niet (deels) subsidiabel is. Het is dus een handig instrument voor een waterschap om te onderbouwen in hoeverre het ontwerp sober en doelmatig is. En het is een bruikbaar middel voor de programmadirectie om de beoordeling van de subsidiabiliteit eenduidig, voorspelbaar en transparant te doen. Wat het HWBP verstaat onder sober en doelmatig, staat uitgelegd in het stappenplan.
Het stappenplan is een leidraad. De subsidie wordt uiteindelijk toegekend door de programmadirectie op basis van de Regeling subsidies hoogwaterbescherming, oftewel de subsidieregeling.”

Extra maatregelen die niet bijdragen aan de waterveiligheid zijn niet financierbaar vanuit de HWBP-subsidieregeling en moeten dus uit andere financiering worden betaald.

In de verkenningsfase van het project dijkversterking Cuijk-Ravenstein is heel breed bij o.a. de gebiedspartijen (provincie Noord-Brabant en de gemeenten Land van Cuijk, Maashorst en Oss) geïnformeerd of zij ideeën hebben of kansen (meekoppelkansen) zien. Daar is een grote lijst ideeën/meekoppelkansen uit gekomen, zoals die ook in par. 2.3.2 in MER deel 2 zijn weergegeven. De ideeën/meekoppelkansen uit die lijst die uiteindelijk geen doorgang hebben gevonden, hebben dat vooral niet, omdat de initiatiefnemer de financiën daar niet voor had of omdat een ander idee/kans prioriteit (en dus financiering) kreeg (o.a. ‘Ganzenorgel’, ‘Monument Thompson’). Initiatiefnemers moeten voor die ideeën/kansen eigen financiering hebben en dat is er nou

[7] een alliantie van alle 21 waterschappen en Rijkswaterstaat

eenmaal niet altijd en niet tot in oneindigheid. Een meekoppelkans als 'Fietsbrug bij keersluis Cuijk' heeft vanwege hoge kosten geen doorgang gevonden. Over meekoppelkans 'Fietspad Reek-Overlangel benedendijks' van de drie gemeenten gezamenlijk is uiteindelijk ook besloten dat die geen doorgang vindt, maar dat er gekozen wordt voor verkeersremmende maatregelen op de weg op de dijk.

Daarnaast zijn er verschillende ideeën/meekoppelkansen geweest voor wandelroutes, veelal vanaf de dijk een ronde door de uiterwaarden, of vanaf de dijk naar een object als 'Vergeten sluisje', 'Recreatieve aansluiting dijkje Klooster Velp', 'Recreatieve aansluiting Romeinse Oversteek', 'Wandelpad Lage Wijth' en 'Wandelpad Neerloon'. Gemeenten staan daar over het algemeen welwillend tegenover. Zeker omdat bijvoorbeeld een 'klompenpad' niet perse een verharding hoeft te krijgen, maar vooral bewegwijzering vraagt, zouden de aanlegkosten daarvan beperkt kunnen zijn. Echter, iets als een wandelpad door de uiterwaarden vraagt toestemming van grondeigenaren; veelal agrariërs met gronden in eigendom of in pacht. De kansen voor wandelpaden in uiterwaarden over en langs agrarische percelen zijn onderzocht, maar kunnen alleen doorgang vinden bij vrijwillige medewerking van grondeigenaren (gemeenten willen, en kunnen mogelijk niet eens, daarvoor onteigenen), waardoor bij ontbreken van medewerking die ideeën/meekoppelkansen niet worden uitgevoerd.

Ook zijn er gesprekken geweest tussen verschillende overheden over het ontwikkelen van meer natuur dan alleen het verplichte mitigeren en compenseren van natuur. Maar ook daarvoor is financiering van partijen nodig en bij gebrek aan beschikbare subsidies of financieringsgelden, is zo'n idee niet verder gekomen.

Een aantal ideeën/meekoppelkansen zal waarschijnlijk alsnog uitgevoerd gaan worden, maar heeft vanwege wetgeving, en/of omdat de planvorming nog niet zo ver is (bijv. 'Herstel halfbastion Blauwkop' en 'Wandelpad Lelyzone'), geen plek gekregen in het (ontwerp-)projectbesluit. Dit kan alsnog met losse procedures, besluiten en vergunningen gerealiseerd worden.

En gedurende de planuitwerkingsfase zijn er ook nog meekoppelkansen aan het project toegevoegd. Meekoppelkans 'Schans Reek' betreft het opwaarderen van een bestaand rustpunt aan de dijk tot verwijzing naar de schans die daar heeft gelegen. Die schans is onderdeel geweest van de Zuiderwaterlinie.
En op verzoek van aanwonenden is ervoor gekozen om bovenop de nieuwe tuimeldijk bij Neerloon een (halfverhard) wandelpad te realiseren.

3.2.2 Kansen

Afgevallen kansen

De Cie mer verwijst in haar toetsingsadvies naar de tabel in figuur 10 in bijlage 2 van het Ruimtelijk kwaliteitsbeeld. Dit overzicht geeft een samenvatting van de kwaliteiten, opgaven en kansen welke zijn geformuleerd in het Voorkeursalternatief, aan het einde van de Verkenningsfase in 2022.

Veel kansen zijn hierboven in paragraaf 4.2.1. al als ideeën/meekoppelkansen genoemd. Een paar kansen kunnen altijd nog, los van de dijkversterking ontwikkeld worden, zoals wandelpaden en fietsroutes, die niet perse aan de dijk gerelateerd zijn.

Zoals in par. 4.2.1. ook al genoemd zijn veel kansen om diverse redenen in de loop van de tijd afgevallen om als meekoppelkans met de dijkversterking mee te nemen. Dit is ook het geval bij kansen als aansluiten op de ontwikkelingen van het Visioterrein en het EMAB-terrein. Ontwikkeling van het Visioterrein is een project waar gemeente Land van Cuijk zelf mee bezig is. Het gaat om de herinrichting van de oude locatie van Visio aan de Sint Elisabethstraat, met plannen voor een vestingpark. Deze ontwikkeling loopt in de tijd niet gelijk op met de dijkversterking (zowel als planvorming als realisatie niet), waardoor hier tussen geen koppeling is gehouden. Plannen voor woningbouw op de buitendijks gelegen EMAB-locatie bij Grave (Koninginnedijk) zijn in 2025 stop gezet. Vanaf 1 februari 2025 geldt namelijk een nieuwe beleidslijn van het Rijk. Die verbiedt onomwonden

nieuwbouw of andere 'activiteiten zonder groot maatschappelijk belang' in rivierbeddingen. Of en wanneer er alsnog, als het verkrijgen van uitzondering op de beleidslijn onder voorwaarden bijvoorbeeld mogelijk is, iets op de EMAB-locatie ontwikkeld gaat worden, is daarmee onduidelijk geworden.

Biodiversiteit op dijktaluds

Wat wel een plan is om uit te voeren, is biodiversiteit op de dijktaluds. In de beschrijving van de duurzaamheidsambitie van project dijkverbetering Cuijk-Ravenstein is een ambitie geformuleerd voor Biodiversiteit. Omdat het geen vastgesteld beleid is, maar een duurzaamheidsambitie, is hier in de effectbeoordeling in het MER geen rekening mee gehouden.

De duurzaamheidsambitie betreft:

Tabel 4-2.1: Doelstellingen Duurzaamheidsthema Emissies en Biodiversiteit

Thema	Doelstelling
Emissies	6) **0 tot 35% NOx depositie** gedurende de realisatie **ten opzichte van 1990**
Biodiversiteit	7) **Ontwerp moet bijdragen aan handhaving en waar mogelijk een verbetering van de biodiversiteit** ten opzichte van huidige situatie

Met nadere toelichting:

> **Doelstelling 7 – Ontwerp moet bijdragen aan handhaving en waar mogelijk een verbetering van de biodiversiteit ten opzichte van huidige situatie**
> Binnen Waterschap Aa en Maas zijn al enkele proefvakken voor Future Dikes, waarbij kruidenrijke mengsels worden getest om de biodiversiteit te verhogen. Doel is te onderzoeken welke soorten en natuurdoeltypen versterkt kunnen worden en op welke manier dat gerealiseerd kan worden met de dijkverbetering. Daarnaast zullen vanwege het voorkomen van graverij door dassen en bevers in de waterkering in de toekomst, bosschages bij de teen van de dijk moeten wijken. Compensatie zal waar mogelijk en noodzakelijk plaatsvinden.

In het project is dus de duurzaamheidsambitie uitgesproken voor de toepasbaarheid van bloemrijk grasland op dijklichaam en stabiliteitsbermen. Hiermee wordt bedoeld een kruidenrijke grasbekleding met een grote diversiteit aan gewenste grassen en kruiden. De diversiteit die bovengronds te zien is vertaalt zich ook naar een divers wortelstelsel ondergronds wat goed is voor de erosiebestendigheid (sterkere zode). Ook is er meer flexibiliteit in het doorstaan van diverse weersomstandigheden (droogte, kou, natte jaren, etc.). Wanneer enkele soorten een extreme weersomstandigheid niet overleven, dan zijn er nog voldoende soorten aanwezig om een gesloten grasmat te vormen. Het hoofddoel van de grasbekleding is een erosiebestendige bekleding die de maatgevende waterstanden aan kan. Een belangrijke nevendoelstelling is de natuurfunctie en het stimuleren van biodiversiteit.

De bovenste laag onder het maaiveld van de dijk wordt de teellaag genoemd. Deze toplaag bevat zaden en vegetatieve voortplantingsorganen (bollen, knollen, boven- en ondergrondse uitlopers) van de oorspronkelijke grasbekleding op de dijk. Bij hergebruik van de toplaag herstelt de grasbekleding zich aanzienlijk sneller dan die op nieuw ingezaaide dijktaluds of aanbermingen.

Hoewel de wens er is voor de toepassing van een kruidenrijke grasbekleding, heeft het waterschap wisselende resultaten van eerdere dijken met een dergelijke bekleding. Dit heeft geleid tot belangrijke bevindingen en richtlijnen met betrekking tot het ontwerp en de aanleg van de bekleding:

- De toplaag dient te bestaan uit een relatief lichte grondsoort (lutumgehalte 12-20%) met een relatief laag gehalte aan voedingsstoffen,
- Een zuidexpositie is het meest gunstig, een noordexpositie is het minst gunstig. Daarom ligt het voor de hand de ontwikkeling van een soortenrijke, bloemrijke grasbekleding vooral toe te passen op taluds met een zuidexpositie,
- Bij bewezen geschiktheid (a.d.h.v. bodemmonsters) dient een soortenrijke, bloemrijk grasbekleding bij voorkeur te worden ontwikkeld uit een bestaande grasbekleding (d.m.v. natuurgericht ontwikkelingsbeheer gevolgd door een uitgekiend instandhoudingsbeheer),
- Een nieuwe toplaag dient niet te sterk verdicht te worden. Te sterke verdichting remt na kieming de vestiging en groei van de ingezaaide grassen en kruiden en vertraagt de ontwikkeling van het noodzakelijke bodemleven aanzienlijk. Dit leidt tot problemen bij de doorworteling waardoor de grassen en kruiden kwetsbaar blijven voor verdroging. Bovendien remt een te sterk verdichte bodem de capillaire werking waardoor er al snel een gebrek aan water optreedt voor oppervlakkig wortelende plantensoorten,
- Inzaai van de nieuwe toplaag dient bij voorkeur te gebeuren d.m.v. het uitleggen van maaisel van soortenrijke, bloemrijke bronlocaties in de directe omgeving,
- Inzaai van de nieuwe toplaag dient (wanneer geen maaisel beschikbaar is) bij voorkeur te gebeuren met een zaadmengsel dat is gewonnen op soortenrijke, bloemrijke bronlocaties in de directe omgeving,
- Indien geen geschikt maaisel en geen geschikt zadenmengsel uit de directe omgeving beschikbaar is dient te worden ingezaaid met een weloverwogen mengsel van inheemse gras- en kruiden-soorten, bij voorkeur afkomstig uit de regio.
- Het gebruikte zaad van het kruidenrijke mengsel dient van Nederlands autochtoon materiaal te zijn. Mag ook uit stroomgebied van de Maas komen. (België en Frankrijk)
- Dient te voldoen aan de kwalificatie A van de genoemde rassenlijsten en geleverd te zijn met aanhangcertificaat en NAK-plombe.
- Indien niet beschikbaar, voorstel doen aan opdrachtgever voor te leveren zaad met certificaat van herkomst.

4. Waterhuishouding

4.1 Advies Cie mer

Rekening houden met modelonzekerheden

Bij de beoordeling van de effecten op de waterhuishouding is onder andere gebruik gemaakt van een GIS-analyse en een grondwatermodel dat is opgesteld voor dit project[8]. Het MER bevat veel kaarten met de uitkomsten van de modelberekeningen. Deze kaarten geven de huidige en de toekomstige (verwachte) situatie weer, zoals de veranderingen in de GHG[9] ter hoogte van Grave[10]. In de bijbehorende beschrijvingen per deelgebied zijn de resultaten toegelicht.

De uiteindelijke conclusies in het MER over de verwachte veranderingen in grondwaterstanden en kwel en wegzijging zijn aannemelijk[11]. De informatie maakt duidelijk dat het toepassen van schermen op veel plekken leidt tot binnendijkse opstuwing van grondwater dat richting de Maas stroomt. Dit leidt lokaal tot hogere grondwaterstanden en tot verandering van hoeveelheden kwel en wegzijging. De in de hoofdtekst van het MER opgenomen kaarten laten zien dat er veel aandacht is besteed aan (het berekenen van) de effecten van de dijkversterking op de (toekomstige) waterhuishouding. De berekeningen zelf staan in bijlagen.

Tegelijkertijd suggereren de opgenomen kaarten en de toelichtingen daarbij wel een grote mate van zekerheid over de toekomstige situatie. Het MER benadrukt onvoldoende dat bij dergelijke modellen sprake is van onzekerheden. Deze onzekerheden betekenen dat er een bandbreedte is waarbinnen de toekomstige grondwaterstanden naar verwachting zullen optreden. Het is niet duidelijk of de kaarten de ‘worst case’ situatie weergeven. Daar moet het MER wel op gebaseerd zijn. Wanneer nu onvoldoende rekening is gehouden met onzekerheden (of de worst case), kan dit tijdens de uitvoering of na aanleg tot knelpunten leiden. Bijvoorbeeld omdat veranderingen in grondwaterstand, kwel en wegzijging anders uitvallen dan nu in het MER gepresenteerd. Dat kan bijvoorbeeld tot (meer) wateroverlast of verdroging leiden dan verwacht. Goede informatie is ook nodig om te kunnen bepalen op welke locaties monitoring nodig is.

In het verlengde van paragraaf 2.1 van dit advies adviseert de Commissie aan om alle gebruikte informatie overzichtelijk op een rij te zetten. Stel daarbij in ieder geval de volgende informatie beschikbaar: welke modellen voor de hydrologische berekeningen zijn gebruikt, wat hun domeinen zijn (welk model voor welk areaal onderzoeksgebied), en de modelresolutie. Vermeld ook bijzonderheden (afwijkend van de standaard) over de gebruikte invoer, de manier van koppeling van de modellen, de gebruikte randvoorwaarden en de kalibratie en validatie.

Navolgbaarheid van de toegekende scores

Het MER bevat een veelheid aan informatie met kaarten en beschrijvingen en een beoordeling per deelaspect per deelgebied. Dit leidt uiteindelijk tot een samengestelde beoordeling voor de waterhuishouding per deelgebied. MER deel 1 constateerde dat een kwantitatieve uitwerking in de uitwerkingsfase nodig was. In het MER deel 2 is dit gedaan met GIS-analyses en modelberekeningen. Het MER mist een overzicht van de werkelijke situatie nu, met eventuele knel- of aandachtspunten. Zo blijft onduidelijk of het model goed aansluit bij de situatie ter plaatse, en of de dijkversterking mogelijk bijdraagt aan het oplossen van knelpunten of deze juist (beperkt) verergert[12].

---

[8] Zie bladzijde 120 van het MER.

[9] GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand.

[10] Zie figuur 8-28 in het MER.

[11] Grondwater kan uit de grond omhoogkomen (kwel) en de grond inzakken (wegzijging).

[12] Eén van de zienswijzen op het projectbesluit wijst bijvoorbeeld op wateroverlast in de huidige situatie. Het is voor de indiener onvoldoende duidelijk hoe daar rekening mee is gehouden en of er maatregelen genomen gaan worden.

In het MER staat bij het beoordelingskader dat de getallen vanuit deze analyses en berekeningen zijn gebruikt om de effecten te duiden, maar dat de beoordeling zelf kwalitatief is uitgevoerd[13]. Op basis van welke criteria een – of een + is toegekend is niet toegelicht. Daardoor is de beoordeling niet navolgbaar. Het is bijvoorbeeld niet helder waarom en in welke situatie een toe- of afname van kwel en wegzijging positief of negatief beoordeeld wordt. De beoordeling is gekoppeld aan het effect op de functies in het gebied, zo staat in tabel 8-4 in het MER. Hoe deze koppeling eruitziet (wanneer een effect bijvoorbeeld als beperkt gunstig of gunstig beschouwd wordt) is niet toegelicht. Vervolgens mist in de effectbeschrijving informatie (in tekst en op kaart) over de aanwezige functies op locaties waar veranderingen op gaan treden, in hoeverre deze functies gevoelig zijn voor veranderingen en wat vervolgens de impact van de veranderingen zal zijn. Het valt bijvoorbeeld op dat bij de effecten in deelgebied Lage Wijth is vermeld dat niet is onderzocht of de toename van kwel een positief effect heeft op de aanwezige natuur[14].

De optelsom van een score per deelaspect naar één score voor een deelgebied is niet goed navolgbaar. Volgens het MER is een negatieve score leidend voor de totaalscore, wanneer de hoogwater en de gemiddelde situatie anders beoordeeld zijn[15]. Als voorbeeld de score voor de grondwaterstand in deelgebied Neerloon: in de hoogwatersituatie (T=10) is voor Neerloon een negatieve score toegekend en voor de gemiddelde situatie een neutrale score. Desondanks is de eindscore neutraal, zo staat in tabel 8-7 van het MER. Deze score lijkt strijdig met de beschreven beoordelingssystematiek.

Samenhang grondwater met rivierwater en (weers)omstandigheden
Het is niet duidelijk of er een koppeling is gelegd tussen het rivierkundig model (de waterstand op de rivier) en het grondwatermodel (voor de binnendijkse waterhuishouding). Voor het bepalen van effecten op binnendijkse waterstanden en kwelstromen is namelijk niet alleen de hoogte van het water buitendijks relevant, maar ook de duur van hoge of lage waterstanden. De grondwaterstand hangt ook samen met de (weers)omstandigheden zoals een (langdurig) natte of droge periode. Al deze informatie bepaalt in samenhang de uitersten. Dit inzicht is nodig, om vervolgens te bepalen in hoeverre maatregelen nodig zijn, of deze haalbaar zijn en of dat leidt tot eventuele milieugevolgen.

4.1.1 Conclusie

De Commissie adviseert om, voorafgaand aan het projectbesluit, het MER aan te vullen op de volgende punten:
• Een volledig overzicht van de gebruikte (geohydrologische) modellen en de modelscenario's met bijbehorende specificaties zoals invoer gegevens, randvoorwaarden en validatieresultaten.
• Leg een koppeling tussen het rivierkundig- en het geohydrologisch model om toe te lichten in hoeverre de duur in hoge of lage waterstanden van belang is voor de omvang van de effecten, en onder welke (weers)omstandigheden.
• Geef een heldere uitleg van de onzekerheden die gepaard gaan met de modelberekeningen. Leg ook uit hoe hier bij de verdere uitwerking van het ontwerp mee om wordt gegaan.
• Verduidelijk de toegekende scores aan de hand van de beoordelingsmethode die in het MER is beschreven. Houd bij de beoordeling rekening met bestaande knel- en aandachtspunten wat grondwater betreft.

[13] Zie onderaan tabel 8-2 op bladzijde 119 in het MER.

[14] Zie bladzijde 158 van het MER.

[15] Zie bladzijde 120 van het MER.

4.2 Aanvulling op het MER

4.2.1 Technische informatie behorend bij het grondwatermodel

Voor de toetsing van de effecten op de waterhuishouding (grondwater) is een grondwatermodel gebruikt. Dit grondwatermodel is gemaakt uit de regionale grondwatermodellen GRAM (v3.0) en MORIA (v4.7) en is het uitgangsmodel voor het geohydrologisch onderzoek ten behoeve van het MER. Voor een uitgebreidere modelbeschrijving wordt verwezen naar het achtergrondrapport:

"Grondwatermodel: Cuijk -Ravenstein", Arcadis, 3 oktober 2023, UYYXVHPT2WVX-1538662905-1470:1

Hieronder zijn een aantal van de modelkenmerken op een rij gezet:

- Het model is opgezet met iMOD versie 5.4
- Er zijn twee[16] modelgebieden gehanteerd:
    - Eén regionaal gebied voor de bouw van het model: 35 bij 15 km (160000,410000,195000,435000)
    - Eén lokaal gebied voor de kalibratie en validatie: 19 bij 11 km (172000,414000,191000,425000)
- De modelinvoer is beschikbaar op 25x25m celresolutie.
- Het lagenmodel is gebaseerd op REGIS II v2.2.

Het uitgangsmodel (Arcadis, 2023) is gekalibreerd en vervolgens gevalideerd voor T10-hoogwatersituaties (herhalingstijd van 10 jaar) in 2011 en 2021. De uitkomsten uit deze validatie zijn hieronder samengevat:

- Het model berekent de piekstijghoogte tijdens de hoogwatersituatie in 2021 gemiddeld 0,20 m te hoog vergeleken met de metingen.
- Het model berekent de piekstijghoogte tijdens de hoogwatersituatie in 2011 gemiddeld 0,10 m te hoog vergeleken met de metingen.
- Het systeemgedrag na de piek van beide hoogwatersituaties wordt qua niveau en duur goed berekend
- Het grondwatermodel is al betrouwbaar beoordeeld voor het berekenen van stijghoogten tot een afstand van 1 kilometer van de dijk tijdens een T=10 hoogwatersituatie.
- De nauwkeurigheid van de berekende gemiddelde stijghoogten over de rekenperiode vertoont ruimtelijke variatie en bedraagt ongeveer 0,5 meter binnen een afstand van 1 kilometer van de dijk.

Het uitgangsmodel is vervolgens overgenomen en verder verbeterd op een aantal punten en ten slotte opnieuw gevalideerd. De uitkomsten zijn beschreven het memo:

"Memo - Inzet grondwatermodel voor optimalisatie DO-fase_D1.0", Sweco en Waterschap Aa en Maas, 15 september 2025, WSB.28.4-147, NL25-648800269-146474

Het doel van de verbeteringen was het nauwkeuriger schematiseren van de ligging en weerstand van de deklaag in het grondwatermodel. Daarvoor zijn boringen en sonderingen verzameld om het lagenmodel aan te passen. Daarnaast bleek het model na optreden van de hoogwaterpiek het uitzakken van de grondwaterstand in de uiterwaard niet juist te simuleren. Er bleef water op het maaiveld staan dat te langzaam werd afgevoerd. Dit is gecorrigeerd door gebruik te maken van de OLF-module. Deze module zorgt ervoor dat water afgevoerd wordt totdat het ingestelde niveau bereikt wordt. Het niveau is ingesteld op het maaiveld.

[16] In grondwatermodelleringen is het gangbaar om twee modelgebieden met verschillende groottes te hanteren. Dit maakt het mogelijk om eerst voor een groter modelgebied stationair de stijghoogten te berekenen en deze stijghoogten als randvoorwaarden te gebruiken voor de niet-stationaire sommen met een kleiner modelgebied. Een kleiner modelgebied voor niet-stationaire sommen is nodig vanwege de benodigde schijfruimte en rekentijd van de grondwaterberekeningen.

Ten slotte is het model opnieuw gevalideerd. Daarbij is zowel de prestatie van het model voor de gemiddelde grondwaterstanden (GXG's) en de prestatie tijdens hoogwater gecontroleerd. Hieronder zijn de belangrijkste conclusies uit de validatie samengevat:

- Het model is in staat om de gemiddelde stijghoogten tot een afstand van circa 150 m van de Maas goed te simuleren. De afwijkingen tussen berekende- en gemeten GXG-waarden zijn kleiner dan 0,20 m.
- Het model presteert voor gemiddelde situaties even goed als het uitgangsmodel (vóór de modelverbeteringen).
- De modelprestatie tijdens de piek van het hoogwater in 2021 varieert ruimtelijk. De gemiddelde afwijking tussen de berekende en gemeten piekstijghoogte is zijn kleiner dan 0,5 m. Er zijn geen ruimtelijke structurele afwijkingen tussen de berekende- en gemeten piekstijghoogte.

Voor het MER zijn modelvarianten (scenario's) doorgerekend met het grondwatermodel. Alle tijdsafhankelijke modelberekeningen zijn uitgevoerd voor de periode 2010 tot en met 2021. Het jaar 2010 is gehanteerd als warmloopperiode, zodat de modelresultaten niet meer worden beïnvloed door de opgegeven startstijghoogten aan het begin van de simulatieperiode. De GXG's zijn bepaald voor de jaren 2011 tot en met 2021. De volgende modelvarianten zijn doorgerekend:

Tabel 4-2.1 Overzicht van modelvarianten voor het bepalen van de grondwatereffecten in het MER

Modelvariant		Beschrijving
1	Referentiesituatie (REF_BAS1)	De huidige situatie gebruikt als referentiesituatie voor het vaststellen van de grondwatereffecten.
2	Dijkontwerp (ONTW-VO2_BAS1)	De situatie na realisatie van de dijkmaatregelen. Hierin zijn de doorlatende verticale constructies niet als barrières opgenomen in het grondwatermodel.
3	Dijkontwerp (ONTW-VO2_BAS2)	De situatie na realisatie van de dijkmaatregelen. Hierin zijn alle verticale constructies als barrières opgenomen in het grondwatermodel.

Voor de beoordeling van de effecten op de waterhuishouding In het MER zijn de effecten van modelvariant 3 ten opzichte van de referentiesituatie (1) gepresenteerd. In deze variant is ervan uitgegaan dat de verticale constructies niet-doorlaatbaar zijn. Dit is beschreven in paragraaf 8.1 in het MER.

4.2.2 Koppeling grondwater- en rivierkundig model en omstandigheden bij hoogwater

Het grondwatermodel maakt gebruik van de iMOD module (package) genaamd "ISG" om de invloed van de waterstanden in de Maas op de stijghoogten in de omgeving te simuleren. Deze module gebruikt de waterstanden in de Maas op dagbasis en simuleert aan de hand van de bathymetrie de mate waarin de uiterwaard inundeert. Deze module wordt op deze wijze overigens in vrijwel alle op iMOD gebaseerde regionale grondwatermodellen binnen Nederland gebruikt. Daarnaast zijn in het model de meteorologische invloeden (neerslag en verdamping) meegenomen via de onverzadigde zone module MetaSWAP. Op de site van het Nederland Hydrologisch Instrumentarium is achtergrondinformatie over MetaSWAP te vinden (zie https://nhi.nu/modelcode/metaswap/).

Voor het vaststellen van de grondwatereffecten zijn de volgende situaties beschouwd:

- De gemiddeld hoogwatersituatie (GHG), de gemiddeld laagwatersituatie (GLG)
- Een T=10 hoogwatersituatie

Voor de T=10 hoogwatersituatie is gebruik gemaakt van de hoogste waterstanden binnen de beschikbare modelinvoer (periode 2010 t/m 2021). Die situaties traden op in januari 2011 en in juli 2021.

Grondwateroverlast is uiteraard vooral aan de orde in natte omstandigheden. In de winter dus, en niet in de zomer. In een natte situatie is de kans groter dat verhogingen van de grondwaterstanden leiden tot negatieve effecten. Daarom is het hoogwater in januari 2011 gebruikt om eventuele toename van wateroverlast vast te stellen. Zoals hierboven beschreven zijn de invloeden van de rivier en de weersomstandigheden tijdens dit hoogwater in het grondwatermodel gesimuleerd door de iMOD modules ISG en MetaSWAP.

4.2.3 Modelonzekerheden en vertaling naar de uitwerking van het dijkontwerp

Het grondwatermodel bevat onzekerheden die van invloed zijn op de betrouwbaarheid van de uitkomsten van de modelberekeningen. Deze onzekerheden vloeien niet alleen voort uit de onzekerheden (bandbreedte) van de gebruikte modelparameters maar ook uit de structuur van het model (zoals de onderscheiden modellagen of de wijze waarop ontwatering wordt gemodelleerd). Het kwantificeren van de grootte van deze laatste bron van onzekerheid (namelijk de structuur van het model) is zeer complex (academisch) en wordt in modelstudies vrijwel nooit gedaan. Ook in deze studie heeft dat niet plaatsgevonden. Ook de onzekerheden die voortvloeien uit de onzekerheden(bandbreedte) van de gebruikte modelparameters is om pragmatische redenen (rekentijden) eveneens niet onderzocht.

Wel is het model zoals gezegd gekalibreerd en gevalideerd, waardoor een indruk is verkregen in de afwijkingen van de rekenresultaten ten opzichte van de meetgegevens. Dit is hierboven toegelicht en beschreven in het memo:

“Memo verbeteringen geohydrologisch model (VTW0020)”, Sweco, 13 januari 2025, WSB.28.3-086, NL25-648800269-117931.

Conclusie uit de modelvalidatie is dat het model de grondwaterstanden voldoende goed simuleert, met afwijkingen tussen berekende- en gemeten GXG-waarden kleiner dan 0,20 m.

Om te vermijden dat in de berekening van de effecten van de ingrepen van de dijkversterking het model te kleine effecten berekend zijn bij deze berekeningen de parameters zodanig gekozen dat mag worden verwacht dat de berekende effecten juist wat te groot zullen zijn (worst-case benadering). Een concreet voorbeeld is de weerstand van de verticale constructies/schermen. In het model zijn de constructies als niet-doorlatend opgenomen, zodat de invloed op de grondwaterstromingen maximaal is. Zo wordt bijvoorbeeld de opstuwing van het grondwater aan de binnendijkse zijde in een GHG-situatie (negatief) worst-case berekend. In de praktijk zijn de schermen mogelijk meer doorlatend (Grof Zand Barrière - GZB) of zijn er lekken waar grondwater er toch doorheen kan stromen.

Bij de verdere uitwerking van het ontwerp wordt rekening gehouden met de bandbreedte van de afwijkingen tussen de gemeten en de (met het grondwatermodel) berekende stijghoogten. Hierbij is zoveel mogelijk aangesloten op de reeds goedgekeurde aanpak voor het dijkversterkingstraject Meanderende Maas (MeMa). Uit de resultaten van het 3D grondwatermodel is via de kantelpuntmethode de spreidingslengte en effectieve voorlandlengte ruimtelijk langs het gehele dijktraject vastgesteld. Vervolgens is op basis van de methodiek uit het Technisch Rapport Waterspaninningen bij Dijken (TRWD) en de aanpak van MeMa een karakteristieke waarde voor de effectieve voorlandlengte berekend. De resultaten zijn gebruikt in de piping en stabiliteitsberekeningen voor het optimaliseren van het dijkontwerp.

4.2.4 Verduidelijking beoordelingsmethode en scores uit het MER

In het advies van de Commissie wordt gevraagd om een verduidelijking van waarom en in welke situaties een toe- of afname van kwel en wegzijging positief of negatief beoordeeld zijn. Hieronder is daarom een aanvullende toelichting opgenomen:
De effecten op grondwaterstanden, kwel en wegzijging zijn beoordeeld afhankelijk van de richting van de effecten (stijging/toename of daling/afname), de mate/hoeveelheid van de effecten en de aanwezige functies ter plaatse van de effecten. Een toename van kwel wordt bijvoorbeeld anders beoordeeld voor een kwel-afhankelijk natuurgebied dan voor een gebied met de functie wonen. Voor de kwelafhankelijke natuur is een toename van kwel positief en voor bebouwing negatief vanwege het risico op wateroverlast. Daarnaast is bij de beoordeling van de effecten uiteraard rekening gehouden met bestaande knelpunten voor zover deze bekend zijn.

Voor het effect op grondwaterstanden is voor bebouwing een minimale ontwateringsdiepte van 0,7 m-mv gehanteerd. Dit is beschreven op pagina 135 in het MER deel 2. Effecten op kwel en wegzijging zijn niet te toetsen aan “harde” criteria. Daarom zijn de effecten kwalitatief beoordeeld.

Ook is het belangrijk om te benoemen dat een verandering van de kwel of wegzijging niet per se voor een verandering van de grondwatersituatie (dat wil zeggen grondwaterstanden) zorgt. Dit is beschreven op pagina 153 in het MER deel 2.

De effecten op de kwel en wegzijging zijn per deelgebied beschreven en beoordeeld in paragraaf “8.4.3 Kwel en wegzijging” en samengevat in tabel 8-8. In deze paragraaf zijn de locaties waar effecten optreden en de mate van de effecten in combinatie met de aanwezige functies geanalyseerd. Er is beoordeeld wat de impact van de effecten op de aanwezige functies is. Zoals hierboven beschreven is de impact, lees negatieve- of positieve invloed en de ernst ervan, afhankelijk van de functies ter plaatse van de effecten.

5. Archeologie

5.1 Advies Cie mer

Zicht op mogelijke effecten

De dijk tussen Cuijk en Ravenstein ligt in een archeologisch gezien zeer rijk gebied. Er is een goed en gedetailleerd bureauonderzoek uitgevoerd, waarin per dijkvak is beschreven vanaf welke diepte archeologische resten kunnen worden verwacht. Met deze informatie had het MER een goed beeld kunnen geven van de mogelijke impact van de dijkverbetering op archeologische waarden. Dat beeld is er echter niet, doordat er geen confrontatie heeft plaatsgevonden van de ingrepen op de verwachte archeologische waarden.

Naast directe ingrepen (zoals graafwerkzaamheden of het plaatsen van damwanden), is niet duidelijk in hoeverre rekening is gehouden met ingrepen die indirect effect kunnen hebben. Het gaat dan om veranderingen in (grond)waterstanden of door bodemdaling, denk ook aan zetting als gevolg van gronddepots. Uit het geohydrologisch onderzoek is af te leiden waar en in welke omvang veranderingen in grondwaterstand op gaan treden[17]. Dit bepaalt het studiegebied om mogelijke effecten op archeologische waarden te beoordelen. Ook deze vergelijking mist in het MER.

Zonder deze informatie is de beoordeling van de impact van het project op archeologische waarden onvoldoende onderbouwd.

Mitigerende maatregelen

Het MER bevat geen overzicht van maatregelen om negatieve effecten op archeologische waarden te kunnen voorkomen of beperken. De in het bureauonderzoek opgenomen Verwachtings- en risicokaart (bijlage J) vormt een goede basis voor een dergelijk overzicht. Specifiek wijst de Commissie op de vastgestelde archeologische waarde in deelgebied Grave-vesting, vanwege de aanwezigheid van een AMK-terrein[18]. Het is niet duidelijk waarom dit niet aan bod komt bij de mitigerende maatregelen in paragraaf 11.5 van het MER. Voorbereiding op de uitvoering en toevalsvondsten Het MER beschrijft in paragraaf 18.2 dat daar waar niet voldoende duidelijk is of archeologische waarden aanwezig zijn, de werkzaamheden onder archeologische begeleiding plaatsvinden. De Commissie wijst er op dat als ontwijken van vindplaatsen en gebieden met een archeologische verwachting niet mogelijk is, voorafgaand aan de aanlegfase de noodzakelijke stappen uit de archeologische monumentenzorg doorlopen moeten worden.
Op basis van de huidige informatie is wel duidelijk waar dit het geval is, maar mist een beschrijving van hoe deze stappen doorlopen gaan worden. Ook mist informatie over de omgang met zogeheten ‘toevalsvondsten’, die ondanks vooronderzoek tijdens de uitvoering worden aangetroffen.

De Commissie wijst erop dat de keuze om inventariserend veldonderzoek niet uit te voeren tijdens het ontwerptraject voor het VKA, een risico met zich meebrengt. Soms worden bij het onderzoek belangrijke archeologische waarden aangetroffen die in de grond behouden moeten blijven. Dit risico is vanzelfsprekend groter op plaatsen waar de archeologische verwachtingswaarden hoog zijn en waar activiteiten plaatsvinden die deze waarden aan kunnen tasten. Als dit leidt tot een wijziging van het dijkontwerp heeft dit mogelijk ook consequenties voor het projectbesluit.

[17] Op bladzijde 23 van het MER staat dat het onderzoeksgebied voor archeologie zich beperkt tot het dijktracé zelf. In het bureauonderzoek is een zone van 500 meter aan weerszijden van de dijk als studiegebied aangewezen (paragraaf 2.1.1). In beide gevallen is geen rekening gehouden eventuele wijzigingen in de grondwaterstand.

[18] Archeologische Monumenten Kaart; hierop staan belangrijke archeologische terreinen in Nederland.

5.1.1 Conclusie

De Commissie adviseert om, voorafgaand aan het projectbesluit, het MER aan te vullen met de volgende informatie:

• Een beschrijving van de effecten van waterstandsaanpassingen op de specifieke archeologische (verwachtings)waarden. Gebruik daarbij informatie over de veranderingen in de waterhuishouding. Zorg dat de omvang van het studiegebied aansluit op de reikwijdte van de werkzaamheden of veranderingen.

• Een overzicht van welke maatregelen worden getroffen om negatieve effecten te voorkomen of te beperken.

• Een beschrijving van hoe tijdens de uitvoering wordt omgegaan met toevalsvondsten.

5.2 Aanvulling op het MER

5.2.1 Effecten waterstandsaanpassingen op archeologie

Uit het geohydrologisch onderzoek blijkt dat de geplande ingrepen de waterstanden eerder zullen verhogen, dan dat er verlaging plaatsvindt. Hiermee zullen de archeologische waarden eerder beschermd dan aangetast worden. Archeologische waarden, en zeker organische resten blijven beter bewaard als deze zich onder de waterstand bevinden, aangezien er dan minder bacterie- en schimmelvorming plaatsvindt.

Het is belangrijk te benadrukken dat de dijkmaatregelen nergens, behalve ter hoogte van Grave (zie volgende alinea), leiden tot een verlaging van de grondwaterstanden in de zomermaanden (lage grondwaterstanden). Daarmee kan het risico op oxidatie of aantasting van archeologische waarden als gevolg van een lagere grondwaterstand grotendeels op voorhand worden uitgesloten. Bij de toepassing van verticale constructies (schermen) nemen de grondwaterstanden juist toe, doordat vanwege de grondwaterstroming richting de Maas in het gebied ten westen van Grave, de grondwaterstanden aan de binnendijkse zijde van de schermen opstuwen. De verhoging van de grondwaterstanden is positief in het licht van het behoud van archeologische waarden.

De schermen ter hoogte van Grave schetsen een ander beeld wat vraagt om nuance. In dit gebied wordt het Maaspeil opgestuwd en stroomt het (grond)water vanuit de Maas richting het binnendijks gebied. De schermen leiden hier juist tot een verminderde grondwaterstroming richting het binnendijkse gebied. Dit kan in de zomerperiode resulteren in een beperkte verlaging van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Daarbij moet echter worden opgemerkt dat vóór de aanleg van de stuw bij Grave de grondwaterstanden langs de dijk in het verleden zeer waarschijnlijk verder zijn uitgezakt dan onder de huidige situatie mogelijk is. Bovendien geldt dat, indien het Maaspeil dieper zou uitzakken dan ooit eerder is voorgekomen, de schermen juist weer een positief effect zouden hebben op de grondwaterstanden, zoals op de andere locaties langs het dijktracé. Daarom kan, net zoals voor de andere locaties, gesteld worden dat veranderingen van de grondwaterstanden als gevolg van het dijkontwerp geen negatieve invloed op de archeologische waarden hebben.

5.2.2 Mitigerende maatregelen

Momenteel wordt de AMZ-cyclus gevolgd om te zorgen dat archeologische waarden ofwel in situ, ofwel ex situ behouden worden. Indien de geplande ingrepen gebieden waar archeologische waarden worden verwacht zullen schaden, dan worden deze zones eerst onderzocht door middel van proefsleuven, en vervolgens opgegraven. Planaanpassing wordt niet verwacht, tenzij er zeer grote objecten zoals extensieve funderingen, scheepsresten of graven worden aangetroffen tijdens ofwel het proefsleuvenonderzoek, ofwel tijdens de opgraving. Indien dit het geval is, zal overleg plaatsvinden tussen de archeologen, de opdrachtgever en het bevoegd gezag betreffende de aanpak en mogelijkheid van behoud in situ. Mitigerende maatregelen ten behoeve van het behoud van archeologische waarden zijn eigenlijk alleen aanpassingen aan de werkzaamheden waardoor grondroering niet, of minder diep plaatsvinden.

5.2.3 Beschrijving omgang met toevalsvondsten

In principe wordt het gehele tracé eerst onderzocht door middel van boringen, omdat de verwachtingswaarde overal hoog tot middelhoog is, en volgt daar waar ingrepen mogelijk archeologische waarden aantasten vervolgens proefsleuven. Indien de aangetroffen resten vervolgens behoudenswaardig blijken, volgt tevens een opgraving conform de AMZ-procedure. Het is echter mogelijk dat resten gedurende deze procedure gemist worden, en er toevalsvondsten aangetroffen worden tijdens de civieltechnische werkzaamheden.

Indien bij de uitvoering van de werkzaamheden toch onverwacht archeologische resten worden aangetroffen, dan is conform artikel 5.10 en 5.11 van de Erfgoedwet aanmelding van de desbetreffende vondsten bij de minister verplicht (vondstmelding via de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed: d.m.v. een Archis-vondstmelding) en de bevoegde overheid (gemeente/ provincie Noord-Brabant)[19].

De Omgevingswet regelt dat in het geval van archeologische toevalsvondsten van algemeen belang, niet alleen de minister van OCW, maar ook de gemeente bevoegd is om bodemverstorende werkzaamheden stil te leggen.

[19] https://formulier.cultureelerfgoed.nl/archis/vondstmeldingsformulier

6. Natuur

6.1 Advies Cie mer

Bij het MER zijn als bijlagen uitgebreide onderzoeken naar de aanwezige natuurwaarden en eventuele effecten daarop opgenomen. Onderdeel van het natuuronderzoek zijn stikstofberekeningen[20]. In dat kader wijst de Commissie er op dat op 7 oktober 2025 AERIUS Calculator is geactualiseerd. De nieuwe versie[21] moet worden toegepast in lopende procedures, maar logischerwijs was met deze versie nog geen rekening gehouden bij het opstellen van het MER (dat dateert uit september 2025). De stikstofberekeningen zijn in juli 2025 uitgevoerd. De Commissie beveelt daarom aan om de AERIUS-berekeningen voor dit plan/project opnieuw uit te voeren met de nieuwe versie, en zo nodig de uitkomsten te verwerken in het MER (de effectbeoordeling en het onderzoek naar mitigerende maatregelen).

6.2 Aanvulling op het MER

Er zal bij het definitieve projectbesluit een AERIUS berekening worden toegevoegd waarbij gebruik is gemaakt van de op dat moment meest recente versie van AERIUS Calculator. Omdat er soms niet alleen een jaarlijkse update van AERIUS Calculator in het najaar is, maar ook een tussentijdse update niet ongebruikelijk is, zoals de Cie mer ook al heeft geconstateerd voor de nieuwe versie in februari 2026, zal de AERIUS-berekening later in 2026 worden uitgevoerd, voordat de definitieve besluitvorming, mogelijk najaar 2026, start. Er wordt vanuit gegaan dat de uitkomsten van een nieuwe AERIUS-berekening gelijk of min of meer gelijk zullen zijn dan de eerder uitgevoerd berekening. En dat een herberekening dus geen invloed zal hebben op milieueffecten en de besluitvorming.

[20] Waterschap Aa en Maas, 13 augustus 2025. Onderzoek stikstofdepositie. Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein en herinrichting Graafsche Raam. (opgenomen in Bijlage 3 van het Ontwerp-projectbesluit Cuijk-Ravenstein).

[21] Op 10 februari 2026 is een bijgewerkte versie van de 2025 serie van AERIUS gepubliceerd.

Bijlage A. Lijst met documenten om aan besluitvorming toe te voegen

PM Nieuwe AERIUS-berekening volgt mei/juni 2026

Lijst met aan de besluitvorming toe te voegen documenten:

- Integrale Uitgangspunten Nota (PU-VO) (update), Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein, C3.0, 28-01-2025, Sweco/infram
- Nota TUN, TUN CO-fase, Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein, D2.0, 16-04-2025, Sweco/Infram
- Trajectaanpak BSKW, Analyse en maatregelen, D2.0, 11-04-2025, Sweco
- Grondwatermodel: Cuijk-Ravenstein, 3 oktober 2023, Arcadis
- Memo verbeteringen geohydrologisch model, 13-1-2025, Sweco
- Notitie rivierkundige beoordeling, Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein, D1.0, 06-03-2025, Sweco
- MilieuGezondheidsRisico (MGR), Dijverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein, D1.0, 28-05-2025, Sweco
- Inventarisatie Landschap Cultuurhistorie en Archeologie, Verkenning Cuijk-Ravenstein, D-019 versie 2, 8 december 2020, Lievense/WSP
- Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld Cuijk-Ravenstein, D2.0, 10 januari 2025, Sweco/Infram
- Archeologisch bureauonderzoek Dijverbetering Cuijk-Ravenstein, gemeenten Land van Cuijk, Maashorst en Oss, SWAR 2733, D1, 01-04-2025, Sweco

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Integrale Uitgangspunten Nota (PU-VO) (update)

Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein
WBS: WSD.2.2
Datum: 28-01-2025
Versienummer: C3.0



Inhoudsopgave

1. Inleiding **4**
1.1 Projectbeschrijving 4
1.2 Documentdoel 4
1.3 Een groeidocument 5
1.4 Context en raakvlakken met het document 5
2. Het project **6**
2.1 Het projectgebied 6
2.2 Trajectbeschrijving 6
2.3 Doelstellingen 7
2.4 Fasering project 7
2.5 Context van het project 7
2.6 Financiering 8
3. Kenmerken en waarden **9**
3.1 Inleiding 9
3.2 Landschap, cultuurhistorie en archeologie 9
3.3 Wonen, werken en infrastructuur 13
3.4 Recreatie en beleving 18
3.5 Natuur en ecologie 19
3.6 Water 22
3.7 Bodemkwaliteit 24
4. Opgave **26**
4.1 Veiligheidsopgave 26
4.2 Voorkeursalternatief 29
5. Uitgangspunten algemeen **32**
5.1 Objecten 32
5.2 Afweegkader 34
5.3 Ontwerpproces 36
5.4 Dijkvakindeling 37
5.5 Ruimtelijke kwaliteit 38
5.6 Contractmanagement 40
6. Uitgangspunten omgeving **41**
6.1 Bestuurlijke samenwerking 41
6.2 Participatie 41
6.3 Conditionering 43
6.4 Bestuurlijk-juridische procedures en vergunningen 44
6.5 Beoordelingskader MER 45
6.6 Klanteisen en systeemeisen 46
7. Uitgangspunten techniek **47**
7.1 Kader uitgangspunten dijkversterking 47
7.2 Basisspecificatie dijken 48
7.3 Technische uitgangspunten 48
7.4 Verkeer 48
7.5 Duurzaamheid 49
Referenties **53**
Bijlage A. Projectgebied **54**
Bijlage B. Baseline Klanteisen en systeemeisen voor VO fase. **55**
Bijlage C. Technische uitgangspunten notitie VO fase (TUN) **56**
Bijlage D. Overzicht procedures en vergunningen **57**
Bijlage E. Kaarten dijkvakindeling **58**

1. Inleiding

1.1 Projectbeschrijving

De dijk aan de zuidzijde van de Maas, tussen Cuijk en Ravenstein, is een primaire waterkering met een strenge norm (signaleringswaarde 1:30.000 en ondergrens 1:10.000). Een dijkdoorbraak in dit dijktraject heeft namelijk grote gevolgen. Dijktraject 36-2, zoals weergegeven in Figuur 1.1, voldoet niet op alle delen aan de nieuwe veiligheidsnorm die op 1 januari 2017 is vastgesteld in de Waterwet. Waterschap Aa en Maas werkt een plan uit voor een dijkverbetering, zodat de primaire waterkering in de toekomst voldoet aan de veiligheidsnorm. Deze dijkverbetering is onderdeel van het landelijke hoogwater beschermingsprogramma (HWBP).

Het dijktraject is circa 21 km lang en bestaat voor een groot deel uit een gronddijk. Halverwege het traject, in de vestingstad Grave, is een kademuur aanwezig als primaire waterkering. Daarnaast zijn ook diverse constructieve objecten in de dijk aanwezig (kunstwerken) zoals onder andere de Keersluis Cuijk en Gemaal van Sasse. De gronddijk, de kademuur en de kunstwerken zijn gezamenlijk onderdeel van het project dijkverbetering Cuijk-Ravenstein.



Figuur 1.1 Dijktraject Cuijk-Ravenstein

Het HWBP-project dijkverbetering Cuijk – Ravenstein heeft de verkenningsfase succesvol afgesloten met een vastgesteld voorkeursalternatief. Voorliggend document behoort tot de planuitwerkingsfase. Voor de planuitwerkingsfase zijn in het projectmanagementplan [21] de volgende doelen gedefinieerd:

- Hoofddoel 1 - een definitief projectbesluit. Werkzaamheden als gevolg van een eventuele beroepsprocedure bij de Raad van State behoren niet tot de scope.
- Hoofddoel 2 en 3 – definitieve gunning van het contract realisatiefase ‘Gronddijk & Kunstwerken’ en ‘Waterkering Grave’.
- Hoofddoel 4 – toegekende subsidiebeschikking realisatiefase.
- Hoofddoel 5 – gegunde optie IB-diensten DO- en UO-fase.

1.2 Documentdoel

De integrale uitgangspuntennotitie bevat een onderbouwde en zo eenduidig mogelijke set uitgangspunten. De uitgangspunten zijn niet alleen technisch, maar juist ook andere belangen geven input voor deze uitgangspuntennotitie, zoals ruimtelijke kwaliteit of ecologische aspecten. De integrale uitgangspuntennotitie dient ook als bijlage bij het nog op te stellen projectbesluit om vast te leggen welke kaders van toepassing zijn op het ontwerpproces.

1.3 Een groeidocument

Voorafgaand aan elke ontwerploop worden de uitgangspunten benoemd en vastgelegd met de bedoeling om de besluitvorming van het uiteindelijke proces te versnellen. Bij de start van elke ontwerploop wordt de integrale uitgangspuntennotitie geactualiseerd en toegespitst op de betreffende ontwerploop. Daarmee is de integrale uitgangspuntennotitie een groeidocument dat steeds concreter wordt gedurende de planuitwerkingsfase.

De integrale uitgangspuntennotitie wordt bij de start van een ontwerploop door het IPM-team van waterschap Aa en Maas vastgesteld. Vervolgens wordt die gepresenteerd aan de stuurgroep, zodat voor iedereen duidelijk is op welke uitgangspunten het ontwerp gebaseerd is.

Voorliggende versie van de integrale uitgangspuntennotitie is opgesteld voor de fase 'Voorlopig Ontwerp' (VO-fase).

1.4 Context en raakvlakken met het document

Het document raakt andere documenten in het project dijkverbetering CuRa. Op hoofdlijnen bestaat het uit drie hoofdraakvlakken;

- technisch raakvlak;
- omgevingsraakvlak;
- beheerdersraakvlak: basisspecificatie dijken.

Het technisch raakvlak bestaat uit de relatie met de technische uitgangspunten (TUN), het op te stellen ontwerp en de op te stellen systeemeisenspecificatie (SES). De TUN en de SES zijn opgenomen in de bijlagen. Daarnaast werkt het waterschap met de basisspecificatie dijken die projectspecifiek is gemaakt en opgenomen in deze SES.

Het omgevingsraakvlak met voorliggend document is te beschrijven als een raakvlak met de omgevingsscan, het ruimtelijk kwaliteitskader en het participatieproces inclusief het proces rondom de klanteisen.

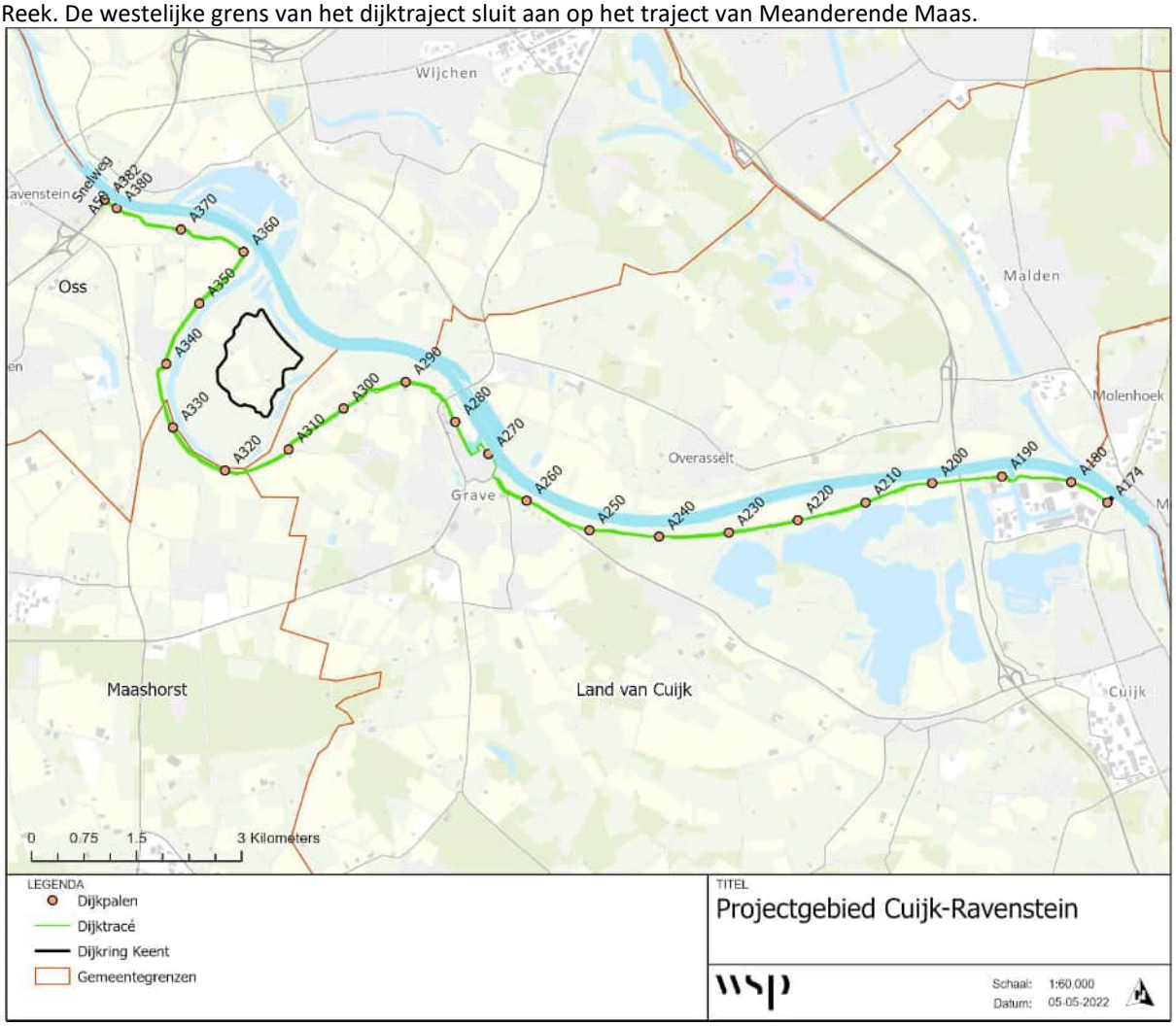
2. Het project

2.1 Het projectgebied

Het projectgebied (zie ook kaart in Bijlage A) omvat het gebied waarbinnen de ingrepen kunnen plaatsvinden voor de dijkverbetering. Het projectgebied heeft een lengte van ongeveer 21 km (van dijkpaal 174 tot en met dijkpaal 382). Het gebied ligt aan de zuidzijde van de rivier de Maas vanaf de spoorbrug nabij Katwijk (gemeente Land van Cuijk) tot direct westelijk van de autosnelweg A50 over de Maas nabij Ravenstein (gemeente Oss). Het ingelegen dijktraject Keent (dijktraject 36a) valt buiten de scope. Langs het traject liggen een aantal woonkernen, waarvan Grave de grootste is.

2.2 Trajectbeschrijving

Het dijktraject (Figuur 2.1) is een van de trajecten met de strengste norm langs de Maas vanwege de grote gevolgen bij een dijkdoorbraak. Het gebied dat overstroomt bij een doorbraak strekt zich uit tot en met ’s-Hertogenbosch. Het dijktraject bevindt zich op grondgebied van de gemeenten Land van Cuijk, Maashorst en Oss. Langs het traject ligt een aantal kernen, waarvan Grave de grootste is. De bebouwde kom van Cuijk valt buiten het projectgebied, omdat het projectgebied begint bij de spoorlijn bij Katwijk. Binnen het dijktraject bevinden zich wel de kleinere kernen Overlangel en Neerloon en op iets grotere afstand Linden, Gassel, Velp en Reek. De westelijke grens van het dijktraject sluit aan op het traject van Meanderende Maas.



Figuur 2.1 Dijktracé en dijkpalen Cuijk-Ravenstein

2.3 Doelstellingen

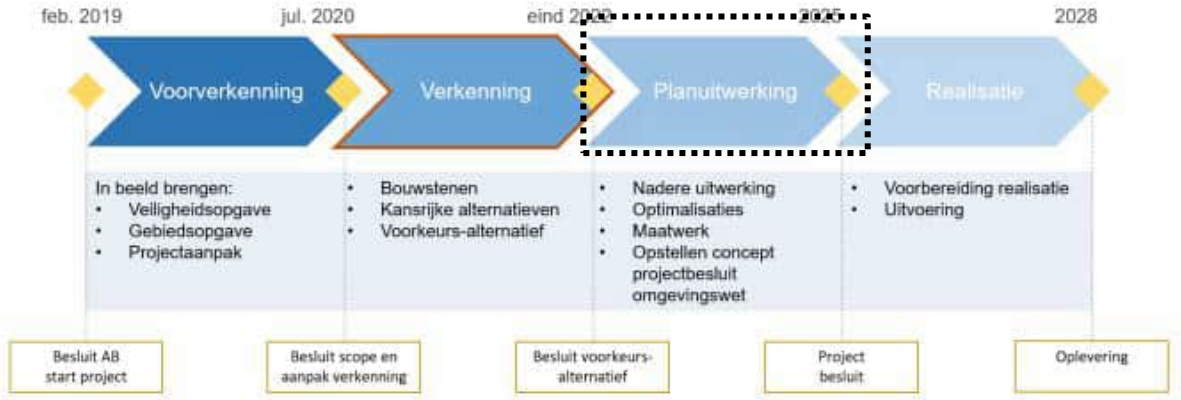
Het waterschap heeft, in overeenstemming met de partners in de stuurgroep, de doelstellingen van het project als volgt geformuleerd (bron: Plan van Aanpak beschikkingsaanvraag planuitwerking, versie 95% [1]):

1. De primaire doelstelling van het project is: Invulling geven aan de taak die het waterschap heeft, namelijk de primaire waterkering Cuijk-Ravenstein (dijkvak 36-2) te laten voldoen aan de landelijke normen voor primaire waterkeringen, inclusief het inpassen van bestaande waarden en functies.
2. De secundaire doelstelling van het project is: Waar mogelijk een bijdrage leveren aan de kwaliteit van de leefomgeving. Daarvoor worden meekoppelkansen tijdens de planuitwerkingsfase verder uitgewerkt en afgewogen.

De fasespecifieke doelstellingen voor de planuitwerkingsfase zijn beschreven in paragraaf 1.1.

2.4 Fasering project

Dit project wordt uitgevoerd volgens de MIRT-systematiek (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport, zie Figuur 2.2). Het project is gestart met een voorverkenning die in juli 2020 is afgerond. Daarna volgde de verkenningsfase, die in november 2022 is afgesloten met de bestuurlijke vaststelling van het voorkeursalternatief (VKA). In de planuitwerkingsfase wordt het voorkeursalternatief verder uitgewerkt en worden de juridische procedures voorbereid (projectbesluit). Na afronding van deze procedures kan worden gestart met de realisatie. Het streven is dat de dijkverbetering in 2028 wordt afgerond.



Figuur 2.2 MIRT-fasering

2.5 Context van het project

Het project Cuijk-Ravenstein heeft het karakter van een integrale dijkverbetering. Hiervoor is waterschap Aa en Maas initiatiefnemer en zoeken we samenwerking met gebiedspartners voor goede inpassing en waar mogelijk het verzilveren van meekoppelkansen.

Het project Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein valt binnen het hoogwater beschermingsprogramma (HWBP); een programma waarin het rijk en waterschappen intensief samenwerken om Nederland te beschermen tegen overstromingen. Vanuit het project Cuijk-Ravenstein wordt actief deelgenomen aan de landelijke HWBP-community. Samen kennis opbouwen en leren van elkaar is een belangrijke pijler in de samenwerking binnen het HWBP.

Voor waterschap Aa en Maas is dit het tweede project binnen dit programma. Het eerste project is Meanderende Maas (het aangrenzende traject Ravenstein-Lith). Dit project bevindt zich in de afrondende fase van de planuitwerking. Het project Meanderende Maas heeft het karakter van een gebiedsontwikkeling, met meerdere doelen en ambities en meerdere initiatiefnemers.

2.6 Financiering

De totale dijkverbeteringsopgave in Nederland wordt 'de dijkrekening' genoemd. Alle waterschappen samen en Rijkswaterstaat betalen ieder de helft van de dijkrekening. De waterschappen leggen 40% solidariteitsbijdrage in en betalen 10% aan specifieke projecten. In de praktijk betekent dit dat het project Cuijk-Ravenstein 90% subsidie krijgt vanuit het hoogwater beschermingsprogramma en 10% zelf bij legt voor zowel de veiligheidsopgave als voor het goed inpassen van de dijk in het gebied. Goede inpassing betekent dat de huidige waarden in het gebied niet achteruitgaan door de maatregelen voor de dijkverbetering. Doordat we aan de slag gaan met de dijk kan het kansen bieden om ook waarden toe te voegen of te versterken of om slim doelen en ambities van andere partijen samen uit te voeren. Deze meekoppelkansen worden niet vanuit het HWBP gefinancierd, maar door de verantwoordelijke overheden, initiatiefnemende particulieren of bedrijven of via andere middelen.

3. Kenmerken en waarden

3.1 Inleiding

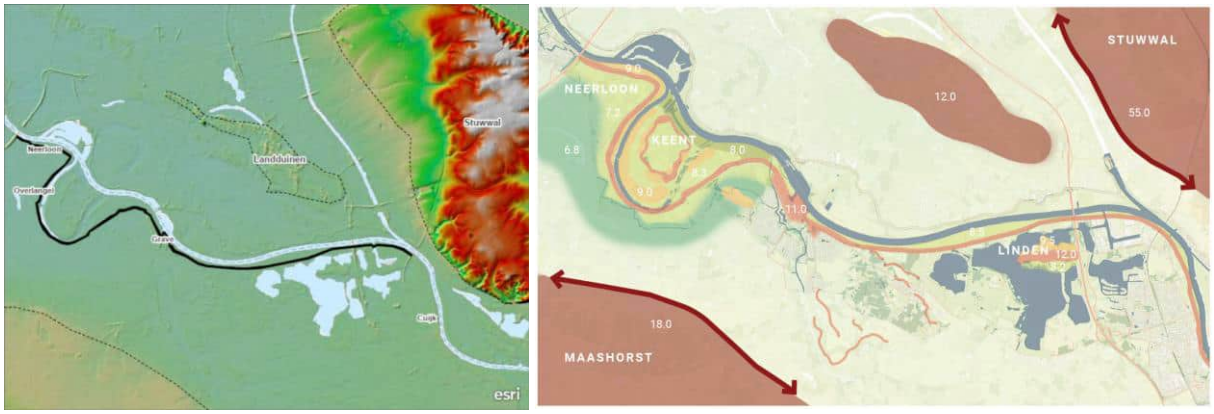
In de volgende paragrafen worden de belangrijkste kenmerken en waarden van het projectgebied beschreven. Ten opzichte van de verkenningsfase zijn daar uiteraard geen grote veranderingen te verwachten, daarom is de Integrale Uitgangspuntennotitie van de verkenningsfase een belangrijke bron voor dit hoofdstuk. Wijzigingen zijn expliciet aangegeven.

3.2 Landschap, cultuurhistorie en archeologie

Het projectgebied Cuijk-Ravenstein ligt op de overgang van de Noordelijke Maasvallei naar de Bedijkte Maas. Bovenstrooms wordt de Maas begrensd door de hoge zandgronden die voorheen niet bedijkt waren. Benedenstrooms wordt de Maas aan weerszijden begrensd door dijken met daarachter lagergelegen komgronden. Dit overgangsgebied wordt ook wel 'terrassenkruising' genoemd. Wanneer we naar de hoogteligging van het gebied kijken worden verschillende onderdelen van het landschap zichtbaar. Door naar de onderliggende bodem te kijken kunnen we vanuit de geomorfologie ook iets zeggen over vormen in het landschap, het reliëf en de ontstaansgeschiedenis.

3.2.1 Landschap

Het dijktraject tussen Cuijk en Ravenstein kent een boeiende landschappelijke en geomorfologische ontwikkeling. Op de hoogtekaart (Figuur 3.1) is duidelijk het lagergelegen rivierengebied te zien. Dit rivierengebied is gelegen tussen de stuwwal van Mook en de Maashorst. Inzoomend kunnen nog meer hoogteverschillen worden onderscheiden. Stroomopwaarts van Grave is met de geel/groene kleur het terrassenlandschap te zien met daarin een geulenpatroon van oude rivierlopen. Benedenstrooms van Grave begint het gebied met Maasmeanders: grote lussen in de rivier. Hier is goed te zien dat de uiterwaarden bij Neerloon en Keent hoger liggen dan de binnendijkse komgronden. Dit komt door het proces van opslibbing met rivierslib. Hierdoor zijn de oude Maasmeanders hoog in het landschap komen te liggen. Er is een inversie van het landschap ontstaan: hoge, droge akkers buitendijks en lage, natte weidegronden binnendijks.

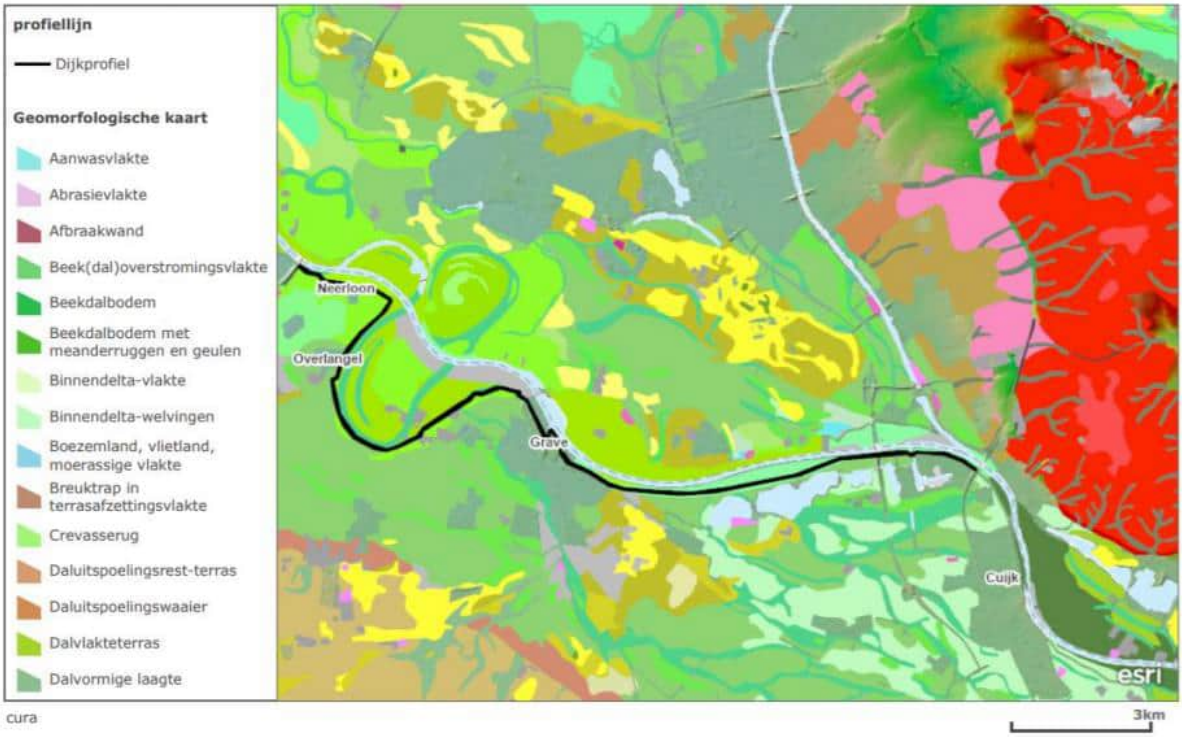


Figuur 3.1 Links hoogtekaart omgeving Cuijk-Ravenstein [2] en rechts opvallende hoogtes, weergegeven met de rode kleuren [3]

In de jaren 1930 is de Maas genormaliseerd. De meanders zijn afgetakt om de rivier beter bevaarbaar te maken. De oude Maasmeanders zijn goed te zien als laaggelegen lussen in het landschap. De Maas werd een gestuwde rivier door de introductie van meerdere stuwen. Een van die stuwen ligt bij Grave. Op sommige plekken zijn de uiterwaarden langs de Maas verlaagd, zodat de rivier meer ruimte krijgt. Dit wordt de 'Lelyzone' genoemd en is goed te zien in de uiterwaard stroomafwaarts van Grave (Lage Wijth).

Geomorfologie

Aan weerszijden van de Maas ligt een dekzandgebied met dekzandruggen, terrasvlakten, terrasruggen, rivierduinen en landduinen. De hoger gelegen terrasruggen en duinen zijn op de geomorfologische kaart (Figuur 3.2) met gele kleur weergegeven. Grave ligt op een uitloper van zo'n hooggelegen terrasrug. Oostelijk van Grave zijn oude geulen te zien op de geomorfologische kaart. Deze zijn ontstaan in de periode vlak na de laatste ijstijd toen de Maas nog niet één duidelijke bedding had maar in een vlechtend patroon zijn weg zocht. Bij de Kraaijenbergse Plassen is dit patroon volledig verdwenen door zand- en kleiwinning.



Figuur 3.2 Geomorfologische kaart [2].

Stroomafwaarts van Grave is met de lichtere groene kleuren de stroomrug van de meanderende Maas weergegeven. Tot aan Overlangel grenst de Maas aan de terrasvlakte en stroomafwaarts bij Neerloon en Ravenstein beginnen de laaggelegen komgronden.

3.2.2 Cultuurhistorie

Het dijktraject tussen Cuijk en Ravenstein is rijk aan cultuurhistorie. Zowel historische stedenbouw als historische landschappelijke structuren zijn te vinden langs de dijk en in de omgeving. Hieronder volgen de meest in het oog springende cultuurhistorische elementen zonder de intentie om volledig te willen zijn.

Historische stedenbouw

De volgende historisch-stedenbouwkundige structuren zijn onder meer aanwezig:

- Neerloon: oeverwaldorp met kerk aan de dijk;
- De Bronkhorst: complex van kloosters en parochiekerk op oeverwal;
- Oud Velp: nederzetting op zichtbare verhoging aan de rand van de voormalige Beerse Overlaat;
- woonwijk Bikkelkampplein: naoorlogse woonwijk met tuinstadprincipe op opgehoogd inundatieveld;
- Linden: donkdorp in het stroomgebied van de Beerse Overlaat, met kerk centraal op hoogste punt.

Historische landschappelijke structuren

In het gebied is een aantal historische landschappelijke structuren te vinden, waaronder:

- bakenbomen langs de Maasoever bestaande uit populieren;
- restanten van het Maasheggenlandschap;
- bos op voormalig ontginningsgebied uit 1850, nu het Gasselse bos.

Beschermde vestingstad Grave

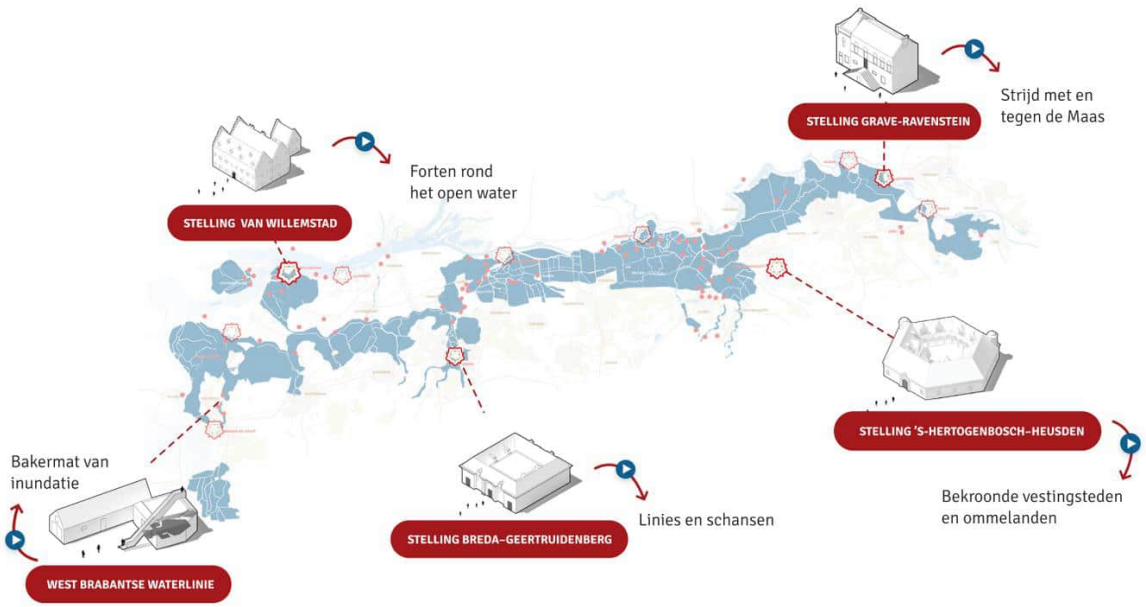
Grave is een vestingstad met een verdedigingsstructuur rondom de stad, versterkt met bolwerken, grachten en poorten. Een gedeelte hiervan is vandaag de dag nog zichtbaar en is aangewezen als rijksbeschermd stadsgezicht.

Grave was een belangrijke stad in de militaire geschiedenis als een van de elf vestingsteden van de Zuiderwaterlinie. Ook was Grave onderdeel van de Peel-Raamstelling, aangelegd in 1939. Hiervan zijn nog enkele kazematten in het gebied zichtbaar.

Zuiderwaterlinie

Nederland heeft zich niet alleen eeuwenlang verdedigd tegen het water, maar ook met behulp van het water. Dit blijkt wel uit de vele waterlinies die ons land kent. De Zuiderwaterlinie is daarvan de oudste, de langste én de meest benutte. Zij is een aaneenschakeling van elf Brabantse vestingsteden en hun ommeland, van Bergen op Zoom tot voorbij Grave. Het was de indertijd wereldberoemde vestingbouwer Menno van Coehoorn die er rond 1700 een samenhangend geheel van maakte, zie Figuur 3.3.

Grave was lang de ‘Poortwachter van de Republiek’. De ligging aan de Maas en aan de rand van de onbegaanbare Peel maakte het een uitgelezen plek om de Republiek binnen te vallen. Na 1700 konden vijandelijke legers hier de inundatie van de Zuiderwaterlinie omzeilen. Grave is dan ook noodgedwongen uitgegroeid tot de meest belegerde stelling van het land. De grote schaal en de openheid van de binnendijkse Beerse Overlaat helpen om de geschiedenis als inundatiegebied voorstelbaar te maken. [16].



Figuur 3.3 Visualisatie van de Zuiderwaterlinie [16]

Watergeschiedenis van het gebied

In de middeleeuwen werden er dijken aangelegd langs de Maas. Vanaf dit moment kon de rivier het water niet altijd goed kwijt. Wanneer de Maas dreigde te overstromen werd het gebied bij Beers onder water gezet, de 'Beerse Overlaat' genoemd. Deze overlaat voorkwam plotselinge dijkdoorbraken. De inlaat hiervan lag tussen Grave en Linden en ten zuiden van Cuijk. De overlaat liep dwars door het Maasland via de Graafsche Raam en de Hertogswetering. De Beerse Overlaat werd ook gebruikt als verdedigingsmechanisme als onderdeel van de Zuiderwaterlinie.

Een aantal overgebleven gebouwen zijn het voormalige café het Wachthuis langs de Oude Maasdijk, dat tijdens de werking van de Beerse Overlaat op een schiereiland lag, en boerderij Villa Nova waar het dijkmagazijn gevestigd was. In het dijkmagazijn lag al het materiaal opgeslagen dat nodig was om de dijk en het achterland extra te beschermen als de Beerse Overlaat in werking trad. Ook in het landschap zijn nog oude ringdijkjes te vinden die dorpen moest beschermen tegen het hoge water.

In de jaren 1930 werd begonnen aan de Maaswerken. Vele bochten werden uit de Maas gesneden en de karakteristieke bakenbomen werden geplant. De bakenbomen markeren de vaarroute bij hoogwater. Door de Maaswerken is de doorstroming van de Maas sterk verbeterd en in 1942 werd de Beerse Overlaat gesloten.

Aardkundig waardevol gebied Keent

Door de provincie is Keent (Figuur 3.4) aangewezen als een aardkundig waardevol gebied omdat dit een mooi voorbeeld is van een grote Maasmeander met typische grootschalig-fluviatiele landvormen (voornamelijk kronkelwaardruggen en restgeulen). Keent is een verzameling boerderijen en woningen gelegen in een dijkring tussen de Maas en de Maasdijk bij Overlangel. Het is met 72 inwoners de kleinste kern van de voormalige gemeente Ravenstein, nu gemeente Oss. Om natuurontwikkeling en rivierverruiming in de Keentse uiterwaard te realiseren, heeft dit gebied in 2014 een reconstructie ondergaan. Er is een nieuwe brug aangelegd, waardoor het 'eiland' tijdens hoogwater in de Maas beter bereikbaar is geworden. Bovendien is de Oude Maasarm rond het eiland over een lengte van vier kilometer uitgegraven. Hiermee heeft de Maas na tachtig jaar een stukje van haar oorspronkelijke loop teruggekregen, zij het als nevengeul.



Figuur 3.4 Overzichtskaart natuurontwikkeling en vergravingen rondom Keent in 2014 [2]

3.2.3 Archeologie

In de Brabantse bodem zit informatie verborgen over de bewoningsgeschiedenis, die bij verstoring onherstelbaar verloren gaat. Deze verstoring kan plaatsvinden door grondverzet, maar ook bijvoorbeeld door grondwaterdaling. Soms is aantasting bij graafwerkzaamheden, bijvoorbeeld ten behoeve van de dijkverbetering, niet te vermijden. In dat geval moet er voorafgaand aan de werkzaamheden zorgvuldig onderzoek en een opgraving plaatsvinden.
De verwachtingswaardenkaart (Figuur 3.5) is een eerste indicatie van de kans op het aantreffen van archeologische waarden. Op deze kaart is het gehele binnendijkse plangebied aangewezen als hoge of middelhoge waarde. Aannemelijk is dat de terrasruggen en beekdalen een hoge archeologische waarde hebben. In deze gebieden moet voorafgaand aan graafwerkzaamheden een inventariserend vooronderzoek (met boringen) plaatsvinden. De dijk en de uiterwaard hebben een lage verwachting.

In het plangebied zijn geen archeologische monumenten aanwezig.



Figuur 3.5 Archeologische verwachtingswaardekaart [2]

3.3 Wonen, werken en infrastructuur

3.3.1 Wonen en werken aan de dijk

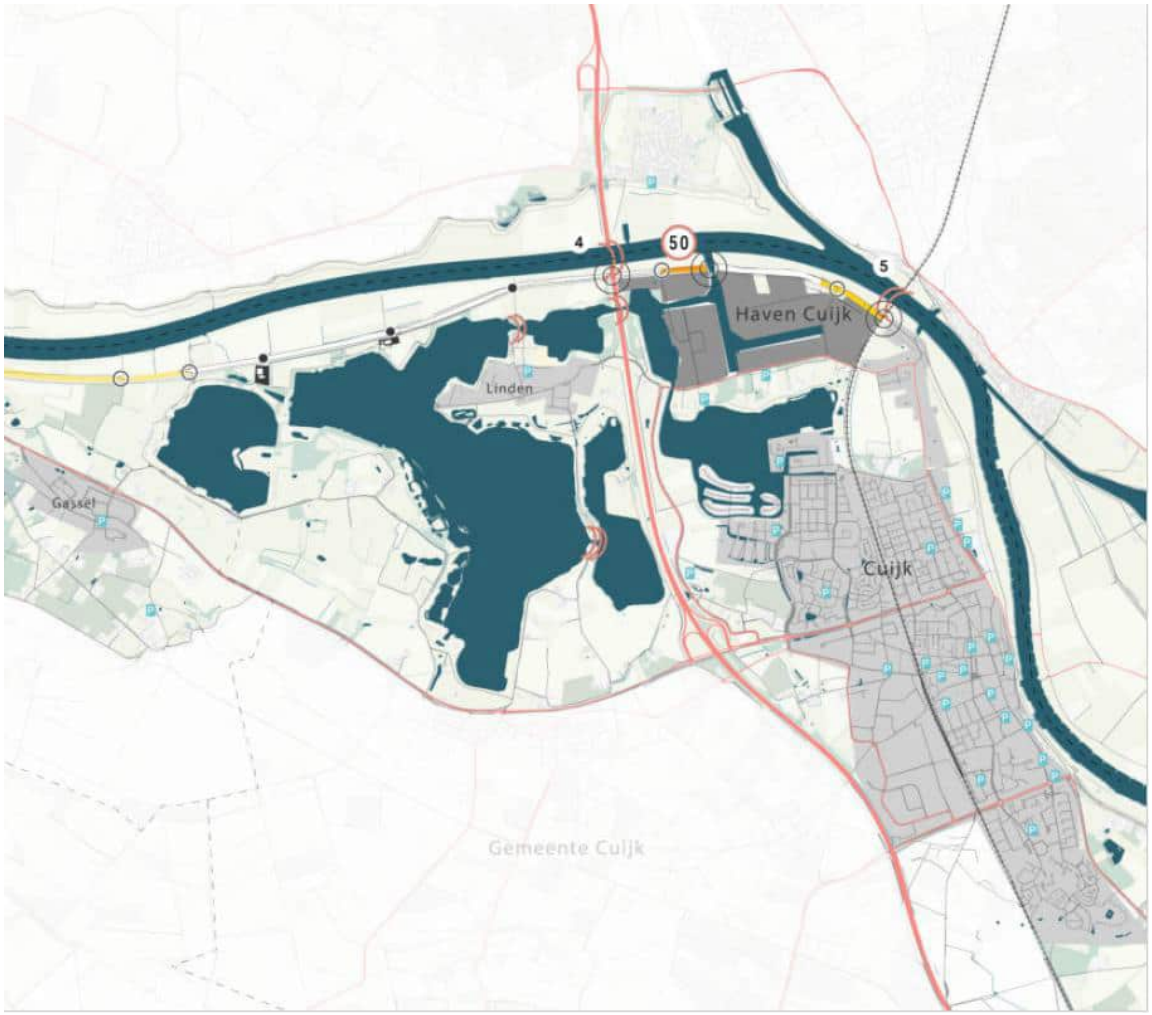
Op verschillende plekken wonen en werken er mensen langs de dijk. De meeste woningen bevinden zich in de dorpen Neerloon en Overlangel en de kern van vestingstad Grave. Daarnaast bevinden zich in de buitengebieden verschillende boerderijen langs de dijk. Allemaal kennen ze een andere relatie tot de dijk. In Neerloon zijn de woningen dicht tegen de dijk geplaatst met tuinen die overgaan in het dijktalud. Langs de Dokter Kanterslaan in Grave-Oost staan de woningen achter de dijk met zicht op de Maas vanaf de eerste verdieping. Langs de Koninginnedijk in Grave liggen de woningen zelfs hoger dan de kering, met tuinen boven het binnentalud. Dit op aangeven van het waterschap vanwege de op handen zijnde dijkverbetering. Verder kent het plangebied bedrijvigheid met enkele bedrijfsterreinen in Grave (Wisseveld) en in Cuijk (Haven Cuijk). Ook deze terreinen strekken zich uit tot aan het binnentalud van de huidige dijk.

Eigendommen en functies

Het plangebied kent 913 percelen met 285 panden en diverse functies. Het eigendom van de gronden ligt bij 243 verschillende eigenaren. De grond rond de primaire waterkering is grotendeels in eigendom van het waterschap zelf. Alleen de historische kade van Grave staat op eigendom van de gemeente Land van Cuijk. Verder is de staat veelal eigenaar van (het stroomvoerende deel van) de rivier. De percelen in de uiterwaarden zijn voornamelijk particulier bezit, waarbij Staatbosbeheer en Stichting het Brabants Landschap diverse percelen rond Keent in eigendom hebben.

3.3.2 Autowegen

In de verkenningsfase is een inventarisatie uitgevoerd naar de verkeerssituatie in het projectgebied. Kenmerkend voor het plangebied zijn de drie verkeersbruggen over de Maas die zorgen voor goede noord-zuidverbindingen tussen Gelderland en Noord-Brabant. Van west naar oost zijn dit de Maasbrug bij Ravenstein (A50), de John S. Thompsonbrug (N324) bij Grave en de Maasbrug Heumen (A73) ten noorden van Cuijk. Daarnaast is de spoorbrug Mook gesitueerd aan de uiterst oostelijke rand van het plangebied. Deze vakwerkbrug uit 1946 maakt onderdeel uit van de spoorlijn Nijmegen-Venlo.
Het plangebied kan worden opgedeeld in drie deelgebieden. Stroomafwaarts zijn dit: Cuijk, Grave en NOR (Neerloon, Overlangel, Reek). Hieronder worden deze deelgebieden kort beschreven in die volgorde.



Figuur 3.6 verkeersituatie rondom Cuijk [4]

In het oostelijke deel ten noorden van de Kraaijenbergse plassen is er nauwelijks verkeer op en langs de dijk. Oostelijk van de invaart van de haven van Cuijk (ten oosten van de A73) is er alleen lokaal bestemmingsverkeer voor het bedrijventerrein. De sluis is hier een obstakel en onderbreekt de route en continuïteit van de dijk.

In oost-westrichting ligt in het oostelijke deel van het plangebied de N321 tussen Cuijk en Grave die bij Grave op de kruin van de dijk ligt. De snelheidslimiet op deze weg is 80 km/u buiten de bebouwde kom en 50 km/u binnen de bebouwde kom.

Het dijkdeel in en rondom Grave kent verschillende verkeerssituaties. De Maaskade, die de vestingstad Grave beschermt tegen hoogwater, is aangelegd als nauwe straat waarop fietsers en auto's de ruimte delen. Aangezien de Maaskade geen doorgaande route voor autoverkeer is, is deze verkeersluw. In het noordelijke deel van Grave ligt op de dijk een toegangsweg voor een kleinschalig industriegebied.
Een tweede provinciale weg die Grave doorkruist, is de N324 tussen Oss en Nijmegen. Deze heeft recentelijk een reconstructie ondergaan tussen Oss en de John S. Thompsonbrug bij Grave. Deze reconstructie heeft geleid tot een verbetering in de verkeersveiligheid en doorstroming.



Figuur 3.7 verkeersituatie rondom Grave [4]

In het meest westelijke deel, tussen Grave en Ravenstein, is geen directe oost-westverbinding over provinciale wegen. Hier rijdt doorgaand verkeer op grotere afstand van de dijk, óf neemt de lokale weg over de dijk. Hierdoor is er tussen Grave en Ravenstein meer verkeer op de dijk. De snelheidslimiet is hier 60 km/uur en op een deel van de weg zijn fietssuggestiestroken aangebracht. Op het dijktraject bij Lage Wijth ligt op de dijk alleen een fietspad.

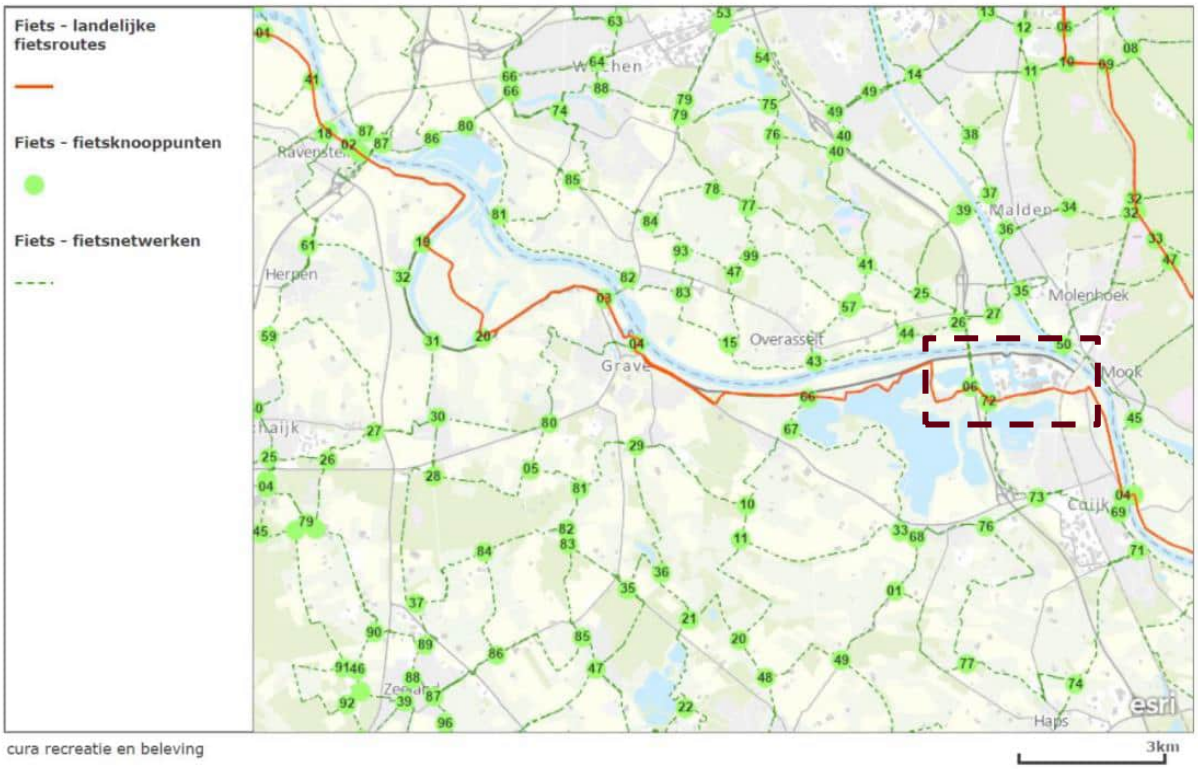
De dijk kent vele verschillende manieren van toegankelijkheid: zowel auto- als fietsverkeer, alleen fietsverkeer, of niet toegankelijk. Hierdoor kent het dijkprofiel verschillende vormen van inrichting waardoor het moeilijk is de dijk als één landschapselement te ervaren. Daarnaast is de materialisering van de weginrichting van de dijk ook verschillend. De ene keer is het éénkleurig asfalt, de andere keer asfalt met fietssuggestiestroken. Dit geeft een onrustig beeld op de dijk.
Er zijn veel op- en afgangen verbonden aan de dijk. Naast agrarische opgangen van de boer zijn er reguliere opgangen, maar ook meer markante opgangen. De markante opgangen zijn veelal op grotere kruisingen, waar veel autoverkeer de dijk op- en afgaat, of op plekken met een opvallend object, zoals een brug of een sluis. De dijk is hier soms ondergeschikt aan de op-/afgang. Dit verstoort de continuïteit van de dijk.

3.3.3 Onderhoudspaden

De dijk en de aangrenzende objecten worden onderhouden. Het onderhoud vindt plaats door verschillende overheden, waaronder het waterschap Aa en Maas. Op en/of naast de dijk zijn daarom paden die worden gebruikt voor beheer en onderhoud. Uitgangspunt is dat het beheer en onderhoud mogelijk moet blijven na de dijkverbetering.

3.3.4 Fietspaden

De dijk biedt goede mogelijkheden om te fietsen. De landelijke fietsroute die gedeeltelijk over de dijk loopt is weergegeven in Figuur 3.8, evenals de andere fietsnetwerken en knooppunten.



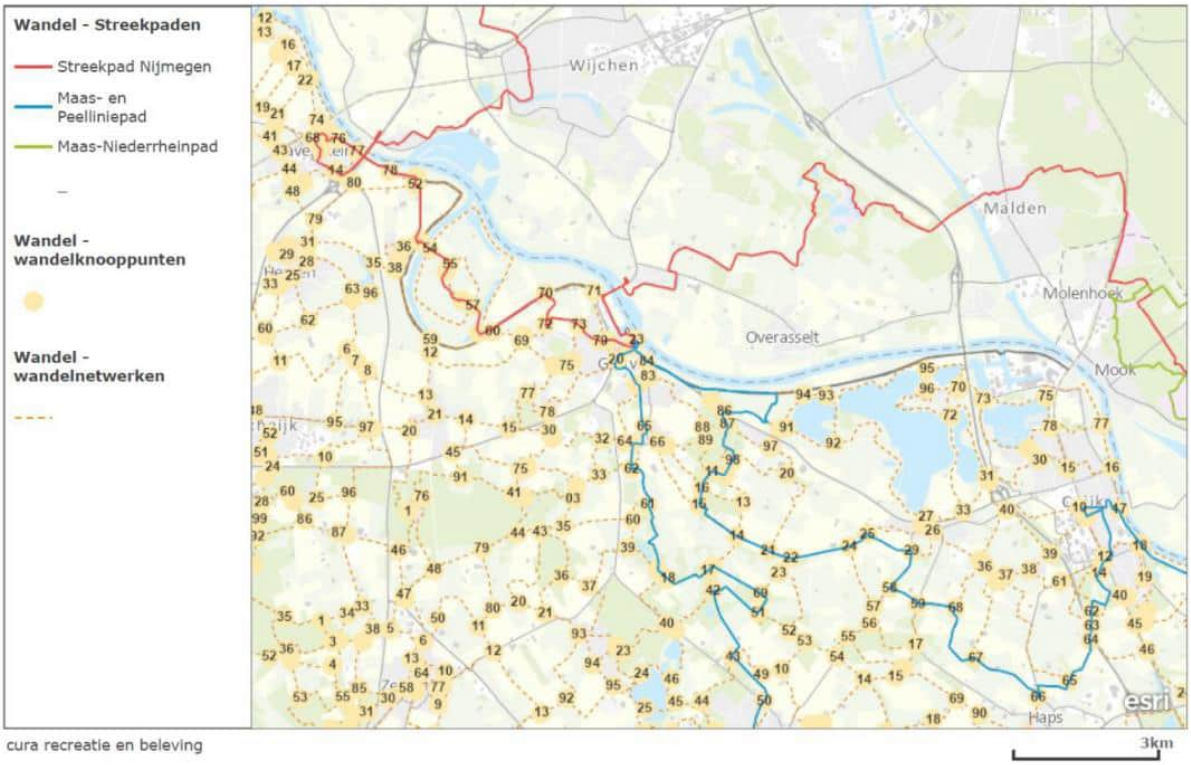
Figuur 3.8 Officiële fietsroutes rondom het dijktraject Cuijk-Ravenstein [2]. In het omkaderde gebied zijn fietsroutes onderzocht in of nabij het projectgebied.

In het najaar van 2023 is door de gemeente Land van Cuijk een studie uitgevoerd naar verbetering van nieuwe fietsroutes nabij de woonkern Linden. De fietsroutes zijn een alternatief op de fietsroute beschreven in de meekoppelkans fietsbrug bij de Keersluis in Cuijk. Het onderzoek is inmiddels afgerond, maar moet nog vastgesteld worden door de gemeenteraad. De uitkomst daarvan wordt meegenomen in de VO-fase.

3.3.5 Voetpaden

In Figuur 3.9 zijn alle wandelroutes en knooppunten in het gebied terug te zien. Daarnaast lopen nog twee speciale wandelroutes door het gebied:

- Het Streekpad van Nijmegen doorkruist het gebied. De route loopt via Ravenstein naar Keent waar door het uitgraven van een oude Maasarm een uniek natuurgebied is ontstaan. Vervolgens steek je in vestingstad Grave de Maas weer over.
- Het Maas- en Peelliniepad ligt voor een gedeelte binnen het plangebied. Tussen Grave en Cuijk loop je over dit pad door een gedeelte van de Beerse Overlaat, een vroegere verlaging in de dijk van de Maas.



Figuur 3.9 Officiële wandelroutes rondom het dijktraject Cuijk-Ravenstein [2]

3.3.6 Kabels en leidingen

Het belangrijkste aandachtspunt ten aanzien van kabels en leidingen zijn de kruisende gasleidingen van Gasunie bij Ravenstein (dijkvak 37). Hiervoor is middels een leidingberekening aannemelijk gemaakt dat de kruisende gasleidingen de dijkverbetering kunnen dragen. Nader onderzoek samen met Gasunie moet dit definitief aantonen. Aandachtspunt hierbij is dat deze de dijk in de huidige situatie kruisen zonder vervangende waterkering, terwijl een 'eigen' waterkering[1] volgens de normen (NEN3650/3651) wel vereist is. In het ontwerp wordt daarom voorlopig uitgegaan van het realiseren van een 'eigen' vervangende waterkering.
Voor overige kabels en leidingen geldt dat deze op veel locaties een raakvlak met de dijkverbetering veroorzaken, waardoor kabels en leidingen verlegd dienen te worden tijdens of voorafgaand aan de dijkverbetering. Een overzicht hiervan is gegeven in de Verkenning Kabels en Leidingen [5].

[1] Met een 'eigen' kering wordt bedoeld een zelfstandig kerend object die ook na een incident met de kruisende gasleiding (zoals een ontploffing) de waterveiligheid garandeert.

3.4 Recreatie en beleving

De beleving van de dijk en omgeving en de mogelijkheden om daar te recreëren zijn ook belangrijke aspecten wanneer we kijken naar het ontwerp van de dijkverbetering. In het Ruimtelijk Kwaliteitskader is een analyse opgenomen van de huidige situatie. Zo zijn er wandel- en fietsroutes waarop mensen genieten van het uitzicht en op rustpunten pauzeren. In de huidige situatie zijn er verschillende wandel- en fietsroutes over de dijk.

3.4.1 Recreatie

In het gehele gebied valt op dat er weinig mogelijkheden zijn om naar de Maas te fietsen of te wandelen. Er zijn geen struinpaden of uitzichtpunten in de uiterwaarden. In Grave bieden de Maaskade en de jachthaven wel veel recreatieve mogelijkheden. Daarnaast is er veel waterrecreatie bij de Kraaijenbergse Plassen, die via de sluis bij de haven van Cuijk zijn verbonden met de Maas.

Wandelen

De beide speciale wandelpaden (Streekpad Nijmegen en Maas- en Peelliniepad) liggen deels op het onderzochte dijktraject. Daarnaast zijn er veertien wandelknooppunten op of nabij het dijktraject gesitueerd. Ook zijn er nog lokale wandelpaden in het gebied, zoals het Reekse Ommetje bij het dorp Reek. Hier zijn vier verschillende routes te lopen. Uiteraard volgen niet alle wandelaars noodzakelijkerwijs deze officiële routes. De uiterwaarden zijn slechts beperkt toegankelijk en er zijn weinig mogelijkheden om bij de Maas te komen. Het verbeteren van de toegankelijkheid van de uiterwaarden voor voetgangers is door veel omwonenden als wens genoemd.
Het algemene beeld is dat de dijk een grote aantrekkingskracht op wandelaars heeft. Uit het 'Belevingswaardenonderzoek dijkversterking Cuijk-Ravenstein' blijkt dat 67% van de omwonenden op wekelijkse basis een wandeling over de dijk maakt. Dat wil niet zeggen dat de dijk overal even geschikt is voor het maken van wandelingen. De combinatie van wandelaars en ander verkeer op de dijk leidt op sommige punten tot mogelijk gevaarlijke situaties. Op smalle delen van de dijk hebben wandelaars weinig uitwijkruimte [3]. 36% van de wandelaars op de dijk zegt zich er (zeer) onveilig te voelen [6].

Fietsen

Het verschilt per locatie in het traject of het ook goed mogelijk en aantrekkelijk is om er te fietsen. Bij de Lage Wijth is de dijk alleen toegankelijk voor fietsers, wat het een relatief veilig en rustig traject maakt. Op andere stukken delen fietsers de weg met auto's en zijn niet altijd expliciet fietsstroken aangegeven. De toegankelijkheid van de dijk voor fietsers is beperkt bij Grave en de Kraaijenbergse Plassen. Fietsers worden hier van de dijk af geleid. Aangezien niet overal op de dijk een fietspad ligt, zijn de fietsverbindingen op en rondom de dijk relatief versnipperd. Wat betreft fietsveiligheid op de dijk ontstaat hetzelfde beeld als bij wandelveiligheid. Op sommige plekken waar fietsers de weg delen met ander verkeer, hebben zij weinig ruimte om uit te wijken. 38% van degenen die de dijk als fietser gebruiken, voelt zich er (zeer) onveilig [6].

Waterrecreatie

In het onderzoeksgebied is een grote variëteit aan watergerelateerde recreatiemogelijkheden. Bij Grave is jachthaven en watersportvereniging De Stuw gevestigd. Daarnaast ligt aan de Maaskade in Grave een aanlegkade voor pleziervaartuigen in de Maas. De Kraaijenbergse Plassen zijn veruit de grootste attractie voor watersporters in het projectgebied. Dit is een complex van vijf plassen die met elkaar in verbinding staan door middel van kanaaltjes waar verkeersbruggen overheen liggen. Rondom deze plassen zijn meerdere jachthavens, strandjes, campings en een watersurfvereniging gevestigd. Een nieuwe ontwikkeling is Waterpark Dommelsvoort. De te ontwikkelen locatie is gesitueerd in het gebied aan de zuidoostkant van de Kraaijenbergse Plassen tussen de kernen Beers en Linden. In het beoogd programma zijn onder andere recreatiewoningen, centrumvoorzieningen en een jachthaven opgenomen. Er ligt een conceptmasterplan voor deze ontwikkeling. Er zijn geen directe raakvlakken van deze ontwikkeling met de dijkverbetering.

’s Zomers worden de wateren zeer druk bevaren door recreanten. Het gebied heeft een bovenregionale functie als attractief watersport- en natuurrecreatiegebied [7]. De enige mogelijkheid om vanaf deze plassen de Maas te bereiken over water is via de keersluis in de haven van Cuijk. Als deze keersluis dicht staat zijn de Kraaijenbergse Plassen dus afgesloten van andere oppervlaktewateren, maar dit vindt hooguit bij onderhoud en hoogwater plaats. Een groter probleem is de verweving van commerciële en recreatieve vaart door de sluis.

Horeca

Op en rondom de dijk is alleen horeca aanwezig ter hoogte van Grave. Aan de Maaskade ter hoogte van de kruising met de Maasstraat en de Ruyterstraat, hebben een eetcafé en een restaurant ’s zomers hun terras uitgestald. Ook het verpleeg- en verzorgingstehuis Catharinahof, dat in het noorden van Grave ligt, heeft ’s zomers een klein terras op de dijk uitgestald. Op en rondom de rest van de dijk is geen horeca gevestigd. Ter hoogte van de Kraaijenbergse Plassen is geen horeca op of nabij de dijk. Ook in de Keentsche Uiterwaard is geen horeca gevestigd.

Volkstuinen

Ter hoogte van de kruising Vegetasscheweg-Cuykschesteeg-Driesenweg ligt een volkstuinencomplex. Sommige volkstuinen liggen dichtbij of tegen de teen van de dijk. Het complex ligt tussen Grave, Escharen en Gassel. Het is daarom aannemelijk dat de meeste gebruikers van deze volkstuinen in deze drie plaatsen wonen.

3.4.2 Beleving

Vanuit verschillende activiteiten is de dijk een onderdeel van de beleving die mensen hebben wanneer ze in het gebied zijn, erdoorheen reizen of recreëren. Een belangrijk aspect van die beleving is het weidse uitzicht van de dijk en zicht op herkenningspunten zoals de kerktorens aan het begin en einde van het dijktraject.
In de voorverkenning is een uitgebreid belevingswaardenonderzoek [6] uitgevoerd. Dit onderzoek bestond uit een serie interviews met verschillende (belangen)organisaties uit het gebied en een representatieve enquête onder de lokale bevolking. De belangrijkste conclusies over belevingswaarden die in dit onderzoek worden getrokken zijn hieronder opgesomd.

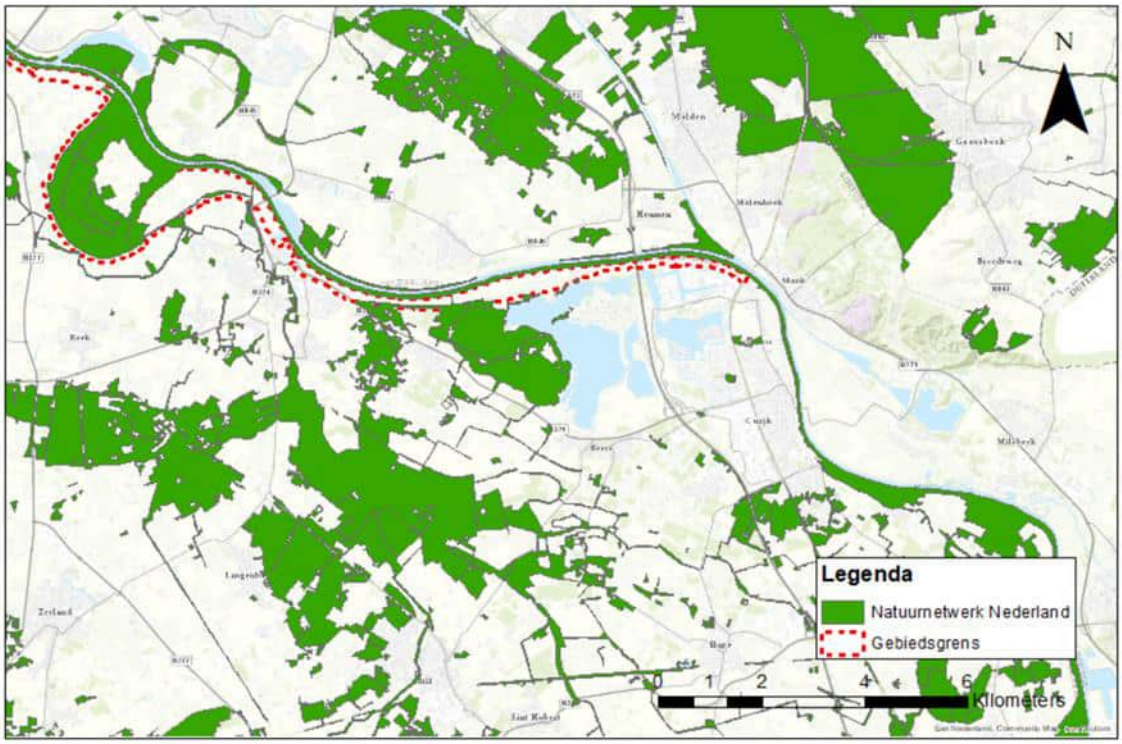
1. Het gevoel van hoogwaterveiligheid is sterk aanwezig: 75% van de omwonenden vindt hoogwaterveiligheid de belangrijkste waarde van de dijk. Men voelt zich over het algemeen veilig achter de dijk.
2. Ook de landschappelijke belevingswaarde van de dijk wordt hoog gewaardeerd. Veel omwonenden vinden dit na de geboden hoogwaterveiligheid de belangrijkste waarde van de dijk.
3. ‘Trots en verbondenheid’ in relatie tot de dijk wordt door slechts een zeer klein deel van de ondervraagden aangegeven als een belangrijke waarde van de dijk. Voor een deel kan dit worden verklaard door het abstracte karakter van deze waarden en de geringe mogelijkheden om hier in de dijkverbeteringsoperatie op in te spelen.
4. De ervaring van het landschap zou volgens de ondervraagden verbeterd kunnen worden wanneer er meer mogelijkheden zouden komen om de uiterwaarden in te wandelen. Nu zijn daar vooral agrarische kavels zonder wandelmogelijkheden.
5. De dijkverbetering wordt gezien als een kans om ook de natuurlijke waarden op en rond de dijk te versterken. Daarbij is er ook een duidelijk besef van de potentie van de dijk en de uiterwaarden als ecologische verbindingszone.

3.5 Natuur en ecologie

Deze paragraaf geeft de belangrijkste natuurwaarden binnen het dijktraject en de directe omgeving weer. Het dijktraject is deels onderdeel van het Natuurnetwerk Nederland en ligt nabij Natura 2000-gebied. Daarnaast leven in het gebied verschillende (beschermde) diersoorten.

3.5.1 Natuurnetwerk

Het Natuurnetwerk Nederland (NNN) is het Nederlands netwerk van bestaande en nieuw aan te leggen natuurgebieden die door ecologische verbindingszones met elkaar verbonden worden. Het Natuurnetwerk Brabant (NNB) is onderdeel van het Natuurnetwerk Nederland en wordt voor 90% gevormd door bestaande natuurgebieden.
In het plangebied betreft het aan de buitendijkse zijde met name het natuurgebied bij Keent (kruiden- en faunarijk grasland). Bij het plaatsje Velp is de dijk onderdeel van het natuurnetwerk (bloemendijk) met aan weerszijden twee kleinere moerassige natuurterreinen. Aan de binnendijkse zijde bij Gassel grenzen twee natuurgebieden aan de dijk. Deze gebieden bevatten diverse natuurtypen waaronder bos, kruidenrijk grasland en struweelheggen. Deze twee natuurgebieden maken onderdeel uit van het bijzondere Maasheggenlandschap.
Naast deze natuurgebieden bevat het Natuurnetwerk Brabant ook ecologische verbindingszones die ervoor zorgen dat dieren en planten niet geïsoleerd raken. In het plangebied betreft het met name de waterlopen zoals de Raam en de Hertogswetering.
In de genoemde gebieden is een deel van de gewenste natuur nog niet gerealiseerd. Een aantasting van deze natuurgebieden dient te worden voorkomen, of als het niet anders kan, te worden gecompenseerd.



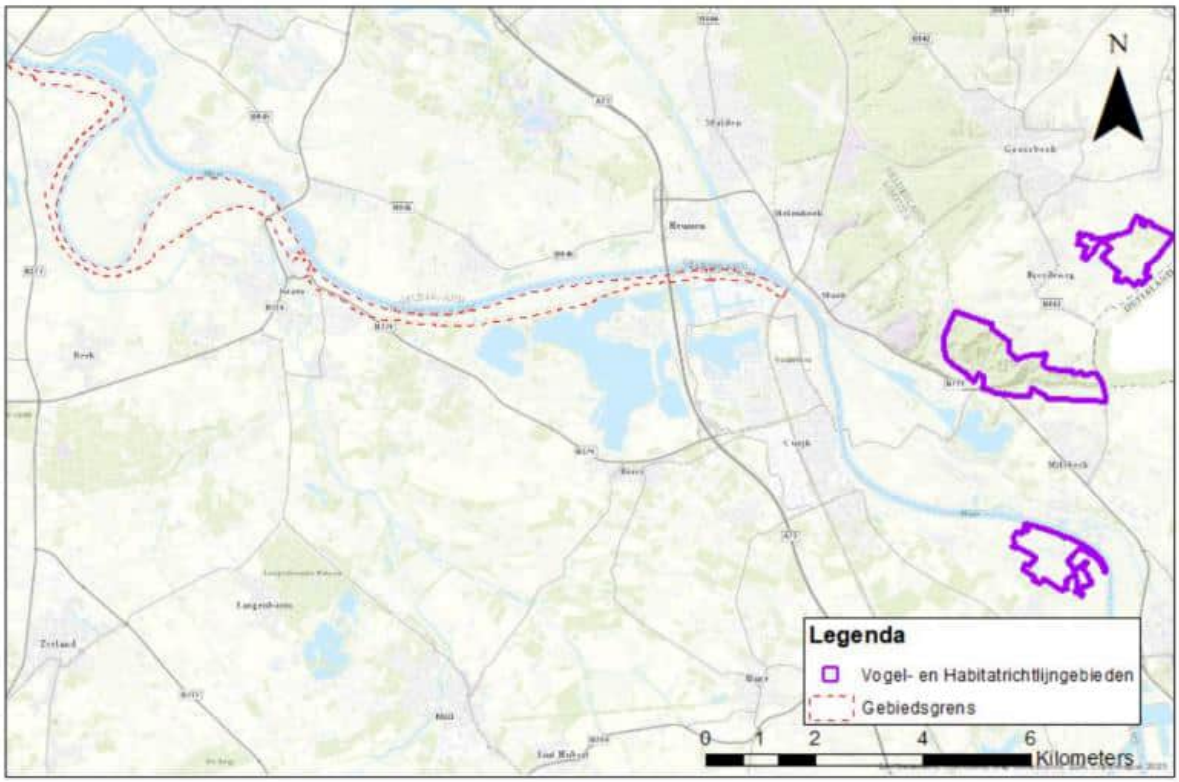
Figuur 3.10 Ligging plangebied (rood omlijnd) ten opzichte van NNN-gebied (groene vlakken) [8]

De provincie Noord Brabant heeft ook gebieden aangewezen als Natuur Netwerk Brabant-gebieden. Deze gebieden zijn onderdeel van de NNN-gebieden.

3.5.2 Natura 2000-gebied

Onderdeel van het Natuurnetwerk zijn ook de Natura 2000-gebieden. Dit zijn gebieden die beschermd worden op grond van de Vogelrichtlijn (1979) en de Habitatrichtlijn (1992). Deze richtlijnen geven aan welke typen natuur (habitattypen) en welke soorten beschermd dienen te worden. Nederland is verplicht de soorten en habitattypen in een gunstige staat van instandhouding te houden of te brengen. Het plangebied maakt geen onderdeel uit van een Natura 2000-gebied. Het dichtstbijzijnde Natura-2000-gebied is de Sint Jansberg in Gelderland op circa 3 kilometer afstand ten oosten van het plangebied.

Daarna volgt de Bruuk op 5,5 kilometer ten noordoosten van het plangebied en de in Noord-Brabant gelegen Oeffelter Meent op 6 kilometer afstand ten zuidoosten van het plangebied (Figuur 3-10).



Figuur 3.11 Ligging plangebied (rood omlijnd) ten opzichte van de Natura 2000-gebieden Sint Jansberg, de Bruuk en Oeffelter Meent (Vogel- en Habitatrichtlijngebiedenpaars omlijnd) [2]

3.5.3 Soortenonderzoek beschermde soorten

Het dijktraject en directe omgeving biedt leefgebied voor een gevarieerd aantal diersoorten waaronder soorten die strikt beschermd zijn onder de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn en nationaal beschermde diersoorten. In onderstaande tabel zijn de bevindingen uit de quickscan ecologie en de nadere veldinspectie samengevat.

Tabel 3.1 Overzicht soortenonderzoek [9]

Soort (groep)	Bevindingen quickscan en nadere veldinspectie
Eekhoorn	Aanwezig in het moestuinencomplex van Driessen.
Bever	Op minimaal acht locaties sporen aangetroffen, waarvan op twee locaties een burcht bekend is.
Das	Op basis van de quickscan ecologie en de nadere veldinspectie is op acht locaties een dassenburcht aangetroffen langs het dijktraject.
Marters (bunzing, hermelijn, steenmarter en wezel)	Langs het dijktraject is een variatie aan geschikt leefgebied aanwezig voor marters (heggenlandschap, het moestuinencomplex van Driesen, boerderijen)
Vleermuizen	Een groot deel van het dijktraject heeft een functie voor vleermuizen (verblijfplaatsen in bomen/ gebouwen, vliegroutes en foerageergebied).
Amfibieën	In het plangebied zijn zeven waterpartijen die afzonderlijk of als geheel potentieel geschikt zijn voor alpenwatersalamander, kamsalamander, vinpootsalamander, heikikker en poelkikker
Vissen	In het plangebied zijn vier waterpartijen en daarnaast nog diverse watergangen (zoals de Tochtsloot) die potentieel geschikt zijn voor grote modderkruiper.
Ongewervelden	In het plangebied zijn minimaal vijf potentieel geschikte waterpartijen voor grote modderkruiper.
Sleedoornpage	In het plangebied zijn drie locaties met sleedoornstruwelen die geschikt leefgebied vormen voor de sleedoornpage.
Boomvalk, buizerd, havik, ransuil en sperwer	Vier grote nesten en veel zwarte kraaiennesten.
Steenuil & kerkuil	Verspreid over plangebied.
Roek	Twee roekenkolonies aangetroffen.
Blauwe reiger	Een potentiële kolonie aangetroffen ten zuidoosten van Neerloon.

3.6 Water

Deze paragraaf beschrijft de belangrijkste kenmerken omtrent het watersysteem in relatie tot de Maas en het achterland. Het dijktraject Cuijk-Ravenstein beschermt het gebied binnendijks tot voorbij 's-Hertogenbosch bij hoogwater. Langs het dijktracé zijn verschillende kunstwerken en watergangen aanwezig die een schakel vormen tussen de Maas en het achterland.

3.6.1 De Maas

Het plangebied ligt aan de zuidzijde van de Maas op het traject tussen Cuijk en Ravenstein, namelijk tussen de rivierkilometers 165,3 (spoorbrug) en 181,8 (A50). De Maas is een gestuwde rivier en een van de stuwen ligt bij Grave. Het stuwpand Grave, bovenstrooms van de stuw, heeft een waterpeil van NAP + 7,90 m en het stuwpand benedenstrooms (Lith) heeft een stuwpeil van NAP + 4,90 m.
De weerden binnen het projectgebied hebben veelal een hoogte van circa NAP + 8,5–9.0 m. Dit zorgt ervoor dat de weerden pas beginnen in te stromen vanaf een afvoer van circa 1.500 m^3/s bij St. Pieter (grens met België). In een jaar was de waterstand twee dagen hoger dan deze waarde (juli 2018 – juni 2019). Bij deze waterstand wordt ook stuw Grave gestreken. Voor de extreme hoogwatersituaties wordt uitgegaan van een 'Maatgevende afvoer' van 4.100 m^3/s bij St. Pieter.

3.6.2 Watersystemen

Gemalen, inlaten en uitwateringsluizen

De gemalen, inlaten en uitwateringssluizen voor het regionaal waterbeer vormen de schakel tussen de rivier en het watersysteem in het achterland. Er zijn in het dijktraject zes objecten voor het regionaal waterbeheer aanwezig in de primaire waterkering langs de Maas:

1. Gemaal van Sasse (dijkpaal A285): met dit in 1929 geopende gemaal kan het water van de Raam op de Maas worden geloosd. Het gemaal heeft een capaciteit van 980 m^3 per minuut en heeft tevens een waterkerende functie. Het gemaal is in 2012 gerenoveerd en gemoderniseerd waarbij ook een vispassage is aangelegd. Tijdens deze renovatie zijn tevens voorbereidende werkzaamheden verricht voor de toekomstige dijkverbetering.
2. Raamsluis (dijkpaal A266): hier staat de Maas in verbinding met de buitengracht van Grave door middel van een duiker met aan beide uiteinden een (regelbare) stuw. Deze inlaat wordt met name gebruikt om water in te laten naar de Hertogswetering en kan bij hoogwater worden afgesloten met een afsluiter aan de noordkant.
3. Uitwateringssluis (nabij dijkpaal A245): ter plaatse van locatie 3 is er sprake van een aflaat. De watergang die hier afwatert loopt van het dorp Gassel naar de Maas. Ter plaatse van de dijk bevindt zich een duiker.
4. Uitwateringssluis (nabij dijkpaal A233): op locatie 4 wordt ook water vanuit het achterland afgelaten op de Maas. Ter plaatse van de dijk bevindt zich nogmaals een duiker.
5. Persleiding gemaal Sluisgraaf (nabij dijkpaal A197): ook op deze locatie wordt water afgelaten naar de Maas. Vanaf de Oostermeerweg bij het dorp Linden wordt het water met een gemaal naar een 730 m lange duiker gepompt. Via deze duiker stroomt het water parallel aan de A73 naar de Maas. Ter hoogte van de dijk bevindt zich nog een regelbare stuw.
6. Keersluis Cuijk (nabij dijkpaal A188): deze keersluis bevindt zich in de watergang tussen de Maas en de haven van Cuijk. Dit is tevens de doorgang voor recreatievaart richting de Kraaijenbergse Plassen. De sluis vormt de primaire waterkering bij hoogwater op de Maas. Keersluis Cuijk heeft een sluitpeil van NAP + 8.95 m bij Mook.

Regionaal peilbeheer

Een belangrijk hydrologisch kenmerk van het plangebied is de overgang van gestuwd naar bemalen peilbeheer in het achterland. Deze twee manieren van beheer kennen ook een verschillende methode van bestuurlijke besluitvorming. In de poldergebieden worden zomer- en winterpeilen bepaald voor een begrenst gebied en vastgesteld in een peilbesluit. Een peilbesluit is een wettelijk bepaald instrument uit de Omgevingswet. In de vrij afwaterende gebieden is er sprake van een streefpeil met een beheermarge die wordt vastgesteld in een streefpeilbesluit. Het streefpeilbesluit komt niet voort uit een wettelijke verplichting, maar betreft een inspanningsverplichting.

In de reguliere situatie is in het plangebied het stuwpeil van de Maas lager dan in het achterland. Het gevolg is dat de Maas in dit deel het waterpeil in het achterland beïnvloed en drainerend werkt. Er is geen sprake van structurele kwel, uiteraard kan dat bij hoogwater wel het geval zijn. Onder normale omstandigheden wordt het overtollige water uit het achterland onder vrij verval afgevoerd naar de Maas. Het Gemaal van Sasse wordt alleen ingezet bij hoogwater op de Maas.

3.6.3 Oppervlaktewater

De Kraaijenbergse Plassen

De Kraaijenbergse Plassen zijn langzaam ontstaan door zandwinningsactiviteiten die zijn begonnen in 1968. Via de keersluis bij Cuijk staan de Kraaijenbergse Plassen in open verbinding met de Maas, waardoor peilfluctuaties invloed hebben op het peil in de Kraaijenbergse Plassen. Het bergend oppervlak van de Kraaijenbergse Plassen is 413 ha. Door de manier van ontstaan van de Kraaijenbergse Plassen is het gebied erg gevoelig voor kwel. Dit betekent dat een stijgende waterstand op de Maas ook bij gesloten kering invloed heeft op de waterstand van de Kraaijenbergse Plassen.

Raam

De Raam is een belangrijke waterloop voor de afwatering van het binnendijkse gebied. Bovenstrooms heet deze watergang Lage Raam en ter hoogte van de Schippersdijk (Mill) gaat deze over in de Graafsche Raam. Via de vestingwerken van Grave loopt de watergang naar het Gemaal van Sasse waar overtollig water op de Maas kan worden geloosd. Door middel van de inlaat bij Grave (zie paragraaf 3.5.2) kan water vanuit de Maas worden ingelaten naar de Raam. In het project Graafsche Raam wordt aandacht besteedt aan versterking van de ecologische hoofdstructuur, realisatie van waterberging en een betere recreatief-toeristische toegang naar het gebied.

Hertogswetering

Het eerste deel van de Hertogswetering stroomt langs de bocht bij Keent. De Hertogswetering stroomt later richting Oss en mondt bij Gewande uit in de Maas. Wetering betekent gegraven watergang, maar tijdens het graven heeft men zoveel mogelijk gebruik gemaakt van oude Maasarmen zoals het Ossenmeer.

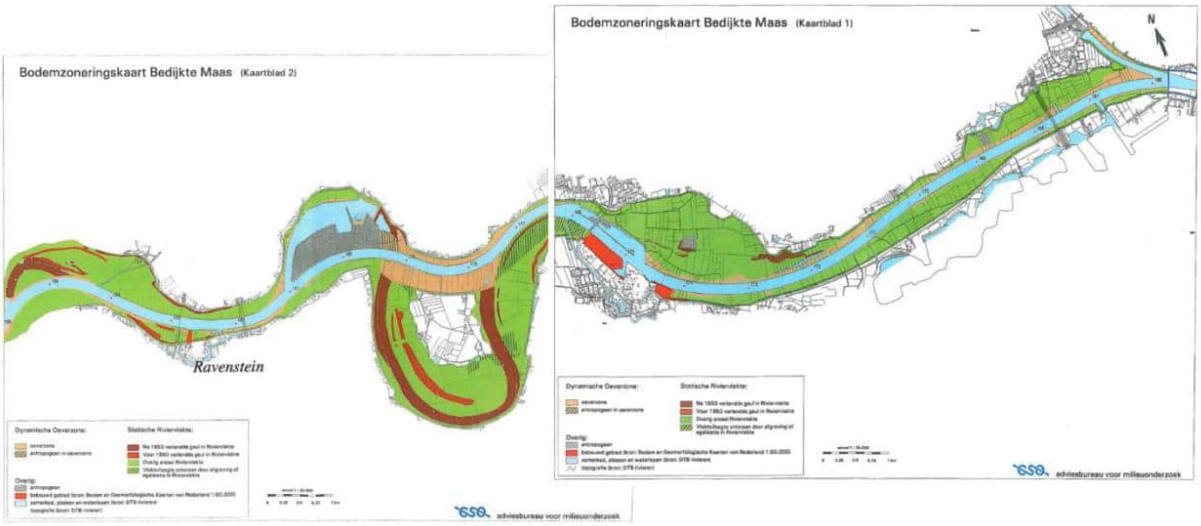
Naast eerdergenoemde watergangen zijn er binnen het plangebied ook nog diverse kleinere waterlopen die uitmonden in de Maas zoals de Sluisgraaf, Gasselse Loop en de Tochtsloot.

3.7 Bodemkwaliteit

De bodemkwaliteit in het plangebied is geïnventariseerd middels een vooronderzoek bodem en waterbodem. Daarbij is onderscheid gemaakt in het buitendijkse gebied en het binnendijkse gebied.

Bodemkwaliteit buitendijks

De uiterwaarden van de grote rivieren zijn in het verleden in meer of mindere mate verontreinigd geraakt door sedimentatie van verontreinigd rivierslib. Dit noemen we diffuse bodemverontreiniging. Op basis van historische kaarten en hoogteligging zijn in het verleden 'verwachtingenkaarten' opgesteld. Deze kaarten geven een indicatie van de waterbodemkwaliteit, maar kunnen niet worden gebruikt als bewijsmiddel voor grondverzet aangezien ze verouderd zijn en niet volgens de huidige richtlijn zijn opgesteld. De rode gebieden op deze kaarten zijn de gebieden waar de kans op een sterke bodemverontreiniging het grootst is. Deze liggen bij Grave en rondom Keent. In de groene gebieden is de kans op bodemverontreiniging laag. Dit zijn de hoger gelegen uiterwaarden.



Figuur 3.12 Bodemzoneringskaarten Bedijkte Maas [2]

Bodemkwaliteit binnendijks

Voor het binnendijkse gebied zijn door de gemeenten 'bodemkwaliteitskaarten' opgesteld. Deze kaarten hebben een juridische status en kunnen gebruikt worden voor grondverzet, mits er geen aanwijzing is voor een lokale verontreinigingsbron. Op basis van de bodemkwaliteitskaarten voldoet de bodem ter plaatste van het onderzoeksgebied voor het grootste deel aan de klasse 'landbouw/natuur'. Het centrum van Grave en Overlangel heeft als kwaliteitsklasse 'wonen'. Het gebied 'Oranjebastion' en een deel van de Koninginnedijk in het centrum van Grave, ten westen van de Nieuwe Haven, zijn uitgesloten van de bodemkwaliteitskaart omdat deze locaties zijn aangemerkt als ernstig geval van bodemverontreiniging.

Bekende verontreinigingen en bodembedreigende activiteiten

In het onderzoeksgebied hebben in het verleden meerdere bodembedreigende activiteiten plaatsgevonden. In Grave was bijvoorbeeld zware industrie gevestigd en ook in de haven van Cuijk is zware industrie aanwezig geweest. Binnen het onderzoeksgebied zijn ook twee oude stortplaatsen aanwezig. Deze hebben echter niet geleid tot bodemverontreinigingen van betekenis. In het rapport "Vooronderzoek bodem- en waterbodemonderzoek, Verkenning Cuijk-Ravenstein" is een overzicht opgenomen van de lokale gevallen van bodemverontreiniging.

Algemene kwaliteit grondwater

Binnen het onderzoeksgebied komen in het grondwater sterk verhoogde concentraties arseen voor. Deze verontreiniging betreft een gebiedseigen afwijking en geen verontreiniging met antropogene oorzaak. Wanneer werkzaamheden in de ondergrond plaatsvinden dient ervan uit te worden gegaan dat het grondwater mogelijk verontreinigd is met arseen. Wanneer er verontreinigingen voorkomen binnen de projectgrenzen dient hier verkennend of aanvullend veldonderzoek plaats te vinden. Dit kan tijdens de planuitwerkingsfase.

4. Opgave

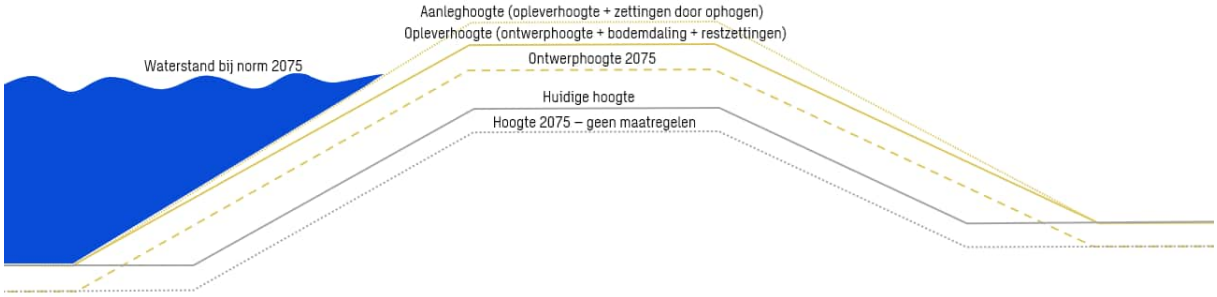
4.1 Veiligheidsopgave

4.1.1 Dijk

De drie belangrijkste faalmechanismen die de dimensionering van de dijk bepalen zijn:

- hoogte;
- macrostabiliteit (binnenwaarts en buitenwaarts);
- piping;

In algemene zin geldt dat over bijna de volledige lengte van het dijktraject een hoogteopgave is van 0,25 tot 0,50 m bij zichtjaar 2075. Rond het dorp Overlangel is de hoogteopgave wat groter, daar is die tussen de 0,50 en 0,75 m. Als gevolg van restzetting gedurende de levensduur van de dijk ligt de aanleghoogte hoger dan de eindhoogte (zie Figuur 4.1). Daarnaast is er op veel locaties sprake van een opgave voor macrostabiliteit binnenwaarts en/of piping. De veiligheidsopgave voor de dijk is verder beschreven in de Technische Uitgangspuntennotitie [10].



Figuur 4.1 Definities van de verschillende dijkhoogtes, bij de communicatie wordt uitgegaan van de opleverhoogte

4.1.2 Kunstwerken

Per kunstwerk is in het voorkeursalternatief een ontwerpkeuze gemaakt of er in het ontwerp wordt uitgegaan van behoud van het kunstwerk met aanpassingen om de waterveiligheidsopgaven op te lossen en de dijkverbetering te accommoderen, óf dat er wordt uitgegaan van nieuwbouw van het kunstwerk. De kunstwerken zijn afgekeurd op hoogte (met uitzondering van Raamsluis Grave) en betrouwbaarheid sluiten. Daarnaast is er een inpassingsopgave voor de kunstwerken als gevolg van aangrenzende opgave voor de dijk. Voor de kunstwerken geldt dat voor behoud met aanpassingen is gekozen, omdat de kunstwerken (op basis van verwachting van het waterschap) nog in relatief goede staat zijn en de benodigde aanpassingen van beperkte aard zijn ten opzichte van volledige nieuwbouw. Het is daarom duurzamer en gunstiger qua levensduurkosten (LCC) om de kunstwerken nu niet volledig te vervangen.

In de RVO-fase is de opgave voor de kunstwerken geactualiseerd ten behoeve van de planuitwerking. Er ligt een advies tot het uitvoeren van nadere inspecties van alle kunstwerken. De inspecties zijn bedoeld ter verificatie van de toestand van de kunstwerken. Op dit moment is het uitgangspunt dat alle kunstwerken nog in een (voldoende) goede conditie verkeren en nog geruime tijd in stand gehouden kunnen worden zonder ingrijpende renovatie of versterking. De inspectieresultaten kunnen aanleiding geven om dit uitgangspunt in een later stadium te heroverwegen.

Voor gemaal en riooloverstort Cuijk Haven (KW178) geldt dat die buiten functie is of op termijn buiten functie gaat. Dit kunstwerk kan daarom komen te vervallen en mogelijk verwijderd worden. Deze maatregel blijft binnen de scope van het project, maar levert geen ontwerpopgave op voor deze fase.

In de afgelopen periode is nog een nieuw kunstwerk in beeld gekomen. Het gaat om een uitstroomconstructie van het riool onder vrij verval in de kademuur langs de kop van de Oude Haven. Dit kunstwerk is nu aangeduid als KW266-1. Hier is geen sprake van een veiligheidsopgave (de betrouwbaarheid sluiting is gecheckt en bijdrage aan faalkans is nihil gebleken vanwege relatief klein uitstroomoppervlak).

Daarnaast is voor eenduidigheid gekozen om coupures (en demontabele kering(en)) niet meer te labelen als kunstwerken, maar onderdeel te laten zijn van de scope aan kademuren Grave.

Tabel 4.1 Overzicht ontwerpopgave per kunstwerk [11]

Kunstwerk		Voorstel keuze
KW178	Gemaal en riooloverstort Cuijk Haven	Vervallen/verwijderen (op advies van beheerder)
KW188	Keersluis Cuijk	Behoud met aanpassingen
KW197	Persleiding gemaal Sluisgraaf	Behoud met aanpassingen
KW232	Uitwateringssluis Tochtsloot	Behoud met aanpassingen
KW245	Uitwateringssluis Gasselse Loop	Behoud met aanpassingen
KW266	Raamsluis Grave	Behoud met aanpassingen
KW266-1	Uitstroomconstructie riool vrij verval	Geen aanpassingen
KW274	Uitwateringssluis Havenstraat Grave	Behoud met aanpassingen
KW285	Gemaal Van Sasse	Behoud met aanpassingen

4.1.3 Kademuur Grave

Voor kademuur Grave is de belangrijkste opgave een hoogteopgave. Op grond van het “Kader Uitgangspunten Dijkversterking” van het waterschap is de ontwerplevensduur voor dijken in grond vijftig jaar en voor waterkerende kunstwerken honderd jaar. Dit resulteert in 2125 als zichtjaar voor de kademuur van Grave. Simpelweg ophogen van deze kademuur met zichtjaar 2125 is vanwege de forse benodigde hoogte in Grave geen inpasbare oplossing. In het VKA is gekozen voor een ontwerplevensduur van vijftig jaar (zichtjaar 2075) met behoud van de bestaande constructie. In de VO-fase moet aangetoond worden dat behoud van de constructie haalbaar is. Hierbij wordt opgemerkt dat de funderingswijze van de bestaande kademuren varieert en de as-built-gegevens niet volledig zijn. Derhalve is constructief onderzoek voorzien om de as-built-situatie volledig in beeld te krijgen.

Zoals in voorgaande paragraaf aangegeven, maken (in tegenstelling tot de verkenningsfase) de coupures en demontabele kering(en) nu onderdeel uit van deelgebied Grave, omdat het gaat om integrale inpassingsvraagstukken in de kademuren.

Tabel 4.2 Overzicht ontwerpopgave per coupure [11]

Coupure		Voorstel keuze
KW269	Coupure Maaspoort Grave	Verplaatsing is mogelijk nodig, afhankelijk van het ontwerp voor de keermuur Grave.
KW270	Coupure Maasstraat Grave	Verplaatsing is mogelijk nodig, afhankelijk van het ontwerp voor de keermuur Grave.

4.1.4 Kabels en leidingen

In de beoordeling van de kabels en leidingen (Quickscan kabels en leidingen PUF Cuijk-Ravenstein van september 2023 [12]) is op basis van risico's en gevolgen (onder andere het tijdelijk niet beschikbaar zijn tijdens realisatie) een indeling gemaakt in drie categorieën. De categorie 1 leidingen betreffen:

- kruisende gasleidingen van Gasunie bij Ravenstein (zes kruisingen tussen A375 en A379);
- leiding tot gasontvangststation Grave;
- waterleiding Brabant Water (A309 en circa A338+60);
- Tennet hoogspanningsmasten (circa bij A197+50 en A222+30);
- middenspanningsruimtes.

4.1.5 Verfijning opgave in verkenningsfase

In de voorverkenning is een beeld gevormd van de waterveiligheidsopgave op basis van de WBI-beoordeling en studies uit de voorverkenningsfase. Tijdens de verkenningsfase is deze waterveiligheidsopgave aangescherpt. Aanvullend geotechnisch onderzoek heeft de bodemopbouw onder de dijk beter in beeld gebracht. Dit heeft geleid tot een verdere verfijning van de vakindeling, waardoor maatgevende profielen representatiever zijn voor de betreffende dijkvakken. In de voorverkenning waren de vakken nog vrij groot, waardoor delen van het vak met een gunstigere geometrie hetzelfde oordeel krijgen als het maatgevende profiel met de maatgevende geometrie.

De belangrijkste optimalisatie, die naar aanleiding van het aanvullend grondonderzoek voor het voorkeursalternatief is doorgevoerd, betreft het faalmechanisme piping. Middels aanvullend grondonderzoek is aangetoond dat er in het voorland bij de Kraaijenbergse Plassen voldoende klei aanwezig is, wat betekent dat daar geen maatregelen tegen piping nodig zijn. Voor macrostabiliteit buitenwaarts geldt dat er is aangetoond dat er voor het hele traject geen waterveiligheidsopgave is. Dit geldt zowel in de huidige situatie als bij de nieuwe ontwerphoogte van de dijk.
De belangrijkste kunstwerken waarvoor de waterveiligheidsopgave is aangescherpt, zijn keersluis Cuijk en kademuur Grave. Het is de verwachting dat met beperkte aanpassingen de keersluis Cuijk tot 2075 kan voldoen. Daarom is besloten om de keersluis binnen de scope van deze versterking te houden.
Dit waren belangrijke optimalisaties in de waterveiligheidsopgave, de andere aspecten zijn beschreven in het ontwerprapport Dijk en het ontwerprapport Kunstwerken van de verkenningsfase.
Bij het bepalen van de opgave en het ontwerpen van de kering is het allereerst belangrijk om vast te stellen met welke waterstanden in de rivier rekening gehouden moet worden. We noemen dit 'hydraulische ontwerp-belasting' (HOB). Deze waterstanden worden onder meer beïnvloed door de rivierverruimende maatregelen vanuit het Deltaprogramma Maas. Omdat het uiteindelijke pakket aan rivierverruimende maatregelen nog niet bekend is, en het in meer of mindere mate bewegelijk zal blijven tijdens het project, wordt er in de planuitwerkingsfase een nieuwe HOB-database vastgesteld. Dit wordt gebaseerd op de op dat moment meest recente inzichten en ontwikkelingen.

4.2 Voorkeursalternatief

De informatie in deze paragraaf is gebaseerd op de nota Voorkeursalternatief [13], het resultaat van de verkenningsfase van de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein.

4.2.1 Op hoofdlijnen

Als je uitzoomt en naar de gehele bedijkte Maas kijkt, zie je een afwisseling van Maasmeanders en gekanaliseerde delen en een reeks van elf meer of minder gave vestingsteden als onderdeel van de Zuiderwaterlinie. Bij een dijkverbetering gaat het om een goede inpassing in het landschap als onderdeel van de hoofdopgave. Ook kan aanvullend een bijdrage geleverd worden aan het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit van het landschap. Dat kan door de eenheid in de verscheidenheid te benoemen en aan te geven hoe het streven naar deze eenheid uiteindelijk richting geeft aan het type versterking dat we kiezen. Ons motto is daarom: *een herkenbare dijk met veel gezichten, als onderdeel van een groter geheel.*

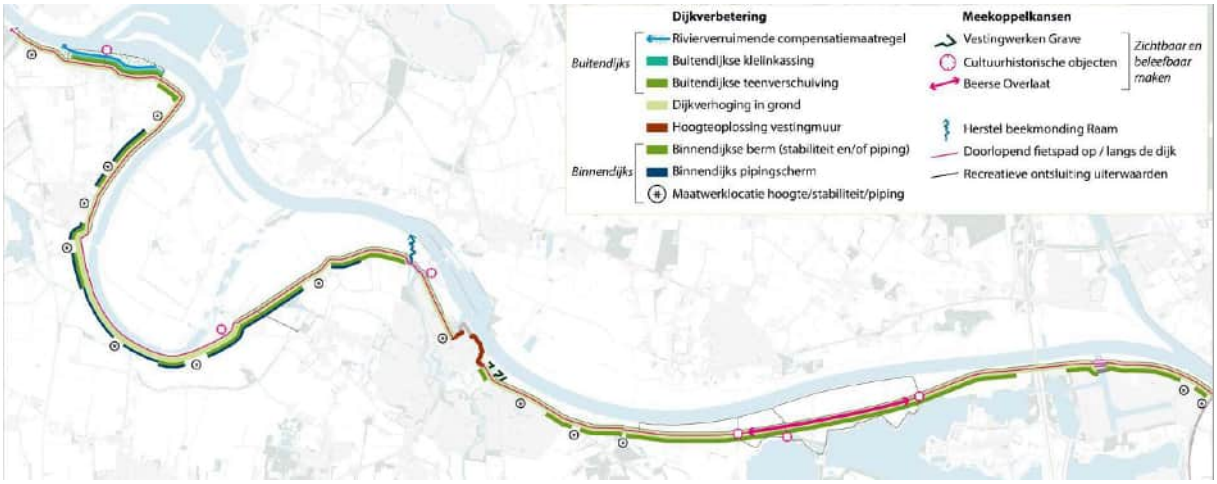
In het voorkeursalternatief is dat als volgt uitgewerkt:
Een herkenbare en beleefbare dijk
Een herkenbare en beleefbare dijk wordt bereikt met een eenduidig dijkprofiel en doorlopende routestructuren voor langzaam verkeer. In het dijkprofiel zelf gebeurt dit door voor de gehele dijk te kiezen voor een eenduidige profielopbouw met 1:3 taluds en stabiliteitsbermen.

De dijk als onderdeel van het dijkenlandschap van de meanderende Maas
Het contrast tussen oude en nieuwe dijken is kenmerkend voor de gehele bedijkte Maas. De dijk is onderdeel van het dijkenlandschap van de meanderende Maas, van Cuijk tot ’s-Hertogenbosch, met een opeenvolging van oude meanders en gekanaliseerde delen. Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein maakt onderdeel uit van dit grotere geheel en wil bijdragen aan verbetering van het landschap van de bedijkte Maas door het contrast tussen ‘oude’ en ‘nieuwe’ dijken te handhaven en eventueel te vergroten. Dat contrast zit hem vooral in het behoud van kleinschaligheid en een goede inpassing van bijzondere beplanting, bebouwing en erven direct aan de dijk in het gedeelte Neerloon-Overlangel. De dijk behoudt hier zijn ontsluitende functie en krijgt een opeenvolging van maatwerklocaties en korte stabiliteitsbermen. Ter hoogte van de Kraaijenbergsche Plassen komt een eenduidig dijkprofiel met een stabiliteitsberm over grote lengte. De dijk heeft hier geen ontsluitende functie (hooguit voor fietsers).

De dijk vertelt het verhaal van de rijke cultuurhistorie van de Zuiderwaterlinie en de Beerse Overlaat
De verschillende onderdelen van de vestingstructuur (Prinsenstal, Maaskade, Nieuwe Haven, Jan van Cuykdijk en Koninginnedijk) krijgen elk een eigen aanpak. Het bewaken van de samenhang van waterveiligheids-maatregelen binnen de vesting is daarbij cruciaal. De hoogteoplossingen moeten samen een familie vormen die het karakter van de vestingstad behoudt of versterkt. Vanwege de complexiteit van de situatie in Grave is ervoor gekozen om in het voorkeursalternatief voor de Maaskade extra speelruimte te creëren voor ontwerp samen met de betrokken partijen in de volgende planfase.

Maatregelen om bevers en dassen uit de kering te houden zijn noodzakelijk om de waterveiligheid te waarborgen. Deze maken daarom onderdeel uit van het voorkeursalternatief.

In Figuur 4.2 is het voorkeursalternatief voor het project weergegeven.

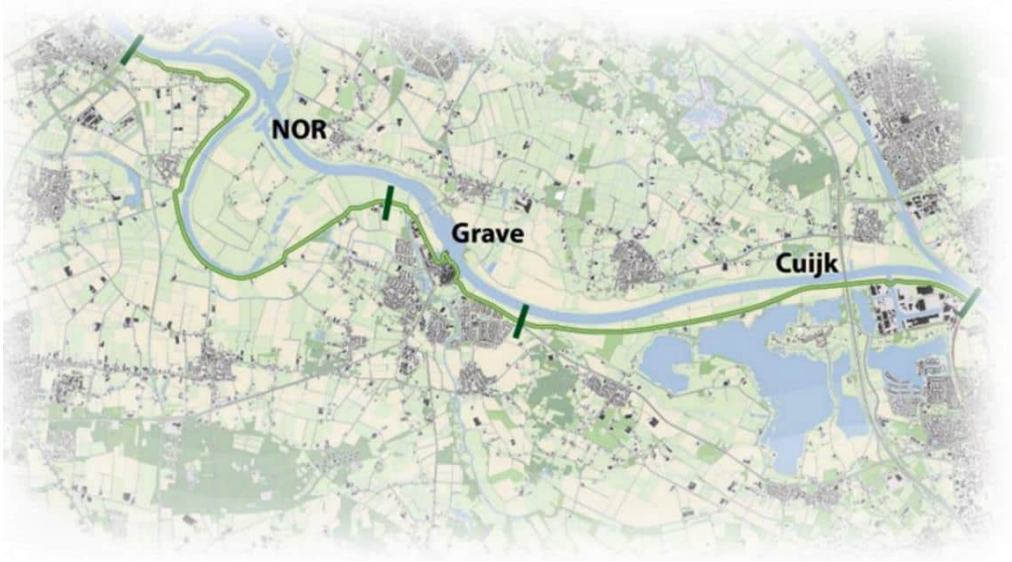


Figuur 4.2 Samenvattende kaart voorkeursalternatief [1]

In paragraaf 4.1.2 is beschreven wat de opgave en beoogde oplossing voor de tien kunstwerken is. Dit is gebaseerd op het “Plan van Aanpak kunstwerken” dat als voorbereiding op het ontwerpproces is opgesteld.

4.2.2 Per deelgebied

Het voorkeursalternatief wordt hieronder per deelgebied verder toegelicht. Er worden drie deelgebieden onderscheiden: Cuijk, Grave en Neerloon-Overlangel-Reek (NOR). Zie ook Figuur 4.3.



Figuur 4.3 Overzicht van de drie deelgebieden [1]

Cuijk

Ten oosten van Grave, in het deelgebied Cuijk, wordt de dijk met grond opgehoogd en worden er stabiliteitsbermen aangelegd aan de binnenzijde van de dijk. Er zijn drie maatwerklocaties waar onvoldoende ruimte is voor de stabiliteitsberm, waardoor hier verticale maatregelen worden toegepast.

Grave

In vestingstad Grave ligt de nadruk op een goede inpassing van de maatregelen, mede doordat Grave een beschermd stadsgezicht is. Hierdoor wordt grotendeels gekozen voor verticale, ruimtebesparende maatregelen. Voor de Maaskade wordt in de planuitwerkingsfase samen met de betrokken partijen gezocht naar een goede inpassing van de kering. Zo wordt op een aantal plekken een coupure aangepast of aangelegd.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek

Aan de westzijde van Grave wordt de bestaande dijk ook verhoogd met grond en worden stabiliteitsbermen aangelegd. Hier bestaat ook een opgave voor piping.
In enkele dijkvakken kan dit worden opgelost met een pipingberm in combinatie met een stabiliteitsberm. Veelal wordt echter een verticale maatregel getroffen, zoals een kwelscherm of een innovatieve verticale oplossing. Verder staat er in dit deelgebied relatief veel bebouwing dicht bij de dijk. Dit zijn de maatwerklocaties die in de planuitwerking nader worden uitgewerkt. Bij Neerloon wordt de bestaande tuimelkade aan de rivierzijde versterkt en wordt aan de buitendijkse zijde een klei-inkassing onder het voorland ingegraven.

4.2.3 Gebiedsopgave

Tijdens de verkenningsfase zijn veel meekoppelkansen in beeld gekomen. Daarvan is een deel afgevallen omdat gelijktijdige of gezamenlijke realisatie met de dijkverbetering niet haalbaar lijkt. De andere meekoppelkansen zijn wel meegenomen (zie Figuur 4.4). Deze meekoppelkansen kunnen meerwaarde bieden, maar kunnen ook onafhankelijk van de gekozen veiligheidsmaatregelen worden gerealiseerd. De haalbaarheid is niet onlosmakelijk verbonden met het dijkontwerp. Dat betekent dat veel meekoppelkansen in de planuitwerking nog verder ingevuld en ontworpen kunnen worden.

Bij de start van de planuitwerkingsfase moeten de eigenaren van de meekoppelkansen aangeven of het realiseren van deze meekoppelkans inderdaad gezamenlijk met de dijkverbetering wordt opgepakt: feitelijk betekent dit dat er een integraal ontwerp wordt gemaakt. Het is ook mogelijk dat een meekoppelkans los van de dijkverbetering wordt uitgewerkt en gerealiseerd, of dat een meekoppelkans uiteindelijk toch niet haalbaar blijkt te zijn.

	Meekoppelkans	**Eigenaar**
MKK1	**Vesting Grave; zichtbaar maken/herstel/behoud kades, muren, grond- en waterwerken**	**Gemeente Land van Cuijk**
1.1	Herstel halfbastion Blauwkop	Gemeente Land van Cuijk
1.10	Koninginnedijk (tuimeldijk incl. fietspad)	Gemeente Land van Cuijk
MKK2	**Restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorisch elementen/objecten**	**Gemeente Land van Cuijk**
2.1	Ganzenorgel	Gemeente Land van Cuijk
2.2	Monument Thompson	Gemeente Land van Cuijk
2.3	Vergeten sluisje	Gemeente Land van Cuijk
2.4	Recreatieve aansluiting dijkje Klooster Velp	Gemeente Land van Cuijk
2.5	Recreatieve aansluiting Romeinse oversteek	Gemeente Oss
MKK3	**Beerse overlaat**	**Waterschap Aa en Maas**
MKK6	**Herstel Beekmonding Raam**	**Waterschap Aa en Maas**
MKK7	**Reconstructie N321**	**Provincie Noord-Brabant**
MKK8	**Doorgaande fietsroute op de dijk incl goede aansluitingen en ontbrekende schakels**	
8,1 en 8,2	Aanbrengen fietspad 7,5km	Gemeente Land van Cuijk
8.3	Fietsbrug	Gemeente Land van Cuijk
8.4	Variant Reek-Overlangel: fietspad benedendijks 3km - 50/50 Oss/Maashorst	Gemeente Oss Gemeente Maashorst
MKK9	**Nieuwe recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op/aan de dijk**	
MKK11	**Recreatieve ontsluiting uiterwaarden, wandelpad langs de dijk**	
11.1	Pad langs Lelyzone incl. aantakkingen Gasseltse Loop en Tochtsloot	Gemeente Land van Cuijk
11.2	Pad Lage Wijth	Gemeente Land van Cuijk
11.3	Pad Neerloon	Gemeente Oss

Figuur 4.4 Overzicht van de meekoppelkansen.

5. Uitgangspunten algemeen

5.1 Objecten

In het project worden veelvuldig de termen gronddijk, kademuur Grave, kunstwerken en maatwerklocaties gebruikt. In deze paragraaf wordt ingegaan op de definitie van deze ontwerponderdelen. Als laatste wordt in deze paragraaf ook de stand van zaken van de meekoppelkansen beschreven.

5.1.1 Gronddijk

De gronddijk is een waterkering die grotendeels of volledig bestaat uit een grondlichaam. Het grootste deel van het traject Cuijk-Ravenstein bestaat uit de gronddijk. Onder de gronddijk verstaan we de dijk zonder maatwerk, dus waar geen bijzonder inpassingsuitdagingen spelen (zie ook paragraaf 5.1.4 voor maatwerklocaties). Bij sommige delen van de gronddijk zijn ook meekoppelkansen gedefinieerd. De nulvariant, waarbij de meekoppelkans zo min mogelijk wordt meegenomen, valt onder de gronddijk. In onderstaande paragrafen worden de belangrijkste twee uitzonderingen verder toegelicht.

Ter plaatse van de N321 (ten zuidoosten van Grave) wordt de nulvariant beschouwd als onderdeel van de gronddijk. De nulvariant is de dijkverbetering met de minimale werkzaamheden voor inpassing van het huidige wegprofiel óf minimaal wettelijk benodigd wegprofiel. Andere varianten met de reconstructie van de N321 vallen onder de meekoppelkans (MKK13).

In Grave aan de Koninginnedijk vanaf dijkpaal A277 wordt de nulvariant als onderdeel van de gronddijk beschouwd. De nulvariant bevat de inpassing van het huidige wegprofiel in de dijkverbetering conform het voorkeursalternatief met een steil talud als inpassing in het geval van maatwerk. De nulvariant omvat de werkzaamheden nodig voor de dijkverbetering en is daarmee subsidiabel onder het HWBP. Andere varianten vallen onder de meekoppelkans (MKK1.10). De waterkering aan de Koninginnedijk tot dijkpaal A277 valt onder de kademuur Grave (H5.1.2). De exacte overgang tussen gronddijk en kademuur Grave wordt voor aanvang van de VO-fase definitief vastgelegd.

5.1.2 Kademuur Grave

In de planuitwerking en het ontwerpproces wordt het deelgebied ‘Kademuur Grave’ onderscheiden. Dit is het deel van de waterkering bij Grave dat een kademuur bevat. Het traject ligt vanaf de N321 tot en met de haven, dus tussen dijkpaal A266 en A277 (zie het oranje gearceerde deel in Figuur 5.1). Het gedeelte tussen dijkpaal A275 en A277 (een gedeelte van de Koninginnedijk) bestaat op dit moment grotendeels wel uit grond, maar wordt vanwege de gelijke technische uitdaging toch in deelgebied ‘kademuur Grave’ meegenomen. Er is op die locatie namelijk ook geen ruimte voor een dijkverbetering in grond.

In het kader van de realisatiecontracten wordt het deelgebied ‘Waterkering Grave’ onderscheiden. Het deelgebied ‘Waterkering Grave’ is echter een langer traject dan het deelgebied ‘Kademuur Grave’ (zie het oranje én groen gearceerde deel in Figuur 5.1). Het eindigt ook bij dijkpaal A277, maar begint al bij dijkpaal A254. De Jan van Cuykdijk hoort daardoor ook bij de ‘Waterkering Grave’.



Figuur 5.1 Weergave deelgebieden ‘Kademuur Grave’ (oranje arcering) en ‘Waterkering Grave’ (oranje én groene arcering)

5.1.3 Kunstwerken

Kunstwerken zijn de constructieve objecten in de waterkering. Deze objecten hebben een beperkte lengte in verhouding tot de totale lengte van het dijktraject. Onder kunstwerken verstaan we gemalen, sluizen, uit- en inwateringsconstructies en alle objecten die daarbij horen. Twee grote kunstwerken in het traject zijn Keersluis Cuijk (A188) en Gemaal van Sasse (A285).

5.1.4 Maatwerklocaties

Maatwerklocaties zijn locaties met een bijzondere inpassing. De locatie is complexer dan bij het overgrote deel van de gronddijk en daarom kan de gronddijk als waterveiligheidsoplossing niet zomaar worden ingepast. Redenen voor een maatwerklocatie zijn:

- Er staan objecten zoals woningen nabij de dijk.
- Er komen meerdere functies bij elkaar.
- Er worden afwijkende maatregelen getroffen vanuit een innovatie of duurzame ambitie.
- Er zijn gehonoreerde klantwensen die een afwijkende inpassing vragen.

Naast omgevingsredenen zijn er ook technische redenen waarom een locatie een maatwerklocatie is en geen gronddijk. Redenen daarvoor zijn:

- Langsconstructies: Dit zijn constructieve elementen in een dijktraject die stabiliteitverhogend of pipingbeperkend zijn. Deze elementen zijn hiermee maatregelen tegen faalmechanismen (macro)stabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts (STBI&BU) en piping (STPH).
- Niet Waterkerende Objecten (NWO’s).
- Locatie met hoog risico op graafschade (onder andere bevers).

5.1.5 Meekoppelkansen

Meekoppelkansen zijn werkzaamheden die niet direct bijdragen aan het doel van een dijkverbetering: waterveiligheid. Meekoppelkansen zijn kansen van bewoners, bedrijven of andere overheden op economisch of ruimtelijk vlak, die tegelijk met het dijkverbeteringsproject uitgevoerd kunnen worden en een win-winsituatie kunnen bieden. Meekoppelkansen worden beoordeeld op technische, juridische, maatschappelijke en financiële haalbaarheid (waar de initiatiefnemers vaak aan bijdragen) en moeten ook passen qua planning.

Groot verschil dat de meekoppelkansen hebben ten opzichte van de reguliere ontwerpwerkzaamheden is dat naast WSAM de initiatiefnemers van de meekoppelkansen een besluitvormende rol hebben in deze meekoppelkansen. Dit betekent dat voor meekoppelkansen soms aanvullende stukken moeten worden opgesteld ten behoeve van besluitvorming (bijvoorbeeld ambtelijke notities). Dit betekent mogelijk ook dat de meekoppelkansen (in tijd) niet altijd helemaal aansluiten bij het reguliere ontwerpproces.

De meekoppelkansen die voorzien zijn bij aanvang van de VO-fase zijn in onderstaande tabel weergegeven. Bij de afronding van de VO-fase is er voor de meekoppelkansen een go/no go moment om aan de hand van beslisnotities te bepalen of die onderdeel blijven van de scope van het project.

Ten opzichte van de RVO fase is MKK15 (Schans bij Het Wachthuis in Reek) aan het overzicht toegevoegd. Deze meekoppelkans is tijdens de planuitwerkingsfase in beeld gekomen. Het gaat om een initiatief vanuit de vrijwilligers van Buiten de Veste voor het realiseren van een uitkijktoren op een (te maken) uitbouw van de dijk aan de zijde van het binnentalud.

Nummering	Beschrijving	Status	Eigenaar
MKK1	Vesting Grave; zichtbaar maken/herstel/behoud kades, muren, grond- en waterwerken		
1.1	Herstel halfbastion Blauwkop	Startoverleg is geweest, uitwerking vindt plaats in VO fase.	Gem. LvC
1.10	Koninginnedijk (tuimeldijk incl. fietspad)	Nog een besluit te nemen welke variant de voorkeur heeft.	Gem. LvC
MKK2	Restaureren en beleefbaar maken cultuurhistorische elementen/objecten		
2.4	Recreatieve aansluiting dijkje klooster Velp	Wordt meegenomen in de VO fase.	Gem. LvC
2.5	Recreatieve aansluiting Romeinse oversteek	Wordt meegenomen in de VO fase.	Gem. Oss
MKK3	Beerse overlaat	Wordt meegenomen in de VO fase.	WAM
MKK6	Herstel Beekmonding Raam	Beperkte maatregel, ontwerpwerkzaamheden zijn niet nodig.	WAM
MKK8	Doorgaande fietsroute op de dijk incl. goede aansluitingen en ontbrekende schakels		
8.1 en 8.2	Aanbrengen fietspad 7,5 km	Wordt meegenomen in de VO fase.	Gem. LvC
8.3	Fietsbrug	Wordt meegenomen in de VO fase.	Gem. LvC
MKK9	Nieuwe recreatieve voorzieningen en verblijfsplekken op/aan de dijk	Wordt meegenomen in de VO fase.	WAM
MKK10	Variant Reek-Overlangel: fietspad benedendijks 3 km		
10.1	gem. Oss 0,6 km	Besluitvorming over voorkeursvariant vindt plaats in juni 2024.	Gem. Oss
10.2	gem. Maashorst 1,7 km	Besluitvorming over voorkeursvariant vindt plaats in juni 2024.	Gem. Maa
10.3	gem. Land van Cuijk 0,7 km	Besluitvorming over voorkeursvariant vindt plaats in juni 2024.	Gem. LvC
MKK11	Recreatieve ontsluiting uiterwaarden, wandelpad langs de dijk		
11.1	Pad langs Lelyzone incl. aantakkingen Gasseltse Loop en Tochtsloot	Wordt meegenomen in de VO fase.	Gem. LvC
11.2	Pad Lage Wijth	Wordt meegenomen in de VO fase.	Gem. LvC
11.3	Pad Neerloon	Wordt meegenomen in de VO fase.	Gem. Oss
MKK 13	Reconstructie N321 (+/- 1,5 km) incl. 2x2 fietspad	Uitgangspunten vastgesteld voor uitwerken VO.	PNB
MKK 15	Schans bij Het Wachthuis in Reek	Nog een besluit nodig voor deze MKK, naar verwachting voor de zomer '24.	Gem. Oss

Figuur 5.2 meekoppelkansen en status bij de start van de VO-fase

5.2 Afweegkader

In het ontwerpproces tot het voorkeursalternatief zijn criteria gehanteerd voor kiezen van een voorkeursoplossing. Deze criteria zijn samengevat in een afwegingskader. Het afwegingkader uit de verkenningsfase is uitgangspunt voor de afweging van varianten in de planuitwerkingsfase.

	Criterium	Beoordelingsaspecten	Werkwijze
doelbereik	1. Veilige, beheerbaar, toekomstbestendig 	a. Het ontwerp kan voldoen aan de nieuwe normering voor waterveiligheid b. Het ontwerp is uitvoerbaar en beheerbaar c. Er is rekening gehouden met "geaccepteerde innovaties" d. Een meekoppelkans leidt niet tot een significante extra veiligheidsopgave	De expert-beoordeling vindt plaats in het technisch team en op onderdelen kan het Adviesteam dijkontwerp worden ingeschakeld. Daarnaast wordt ook een "beheerdersoordeel" gevraagd. Een negatief oordeel is een knock-out.
Maatschappelijke meerwaarde/Ruimtelijke Kwaliteit	2. Cultuurhistorie, landschap & beleefbaarheid 	a. het ontwerp voldoet aan de uitgangspunten wat betreft "één herkenbare dijk met aandacht voor landschap en cultuurhistorie"	Expert-beoordeling in ontwerpteam op basis van het ruimtelijk kwaliteitskader. De beoordeling vindt plaats op basis van de mate waarin ruimte is voor meekoppelkansen en in hoeverre bestaande waarden worden aangetast dan wel versterkt
	3. Natuur/Biodiversiteit 	a. Bestaande natuurwaarden worden niet aangetast in kwaliteit of oppervlak b. Het ontwerp draagt bij aan versterking van bestaande natuurwaarden van het dijktalud c. Het ontwerp levert een bijdrage aan de realisatie van het Natuurnetwerk Brabant en de natuurdoelen van de provincie Noord-Brabant.	Expert beoordeling in ontwerpteam. De beoordeling vindt plaats op basis van de mate waarin ruimte is voor meekoppelkansen en in hoeverre bestaande waarden worden aangetast dan wel versterkt
	4. Vrijetijdseconomie (recreatie) 	a. Het ontwerp zorgt voor behoud en waar mogelijk een verbetering van recreatieve routes (fiets, wandelen, varen) b. Het ontwerp bevat rustpunten op de dijk en vergroot de toegankelijkheid van de Maas met (struin)routes c. Het ontwerp kan een bijdrage leveren aan het verbeteren of uitbreiden van recreatieve voorzieningen (zoals horeca, aanlegplaatsen)	Expert beoordeling in ontwerpteam. De beoordeling vindt plaats op basis van de mate waarin ruimte is voor meekoppelkansen en in hoeverre bestaande waarden worden aangetast dan wel versterkt
	5. Woon& werkklimaat & verkeersveiligheid 	a. Het ontwerp draagt bij aan behoud van woonkwaliteit van woningen aan de dijk. b. Het ontwerp draagt bij aan verbetering van de verkeersveiligheid c. Het ontwerp zorgt voor behoud van de bereikbaarheid van bedrijven en bewoners	Expert beoordeling in ontwerpteam. De beoordeling vindt plaats op basis van de mate waarin ruimte is voor meekoppelkansen en in hoeverre bestaande waarden worden aangetast dan wel versterkt
	6. Duurzaam & circulair 	a. De maatregelen dragen bij aan de doelstellingen van het Waterschap	Expert beoordeling in ontwerpteam op basis van Ambitieweb (Duurzaam GWW)
Haalbaarheid	7. Betaalbaar en haalbaarheid 	a. De aanlegkosten zijn sober en doelmatig volgens criteria HWBP b. Voor meekoppelkansen is zicht op financiering c. Het risicoprofiel is acceptabel (w.o. vergunbaarheid) d. Het ontwerp kan rekenen op draagvlak van belanghebbenden	De expert-beoordeling vindt plaats op basis van expert-judgement in het technisch team en omgevingsteam. Er worden in bij zeef 1 geen kostenramingen gemaakt. De beoordeling vindt plaats op basis van ervaring en kentallen. Het draagvlak meten we in de werkateliers. Een negatief oordeel is een knock-out

Figuur 5.3. Afwegingskader verkenningsfase dijkversterking CuRa

5.3 Ontwerpproces

5.3.1 Werkwijze

Als algemeen uitgangspunt voor het ontwerpproces geldt uiteraard altijd dat de maatregelen om de waterveiligheid te verbeteren sober en doelmatig zijn. Dit is een uitgangspunt dat het hoogwater beschermingsprogramma (HWBP) aan alle dijkverbeteringen stelt en is een voorwaarde voor financiering door het HWBP. Daarnaast dient de nieuwe waterkering altijd het vereiste beschermingsniveau conform de Omgevingswet (voorheen Waterwet) te bieden. Er wordt ook rekening gehouden met de eisen en wensen van de beheerder ten aanzien van beheerbaarheid van de kering.

Het ontwerpproces in de planuitwerking bestaat uit drie ontwerprondes, dit zijn:

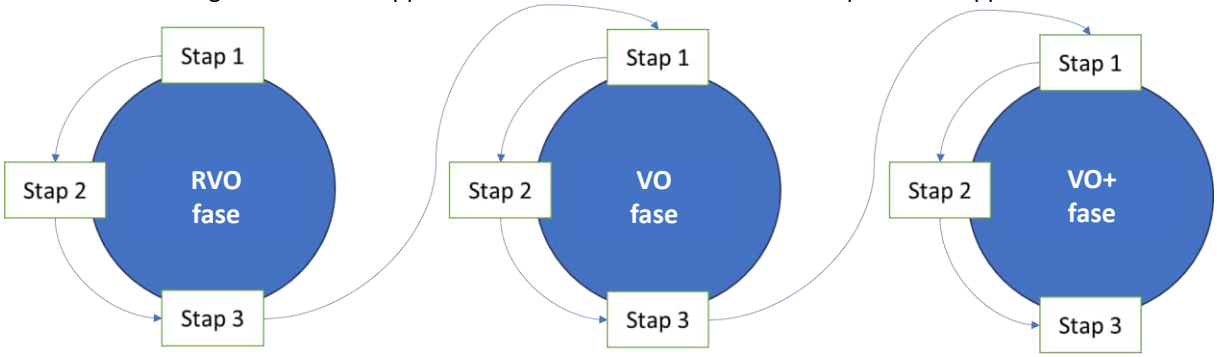
- opstellen Referentie Voorontwerp (RVO);
- opstellen Voorontwerp (VO);
- opstellen vergunningen ontwerp (VO+).

Voor alle objecten wordt het ontwerp uitgewerkt tot het niveau dat nodig is voor de vergunningen. Per fase wordt in de IUN vastgelegd wat de ontwerpopgave voor die fase is, in voorliggend document is dat voor de VO-fase.

Elke ronde doorloopt hetzelfde proces en bestaat uit drie stappen:

1. input genereren;
2. vaststellen IUN & SES;
3. doorlopen activiteiten ondersteunend aan het ontwerpproces.

De verdere invulling van het ontwerpproces is beschreven in het Plan van Aanpak Ontwerpproces.



Figuur 5.4. Schematische weergave ontwerpproces op hoofdlijnen

5.3.2 Ontwerpopgave VO-fase

De VO-fase richt zich op het ontwikkelen van een globale voorstelling van de dijkversterkingsopgave, zodanig dat dit een goed beeld geeft van de situering, de functionele en ruimtelijke opbouw, de verschijningsvorm en de integratie van constructieve en discipline-afhankelijke aspecten. In het VO wordt het ruimtebeslag van de dijkverbetering en meekoppelkansen vastgelegd. Het voorontwerp dient als basis voor vergunningsaanvraag (Milieu Effect Rapportage (MER) en Ontwerpprojectbesluit) en contractdossier.

Meekoppelkansen die een impact hebben op de MER (waaronder ruimtebeslag en uitvoeringswijze) of op het te realiseren werk worden ook op dit niveau uitgewerkt. Conditionerende werkzaamheden die (kosten)risicobeperkend zijn en input zijn voor de MER worden uitgevoerd, evenals conditionerende onderzoeken die doorlopen vanuit de RVO-fase. Aan het einde van het VO zijn de belangrijkste ontwerpkeuzes gemaakt en wordt aangetoond dat de oplossing rekentechnisch voldoet en maakbaar is. Aan het einde van de VO-fase stellen we het maximale ruimtebeslag vast, dus het merendeel van de ontwerpwerkzaamheden valt binnen deze fase. Daarnaast kunnen initiatiefnemers van de meekoppelkansen een go/no go besluit nemen.

Er gelden een aantal locatiespecifieke uitgangspunten (per dijkvak) voor de ontwerpopgave in de VO-fase:

- DV 15 t/m 17. Integraal uitwerken waterkeringontwerp met N321 Duurzaam veilige weginrichting (MKK).
- DV 17 (Kop Oude Haven): de bestaande watergang wordt gehandhaafd, waardoor een grondoplossing op deze locatie niet haalbaar is. Daarom wordt voor de VO-fase uitgegaan van een maatwerkoplossing met een beperkt ruimtebeslag. Tenzij vanuit het project voor het Visio-terrein wordt besloten om de watergang te verplaatsen.
- DV 19 (Maaskade Grave): van de verschillende varianten voor deze locatie wordt de TOM geactualiseerd. De voorkeursoplossing is een demontabele waterkering.
- DV 21 (Havenstraat Grave): vasthouden van de VKA-lijn, alleen dan het gebouw wel op de huidige locatie laten staan en de muur daar achterlangs doortrekken/houden.

VO2.0

Gedurende de VO ontwerpronde is een aantal knelpunten geconstateerd. Dit zijn inpassingsopgaves met effect op het ruimtebeslag, maar waarbij het uitgangspunt in overleg met derden bepaalt zal worden. Voorbeelden zijn onduidelijkheid over de monumuntale status van een schuur bij een woning, omgang met een monumentale boom met beperkte levensduurverwachting, verkeerskundige inpassingen of de inpassing van het ontwerp van een dijkversterkingsmaatregel in samenspraak met de beheerder van de hogedruk gasleiding. De geinventariseerde lijst knelpunten wordt verwerkt in het ontwerp tijdens de extra VO2.0 ontwerpronde (Q1 2025).

5.4 Dijkvakindeling

In de RVO-fase is de dijkvakindeling vanuit de verkenning verder uitgewerkt en toegespitst op de VO-fase. Hierin is informatie die beschikbaar is gekomen tijdens de RVO-fase verwerkt, zoals het aanvullend grondonderzoek en het ontwerp. Uit de beschouwing volgt dat het verfijnen op basis van grondonderzoek mogelijk is, maar dat de gemaakte aanscherpingen lokaal tot verschillende ontwerpen kunnen leiden terwijl die verschillen er in de huidige situatie niet zijn. Vanuit het landschap en ruimtelijke kwaliteit is dit niet altijd wenselijk. Daarom is er voor gekozen om in de planuitwerking in de basis dezelfde vakindeling aan te houden als in de verkenning. Binnen de dijkvakken worden wel optimalisaties uitgewerkt, die vervolgens worden vastgelegd in het ontwerprapport op dijkvakniveau.

Voor een goede inpassing en om de verschillende stakeholders goed te kunnen bedienen, zijn de dijkvakgrenzen op een aantal locaties verschoven. De voornaamste wijzigingen zijn:

- Overgang dijkvak 14/15 komt tegen het maatwerk woning aan. De dijkopgang van de N321 komt daarmee in dijkvak 15 te liggen en het traject van de N321 valt niet meer in dijkvak 14.
- Het oude dijkvak 22 betrof de gehele Koninginnedijk. Gekozen is om dit vak te splitsen bij de overgang van de haven naar het Emab-terrein (van constructie naar grond). Het nieuwe vak 23 betreft het westelijke deel van Koninginnedijk tot en met Catharinahof en sluit aan op de hoge grond van de Thompsonbrug. In dit vak speelt de meekoppelkans voor de Koninginnedijk. Het oude dijkvak 24 wordt uitgebreid met de hoge grond van de Thompsonbrug (geen opgave) waardoor daarna de oude nummering kan worden gehandhaafd.
- Rond het gebied Keent/Overlangel zijn de vakgrenzen opgeschoven naar de overgang van maatwerk en grondoplossing, zodoende dat het maatwerk in zijn geheel in één vak valt.
- Dijkvak 38 kwam voort uit de trajectscheiding tussen trajecten 36-2 en 36-3. Er is gekozen om de gehele onderdoorgang onder de A50 (inclusief mogelijke verbreding) als één vak te maken.

De actuele dijkvakindeling is te vinden in de GeoWeb-omgeving en op kaart weergegeven in Bijlage E.

5.5 Ruimtelijke kwaliteit

Het projectgebied heeft na uitvoering van de dijkverbetering minimaal een gelijke ruimtelijke kwaliteit met zoveel mogelijk behoud van bestaande voorzieningen ten opzichte van de huidige situatie. Dit is een goede inpassing. In de verkenningsfase is een ruimtelijk kwaliteitskader opgesteld, daarin zijn de ruimtelijke kwaliteitsvisie en ontwerpprincipes voor dit project beschreven. Ruimtelijke kwaliteit is meegenomen bij het vormgeven van het voorkeursalternatief, onder andere doordat het een onderdeel is van het afwegingskader voor het voorkeursalternatief.
Het ruimtelijk kwaliteitskader is in de 2024 uitgewerkt tot een ruimtelijk kwaliteitsbeeld. WSD.9.1-087_RuimtelijkKwaliteitbeeld_D2.0.

5.5.1 Ruimtelijk kwaliteitskader

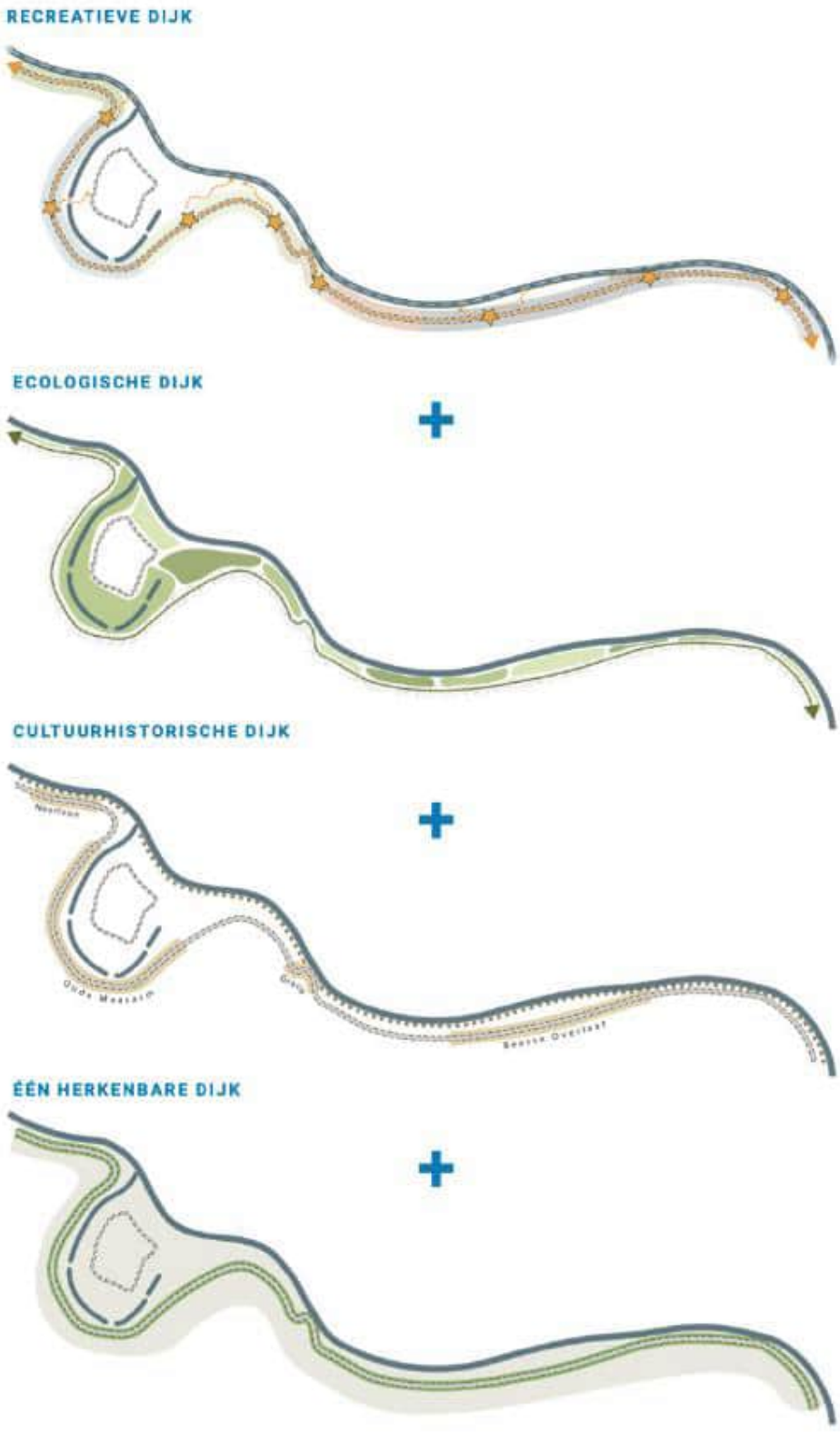
De visie uit het ruimtelijk kwaliteitskader [3]:
Het traject Cuijk-Ravenstein is onderdeel van de Bedijkte Maas en wordt gekenmerkt door afgesneden meanders tussen dijken naar aanleiding van de Maas-kanalisatiewerken in de jaren '30. Dit kenmerk onderscheidt de bedijkte Maas van de andere deelgebieden langs de Maas. Ter hoogte van Cuijk is de overgang van terrassen naar het bedijkte gedeelte van de Maas. Om dit leesbaar te maken en te behouden in het landschap, is het belangrijk om de dijk als waardevol landschapselement te behandelen en te ontwikkelen in de komende dijkversterkingsopgave.

Een van de randvoorwaarden is om het dijktracé als een herkenbaar landschapselement te ontwikkelen. Want naast dat de primaire functie van een dijk is om het achterliggende land te beschermen, is het ook een landschapselement dat twee werelden (landschappen) van elkaar scheidt.
Een binnendijkse en buitendijkse wereld. Een klein gedeelte van de dag is de dijk in gebruik als waterkering, een groot gedeelte van de tijd is de dijk iets anders. Het is o.a. een oriëntatiepunt vanuit de beleving van het landschap en een mooi balkon met uitzicht over de rivier.

Op basis van die visie zijn de volgende ontwerpuitgangspunten geformuleerd voor de dijkverbetering en eventuele meekoppelkansen (zie ook Figuur 5.5):

1. Eén herkenbare dijk, waarbij wordt gestreefd naar:
    - Behoud van het huidige tracé en het voorkomen van lokale asverschuiving.
    - Een herkenbaar en continu dijkprofiel met een standaardhoofdvorm (eenduidige kruinbreedte met eenduidige taluds) en aan weerszijden een beheerstrook (per deeltraject kan deze hoofdvorm variëren).
    - Een dijk die zichtbaar is als een continu landschapselement, waarbij het landschap doorloopt tot aan de teen van de dijk.
    - Samenhang in detaillering en materialisatie op het gehele traject.
2. Een dijk met aandacht voor landschap en cultuurhistorie, waarbij wordt gestreefd naar:
    - Rekening houden met de geomorfologische opbouw van het landschap.
    - Rekening houden met historische stedenbouw en landschappelijke structuren.
    - Herkenbaarheid militair erfgoed behouden en versterken.
    - Beleefbaar maken van de watergeschiedenis.
3. Een ecologische dijk, waarbij wordt gestreefd naar:
    - Het verbeteren van de ecologische waarde buitendijks, waar we kansen verkennen voor natuurontwikkeling.
    - Het leveren van een bijdrage aan de realisatie van het Natuurnetwerk Brabant en de natuurdoelen van de provincie Noord-Brabant.
4. Een recreatieve dijk, waarbij wordt gestreefd naar:
    - Ontwikkelen van de dijk als recreatieve route, door onder andere een doorgaande fietsroute en een recreatieve vaarverbinding tussen de verschillende steden langs de Maas.

- Behoud en toevoegen van rustpunten op de dijk met eenduidige inpassing, materialisering en meubilair.
- Vergroten toegankelijkheid naar de Maas en de uiterwaarden door buitendijks struinroutes toe te voegen in natuurontwikkelingen en langs landbouwpercelen, vanaf knooppunten op de dijk.
- Behouden en versterken van het karakter van de verschillende deelgebieden langs de dijk.



Figuur 5.5. De vier onderdelen uit de visie

5.5.2 Beeldkwaliteitsplan

In de verkenningsfase is een ruimtelijk kwaliteitskader opgesteld, daarin zijn de ruimtelijke kwaliteitsvisie en ontwerpprincipes voor dit project beschreven. Het ruimtelijk kwaliteitskader is in het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld geactualiseerd, verder gedetailleerd, afgestemd op het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld van het project Meanderende Maas en hiaten zijn hersteld.

Voor de vormgeving, inrichting en aansluiting op het aanliggende landschap en objecten zijn in het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld voor de gronddijken en de tuimeldijk randvoorwaarden opgesteld vanuit inpassing en ruimtelijke kwaliteit. Tevens zijn voor de historische kademuren in Grave kwaliteitseisen opgestelde voor de versterkingsopgave.

Het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld wordt ingezet om in het ontwerpproces per dijkvak randvoorwaarden voor de ruimtelijke kwaliteit mee te geven. Daarnaast wordt het betreffende dijkvak ook bezien in relatie tot de ruimtelijke eenheid waarin die ligt.

Meer informatie is te lezen in WSD.9.1-087_RuimtelijkKwaliteitbeeld_D2.0.pdf.

5.6 Contractmanagement

De marktbenaderingsstrategie is nog niet vastgesteld en daarom zijn er vanuit het thema contractmanagement geen uitgangspunten opgenomen in deze versie van de IUN.

6. Uitgangspunten omgeving

6.1 Bestuurlijke samenwerking

Op 22 december 2022 is een samenwerkingsovereenkomst [14] ondertekend door de gemeenten Land van Cuijk[2], Maashorst en Oss, de provincie Noord-Brabant en waterschap Aa en Maas. De belangrijkste afspraken uit de overeenkomst zijn:

- Partijen hebben de ambitie om gedurende de planuitwerkingsfase te komen tot een voorontwerp (VO), definitief ontwerp (DO), daar waar nodig en van toepassing een uitvoeringsgereed ontwerp (UO) en een vastgesteld en goedgekeurd projectbesluit waarmee realisatie van het project publiekrechtelijk mogelijk wordt gemaakt en een beschikking door de programmadirectie HoogWaterBeschermings-Programma (HWBP) namens de Minister voor een financiële bijdrage aan de realisatie(fase), gebaseerd op een subsidieaanvraag die voldoet aan de eisen die de Regeling subsidies hoogwaterbescherming daaraan stelt.
- Waarbij de doelstellingen van de partijen zo goed mogelijk tot hun recht komen. In hoofdlijnen gaat het hierbij om dijkverbetering, inclusief toekomstig beheer en onderhoud in samenhang met mogelijkheden voor rivierverruiming en andere projecten rond de Maas, behoud van functies en waarden, benutting van kansen voor ruimtelijke ontwikkeling, ruimtelijke kwaliteit en economie.
- Partijen streven naar een DO waarbij maatschappelijke middelen efficiënt en duurzaam ingezet worden en de overlast voor de omgeving zoveel mogelijk beperkt wordt, bijvoorbeeld door het zoeken naar mogelijkheden voor het maken van werk met werk.
- Partijen streven naar een maatschappelijk en bestuurlijk gedragen DO.
- Partijen streven naar een gezamenlijke participatie- en communicatieaanpak met als doel belanghebbenden actief te betrekken bij het ontwerpproces en helder en transparant te informeren.

6.2 Participatie

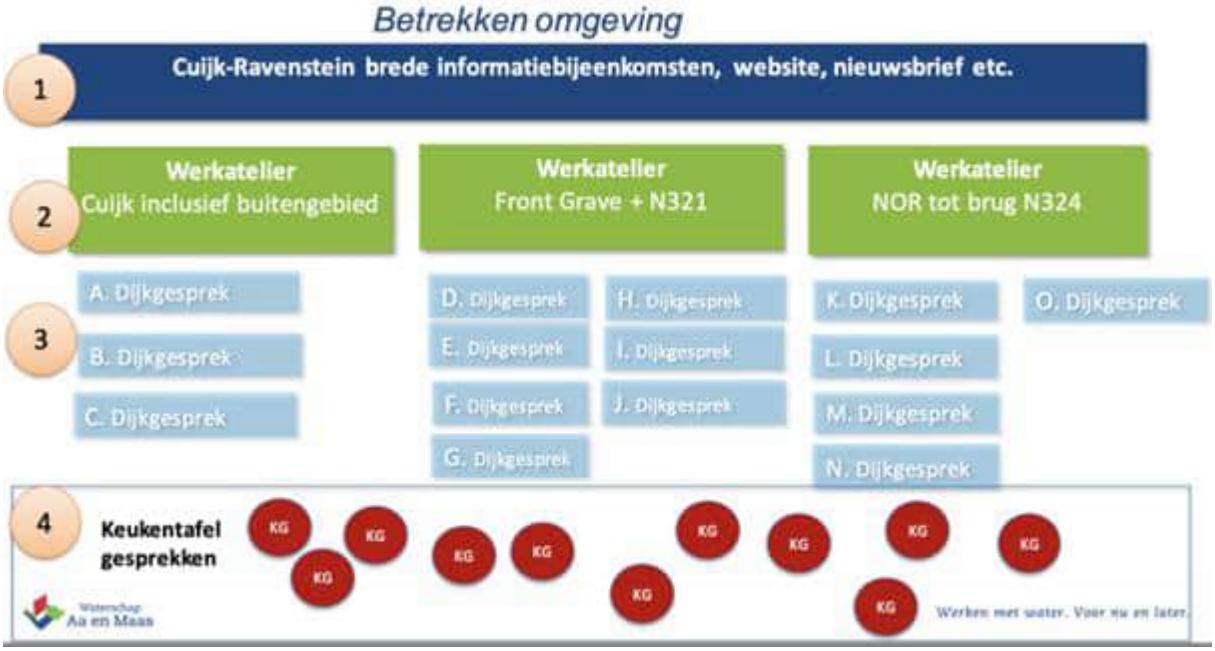
Onderdeel van het doorlopen van de planuitwerking is ook de communicatie en participatie met alle verschillende stakeholders. In het Plan van Aanpak planuitwerking is beschreven dat de communicatie en participatie zorgt dat:

- De kwaliteit van de producten verbetert door inbreng van belanghebbenden.
- Inpassing en meekoppelkansen op de juiste manier worden meegenomen in het ontwerpproces en de afstemming met gebiedsontwikkelingen op de goede manier gebeurt.
- Belanghebbenden en geïnteresseerden begrijpen waarom de dijkverbetering nodig is en wat de werkzaamheden inhouden.
- Draagvlak en betrokkenheid van stakeholders wordt gecreëerd of verbeterd.
- Weerstand wordt voorkomen of gesignaleerd, zodat er op een goede manier mee kan worden omgegaan.
- Bekendheid met de werkwijze van het waterschap en het HWBP als programma bij een breder publiek wordt vergroot.

[2] Gemeente Land van Cuijk heeft de overeenkomst uiteindelijk pas in mei 2023 ondertekend.

We werken op verschillende manieren samen met diverse groepen binnen vooraf gestelde kaders, zie ook [22]. De mate van betrokkenheid en invloed verschilt per groep. Dit leidt tot de volgende aanpak van communicatie en participatie op vier niveaus (de onderstaande nummering komt overeen met de nummering in Figuur 6.1):

1. Projectbreed. Voor alle geïnteresseerden: informatiebijeenkomsten, nieuwsbrieven, website, media-uitingen. Participatieniveau: informeren.
2. Werkateliers. Uitwerking per deeltraject, zowel ambtelijke vertegenwoordigers als vertegenwoordigers van belangenorganisaties. De werkateliers zijn een klankbord voor het ontwerpproces in nauwe samenhang met techniek. Participatieniveau: informeren, raadplegen, adviseren.
3. Dijkgesprekken. Directe belanghebbenden met gezamenlijke belangen: gesprekken in kleine groepen. Participatieniveau: informeren, raadplegen, adviseren.
4. Keukentafelgesprekken. Directe belanghebbenden met individuele belangen: keukentafelgesprekken individueel. Participatieniveau: informeren, raadplegen, adviseren.



Figuur 6.1 Overzicht betrekken van de omgeving

De werkateliers worden voor drie deelgebieden georganiseerd, om aan te sluiten bij de verschillende belangen en zorgen in het gebied. De zorgen in Grave zijn anders dan in Cuijk en anders dan de mogelijkheden die de reconstructie van de N321 biedt. Daarom is in de verkenningsfase gestart met drie werkateliers met ieder een deelgebied (Cuijk, Grave, en Neerloon, Overlangel, Reek (NOR)). Voor de planuitwerking worden dezelfde drie deelgebieden aangehouden. Daarnaast worden er dijkgesprekken georganiseerd. Globaal wordt voor elke 3-5 dijkvakken een dijktafel georganiseerd, afhankelijk van het aantal aanwonenden in het betreffende gebied.

Een belangrijk uitgangspunt voor de communicatie naar de omgeving is dat voor de hoogte van de dijk de opleverhoogte wordt aangehouden zoals die is wanneer de aannemer de dijk heeft verbeterd (zie Figuur 4.1).

6.3 Conditionering

In het ontwerp wordt rekening gehouden met de aanwezige kenmerken en waarden van het gebied. Het wettelijke kader is voor de meeste onderwerpen leidend bij de wijze waarop hiermee wordt opgegaan:

- Ecologie. Er wordt naar gestreefd om aantasting van de natuurgebieden of beschermde soorten te voorkomen. Indien dit toch noodzakelijk blijkt wordt conform de Omgevingswet (voorheen Wet Natuurbescherming) gezocht naar mitigatie of compensatie. Voor de omliggende N2000-gebieden geldt dat stikstofdepositie veroorzaakt door het project moet voldoen aan wet- en regelgeving.
- Bodem en water. Wanneer potentieel verontreinigde locaties (bodem of grondwater) in het plangebied liggen, is het noodzakelijk om aanvullend bodemonderzoek uit te voeren.
- De dijkverbetering mag geen significante negatieve effecten hebben op de (grond)waterhuishouding. De dijkverbetering mag ook niet leiden tot stijging van maatgevende waterstanden op de rivier. Hiervoor is de vergunningverlening in het kader van de Waterschapsverordening (voorheen keur) en Omgevingswet (voorheen Waterwet) leidend.
- Landschap, cultuurhistorie en archeologie. Bij geplande werkzaamheden in gebieden met een archeologische verwachtingswaarde wordt conform wettelijke richtlijnen nader onderzoek uitgevoerd (KNA-bureauonderzoek archeologie en eventueel verkennend booronderzoek). Om te borgen dat landschappelijke en cultuurhistorische waarden worden behouden, dient de dijkverbetering te voldoen aan het Ruimtelijk Kwaliteitskader. Dit wordt getoetst door de planvoorbereidende commissie van de gemeenten en de plancommissie van de provincie Noord-Brabant.
- Recreatie en beleving. In het ontwerp worden bestaande recreatieve routes en rustpunten zo veel mogelijk behouden.
- Verkeersveiligheid en bereikbaarheid. Gestreefd wordt naar het verbeteren van de verkeersveiligheid en verkeerssituatie na realisatie. Dit is uiteraard afhankelijk van het gemeentelijk beleid voor dit onderwerp en de mogelijkheden die er zijn binnen de gemeenten. Uitgangspunt is ook dat bereikbaarheid van bedrijven en bewoners en voor nooddiensten geborgd blijft tijdens realisatie en daarna. Tijdens uitvoering beperken we verkeershinder zo veel mogelijk.
- Niet gesprongen explosieven/ontplofbare oorlogsresten. Indien (grond)werkzaamheden plaatsvinden op verdachte locaties wordt (wettelijk verplicht) vervolgonderzoek uitgevoerd.

6.3.1 Kabels en leidingen

Voor het verleggen van kabels en leidingen (K&L) is de volgende wet- en regelgeving van toepassing [15]:

- de Minister van Infrastructuur en Milieu; regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017;
- Wet Informatie-uitwisseling Bovengrondse en Ondergrondse Netwerken (WIBON);
- Telecommunicatiewet;
- NKL1999;
- Keur WSAM Partiele herziening 2018.

Voor de diverse raakvlakken tussen K&L en de dijkversterking hanteert het waterschap de volgende algemene uitgangspunten op basis van geldende wet- en regelgeving, de contractuitgangspunten, normen, aanvullende eisen en overige informatie:

1. Vanuit risicobeperking, en verwoord in haar beleidsregels, heeft het waterschap een sterke voorkeur om kabels en leidingen buiten het dijkprofiel te lokaliseren. De verdere detailuitwerking van het voorkeurstracé en eventuele lokale inpassing in het dijkontwerp dient te voldoen aan de regels van de keur en wordt in nauwe samenwerking met het waterschap opgepakt. Daarbij moet worden aangetoond dat het waterkerende vermogen op adequate wijze beschermd blijft.
2. De gekozen maatregelen worden genomen op basis van maatschappelijk laagste kosten en (indien onderscheidend) langjarige beheer- en onderhoudskosten).

3. Daar waar te verleggen K&L niet buiten de veiligheidszone kunnen vallen, hanteren we als voorkeurstracé eerst de parallelligging naast de teen binnentalud en daarna de berm van de binnenkruinlijn. Van het voorkeurstracé mag worden afgeweken als dit tot een betere oplossing leidt op basis van een zorgvuldige afweging (bijvoorbeeld aanleg in de pipingberm), mits voldaan wordt aan de eisen rondom waterveiligheid en vanuit kabels en leidingen.
4. Synergievoordelen benutten door K&L gecombineerd te verleggen in het vastgestelde voorkeurstracé. Van het voorkeurstracé mag worden afgeweken als dit tot een betere oplossing leidt op basis van een zorgvuldige afweging (bijvoorbeeld aanleg in de pipingberm), mits voldaan wordt aan de eisen rondom waterveiligheid en kabels en leidingen.

In de memo “Uitgangspunten omgang K&L bij dijkversterkingen” [15] wordt verder ingegaan op specifieke situaties, zoals kruisende of parallelle kabels en leidingen.

Kabels en leidingen: Bij het ontwerp wordt onderzocht in hoeverre kabels en leidingen verlegd of aangepast moeten worden. Dit gebeurt in samenwerking met netbeheerders conform “Handreiking Kabels Leidingen in waterkeringen” [29] en “Wegwijzer bij dijkprojecten met kabels/leidingen” [30].

6.4 Bestuurlijk-juridische procedures en vergunningen

In de planuitwerking werken we toe naar een projectbesluit onder de Omgevingswet. De Omgevingswet is vanaf 1 januari 2024 van kracht. Het projectbesluit wordt vastgesteld door het dagelijks bestuur van waterschap Aa en Maas, waarna het projectbesluit wordt goedgekeurd door Gedeputeerde Staten van de provincie Noord-Brabant. Als onderbouwing voor het projectbesluit worden de volgende producten gemaakt:

- Ontwerp op vergunningenniveau (VO+), hierin worden de maximale effecten zoals het maximale ruimtebeslag en de aanleghoogte vastgelegd. In het projectbesluit wordt aangegeven waar nog flexibiliteit in dat ontwerp zit.
- ProjectMER: ter ondersteuning van het voorkeursalternatief is al een planMER (MER deel 1) opgesteld. Er wordt een nieuwe MER (projectMER) geschreven waarbij informatie uit het planMER wordt gebruikt, maar ook uit andere documenten uit de Verkennings- en Planuitwerkingsfase.

Voor de uitvoering van de werkzaamheden zijn verschillende vergunningen noodzakelijk. In de verkenningsfase is een vergunningenoverzicht gemaakt. Deze is in 2024 aangescherpt(zie Bijlage D). Allereerst wordt dus in beeld gebracht welke vergunningen nodig zijn, vervolgens worden ze opgesteld en door een gecoördineerde procedure gelijktijdig met het (ontwerp)projectbesluit ter inzage gelegd.

Meer informatie over welke vergunningen en besluiten nodig zijn per meekoppelkans staat beschreven in WSD.1.1-029_Procedurestrategie_D1.0.pdf.

Een van de eerste stappen om de participatie binnen de omgevingswet goed tot zijn recht te laten komen is het opstellen van een kennisgeving participatie. Deze maakt onderdeel uit van de planuitwerkingsfase.

Voor natuurbescherming is het uitgangspunt dat er geen significante aantasting van beschermde habitattypes mag plaatsvinden. Uit een eerste indicatieve AERIUS-berekening op basis van het voorkeursalternatief blijkt dat sprake is van depositie [20] en dus van een vergunningsplicht.

6.5 Beoordelingskader MER

In de effectbeoordeling wordt het beoordelingkader MER toegepast. Deze is weergegeven in onderstaande tabel.

THEMA	TE BEOORDELEN ASPECTEN	WIJZE VAN BEOORDELEN
Bodemkwaliteit	• Effecten op aanwezige bodemverontreinigingen • Benodigd grondverzet	Kwalitatief op basis van deskundigenoordeel en kwantitatief op basis van bodemonderzoeken
Waterhuishouding	• Effecten op het binnendijks watersysteem • Effecten op de grondwaterstanden • Effecten op de waterkwaliteit	Kwalitatief op basis van deskundigenoordeel en kwantitatief, op basis van grond- en oppervlaktewateronderzoek
Rivierkunde	• Effecten op de hoogwaterveiligheid • Effecten op de morfologie • Effecten op de scheepvaart (stroombeeld in vaarweg)	Kwantitatief, op basis van rivierkundige berekeningen
Natuur/biodiversiteit	• Effecten op Natura2000-gebieden en -soorten tijdens aanleg- en gebruiksfase • Effecten op Natuur Netwerk Brabant-gebieden en Groen Blauwe Waarden (en eventuele overige natuur) • Effecten op overige beschermde flora en fauna tijdens aanleg- en gebruiksfase	Waar mogelijk kwantitatief, op basis van: • Rapportage stikstofdepositie • Ecologische effectrapportage
Ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie, landschap en beleefbaarheid	• Effecten op monumentale gebouwen • Effecten op monumentale en beeldbepalende bomen • Effecten op overige cultuurhistorische elementen en structuren • Effecten op landschappelijke en aardkundige waarden • Effecten op archeologische (verwachtings)waarden	Kwalitatief deskundigenoordeel op basis van Ruimtelijk Kwaliteitskader[5] (inclusief belevings-waarde, gebruikswaarde, toekomstwaarde en herkomstwaarde) Kwalitatief, op basis van archeologisch bureau-/veldonderzoek
Leefomgeving	• Licht- en geluidshinder • Luchtkwaliteit • Trillinghinder • Externe veiligheid • Gezondheid	Kwalitatief deskundigenoordeel van de gebruiksfase. Gezondheid kwalitatief; tijdens de realisatie van de dijk zijn er effecten, daarna zijn er geen wijzigingen t.o.v. huidige situatie (stikstof, luchtkwaliteit en geluid wel kwantitatief). Indien omvangrijke effecten (gerelateerd aan normen) worden verwacht ook kwantitatief onderzoek, zoals bij geluidshinder en luchtkwaliteit (stikstof).
Woon- en werkklimaat en verkeersveiligheid	• Effecten op het woongenot • Effecten op bedrijfsfuncties (landbouw, bedrijfsterreinen) • Effecten op de verkeersveiligheid • Effecten op de verkeersafwikkeling • Effecten op de bereikbaarheid van functies	Kwalitatief deskundigenoordeel
Vrijetijdseconomie (recreatie)	• Effecten op recreatieve functies	Kwalitatief deskundigenoordeel

	• Effecten op de toeristische aantrekkingskracht van het gebied	
Duurzaamheid	• Energieverbruik (CO2) • Materialenverbruik • Circulariteit	Deskundigenoordeel en berekeningen met Dubocalc en invullen Circulaire Peiler
Hinder tijdens aanleg	• Tijdelijke effecten op de bereikbaarheid van functies • Tijdelijke effecten op vervoersbewegingen • Tijdelijke effecten op geluids-, stof- en trillingshinder	Kwalitatief deskundigenoordeel en kwantitatief waar mogelijk (planuitwerkingsfase aannemer nog niet aan boord, dus er moeten aannames (worst case) genomen worden)

6.6 Klanteisen en systeemeisen

Klanteisen zijn eisen van interne en externe stakeholders. In het project worden deze vastgelegd volgens de methodiek HEEL en Systems Engineering. Klanteisen worden opgenomen in de systeemeisenspecificatie en die wordt vastgesteld bij elke ontwerpfase en meegenomen in het ontwerpproces. Bij de start van de drie ontwerpfases (RVO, VO en VO+) worden de systeemeisen bevroren.

De verkenningsfase heeft geresulteerd in een overzicht van de klanteisen, dit is opgenomen als bijlage bij de Nota VKA. In dit overzicht staan (on)voorwaardelijk gehonoreerde en afgewezen klanteisen. Ook gedurende de planuitwerking worden nog klanteisen opgehaald, bijvoorbeeld tijdens ontwerpsessies en dijkgesprekken. Deze worden toegevoegd aan het overzicht van klanteisen en uiteraard ook vastgelegd volgens de HEEL-methodiek.

VO-fase

Bijlage B bevat alle klanteisen en systeemeisen die zijn ‘bevroren’ voor de baseline ten behoeve van het ontwerpproces in de VO-fase, met als peildatum 22 maart 2024.

7. Uitgangspunten techniek

7.1 Kader uitgangspunten dijkversterking

Het waterschap heeft een bestuurlijk vastgesteld kader uitgangspunten dijken met daarin voor het ontwerpproces relevante uitgangspunten. Dit kader wordt periodiek geactualiseerd, de vigerende versie is van medio 2023. In het kader zijn de onderstaande algemene uitgangspunten opgenomen voor techniek en beheer. Een aantal van deze algemene uitgangspunten is al projectspecifiek ingevuld, zoals de ontwerplevensduur en het overslagdebiet (zie ook de TUN in Bijlage C):

- Waterstanden: de waterstanden op de as van de rivier volgens de meest recent (door het dagelijks bestuur op 30 juni 2020) vastgestelde Hydraulische Ontwerpbelasting met onderliggend klimaatscenario W+, dienen als basis voor het bepalen van het Hydraulisch Belastingsniveau voor de waterkering zelf.
- Instrumentarium en innovatie: de vigerende versie van het landelijk aanbevolen Ontwerpinstrumentarium is het vertrekpunt voor het dijkontwerp. Deze wordt op termijn vervangen door het Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium (BOI).
- Ontwerpbenadering: het streven is een balans tussen adaptiviteit en toekomstbestendigheid, uitgewerkt in:
  a. Integraal versterken.
  b. Ontwerplevensduur (vijftig jaar voor grondlichaam en honderd jaar voor moeilijk uitbreidbare (grond)constructies. Mits economisch verantwoord bestaat de mogelijkheid de hoogte van de waterkering adaptief te realiseren met een eerste fase voor vijfentwintig of vijftig jaar).
  c. Overslagdebiet projectgewijs afstemmen op gebruik binnendijks, waarvan in specifieke situaties op niveau van dijkvak is af te wijken.
  d. Versterking in grond heeft de voorkeur.
  e. Binnenwaarts versterken als het kan, buitenwaarts als het moet.
  f. Demontabele, flexibele of doorzichtige constructies om de vereiste waterkerende hoogte te realiseren alleen bij zwaarwegend maatschappelijk belang.
- Beheer: voor beheer zijn op hoofdlijnen uitgangspunten geformuleerd, deze zijn nader praktisch uitgewerkt zoals in de Basisspecificatie Dijken (BSD):
  a. Bereikbaarheid: voor inspectiedoeleinden, onderhoud met regulier materieel en ook voor hoogwater- of herstelwerkzaamheden moet de waterkering bereikbaar zijn.
  b. Dijkgraslandbeheer.
  c. Faunabeheer: graverij in de dijk door onder meer bevers en dassen is in toenemende mate een beheerprobleem. Het is enerzijds van belang aantrekkelijke plaatsen te hebben of te creëren op afstand van de dijk en anderzijds is het nodig om graverij in de dijk te ontmoedigen en zicht onderlangs de dijk te hebben voor inspectie.
  d. Kunstwerkenbeheer.
  e. Beperken niet-waterkerende objecten.
  f. Kabels en leidingen: uitwerking op projectniveau dient plaatst te vinden conform de “Handreiking Kabels Leidingen in waterkeringen” (HWBP 2013) en de “Wegwijzer bij dijkprojecten met kabels/leidingen” (2020, POV K&L).
  g. Informatiemanagement: waterschap Aa en Maas wil dat informatiemanagement expliciet wordt geborgd binnen de HWBP-projecten.

Ruimtelijke kwaliteit en duurzaamheid zijn belangrijke aspecten van een dijkversterkingsproject waarvoor het waterschap mede verantwoordelijkheid draagt. De geformuleerde uitgangspunten voor ruimtelijke kwaliteit (zie paragraaf 5.5) en duurzaamheid (zie paragraaf 7.5) zijn een uitwerking van dit kader.

7.2 Basisspecificatie dijken

De basisspecificatie dijken van het waterschap bestaat uit een serie klanteisen vanuit de interne stakeholders binnen het waterschap. Deze basisspecificatie dijken is projectspecifiek gemaakt en gedeeltelijk opgenomen als systeemeis. De onderdelen die voor dit project en de huidige fase gelden zijn te vinden in de baseline van de systeemeisenspecificatie (Bijlage B).

Uitgangspunt VO-fase

Voor de VO-fase worden de gehonoreerde klanteisen uit de basisspecificatie meegenomen. Dit is dus de systeemeisenspecificatie zoals beschreven in Bijlage B.

7.3 Technische uitgangspunten

Bijlage C beschrijft de technische uitgangspunten in detail. Onzekerheden of aannames in technische uitgangspunten met potentieel significante effecten op het maximaal ruimtebeslag zijn bijvoorbeeld:

- Herziening van het model voor bepaling van de Hydraulische Ontwerp Belasting (HOB). De verwachting is dat er op termijn een nieuwe versie van het model beschikbaar komt. Uit de berekeningen met dit model volgen de waterstanden en benodigde kruinhoogte voor de hoogwatersituatie. De hydraulische ontwerpbelasting zou daarmee kunnen wijzigen. Voor de VO-fase wordt uitgegaan van de waterstanden volgens de door het dagelijks bestuur op 30 juni 2020 vastgestelde Hydraulische Ontwerpbelasting (HOB2020).
- Uitwerking van de conditionerende onderzoeken, zoals voor trillingen. Het is van belang om voor de verschillende oplossingen het ruimtebeslag scherp te krijgen, maar ook rekening te houden met de benodigde ruimte tijdens uitvoering van de maatregelen.

Tijdens de RVO-fase is een innovatiescan opgesteld [19]. Het doel van de innovatiescan is het borgen dat innovaties en de laatste kennisontwikkeling afgewogen meegenomen worden in het ontwerpproces. In deze scan is een nadere keuze, aan de hand van een trade-off matrix (TOM) opgenomen voor kansrijke innovaties en rekentechnieken per relevant faalmechanisme ten behoeve van het uitwerken van het ontwerp in de VO-fase.

Voor de maatwerklocaties met betrekking tot macrostabiliteit en piping wordt een verticale oplossing vastgelegd in de ontwerptekeningen (visualisaties) als onderbouwing voor het projectbesluit en de communicatie met de omgeving. De verdere invulling van de verticale oplossing wordt in deze fase nog open gelaten. Voor het aantonen van de maakbaarheid en haalbaarheid van het ontwerp is uitgegaan van het advies op basis van de innovatiescan:

- Voor macrostabiliteit gaat het om een verankerde soilmix-wand in de directe nabijheid van bebouwing (0 tot 10 m) en op enige afstand van de bebouwing (meer dan 10 m) van een verankerde stalen damwand, drukkend aangebracht.
- Voor piping gaat het om een grofzandbarrière (GZB) in de nabijheid en op enige afstand van de bebouwing.

7.4 Verkeer

Als algemeen uitgangspunt voor de verkeersinrichting geldt dat de huidige situatie wordt gehandhaafd en/of teruggebracht na uitvoering van de dijkverbetering. Als er aanpassingen worden gedaan vanuit een meekoppelkans geldt dat er voor verkeer uitgegaan wordt van het beleid ‘Duurzaam veilig’ en de CROW richtlijnen.

Verder gelden er een aantal locatiespecifieke uitgangspunten:

- Bij Grave worden de huidige snelheden en grenzen van bebouwde kom gehandhaafd. De gemeente wil een autoluw Grave, dit is bepaald in het mobiliteitsplan.
- Voor de Koninginnedijk wordt de tuimeldijk uitgewerkt in het VO. Specifieke weginrichtingskeuzes worden in samenspraak met de gemeente gemaakt.
- Voor de N321 wordt in het VO uitgegaan van de verkeersveiligheidsfilosofie 'duurzaam veilig' met bredere bermen en een rotonde bij de Estersveldlaan. Een snelheid van 80 km/uur (is de huidige snelheid) buiten de bebouwde kom is uitgangspunt en er wordt aangesloten bij het ontwerp van de provincie voor het aangrenzende deel van de N321. De provincie vraagt om een minimaal met de afmetingen (9,5 m): 1 meter berm, 7,5 meter rijbaan en 1 meter berm (najaar 2024).
- Het kruispunt De Steeg en de Oude Maasdijk wordt zo ingericht dat de dijk als herkenbaar element in het landschap aanwezig is (de slinger verdwijnt).
- De Hooge Voort wordt verbreed voor verkeer richting Linden (campers).
- Het fietspad aan de binnenzijde van de N321 wordt verbreed op verzoek van de gemeente. Het fietspad aan de buitenzijde komt terug indien het alternatieve tracé van de meekoppelkans niet wordt gekozen door de bestuurders van de gemeente.

Voor het bepalen van het maximale ruimtebeslag in de VO-fase is het belangrijk om voor het thema verkeer te bepalen welke aanpassingen aan de verkeersinrichting gedaan worden (bijvoorbeeld rotonde Estersveldlaan) en of er vrijliggende fietspaden komen en zo ja waar die komen (voor de Koninginnedijk en in het kader van een doorgaande fietsroute).

7.5 Duurzaamheid

Met behulp van de Aanpak Duurzaam GWW wordt invulling gegeven aan duurzaamheid in dit project. Daarnaast is het thema duurzaamheid opgenomen in het afwegingskader voor het ontwerpproces om tot een integraal ontwerp te komen. De ambities en doelstellingen voor duurzaamheid voor het project zijn uitgewerkt in de Notitie Duurzaamheid [17].

Voor het thema duurzaamheid binnen het project gelden er drie uitgangspunten:

- de bestuurlijke ambitie van het waterschap;
- uitwerking bestuurlijk ambitie naar projectspecifieke doelstellingen;
- het toepassen van vrijkomende grond bij het project Meanderende Maas;
- ambitie van het hoogwater beschermingsprogramma .

Deze worden hieronder verder toegelicht.

7.5.1 Bestuurlijke duurzaamheidsambitie

Het beleid van het waterschap, de Unie van Waterschappen en het landelijk hoogwater beschermingsprogramma maakt dat duurzaamheid een onderwerp is voor het project. De ambitie van het bestuur van het waterschap is beschreven in Figuur 7.1.

De bestuurlijk vastgestelde duurzaamheidsambitie is op het moment van schrijven:

	Energieneutraal	Klimaatneutraal	Circulair
Aa en Maas	**2030: 100% duurzame opwekking eigen energie** (zon, wind, water, gas)	**2030: 49%* minder uitstoot broeikasgas** (CO_2, lachgas, methaan)	**2030: 50% minder primaire grondstoffen** (fossiel, mineraal, metaal)**
		2050: 100%* klimaatneutraal** (geen uitstoot, evt. terugwinning of opslag)	**2050: 100% circulair,** kringlopen sluiten

Figuur 7.1. Bestuurlijk vastgestelde ambitie op het schaalniveau van het waterschap Aa en Maas. De ambitie voor vermindering van uitstoot broeikasgas is ten opzichte van referentiejaar 1990.

7.5.2 Uitwerking naar projectspecifieke doelstellingen

Het duurzaamheidsbeleid is in een aantal duurzaamheidsessies uitgewerkt tot projectspecifieke doelstellingen voor duurzaamheid. Aan de hand van ambitiewebben voor de deelgebieden: 'gronddijk', '(langs)constructies' en 'kunstwerken' zijn in totaal tien doelstellingen geformuleerd:

Materiaal:

1. 30 - 50% primair grondstof verbruik.
2. 60 - 80% van vrijkomende materialen wordt hergebruikt.
3. 80 tot 100% van materialen die worden aangebracht zijn herbruikbaar.
4. Een ontwerp met een '25'% lagere MKI-score ten opzichte van het VKA.

Energie:

5. 60 tot 90% minder CO_2-emissie gedurende de realisatie.

Ecologie, biodiversiteit en stikstof:

6. 0 tot 35% NOx-depositie gedurende de realisatie.
7. Ontwerp moet bijdragen aan handhaving van en waar mogelijk een verbetering zijn van de biodiversiteit ten opzichte van huidige situatie.

Overige thema's:

8. 90% van de bewoners moet tevreden zijn met de uitvoering van het werk.
9. Bestaande bodemsysteem wordt behouden of versterkt.
10. Bestaande ruimtelijke kwaliteit wordt behouden of versterkt.

Voor doelstelling 4 (25% lagere MKI-score ten opzichte van het VKA) is de referentiewaarde voor het VKA bepaald. De MKI-waarde voor het VKA is 6,3M€ [18].

7.5.3 Gebiedseigen grond: Meanderende Maas

Uitgangspunt is dat vrijkomende grond bij het project Meanderende Maas wordt toegepast in het project dijkverbetering Cuijk-Ravestein. Op basis van DO 4.0 van het project Meanderende Maas zijn de volgende vrijkomende dijkenkleistromen te verwachten (tot maximaal WB kl A):

Tabel 7.1. Vrijkomende grond bij Meanderende Maas

Milieuclassificering	ER 1	ER 2	ER 3
WB AW, LB AW	64.000	25.000	362.000
WB AW, LB Ind	7.000	52.000	68.000
WB A, LB Ind	118.000	52.000	45.000
Totaal	189.000	127.000	475.000

Op dit moment wordt gewerkt aan de grondbalans op basis van DO+.

Op basis van de benodigde en vrijkomende grondstromen is de volgende match mogelijk:

Tabel 7.2 Verwachte levering grond aan CuRa

Milieuclassificering	ER 1 (*1)	ER 2	ER 3
WB AW, LB AW			225.000
WB AW, LB Ind		5.000	
WB A, LB Ind	118.000	52.000	
Totaal	175.000		225.000

(*1): Erosieklasse 1 mag op basis van RAW worden ingezet als Erosieklasse 2

7.5.4 Ambitie hoogwater beschermingsprogramma

Alle alliantiepartners van het hoogwater beschermingsprogramma hebben zich met afspraken in diverse akkoorden, zoals het Klimaatakkoord, het Nationaal Grondstoffenakkoord en de Green Deal Duurzaam GWW 2.0 gecommitteerd aan ambities op het gebied van energie, klimaat en circulariteit. Uit deze afspraken volgt dat dijkversterkingen in 2030 zo veel mogelijk circulair en klimaatneutraal moeten zijn.
De rijksoverheid heeft als doel vóór 2050 een circulaire economie te realiseren met als rijkstussendoelstelling 50% minder gebruik van primaire grondstoffen in 2030. Om de transitie van een lineaire naar een circulaire economie mogelijk te maken, is het noodzakelijk om circulariteit te verankeren in de bestaande werkprocessen van HWBP-projecten.
Het HWBP streeft er naar om in 2023 duurzaamheid en ruimtelijke kwaliteit geborgd te hebben in de aanpak van de projecten. De ondersteunende tools die door het HWBP zijn uitgewerkt zijn onder andere de duurzaamheidsroos en de roadmap (met bouwstenen).

Referenties

[1] Plan van aanpak beschikkingsaanvraag planuitwerking versie 0.5, Waterschap Aa en Maas, 27 juli 2023.
[2] Integrale Uitgangspuntennotitie V4, verkenning Cuijk – Ravenstein, WAB013032-D-014-v4 IUN. WSP Nederland B.V., januari 2021.
[3] Ruimtelijk kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein - verkenningsfase, H+N+S landschapsarchitecten, 21 september 2020.
[4] Inventarisatie verkeer – verkenningsfase, Lievense Milieu B.V., 21 december 2020.
[5] Verkenning Cuijk – Ravenstein, kabels en leiding-V5, WAB013032-D-013. WSP Nederland B.V, juni 2022.
[6] Belevingswaardenonderzoek dijkversterking Cuijk-Ravenstein, P201855.007/TST, Pouderoyen Tonnaer, 2020.
[7] Structuurvisie Cuijk 2030, Croonenburo5, 2017.
[8] Quickscan ecologie, verkenning dijkversterking Cuijk-Ravenstein, WAB013032-D018, Lievense Milieu B.V., 9 december 2020.
[9] Nadere veldinspectie, in kaart brengen aanvullend ecologisch onderzoek dijkversterking Cuijk-Ravenstein, WAB013032-D-034, versie 2, WSP Nederland B.V., 8 april 2021.
[10] Technische uitgangspunten RVO fase, planuitwerking Cuijk – Ravenstein, NL23-648800269-67332, Sweco, 15 december 2023.
[11] Plan van aanpak – Ontwerprapport kunstwerken, NL23-648800269-65104, Sweco, 23 november 2023.
[12] Quickscan kabels en leidingen, Planuitwerkingsfase Cuijk-Ravenstein, versie 0.2, Sweco, 28 september 2023.
[13] Nota Voorkeursalternatief dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, WAB013032-D-087-Nota Voorkeursalternatief, WSP Nederland B.V., 18 november 2022.
[14] Samenwerkovereenkomst Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, Waterschap Aa en Maas, 22 december 2022.
[15] Uitgangspunten omgang K&L bij dijkversterkingen, memo raakvlakken kabels & leidingen en DO voor dijkverbetering Meanderende Maas, Waterschap Aa en Maas, datum onbekend.
[16] Ambitiedocument 2021-2029 (https://ambitiedocument.zuiderwaterlinie.nl/), Alliantie Zuiderwaterlinie, 2021.
[17] Duurzaamheid: ambities en doelstellingen voor dijkverbeteringstraject Cuijk Ravenstein, versie D1.1, NL23-648800269-67644, Sweco (aangevuld waterschap Aa en Maas), 21 februari 2024.
[18] Memo MKI Voorkeursalternatief, waterschap Aa en Maas, 12 maart 2024.
[19] Rapportage innovatiescan PU-fase, NL24-648800269-80113, Sweco, 9 april 2024.
[20] Toelichtende memo behorende bij Aerius-berekening Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, NOX Advies, 4 maart 2024
[21] Projectmanagementplan, planuitwerkingsfase t/m VO, NL23-648800269-66, Sweco, 12 december 2023
[22] Communicatie- en participatieplan planuitwerkingsfase, dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, waterschap Aa en Maas, augustus 2023

Bijlage A. Projectgebied



Bijlage B. Baseline Klanteisen en systeemeisen voor VO fase.

Link naar klanteisen met peildatum 22 maart 2024: Bijlage B Eisen overzicht SES_Baseline bij IUN VO_240322.xlsx

Link naar systeemeisen met peildatum 22 maart 2024: Bijlage B Eisen overzicht SES_Baseline bij IUN VO_240322.xlsx

Voor de baseline van systeem en klanteisen voor de VO2.0 wordt verwezen naar CuRa projectpagina op https://web.relaticsonline.com/ - geraadpleegd op 28 januari 2025.

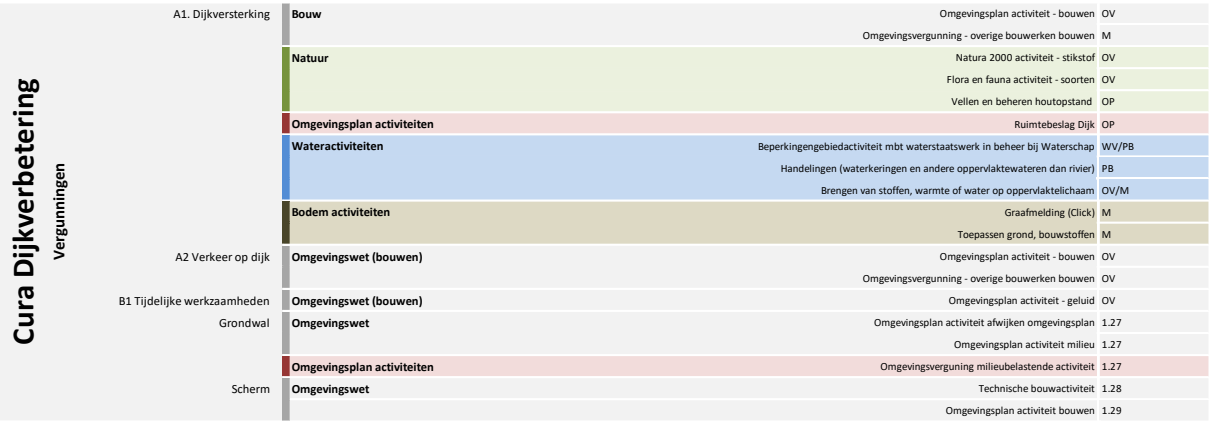
Bijlage C. Technische uitgangspunten notitie VO fase (TUN)

Link naar de technische uitgangspunten nota VO: 05 Rapportage VO

Link naar de technische uitgangspunten nota VO2.0: 06 Rapportage VO2.0

Bijlage D. Overzicht procedures en vergunningen

Onderstaand overzicht is een samenvatting van de benodigde vergunningen en besluiten. Dit is gericht op de dijkverbetering en opgesteld tijdens de planuitwerkingsfase.



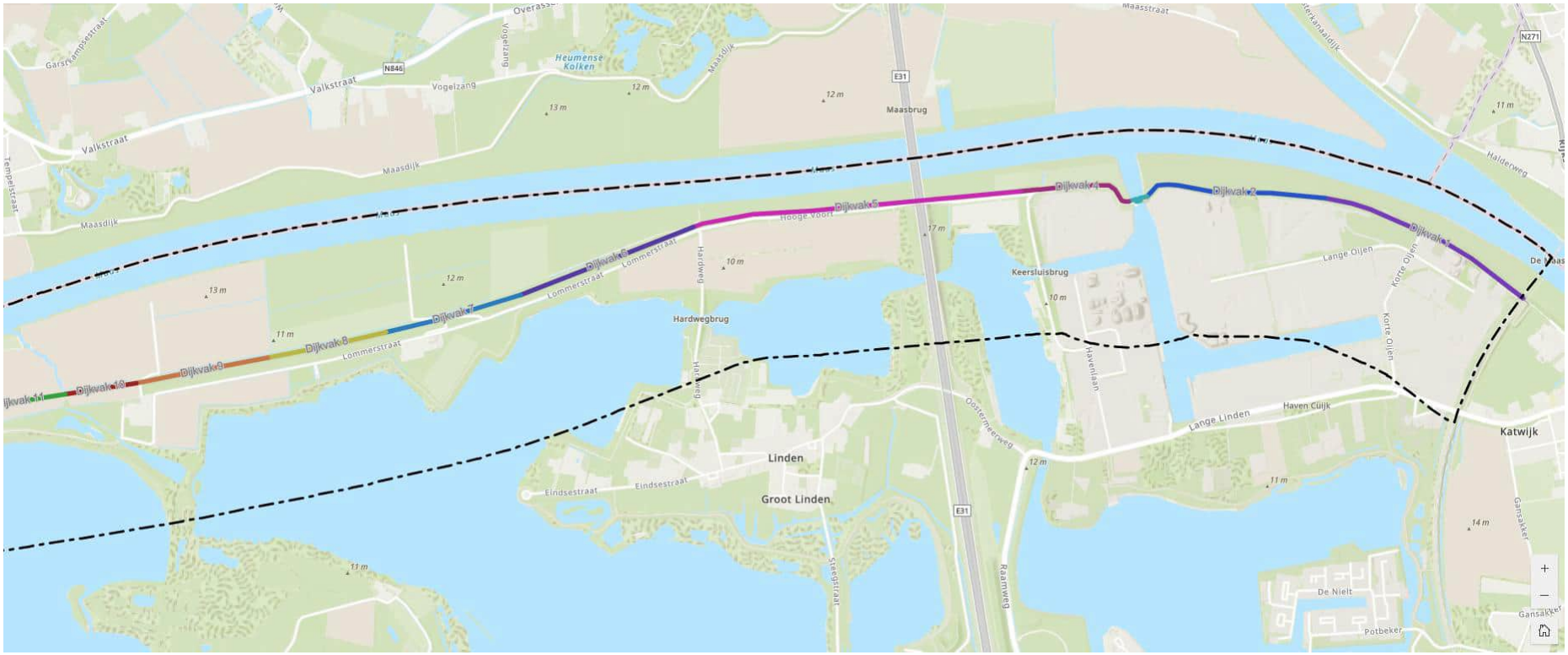
Cura Dijkverbetering – Vergunningen				
	A1. Dijkversterking	**Bouw**	Omgevingsplan activiteit - bouwen	OV
			Omgevingsvergunning - overige bouwwerken bouwen	M
		Natuur	Natura 2000 activiteit - stikstof	OV
			Flora en fauna activiteit - soorten	OV
			Vellen en beheren houtopstand	OP
		Omgevingsplan activiteiten	Ruimtebeslag Dijk	OP
		Wateractiviteiten	Beperkingengebiedactiviteit mbt waterstaatswerk in beheer bij Waterschap	WV/PB
			Handelingen (waterkeringen en andere oppervlaktewateren dan rivier)	PB
			Brengen van stoffen, warmte of water op oppervlaktelichaam	OV/M
		Bodem activiteiten	Graafmelding (Click)	M
			Toepassen grond, bouwstoffen	M
	A2 Verkeer op dijk	**Omgevingswet (bouwen)**	Omgevingsplan activiteit - bouwen	OV
			Omgevingsvergunning - overige bouwwerken bouwen	OV
	B1 Tijdelijke werkzaamheden	**Omgevingswet (bouwen)**	Omgevingsplan activiteit - geluid	OV
	Grondwal	**Omgevingswet**	Omgevingsplan activiteit afwijken omgevingsplan	1.27
			Omgevingsplan activiteit milieu	1.27
		Omgevingsplan activiteiten	Omgevingsverguning milieubelastende activiteit	1.27
	Scherm	**Omgevingswet**	Technische bouwactiviteit	1.28
			Omgevingsplan activiteit bouwen	1.29

**M=Melding; OV=Omgevingsvergunning; OP=Omgevingsplan; PB=Projectbesluit; WV=Omgevingsvergunning wateractiviteit*

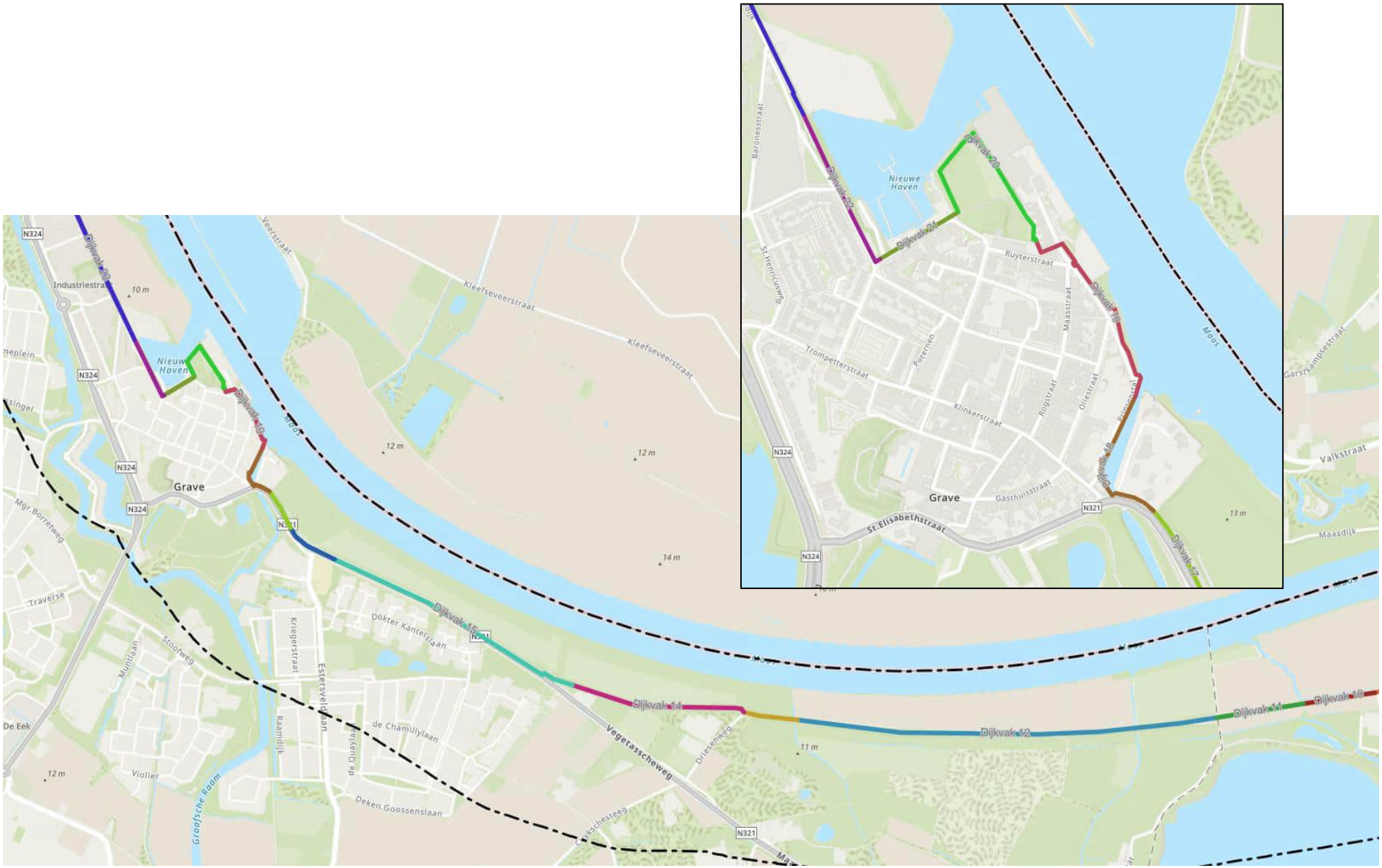
Een compleet overzicht van de benodigde vergunningen en besluiten staat beschreven in WSD.1.1-029_Procedurestrategie_D1.0.pdf

Bijlage E. Kaarten dijkvakindeling

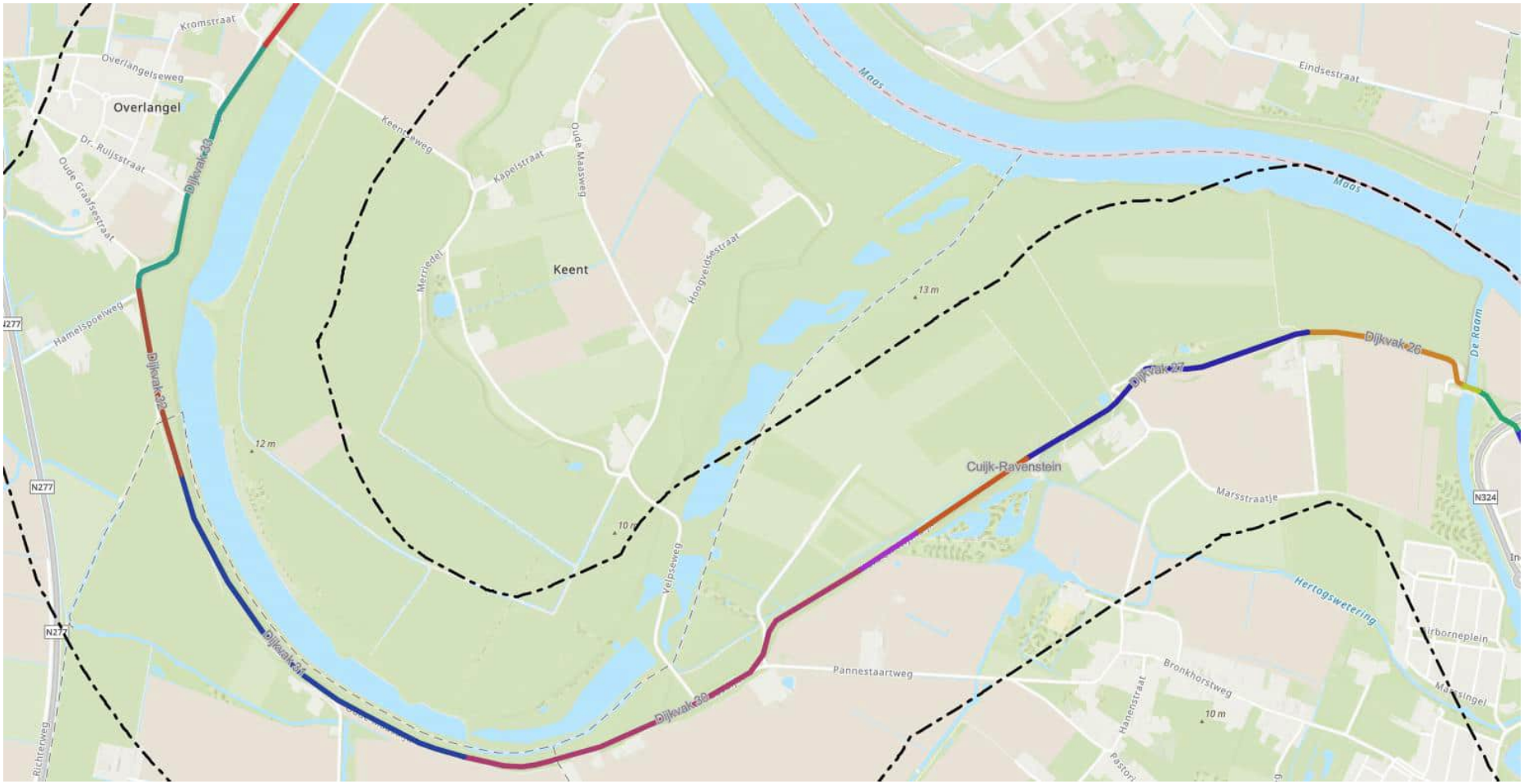
De dijkvakindeling is op verschillende kaarten weergeven, beginnend aan de oostkant van het projectgebied en eindigend aan de westkant.



Dijkvakindeling VO-fase oost



Dijkvakindeling VO-fase midden



Dijkvakindeling VO-fase west 1



Dijkvakindeling VO-fase west 2

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Nota TUN

TUN VO-fase

Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein
WBS: WSB.5.3
Datum: 16-04-2025
Versienummer: D2.0



Inhoud

Inhoud **4**

1. Inleiding **8**
1.1 Projectbeschrijving 8
1.2 IUN 8
1.3 Doel document 8
1.4 Status en raakvlakken 9

2. Algemene project uitgangspunten **10**
2.1 Veiligheidsfilosofie 10
2.1.1 Faalkansbegroting 10
2.1.2 Planperiode en (rest)levensduur 11
2.1.3 Borging ontwerpkeuzes 11
2.2 Software 12

3. Belastingen **13**
3.1 Algemeen 13
3.2 Hydraulische belastingen 13
3.2.1 Status HOB 13
3.2.2 Algemene keuzes 13
3.2.3 Omgang met mogelijke update HOB 13
3.3 Verkeer 14
3.3.1 Afwijkende verkeersbelastingen 15
3.4 Overig 15

4. Geometrische en geotechnische uitgangspunten **16**
4.1 Dijkvakken 16
4.2 Geometrie 17
4.3 Selectie profielen 17
4.4 Ondergrond 17
4.5 Grondparameters 18
4.5.1 Sterkteparameters 18
4.5.2 Zettingsparameters 19
4.5.3 Plaxis 20

5. Hydraulische uitgangspunten **21**
5.1 Polderpeilen 21
5.2 Hydraulische randvoorwaarden 21

6. Zettingen en bodemdaling **22**
6.1 Autonome bodemdaling 22
6.2 Omgaan met zettingen in het ontwerp 22

7. Hoogte (GEKB) 23
7.1 Faalkanseis bij doorsnedeniveau 23
7.2 Zichtjaren 23
7.3 Toelaatbaar overslag 23
7.4 Afleiding hydraulische randvoorwaarden 23
7.5 Hoogtebestand en bodemdaling 24
7.6 Definities van hoogte van de kruin 24
7.7 Ontwerpuitgangspunten en rekenlocaties 24
7.8 Kwaliteit graszode 24
7.9 Kleidikte kruin en binnentalud 25

8. Stabiliteit (STBI & STBU) 26
8.1 Faalkanseis bij doorsnedeniveau 26
8.2 Partiële factoren 26
8.2.1 Schematiseringsfactor 26
8.2.2 Modelfactor 26
8.2.3 Materiaalfactor 26
8.2.4 Schadefactor 27
8.2.5 Overslag 27
8.3 Benodigde stabiliteitsfactor 27
8.4 Optimalisatiemogelijkheden STBU 27
8.5 Waterspanningen 27
8.5.1 Dagelijkse freatische lijn 28
8.5.2 Freatische lijn WBN 28
8.5.3 Golfoverslag 30
8.5.4 Schematisering freatische lijn en stijghoogte STBU 30
8.5.5 Stijghoogte zandlagen WBN 31
8.5.6 Grenspotentiaal 31
8.5.7 Verloop waterspanningen en indringingslengte 31
8.6 Maatgevend glijvlak 31
8.7 Opbarsten 32
8.8 Dimensies versterking 32
8.9 Restbreedtemethode 32

9. Piping (STPH) 34
9.1 Faalkanseis bij doorsnedeniveau 34
9.2 Schematiseringsfactor 34
9.3 Interactie stabiliteit en piping 34
9.4 Parameterbepaling 34
9.4.1 Hydraulische randvoorwaarden 34
9.4.2 Polderpeil 35
9.4.3 Deklaagdikte 35
9.4.4 Dikte en doorlatendheden zandlaag 35
9.4.5 Achterland 36
9.4.6 Korreldiameter 37
9.4.7 Schematisering voorland 38
9.4.8 Verzadigd volumiek gewicht deklaag 39
9.5 Geohydrologisch model 39
9.6 Pipingmaatregelen 39
9.6.1 Filterconstructies 39
9.6.2 Verticale maatregelen 40
9.7 D-Geo flow 42

10. Overige faalmechanismen dijk **43**
10.1 Voorlanden 43
10.2 Bekleding 43
10.3 Microstabiliteit 44

11. Langsconstructies **45**
11.1 Toegepaste grondmodellen en -parameters 45
11.1.1 CSSM ongedraineerd in D-Stability 45
11.1.2 CSSM in Plaxis 45
11.1.3 Stijfheden grondlagen 46
11.1.4 Soortelijk gewicht water 47
11.1.5 Buitenwaterstand 47
11.1.6 Freatische lijn bij WBN 47
11.1.7 Stijghoogteverloop tijdens WBN 48
11.1.8 Kruinhoogte 48
11.1.9 Locatie van constructies 48
11.1.10 Berekening en uitwerking in tekening 48
11.2 Soilmix-wand 49
11.3 Ankers 50
11.4 Restafschuivingen 50
11.4.1 Restprofiel instabiliteit hoogwater 50
11.4.2 Afschuivingen of ontgronding door NWO's 50
11.5 Rekenfasering 51
11.6 Vereiste stabiliteitsfactor 52
11.7 Omgevingsbeïnvloeding 52
11.7.1 Grondvervormingen 52

12. Grave **53**
12.1 Algemeen 53
12.2 Sectie indeling 54
12.3 Hoogteopgave Grave 55
12.4 Werkwijze 55
12.4.1 Te beschouwen secties VO 55
12.4.2 Ontwerpfilosofie 56
12.5 Modellering 57
12.5.1 Fasering 57
12.5.1 Tweeledig gebruik Plaxis-modellen 59
12.5.2 Veiligheidsfilosofie 60
12.5.3 Hydraulische randvoorwaarden 61
12.5.4 Belastingen 61
12.5.5 Bodemschematisatie en parameters 61
12.5.6 Constructieve modellering en uitgangspunten 61
12.6 Constructieve toetsingen 63
12.6.1 Toe te passen norm 63
12.6.2 Materiaaleigenschappen 64

13. Kunstwerken **65**
13.1 Ontwerpinstrumentarium 65
13.2 Beschouwing faalmechanismen kunstwerken 65
13.3 Normatief kader constructieve veiligheid 65
13.4 Bepaling partiële factoren voor de belastingen 65
13.5 Hoogte opgave kunstwerken 67
13.6 Doorsnede-eisen 68

13.7 Trajectaanpak BSKW 68

14. Overgangen en inpassing 70
14.1 Overgang grondoplossingen 70
14.2 Overgang verticale stabiliteitsoplossingen 70
14.3 Overgang piping 70
14.3.1 Kleiinkassing - verticale maatregel 70
14.3.2 GZB - verticale maatregel 71
14.3.3 Verticale maatregel kruin – verticale maatregel teen 72

15. NWO's 73
15.1 Algemeen 73
15.2 Bomen en struiken 73
15.3 Gebouwen 75
15.4 K&L 76
15.4.1 Categorie-indeling leidingen 76
15.4.2 Veiligheidsraamwerk 76
15.4.3 Overige K&L 78
15.5 Overig 79

16. Anti-graverij en andere dierlijke schade 80
16.1 Graverij onder dagelijkse omstandigheden 80
16.1.1 Graverij door bevers 80
16.1.2 Graverij door dassen 81
16.2 Graverij tijdens hoogwater 81
16.3 Uitwerking van preventiemaatregelen 81

17. Referenties 83
17.1 Normen en Richtlijnen 83
17.2 Beleidsdocumenten 84
17.3 Projectdocumenten 84
17.4 Conditionerende onderzoeken 84

Bijlage A. Bodemopbouw-tool 85
Classificatietabel 85
Weergave langs traject Cuijk-Ravenstein 86

Bijlage B. Validatie tools geautomatiseerd rekenen 88
Tool 1: D-Stability berekening opzetten 88
Tool 2: D-Stability uitlezen en aanpassen 89

Bijlage C. Gevoeligheidsberekeningen RVO 91

Bijlage D. Onderbouwing d70 92

1. Inleiding

1.1 Projectbeschrijving

De dijk aan de zuidzijde van de Maas, tussen Cuijk en Ravenstein, is een primaire waterkering met een strenge norm (signaleringswaarde 1:30.000 en ondergrens 1:10.000). Een dijkdoorbraak in dit dijktraject heeft namelijk grote gevolgen. Dijktraject 36-2, zoals weergegeven in Figuur 1.1, voldoet niet op alle delen aan de nieuwe veiligheidsnorm die op 1 januari 2017 is vastgesteld in de Waterwet. Waterschap Aa en Maas werkt een plan uit voor een dijkverbetering, zodat de primaire waterkering in de toekomst voldoet aan de veiligheidsnorm. Deze dijkverbetering is onderdeel van het landelijke Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP).

Het dijktraject is circa 21 km lang en bestaat voor een groot deel uit een gronddijk. Halverwege het traject, in de vestingstad Grave, is een kademuur aanwezig als primaire waterkering. Daarnaast zijn ook diverse constructieve objecten in de dijk aanwezig (kunstwerken) zoals onder andere de Keersluis Cuijk en Gemaal van Sasse. De gronddijk, de kademuur en de kunstwerken zijn gezamenlijk onderdeel van het project dijkverbetering Cuijk-Ravenstein.



Figuur 1.1 Dijktraject Cuijk-Ravenstein

1.2 IUN

De Integrale Uitgangspunten Notitie (IUN) van het project Cuijk – Ravenstein is het hoofddocument waarin de uitgangspunten zijn vastgelegd. De Technische Uitgangspunten Notitie (TUN) is daar een onderdeel van en richt zich specifiek op de technische uitgangspunten.

1.3 Doel document

Het doel van dit document is het bundelen van de technische uitganspunten. Dit rapport gaat verder op de laatste versie van de TUN-VO [45], waarbij aanvullingen en aanscherpingen komen uit de ontwikkelingen binnen het project, ontwikkelingen in landelijke kennis en ontwikkelingen in voorgeschreven normeringen.

Doel is om tijdens de planuitwerking (vanaf de start van het VO) de hier vastgestelde uitgangspunten te verwerken in de Systeem Eisen Specificatie (SES). Doel is om in de SES de hier beschreven uitgangspunten eenduidig op te nemen, waarbij dit document als referentie de onderbouwing toelicht op de desbetreffende eisen. De SES beschrijft de verificatiemethode en zo wordt voor elk ontwerp expliciet gemaakt hoe het ontwerp aan de uitgangspunten voldoet.

1.4 Status en raakvlakken

De basis voor de ontwerpen is het VKA dat verder in het IUN wordt beschreven. Dit rapport beschrijft puur de technische eisen waar een ontwerp aan moet voldoen.

Vanuit stabiliteit in het ontwerpproces wordt per fase vastgehouden aan de uitgangspunten van de TUN die is afgestemd bij aanvang van de fase. Dit zorgt voor een stabiele scope/planning per fase. Indien er gedurende een fase nieuwe inzichten zijn, worden deze genoteerd en wordt een gevoeligheidsberekening uitgevoerd om de impact inzichtelijk te maken. Zo kan bij een faseovergang een passend advies worden gegeven om dit te verwerken. Ook wordt dan gekeken hoe het nieuwe inzicht wordt verwerkt.

2. Algemene project uitgangspunten

Voor de planuitwerkingsfase van het project wordt uitgegaan van de meest recente leidraden ten aanzien van de waterveiligheid. Voorafgaand aan een (sub)fase wordt deze TUN bijgewerkt waarna voor de rest van deze (sub)fase de TUN wordt bevroren om zodoende de scope helder te houden.

De verkenning is uitgevoerd aan de hand van het OI2014v4 [2]. Inmiddels wordt gewerkt aan een overgang naar een nieuwe versie het BOI [3] (groene versies), waar echter de achtergrondrapporten (toepassingen) nog ontbreken. In de planuitwerking wordt waar mogelijk uitgegaan van het BOI, om zodoende zo goed mogelijk te kunnen aansluiten op de ontwikkelingen. Voor de voortgang wordt, indien nodig, teruggevallen op het OI.

Aanvullend worden de eisen volgend uit de Kader Uitgangspunten Dijkversterking [38] en Basis Specificatie Dijken (BSD) [39] als basis voor de versterking toegepast. Dit document is dan ook een vertaling van de eisen/wensen, waarbij alleen de conclusies worden gegeven in combinatie met een verwijzing.

2.1 Veiligheidsfilosofie

Het dijktraject 36-2 wordt ontworpen aan de ondergrenswaarde van 1/10.000 per jaar welke volgt uit de wettelijke eis [3]. De verbetering betreft ter hoogte van Ravenstein nog circa 50 m van het dijktraject 36-3. De normering in 36-3 is gelijk aan die van 36-2. De lengte van 36-3 is 26,6 km en daarmee iets langer, het effect op de ontwerpeisen per faalmechanisme is klein. Omdat er bij CuRa gekozen is voor een robuuste schematiseringsfactor is het verschil voldoende afgedekt en verwaarloosbaar. Gezien het beperkte en verwaarloosbare effect wordt dit traject ook uitgewerkt als onderdeel van het traject 36-2 en gelden de hier beschreven uitgangspunten én normering van dijktraject 36-2.

Tabel 2-1 overzicht normeringen en trajectlengte

Traject 36-2	Waarde	Eenheid
Signaleringswaarde	1/30.000	Kans [1/jaar]
Ondergrenswaarde	1/10.000	Kans [1/jaar]
Trajectlengte	21,0	Afstand [km]

2.1.1 Faalkansbegroting

In het BOI is afgestapt van de ‘standaard’ faalkansbegroting zoals deze in het OI2014v4 is gegeven. In de nieuwe leidraad wordt ‘het systeemgedrag centraal gesteld’. De achtergrond is dat hierbij de focus kan worden gericht op de faalmechanismen/faalpaden die echt relevant zijn.

Het verschuiven van de faalkansbegroting zoals het BOI voorstelt heeft (mogelijk) impact op elk van de faalmechanismen. Voor de VO-fase is (bij ontbreken van nadere invulling) gekozen om de faalkansbegroting conform OI2014v4 aan te houden. Een andere reden om niet over te stappen op een aangepaste faalkansruimte is dat verdelen van de faalkansruimte ook effect heeft op de opgave en projectscope. Aanvullend is beschouwd waar aanscherping mogelijk is. Uit deze analyse volgde dat dit niet tot significante aanscherpingen leidt, tenzij de verdeling dusdanig wordt aangepast dat het netto effect van de verschuiving negatief is. In de uitwerking wordt de aanvliegroute van het BOI in principe waar mogelijk gehanteerd om voor te sorteren op een overstap naar deze richtlijn.

De faalkansbegroting conform het OI2014v4 is gegeven in Figuur 2-1. Het *veiligheidsraamwerk* vanuit de POV Kabels en Leidingen [17] heeft een verdere opdeling voor het faalkansbudget ‘overige’. In hoofdstuk 15, waarin de omgang met NWO’s wordt toegelicht wordt dit verder uitgewerkt.

Type waterkering	Faalmechanisme	Type traject	
		Zandige kust	Overig (dijken)
Dijk	Overloop en golfoverslag[a]	0,0	0,24
	Opbarsten en piping	0,0	0,24
	Macrostabiliteit binnenwaarts	0,0	0,04
	Beschadiging bekleding en erosie	0,0	0,10
Kunstwerk	Niet sluiten	0,0[b]	0,04
	Piping	0,0[b]	0,02
	Constructief falen	0,0[b]	0,02
Duin	Duinafslag	0,70	0,0 / 0,10[c]
Overig		0,30	0,30 / 0,20[c]
Totaal		**1,0**	**1,0**

a *Overloop en golfoverslag bij kunstwerken is samengevoegd met overloop en golfoverslag bij dijken vanwege de zeer sterke ruimtelijke correlaties tussen deze faalmechanismen bij kunstwerken en dijkvakken met dezelfde oriëntatie.*

b *Veel trajecten langs de zandige kust bevatten geen kunstwerken of dijken. Als dit wel het geval is, dan moet hoe dan ook van de hier gepresenteerde faalkansbegroting worden afgeweken.*

c *Voor dijktrajecten die voor een gedeelte uit duinen bestaan, zal duinafslag vaak een relatief kleine faalkansbijdrage leveren. Daarom is voor dergelijke gevallen 10% van de post 'overig' toegewezen aan duinafslag. Dit voorkomt dat voor dergelijke situaties een specifiek voorstel voor de faalkansbegroting moest worden opgesteld.*

Figuur 2-1 Faalkansruimte verdeling per faalmechanisme, OI2014v4 [2].

2.1.2 Planperiode en (rest)levensduur

Het waterschap hanteert zoals beschreven in het *Kader uitgangspunten dijkversterking* [38] een vaste ontwerphorizon op 2075 voor gronddijken en op 2125 voor nieuwe constructies. Voor nieuwe constructies kan worden gekozen voor een ontwerp voor de horizon van 2075, waarbij deze dan uitbreidbaar moet zijn tot 2125. Daarmee wordt ten tijde van de uitvoering niet 'exact' voldaan aan de eis van de planperiode van 50/100 jaar aangezien in 2027 naar verwachting wordt gestart met de uitvoeringsfase. Vanwege een stabiele scope en het aansluiten op de verkenning is gekozen om de ontwerphorizon vast te houden. Het kader biedt de mogelijkheid om waar wenselijk af te wijken van deze ontwerphorizon. Wanneer dat wordt gedaan, dient dit te worden onderbouwd op basis van LCC.

Voor bestaande constructies en kunstwerken wordt in de basis aangesloten op de huidige (rest)levensuur van het betreffende object met een minimum levensduur van vijftig jaar. In het geval dat hier niet op kan worden aangesloten dient ook dit te worden onderbouwd met een LCC.

In het ontwerp dient uit te worden gegaan van een integraal ontwerp. Dat wil zeggen dat voor elk van de faalmechanismen/faalpaden moet worden voldaan aan de levensduur. Niet-integraal versterken betekent dat vaker teruggekomen moet worden om de dijk te versterken, hetgeen een grotere belasting op de omgeving kan betekenen.

2.1.3 Borging ontwerpkeuzes

Algemeen geldende ontwerpkeuzes of uitgangspunten worden in de TUN geborgd en eventueel onderbouwd aan de hand van een gevoeligheidsberekening. Tevens worden wijziging vanuit de review vastgelegd in de reviewtabel.

Locatiespecifieke ontwerpkeuzes worden in de betreffende ontwerprapporten vastgelegd. Wanneer dit fundamentele keuzes betreft dient de afweging tussen ontwerplossingen te worden gemaakt middels een Trade-Off Matrix (TOM). Hierbij wordt aangesloten op het afweegkader van de verkenning.

Wanneer een ontwerp niet voldoet aan de gestelde eisen dienen deze expliciet te worden beschreven in het ontwerprapport. Ook dient hierbij een voorstel te komen hoe hier in de vervolgfase mee moet worden omgegaan.

2.2 Software

Zoals beschreven wordt gewerkt conform het BOI en wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van de meest recente ondersteunende software (per faseovergang wordt dit bijgesteld). Tabel 2-2 geeft het overzicht van de te gebruiken software.

Tabel 2-2 overzicht van de toegepaste software met versie

Type berekening	Software	Versie
Stabiliteit grondoplossing	D-Stability	23.1.0
Hydraulisch randvoorwaarden	Hydra-NL	2.8.2
Piping (aanvullende methode)	D-geoflow	23.1.0
Langsconstructies en kadeconstructies	Plaxis	23.02.00.1059
Kunstwerken	Scia Engineer	22.1 (32 bit versie)

Naast software-tools zijn er ook veel empirische formules of andere methodes. Deze zijn of vastgelegd in de TUN of in onderliggende leidraden en bij toepassing wordt naar het desbetreffende document verwezen.

In het project Cuijk-Ravestein wordt gebruik gemaakt van tooling om processen te automatiseren. Hier is voor gekozen om de rekentijden en verifieerbaarheid te verbeteren en de kans op fouten te verkleinen. Deze tooling is gericht op het praktischer invullen van de beschreven software. De berekening zelf vindt plaats in de BOI-software en is daardoor ook zelf uitvoerbaar door WSAM.

3. Belastingen

3.1 Algemeen

In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met externe belasting op de kering en constructies. Dit hoofdstuk behandelt op hoofdlijnen de belastingen waaraan moet worden voldaan. Vanaf hoofdstuk 7 wordt per faalmechanisme nader ingegaan op hoe deze belastingen moeten worden meegenomen.

3.2 Hydraulische belastingen

3.2.1 Status HOB

Voor het bepalen van de hydraulische ontwerpcondities wordt uitgegaan van de door het BOI (Rijksoverheid) verstrekte modellen. De huidige beschikbare versie is de HOB2020. Deze wordt mogelijk gedurende de planuitwerking vervangen door een nieuwe database in het kader van de BOI-uitlevering. De exacte opleverdatum is niet bekend.

Het rapport *Herziening van de HOB2020 resultaten* [50] beschrijft welke nieuwe inzichten in de nieuwe database worden meegenomen. Vervolgens is op hoofdlijnen gekeken wat per ontwikkeling mogelijk het effect is. Omdat het onzeker is wat dit daadwerkelijk voor de hydraulische belasting betekent, dient op projectniveau een keuze te worden gemaakt hoe we hiermee om gaan. Hoe dit wordt aangepakt wordt beschreven in onderstaande paragrafen.

Bij aanvang van de planuitwerking medio 2023 was de intentie om een overstap te maken naar de nieuwe database omdat de verwachting was dat deze gedurende het VO beschikbaar zou komen. Gezien de impact op de scope en het detailniveau van de reeds opgeleverde ontwerpen dient bij het beschikbaar komen van een nieuwe database te worden overwogen wat het meest pragmatisch is.

3.2.2 Algemene keuzes

Er wordt conform het projectoverstijgend beleid van het waterschap [38] uitgegaan van klimaatscenario W+, van het Nationaal Waterplan en het OI2014v4. In deze fase wordt niet aanvullend gestuurd op de klimaateffecten. Voorlopig wordt eerst de nieuwe levering van de HOB afgewacht.

Voor de gronddijk wordt uitgegaan van het scenario 2075 en voor nieuwe constructies wordt ontworpen voor 2125. Voor bestaande constructies wordt naast het zichtjaar 2075 de hydraulische belasting bepaald bij einde levensduur van de constructieve sterkte.

3.2.3 Omgang met mogelijke update HOB

Vanuit stabiliteit in het ontwerpproces wordt bij aanvang van een fase vastgesteld welke database wordt toegepast. Dit zorgt voor een stabiele scope/planning per fase. Wanneer gedurende een fase de nieuwe HOB beschikbaar komt, is de actie om een gevoeligheidsberekening uit te voeren om de impact inzichtelijk te maken. Zo kan bij een faseovergang een passend advies worden gegeven.

De hydraulische belasting heeft invloed op de ontwerpdimensies en derhalve heeft de database consequenties voor alle producten. In *Herziening van de HOB2020 resultaten* [50] is een inschatting gemaakt wat de impact zal zijn van de nieuwe database. In de conclusie is kwalitatief aangegeven wat de verwachte range is. De praktische doorvertaling is dat rekening wordt gehouden met een verschil van +/- 20 cm voor de waterstand en benodigde kruinhoogte.

In overleg is op 10-10-2023 besloten om de onderstaande redenering aan te houden; huidige database en ook de daaruit volgende dimensies. Een belangrijke reden voor deze keuze is dat de scope hiermee gelijk blijft (geen extra tekorten).

Doel van het VO is wel om te komen tot een meer gedetailleerd ruimtebeslag, ook voor het uitzoeken van conditionerende onderzoeken en vergunningen en grondverwerving. Hierbij is het van belang om een realistisch maximaal ruimtebeslag in beeld te hebben zodanig dat processen kunnen worden uitgevoerd en bij een update van de HOB de kans klein is dat vergunningen en onderzoeken niet nogmaals moeten worden aangepast. Om te voorkomen dat een mogelijk hogere waterstand en dus zwaarder ontwerp leidt tot een groter ruimtebeslag wordt boven op het ruimtebeslag rekening gehouden met een extra ophoging van 20 cm. Uitgaande van een (standaard) 1:3 taludhelling kan een extra ruimtebeslag van 1,20 m volstaan. Daarmee valt het potentiële extra ruimtebeslag binnen de aangehouden flexibiliteitsbepaling van 2,0 m.

3.3 Verkeer

De te verwachten verkeersbelasting is afhankelijk van de waterstand van de Maas en het type faalmechanisme. Voor de grootte van de verkeersbelasting wordt in principe het volgende aangehouden in combinatie met de maatgevende hydraulische belastingssituaties voor STBI en STBU:

- STBI: Uitgangspunt bij dagelijkse verkeerbelasting onder ‘regulier hoogwater’ is het toestaan van vier met zand beladen vrachtwagens binnen 50 m in het geval er een verharde weg aanwezig is. Dit komt overeen met een verkeersbelasting van 15 kN/m^2 over 2,5 m breedte conform [23]. Voor regulier hoogwater is conform SES-00044 uitgegaan van een waterstand met een kans van voorkomen van 1:1.000 jaar.
- STBI: Uitgangspunt bij hoogwatersituatie is het toestaan van twee met zand beladen vrachtwagens binnen 50 m. Dit komt overeen met een verkeersbelasting van 8 kN/m^2 over 2,5 m breedte conform Factsheet Verkeersbelasting en macrostabiliteit [23]. Indien er een tuimelkade aanwezig is, wordt de verkeersbelasting geplaatst op de weg (gelegen op de berm) naast de tuimelkade.
- STBU: Uitgangspunt bij (na) hoogwatersituatie is het toestaan van vier met zand beladen vrachtwagens binnen 50 m. Dit komt overeen met een verkeersbelasting van 15 kN/m^2 over 2,5 m breedte conform [23]. Indien er een tuimelkade aanwezig is, dient deze tuimelkade ook als inspectiepad. Op de tuimelkade mag rekening gehouden worden met een lichte vrachtwagen met kraan en een pick-up binnen 50 m. Dit komt overeen met een belasting van 1 kN/m^2 over 2,5 m breedte [23].

De verkeersbelasting wordt geschematiseerd op de meest maatgevende locatie van de weg. In het ontwerp wordt voor locaties waar, op basis van de beschikbare informatie, geen verharding aanwezig is, uitgegaan dat (een nader te bepalen type) verharding wordt aangebracht[2]. De belasting wordt op een afstand van 0,5 m van de kruinlijn geplaatst. Er wordt een spreidingshoek van 30 graden gehanteerd.

In de kleilagen wordt de verkeersbelasting in D-Stability de ‘degree of consolidation’ op 20 % aangenomen. Voor zand wordt 100% consolidatie aangehouden.

In het VO wordt er in de berekening de situatie met de te verwachten belastingen gedurende de uitvoering niet beschouwd. Mogelijk dat voor de uitvoering lokaal zwaarder materieel (dan de 15 kN/m^2) nodig is. Juist vanwege het lokale karakter wordt dit later ingevuld. Nu wordt hier kwalitatief naar gekeken.

[2] De kruin dient bereikbaar, berijdbaar onder alle weersomstandigheden en bereikbaar voor onderhoudsmaterieel te zijn cf. resp. Eis-0059, SES-00028 en SES-00026

3.3.1 Afwijkende verkeersbelastingen

De sluizen/stuwen en de nieuwe coupures moeten bereikbaar zijn met een telescoopkraan en vrachtwagen. Hier moeten maatregelen kunnen worden genomen zoals het inhijsen van een sluitstuk bij een coupure om de kering te sluiten. Als deze kraan en vrachtwagen binnen 50 m van elkaar staan of rijden is de belasting 9 kPa conform Factsheet Verkeersbelasting en macrostabiliteit versie 2 [23].

De belasting van de telescoopkraan en vrachtwagen is 1 kPa groter dan de gehanteerde verkeersbelasting op de weg bij STBI. Deze hogere belasting treedt nooit exact tegelijk op met de extreme situatie van maatgevend hoogwater (waterstand bij norm). De belastingscombinatie telescoopkraan en vrachtwagen is daarom minder maatgevend voor STBI. Voor deze locaties hoeft dus geen andere verkeersbelasting gehanteerd te worden.

In afstemming met de beheerder is gekeken of er locaties zijn waar rekening moet worden gehouden met een andere belasting ten opzichte van de hierboven beschreven methodiek. Tijdens het doornemen zijn de locaties waar mogelijk kranen of ander materieel nodig is in beeld gebracht. De methodiek sluit hier al op aan. Tevens zijn er nog locaties aangewezen waar noodpompen worden opgesteld. Het benodigde materieel hiervoor voldoet aan de belastingseis van 8 kPa.

3.4 Overig

Wind geeft een belasting op de bomen. Dit wordt nader toegelicht bij het onderdeel NWO, bomen zie paragraaf 15.2.

Voor de keringen wordt in principe geen rekening gehouden met aanvaarbelasting. Waar vaarwegen de waterkering kruisen zoals bijvoorbeeld bij een keersluis wordt verwezen naar de uitgangspunten voor kunstwerken in hoofdstuk 13.

Met overige belastingen, waaronder ijs- en aardbevingsbelasting wordt geen rekening gehouden.

4. Geometrische en geotechnische uitgangspunten

4.1 Dijkvakken

Dijktraject Cuijk-Ravenstein is opgedeeld in drie deelgebieden:

- deelgebied Cuijk en Kraaijenbergse Plassen;
- deelgebied Grave;
- deelgebied NOR (Neerloon-Overlangel-Reek).

In de verkenning is een dijkvakindeling gemaakt op basis van technische aspecten [46]:

- Geometrie: per dijkvak of subvak wordt een maatgevend dwarsprofiel gekozen;
- Ondergrondprofiel: per dijkvak of subvak wordt een maatgevend ondergrondprofiel geschematiseerd;
- Dijkopbouw;
- Bijzondere observaties bij hoogwater;
- Waterspanningen.

In de RVO-fase van de PU is de vakindeling van de verkenning nog een keer doorgenomen. Hierin zijn de nieuw ingekomen gegevens als aanvullend grondonderzoek en het ontwerp meegenomen. Uit de beschouwing volgt dat het verfijnen op basis van grondonderzoek mogelijk is, maar tevens laat het ontwerp uit de verkenningsfase zien dat verfijning van de vakindeling lokaal verschillende ontwerpen geeft. Vanuit landschap en ruimtelijke kwaliteit is dit niet altijd wenselijk. Vanuit herkenbaarheid en ook het overzicht is gekozen om in de planuitwerking dezelfde vakindeling aan te houden, waar binnen de vakkenoptimalisaties kunnen worden uitgewerkt, maar dit belandt in de rapportage op dijkvakniveau. Daarmee wordt grotendeels aan de huidige vakindeling vastgehouden.

Vanuit inpassing zijn er echter ook enkele wijzigingen doorgevoerd. Hiervoor is gekeken waar vanuit inpassing (overgangen in maatwerk) en de verschillende stakeholders de vakgrenzen worden opgeschoven. De voornaamste wijzigingen zijn:

- Overgang dijkvak 14/15 komt tegen het maatwerk woning aan, daarmee komt de dijkopgang van de N321 in vak 15 te liggen. Daardoor valt het traject van de N321 niet meer in vak 14.
- Het oude dijkvak 22 betrof de gehele Koninginnedijk. Gekozen is om dit vak te splitsen bij de overgang van de haven naar het Emab-terrein (van constructie naar grond). Het nieuwe vak 23 betreft het westelijke deel van Koninginnedijk tot en met Catharinahof en sluit aan op de hoge grond van de Thompsonbrug. In dit vak speelt de meekoppelkans voor de Koninginnedijk. Het oude dijkvak 24 wordt uitgebreid met de hoge grond van de Thompsonbrug (geen opgave) waardoor daarna de oude nummering kan worden gehandhaafd.
- Rond het gebied Keent/Overlangel zijn de vakgrenzen opgeschoven naar de overgang van maatwerk en grondoplossing, zodat het maatwerk in zijn geheel in één vak valt.
- Dijkvak 38 kwam voort uit de trajectscheiding tussen trajecten 36-2 en 36-3. Er is gekozen om de gehele onderdoorgang onder de A50 (inclusief mogelijke verbreding) als één vak te maken.

Voor verdere toelichting van de onderbouwing van de vakindeling en eventuele wijzigingen wordt verwezen naar de IUN[42].

4.2 Geometrie

Om de 25 m zijn dwarsprofielen van de huidige dijk en het voor- en achterland gegenereerd. Hierbij is gebruik gemaakt van AHN4, dat op enkele locaties is aangevuld met DTM-metingen. Deze dwarsprofielen zijn vervolgens voor elk (sub)dijkvak waarvoor een berekening wordt gemaakt over elkaar geplot. Uit deze plot wordt een voor dat (sub)dijkvak maatgevend profiel samengesteld waarin de karakteristieke punten (knikpunten ter hoogte van bermen, kruin en teenlijnen) worden overgenomen. Op deze wijze zijn maatgevende dwarsprofielen gegenereerd ten behoeve van de macrostabiliteitsberekeningen voor het bermontwerp en de vakken zonder opgave op basis van tweede afschuiving. De lengte van de dijkstrekking waarbinnen het geschematiseerde profiel geldt, varieert naar gelang de ruimtelijke geometrische variatie van de dijk.

Voor de geometrie van de nevengeul rond Keent wordt uitgegaan van de instandhouding van de nevengeul door beheerder Rijkswaterstaat. De inmeting hiervan wordt geïntegreerd met het DTM.

4.3 Selectie profielen

Het schematiseren van de dijk en ondergrond heeft betrekking op het vaststellen van een maatgevend dwarsprofiel voor een dijkvak of een deel daarvan ten behoeve van het analyseren van geotechnische faalmechanismen waarop de dijk wordt ontworpen.

Per (sub)dijkvak is één maatgevend profiel gekozen om te modelleren. Daarbij worden zoveel mogelijk de beschikbare gegevens ter hoogte van het gekozen dwarsprofiel gehanteerd voor de schematisering, er wordt altijd geverifieerd of de schematisering ook daadwerkelijk maatgevend is voor het vak waarvoor de berekening geldt. Als dit niet het geval is, kan ervoor gekozen worden om het vak op te knippen in twee of meer aparte trajecten.

4.4 Ondergrond

Voor het traject Cuijk-Ravenstein zijn de afgelopen periode verschillende grondonderzoeken uitgevoerd. Hieronder worden deze opgesomd:

- archief van voorgaande dijkverbeteringen;
- Fugro, dijkring 36 Ravenstein-Cuijk, oktober 2016[59];
- WBI (2017) (boringen, sonderingen, geofysisch (EM) onderzoek[61];
- Fugro, Geotechnisch onderzoek HPT- (A)MPT onderzoek Cuijk Ravenstein, juli 2019[60];
- Arcadis, Proevenverzameling Cuijk-Ravenstein, april 2020[57];
- Inpijn-Blokpoel, Grond en labonderzoek HWBP traject Cuijk-Ravenstein, mei 2020[58];
- TNO, tTEM metingen t.b.v. grondonderzoek dijkverbetering Cuijk – Ravenstein, maart 2022[65];
- Geonius, grondonderzoek Cuijk-Ravenstein, oktober 2023[64].

De resultaten van aanvullend grondonderzoek worden, wanneer beschikbaar, toegevoegd aan bodemopbouw en geotechnische uitgangspunten. Dit wordt per fase in het proces (update van uitgangspunten) bijgesteld.

Schematisering van gedrag van kleilaag

Voor de kleilaag in de ondergrond wordt onderscheid gemaakt in het gedrag van de klei, dilatante of contractante klei. In overeenstemming met de proevenverzameling is de grens van de lagen gedefinieerd door de hoogte van de freatische waterstand onder dagelijkse omstandigheden. Ter plaatse van de opbolling onder het dijklichaam (zie par. 8.5.1) wordt deze schematisering ook toegepast.

4.5 Grondparameters

4.5.1 Sterkteparameters

De sterkteparameters zijn bepaald door Arcadis[57] of overgenomen uit SH Macrostabiliteit [11], de volumieke gewichten volgen uit hetzelfde onderzoek van Arcadis[57] en NEN9997 tabel 2b [13] (zand). De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Sterkteparameters (uit verkenningsfase [43])

Grondsoort	Gedraineerd/ ongedraineerd	γ_{sat} [kN/m^3]	γ_{dr} [kN/m^3]	ϕ_{kar} [°]	POP_{kar} [kPa]	m_{kar} [-]	S_{kar} [-]	Kleur-code
Dijkmateriaal klei	Gedraineerd	19,8	19,8	31,4	-	-	-	#DD99CC
Dijkmateriaal zand*	Gedraineerd	19,0	17,0	31,3	-	-	-	#EEBB88
Klei dilatant	Gedraineerd	19,2	19,2	31,0	-	-	-	#336600
Klei contractant	Ongedraineerd	17,8	17,8	-	7	0,88	0,26	#00845C
Humeuze klei	Ongedraineerd	14,8	14,8	-	15	0,8	0,20	#BB8800
Humeuze klei	Gedraineerd	14,8	14,8	30,0**				#BB8800
Veen, kleiig	Ongedraineerd	11,0	11,0	-	15	0,8	0,24	#663300
Zand*	Gedraineerd	20,0	18,0	31,3	-	-	-	#FFCC00
Klei dilatant opbarst	-	19,2	19,2	0	-	0	0	#218D0D
Klei contractant opbarst	-	17,8	17,8	0	-	0	0	#B8CC00
Humeuze klei opbarst	-	14,8	14,8	0	-	0	0	#999911
Veen, kleiig opbarst	-	11,0	11,0	0	-	0	0	#CC6600
Zand opbarst	-	20,0	18,0	0	-	0	0	#DDAA00

* Deze waardes zijn overgenomen uit NEN9997 tabel 2b.

** Deze waarde op basis van TUN MeMa

Conform WBI2017 wordt voor de gedraineerde grondlagen de cohesie op 0 kPa gesteld [11]. In het geval van opbarsten worden dezelfde materialen in het model toegepast, maar is de hoek van inwendige wrijving op 0 kPa gezet [4].

Voor de bovenste 0,80 m van de kleilaag, oftewel de toplaag, wordt geen hoek van inwendige wrijving toegepast, maar een cohesie van 5 kPa. Deze waarde volgt uit de memo Modelleren sterkte van dijksmateriaal (Deltares) [35] voor situaties waarbij aanzienlijke scheurvorming **niet** kan worden uitgesloten. Dit is in afwijking van voorgenoemde waarde voor cohesie cf. WBI2017, echter wordt op deze manier de aanwezige sterkte van de klei meegenomen en geeft dit een meer realistische schematisering. Deze waarde wordt toegepast op de gehele toplaag van het dijklichaam, inclusief buitentalud.

N.B. in de VO-berekening wordt geen onderscheid gemaakt tussen klei- en leeflaag.

Aanvulmaterialen

Het ontwerp in het VO gaat uit van het aanvullen met klei (lokaal of aan te leveren). In de basis wordt dus geen zand gebruikt, tenzij het reeds in de dijk aanwezig is. In dat geval wordt in afstemming met het waterschap gekeken of herverdeling, drainage of verwijderen wenselijk is en toekomstbestendig (uitbreidbaar) kan worden ingepast.

Voor de eigenschappen van het versterkingsmateriaal zijn de parameters ingeschat op basis van NEN tabel 2b [13] en SH Macrostabiliteit [11], zie Tabel 4-2. De grond die vrijkomt van project MeMa is van verschillende kwaliteit en variëren de sterkteparameters. Aangegeven is dat de grond minimaal aan de parameters die zijn aangegeven bij “Dijkmateriaal klei, versterking” voldoet. In het VO is geen onderscheid gemaakt in ophoogmaterialen.

Tabel 4-2 Sterkteparameters ophoogmateriaal

Grondsoort	Gedraineerd/ ongedraineerd	γ_{sat} [kN/ m3]	γ_{dr} [kN/ m3]	ϕ_{kar} [°]	POP_{kar} [kPa]	m_{kar} [-]	S_{kar} [-]	Kleur-code
Dijkmateriaal klei, versterking	Gedraineerd	17,0	17,0	29,0	-	-	-	#AA3399
Grond MeMa	Gedraineerd	17,0	17,0	29,0	-	-	-	#AA3399

In de verkenning is geen onderscheid gemaakt tussen sterkte van de grond onder de dijk en het achterland (POP-waarden). In de RVO-fase zijn gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd. Op basis hiervan is het uitganspunt vastgesteld dat er geen onderscheid gemaakt wordt tussen de sterkte van de grond onder de dijk en het achterland. Een uitwerking hiervan is opgenomen in Bijlage C.

4.5.2 Zettingsparameters

Voor de zettingsvoorspellingen wordt gebruik gemaakt van het Isotachenmodel in D-Settlement. De zettingsparameters zijn overgenomen van het project Meanderende Maas, zie Tabel 4-3 [49].

Tabel 4-3 Zettingsparameters Isotachenmodel [49]

Grondlaag	A [-]	B [-]	C [-]	c_v* [m/s2]
Dijkmateriaal zand	0,002	0,006	0	gedraineerd
Klei siltig/zandig - Echteld	0,006	0,047	0,001	5×10^{-8}
Klei - Echteld	0,008	0,104	0,004	1×10^{-8}
Klei, sterk humeus - Echteld	0,045	0,148	0,007	1×10^{-8}
Veen	0,045	0,148	0,007	1×10^{-7}
Zand, kleiig - Echteld	0,002	0,006	0	gedraineerd
Zand - Echteld	0,002	0,006	0	gedraineerd
Zand - Kreftenheye	0,001	0,018	0	gedraineerd
Zand/grindig - Kreftenheye	0,001	0,018	0	gedraineerd

* cv-waarde kent een grote spreiding. Daarom is de waarde afgeleid op basis van engineering judgement.

Voor de zettingsvoorspellingen wordt gebruik gemaakt worden van het NEN-Bjerrum Darcy Linear model in D-Settlement. De zettingsparameters voor de verschillende materialen zijn gebaseerd op NEN 9997-1:2016,

Tabel 2.b [13], waarbij op basis van de volumegewichten een koppeling is gemaakt met de zettingsparameters. De POP-waarde is overgenomen van de stabiliteitsberekening in dit dijkvak en is daarmee afkomstig uit de proevenverzameling [57]. De beschreven waardes zijn overgenomen uit de vorige fase en vergeleken met MeMa. Aanbevolen wordt om met het beschikbaar komen van aanvullend onderzoek ook de hier gemaakte aannamen na te lopen.

Tabel 4-4 Zettingsparameters behorende bij de toegepaste grondsoorten [43]

Grondsoort	γ / γ_{sat} [kN/m^3]	c_v [m^2/s]	RR [-]	CR [-]	C_α [-]	POP [kPa]
Klei Dilatant	19,20/19,20	1,00E-05	0,03	0,092	0,003	0,00
Klei Contractant	17,80/17,80	3,00E-08	0,038	0,115	0,004	7,00
Dijkmateriaal	19,80/19,80	3,00E-08	0,038	0,115	0,004	0,00
Zand	18,00/20,00	5,00E-02	0,001	0,005	0,00	0,00

4.5.3 Plaxis

De parameters die in Plaxis-berekeningen worden toegepast worden beschreven in hoofdstuk 11.

5. Hydraulische uitgangspunten

5.1 Polderpeilen

De Maas is een regenrivier en de afvoer wordt bepaald door regen in het stroomgebied (Frankrijk, België en Zuid-Nederland). Voorafgaand aan een hoge afvoer in de Maas is er daarom normaliter een regenperiode in het ontwerpgebied. Dit is een reden om onder normomstandigheden als uitgangspunt het grondwaterniveau gelijk te stellen aan het maaiveldniveau. Aanvullend hierop is overal in het achterland tijdens hoogwater sprake van kwelwater. Dit komt door de aanwezigheid van het dikke zandpakket dat onder de deklaag ligt. Hierdoor is het gereguleerde polderpeil lastiger te handhaven.

Onder dagelijkse omstandigheden wordt, waar aanwezig, het vastgestelde polderpeil aangehouden. Deze waarden worden geverifieerd aan de hand van peilbuisdata. Waar geen polderpeil is vastgesteld worden de gegevens van de peilbuizen of resultaten uit het geohydrologisch model aangehouden.

5.2 Hydraulische randvoorwaarden

De hydraulische belasting bestaat uit de waterstand bij de norm en de golfbelasting. De randvoorwaarden zijn, afhankelijk van het zichtjaar van de bepaalde functie, bepaald gebruikmakend van de database:

- “HOB2020_Cuijk-Ravenstein-Lith_2075.sqlite” voor zichtjaar 2075
- “HOB2020_Cuijk-Ravenstein-Lith_2125.sqlite” voor zichtjaar 2125

Het toe te passen klimaatscenario is W+. Voor groene keringen (dijklichamen) geldt het zichtjaar 2075. Voor kunstwerken en dijken waarbij een constructie de kerende hoogte levert geldt het zichtjaar 2125.

De gehanteerde uitgangspunten ten aanzien van de hydraulische randvoorwaarden zijn ongewijzigd ten opzichte van de verkenningsfase, in het VO is de toepasbaarheid van de resultaten uit de verkenningsfase geverifieerd [50].

6. Zettingen en bodemdaling

6.1 Autonome bodemdaling

Er zijn lokale effecten voor ieder gebied. Volgens het rapport “Bodemdaling in het rivierengebied” is de zetting en bodemdaling ter plaatse van de waterkering tot zichtjaar 2075 ongeveer 10 cm en tot zichtjaar 2125 circa 20 cm [26]. Door de dikke niet-zettingsgevoelige ondergrond kan de bodemdaling ook minder zijn. Er wordt een bodemdaling van 10 cm en 20 cm aangehouden voor respectievelijk zichtjaren 2075 en 2125. Dit uitgangspunt wordt onderschreven door “Bodemdaling in rivierengebied” [26].

6.2 Omgaan met zettingen in het ontwerp

Voor de toelaatbare zetting van de dijk tussen oplevering en profiel na vijftig jaar gelden de restzettingscompensaties zoals weergegeven in Tabel 6-1.

Tabel 6-1 Verwachte zetting na oplevering tot einde levensduur

Parameter	Waarde [cm]
Restzettingscompensatie (toelaatbare zetting dijk tussen oplevering en profiel na vijftig jaar (2075)) [63].	10
Restzettingscompensatie voor as-verschuivingen met ophogingen op maaiveld > 2,5 m na vijftig jaar	15

Bij oplevering wordt de kruin van de dijk 20 c.q. 25 cm hoger dan HBN aangelegd/afgewerkt. Bij oplevering worden de taluds afgewerkt op 1:3, tenzij flauwer nodig is vanuit spoor macrostabiliteit.

Voor kunstwerken die in het Pleistocene zandpakket worden gefundeerd hoeft geen rekening te worden gehouden met bodemdaling. In het geval van langsconstructies of kunstwerken zonder fundering moet afhankelijk van het object worden beschouwd of/hoe rekening wordt gehouden met zettingen.

7. Hoogte (GEKB)

7.1 Faalkanseis bij doorsnedeniveau

De faalkanseis op doorsnedeniveau is afhankelijk van de norm en de faalkansruimte. Deze is in Tabel 7-1 afgeleid en leidt tot een faalkanseis op doorsnedeniveau van 1/41.667 per jaar.

Tabel 7-1 Normering GEKB

Traject	Peis,norm [-]	Trajectlengte [km]	N [-]	Faalkansruimte [-]	$P_{eis,dsn}$ [-]
36-2	1/10.000	21	1	0,24	1/41.667

7.2 Zichtjaren

Voor hoogte wordt ontworpen conform de vereiste planperiode van paragraaf 2.1.2:

- Grondlichamen 2075.
- Nieuwe constructies 2125, hierbij biedt het *kader uitgangspunten dijkversterking*[38] de ruimte om de hoogte tot 2125 adaptief op te lossen. Dat wil zeggen dat kan worden gekozen voor een aanleghoogte op het zichtjaar 2075 (indien de hoogte voor 2125 voor de omgeving niet wenselijk is), waarbij de onderbouw geschikt is voor een versterking in 2125.
- Voor bestaande constructies is de minimale hoogte-eis zichtjaar 2075. Voor deze constructies wordt ook de hoogte bij het verwachte einde levensduur of 2125 bepaald zodat kan worden besloten of een LCC-benadering voor een afwijking wenselijk is.

7.3 Toelaatbaar overslag

In de verkenning [46] is de benodigde kruinhoogte in 2075 (gronddijk) bepaald voor verschillende hoeveelheden van overslag: 0,1, 1, 5 en 10 l/s/m'. Uit deze berekeningen (deterministisch en probabilistisch) volgt dat het systeem voornamelijk waterstand gedomineerd is. Dit houdt in dat een kleine verhoging in de waterstand zorgt voor een groot overslagdebiet.

In de verkenning is de keuze gemaakt om te ontwerpen met een overslagdebiet van 1 l/s/m'. Dit heeft het voordeel dat de kans op overslag klein is (maar ook niet uit te sluiten). Daardoor wordt er voorlopig van uitgegaan dat er geen aanvullende maatregelen nodig zijn aan de bekleding aan de binnenzijde (zowel aanleg als beheer). Zoals in paragraaf 8.5.3 is beschreven dient de impact van overslag te worden beschouwd met gevoeligheidsberekeningen. Advies is om dit met de nieuwe HOB en het geohydrologisch model uit te voeren.

7.4 Afleiding hydraulische randvoorwaarden

De methodiek en uitgangspunten om de hydraulische randvoorwaarden te bepalen is vergeleken met de verkenningsfase niet gewijzigd. Sindsdien is een nieuwe versie van Hydra-NL verschenen. Ter verificatie van de waarden uit de verkenning en impact van de nieuwe software is een impactanalyse uitgevoerd, voor het gedeelte bij Grave, zie Bijlage A. De verschillen zijn zeer beperkt waardoor de hydraulische randvoorwaarden als bepaald in de verkenningsfase worden gebruikt in de planuitwerkingsfase.

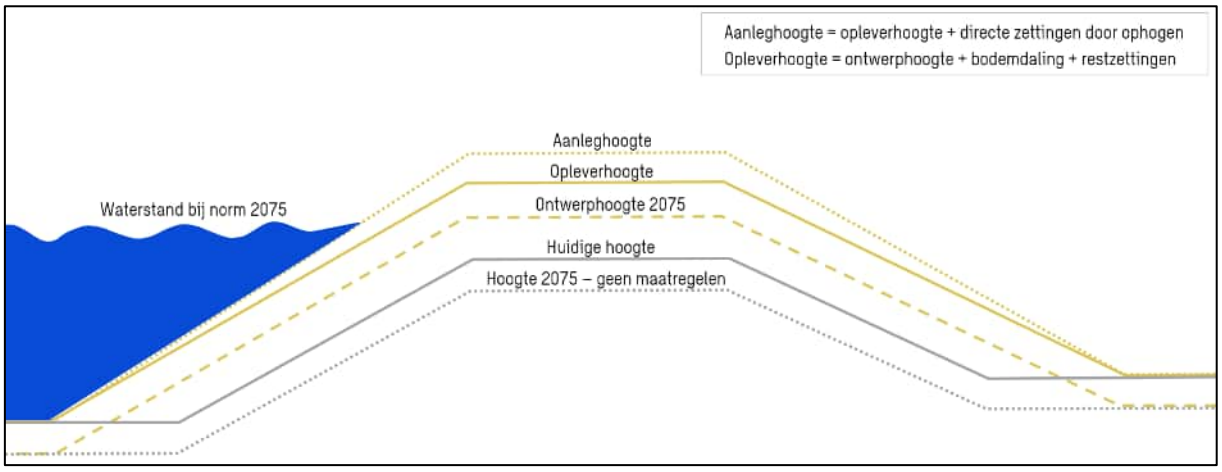
7.5 Hoogtebestand en bodemdaling

Er wordt een DTM opgesteld op basis van een combinatie van AHN4 met aanvullende invoergegevens. Dit is nader gespecificeerd in werkpakket 15. Autonome bodemdaling wordt opgenomen in de ontwerphoogte. Hierbij wordt, zoals toegelicht in paragraaf 6.1, een bodemdaling van 10 cm (2075) en 20 cm (2125) aangehouden.

7.6 Definities van hoogte van de kruin

Tussen aanleg, oplevering en eindsituatie zal de kruinhoogte door zettingen, bodemdaling en uitvoeringsaspecten verschillen. Om hier duidelijkheid in te scheppen worden de verschillende definities hier uitgeschreven en toegelicht wanneer welke term wordt toegepast.

- Ontwerphoogte: De ontwerphoogte is de vertaling van de eis waaraan moet worden voldaan bij einde levensduur. Deze hoogte is gelijk aan de eis (HBN). Deze situatie wordt gebruikt in de berekeningen.[3]
- Opleverhoogte: In de opleverhoogte moet rekening worden gehouden met het optreden van autonome bodemdaling en restzettingen tussen oplevering en einde levensduur. Om te voorkomen dat deze te groot worden is er een maximum gesteld aan de restzettingen die na oplevering mogen optreden, zie paragraaf 6.2. Het is de combinatie van de eis (HBN), bodemdaling en restzetting. De ontwerptekeningen en externe communicatie gaan uit van deze hoogte.
- Aanleghoogte: De aanleghoogte is de hoogte waarop de kruin per stap in de realisatie wordt aangelegd. Tijdens uitvoering treden processen als klink en directe zetting op. De partij die de realisatie uitvoert dient de aanleghoogte zo af te stemmen dat uiteindelijk bij oplevering wordt voldaan aan zowel de opleverhoogte als de restzettingseis. Het is de combinatie van de eis (HBN), bodemdaling, restzetting en primaire zettingen.



Figuur 7-1 Definities van hoogtes van de kruin

7.7 Ontwerpuitgangspunten en rekenlocaties

Locatiespecifieke uitgangspunten worden bij de ontwerprapporten (op locatieniveau) toegelicht.

7.8 Kwaliteit graszode

In overeenstemming met de uitgangspunten uit de verkenningsfase wordt voor het binnen- en buitentalud uitgegaan van een gesloten zode. Op locaties waar medegebruik aan de binnenzijde wordt toegestaan of

[3] Afhankelijk van het type berekening wordt bekeken hoe bodemdaling wordt meegenomen. In het geval een model minder geschikt is voor zettingen wordt gekozen om in plaats van de geometrie te laten zakken, de waterstanden te verhogen. Om vervolgens de Om te voldoen aan de eis vanuit HBN is tevens de kruinhoogte 10 cm verhoogd met bijbehorende schematisering van de rest van het ontwerpprofiel.

schaduw aanwezig is, kan worden aangenomen dat als gevolg van bomen, bruggen of andere objecten deze kwaliteit niet wordt gehaald en mag worden uitgegaan van open zoden.

7.9 Kleidikte kruin en binnentalud

De kruinhoogte is berekend op 1 l/s/m. Bij een overslagdebiet van meer dan 0,1 l/s/m moet er ter voorkoming van erosie een voldoende dikke kleilaag aanwezig zijn. Om 1 l/s/m toe te staan moet conform BOI Handleiding Overstromingskansanalyse – Dijken en Dammen deel 4 dijkerosie kruin en binnentalud [7] een minimale kleidikte van 0,4 m aanwezig zijn ter plaatse van de kruin en binnentalud .

Over een groot deel van het traject zal er binnenwaarts versterkt worden met klei of is er voldoende klei aanwezig. In dat geval zijn er geen aanvullende maatregelen nodig. Op strekkingen waar buitenwaarts versterkt wordt en het binnentalud ongemoeid blijft, is in het VO de minimale kleidikte van 0,4 m gecontroleerd. Indien onvoldoende informatie beschikbaar is om te beoordelen is voor deze locatie aanvullend grondonderzoek opgenomen in het grondonderzoeksplan. Indien er onvoldoende klei aanwezig is, moet voor de waterveiligheid het binnentalud ook versterkt worden. De volgende werkzaamheden dienen dan uitgevoerd te worden:

- Toplaag binnentalud verwijderen
- Deel van het zand weghalen (tot een diepte van 70 cm t.o.v. huidig talud)
- Aanbrengen van 40 cm klei
- Terugbrengen van toplaag/teelaarde (dikte van 30 cm)

Dus de geometrie van het binnentalud verandert hierdoor niet.

De minimaal benodigde kleidikte voor het buitentalud is beschreven in H10.2.

8. Stabiliteit (STBI & STBU)

8.1 Faalkanseis bij doorsnedeniveau

De faalkanseis op doorsnedeniveau is afhankelijk van de norm, de faalkansruimte en het lengte-effect. De default-factoren voor het lengte-effect zijn gehanteerd:

- een factor 'a' van 0,033, deze factor verdisconteert;
- het niet substantieel bijdragen van alle dijkvakken in de ring aan de instabiliteitskans van de ring;
- aanwezige correlatie tussen de instabiliteitskansen van de afzonderlijke dijkvakken;
- een representatieve lengte van 50 meter voor dit faalmechanisme.

Voor de conditionele faalkans voor STBU heeft WSAM een waterschapbrede aanpak opgesteld. Hierbij wordt uitgegaan van een kering die na afschuiven na een hoogwater nog enige sterkte heeft om bij een volgend hoogwater een overstroming te voorkomen. Er wordt geen rekening gehouden met herstel. Uit deze aanpak volgt een waarde voor de conditionele faalkans van 0,001. De afleiding van deze factor is nader toegelicht in de memo aanpak STBU [39] van WSAM.

Tabel 8-1 Normering Stabiliteit

Faalmechanisme	$P_{eis,norm}$ [-]	$P_{eis,inst}$ [-]	Trajectlengte [km]	N [-]	Faalkansruimte [-]	$P_{eis,dsn}$ [-]	$B_{eis,\ dsn}$ [-]
STBI	1/10.000	1,0	21,0	14,9	0,04	1/3.715.000	5,01
STBU	1/10.000	0,001	21,0	14,9	0,04	1/3.715	3,46

8.2 Partiële factoren

Voor het bepalen van de eis voor Stabiliteit zijn de volgende partiële veiligheidsfactoren gehanteerd.

8.2.1 Schematiseringsfactor

De schematiseringsfactor is voor de start van de verkenning gelijkgesteld aan 1,1 om de stapeling van veiligheid op veiligheid te beperken. In het RVO is de keuze voor een schematiseringsfactor van 1,1 nader onderzocht. Uit de bepaling (zie hoofdstuk 1 van Bijlage C) volgt dat bij de huidige manier van schematiseren de waarde van 1,1 gerechtvaardigd is.

8.2.2 Modelfactor

Bij het toepassen van het CSSM-materiaalmodel worden de modelfactoren volgens Tabel 8-2 gehanteerd.

Tabel 8-2 Modelfactoren CSSM

Rekenmodel	Modelfactor γ_d
Bishop	1,11
LiftVan	1,06
Spencer-Van der Meij	1,07

8.2.3 Materiaalfactor

Voor het CSSM-materiaalmodel worden materiaalfactoren aangehouden van 1,0 conform BOI [4]. Hierdoor zijn de karakteristieke waarden van de grondsterkteparameters gelijk aan de rekenwaarden.

8.2.4 Schadefactor

De schadefactor wordt bepaald aan de hand van de voorgeschreven methode uit het BOI [4]. Deze vergelijking geldt wanneer het CSSM-materiaalmodel wordt toegepast.

$$\gamma_n = 0{,}15\beta_{eis,dsn} + 0{,}41 \; met \; \beta_{eis,dsn} = -\varphi^{-1}(P_{eis,dsn})$$

Uitgaande van een vereiste betrouwbaarheidsindex op doorsnedeniveau van 5,01 voor STBI en 3,46 voor STBU (volgens Tabel 8-1) levert dit een schadefactor op van respectievelijk 1,16 en 0,93 indien er geen overslag plaatsvindt.

8.2.5 Overslag

Uitgangspunt is dat wordt ontworpen met een hoogte behorende bij een overslagdebiet van 1 l/s/m'. Het effect van overslag is opgenomen als een scenario in de afleiding van de schematiseringsfactor. Daarmee zijn geen aanvullende berekeningen nodig ten aanzien van overslag en is er geen schade.

8.3 Benodigde stabiliteitsfactor

De verschillende partiële veiligheidsfactoren resulteren in een eis uitgedrukt in één veiligheidsfactor en zijn weergegeven in Tabel 8-3 in het geval van geen golfoverslag.

Tabel 8-3 Overzicht partiele veiligheidsfactoren met vereist stabiliteitsfactor

Rekenmodel	Schadefactor STBI	Schadefactor STBU	Modelfactor γ_d	Schematiserings-factor	$\gamma_{eis\ STBI}$	$\gamma_{eis\ STBU}$
Bishop	1,16	0,93	1,11	1,1	1,42	1,14
LiftVan	1,16	0,93	1,06	1,1	1,35	1,09
Spencer-Van der Meij	1,16	0,93	1,07	1,1	1,37	1,10

8.4 Optimalisatiemogelijkheden STBU

Alle vakken worden beoordeeld volgens de methodiek als beschreven in de Memo STBU [39]. Macrostabiliteit buitenwaarts kan gezien worden als een indirect faalmechanisme omdat er na afschuiven nog een hoogwatersituatie moet optreden voordat er sprake is van overstroming. Indien niet wordt voldaan aan de stabiliteitseis is in de Memo STBU [39] de vervolganalyse toegelicht waarbij de eis voor STBU lokaal wordt aangescherpt, op basis van de terugkeertijd van een tweede hoogwatergolf bij een gereduceerde kruinhoogte. Als aan deze analyse niet wordt voldaan worden geen verdere vervolganalyses uitgevoerd en is een opgave t.a.v. STBU.

8.5 Waterspanningen

De waterspanningen zijn bepalend voor de sterkte van grondlichamen. Hierbij worden twee type waterspanningen onderscheiden:

- freatisch;
- stijghoogtes.

Hierbij moet onderscheid worden gemaakt tussen de volgende omstandigheden:

- dagelijks;
- maatgevend hoogwater;

- snelle daling van buitenwaterstand (Peil na val, STBU);
- maximum peil waarbij verkeersbelasting kan optreden;
- * maximum toelaatbaar peil uitvoering.

* De voorwaarden voor waar deze aan moeten voldoen (bijvoorbeeld terugkeertijd) dienen nog nader te worden afgestemd. In het VO wordt in eerst instantie ontworpen op de eerste vier situaties.

Binnen het project Cuijk-Ravestein is een geohydrologisch model opgezet met als doel om meer inzichten te verkrijgen voor zowel het voorland, de kering als het achterland. In de VO-fase is gebruik gemaakt van dit model om het doorlatend vermogen (kD) van het watervoerende pakket af te leiden. Met deze waarden zijn de doorlatendheid en dikte van het watervoerende pakket bepaald, dit is nader toegelicht in paragraaf 9.4.4. Het geohydrologische model wordt in de VO-fase niet gebruikt voor het bepalen van de waterspanningen tijdens hoog water. Reden hiervoor is dat het model bij start van de VO-fase nog niet voldeed aan de toepassingseisen. Voor de kalibratie van het geohydrologisch model worden de stijghoogtes in het gebied gemonitord. De waterspanningen worden in de VO-fase bepaald gebruikmakend van de vigerende schematiseringshandleidingen en technische richtlijnen.

8.5.1 Dagelijkse freatische lijn

De dagelijkse freatische lijn wordt afgeleid uit het (concept) geohydrologisch model. De waarden uit het model worden gestaafd met de polderpeilen (peilbesluit) en waar beschikbaar de gegevens van de peilbuizen.

Eventueel kunnen ook de waterspanningen uit boringen en sonderingen worden geraadpleegd, echter zijn er geen gegevens beschikbaar over de condities ten tijde van het grondonderzoek en daarmee wordt impliciet aangenomen dat dit onder dagelijkse omstandigheden heeft plaatsgevonden.

Onder het dijklichaam vind opbolling in de grondwaterstand plaats. Als uitgangspunt is gesteld dat de hoogte van de grondwaterstand onder het dijklichaam gelijk is aan de hoogte van het maaiveld naast het dijklichaam.

8.5.2 Freatische lijn WBN

Schematisatie freatische lijn STBI

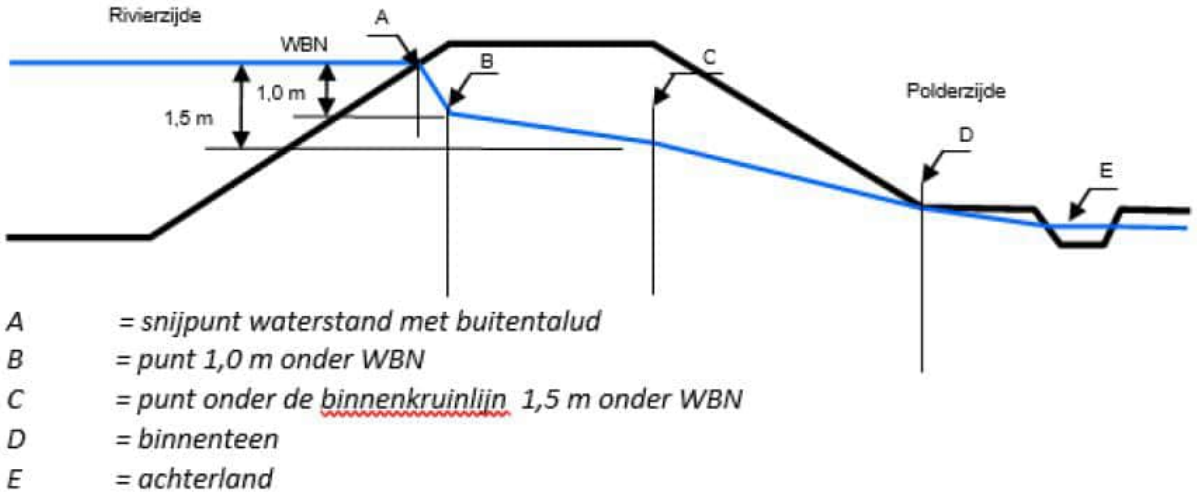
In de verkenning is in de basis gebruik gemaakt van de TRWD [20] voor het schematiseren van de freatische lijn. Gedurende de verkenning is extra data van peilbuizen beschikbaar gekomen, voorwaarde voor het toepassen is dat significant hoogwater is gemeten. In het VO wordt aangesloten op de schematisering van de verkenning, waarbij wordt beschouwd of op basis van nieuw ingewonnen peilbuisgegevens een aanscherping mogelijk is.

De schematisering is afgeleid uit het Technische Rapport Waterspanningen bij Dijken (TRWD) [20]. Op basis van het grondonderzoek[58] blijkt dat het dijkmateriaal langs het traject afwisselend is opgebouwd uit zand en klei en dat er altijd sprake is van een kleideklaag onder de dijk. Om deze reden zijn er twee situaties beschouwd:

- kleidijk op een klei-ondergrond;
- zandkern met kleiafdekking en klei-ondergrond.

Kleidijk op klei-ondergrond

De freatische lijn vanaf het buitentalud tot een niveau WBN -1,0 m in de buitenkruinlijn. Vervolgens is een afname van 0,5 m in de binnenkruinlijn gehanteerd. Vanaf de binnenkruinlijn loopt de freatische lijn lineair tot aan de binnenteen, zie Figuur 8-1.



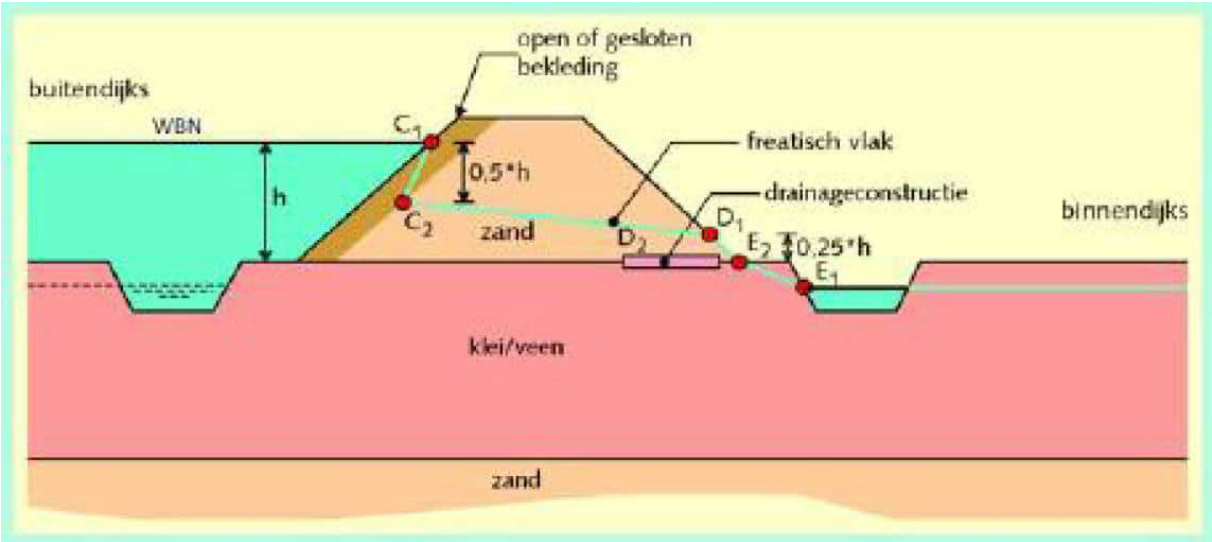
A = snijpunt waterstand met buitentalud
B = punt 1,0 m onder WBN
C = punt onder de binnenkruinlijn 1,5 m onder WBN
D = binnenteen
E = achterland

Figuur 8-1 Schematisering freatische lijn bij kleidijk voor STBI (figuur overgenomen uit TUN MeMa)

Bij aanwezigheid van een binnenberm wordt het verloop van de freatische lijn lineair verondersteld tussen de insteek van de berm en de bermteen.

Zandkern met kleiafdekking en klei-ondergrond
Let op, aan binnenzijde zit vaak ook een kleilaag. Indien deze situaties aanwezig zijn kijken hoe we dit kunnen aanscherpen met geohydrologisch model en peilbuizen.

Bij de bepaling van de freatische lijn wordt onderscheid gemaakt tussen de types dijkbekleding op het buitentalud, te weten 'open bekleding' of 'gesloten bekleding'. Een kleilaag met een dikte kleiner dan 1,5 m dient vanwege natuurlijke structuurvorming als een open bekleding te worden beschouwd. Het freatisch vlak dient bij een 'open' bekleding lineair verlopend van punt C1 naar D1 of D2 (afhankelijk van aanwezigheid drainage) te worden aangenomen, zie Figuur 8-2 en de TRWD [20]. In geval van een 'gesloten' bekleding wordt de freatische lijn geschematiseerd als weergegeven in Figuur 8-2.



Figuur 8-2 Schematisering freatische lijn bij zanddijk met kleiafdekking voor STBI

8.5.3 Golfoverslag

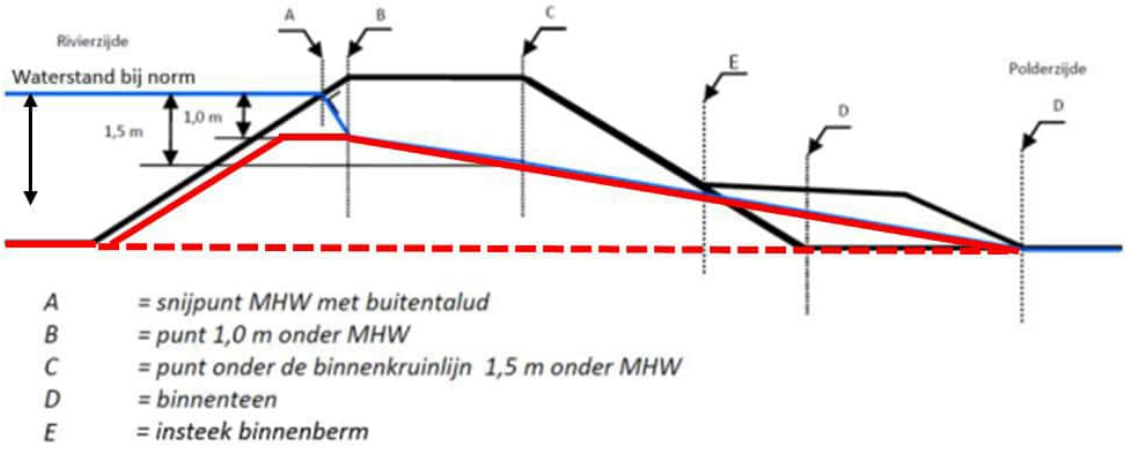
Golfoverslag kan leiden tot een verhoogde freatische lijn in de dijk en daarmee de macrostabiliteit ongunstig beïnvloeden. Vanaf een kritiek overslagdebiet hoger dan 1 l/s/m' dient te worden gerekend met een verzadigde dijk.
In de verkenning is onderzocht wat de meest geschikte ontwerprandvoorwaarden zijn. Uit de analyse van de hoogte volgt het advies om te ontwerpen op 1 l/s/m' of minder. Bij bepaling van de schematiseringsfactor is een scenario opgenomen voor golfoverslag/ verzadigde dijk, zie hoofdstuk 1 bijlage D. Uit de afleiding van de schematiseringsfactor volgt dat golfoverslag in de schematiseringsfactor verdisconteerd kan worden. Er hoeven dus aanvullende lokale berekeningen te worden uitgevoerd met golfoverslag/verzadigde dijk.

Advies om bij beschikbaarheid nieuwe HOB ook te beschouwen wat de gevoeligheid voor het scenario met meer overslag is. Verwachting is dat het geohydrologisch model dan ook kan worden gebruikt om ook de mate van verzadiging te bepalen.

8.5.4 Schematisering freatische lijn en stijghoogte STBU

De waterlijnen worden geschematiseerd volgens de memo Aanpak STBU binnen dijkversterkingsprojecten [40] van Waterschap Aa en Maas. De waterspanning kan in eerste instantie worden overgenomen uit de standaardverlopen uit BM-macrostabiliteit. Deze methode vereenvoudigd het verloop aan de hand van een buitenwaterstand (WBN) en basisgeometrie van de dijk (kruin en teen). Aan de binnendijkse zijde van de buitendijkse kruinlijn is de freatische lijn gelijk aan STBI. Buitendijks verloopt de freatische lijn horizontaal tot 30 cm loodrecht onder het maaiveld. Vervolgens wordt het maaiveld gevolgd tot de buitenteen. Dit houdt in dat de val na hoogwater geen maximum kent en altijd naar de buitenteen zal vallen. Op basis van peilbuizen, waterstandmeetpunten en standaardafvoergolven in het gebied is dit een aannemelijk tot conservatief uitgangspunt [39].

De stijghoogte in het watervoerend pakket verloopt lineair tussen de buitenteen (hoogte val na hoogwater) en het polderpeil binnendijks. Dit is een optimistisch uitgangspunt doordat er na-ijling van de stijghoogte zal zijn. Bij een optimalisatie van de freatische lijn moet hier rekening mee gehouden worden. De waterspanningen in de dijk zijn hydrostatisch tussen de freatische grondwaterstand en de stijghoogte. In het watervoerend pakket is de waterspanning ook hydrostatisch maar uitgaande van de stijghoogte. Het verloop is weergeven in de volgende figuur [39].



Figuur 8-3 Schematisering freatische lijn STBU [39]

8.5.5 Stijghoogte zandlagen WBN

Voor het schematiseren van het stijghoogteverloop in de zandlagen tijdens WBN wordt het stijghoogteverloop volgens het TRWD toegepast [20]. Er wordt hierbij van uitgegaan dat het TRWD een conservatief stijghoogteverloop schematiseert. Indien aanvullende peilbuismetingen beschikbaar zijn, wordt deze waarde indien mogelijk aangescherpt. Naast het WBN is de doorlatendheid van de zandlaag en de voorlandlengte die meegenomen mag worden belangrijke input voor de bepaling van het stijghoogteverloop volgens het TRWD. Welke doorlatendheid en voorlandlengte aangehouden dient te worden voor de bepaling van het stijghoogteverloop wordt nader toegelicht in respectievelijk 9.4.4 en 9.4.7.

De voorlandlengte wordt gelijk aan fictieve voorlandlengte STPH aangehouden als uitgangspunt, tot het geohydrologisch model gereed is.

In de VO2.0-fase is een impactanalyse uitgevoerd waarbij een vergelijking is gemaakt met de gehanteerd uitgangspunten voor de bepaling van de stijghoogte met het geohydrologisch model. Hieruit is gebleken dat de gehanteerde stijghoogtes conservatief zijn. Daarmee is aan het doel van de VO-fase, bepaling van het maximale ruimtebeslag, voldaan. Mogelijke optimalisaties van de stijghoogte kunnen in de DO-fase meegenomen worden. De onderbouwing van de impactanalyse wordt in de VO+ fase opgeleverd.

8.5.6 Grenspotentiaal

De stijghoogte aan de onderzijde van de slecht doorlatende deklaag kan niet groter zijn dan het gewicht van de deklaag. Als deze groter is dan het gewicht zal de deklaag opbarsten waarbij de stijghoogte zijn spanning gedeeltelijk verliest. De stijghoogte die bij de aanwezige deklaag maximaal kan optreden wordt aangeduid als de grenspotentiaal. De grenspotentiaal is van belang voor het faalmechanisme macrostabiliteit en het deel-faalmechanisme opbarsten bij piping. In de hoofdstukken van de faalmechanismes wordt toegelicht hoe met deze factoren wordt omgegaan.

8.5.7 Verloop waterspanningen en indringingslengte

De bovenste grondlaag van de kering, waaronder de kern van de dijk, wordt volledig beïnvloed door de freatische lijn in de kern. De zandlaag onder de deklaag wordt volledig beïnvloed door de stijghoogte in deze zandlaag. Ter plaatse van de slecht doorlatende deklaag geldt een harde overgangszone tussen deze waterspanningen. Veiligheidshalve wordt aangenomen dat het tijdsafhankelijke effect hier dermate snel optreedt dat er nog geen aanpassingen in de waterspanning zit in de kleilaag.

8.6 Maatgevend glijvlak

Bij STBI worden alleen glijvlakken beschouwd die direct tot falen van de waterkering en dus tot een overstroming leiden. Hierbij wordt uitgegaan van een glijvlak dat de kruin of de bovenste helft van het talud doorsnijdt.

Voor de dijkvakken waarbij er geen hoogteopgave is bij een overslagdebiet van 1 l/s/m’ en het dijkmateriaal uit klei bestaat kan het maatgevend glijvlak conform KPR [24] worden geoptimaliseerd.

Voor STBU geldt dat kleine afschuivingen die het waterkerend vermogen van de waterkering niet aantasten niet worden meegenomen. In D-Stability wordt een minimale cirkeldiepte van 1,0 meter gehanteerd.

8.7 Opbarsten

De controle op opbarsten wordt uitgevoerd conform BOI [4]. De veiligheidsfactor voor opbarsten van de deklaag voor het faalmechanisme macrostabiliteit binnenwaarts dient minimaal gelijk te zijn aan 1,2, een lagere veiligheid kan leiden tot opbarsten.

Als de opbarstveiligheid lager is dan 1,2 wordt bij deklagen dunner dan 4 m gerekend zonder geotechnische sterkte van de opbarstzone, de ϕ' of S zijn dan gelijk aan 0. Het volumegewicht wordt wel behouden. De breedte van de opbarstzone bedraagt 3x de deklaagdikte zodat de glijcirkel zeker door deze zone gaat, ook bij dunne deklagen. Indien de deklaag dikker is dan 4 m wordt geen opbarstzone toegepast.

Wanneer de opbarstveiligheid lager is dan 1,0 wordt naast de sterktereductie in de opbarstzone de grenspotentiaal voor de stijghoogte aangehouden.

N.B. bovenstaande is alleen van toepassing voor het faalmechanisme STBI, dit is niet toepasbaar voor STPH.

8.8 Dimensies versterking

De eisen volgend uit de Kader Uitgangspunten Dijkversterking [38]en Basis Specificatie Dijken (BSD)[39] worden toegepast als basis voor de versterking. Deze eisen worden verder toegelicht in PvA WSB.4. De volgende dimensies van de versterkingsoplossing worden gehanteerd:

- Stabiliteitsberm:
    - Breedte berm in stapgrootte van 0,5 m;
    - Hoogte van de kruin van de berm in stapgrootte van 0,1 m;
- Taludverflauwing in stapgrootte 1:halve getallen (talud 1:3,5, 1:4, 1:4,5, 1:5, etc.).

8.9 Restbreedtemethode

Tijdens de verkenning zijn de dijkvakken met een tuimeldijk beoordeeld met de methode tweede afschuiving volgens de KPR Factsheet "Afweging ter bepaling glijvlak voor faalmechanisme Macrostabiliteit Binnenwaarts" d.d. 20-12-2018 [27] en Rode draden nr. 3 –Werkwijze falen door macrostabiliteit [32]. Het project Meanderende Maas heeft de rode-draden-aanpak projectspecifiek gemaakt. De methode tweede afschuiving bestaat uit twee stappen, namelijk:

Stap 1: snelle en veilige beoordeling op restbreedte. Bij deze methode wordt uitgegaan van het normglijvlak en een recht verondersteld afschuifvlak van de tweede afschuiving, waarna voldoende restkruinbreedte dient te resteren. Deze snelle en veilige beoordeling op restbreedte wordt aangeduid met de afkorting (RB).

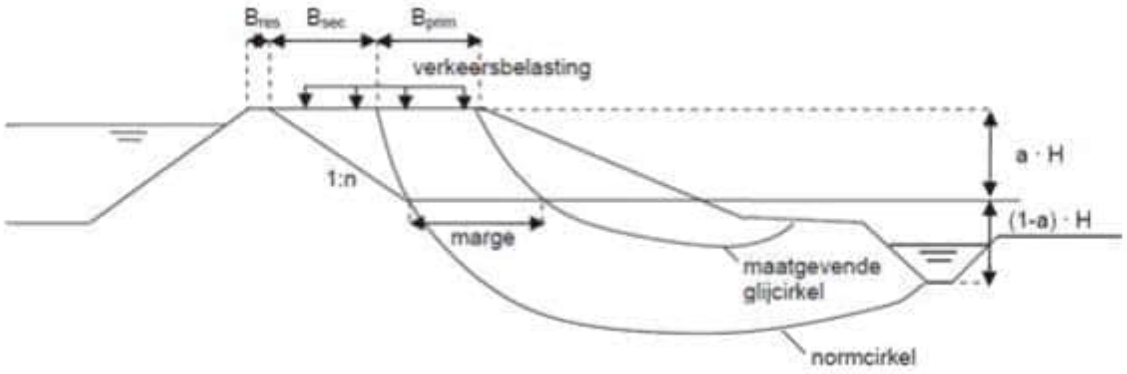
Stap 2: als de beoordeling onder stap 1 niet leidt tot goedkeuring van het dijkvak op STBI, wordt de herbeoordeling voortgezet met de projectspecifiek gemaakte aanpak volgens rode draden nr. 3 [32]. Voor het DO-ontwerp is de aanpak nog als volgt bijgesteld ten opzichte van het VO: voor het initiële afschuifvlak wordt gezocht naar de glijcirkel met een SF = 1,0 in plaats van het maatgevende glijvlak. Deze gedetailleerde tweede afschuivinganalyse wordt aangeduid met de afkorting (AF).

Op basis van de laatste inzichten bij MeMa is stap 2: de gedetailleerde tweede afschuivinganalyse (AF) komen te vervallen en wordt niet nader toegelicht.

Uitwerking stap 1) RB

In deze paragraaf is de aanpak beschreven voor het vaststellen van de glijvlakken die leiden tot een overstroming waarbij in het ontwerp – onderbouwd – rekening wordt gehouden met reststerkte na een initiële afschuiving. Het restprofiel dat overblijft na een eerste (initiële) afschuiving kan falen door een tweede, veelal

kleinere afschuiving. Bij het intredepunt van de eerste afschuiving is namelijk een steil talud ontstaan dat langs een recht of een gebogen schuifvlak opnieuw kan afschuiven.
De beoordeling of een tweede afschuiving leidt tot een zodanig falen van het restprofiel dat verlies van het waterkerend vermogen optreedt, dient uitgevoerd te worden met de waterstand bij norm. Daarbij geldt een minimaal benodigde restbreedte van de kruin (B_{res}) van 1,5 m (vanwege de onzekerheid met betrekking tot het intredepunt van het glijvlak). Deze wordt bepaald door de combinatie van de (Uplift Van) normcirkel van de eerste afschuiving en het recht veronderstelde afschuifvlak van de tweede afschuiving (zie Figuur 8-4). De normcirkel wordt verkregen door het toepassen van een forbidden line op hoogte 0.7H die begint op het binnentalud en stapje voor stapje richting kruin wordt uitgebreid tot de normcirkel met normveiligheid (SF = 1,35) is gevonden.



Figuur 8-4 aanpak restbreedte

Waarbij:

- Bres,eis ≥ 1,5 m bij beoordeling van de huidige situatie (op locaties waar geen nieuwe berm wordt aangelegd). Hiervoor wordt verwezen naar KPR factsheet ‘Relevant glijvlak’ [27].
- Bres,eis ≥ 3,0 m bij bermontwerp, bij ontwerp is de eis strenger omdat je met een relatief beperkte ingreep (geringe verlenging van de berm) een veiliger ontwerp kunt realiseren.
- Bres,eis wordt om praktische redenen geverifieerd op het niveau van aanleghoogte kruin of huidige kruinhoogte daar waar geen hoogte-opgave is. Dit is een veilige aanpak omdat de eis in principe geldt op het niveau van HBN 1,0 l/s/m 2075. Voor de gehanteerde maat van 3,0 m wordt verwezen naar Leidraad Rivieren (deel 3, par. 2.2.3 pagina 147) [34].
- n =
    - 2 voor klei;
    - 4 voor veen en zand (los tot vastgepakt);
    - 7 voor zeer losgepakt zand (in verband met vloeien).
- a = 0,3 Voor de onderbouwing van deze waarde wordt verwezen naar Tabel 2 van Technisch Rapport Actuele Sterkte van dijken (TRAS) [21]. In TRAS wordt uitgegaan van a = 0,5.
- a = 0,3 is een veiligere aanpak (meer aandrijvend gewicht).
- H = hoogteverschil tussen intredepunt cirkel en uittredepunt cirkel.

9. Piping (STPH)

9.1 Faalkanseis bij doorsnedeniveau

De faalkanseis op doorsnedeniveau is afhankelijk van de norm, de faalkansruimte en het lengte-effect. De default-factoren voor het lengte-effect voor dijktraject 36-2 zijn gehanteerd, conform de 'Handleiding Overstromingskansanalyse Dijken/Dammen deel 2 piping' [5]:

- een fractie van 0,90 van het traject dat gevoelig is voor piping;
- een lengte van 300 meter waarmee gerekend mag worden met equivalente en onafhankelijke vakken.

Tabel 9-1 Normering STPH

Traject	$P_{eis,norm}$ [-]	Trajectlengte [km]	N [-]	Faalkansruimte [-]	$P_{eis,dsn}$ [-]	$B_{eis,\ dsn}$ [-]
36-2	1/10.000	21,0	64	0,24	1/2.666.667	4,95

Voor de drie deelfaalmechanismen zijn de partiele veiligheidsfactoren bepaald conform het OI2014v4 (de vergelijkingen 4.5, 4.9 en 4.12 uit "Handreiking ontwerpen met overstromingskansen" [2]). De resultaten zijn in Tabel 9-2 opgenomen.

Tabel 9-2 Partiële veiligheidsfactoren STPH

Partiële factor	Symbool	Waarde [-]
Veiligheidsfactor voor het deelfaalmechnisme piping	γ_{pip}	1,31
Veiligheidsfactor voor het deelfaalmechnisme opbarsten	γ_{up}	1,71
Veiligheidsfactor voor het deelfaalmechnisme heave	γ_{he}	1,30

9.2 Schematiseringsfactor

In de verkenningsfase is als eerste waarde een schematiseringsfactor van 1,1 gehanteerd. In het RVO is de keuze voor een schematiseringsfactor van 1,1 nader onderzocht. Uit de bepaling (zie hoofdstuk 2 van Bijlage C) volgt dat bij de huidige manier van schematiseren de waarde van 1,1 gerechtvaardigd is.

9.3 Interactie stabiliteit en piping

In de berekeningen is de afstand tussen intredepunt en binnenteen een belangrijke parameter. Het ontwerp voor andere faalmechanismen kan leiden tot een langere kwelweg.
Indien deze wijzigt ten gevolge van het ontwerp kan dit een positief effect hebben op de pipingopgave. Bij wijziging van de locatie van de binnenteen dient een hercontrole van STPH uitgevoerd te worden.

9.4 Parameterbepaling

9.4.1 Hydraulische randvoorwaarden

De ontwerpwaterstand bij de normfrequentie van 1/10.000 (WBN) wordt gebruikt als buitenwaterstand in de pipinganalyses.

9.4.2 Polderpeil

De grondwaterstand in het achterland wordt volgens paragraaf 5.7 bepaald. In aanvulling hierop wordt voor piping de volgende richtlijn gehanteerd: het waterpeil behorend bij een volle kwelsloot is gelijk aan de hoogte van de laagste oever van de sloot (ten opzichte van NAP) binnen het dijkvak.

9.4.3 Deklaagdikte

De deklaagdikte in het voor- en achterland wordt per vak bepaald aan de hand van de beschikbare (hand)boringen, sonderingen en elektromagnetisch (EM) onderzoek [17][31]. Indien niet voldoende grondonderzoek beschikbaar is, wordt aanvullend de dikte van de deklaag geschematiseerd op basis van gegevens uit GeoTOP (bij de binnenteen) in combinatie met AHN4 (maaiveldniveau bij de binnenteen). De maatgevende deklaagdikte, voor STPH is dit de dunste deklaagdikte, wordt toegepast in de berekeningen. Deze methode is voor alle vakken toegepast.

9.4.4 Dikte en doorlatendheden zandlaag

De dikte (D) en doorlatendheid (k) van het watervoerende pakket (WVP) zijn bepaald aan de hand van de methodiek zoals deze is toegepast bij dijkversterking Meanderende Maas. Hiermee is gekozen om af te wijken van de waarden van de verkenning. Voor de doorlatendheid van het eerste watervoerende pakket wordt de hoogste doorlatendheid aangehouden, gelegen in de toplaag van het WVP. De kD-waarden zijn bepaald gebruikmakend van het (concept) geohydrologisch model waarbij de basis van het model het GRAM-model van WSAM is. De hoogste doorlatendheden liggen in modellaag 4, bestaande uit onder andere de formaties van Kreftenheije en Beegden. De dikte van het WVP is bepaald door de som van de kD's te delen door de hoogste doorlatendheid. Dit geeft een gecorrigeerde D terwijl de totale kD van het WVP gelijk blijft. Dit is de maatgevende situatie voor de pipingberekeningen, doordat de totale kD gelijk blijft kunnen deze waarden ook voor het stijghoogteverloop voor STBI gehanteerd worden.

$$D_{gecorrigeerd} = \frac{kD_{laag\ 1}}{k_{laag\ 4}} + \frac{kD_{laag\ 2}}{k_{laag\ 4}} + \cdots \frac{kD_{laag\ 19}}{k_{laag\ 4}}$$

Bij toepassing van de k-waarde in de Sellmeijer-berekeningen wordt een karakteristieke waarde gebruikt. Deze is bepaald op basis van een lognormale verdeling, uitgaande van een variatiecoëfficiënt van 0,5. Voor de bepaling van het stijghoogteverloop is uitgegaan van de gemiddelde waarden uit modellaag 4. Dit leidt tot de waarden voor de doorlatendheden voor STPH, STBI en dikte van het WVP als gegeven in Tabel 9-3. Aanvullend is contact gezocht met projecten WS Limburg en de gekozen kD vergeleken. De gekozen waarden zijn vergelijkbaar.

Tabel 9-3 Toegepaste doorlatendheid en dikte WVP

Dijkvak	k-waarde STPH [m/dag]	k-waarde STBI [m/dag]	Dikte WVP [m]
1	68,2	35,1	18,4
2	73,6	37,8	20,2
3 (keersluis)	-	-	-
4	85,9	44,2	19,9
5	95,3	49,0	20,6
6	104,1	53,5	21,7
7	108,6	55,8	21,9
8	117,2	60,2	21,3
9	128,7	66,2	20,2

Dijkvak	k-waarde STPH [m/dag]	k-waarde STBI [m/dag]	Dikte WVP [m]
10	145,5	74,8	19,3
11	111,2	57,1	15,2
12	240,9	123,8	16,9
13	282,1	145,0	16,5
14	270,9	139,3	17,0
15	243,2	125,0	19,3
16	228,2	117,3	21,8
17	229,7	118,0	22,5
18 (Grave)	-	-	-
19 (Grave)	-	-	-
20 (Grave)	-	-	-
21 (Grave)	-	-	-
22 (Grave)	-	-	-
23	258,2	132,7	23,9
24	266,5	137,0	22,3
25	260,7	134,0	22,3
26	247,0	126,9	23,5
27	201,8	103,7	13,7
28	159,3	81,9	14,2
29	145,0	74,5	14,4
30	120,3	61,8	13,5
31	110,9	57,0	12,4
32	141,1	72,5	11,6
33	154,9	79,6	11,8
34	162,6	83,6	11,5
35	164,2	84,4	9,7
36	174,6	89,7	13,2
37	185,0	95,1	15,8
38	188,8	97,1	16,6

9.4.5 Achterland

Per dijkvak wordt het maatgevende opbarstpunt voor piping bepaald. Hiervoor wordt in eerste instantie een opbarstlocatie bij de binnenteen beschouwd waarna tevens andere, op basis van expert judgement ingeschatte risicovolle locaties binnen het vak worden berekend ter bepaling van het maatgevende uittredepunt.

9.4.6 Korreldiameter

De 70-percentiel korreldiameter is bepaald op basis van enerzijds lokaal grondonderzoek en zeefkrommes en daarnaast gebruikmakend van het SOS. Het traject is opgesplitst in vijf secties, corresponderend met verschillen in de ondergrond of de hoeveelheid beschikbaar grondonderzoek. Voor een gedetailleerde toelichting voor de afleiding van de waarden wordt verwezen naar Bijlage D. De toegepaste waarden zijn gegeven in Tabel 9-4.

Tabel 9-4 Waarden d70 per dijkvak

Dijkvakken	Karakteristieke waarde [µm]	Oorsprong
Dijkvak 1	363	SOS
Dijkvak 2	363	SOS
Dijkvak 3	363	SOS
Dijkvak 4	363	SOS
Dijkvak 5	363	SOS
Dijkvak 6	363	SOS
Dijkvak 7	363	SOS
Dijkvak 8	363	SOS
Dijkvak 9	363	SOS
Dijkvak 10	363	SOS
Dijkvak 11	363	SOS
Dijkvak 12	363	SOS
Dijkvak 13	363	SOS
Dijkvak 14	363	SOS
Dijkvak 15	363	SOS
Dijkvak 16	363	SOS
Dijkvak 17	363	SOS
Dijkvak 18	363	Grave
Dijkvak 19	363	Grave
Dijkvak 20	363	Grave
Dijkvak 21	363	Grave
Dijkvak 22	363	Grave
Dijkvak 23	363	SOS
Dijkvak 24	363	SOS
Dijkvak 25	363	SOS
Dijkvak 26	363	SOS
Dijkvak 27	291	Grondonderzoek
Dijkvak 28	291	Grondonderzoek
Dijkvak 29	291	Grondonderzoek
Dijkvak 30	291	Grondonderzoek
Dijkvak 31	291	Grondonderzoek
Dijkvak 32	291	Grondonderzoek

Dijkvakken	Karakteristieke waarde [µm]	Oorsprong
Dijkvak 33	291	Grondonderzoek
Dijkvak 34	291	Grondonderzoek
Dijkvak 35	363	SOS
Dijkvak 36	363	SOS
Dijkvak 37	363	SOS
Dijkvak 38	363	SOS

9.4.7 Schematisering voorland

In overeenstemming met de verkenningsfase is indien een sloot/waterlichaam aanwezig is in het voorland op basis van het AHN4 gekeken hoe diep deze insnijdt in de deklaag. Indien de sloot insnijdt tot in het watervoerende pakket, wordt geen fictief voorland berekend en is de sloot het intredepunt. Indien er nog enige dikte van de deklaag aanwezig is onder de slootbodem ($D_{dek,sloot}$ < 1,5 m) wordt deze dikte gebruik om tot een fictief voorland te komen.

Weerstand door het voorland wordt in de methodiek cf. het BOI [5] expliciet meegenomen. Er dient altijd een controle uitgevoerd te worden of de pipe doorgroeit tot voorbij de buitenteen en kortsluiting kan maken onder het voorland. Om pipegroei onder het voorland toe te staan gelden aanvullende voorwaarden. De methodiek is uitgewerkt in BOI Handleiding Overstromingskansanalyse – Dijken en Dammen deel 2 Piping - Bijlage B [5].

Het voorland wordt geschematiseerd aan de hand van het AHN4. Het voorland dat meegenomen wordt in de analyse is begrensd door:

- de werkelijk aanwezige voorlandlengte;
- de fictieve voorlandlengte (op basis van de leklengte voorland).

De fictieve voorlandlengte is bepaald met onderstaande vergelijking:

$$L_{vl,fict} = \lambda \tanh\left(\frac{L_{vl}}{\lambda}\right), met\ \lambda = \sqrt{k_z * D_z * \left(\frac{d_{dek}}{k_{dek}}\right)}$$

Waarin:

L_{vl} : lengte van het voorland (m);
$L_{vl,fict}$: fictieve lengte van het voorland (m);
λ : leklengte van het voorland (m);
k_z, k_{dek} : doorlatendheid van respectievelijk de zandlaag en de deklaag (m/dag);
D_z, D_{dek} : dikte van respectievelijk de zandlaag en de deklaag (m).

De doorlatendheid van het voorland is door de droogstand onder dagelijks omstandigheden waarschijnlijk goed doorlatend[61]. In de berekeningen gedaan voor de optimalisatiescan 36-2[61] varieert de doorlatendheid van de deklaag tussen 0,1 en 0,7 m/dag. Als eerste inschatting wordt een doorlatendheid van 0,7 m/dag gebruikt om een leklengte te berekenen. Aan de hand hiervan kan een fictieve voorlandlengte worden bepaald.

Dit kan in een later stadium op basis van peilbuisdata geoptimaliseerd worden, indien peilbuisdata bruikbare informatie oplevert. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een hoogwatersituatie zoals in 2021. Deze situatie wordt nu meegenomen in het geohydrologisch model welke in de volgende fase wordt gebruikt.

9.4.8 Verzadigd volumiek gewicht deklaag

Hiervoor wordt gebruikt gemaakt van de parameters bepaald door Fugro in de optimalisatiescan[61]. Hierin is per WBI-SOS-segment een gemiddelde waarde (μ) bepaald. De default-waarde voor de variatiecoëfficiënt (VC = 0,05), zoals genoemd in de SH Piping [12], wordt gebruikt om de karakteristieke waarde per segment te berekenen. In Tabel 4-1 is en overzicht van deze parameters.

9.5 Geohydrologisch model

Parallel aan de standaardwerkwijze voor piping wordt het geohydrologisch model van het gebied verfijnd met nieuwe data om ook in meer detail de keringen te beschouwen. De basis van dit model is het grondwatermodel van het beheersgebied van Waterschap Aa en Maas. Het model wordt aangescherpt op basis van lokaal grondonderzoek en gekalibreerd aan peilbuismetingen. Hierna volgt een stochastische rekenstap zodat het model gebruikt kan worden om sterkteberekeningen uit te voeren met betrekking tot de deelfaalmechanismen voor piping.

Zoals in paragraaf 8.5.5 aangegeven is in de VO2.0-fase een impactanalyse uitgevoerd waarbij een vergelijking is gemaakt met de gehanteerd uitgangspunten voor de bepaling van de stijghoogte met het geohydrologisch model. Hieruit is gebleken dat de gehanteerde stijghoogtes conservatief zijn. Daarmee is aan het doel van de VO-fase, bepaling van het maximale ruimtebeslag, voldaan. Mogelijke optimalisaties van de stijghoogte kunnen in de DO-fase meegenomen worden. De onderbouwing van de impactanalyse wordt in de VO+ fase opgeleverd.

9.6 Pipingmaatregelen

Als pipingmaatregel wordt in de basis uitgegaan van een filterconstructie. In de PUF is de voorkeursmaatregel voor piping een grofzand barrière (GZB) [56]. Een GZB wordt als maatregel toegepast tenzij:

- Een verticale constructie aanwezig is voor stabiliteit → deze maatregel dient dan tevens als pipingmaatregel
- De afstand tussen bebouwing is <30 m [56] én op deze locatie is geen stabiliteitsopgave → maatregel is een ongewapende soilmixwand (voorkeursoplossing VO)
- Buitenwaarts wordt versterkt → soilmix-wand ter plaatse van de huidige buitenteen.

9.6.1 Filterconstructies

De dimensies van de GZB is afhankelijk van lokale variaties in bodemopbouw en daarnaast van de voorziene uitvoeringsmethodiek- en onzekerheden. In het VO is één ontwerp aangehouden voor de GZB, in het DO wordt een lokaal ontwerp gemaakt. De samenstelling van het barrièrezand dient o.b.v. lokaal grondonderzoek afgeleid te worden en is in dit stadium niet bepaald.
Het ontwerp is opgesteld gebruikmakend van de waarden en uitgangspunten van de pilot in Gameren [37].

De volgende dimensies worden aangehouden voor de GZB:

- Diepte in pipinggevoelige zandlaag: 1,5 m
- Inkassing in deklaag: 1,0 m
- Breedte GZB: 1,0 m

De volgende toepassingscriteria en algemene uitgangspunten worden gehanteerd:

- Beschikbare werkstrook van minimaal 10 m;
- Toepasbare lengte minimaal 30 m;
- Tussen de opbarstlocatie en de GZB moet minimaal 5 m afstand zijn;

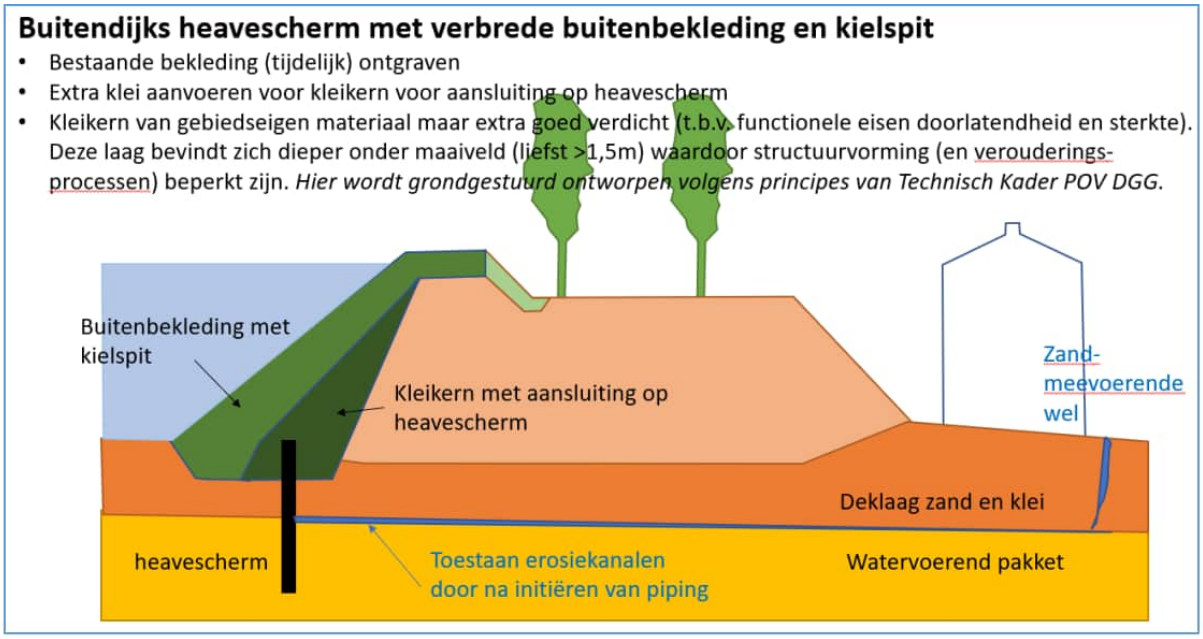
De GZB moet ter voorkoming van invloed van de opbarstlocatie op de heavegradiënt in de GZB minimaal 5 m van de opbarstlocatie gelegen zijn. Daarom wordt in geval van een stabiliteitsberm de GZB ter plaatse van de

huidige binnenteen aangelegd. Indien geen stabiliteitsberm is voorzien, moet worden toegelicht wat de locatie in het betreffende vak is.

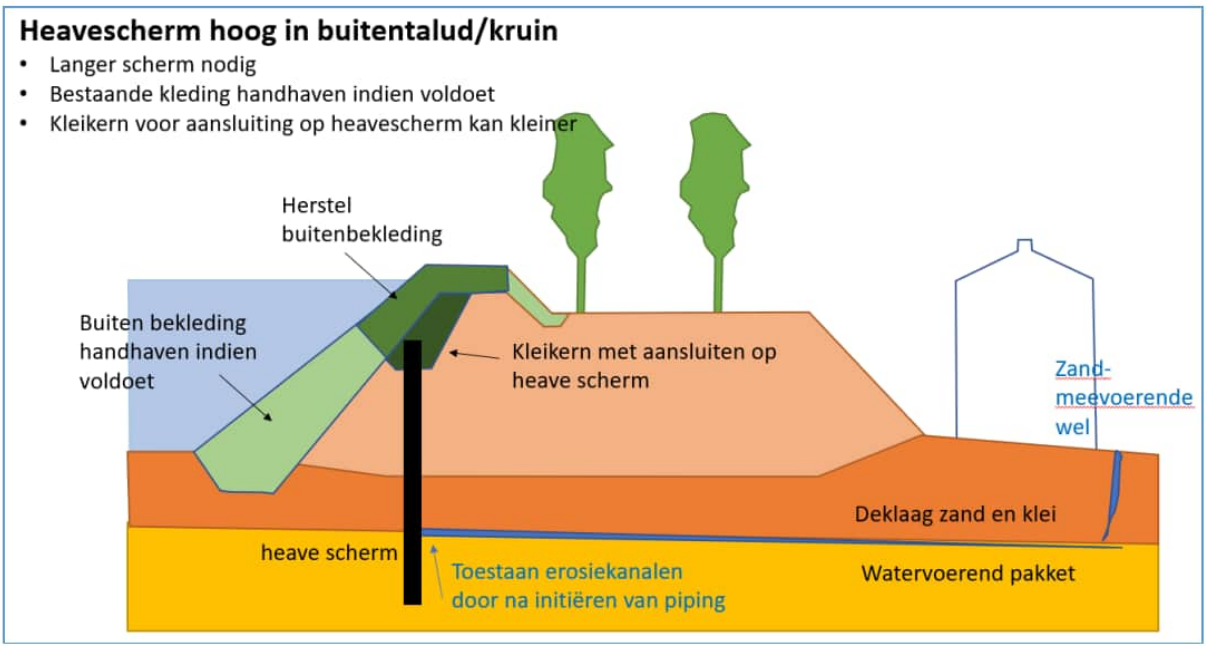
9.6.2 Verticale maatregelen

Bij de bepaling van het ontwerp en de locatie van verticale pipingmaatregelen dient naast de mogelijkheid tot uitvoering rekening gehouden te worden met de volgende randvoorwaarden:

- Op dijkvakken waar de dijk op STBI met een tweede afschuiving wordt goedgekeurd moet gegarandeerd zijn dat de gekozen maatregel ook na een afschuiving (als die optreedt) blijft functioneren. Filterconstructies als VZG en GZB kunnen alleen worden toegepast als deze buiten de glijvlakken van de eerste of vervolgafschuiving worden toegepast. In deze situatie dient een gewapende soilmix-wand in kruin, buitentalud of ter hoogte van de buitenteen te worden toegepast. Tevens moet dan ook worden gecontroleerd of een vervolgafschuiving geen negatief effect heeft op de oplossing.
- Op dijkvakken waar het pipingscherm onder het buitentalud of ter hoogte van de buitenteen komt te staan, geldt een soortgelijk probleem door de beoordelingsmethodiek voor STBU. Voor STBU geldt namelijk dat de eisen zijn afgeleid van de herstelsnelheid bij een buitenwaartse afschuiving, waarbij het waterschap ervan uitgaat de dijk te kunnen herstellen tussen twee hoogwaters als het buitentalud afschuift. Herstel van een afgeschoven buitentalud is haalbaar als het enkel om herstel van grondwerk gaat. Derhalve wordt ervan uitgegaan dat ook alle pipingschemen die onder het buitentalud of ter hoogte van de buitenteen worden gepositioneerd als gewapende soilmix-wand dienen te worden uitgevoerd. Afstemming met WSAM op dit punt is wenselijk.
- Een ander aandachtspunt bij plaatsing van een pipingscherm onder het buitentalud van de waterkering is dat er rekening moet worden gehouden met een sterkere erosievorming en verweking aan de benedenstroomse zijde van het pipingscherm dan bij een natuurlijk pipingproces onder een dijk zonder scherm waarbij evenwicht wordt gevonden aan het front van de pipingkanalen. Om kortsluiting met het buitenwater te voorkomen worden onderstaande oplossingsmogelijkheden voorgesteld, zie Figuur 9-1 en Figuur 9-2:



Figuur 9-1 Variant 1: Pipingscherm onder buitentalud, waarbij een extra dichte kleikern rond de kop van het scherm wordt aangebracht die verder aansluit op de buitenbekleding (bron: TUN MeMa)



Figuur 9-2 Variant 2: Pipingscherm onder buitentalud, waarbij het scherm hoger wordt geplaatst (bron: TUN MeMa)

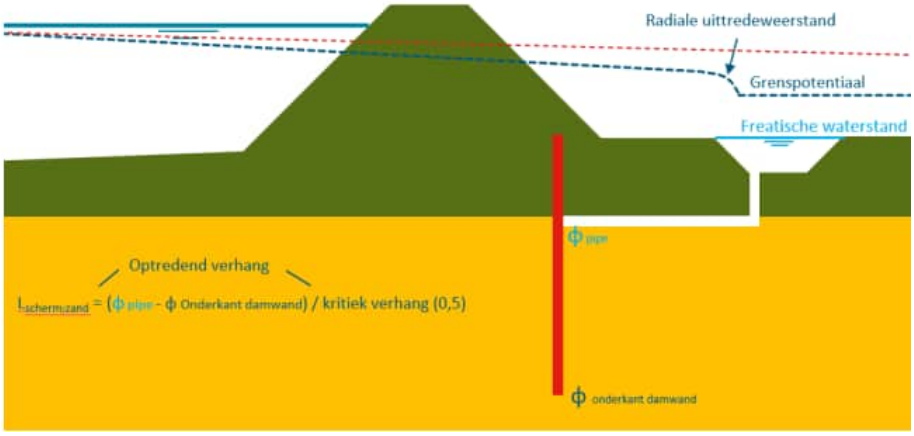
Bepaling lengte verticale maatregelen wordt toegevoegd na overleg met WSAM. Hierbij wordt de laatste kennis van MeMa en DIV opgenomen in de aanpak. Hierbij wordt verondersteld dat dit een conservatieve (grote) lengte geeft aan de schermen. In het DO dient het scherm derhalve met de nieuwste inzichten nader te worden uitgewerkt. Omdat er veel ontwikkeling is wordt nu dezelfde methodiek als bij MeMa toegepast. Daarmee is er aan het eind een duidelijk beeld van wat nader onderzoek heeft opgeleverd.

De lengte van het pipingscherm wordt bepaald middels de methode zoals toegepast zoals bij MeMa. Hierbij wordt, zoals schematisch weergegeven in Figuur 9-3, aan de bovenkant van de binnenzijde van de constructie een stijghoogte gelijk aan het polderpeil aangenomen. Dit simuleert de mogelijkheid dat een pipe zich heeft ontwikkeld vanaf de binnenteen tot het pipingscherm en hiermee een open verbinding heeft gecreëerd tussen het polderpeil en het scherm. Aan de onderzijde van het scherm wordt de stijghoogte bepaald conform de regels van het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken (TRWD) [20]. Het heave-criterium stelt vervolgens dat het stijghoogteverschil tussen de onder- en bovenkant van het pipingscherm kleiner moet zijn dan de helft van de lengte van het pipingscherm, zoals aangegeven in onderstaande vergelijking en in Figuur 9-3.

$$L_{heavescherm,zand}\, i_{cr} > \varphi_{pipe} - \varphi_{onderkant\ heavescherm}$$

Waarin:

$L_{heavescherm,zand}$:	lengte van het pipingscherm in het zand (m);
i_{cr} :	kritiek verhang (m/m) = 0,5;
φ_{pipe} :	stijghoogte in de ontwikkelde pipe (NAP +m);
$\varphi_{onderkant\ heavescherm}$:	stijghoogte aan de onderkant van het pipingscherm (NAP +m).



Figuur 9-3 Schematische weergave beschouwing pipingscherm (bron: TUN MeMa)

9.7 D-Geo flow

De eerste beoordeling wordt berekend met de formule van Sellmeijer om te bepalen of het optredende verval kleiner is dan het kritieke verval. Indien dit zinvol wordt geacht, wordt een aanvullende analyse uitgevoerd met de software D-Geo flow. Onderstaande uitgangspunten zijn van toepassing op alle vakken. Indien bij een vak van deze uitgangspunten wordt afgeweken wordt dat in de ontwerpnotitie opgenomen.

- Binnendijks is hetzelfde polderpeil gehanteerd als in de Sellmeijer-sommen.
- In alle simulaties is met een karakteristieke waarde van de korreldiameter gerekend. Deze waarden zijn overgenomen uit de basissom en zijn zo gekozen om voldoende conservatief te zijn.
- Een rivierbreedte van 81 m met een no-flow-randvoorwaarde op de rivieras schematiseren.
- De insnijding van de rivier schematiseren conform een shapefile van de bathymetrie uit rivierkundige modellering.
- Het volledige voorland is geschematiseerd in de sommen.

Onderstaande rekeninstellingen zijn overgenomen uit de User Manual van D-Geo Flow:

- zwaartekracht (g) = 9,81 m/s^2;
- MPicard = 500;
- coëfficiënt van White (sleepkrachtfactor) (η) = 0,25;
- rolweerstandshoek van zandkorrels (θ) = 37°;
- water parameters:
    - samendrukbaarheid (β) = 0 m^2/N;
    - dichtheid (β) = 1000 kg/m^3;
    - viscositeit (μ) = 0,001 N s/m^2.

10. Overige faalmechanismen dijk

Het VKA is tijdens de verkenning bepaald aan de hand van de faalmechanismen; hoogte, stabiliteit en piping. Bij het opstellen van het VKA is niet gekeken naar andere faalmechanismen, tenzij hiervoor in de verkenning noodzaak was. In het geval er in de huidige situatie al maatregelen waren voor een faalmechanisme, denk bijvoorbeeld aan een harde bekleding, dan is deze in het ontwerp opnieuw toegevoegd, maar dit is verder niet onderzocht.

In de planuitwerking worden deze mechanismen beoordeeld en indien nodig wordt het VKA-ontwerp aangepast.

10.1 Voorlanden

De voorlanden worden getoetst aan de volgende drie deelfaalmechanismen:

- golfafslag;
- afschuiven voorland;
- zettingsvloeiing.

De beoordeling van de stabiliteit van het voorland en zettingsvloeiing is in de verkenningsfase gedeeltelijk uitgevoerd door WSAM. In het VO is voor alle vakken met een voorland een nieuwe beoordeling uitgevoerd. In de analyse wordt aangesloten op de methodiek van het BOI [8]. In de groene versie (van het BOI) is hier geen aanvullende methodiek beschreven waardoor aangesloten wordt op de initiële analyse. Uit deze analyse blijkt dat in alle dijkvakken het voorland voldoet aan de gestelde eisen en er geen opgave is t.a.v. de faalmechanismen voor voorlanden. Voor een nadere toelichten ten aanzien van de uitgangspunten, methodiek en conclusie voor de beoordeling van het voorland wordt verwezen naar de notitie Analyse voorlanden [54].

10.2 Bekleding

De bekledingen zijn in het VO beoordeeld conform het BOI [6] waarbij twee faalpaden zijn beschouwd, namelijk overstromingskans door erosie van buitentalud en overstromingskans door geotechnische instabiliteit van de toplaag van het binnentalud. De methodiek en bevindingen zijn vastgelegd in de notitie “Analyse bekledingen” [55]. De bekleding bij ieder dijkvak wordt beoordeeld aan de hand van onderstaande uitgangspunten. Op basis van deze uitgangspunten kan geconcludeerd worden dat het risico op overstroming niet relevant is, óf dat aanvullende analyses nodig zijn.

Indien de volgende uitgangspunten worden gehanteerd, is het risico op overstromingen door falen van de toplaag (binnen- of buitentalud) niet relevant:

- *Het ontwerp heeft een buiten- en binnentalud van 1:3.*[4]
- *Er is sprake van een gesloten graszoden aan de buitenzijde van de dijk.*
- *Er is sprake van een kleidijk <u>of</u> check bij STBI op oppervlakkige afschuivingen (check door geen constraints in D-Stability te hanteren).*
- *Er is sprake van een kleidijk <u>of</u> opdrukken wordt uitgesloten doordat de tegendruk vanuit de toplaag groter is dan de waterdruk bij de binnenteen.*

[4] De steilheid van de binnen- en buitentaluds is over het algemeen 1:3, echter niet op alle locaties. De taluds in het traject zijn niet steiler dan 1:2,5. Daarmee wordt aan de toepassingsvoorwaarden voor GEBU voldaan, de conclusie van de analyse blijft gehandhaard.

Indien opdrukken niet uitgesloten kan worden, kan een nadere analyse worden uitgevoerd. Gezien de geometrie, bodemopbouw en het voorkeursalternatief wordt verwacht dat opdrukken niet tot een reële overstromingskans leidt.

Daarnaast is er een eis dat de bekleding erosiebestendig moet zijn (SES-00024). Daarom wordt uitgegaan van minimale kleidikte van 0,8 m. Indien er onvoldoende aanwezig is en er binnenwaarts wordt versterkt, dient de dijk gedeeltelijk te worden afgegraven waarna 0,8 m dik kleipakket over het hele buitentalud wordt toegepast.

10.3 Microstabiliteit

Voor kleidijken speelt micro-instabiliteit geen rol van betekenis. In geval van dijken met een zandkern of zandinclusies kan micro-instabiliteit wel een rol van betekenis spelen.

Bij dijken met een zandkern wordt micro-instabiliteit beoordeeld conform het BOI onder toetsspoor GABI en leidt mogelijk tot een additionele eis aan de dikte van de bekleding op het binnentalud naast de standaard-eisen vanuit erosiebestendigheid.
Daar waar gerekend wordt met een restprofiel dient een additionele toets plaats te vinden op mogelijke aantasting van het restprofiel door micro-instabiliteit conform KPR-factsheet 'Relevant Glijvlak' [27].

Het restprofiel dat overblijft na een eerste afschuiving kan falen door micro-instabiliteit. Bij het intredepunt van de eerste afschuiving is een steil talud ontstaan en komt een deel van de dijkkern bloot te liggen. Bij een restprofiel dat uit ondoorlatende materialen zoals klei bestaat zal micro-instabiliteit niet optreden. Er is dan geen sprake van uittredend water. Als door een eerste afschuiving een deel van de zandkern bloot komt te liggen kan uitstromend grondwater zorgen voor verdere erosie van de zandkern. Bij een restprofiel dat uit niet-cohesieve doorlatende materialen bestaat zoals zand en de ligging van de freatische lijn lager is dan de bovenkant van de afgeschoven grondmoot zal micro-instabiliteit niet optreden.

11. Langsconstructies

Binnen het dijkversterkingsproject is het uitgangspunt vanuit het waterschap om te kiezen voor een grondoplossing. Er dient bij de keuze voor een langsconstructie dan ook een onderbouwing te zijn waarom er toch voor een constructie wordt gekozen.

In de innovatiescan worden meerdere aandachtspunten aangaande de langsconstructies uitgewerkt. Indien inzichten voldoende uitgezocht zijn, worden uitgangspunten aangaande de technieken overgenomen. De rapportage bevat tevens een trade-off matrix met aandachtspunten en toepassingsgebieden/adviezen. Dit is de basis voor de keuze van een bepaald type constructie.

Het traject heeft buiten de aansluitingen met kunstwerken en Grave (wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 12 geen langsconstructies. De beschrijving van het hoofdstuk is dan ook voornamelijk gericht op het ontwerp van nieuwe constructies, maar wordt wel zo geschreven dat ook een toetsing van bestaande constructies mogelijk is.

11.1 Toegepaste grondmodellen en -parameters

Voor het ontwerpen in het OI2014v4 [2] wordt gebruik gemaakt van het SHANSEP CSSM-model in Plaxis voor het modelleren van het grondgedrag. In hoofdstuk 4 is beschreven hoe dit voor de met grond versterkte dijkvakken wordt berekend. Voor constructies wordt in Plaxis gebruik gemaakt van een gelijkwaardige methodiek conform de vigerende leidraden PPE [14] en PPL [15].

11.1.1 CSSM ongedraineerd in D-Stability

Voor een versterking in grond wordt in D-Stability gerekend met een ongedraineerd critical state model (CSSM) om de sterkte van de grond te modeleren. In D-Stability is het echter niet mogelijk om constructies mee te nemen. Daarom wordt overgestapt op Plaxis. De keuze van de verschillende grondmodellen en hun achtergrond heeft invloed op het resultaat. Om aan te tonen dat een berekening in Plaxis een gelijkwaardig resultaat geeft als de berekening met D-Stability wordt een vergelijking gemaakt tussen beide modellen voor een ‘groene dijk’ (dijk zonder constructie) op basis van de huidige kering. Conform de PPL dient het verschil in berekende stabiliteitsfactor kleiner te zijn dan 6%.

11.1.2 CSSM in Plaxis

In Plaxis dient gebruik te worden gemaakt van verschillende grondmodellen. De volgende worden toegepast:

- Het Hardening Soil (HS) model is gebaseerd op het bezwijkgedrag van het Mohr Coulomb (MC) model en wordt in de Plaxis-berekening gebruikt voor de zandlagen.
- Het Soft Soil Creep (SSC) model wordt in de eerste rekenstappen gebruikt voor klei- en veenlagen. De reden om hier geen HS toe te passen is dat het lange-termijn-gedrag (kruip) van klei- en veengrond met dit model beter wordt beschreven.
- SHANSEP NGI-ADP: Voor de opzet en het bepalen van de initiële spanningen is gekozen om van HS of SSC gebruik te maken. Wanneer gerekend wordt aan het falen van de waterkering, wordt de overstap naar CSSM gemaakt om zodoende aan te sluiten bij de veiligheidsfilosofie zoals in het BOI is beschreven. Voor de rekenstappen waarin de uiteindelijke toetsing van het ontwerp wordt uitgewerkt, wordt voor de ongedraineerde lagen van het SSC (een MC-model) overgestapt op het SHANSEP NGI-ADP model (een CSSM-model).

11.1.3 Stijfheden grondlagen

Rekenwaarden stijfheden

Conform de PPL wordt voorgeschreven om de verwachtingswaarden toe te passen en deze afhankelijk van het type constructie met een factor 1,5 te verhogen of te verlagen, zie tabel 11-1.

Tabel 11-1 Stijfheid van de grond in de rekenfasering PPL [15]

	Aan te houden stijfheid grond	
	Verankerde constructie	*Onverankerde constructie*
Vervormingstoets (Fase 1 t/m 4):		
Alle grondlagen	Lage stijfheid	Lage stijfheid
Constructieve toets en stabiliteitstoets (Fase 1 t/m 6):		
Grondlagen waar inklemming wordt bereikt	Lage stijfheid	Hoge stijfheid
Overige grondlagen	Lage stijfheid	Lage stijfheid

Stijfheden zandlagen

De stijfheden van de (Pleistocene) zandlaag worden gevalideerd met de gemeten conusweerstand uit de sonderingen. Indien de verschillen met de parameterset in dezelfde orde zijn, wordt vastgehouden aan de parameterset van de proevenverzameling.

Tabel 11-2 Stijfheidsparameters Hardening Soil, met lage en hoge stijfheidswaarde

Grondsoort	**E_{50ref} [kPa]**	**$E_{oed-ref}$ [kPa]**	**E_{ur-ref} [kPa]**	**m^* [-]**	**OCR [-]**	**ν_{ur} [-]**
Zand	30.000/45.000	30.000/45.000	90.000/135.000	0,5	1,1	0,15

Stijfheden klei- en veenlagen

Er is geen specifieke afleiding uitgevoerd om de stijfheden van klei te bepalen. Gekozen is om de waarden vanuit MeMa over te nemen.

Tabel 11-3: Stijfheidsparameters SSC

Grondsoort	**ϕ' [°]**	**Ψ [°]**	**λ^* [5] [-]**	**κ^* [5] [-]**	**μ^* [5] [-]**	**ν_{ur} [6] [-]**
Klei dijkmateriaal	31,4	0	0,074	0,015	0,0015	0,2
Klei dilatant	31	0	0,071	0,018	0,0015	0,2
Klei contractant	31	0	0,15	0,022	0,006	0,2
Klei humeus/veen	30[5]	0	0,22	0,15	0,011	0,2

[5] Overgenomen van MeMa
[6] Overgenomen van SAFE, dit zijn laag representatieve waarden

Tabel 11-4: Stijfheidsparameters SHANSEP

Grond-soort	$\gamma_f^{c\,5}$ [%]	$\gamma_f^{E\,5}$ [%]	$\gamma_f^{DSS\,5}$ [%]	G / $s_u^{A\,5}$ [-]	$s_u^A{}_{ref}$ [kN/m²]⁶	γ_{ref} [m ref lvl]⁶	$s_u^A{}_{inc}$ [kN/m²/m]⁶	s_u^P / s_u^A [-]⁶	τ_0 / s_u^A [-]⁶	s_u^{DSS} / s_u^A [-]⁶	ν [-]⁶	ν_u [-]⁶	E_{oed}^{ref} [kN/m²]⁶	$\phi_{inter-face}$ [°]⁶
Klei contrac-tant	5	10	8	200	0	0	0	0,98	0,7	0,99	0,3	0,495	400	20
Klei humeus / veen	8	15	12	90	0	0	0	0,98	0,7	0,99	0,3	0,495	400	20

Wandwrijvingshoek

De grond-constructie-interactie wordt in Plaxis bepaald door de schuifsterkte te vermenigvuldigen met een op te geven waarde R_{inter}. Vooralsnog worden de waardes conform PPE [14] van 2/3 aangehouden. In het geval van fluïdatie wordt een waarde van 1/2 aangehouden. Deze keuze sluit aan bij de PPL en wijkt af van MeMa waar op basis van ervaring en sonderingen een aanscherping is gemaakt. In een nadere uitwerking kan worden overwogen om deze methodiek toe te passen, maar deze optimalisatie is gezien dit ook afhankelijk is van de bodemopbouw niet passend bij het methodiek en het detailniveau van het VO.

11.1.4 Soortelijk gewicht water

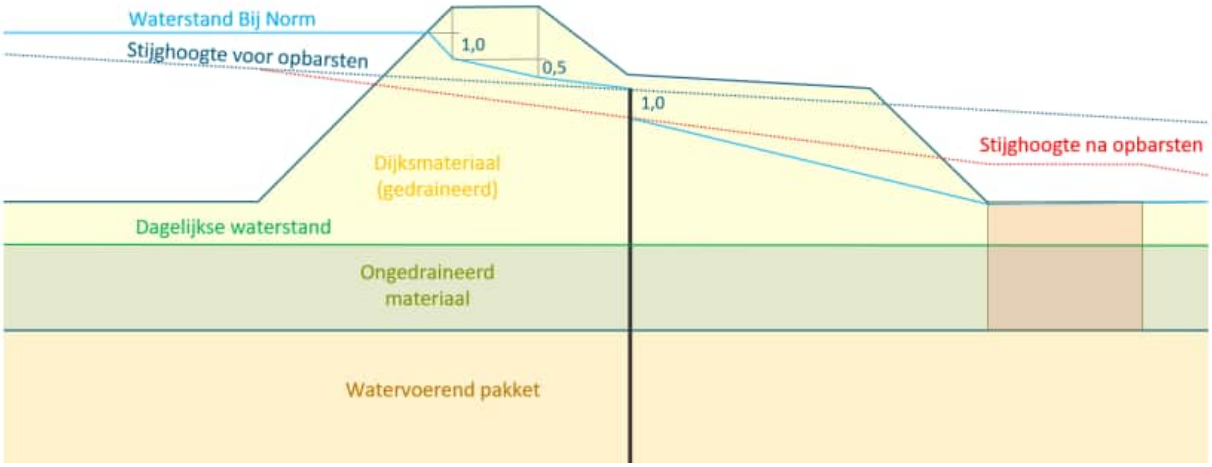
Om aan te sluiten bij de berekeningen met D- Stability wordt ook in Plaxis een soortelijk gewicht van water van 9,81 kN/m^3 toegepast.

11.1.5 Buitenwaterstand

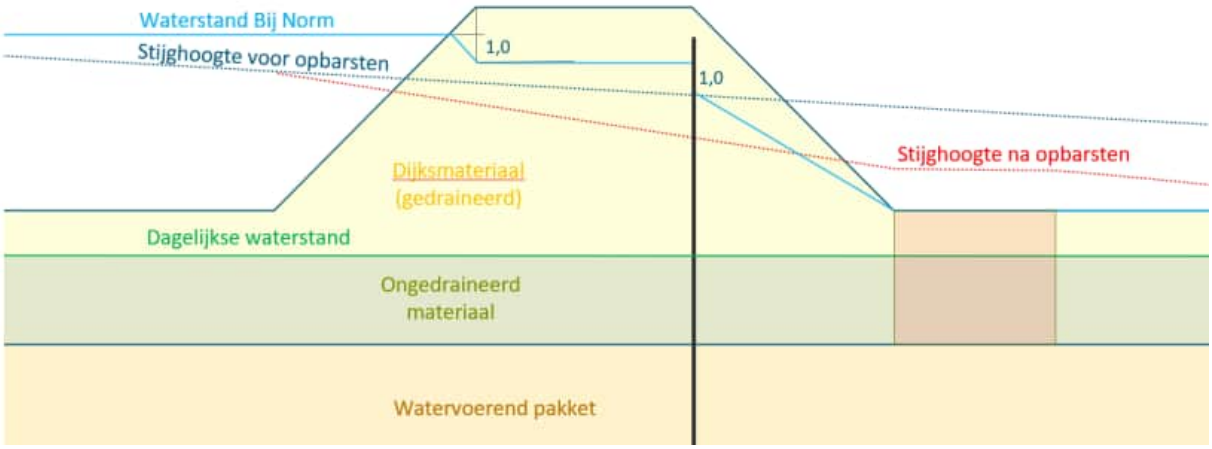
Zoals in hoofdstuk 2 is aangegeven, wordt uitgegaan van een planperiode van honderd jaar voor de constructies. De hydraulische condities dienen dan ook te worden bepaald voor het zichtjaar 2075 en 2125.

11.1.6 Freatische lijn bij WBN

Door de aanwezigheid van een verticale constructie vindt er een verstoring plaats in de freatische lijn ter plaatse van de constructie. Voor het verloop van de freatische lijn bij WBN bij verticale constructies worden hierbij de uitgangspunten van Meanderende Maas overgenomen. Hierbij is vastgesteld dat de freatische lijn aan de rivierzijde van de constructie gelijk is aan de bovenkant van de constructie met een maximum van 1 meter onder WBN 2125. Aan de binnenzijde van de constructie wordt rekening gehouden met een verval van 1 meter. De twee situaties zijn weergegeven in Figuur 11-1 en Figuur 11-2.



Figuur 11-1: Schematische weergave van de schematisering van de freatische lijn tijdens hoog water voor een tuimeldijk met verticale constructie lager dan WBN -1 meter



Figuur 11-2: Schematische weergave van de schematisering van de freatische lijn tijdens hoog water voor een dijk met verticale constructie hoger dan WBN -1 meter.

Wanneer een scherm dichter dan 3,0 m van het punt buitentalud en waterstand bij norm staat wordt de waterstand horizontaal doorgetrokken (geen afname) tenzij hier een onderbouwing voor is. Aan de binnenzijde wordt geschematiseerd zoals hier al eerder is beschreven.

Voor aanvang van het VO+ wordt de methodiek verder beschreven. Verwachting is dat het geohydrologisch model dan kan worden gebruikt om keuzes te onderbouwen.

11.1.7 Stijghoogteverloop tijdens WBN

Voor het stijghoogteverloop wordt het stijghoogteverloop zoals toegelicht in paragraaf 8.5.5 aangehouden.

11.1.8 Kruinhoogte

Voor (nieuwe) constructies dient een beschouwing voor zowel zichtjaar 2075 als zichtjaar 2125 te worden gemaakt. Uitgangspunt is dat de hoogte van een constructie wordt uitgevoerd voor 2075, waarbij het ontwerp uitbreidbaar moet zijn om ook in 2125 aan de gestelde eisen te voldoen.

Conform het kader uitgangspunten dijkversterking [38] kan op basis van een LCC-analyse een andere levensduur of versterking voor de gehele levensduur 2125 worden gekozen. In de afweging dienen naast technische en financiële ook de maatschappelijke aspecten te worden afgewogen.

11.1.9 Locatie van constructies

In het VO wordt op basis van expert judgement de locatie van de constructie voor de berekening gekozen. Voor de verdere uitwerking naar het DO wordt een gebied waarbinnen de oplossing mogelijk is gedefinieerd. In de nadere uitwerking is dan de vrijheid om op basis van uitvoerbaarheid, trillingen, kosten, etc. de locatie verder te optimaliseren.

11.1.10 Berekening en uitwerking in tekening

In de berekening moet de verticale constructie voldoen aan de uitbreidbaarheidseis van een levensduur van honderd jaar. Deze situatie is in het kader van de belasting de maatgevende situatie. Daarom worden de constructieve berekeningen uitgevoerd uitgaande van de situatie 2125. Daarmee wordt rekening gehouden met de volgende aspecten;

- belasting als gevolg van gewicht van de grondlichaam in 2125;
- opgetreden corrosie in 2125;

- hydraulische belasting in 2125;
- Voor bepaling verticale lengte bij piping, opgave tot 2125;

Door te rekenen met de configuratie voor 2125 voldoet de verticale constructie op sterkte en stijfheid aan de condities van 2125.

In de vertaling van de berekening naar een ontwerp in het BIM-model moet er een vertaling worden gemaakt naar wat wordt uitgevoerd. Hierbij wordt voor het grondlichaam de hoogte 2075 aangehouden.
In de berekeningen wordt de verticale constructie tot aan maaiveld gedimensioneerd. In het BIM-model wordt de verticale constructie 0,2 m onder het maaiveld verwerkt. Daarmee blijft, uitgaande van bodemdaling, de bovenkant van de verticale constructie onder het maaiveld en steekt niet uit.

11.2 Soilmix-wand

Voor het ontwerp tijdens de planuitwerkingsfase wordt uitgegaan van een soilmix-wand. Hierbij horen de volgende materiaal eigenschappen:

- Breedte wand: Hsm = 0,55 m (praktische breedte wand is 0,6 m).
- Hart-op-hart-afstand stalen profielen: Bc1 = 1,1 m.
- Lage stijfheid soilmix-wand in kleiondergrond: Esm = 2000 MPa.
- Axiale stijfheid: EA = Esm*Hsm/Bc1 = 200 mPa * 0,55 m / 1,1 m = $1{,}0*10^6$ kN/m'.
- Toepassing IPE-360 stalen profielen met staalkwaliteit S320GP;
    - gewicht: w = 14,0 (gewicht soilmix in kg/m^3) * 0,55 (breedte) * 1 (per 1 m diepte wand) + 0,582/1,1 (gewicht IPE-360 profiel in kg/m in stekkende meter soilmix-wand) = 8,23 kN/m/m';
    - buigstijfheid: EI = $5{,}46*10^{13}$ Nmm / 1,1 m = $4{,}96*10^4$ kNm^2/m' [36];
    - maximaal toelaatbaar moment = 244,1 kNm / 1,1 m = 221,91 kNm/m' [36];
    - maximaal toelaatbare dwarskracht = oppervlakte profiel A_v* vloeigrens f_y / √3 /partiele materiaalfactor voor de weerstand op sterkte γ_{M0} /1000 = 3513,72 * 235 N/mm^2 / √3 / 1 / 1000 = 477 kN/m;
    - maximaal toelaatbare normaalkracht = oppervlakte profiel A_{corr}*vloeigrens f_y/partiele materiaalfactor voor de weerstand op sterkte γ_{M0} / 1000 = 7273 mm^2 * 235 N/mm^2 / 1 / 1000 = 1709 kN/m.
- Er wordt in de Plaxis berekeningen vooralsnog gebruik gemaakt van een puntveer met een axiale stijfheid EA van $1*10^5$ kN.
- Voor de soilmix-wanden geldt dat geen rekening gehouden dient te worden met een corrosietoeslag.

Het hier voorgestelde materiaal kan van worden afgeweken indien nodig geacht. Dan zal dit hier als wijziging worden toegevoegd. Voor de profielen waarbij een IPE-360 niet tot een doeltreffend ontwerp leidt wordt een HEA-360 profiel toegepast. Hierbij horen de volgende afwijkende materiaaleigenschappen:

- gewicht: w = 14,0 (gewicht soilmix in kg/m^3) * 0,55 (breedte) * 1 (per 1 m diepte wand) + 1,142/1,1 (gewicht HEA-360 profiel in kg/m in stekkende meter soilmix-wand) = 8,74 kN/m/m';
- buigstijfheid: EI = $8{,}94*10^{13}$ Nmm / 1,1 m = $8{,}13*10^4$ kNm^2/m' [36];
- maximaal toelaatbaar moment = 494,4 kNm / 1,1 m = 449,45 kNm/m' [36];
- maximaal toelaatbare dwarskracht = oppervlakte profiel A_v* vloeigrens f_y / √3 /partiele materiaalfactor voor de weerstand op sterkte γ_{M0} /1000 = 4895,78 * 235 N/mm^2 / √3 / 1 / 1000 = 664 kN/m;
- maximaal toelaatbare normaalkracht = oppervlakte profiel A_{corr}*vloeigrens f_y/partiele materiaalfactor voor de weerstand op sterkte γ_{M0} / 1000 = 14276 mm^2 * 235 N/mm^2 / 1 / 1000 = 3355 kN/m.

In het VO wordt uitgegaan van een minimale inbedding van 3 m om voldoende draagkracht te verkrijgen. Bij het bepalen van de diepte van de onderzijde van de verticale constructie dient rekening te worden gehouden met de pipingopgave. Daarnaast kan het zijn dat de minimale diepte bepaald wordt door de diepte benodigd voor voldoende inklemming (maximale vervorming).

11.3 Ankers

Het VO is gericht op het krijgen van inzicht of verankering nodig is. Het benodigde type verankering wordt kwalitatief beschreven en dient in een vervolgfase nader te worden uitgewerkt.

Corrosie

Op het moment van verschijnen van de PPL is bekend dat er gewerkt wordt aan een praktijkrichtlijn voor corrosie maar dat deze nog niet beschikbaar is en dat zodoende uitgegaan moet worden van een afname in diameter van de ankerstaaf van 12 mm bij een levensduur van honderd jaar. Inmiddels is de nieuwe norm voor corrosie NEN 6766 [30] echter wel beschikbaar. In deze norm wordt voor ankerstaal dat zich niet permanent onder de grondwaterstand bevindt een afname van de diameter van 11 mm bij een levensduur van honderd jaar voorgeschreven (NEN 6766, Tabel 4, groep 4 funderingselement met grondconditie II).

Indien verankering nodig is zal in het VO uit worden gegaan van de volgende zaken, deze zijn niet nader uitgewerkt, maar zijn puur referentie waarde voor de raming:

- Type: GEWI50T.
- Axiale stijfheid: EA = oneindig stijf.
- Hart-op-hart-afstand: om de twee staalprofielen = 2,2 m.
- Lengte: Anker tot dezelfde diepte als de verticale constructie met een hoek van 45° geeft een totale lengte van lengte constructie * √2. Voor de lengte van de groutprop wordt nu een lengte van 7 m aangenomen die dan moet worden toegevoegd.
- Voor de ankers wordt uitgegaan met een dubbele corrosiebescherming.

11.4 Restafschuivingen

11.4.1 Restprofiel instabiliteit hoogwater

Een constructie wordt toegepast op locaties waar het grondlichaam niet kan worden gerealiseerd binnen het beschikbare profiel. Doel van de constructie is de garantie dat de kering na een eerste afschuiving voldoet aan de waterveiligheid. Net als bij de restbreedtemethode (paragraaf 8.9) dient in het ontwerp rekening te worden gehouden met afschuivingen. Dit wordt uitgewerkt in Plaxis conform paragraaf 3.5.6 uit de PPE [14], waarbij wordt uitgegaan van een overslagdebiet van 1 l/s/m of kleiner. Hierbij is voor de schematisering van het restprofiel de grond aan de binnenzijde van de constructie met 2/3 van de hoogte tussen maaiveld achterland en kruin verlaagd. Bovendien is er een sterktereductie van 30% toegepast in de grond aan de binnenzijde van de constructie op de locatie waar het maatgevende glijvlak aanwezig is.

11.4.2 Afschuivingen of ontgronding door NWO's

In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met mogelijke schades, instabiliteit of ontgrondingen aan de binnenzijde van het scherm als gevolg van NWO's. Voor de beschrijving van hoe dergelijke ontgrondingen moeten worden gemodelleerd wordt verwezen naar hoofdstuk 15.

11.5 Rekenfasering

De Plaxis-berekening is opgesteld conform het voorgeschreven stappenschema uit de PPE (rekenschema B [14]). Een overzicht van deze fases is gegeven Tabel 11-5. Een overzicht van de instellingen betreffende de verschillende fases is weergegeven in Tabel 11-6.

Tabel 11-5: Rekenfasering PLAXIS 2D berekening (LC = Langsconstructie, GD = Groene dijk)

Nr.	Naam	Start na	Doel
1a)	LC- Initiële fase	-	Opzet model met huidige dijkopbouw; K_0-procedure. Er wordt een K_0-procedure toegepast om de veldspanningen en grensspanning voor alle materiaalmodellen te initialiseren bij de initiële geometrie en de dagelijkse waterspanningen. Hier wordt ook de belastingsgeschiedenis (POP) toegevoegd.
1b)	LC- Nulstap	1a)	Om na spanningspreiding een nieuw evenwicht te vinden wordt de initiële K_0-procedure gevolgd door een nulstap.
1c)	LC- Initiële consolidatiefase	1b)	Het meenemen van kruipeffecten als gevolg van laatste ophoging.
2)	LC- Dijkversterking	1c)	Activeren grondaanvulling (hoogte + herprofileringen buitentalud), constructie en eventueel verankering.
3a)	LC- Lange termijn bodemdaling	2)	Het beschouwen van zettingen.
3b)	LC- Zakkende grond op ankers	3a)	In het geval er een verankering nodig is voor stabiliteit, wordt in deze fase de voorspanning ingevoerd. Berekening daarvan volgt uit SWNL-Ankerzakking Excelsheet.
4a)	LC- WBN toetspeil	3b)	Belastingssituatie aanbrengen (WBN). Indien met een restprofiel gerekend wordt is in deze fase het restprofiel aanwezig
4b)	LC- Vervormingen toets	4a)	Overstap naar SHANSEP-model (special option 1), deactiveren puntveer en activeren verkeersbelasting.
5)	LC- Constructieve toets	4a)	Over naar SHANSEP-model (special option 1), puntveer blijft geactiveerd, activeren verkeersbelasting, overstap rekenwaarden (via de aangemaakte design approach).
6a)	LC- Verwijderen puntveer	5)	Verwijderen puntveer (tussenstap).
6b)	LC- Geotechnische toets (Phi-c reductie)	6a)	Analyse geotechnische stabiliteit door middel van een phi-c reductie. Controle safety factor > γ_b.GEO (schematiseringsfactor geotechnisch falen).
7)	GD - Dijkverbetering GD	1c)	Activeren grondaanvulling (hoogte + herprofileringen buitentalud).
8a)	GD - Dagelijkse waterstand	7)	Dagelijkse waterstand.
9a)	GD - Switch naar SHANSEP	8a)	Overstap naar SHANSEP-model en activeren verkeersbelasting.
10a)	GD - Geotechnische toets (Phi-c reductie)	9a)	Analyse geotechnische stabiliteit door middel van een phi-c reductie. Vergelijking safety factor met D-Stability-berekening (+/- 6% marge). Eventueel opschaalfactor gebruiken als SF < 1,0 (= “Soil body collapse” error). Dit d.m.v. Design approach op de S (in Plaxis α) maar die mag niet groter dan 1,3 zijn.
8b)	GD - WBN toetspeil	7)	Belastingssituatie aanbrengen (WBN).
9b)	GD - Switch naar SHANSEP	8b)	Overstap naar SHANSEP-model en activeren verkeersbelasting.
10b)	GD - Geotechnische toets (Phi-c reductie)	9b)	Analyse geotechnische stabiliteit door middel van een phi-c reductie. Vergelijking safety factor met D-Stability-berekening (+/- 6% marge). Eventueel opschaalfactor gebruiken als SF < 1,0 (= “Soil body collapse” error). Dit d.m.v. Design approach op de S (in Plaxis α) maar die mag niet groter dan 1,3 zijn.

Tabel 11-6: Rekeninstellingen per rekenfase PLAXIS 2D (LC = Langsconstructie, GD = Groene dijk)

Nr.	Naam	Time interval	Special option	Ignore undr.	Reset disp.	Reset ss.	Ignore suction
1a)	LC- Initiële fase	0	0	-	-	-	x
1b)	LC- Nulstap	1	0	x	x	x	x
1c)	LC- Initiële consolidatiefase	3650	0	x	x	x	x
2)	LC- Dijkversterking	1	0	x	x	x	x
3a)	LC- Lange termijn bodemdaling	36500	0	x	x	x	x
3b)	LC- Zakkende grond op ankers	1	0	x	x	x	x
4a)	LC- WBN toetspeil	1	0	x	x	x	x

4b)	LC- Vervormingen toets	1	1	-	-	-	x
5)	LC- Constructieve toets	1	1	-	-	-	x
6a)	LC- Verwijderen puntveer	1	0	-	-	-	x
6b)	LC- Geotechnische toets (Phi-c reductie)	1	0	-	-	-	x
7)	GD - Dijkverbetering	1	0	x	x	x	x
8a)	GD - Dagelijkse waterstand	1	0	x	x	x	x
9a)	GD - Switch naar SHANSEP	1	1	-	-	-	x
10a)	GD - Geotechnische toets (Phi-c reductie)	1	0	-	-	-	x
8b)	GD - WBN toetspeil	1	0	x	x	x	x
9b)	GD - Switch naar SHANSEP	1	1	-	-	-	x
10b)	GD - Geotechnische toets (Phi-c reductie)	1	0	-	-	-	x

x = aangevinkt, - = uitgevinkt

11.6 Vereiste stabiliteitsfactor

In Tabel 6-1 is de afleiding van de vereiste stabiliteitsfactor weergegeven voor de verticale constructies.

Tabel 11-7: Vereiste stabiliteitsfactor (cf. PPE & PPL).

Parameter	Symbool	Waarde STBI	Waarde STBU
Factor voor decompositie faalkansen (GEO, STR:DW en STR:ANK)	-	33%	33%
Betrouwbaarheidsindex op doorsnede	$\beta_{eis;dsn;GEO;STR;ANK}$	5,01	3,46
Schadefactor (verankerd)	$\gamma_{n;LC;GEO;STR;ANK}$	1,16	0,93
Schadefactor (groene dijk)	$\gamma_{n;GD}$	1,16	0,93
Modelfactor (grond)	$\gamma_{d;EEM}$	1,06	1,06
Modelfactor (vervorming)	$\gamma_{d;vervorming}$	1,30	1,30
Schematiseringsfactor	$\gamma_{b;LC;GEO}$	1,10	1,10
Schematiseringsfactor	$\gamma_{b;LC;STR,ANK}$	1,10	1,10
Belastingeffect-factor	$\gamma_{add;damwand}$	1,01	1,01
Vereiste stabiliteitsfactor (verankerd)	$\gamma_{n;LC} \cdot \gamma_d$	1,23	0,99
Vereiste stabiliteitsfactor (groene dijk)	$\gamma_{n;GD} \cdot \gamma_d$	1,23	0,99

11.7 Omgevingsbeïnvloeding

Het type maatregel volgt niet alleen uit de technische mogelijkheid om deze te realiseren, maar is ook afhankelijk van de te verwachten schade aan de omgeving. Het uitgangspunt is dat schadevermijdend wordt gewerkt. Op basis van de TOM voor constructies is nu een keuze voor de referentie gemaakt voor toepassing van een trillingsvrije Soilmix-wand, maar oplossing wordt in DO voor de aannemer vrijgehouden om gepaste techniek te kunnen kiezen.

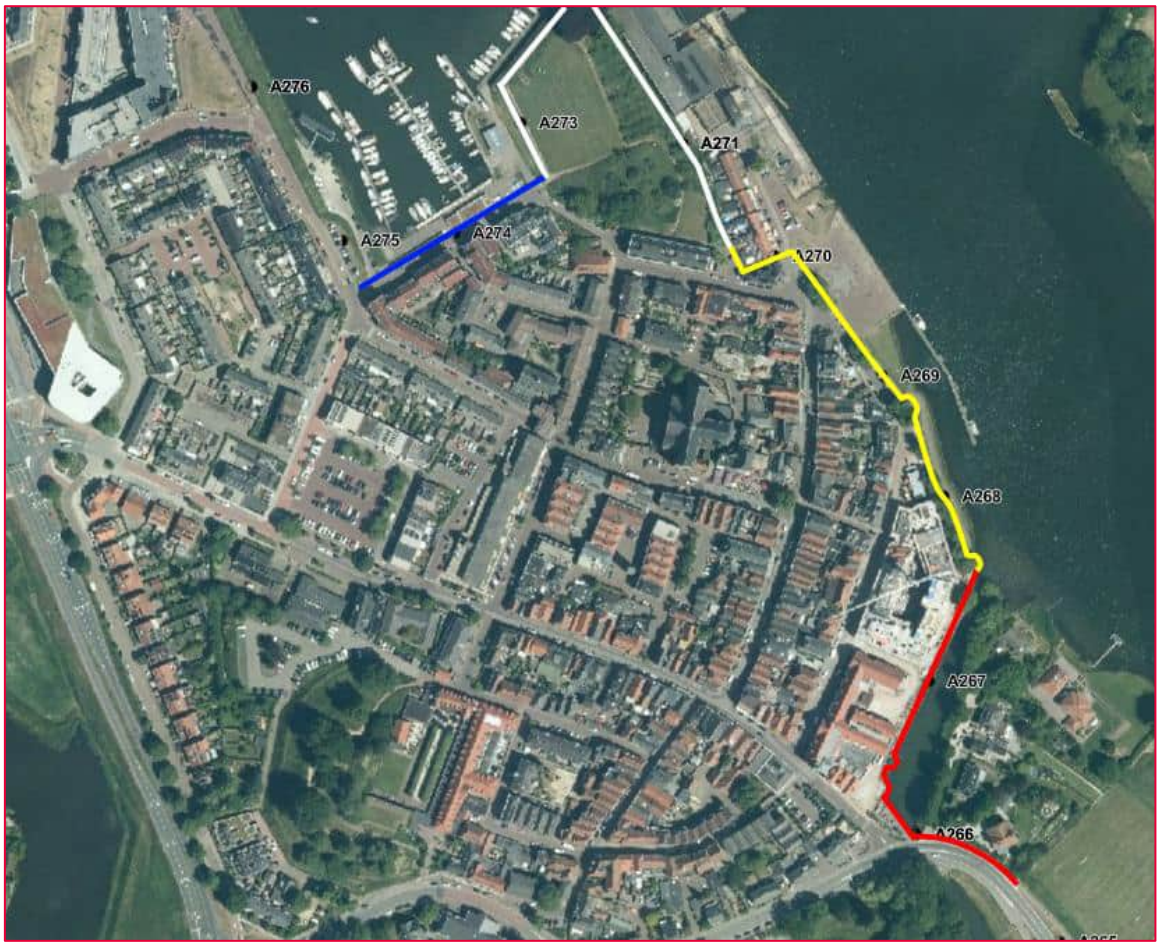
11.7.1 Grondvervormingen

Algemeen beeld is dat de grondvervormingen als gevolg van de versterking relatief zullen meevallen. Dit kan echter niet worden uitgesloten. In het uitvoeringsplan en ook tijdens het uitvoeren van het ontwerp wordt op basis van expert judgement rekening gehouden met de kans op schade gedurende realisatie.

12. Grave

12.1 Algemeen

Het deelgebied Grave, zoals beschreven in hoofdstuk 4.1, beslaat de dijkvakken in en nabij Grave. Rondom Grave wordt de waterveiligheid verzorgd door gronddijken. In Grave wordt de waterveiligheid verzorgd door middel van constructies. Dit betreft het gedeelte tussen dijkvak 17 ter hoogte van dijkpaalnummer 265+048 en dijkvak 21 ter hoogte van dijkpaalnummer 274+060 zoals weergegeven in Figuur 12-1.



Figuur 12-1 Scope Grave

De kadeconstructie in Grave kan worden ingedeeld in vier deelgebieden:

- Oude Haven (rood);
- Maaskade (geel);
- Halfbastion Bekaf (wit);
- Nieuwe Haven (blauw).

Voor de Oude Haven, Maaskade en Nieuwe Haven ligt er een versterkingsopgave. Voor Halfbastion Bekaf is dit niet het geval.

12.2 Sectie indeling

Door het waterschap is informatie beschikbaar gesteld over de kadeconstructie in Grave. Langs de Oude Haven en Maaskade bestond de waterkering uit de oude vestingmuur. Bij de versterkingen van de waterkering eind jaren '70 (Oude Haven) en begin jaren '90 (Maaskade) is de oude vestingmuur op verschillende wijzen versterkt. Bij de Nieuwe Haven is rond de eeuwwisseling een nieuwe kadeconstructie gerealiseerd langs de Havenstraat.

De beschikbaar gestelde informatie is geïnventariseerd. De resultaten van deze analyse zijn gerapporteerd[53]. Uit de inventarisatie volgt dat er grote variatie aanwezig is in de constructie. Op basis van de resultaten van deze analyse is besloten dat binnen Grave een analyse op dijkvakniveau onvoldoende is. Derhalve is op basis van de aanwezige constructie een indeling gemaakt op sectieniveau. Deze indeling is weergegeven in Tabel 12-1.

Tabel 12-1 Overzicht huidige sectie-indeling [53]

Sectie	Omschrijving Sectie Grave	Dijkpaal van	Dijkpaal tot	Dijkvak
265-1	Oude Haven – Langs Jan van Cuykdijk	265+048	265+095	17
265-2	Oude Haven – Toegang Bomvrije	265+095	265+105	17
265-3	Oude Haven – Deel Raamsluis	265+105	266+004	17
266-1	Oude Haven – Kop Oude Haven	266+004	266+028	18
266-2	Oude Haven – Prinsenstal – Eerste deel	266+028	266+051	18
266-3	Oude Haven – Prinsenstal – Rondeel laag	266+051	266+060	18
266-4	Oude Haven – Prinsenstal – Rondeel hoog	266+060	266+064	18
266-5	Oude Haven – Prinsenstal – Tweede deel	266+064	266+096	18
266-6	Oude Haven – Prinsenstal – Nieuwe kadesectie 1	266+096	267+005	18
266-7	Oude Haven – Prinsenstal – Nieuwe kadesectie 2	267+005	267+028	18
267-1	Oude Haven – Prinsenstal – Brug	267+028	267+048	18
267-2	Oude Haven – Brug – Havenmond	267+048	267+070	18
267-3	Maaskade – Rondeel Maaskade	267+070	267+084	19
267-4	Maaskade – Muurvak A, B & C	267+084	268+011	19
268-1	Maaskade – Muurvak D	268+011	268+053	19
268-2	Maaskade – Rondeel Muurvak E	268+053	268+066	19
268-3	Maaskade – Muurvak F	268+066	269+057	19
269-1	Maaskade – Toegang Maaspoort	269+057	269+059	19
269-2	Maaskade – Maaspoort 1	269+059	269+060	19
269-3	Maaskade – Maaspoort 2	269+060	269+067	19
269-4	Maaskade – Muurvak G	269+067	269+096	19
269-5	Maaskade – Toegang Maaskade	269+096	269+105	19
270-1	Maaskade – Overgang Maaskade Halfbastion Bekaf	269+105	270+037	19
270-273	Halfbastion Bekaf - Nieuwe Haven	270+037	273+035	20
273-1	Nieuwe Haven – Toegang Havenstraat 1	273+035	273+045	21
273-2	Nieuwe Haven – Havenstraat	273+045	274-046	21
273-3	Nieuwe Haven – Toegang Havenstraat 2	274-046	274+061	21

Bovenstaande indeling is enigszins aangepast en uitgebreid ten opzichte van hetgeen is aangehouden in de verkenningsfase[53], als gevolg van voortschrijdend inzicht. Ook zijn specifieke secties toegekend aan de diverse openingen/toegangen die eerder waren aangeduid als coupures dan wel demontabele keringen. Op basis van voortschrijdend inzicht met betrekking tot onder andere constructie, bodemopbouw en/of versterkingsopgave kunnen later weer nieuwe secties geïdentificeerd worden.

12.3 Hoogteopgave Grave

Vooralsnog is hoofdzakelijk sprake van aanpassingen aan kademuren. Echter, de muur langs de Jan van Cuykdijk en aansluitende toegang tot Bomvrije (secties 265-1 en 265-2) en de kade langs de Nieuwe Haven (secties 273-1, 273-2 en 273-3) lijken op dit moment in aanmerking te komen voor nieuwbouw. Bij de secties die voor nieuwbouw in aanmerking komen is sprake van een ontwerplevensduur van honderd jaar, met zichtjaar 2125. Hierbij geldt dat eerst de vereiste hoogte behorend bij zichtjaar 2075 wordt gerealiseerd. De onderbouw wordt echter alvast geschikt gemaakt om na 2075 te kunnen verhogen naar de vereiste hoogte behorend bij zichtjaar 2125. De kademuren worden beoordeeld en ontworpen op een ontwerpwaterstand bij de norm 1/10.000 per jaar, behorende bij zichtjaar 2075 dan wel 2125. Op basis hiervan zijn de Hydraulische BelastingsNiveaus afgeleid met Hydra-NL versie 2.7.1. Daarbovenop is sprake van autonome bodemdaling van 0,1 m voor vijftig jaar (zichtjaar 2075) en 0,2 m voor honderd jaar (zichtjaar 2125). Op basis hiervan is per kadesectie de resulterende minimale hoogteopgave bepaald, zie Tabel 12-2.

Tabel 12-2 Afleiding resulterende hoogteopgave Grave

Id (actueel) Sectie	Omschrijving Sectie Grave	Bestaande hoogte o.b.v. inmeting 2024 [m NAP]	Hydraulisch Belasting Niveau (HBN 2075) bij 1/1m tov NAP [m]	Hydraulisch Belasting Niveau (HBN 2125) bij 1/1m tov NAP [m]	Autonome bodem daling (2075) [m]	Autonome bodem daling (2125) [m]	Minimale kerende hoogte tov NAP (2075) [m]	Minimale kerende hoogte tov NAP (2125) [m]	Minimale hoogte opgave (2075) [m]	Minimale hoogte opgave (2125) [m]
265 1	Oude Haven – Langs Jan van Cuykdijk	12,25	12,772	13,508	0,1	0,2	12,872	13,708	0,622	0,936
265 2	Oude Haven – Toegang Bomvrije	12,23	12,772	13,508	0,1	0,2	12,872	13,708	0,642	0,936
265 3	Oude Haven – Deel Raamsluis	13,34	12,772	niet relevant	0,1	niet relevant	12,872	niet relevant	Geen	niet relevant
266 1	Oude Haven – Kop Oude Haven	12,05	12,789	niet relevant	0,1	niet relevant	12,889	niet relevant	0,839	niet relevant
266 2	Oude Haven – Prinsenstal – Eerste deel	12,64	12,789	niet relevant	0,1	niet relevant	12,889	niet relevant	0,249	niet relevant
266 3	Oude Haven – Prinsenstal – Rondeel laag	12,06	12,789	niet relevant	0,1	niet relevant	12,889	niet relevant	0,829	niet relevant
266 4	Oude Haven – Prinsenstal – Rondeel hoog	13,16	12,789	niet relevant	0,1	niet relevant	12,889	niet relevant	Geen	niet relevant
266 5	Oude Haven – Prinsenstal – Tweede deel	12,97	12,789	niet relevant	0,1	niet relevant	12,889	niet relevant	Geen	niet relevant
266 6	Oude Haven – Prinsenstal – Nieuwe kadesectie 1	13,31	12,789	niet relevant	0,1	niet relevant	12,889	niet relevant	Geen	niet relevant
266 7	Oude Haven – Prinsenstal – Nieuwe kadesectie 2	13,08	12,789	niet relevant	0,1	niet relevant	12,889	niet relevant	Geen	niet relevant
267 1	Oude Haven – Prinsenstal – Brug	12,42	12,833	niet relevant	0,1	niet relevant	12,933	niet relevant	0,513	niet relevant
267 2	Oude Haven – Brug – Havenmond	12,51	12,833	niet relevant	0,1	niet relevant	12,933	niet relevant	0,423	niet relevant
267 3	Maaskade – Rondeel Maaskade	12,94	12,833	niet relevant	0,1	niet relevant	12,933	niet relevant	Geen	niet relevant
267 4	Maaskade – Muurvak A, B & C	12,2	12,833	niet relevant	0,1	niet relevant	12,933	niet relevant	0,733	niet relevant
268 1	Maaskade – Muurvak D	12,19	12,837	niet relevant	0,1	niet relevant	12,937	niet relevant	0,747	niet relevant
268 2	Maaskade – Rondeel Muurvak E	12,54	12,837	niet relevant	0,1	niet relevant	12,937	niet relevant	0,397	niet relevant
268 3	Maaskade – Muurvak F	12,19	12,837	niet relevant	0,1	niet relevant	12,937	niet relevant	0,747	niet relevant
269 1	Maaskade – Toegang Maaspoort	11,63	12,79	niet relevant	0,1	niet relevant	12,89	niet relevant	1,26	niet relevant
269 2	Maaskade – Maaspoort 1	12,58	12,79	niet relevant	0,1	niet relevant	12,89	niet relevant	0,31	niet relevant
269 3	Maaskade – Maaspoort 2	12,18	12,79	niet relevant	0,1	niet relevant	12,89	niet relevant	0,71	niet relevant
269 4	Maaskade – Muurvak G	12,16	12,79	niet relevant	0,1	niet relevant	12,89	niet relevant	0,73	niet relevant
269 5	Maaskade – Toegang Maaskade	11,61	12,79	niet relevant	0,1	niet relevant	12,89	niet relevant	1,28	niet relevant
270 1	Maaskade – Overgang Maaskade Halfbastion Bekaf	12,3	12,714	niet relevant	0,1	niet relevant	12,814	niet relevant	0,514	niet relevant
270 273	Halfbastion Bekaf - Nieuwe Haven	keuze om nu niet te beschouwen	keuze om nu niet te beschouwen	keuze om nu niet te beschouwen	keuze om nu niet te beschouwen	keuze om nu niet te beschouwen	keuze om nu niet te beschouwen	keuze om nu niet te beschouwen	Geen	keuze om nu niet te beschouwen
273 1	Nieuwe Haven – Toegang Havenstraat 1	12,14	12,672	13,387	0,1	0,2	12,772	13,587	0,632	0,915
273 2	Nieuwe Haven – Havenstraat	12,04	12,672	13,387	0,1	0,2	12,772	13,587	0,732	0,915
273 3	Nieuwe Haven – Toegang Havenstraat 2	12,04	12,672	13,387	0,1	0,2	12,772	13,587	0,732	0,915

In de een-na-laatste kolom is de te realiseren hoogte-opgave weergeven per sectie voor zichtjaar 2075. De cellen zijn groen gearceerd indien er geen hoogteopgave is.

12.4 Werkwijze

12.4.1 Te beschouwen secties VO

Op basis van de tot nu toe geïdentificeerde secties is een ontwerpaanpak opgesteld waarin is bepaald welke secties in het VO beschouwd dienen te worden en welke secties doorgeschoven kunnen worden naar het DO. Van de op dit moment 27 gedefinieerde secties worden acht secties doorgerekend in het VO. De overige

secties hebben of geen opgave of zijn gelijkwaardig aan de acht secties die onderdeel uitmaken van het advies en kunnen worden uitgewerkt in het DO . De onderbouwing voor de acht secties is als volgt:

- Kop Oude Haven. Sectie 266-1 betreft het deel conform de werkpakketbeschrijving.
- Prinsenstal. Hier zijn zeven verschillende secties geïdentificeerd. De secties verschillen significant in de constructie. De volgende type constructies zijn geïndentificeerd:
    - Fundering op staal – sectie 266-2 tot en met 266-5.
    - Fundering op palen – sectie 266-6 en 267-7.
    - Constructie gesteund door balkenrooster – sectie 267-1 en 267-2.

  In het VO volstaat voor de fundering op staal een doorvertaling van de resultaten van de Kop Oude Haven. De twee andere type constructies zijn dusdanig afwijkend dat deze beschouwd dienen te worden.
- Maaskade. Hier zijn negen verschillende secties geïdentificeerd, waarbij ook de constructie zeer verschillend is. Een aantal secties kan echter wel gegroepeerd worden op dit moment:
    - Fundering op palen – sectie 267-4 & sectie 268-3. In het ontwerp komen deze secties overeen. De revisietekeningen laten echter verschillen zien. Voor de VO fase volstaat het beschouwen van één van de twee secties.
    - Fundering op staal met verankering – sectie 268-1.
    - Fundering op staal zonder verankering – sectie 269-4.
    - Rondeel op staal – sectie 267-3 & sectie 268-2. Voor nu wordt aangenomen dat de rondelen vergelijkbaar zijn. Er is echter geen informatie beschikbaar over het rondeel in sectie 267-3. Mogelijk moet deze in een latere fase toch apart beschouwd worden.
    - Maaspoort – sectie 269-1 tot en met 269-3. Deze secties maken allemaal onderdeel uit van de Maaspoort.

  Van de vijf verschillende type constructies zullen in het VO de fundering op palen en fundering op staal, zowel verankerd als onverankerd beschouwd worden. Omdat er nog veel onduidelijkheid is over het ontwerp van de Maaspoort en het slechts drie korte secties betreft, worden deze in de VO-fase niet beschouwd en wordt een doorvertaling gemaakt op basis van andere secties. Voor de rondelen geldt dat de beschikbare informatie beperkt is en het ook om relatief korte secties gaat waardoor ook voor deze secties in het VO een doorvertaling zal worden gemaakt op basis van andere secties.
- Overgang Maaskade met Bastion Halfweg. Sectie 270-1 betreft het deel conform de werkpakketbeschrijving. Het nu aanwezige ontwerp in deze sectie, een op een damwand gefundeerde muur, wordt ook gehanteerd als basis voor de sectie aan de Jan van Cuykdijk 2.
- Havenstraat. Sectie 273-2 betreft het deel conform de werkpakketbeschrijving. Voor nu wordt aangenomen dat de waterkering langs de Havenstraat uit een uniforme constructie bestaat. Indien onderzoek aantoont dat dit niet het geval is, zijn mogelijk meer beschouwingen noodzakelijk.

12.4.2 Ontwerpfilosofie

Voor de kadeconstructie in Grave is de ontwerpfilosofie om de bestaande kadeconstructie te versterken uitgaande van zichtjaar 2075. Hiermee is de kans dat de bestaande constructie (grotendeels) behouden kan worden het grootst. Daarnaast is de impact op de omgeving kleiner.

Wanneer blijkt dat het voor een sectie handhaven van de bestaande constructie niet haalbaar is, is een nieuwe constructie nodig dan wel is een aanpassing of versterking van de constructie nodig. Voor een nieuwe constructie is het ontwerpuitgangspunt dat de onderbouw ontworpen dient te zijn uitgaande van zichtjaar 2125. Voor de bovenbouw wordt daarbij wel uitgegaan van 2075 voor de tijdens de versterking te realiseren hoogte van de constructie. De constructie dient geschikt te zijn om in een later stadium te verhogen naar de hoogte behorend bij zichtjaar 2125.

12.5 Modellering

12.5.1 Fasering

Voor de langsconstructies in het project wordt de rekenwijze conform de POVM PPE [14] in de Plaxis-berekeningen gehanteerd, zoals reeds beschreven in paragraaf 11.5. Uitgaande van rekenschema B ziet deze fasering er als volgt uit:

- Stap 1 – Bestaande situatie;
- Stap 2 – Toevoegen nieuwe constructie en eventuele ophoging;
- Stap 3 – Effecten van zakkende grond op de constructie;
- Stap 4a – Waterspanningen aanpassen voor extreme hydraulische belasting;
- Stap 4b – Aanbrengen verkeersbelasting;
- Stap 5 – Krachten en momenten bij hoogwater en verkeersbelasting;
- Stap 6 – Stabiliteit bij hoogwater en verkeersbelasting;

Hoewel kadeconstructies langsconstructies zijn, vallen kadeconstructies (nog) niet binnen de scope van de POVM PPL [15]. In de PPL wordt in het hoofdstuk kennisleemtes geschreven: "*De PPL geeft nog geen aanwijzingen voor het op waterveiligheid ontwerpen van stabiliteitsverhogende grondkerende gewichtsconstructies en van stabiliteitsverhogende constructies op paalfunderingen. …Voor de onderwerpen waar de huidige PPL nog onvoldoende handvatten geeft, moeten de opdrachtgever en/of opdrachtnemer zelf nadere keuzes maken. Een goed vastgelegd en gevalideerde onderbouwing is daarbij vereist…*".

Desondanks biedt de werkwijze zoals gepresenteerd in de PPE handvatten voor het opstellen van een fasering voor deze situatie. Zodoende is de volgende globale fasering vastgesteld voor het toetsen en ontwerpen van de constructies in Grave:

Stap 1 – Bestaande situatie
In deze stap wordt de bestaande situatie, inclusief de bestaande constructie, gemodelleerd. Door de aanwezigheid van de constructie en de grote verschillen in maaiveldniveau over korte afstand, is er een risico dat de spanningen nog niet volledig in evenwicht zijn aan het einde van de fase. Zodoende wordt een nulstap toegevoegd aan de fasering na de initiële fase om eventuele zogenaamde onbalans weg te werken.

Stap 2 – Toevoegen constructie
Wanneer er een hoogteopgave is, wordt de constructie gewijzigd (of zelfs compleet vernieuwd). In deze fase worden toevoegingen en/of wijzigingen aan de bestaande constructie geactiveerd.

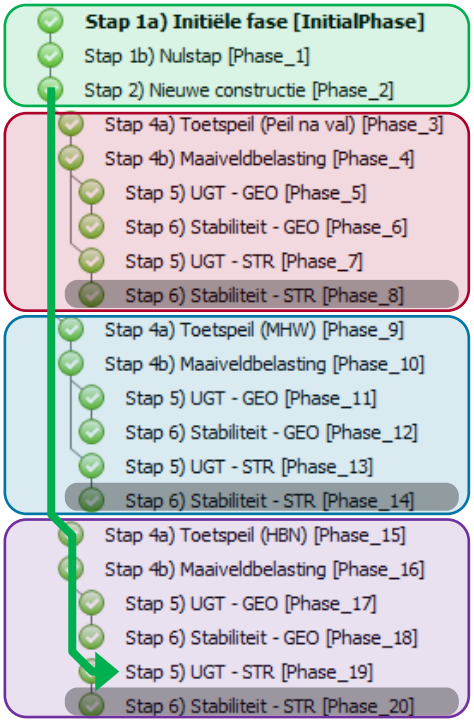
Stap 3 – Zakkende grond
In de PPE wordt beschreven dat deze fase voornamelijk tot doel heeft het effect van zetting op de spanningstoestand te bepalen en niet het effect van kruip op de geometrie te bepalen. De zetting van de ondergrond zorgt voor negatieve kleef op de constructie en in combinatie met de puntweerstand resulteert dit in hogere normaalkrachten en een additionele belasting op de ankers. De kademuur in Grave betreft echter een betonnen/metselwerk constructie. Voor beton/metselwerk is doorgaans een lage normaalkracht maatgevend omdat daarbij eerder buigscheuren optreden. Daarnaast worden de ankers in deze fase niet gedimensioneerd. Zodoende wordt deze stap achterwege gelaten in de modelering.

Stap 4 tot en met 6
De twee maatgevende waterstanden die beschouwd moeten worden conform PPL zijn maatgevend voor de geotechnische beschouwing. Echter, de voor de geotechnische beschouwing gehanteerde maatgevende hoogwaterstand (MHW) dekt niet de voor de constructieve beschouwing maatgevende omstandigheden. Wanneer de MHW wordt toegepast in de berekening, dan wordt geen rekening gehouden met de effecten van golfbelasting en/of de waterstandsfluctuaties ten gevolge van golven. Voor de geotechnische beschouwing is

dit geoorloofd, echter voor de constructieve beschouwing zou met deze aanpak de maatgevende situatie onbelicht blijven. Met name voor de te ontwerpen verhoging van de kadeconstructies zou hiermee een te optimistisch beeld van de optredende krachtswerking kunnen ontstaan. Daarom is aan de Plaxis-berekening een derde situatie toegevoegd waarbij een buitenwaterstand gelijk aan Hydraulisch Belasting Niveau (HBN) wordt toegepast. Dit is voor de bepaling van de krachtswerking ten behoeve van het constructief ontwerp van de verhoging van de kadeconstructies een conservatieve benadering, passend bij de huidige projectfase. De aangevulde fasering is weergegeven in Figuur 12-2.

Toelichting op het hiervoor weergegeven schema:

- Iedere berekening start met de stappen 1a > 1b > 2 (groen kader) om de initiële spanningen te bepalen (als vertrekpunt voor ieder van de daarna door te rekenen scenario's).
- Na de initiële fase zijn 3 hoofdvertakkingen te herkennen:
  - Peil na val (rood kader). Peil na val betreft een plotselinge waterstandsdaling op de Maas.
  - MHW (blauw kader).
  - HBN (paars kader). Deze stap is toegevoegd om de krachtswerking in de ophoging van de kadeconstructies te bepalen.
- De grijs gearceerde stappen zijn niet doorgerekend, omdat deze niet relevant zijn voor de constructieve berekeningen. Zij zijn echter in het schema opgenomen vanwege de opzet van de Python-scripts, waarin een aantal berekeningsstappen automatisch worden aangemaakt. De stabiliteitsberekening in Plaxis is echter niet relevant voor de constructieve toetsingen. In de UGT-STR (Structural (constructief)) berekeningen worden daarom de stabiliteitsberekeningen niet daadwerkelijk doorlopen.
- Het te volgen berekeningsschema ten behoeve van de maatgevende situatie voor de constructie is met de dikke groene pijl aangegeven.



Figuur 12-2 Fasering berekening

Samengevat betreffen de drie door te rekenen scenario's:

- Peil na val.
  - Primair bedoeld voor de (geotechnische) bepaling van de buitenwaartse stabiliteit.

    - De berekende krachtswerking wordt tevens gebruikt in de constructieve toetsing van de bestaande wand in de huidige en toekomstige situatie.
- MHW.
    - Primair bedoeld voor de (geotechnische) bepaling van de binnenwaartse stabiliteit.
    - De berekende krachtswerking is zonder golfbelasting waardoor met name in het op te hogen deel van de constructie te lage krachten berekend worden. Hetzelfde scenario op basis van HBN waterniveau wordt toegevoegd om een situatie met golfbelasting te beschouwen zoals eerder toegelicht.

- HBN.
    - Uitsluitend bedoeld voor sterkte-aspecten. De kade wordt opgehoogd, belast door een hydrostatische waterdruk aangrijpend vanaf HBN niveau. De berekende krachtswerking in zowel de bestaande constructie als ook de te realiseren ophoging wordt gebruikt in de constructieve toetsingen, voor zover deze de maatgevende krachten blijken te zijn.

In de situatie peil na val is momenteel een schematisatie van de waterstand gehanteerd die overeenkomt met de werkwijze voor groene dijken zoals beschreven in de POVM PPL [15]. Dit is mogelijk een te conservatieve modellering gezien de situatie in Grave. Dit dient bevestigd te worden met behulp van geohydrologisch onderzoek.

12.5.1 Tweeledig gebruik Plaxis-modellen

Stabiliteitscontrole is hoofdzakelijk een geotechnisch vraagstuk waarvoor Plaxis-modellen worden ingezet. Constructieve rekenmodellen, bijvoorbeeld opgezet in Scia Engineer, zijn minder geschikt voor de berekening en stabiliteitsbeoordeling van geotechnische constructies.

Met Plaxis-modellen wordt de interactie tussen grond en constructie (soil-structure-interaction, kortweg SSI) impliciet meegenomen. Het opzetten van afzonderlijke constructieve rekenmodellen met Scia Engineer wordt zoveel als mogelijk voorkomen. Het verdisconteren van SSI in een constructief rekenmodel is weliswaar goed mogelijk, maar het kan tijdrovend zijn om het constructieve model goed overeen te laten stemmen met het Plaxis-model en het opzetten van afzonderlijke modellen voor de constructieve toetsingen kan vergen dat er moeilijk te verifiëren aannames gedaan moeten worden.

De Plaxis-modellen worden daarom tevens gebruikt om de snedekrachten in de constructies te bepalen ten behoeve van de sterktetoetsingen van de kadeconstructies. Waar nodig kan besloten worden om eenvoudige Scia-modellen op te zetten om schaduwberekeningen uit te voeren waarmee de Plaxis-resultaten op plausibiliteit worden beoordeeld.

Bij het opzetten van de Plaxis-modellen wordt bij aanvang reeds rekening gehouden met de informatiebehoefte van de constructeur. Zo wordt bijvoorbeeld in de modelopzet rekening gehouden met de wijze waarop en op welke locaties in de constructie aan het einde van de berekening gegevens uitgelezen moeten worden ten behoeve van verwerking door de constructeur. Andersom geldt dat de constructeur input levert voor aan te houden materiaaleigenschappen, afmetingen, etc. voor de constructieve elementen in het Plaxis-model en worden de voor de constructieve toetsing relevante belastingssituaties door de constructeur opgegeven. Dit wordt nader beschreven in paragraaf 12.5.6.

12.5.2 Veiligheidsfilosofie

Het normtechnische kader voor de constructieve berekeningen is nader uitgewerkt in paragrafen 13.3 en 13.4 van dit document. Uit die normtechnische beschouwing volgt dat de kadeconstructies worden ingedeeld in RC3 voor zowel stabiliteit als sterkte, waarmee impliciet aan de betrouwbaarheidseis uit de Omgevingswet wordt voldaan. Voor de belastingen wordt een referentieperiode van vijftig jaar aangehouden, uitgaande van de mogelijkheid tot behoud van de bestaande kademuren.

Slechts bij geheel vervangen van een kadeconstructie wordt het zichtjaar bijgesteld van 2075 naar 2125, waardoor de referentieperiode voor de belastingen in een dergelijke situatie van vijftig naar honderd jaar gaat. Het vergroten van de referentieperiode leidt dan tot een geringe verhoging van de karakteristieke waarde van de belastingen. Een verlenging van de referentieperiode leidt, in overeenstemming met WOWK artikel 7.7, niet tot aanpassing van de betrouwbaarheidsindex. Dit houdt in dat partiële veiligheidsfactoren voor belastingen onverkort uit geldende normen kunnen worden overgenomen.
Uit de betrouwbaarheidseis vanuit de Omgevingswet volgt dat voor de beoordeling van bestaande kadeconstructies gerekend wordt met de partiële veiligheidsfactoren voor de belastingen voor het nieuwbouwniveau conform tabel A.3 uit NEN 9997-1 [13].

Samengevat wijkt de te volgen aanpak bij de beoordeling van bestaande kademuren ten aanzien van de partiële factoren niet af van een ontwerpberekening voor nieuwbouw.

Tabel 12-3 Partiële belastingsfactoren stabiliteitsanalyse RC3 conform tabel A.3 uit NEN 9997-1 [13]

		RC3(stabiliteit)
Belasting (geotechnisch)		
Permanent, ongunstig	$\gamma_{G;ongunstig;GEO}$	1,00
Permanent, gunstig	$\gamma_{G;gunstig;GEO}$	1,00
Variabel, ongunstig	$\gamma_{Q;ongunstig;GEO}$	1,43
Variabel, gunstig	$\gamma_{Q;gunstig;GEO}$	0,00
Belasting (constructief)		
Permanent, ongunstig	$\gamma_{G;ongunstig;STR}$	1,485
Permanent, gunstig	$\gamma_{G;gunstig;STR}$	0,90
Variabel, ongunstig	$\gamma_{Q;ongunstig;STR}$	1,65
Variabel, gunstig	$\gamma_{Q;gunstig;STR}$	0,00

Voor de grondparameters worden de partiële materiaalfactoren conform tabel A.4a uit NEN 9997-1 [13] gehanteerd:

Tabel 12-4 Partiële materiaalfactoren stabiliteitsanalyse RC3 conform tabel A.4a uit NEN 9997-1 [13]

		RC3(Stabiliteit)
Volumegewicht	γ_{γ}	1,00
Hoek van inwendige wrijving	$\gamma_{\phi'}$	1,30
Cohesie	$\gamma_{c'}$	1,60
Ongedraineerde schuifsterkte	γ_{cu}	2,00
Stijfheid	γ_{E}	1,00

12.5.3 Hydraulische randvoorwaarden

In de PPL [15] is het te hanteren verloop van de freatische lijn beschreven in het geval van een groene dijk of een dijk met een langsconstructie. Dit verloop is echter niet toepasbaar in Grave. In de berekeningen wordt als uitgangspunt gehanteerd dat de kadeconstructie niet waterdoorlatend is en er daardoor een strikte scheiding tussen de waterstand aan de buiten- en binnenzijde van toepassing is. De gehanteerde (grond)waterstanden per belastingsituatie zijn samengevat in Tabel 12-5.

Tabel 12-5 In Plaxis-model gehanteerde waterstanden

Situatie	Waterstand buitenzijde	Waterstand binnenzijde
Normaal	Dagelijkse omstandigheden	Dagelijkse omstandigheden
Peil na val	Dagelijkse omstandigheden	Maaiveld -0,2 m tot MHW
MHW	MHW	Dagelijkse omstandigheden
HBN	HBN	Dagelijkse omstandigheden

MHW en HBN volgen uit de berekening zoals beschreven in paragraaf 5.2. De waterstand bij Grave is redelijk gereguleerd door de aanwezigheid van de Stuw Grave op enkele honderden meters stroomafwaarts. Voor dagelijkse omstandigheden wordt gerekend met een waterstand van NAP +8,0 m.

Voor de situatie peil na val wordt aangehouden dat de grond aan de landzijde volledig is verzadigd tot het niveau MHW. Indien dit niveau hoger is dan het straatniveau, wordt aangehouden dat de grond verzadigd is tot 0,2 m beneden maaiveld en al het staande water afstroomt bij het zakken van de waterstand in de Maas.

12.5.4 Belastingen

Onder normale gebruiksomstandigheden gelden voor de kadeconstructies geen bijzondere restricties aan de bereikbaarheid voor (vracht)verkeer. Het staat daarom niet op voorhand vast dat extreme waterstanden – waarvoor wel afwijkende verkeersbelastingen kunnen gelden – de maatgevende situaties opleveren voor de kadeconstructies. Onder normale gebruiksomstandigheden wordt daarom gerekend met de gebruikelijke verkeersbelastingen. Deze worden ontleend aan de CUR166. De in de CUR166 genoemde belastingen zijn geënt op de Eurocode, maar zijn in de CUR 166 vertaald naar voor grondkerende constructies generiek toepasbare belastingsschema's.

In geval van stabiliteitsbeoordeling worden de belastingen conform paragraaf 3.3 gehanteerd.

12.5.5 Bodemschematisatie en parameters

Per berekening wordt op basis van het beschikbare, nabijgelegen grondonderzoek een bodemschematisatie bepaald. Voor de te hanteren parameters wordt gebruik gemaakt van de parameters zoals beschreven in paragraaf 11.1.

Tijdens het interpreteren van de grondonderzoeksresultaten gedurende het uitvoeren van de ontwerpwerkzaamheden van de secties kan het gebeuren dat er een grondlaag wordt geïdentificeerd die niet is opgenomen in deze TUN. In dat geval worden parameters bepaald aan de hand van tabel 2.b uit NEN 9997-1 [13], eventueel op basis van empirische relaties conform CUR 2003-7 en/of andere richtlijnen.

12.5.6 Constructieve modellering en uitgangspunten

De Plaxis-modellen zijn 2D plane strain modellen. Dit houdt in dat de constructies in de langsrichting als oneindig lang worden gemodelleerd. Deze schematisering volstaat voor het doel van de uit te voeren berekeningen: stabiliteitscontrole en bepaling van de globale krachtswerking. Het verschil tussen een plane strain en een plane stress model is dat het plane strain model krachtswerking in de langsrichting ontwikkelt,

terwijl een plane stress model ongehinderd in de dikterichting kan vervormen. Plane stress is daarom geschikt voor dunne constructies, waar plane strain geschikt is voor langgerekte constructies.

Waar in de volgende tekst gesproken wordt over volume-elementen betreft dat plane strain elementen: de 2D-elementen met verhinderde vervorming in de dikterichting.

De constructieve elementen worden op verschillende manieren gemodelleerd in Plaxis:

- Metselwerk wordt gemodelleerd met behulp van volume elementen met het Linear Elastic (LE) materiaalmodel. Het metselwerk wordt constructief los gehouden van de betonconstructie: de vorming van een samengestelde constructie wordt voorkomen.
- Beton volume-elementen worden gemodelleerd met behulp van volume-elementen met het Linear Elastic (LE) materiaalmodel eventueel in combinatie met een plate. Deze keuze is afhankelijk van het type constructie. De toe te passen modelleerwijze is toegelicht in de volgende alinea.
- Palen en groutlichaam worden gemodelleerd met behulp van embedded beams.
- Ankerstaven of -buizen worden gemodelleerd met behulp van node-to-node anchors.
- Damwanden worden gemodelleerd met behulp van plate-elementen.

Met betrekking tot het modelleren van de constructie zijn er verschillende methoden voorzien. De toe te passen methode per sectie is afhankelijk van het type constructie. De verschillende modelleerwijzen zijn hieronder beschreven:

- Dummy volume in combinatie met stijve plate. Bij deze modelleerwijze wordt in de hartlijn van de constructie een plaat gemodelleerd zonder gewicht, maar met de stijfheden behorende bij het constructieve element. Daarbij wordt een volume-element toegepast om de juiste vorm en het gewicht van de betonconstructie in het model mee te nemen. De stijfheid van het volume-element wordt echter met een factor 100 (bijvoorbeeld) verlaagd. Deze verlaagde stijfheid is nog steeds hoger dan de stijfheid van de grond waardoor geen onnodig grote vervormingen worden gemodelleerd maar wel voldoende laag dat er geen significante invloed is op de krachtswerking in het plate-element. Constructieve elementen zoals verankeringen en palen dienen direct aan de plate verbonden te worden.
  Het voordeel van deze methode is dat uit de plate-elementen eenvoudig moment-, normaalkracht- en dwarskrachtlijnen en verplaatsingen kunnen worden gehaald voor de constructieve toetsingen. Deze methode is toepasbaar bij betonconstructies met een constante dikte waar de oude metselwerkmuur geen constructieve functie meer heeft. Deze methode heeft de voorkeur maar is niet altijd toepasbaar.
- Stijf volume eventueel in combinatie met een slappe plate. Voor secties waar de vorige modelleerwijze niet toepasbaar is, wordt de constructie gemodelleerd met een volume-element waarin naast de vorm en het gewicht ook de stijfheid wordt gemodelleerd. Het uitlezen van de resultaten is in dit geval echter lastiger. Er kunnen twee methoden toegepast worden:
  - Het toepassen van een dummy plate. Door in de hartlijn van de constructie een dummy plate toe te passen, kunnen eenvoudig moment-, normaal-, en dwarskrachtenlijnen en verplaatsingen uitgelezen worden. Hiervoor wordt de stijfheid van de plate met een factor 100 (bijvoorbeeld) verlaagd. De plate volgt dan de vervorming van het volume-element maar de berekende krachten zijn dan een factor 100 te laag. De constructeur dient de resultaten te corrigeren. Een dummy plate is toepasbaar bij betonconstructies met een constante dikte.
    Deze methode is gevoeliger voor fouten. Zeker wanneer andere constructieve elementen zoals ankers en palen in de nabijheid van de dummy plate in het volume-element aangrijpen. Deze lokaal verhoogde spanningen leiden tot afwijkende resultaten in het plate-element. Hier dient behoedzaam mee omgegaan te worden.
  - Spanningen uitlezen. Bij complexe doorsneden en constructies waar metselwerk een constructieve functie heeft, kunnen de spanningen in het volume-element direct worden uitgelezen. Deze methode vraagt een grotere inspanning van de constructeur.

In dwarsprofielen waar het metselwerk geen constructieve functie heeft wordt de stijfheid van het metselwerk in het berekeningsmodel ook verlaagd. Op deze wijze wordt voorkomen dat het metselwerk een significante bijdrage levert aan de stijfheid van de constructie.

In de onderstaande tabellen zijn de gehanteerde eigenschappen weergegeven. Deze invoer wordt met behulp van scripts automatisch ingelezen in Plaxis.

Tabel 12-6 Eigenschappen materialen Linear Elastic (LE) materiaal model

Materiaal	γ [kN/m³]	E [kN/m²]	v [-]
Beton	25,0	$25*10^6$	0,2
Beton (dummy)	25,0	$25*10^4$	0,2
Metselwerk (constructief)	22,0	$5*10^6$	0,2
Metselwerk(niet constructief)	21,0	$5*10^4$	0,2

Waarin:

γ volumegewicht;
E elasticiteitsmodulus;
v poisons ratio.

Constructieve elementen die niet met volume-elementen worden gemodelleerd, zoals ankers, palen en damwanden, hebben eigenschappen die verschillend kunnen zijn per sectie. De eigenschappen van de gehanteerde elementen per sectie worden opgenomen in de ontwerprapporten.

Voor de corrosie van stalen elementen worden corrosiesnelheden conform NEN 6766 [30] gehanteerd zoals reeds toegelicht in paragraaf 11.2 en 11.3. Indien de stalen elementen reeds aanwezig zijn in de ondergrond wordt corrosie conform NEN 6766 [30] met terugwerkende kracht toegepast tenzij onderzoeks- en/of inspectierapporten van de stalen elementen beschikbaar zijn waarbij de staaldikteafname van de stalen elementen is vastgesteld.

12.6 Constructieve toetsingen

12.6.1 Toe te passen norm

Voor constructieve toetsingen worden materiaaleigenschappen zoveel als mogelijk zodanig geformuleerd dat deze binnen de huidige systematiek van de Eurocode passen. Reden hiervoor is dat de actuele rekentools zijn ingericht op toetsing volgens de Eurocode, waardoor toetsing volgens de ten tijde van het ontwerp vigerende normen (toegestane werkwijze) fouten kan introduceren. In gevallen waarin afkeur plaatsvindt met geringe overschrijding, dan wordt eventueel met handberekeningen volgens oude normen getoetst.
Het omrekenen van materiaaleigenschappen naar de binnen de Eurocode gebruikte opzet voor materiaalmodellen gebeurt aan de hand van Richtlijn Beoordeling Kunstwerken van Rijkswaterstaat (RBK, RTD 1006) [31].

Schematiseringen nodig voor toetsing van de constructies, bijvoorbeeld de bepaling van de meewerkende breedte van T-liggers in een met ribben verstijfde wand, worden uitgevoerd volgens de Eurocode. Daar waar de Eurocode ontoereikend blijkt (bijvoorbeeld: een regel ontbreekt of is komen te vervallen), dan wordt voor die specifieke situatie/toetsing/deeltoetsing teruggegrepen op de oorspronkelijk gehanteerde ontwerpnormen.

12.6.2 Materiaaleigenschappen

Materiaaleigenschappen worden ontleend aan de objectspecifieke archiefinformatie, waarvan factsheets zijn opgesteld waarin de relevante informatie is samengevat. Zoals beschreven worden materiaaleigenschappen vertaald naar Eurocode-opzet in verband met bruikbaarheid in rekentools en ter voorkoming van de introductie van fouten.

13. Kunstwerken

13.1 Ontwerpinstrumentarium

Het ontwerpinstrumentarium voor waterkerende kunstwerken bestaat uit BOI Handleiding Overstromingskansanalyse – Kunstwerken [9] in combinatie met de Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken (WOWK) [22].

13.2 Beschouwing faalmechanismen kunstwerken

De te beschouwen faalmechanismen voor de kunstwerken zijn:

- hoogte (HTKW);
- sterkte en stabiliteit (STKW);
- betrouwbaarheid sluiten (BSKW).

Piping (PKW) wordt voor de kunstwerken niet specifiek nader onderzocht. Voor dit mechanisme is geen opgave.

13.3 Normatief kader constructieve veiligheid

De WOWK is specifiek gericht op ontwerp en verificatie in de context van het waterkerend vermogen van waterkerende kunstwerken in hoogwatersituaties. Waterkerende kunstwerken vervullen echter ook andere functies, in andere situaties dan de hoogwatersituatie. Buiten de hoogwatersituaties zal overstroming niet optreden, waardoor beoordeling volgens de WOWK in die situaties niet voor de hand ligt.

De WOWK verschaft zelf duidelijkheid over de te volgen aanpak en de onderlinge verhouding tussen ontwerpnormen. Bij de beoordeling van waterkerende kunstwerken dient onderscheid te worden gemaakt tussen gevolgen ten aanzien van de waterveiligheid (WOWK, 7.8). Daarnaast wordt onderscheid gemaakt tussen nieuwbouw en bestaande bouw (WOWK, 7.7).

In het kort stelt de WOWK hierover:

- Alle waterkerende kunstwerken dienen altijd te worden geverifieerd op basis van betrouwbaarheidseisen uit het Bouwbesluit.
    - voor nieuwbouw geldt de Eurocode;
    - voor bestaande bouw geldt NEN 8700 serie.
- Leidt constructief falen van het waterkerende kunstwerk tot overstroming, dan moet er tevens een verificatie plaatsvinden op basis van de betrouwbaarheidseis voor constructief falen vanuit de Omgevingswet. Kortom: in de hoogwatersituatie geldt tevens de betrouwbaarheidseis volgens de Omgevingswet.

13.4 Bepaling partiële factoren voor de belastingen

De kunstwerken worden, indien en voor zover nodig, semi-probabilistisch doorgerekend (methode van partiële factoren). Betrouwbaarheidseisen vanuit zowel het Bouwbesluit als vanuit de Omgevingswet worden daarom geoperationaliseerd via de rekenwaarde van het belastingseffect, ergo via de veiligheidsfactoren op de belastingen, gecombineerd met de rekenwaarde(n) van de materiaaleigenschappen.

Benadrukt wordt dat falen en bezwijken niet synoniem zijn, ook of in het bijzonder waar het de constructieve veiligheid betreft. Vanuit de Omgevingswet bezien is falen gelijk te stellen aan het optreden van een

overstroming. Vanuit constructieve ontwerpnormen zoals de Eurocode-serie is falen gelijk te stellen aan het overschrijden van een uiterste grenstoestand: verplaatsingen en geometrieveranderingen zijn te groot om de functie te vervullen, of er treedt dusdanig verlies van samenhang op dat de constructie bezwijkt.

Voor nieuwe waterbouwkundige werken wordt een referentieperiode van honderd jaar gehanteerd, zonder aanpassing van de betrouwbaarheidsindices. De langere ontwerplevensduur vertaalt zich zodoende in hogere karakteristieke waarden van belastingen, maar niet in hogere veiligheidsfactoren op de belastingen. Dit is in overeenstemming met WOWK 7.7.

Met WOWK vergelijking 7.6 wordt de faalkanseis bepaald:

$$P_{eis,KW,CON} = \frac{P_{max} \cdot \omega_{CON} \cdot c}{N_{dsn}} \qquad 7.6$$

Waarin:

$P_{eis,KW,CON}$	Faalkanseis voor *constructief falen en geen falen door overloop/overslag* van een individueel kunstwerk afgeleid van trajecteis uit de Waterwet voor een referentieperiode gelijk aan t_{ref} = 1 jaar [-]
P_{max}	Faalkanseis voor gehele dijktraject (normtraject) uitgaande van de maximaal toelaatbare overstromingskans uit de waterwet voor een referentieperiode gelijk aan t_{ref} = 1 jaar [-]
ω_{CON}	Faalkansruimtefactor voor *constructief falen* [-]
c	Correctiefactor voor de correlatie tussen *constructief falen* en *falen door overloop/overslag* [-]
N_{dsn}	Lengte-effectfactor voor *constructief falen* [-]

De variabelen vanaf Pmax bedragen achtereenvolgens {1/10.000 ; 0,02 ; 3 ; 3}. Hieruit volgt een faalkanseis Peis,KW,CON = 1/500.000, wat overeenkomt met beta = 4,61 bij een referentieperiode van één jaar en beta = 3,72 bij een referentieperiode van vijftig jaar.

De berekende betrouwbaarheidsindices komen vrijwel overeen met die behorend bij RC2 nieuwbouw volgens NEN-EN-1990. Dit kan geïnterpreteerd worden alsof aan de betrouwbaarheidseis vanuit de Omgevingswet wordt voldaan als partiële veiligheidsfactoren over de belastingen worden toegepast volgens RC2. Echter, dient te worden bedacht dat het falen of bezwijken van een kunstwerk zich langs meerdere wegen kan voltrekken. De berekende betrouwbaarheidsindices representeren een faalkansbudget op objectniveau, maar de kritische componenten van een kunstwerk dienen ieder afzonderlijk een hogere betrouwbaarheid te hebben om op objectniveau aan de vereiste betrouwbaarheid te voldoen. Rekenregels hieromtrent ontbreken, waardoor gekozen wordt om de partiële veiligheidsfactoren niet verder uit te werken maar de meer praktische insteek volgens artikel 7.8.1 uit WOWK te volgens: in de hoogwatersituatie wordt met de partiële veiligheidsfactoren conform nieuwbouwniveau in RC3 worden gerekend, waarmee volgens de WOWK impliciet aan de betrouwbaarheidseis vanuit de Omgevingswet wordt voldaan.

13.5 Hoogte opgave kunstwerken

Vooralsnog is geen sprake van vernieuwing van kunstwerken, er is alleen sprake van aanpassingen aan kunstwerken. Daarom wordt uitgegaan van een ontwerplevensduur van vijftig jaar, met zichtjaar 2075. De kunstwerken worden beoordeeld en ontworpen op een ontwerpwaterstand bij de norm 1/10.000 per jaar, behorende bij zichtjaar 2075. Op basis hiervan zijn de Hydraulische Belasting Niveaus afgeleid met Hydra-NL versie 2.7.1. Daarbovenop is sprake van autonome bodemdaling van 0,1 [m] per vijftig jaar en indien het kunstwerk in een dijktracé ligt wordt rekening gehouden met een overhoogte in verband met zettingen van de naastliggende dijkkruin van 0,1 [m]. Op basis hiervan is per kunstwerk de resulterende minimale hoogteopgave bepaald, zie Tabel 13-1.

Tabel 13-1 Afleiding resulterende hoogte opgave kunstwerken

Id (actueel)	Omschrijving Kunstwerk	Inschatting bestaande hoogte obv StreetSmart en/of GeoWeb [m]	Hydraulisch Belasting Niveau (HBN 2075) bij 1lsm tov NAP [m]	Hydraulisch Belasting Niveau (HBN 2125) bij 1lsm tov NAP [m]	Autonome bodem daling (2075) [m]	Autonome bodem daling (2125) [m]	Overhoogte ivm zetting naast liggende kruin dijklichaam [m]	Overhoogte ivm zetting naast liggende kruin dijklichaam [m]	Minimale kerende hoogte tov NAP (2075) [m]	Minimale kerende hoogte tov NAP (2125) [m]	Minimale hoogte opgave (2075) [m]	Minimale hoogte opgave (2125) [m]
KW178	Gemaal- en riooloverstort Cuijk	14,17	13,771	niet relevant	0,1	niet relevant	0,1	niet relevant	13,971	niet relevant	Geen	niet relevant
KW188	Keersluis Cuijk	13,3	13,717	niet relevant	0,1	niet relevant	0	niet relevant	13,817	niet relevant	0,517	niet relevant
KW197	Persleiding Sluisgraaf	13,2	13,641	niet relevant	0,1	niet relevant	0,1	niet relevant	13,841	niet relevant	0,641	niet relevant
KW232	Uitwateringssluis Tochtsloot	12,67	13,086	niet relevant	0,1	niet relevant	0,1	niet relevant	13,286	niet relevant	0,616	niet relevant
KW245	Uitwateringssluis Gasselseloop	12,85	13,036	niet relevant	0,1	niet relevant	0,1	niet relevant	13,236	niet relevant	0,386	niet relevant
KW266	Raamsluis	13,4	12,789	niet relevant	0,1	niet relevant	0	niet relevant	12,889	niet relevant	Geen	niet relevant
KW266-1	Uitstroomconstructie riool vrij verval	12,06	12,789	niet relevant	0,1	niet relevant	0	niet relevant	12,889	niet relevant	Geen	niet relevant
KW274	Uitwateringssluis Havenstraat	12,17	12,657	niet relevant	0,1	niet relevant	0	niet relevant	12,757	niet relevant	Geen	niet relevant
KW285	Gemaal van Sasse	12,18	12,479	niet relevant	0,1	niet relevant	0	niet relevant	12,579	niet relevant	0,399	niet relevant

In de een-na-laatste kolom is de te realiseren hoogteopgave weergeven per kunstwerk voor zichtjaar 2075. De cellen zijn groen gearceerd indien er geen hoogteopgave is.

Er heeft een wijziging plaatsgevonden met betrekking tot de scope van de kunstwerken in vergelijking met de verkenningsfase. De wijzigingen betreffen:

- Gemaal en riooloverstort Cuijk (KW178) vormt geen onderdeel meer van de scope voor het werkpakket kunstwerken en wordt daarom niet nader beschouwd. De reden hiervoor is dat het deel van het kunstwerk dat in de dijk zit geen functie meer heeft. De constructie in de dijk dient te worden verwijderd.
- Uitstroomconstructie riool vrij verval in de Oude Haven van Grave (KW266-1) is toegevoegd aan de scope. Aan dit object zijn echter geen werkzaamheden voorzien en de afmetingen van de uitstroomconstructie zijn van dien aard (gering) dat de bijdrage in faalkans voor BSKW nihil is gebleken. Derhalve wordt dit kunstwerk wel hier genoemd, maar verder niet meer behandeld.
- Coupures en locaties met demontabele keringen zijn ondergebracht bij de scope van de kademuren Grave (zie vorig hoofdstuk); deze locaties hebben niet meer het ‘label’ kunstwerken. Dit is een wijziging ten opzichte van de verkenningsfase. De reden hiervoor is dat coupures dan wel demontabele keringen zorgen voor het oplossen van een eventueel hoogtetekort van de kademuren. Hiermee wordt hetzelfde bereikt als bijvoorbeeld het opmetselen of op andere wijze verhogen van de kade.

Er ligt een advies tot het uitvoeren van nadere inspecties van alle kunstwerken. De inspecties zijn bedoeld ter verificatie van de toestand van de kunstwerken. Op dit moment is het uitgangspunt dat alle kunstwerken nog in een (voldoende) goede conditie verkeren en nog geruime tijd in stand gehouden kunnen worden zonder ingrijpende renovatie of versterking. De inspectieresultaten kunnen aanleiding geven om dit uitgangspunt in een later stadium te heroverwegen.

13.6 Doorsnede-eisen

De doorsnede-eis per faalmechanisme wordt conform OI2014v4 berekend met de volgende formule:

$$P_{eis;dsn} = \frac{\omega P_{eis}(\cdot\, c)}{N_{dsn}}$$

Waarin:

$P_{eis;dsn}$ faalkanseis per doorsnede of kunstwerk [1/ jaar];
P_{eis} norm van het dijktraject [1/jaar];
ω faalkansruimtefactor voor het betreffende faalmechanisme [-];
c correctiefactor voor correlatie tussen constructief falen en falen door overloop/overslag, alleen van toepassing bij STKW [-];
N_{dsn} lengte-effectfactor voor een doorsnede of kunstwerk [-].

Tabel 13-2 geeft de doorsnede-eisen weer bij de norm. Voor het ontwerp wordt de standaardfaalkansverdeling uit het OI2014v4 [2] toegepast. Voor de faalmechanismen hoogte en STKW is de lengte-effectfactor gegeven in het ontwerpinstrumentarium. De gehanteerde lengte-effectfactoren zijn gegeven in Tabel 13-2. Voor BSKW wordt een trajectaanpak toegepast en wordt de doorsnede-eis per kunstwerk losgelaten. De trajectaanpak voor BSKW is nader toegelicht in paragraaf 13.7.

Tabel 13-2 Faalkanseisen per faalmechanisme

Kunstwerkspoor	Faalkansbegroting	N_{dsn}	Doorsnede-eis [1/jaren]
Hoogte kunstwerk (HTKW)[1]	24%	1	1/41.667
Sterkte en stabiliteit puntconstructies (STKWp)[2]	2%	3	1/500.000

Verklaring:
1. Conform OI2014v4 is de N-waarde voor het spoor hoogte terug te vinden in Bijlage A. Voor traject 36-2 is de N-waarde N = 1.
2. Conform de WOWK [22] is uitgegaan van N=3. Dit is gebaseerd op WBI in Bijlage III [10] waar de N-waarde onafhankelijk is verondersteld van het aantal kunstwerken. Voor de correctiefactor c voor de correlatie tussen constructief falen en falen door overloop/overslag is de waarde 3 aangehouden, cf. WOWK tabel 9.

13.7 Trajectaanpak BSKW

De faalkans van drie kunstwerken is dermate groot dat in het VKA geen mogelijkheden zijn gezien om de kunstwerken zodanig aan te passen dat deze gaan voldoen aan de doorsnede-eis. Er is daarom gekozen om BSKW te beschouwen aan de hand van een trajectaanpak, waarbij de som van de faalkansen voor BSKW van alle kunstwerken gezamenlijk, kleiner is dan de faalkanseis op trajectniveau. De doorsnede-eis wordt hierbij losgelaten.

De faalkanseis voor het traject is berekend met de volgende formule:

$$P_{eis;traject} = \omega P_{eis}$$

Waarin:

$P_{eis;traject}$ faalkanseis voor het traject [1/ jaar];

P_{eis} norm van het dijktraject [1/jaar];

ω faalkansruimtefactor voor het betreffende faalmechanisme [-].

De faalkansruimte is bepaald volgens de standaardfaalkansverdeling cf. het BOI en is 0,04 voor BSKW. De faalkanseis op trajectniveau voor dit toetsspoor is daarmee gelijk aan 0,04 * 1/10.000 = 4 * 10^{-6} per jaar.

14. Overgangen en inpassing

14.1 Overgang grondoplossingen

Het is wenselijk om een zo eenduidig mogelijk beeld te verkrijgen van de inpassing van overgangen. Dit betreffen de verschillen tussen twee vakken in de geometrie zoals hoogte kruin, hoogte berm, bermlengte.

Bij een binnendijkse versterking wordt het ontwerp in principe getekend vanaf de buitenkruinlijn naar binnen toe. Dit betekent dat de huidige buitenkruinlijn vastligt en dat de dijkversterking geen effect heeft op het buitentalud en eventuele rivierkundige effecten. Bij een buitendijkse versterking (zoals bij een tuimeldijk) wordt van dit uitgangspunt afgeweken.

Per dijkvak wordt de geometrie bepaald. Voor een goede ruimtelijke inpassing is een flauwe overgang zeer gewenst. Daarom worden de volgende overgangen aangehouden:

- Overgang in lengterichting voor dijk- en bermtalud heeft een helling van 1:30;
- Overgang in lengterichting voor de bermhoogte heeft een helling van 1:50;
- Overgang in lengterichting voor de kruinhoogte heeft een helling van 1:100.

Vanwege maaibeheer wordt daarnaast een minimale bochtstraal van R=1,0 m voor vlakken met grasbekleding aangehouden.

Indien de grondoplossing lokaal niet past vanwege kritische infrastructuur of bebouwing, wordt een constructiezone aangegeven. De lengte van het maatwerk is de lengte van het object dat tot het maatwerk zorgt, en dan aan beide zijde 5 m extra. Hier past de berm niet. Van deze punten komt er een overgangszone van 25 m. In die zone wordt de constructie toegepast en kan de overgang naar een berm worden gerealiseerd.

14.2 Overgang verticale stabiliteitsoplossingen

Bijlage C van de PPL [15] geeft een beschrijving van hoe de overgang van de stabiliteitsconstructies er minimaal moet uitzien. Hierbij is voor de verschillende constructie types een lengte van de overgangszone aangegeven waarin constructies overlappen. Dit is gegeven voor:

- Constructie kruin – constructie teen overgang;
- Constructie kruin – grondoplossing;
- Constructie teen – grondoplossing.

Indien het scherm naast een stabiliteitsfunctie ook voor piping benodigd is, moet worden ontworpen zoals in paragraaf 14.3 wordt beschreven.

14.3 Overgang piping

14.3.1 Kleiinkassing - verticale maatregel

Waar gekozen wordt voor een horizontale maatregel, zoals een kleiinkassing of pipingberm dient een overgang te worden gerealiseerd. De lengte van de overgang is dient gelijk te zijn aan het kwelwegtekort dat de oplossing geeft. Indien er variatie in maaiveldhoogte of uittredepunt is, dan kan hier een optimalisatie worden uitgevoerd met lokale berekeningen. Uitgaande van het maximale ruimtebeslag is dit een optimalisatie die kan worden beschouwd. In het VO wordt hier praktisch naar gekeken, wat is nut noodzaak van de optimalisatie en wat zijn de ontwerpvrijheden die je wilt behouden.

14.3.2 GZB - verticale maatregel

Voor een overgang van een verticale pipingmaatregel (evt. gecombineerd met een stabiliteitsfunctie) naar een GZB zijn in de OBOR geen concrete voorschriften. Vanuit de leidraad word geadviseerd om uit te gaan van een kleiprop ter plaatse van de overgang.

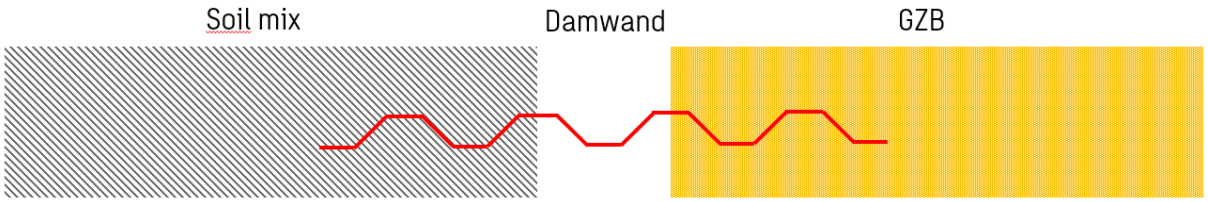
In afstemming met het waterschap is besloten om af te wijken en te kiezen voor alternatieve overgang, waarbij de damwand in de GZB komt te staan. De uitvoeringsstappen zijn dan als volgt:

1. Plaatsten damwanden voor het uitvoeren van de ontgraving
2. Ontgraven kuil GZB
3. Plaatsen 1e damwand van pipingscherm, deze komt in de kuil
4. Vullen van kuil met GZB zand (filter), waarbij het zand om de damwandplank heen aanwezig is, maar ook geen vervuiling door de laag heen zit, die bij later installeren wel kan ontstaan
5. Terug vullen kuil met grondmateriaal. Je GZB is gerealiseerd en je hebt de 1e plank staan, waarvan je zeker weet dat de GZB goed omheen is gevormd.
6. Vanaf 1e plank kan je dan de damwanden doorzetten. De aansluitende planken worden deels in de GZB gezet (de beginplank is omringd). Daarmee zit er nog een stuk GZB om deze planken, maar bij installatie kan niet worden uitgesloten dat de damwand vervuiling in de GZB brengt (stukken klei, etc).

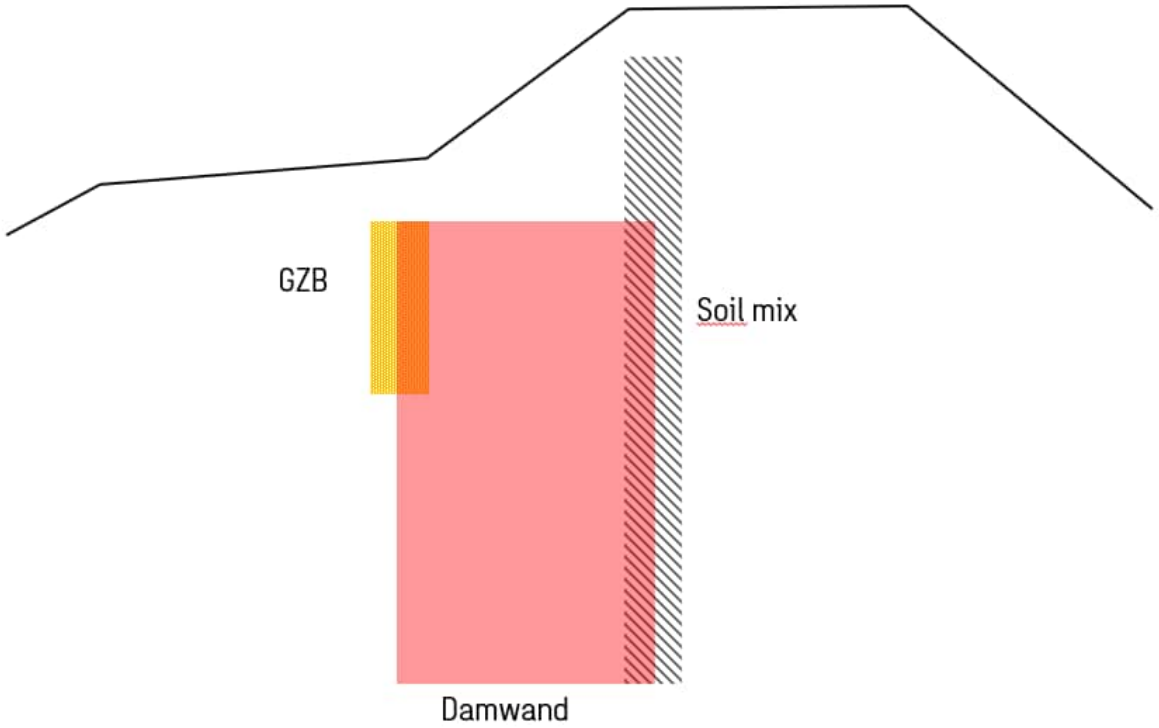
Let op, door aanvulling rondom de plank is de sterkte hier laag. Dus bij drukken kan deze eerste plank niet gebruiken als contra om mee te drukken.

In de basis is de verticale optie nog niet verder gedefinieerd, maar open voor de aannemer. Hierbij wordt als referentie uitgegaan van soilmix technieken. In het geval dat dit wordt toegepast is de aansluiting lastig te realiseren. Eerst plaatsen van soilmix zal ontgraven voor GZB lastig te realiseren maken. Andersom is en het roeren van de ondergrond voor de soilmix nadat er net een GZB is aangelegd destructief. Een extra nadeel is dat de GZB goed doorlatend is en dat het cement mengsel de GZB kan inlopen en deze dan kan verstoppen. Om een praktische oplossing te hebben wordt voorlopig gekozen om uit te gaan van een GZB – damwand overgang van een paar planken waarbij dan een tweede soilmix - damwand overgang is. Deze is schetsmatig weergegeven in Figuur 14-1.

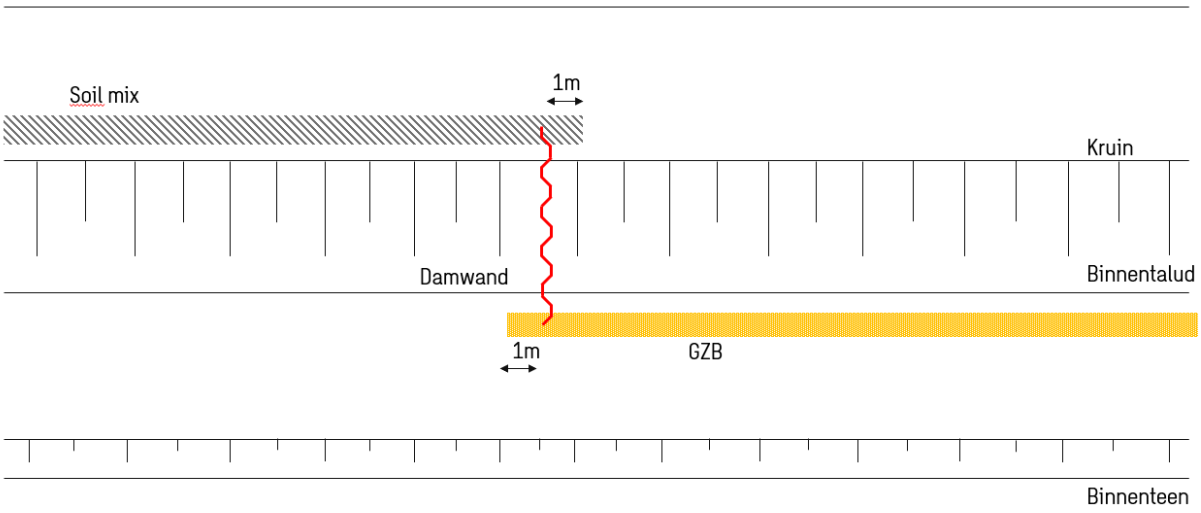
Een soilmix-wand voor stabiliteit staat in principe in de kruin, daar waar een GZB ter plaatse de huidige binnenteen wordt geplaatst. De overgang dient dusdanig uitgevoerd te worden dat achterloopsheid wordt voorkomen. Een principeoplossing voor deze situatie is schematisch weergegeven in een doorsnede (Figuur 14-2) en bovenaanzicht (Figuur 14-3).



Figuur 14-1 Schets bovenaanzicht van aansluiting GZB op een soilmix-wand



Figuur 14-2 Schets dwarsdoorsnede van aansluiting GZB op soil mix



Figuur 14-3 Schets bovenaanzicht van aansluiting GZB op soil mix (voorloopig voorstel aangehouden voor VO)

14.3.3 Verticale maatregel kruin – verticale maatregel teen

Bij een overgang van de kruin naar de binnenteen waar ook piping speelt zijn er twee opties om dit te realiseren. Het verkrijgen van voldoende overlap (kwelweglengte) zal veelal grote lengtes vergen (denk aan afstanden van 50 m). Het alternatief is om een overgang loodrecht op de schermen (dus in het dwarsprofiel) uit te voeren. Ervaring is dat dit bij damwanden vaak de meest economische (en duurzame) oplossing is.
Omdat met de verticale maatregel ook wordt gekeken naar de soilmix varianten kan uitvoering hier mogelijk implicaties geven. Vanwege uitvoerbaarheid kan het zijn dat een overgang met soilmix niet mogelijk is. Als alternatief wordt dan overgestapt naar een lokaal te drukken overgang met damwanden als referentie. Hierbij dient de aansluiting tussen de delen waterdicht te zijn gezien de toepassing voor piping. De uitwerking is vergelijkbaar met de schematisering voor de overgang GZB – verticale constructie, weergegeven in een doorsnede (Figuur 14-2) en bovenaanzicht (Figuur 14-3).

15. NWO's

15.1 Algemeen

In de beschouwing van de NWO wordt aan de hand van de volgende indeling gekeken naar de verschillende Niet Waterkerende objecten.

- bomen;
- gebouwen;
- K&L;
- overig.

15.2 Bomen en struiken

Rondom de bestaande dijk zijn (beschermde) bomen en struiken aanwezig. Deze hebben een landschappelijke- ecologische en/of culturele waarde. De bomen en struiken zijn beschermd door wet en regelgeving en beleid, vanuit cultuurhistorie, ruimtelijke inpassing, landschap en flora en fauna oogpunt. Figuur 15-1 laat een overzicht zien van de vanuit provincie aangegeven beschermde bomen en struiken.

De dijkversterking heeft impact op bestaande bomen en struiken. Uitgangspunt is dat er in de basis geen bomen, struiken en heggen in het profiel van de dijk zijn, tenzij deze kunnen worden ingepast in het dijkontwerp. Deze kunnen mogelijk worden behouden en anders is gekeken naar alternatieven zoals herbeplanten. In de VO-fase is een inventarisatie uitgevoerd naar de bomen, struiken en heggen die mogelijk op locatie zijn in te passen, zie Figuur 15-2.

Voor de inpassing gelden de volgende leidende ontwerp principes[7]:

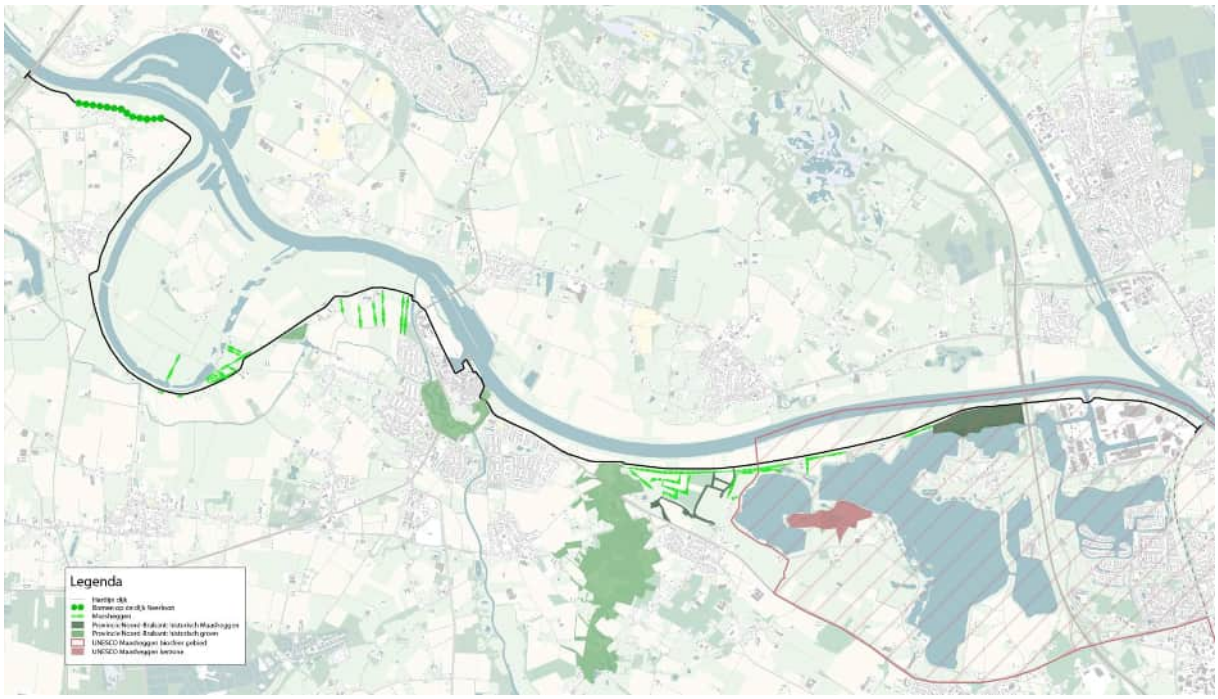
- De bomen en struiken hebben een aanzienlijke landschappelijke- ecologische en/of culturele waarde;
- Locatie* her te planten bomen en struiken:
    - niet op het buitentalud en minimaal 10 meter vanuit buitenteen, tenzij hoog liggend voorland of onder voorwaarden bij tuinen van buitendijkse panden;
    - niet op het binnentalud en minimaal 4 meter uit de binnenteen, tenzij aanzienlijke landschappelijke- ecologische en/of culturele waarde of een (zeer) brede kruin;
    - niet op de kruin, tenzij zeer breed en dan alsnog minimaal 5 meter vanuit de buitenkruinlijn;
- Bij herplanting op de kering: solitaire bomen i.p.v. een bomenrij;
- Indien binnen ontwerpprofiel: een leeflaag aanbrengen voor opvangen van mogelijke ontgrondingskuil (ten minste 1 meter voor bomen en 50 cm voor struiken[8]);
- Anti-graverij maatregelen treffen, dit geldt met name voor struiken;
- Aanplant strategie met ruimte voor toegankelijkheid tractor en beheerder t.b.v. beheer&onderhoud en inspectie.

* De locatie kan op basis van eisen van het bevoegd gezag nog wijzigen. Dit is niet geheel voorafgaand aan de vergunningsprocedure te ondervangen.

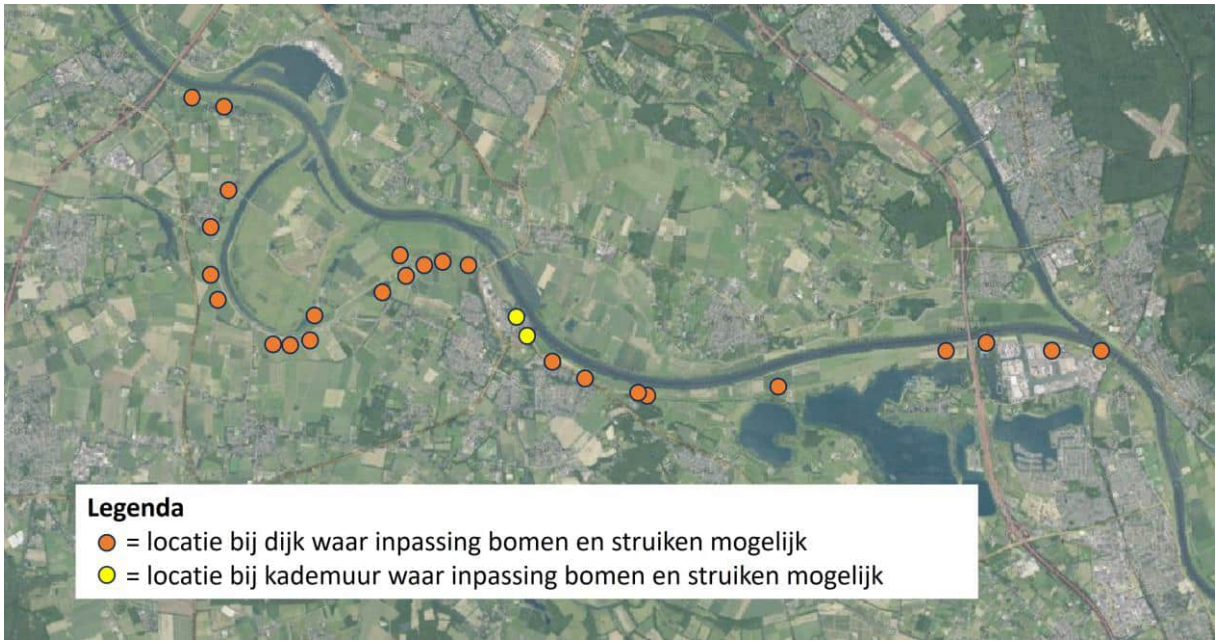
Bomen die meer dan 12 m (reguliere werkstrook + flexibiliteitsstrook) buiten de binnenteen staan kunnen vanuit het oogpunt van de stabiliteit van de kering (STBI) behouden blijven. De aanvullende faalkans door bomen op deze locatie is opgenomen binnen de schematiseringsfactor (zie hoofdstuk 1 van Bijlage C) waardoor geen aanvullende analyse benodigd is. Een beschouwing t.a.v. piping blijft benodigd.

[7] De ontwerpprincipes zijn gebaseerd op de primaire regels van het waterschap en zijn op 21 januari 2025 afgestemd met de beheerder van WSAM

[8] Is het eerste uitgangspunt i.v.m. maximaal ruimtebeslag, maar dient in ontwerp aangetoond (en waar mogelijk geoptimaliseerd) te worden



Figuur 15-1 Inventarisatie beschermde bomen en struiken uit provinciaal beleid



Figuur 15-2 locaties van knelpunt van bomen en struiken met het dijkontwerp, die mogelijk op locatie ingepast kunnen worden

Voor de te behouden bomen moet worden gekeken welke faalpaden kunnen leiden tot een waterveiligheidstekort. Hierbij zijn met name het omwaaien en de ontgronding én het gewicht en windbelasting van een boom op de dijk indien de boom op de kering of berm staat, die dit tot gevolg kan hebben het een aanvullend risico van een NWO.

Hiervoor kunnen de volgende uitgangspunten, o.b.v. TUN MeMa [49], worden aangehouden. Op basis van een BEA (bomen effect analyse) kunnen deze mogelijk aangescherpt worden.

- windbelasting: 4,4 kN/m;
- diameter wortelzone: 7,2 m;

- ontgrondingsdiepte 1,2 m voor bestaande bomen, 1,0 m voor nieuwe bomen/herplanten (beleidsregels WSAM);
- aangrijpingspunt wind: 22,5 m boven maaiveld, aan te scherpen o.b.v. bomeninventarisatie;
- invloedshoek belasting: 30 graden.

Voor het beoordelingsprofiel wordt voor het binnentalud een minimale kruinbreedte van 3 m en een buitentalud van 1:2 voor kleidijken voorgeschreven. KPR schrijft voor kleidijken met een overslag kleiner dan 1 l/s/m een minimale kruinbreedte van 1,5 m voor bij het beoordelingsprofiel in de methode relevant schuifvlak [7]. De keuze tussen deze beoordelingsprofielen hangt af van de situatie ter plaatse.

Conditionele faalkans

Een hoogwatergolf op de Maas is afvoer gedomineerd, niet storm gedomineerd. Het omwaaien van een boom, resulterend in een ontgrondingskuil, is daarom slechts in zeer beperkte mate gecorreleerd aan een hoogwatergolf op de Maas. Daarom is bepaald wat de kans van voorkomen van een storm is waarbij bomen omwaaien. Hierbij is uitgegaan dat een ontgronding van een boom optreedt bij windkracht 10, wat overeenkomt met een gemiddelde snelheid van 26,5 m/s. Om te terugkeertijd te bepalen van deze windsnelheid ter plaatse van de projectlocatie is gebruik gemaakt van de windstatistiek binnen Hydra-NL, voor de locatie corresponderend met de projectlocatie. Voor Cuijk-Ravenstein correspondeert dit binnen Hydra-NL databases met de locatie Deelen. Hierdoor is gebruikt gemaakt van 'Ovkanswind_Deelen_2017_metOnzHeid-bestand' vanuit Hydra-NL. Hieruit blijkt dat de windsnelheid van 26,5 m/s een terugkeertijd heeft van 106 jaar. Met Waterschap Aa en Maas is afgestemd om een terugkeertijd van 100 jaar aan te houden, corresponderend met een conditionele faalkans van 0,01.

Herplanting

Nieuwe bomen en struiken, inclusief de ontgrondingskuil, moeten buiten het leggerprofiel van de waterkering worden geplaatst en op termijn goed vervangbaar zijn. Voor bomen wordt uitgegaan van een schijfvormige ontgrondingskuil met een diepte van 1 meter en een straal, vanuit het hart van de boom, van 2 meter. Voor struiken wordt eveneens uitgegaan van een schijfvormige ontgrondingskuil, met een diepte van 0,5 meter en een straal, vanuit het hart van de struik, van 1 meter. In het ontwerp wordt een minimale overhoogte ter grootte van de respectievelijke ontgrondingskuil voor bomen en struiken opgenomen.

Ontwerp VO

Bestaande bomen die niet gekapt dienen te worden in de VO2.0 ronde, worden kwalitatief beoordeeld op waterveiligheid in combinatie met een STBI SOM met ontgrondingskuil. Struiken worden kwalitatief beoordeeld en als waterveilig aangenomen (zie Regeling veiligheid primaire waterkeringen - Bijlage III [10]). Te herplanten bomen en struiken worden in VO2.0 kwalitatief beoordeeld. Er wordt een extra leeflaag toegepast.

Aanbevolen wordt om het VO ontwerp met hergeplante bomen en struiken te optimaliseren in het DO, waarbij met een gedetailleerde waterveiligheidsanalyse aangetoond wordt dat de extra leeflaag kan worden gereduceerd.

15.3 Gebouwen

Uitgangspunt voor het ontwerp van de dijkversterking is in beginsel dat het amoveren van huizen wordt voorkomen.
Naast bebouwing aan de binnendijkse zijde is er in Grave ook sprake van buitendijkse bebouwing. Dit betreft locaties de Bomvrije en bij Maaskade Noord, de huizen richting scheepswerf en de scheepswerf.

Ook voor de gebouwen zijn er meerdere stappen die doorlopen worden. Zoals aangegeven worden ontwerpen in de basis zo gemaakt dat gebouwen gespaart blijven. Hierbij wordt in eerste instantie vooral gekeken naar de eindsituatie, welk ontwerp past hierbij.
Tevens wordt de informatie over de gebouwen gebruikt om na te gaan of er aanvullende faalpaden kunnen optreden die moeten worden gecontroleerd. Dit gebeurt waar mogelijk kwalitatief. Risicovolle gebouwen zijn voornamelijk gebouwen waar holle ruimtes onder het maaiveld aanwezig zijn. Gedacht moet worden aan kelders en kruipruimtes.
Aangezien wordt ontworpen op een overslagdebiet van 1 l/s/m wordt geen rekening gehouden met erosie.

In het VO wordt op basis van de gegevens volgend uit het inmeten van de gebouwen gekeken naar de uitvoeringsmethodiek. Deze is gericht op het voorkomen van schades. Deze analyse wordt meegenomen in het ontwerp.

15.4 K&L

Wanneer er in het dijkprofiel (profiel van vrije ruimte) kabels en/of leidingen liggen dient hier in het ontwerp conform veiligheidsraamwerk POV K&L [17] en NEN 3650 [18] en 3651 [19] te worden ontworpen. In de beschouwing dienen de faalpaden van zowel het falen van de dijk als het falen van de desbetreffende kabel of leiding te worden uitgewerkt.

15.4.1 Categorie-indeling leidingen

Op basis van impact op het dijkverbeteringsproject is in de verkenning onderscheid gemaakt in verschillende categorieën leidingen. In het VO ligt de focus voornamelijk op de categorie 1 leidingen. Dit zijn onder andere de leidingen die voorafgaand aan de uitvoeringsfase dienen worden te verlegd (indien nodig).
Categorie 2 zijn kabels en leidingen waarover vóór de uitvoeringsfase afspraken zijn gemaakt over de technische oplossing en doorlooptijden. Deze afspraken zijn bindend voor het vervolgtraject, tenzij in overleg met alle partijen aanzienlijke besparing in tijd (inclusief vergunningen) en geld kan worden bereikt. De aanpassing van deze kabels en leidingen loopt synchroon met de werkzaamheden aan de dijk.
Categorie 3 zijn kabels en leidingen die tijdens het verrichten van de werkzaamheden aan de dijk worden aangepast.

In de RVO is gestart met de afstemming en het in kaart brengen van de volgende kabels en leidingen

- (hoge druk) gasleidingen, vak 37;
- gasleiding parallel in de kering bij de Koninginnedijk;
- kruisende waterleidingen (grote diameter);
- hoogspanningsmasten (ruimte onder de mast en zettingen bij voet van de mast;
- in kaart brengen risicovolle infrastructuur → middenspanningsruimtes.

15.4.2 Veiligheidsraamwerk

Het veiligheidsraamwerk POV K&L [17] en onderliggende voorbeelden geven een beeld van hoe categorie 1 leidingen kunnen worden getoetst/beoordeeld. Op hoofdlijnen dienen er drie toetsingen te worden uitgevoerd:

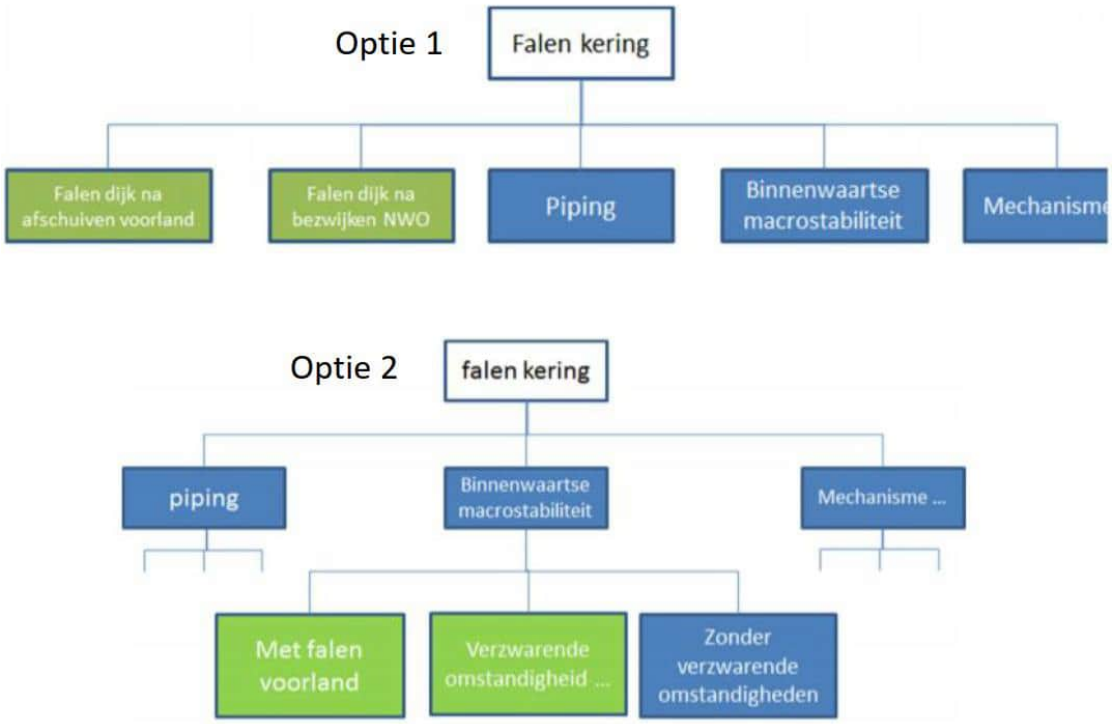
- Voldoet de dijk (zonder leiding) in de desbetreffende doorsnede aan waterveiligheidseis? → ontwerp moet voldoen aan faalmechanismen zoals beschreven in hoofstukken 7 t/m 10. In de analyse dient te worden beschouwd of er afwijkingen zijn tussen het maatgevende profiel en het profiel op de locatie van de leidingkruising.
- Voldoet de leiding? De leiding dient zowel in huidige situatie als tijdens de versterking en bij einde planperiode 2075 (eventueel eerder als levensduur leiding korter is) te voldoen.
  Vanuit het ontwerp kan de belasting op de leiding worden bepaald. Dit dient samen met de leidingbeheerder te worden getoetst zodat deze kan verklaren dat de leiding voldoet.

- De waterveiligheid wordt geborgd ook met het optreden van bezwijken van de leiding.

De eerste twee punten moeten in feite al bij elke versterking worden afgestemd. Het derde punt is met de introductie van het OI (en BOI) nieuw. Vanuit de veiligheidsgedachte dient elke kans expliciet te worden gemaakt om zodoende te kunnen toetsen aan de gestelde eis.

In het veiligheidsraamwerk POV K&L zijn twee opties gegeven om de faalkanseis te bepalen, zie Figuur 15-3.

- Optie 1: Als afzonderlijk direct faalmechanisme, waarbij de faalkansbijdrage van een individuele leiding centraal staat.
- Optie 2: Als verzwarende omstandigheid voor een direct faalmechanisme.



Figuur 15-3 twee opties voor faalkanseisen voor indirecte mechanismen [17]

In de veiligheidsopgave is bij start van de planuitwerking bij de directe faalmechanismen geen rekening gehouden met verzwarende omstandigheden. Wanneer voor optie 2 wordt gekozen, heeft dit het gevolg dat een deel van het faalbudget voor de verzwarende omstandigheden nodig is. Het gevolg is dat gehele opgave moet worden aangepast, wat niet wenselijk is.
Optie 1 kan zonder problemen worden toegepast omdat in het veiligheidsraamwerk van het OI wordt geput uit de ruimte voor overige faalmechanismen (nog niet benut). Voorgesteld wordt om conform het voorbeeld van de kansverdeling van het raamwerk verder op te delen (zie Figuur 15-4).

Voorbeeld faalkanseisen Optie 1: Falen NWO als direct faalmechanisme		
Verdeling faalkansruimte post 'Overige'	**Faalkanseis**	
	Voor alle NWO's	**Per individueel NWO**
Post 'Overige', waarvan:	0,30 × P_{max}	
Falen indirecte mechanismen	0,10 × P_{max}	
Falen onbekende mechanismen	0,10 × P_{max}	
Falen niet-waterkerende objecten (NWO's), waarvan:	0,10 × P_{max}	
Falen bebouwing (NWO-be)	0,02 × P_{max}	
Falen begroeiing (NWO-bo)	0,02 × P_{max}	
Falen kabels en leidingen (NWO-kl), waarvan:	0,04 × P_{max}	
Falen kruisende leidingen ($NWO_{KR,PL}$)	0,02 × P_{max}	0,02 × P_{max} / $N_{EQ,KR,PL}$ *1)*
Falen parallelle leidingen ($NWO_{PAR,PL}$)	0,02 × P_{max}	0,02 × P_{max} / $N_{PAR,PL}$ *2)*
Falen overige NWO,s (NWO-ov)	0,02 × P_{max}	

1) Equivalent aantal kruisende leidingen $N_{EQ,KR,PL}$ = 10 bij totaal aantal kruisende leidingen $N_{TOT,KR-PL} \leq 100$ (bij $N_{TOT,KR,PL} > 100$ is heroverweging van $N_{EQ,KR,PL}$ nodig)

2) Factor lengte-effect parallelle leidingen $N_{PAR-PL} = a \times L_{leiding} / b = 0,01 \times 50.000 / 50 = 10$.

Figuur 15-4 voorbeeld van faalkanseisen van een dijktraject volgens optie 1 [17]

Voor dijktraject 36-2 is het aantal kruisende en parallelle leidingen ≤100 aangenomen. Hierbij is uitgegaan van leidingen met significante leidingdiameters en/of drukken, waar bij falen significante schade kan ontstaan. Deze lijn volgende is de eis per kruisende leiding gelijk aan:

$$\frac{0,02 \times P_{max}}{N_{Q,KR,PL}} = \frac{0,02 \times 1/10.000}{10} = 2,0 \times 10^{-7} per\ jaar$$

In het geval van parallelle leidingen kan conform Figuur 15-4 per individuele leiding ook $2,0 \times 10^{-7}$ per jaar worden aangehouden.

Per leidingkruising dient een faalboom te worden gemaakt, waarbij de mogelijke faalpaden kunnen worden bepaald. Aan de hand van de faalboom kan vervolgens worden beschouwd wat de bijdrage kan zijn en of dit een significant aandeel van het faalkansbudget betreft.
In de uitwerking wordt een getrapte werkwijze toegepast waarin eerst de mogelijke faalpaden worden uitgewerkt en wordt vastgesteld of er een significante bijdrage is van het desbetreffende faalpad. Op basis van ervaring bij andere kruisingen (onder andere rekenvoorbeelden van POV K&L) kan volgordelijk worden gekeken welke faalpaden meer of minder relevant zijn.

N.B. De gehele werkwijze gaat uit van individuele leidingkruisingen. In het gebied liggen enkele categoriekruisingen op circa 10 m onderling en kruisen hier ook nog twee gestuurde boringen onderlangs. In de uitwerking dient de onderlinge interactie te worden meegenomen.

15.4.3 Overige K&L

In de VO-fase wordt het ontwerp verder uitgewerkt. De ligging van K&L is input in het ontwerp. Voor het ontwerp van een vak wordt geen rekening gehouden met de leidingen, maar alle conflicten wel in beeld worden gebracht zodat hier in een volgende ontwerpronde nader op kan worden ingegaan.
In het geval van een ontwerp van maatwerk, is het detailniveau hoger, maar ook de impact op de K&L groter. In de bepaling van de locatie van het maatwerk wordt rekening gehouden met de K&L in dit maatwerk.

15.5 Overig

De overige NWO's betreffen veelal meubilair op de dijk. In de basis wordt in het VO hier (voor zover mogelijk) kwalitatief beschouwd of de NWO's extra aandacht verdienen of dat dit in een later stadium kan worden beschouwd. Bij de start van het VO is de informatieverzameling voornamelijk gericht op drie andere type NWO's en er moeten nog acties worden uitgevoerd om een volledig beeld te verkrijgen.

In het VO worden de kazematten/bunkerstellingen die in de kering liggen nader in kaart gebracht.

16. Anti-graverij en andere dierlijke schade

Binnen het projectgebied is op meerdere locaties de aanwezigheid van bevers en dassen geconstateerd. Tevens kan worden gesteld dat de populatie van beide groeiende is. Graverij door deze dieren is in toenemende mate een beheerprobleem waarvoor aanvullende maatregelen dienen te worden genomen. Graverij wordt gezien als een indirect mechanisme; schade door graverij kan zorgen voor situaties waarbij directe faalmechanisme eerder kunnen optreden. Dit hoofdstuk werkt op hoofdlijnen de technische implicaties uit, de te verwachten graverij, uitwerking in faalbomen en welke maatregelen nodig mogelijk zijn.

Voor de uitwerking wordt gebruikgemaakt van "*Veiligheidsraamwerk dierlijke graverijen in waterkeringen*" [25]. Deze gaat uit van het zoeken van oplossingen aan de hand van vier vragen:

- Wat is er aan de hand?
- Wat is relevant; samenhang schade en kans op falen?
- Hoe kun je de overstromingskans beheersen?
- Hoe kun je de overstromingskans bepalen?

Deze vragen helpen om de relevante faalpaden uit te kunnen werken. Aan de hand van deze faalpaden worden de benodigde oplossingen uitgewerkt/onderzocht. Hierin wordt zo veel mogelijk aangesloten bij de uitgangspunten/referenties van MeMa [41] en recente ontwikkelingen.

16.1 Graverij onder dagelijkse omstandigheden

Graverij onder dagelijkse omstandigheden hoeft niet direct te leiden tot een waterveiligheidstekort en veelal is er tijd voor herstel. Echter is het detecteren van graverij niet eenvoudig en de beschermde status van de dieren maken het ingrijpen moeilijk. Derhalve wordt veelal gekozen om preventieve maatregelen te nemen om graverij buiten de kern van de dijk houden (en daarmee de gevolgen van graverij te verkleinen). Verder kunnen ook maatregelen worden genomen om de detectie van graverij te vergoten.

16.1.1 Graverij door bevers

De graverij van bevers is in hoofdlijnen gericht op twee doelen. De eerste is het bouwen van een nest/burcht welke functioneert als een veilig heenkomen. Een nest bevindt zich boven de dagelijkse freatische lijn, maar kan bestaan uit meerdere kamers en heeft ook meerdere ingangen. Deze vorm van graverij verzwakt de kering aanzienlijk en is daarmee een grote dreiging voor de sterkte van de dijk. De ingangen worden veelal onder de waterlijn gegraven en zijn dan ook voornamelijk visueel na een daling van de waterstand (kan zowel daling van de dagelijkse waterstand als na daling van hoogwater zijn. Graverij in een kering vindt dan ook voornamelijk plaats bij dijken waar water direct aan de teen aanwezig is.
De voornaamste preventiemaatregel is het voorkomen van graverij door middel van het maken van een barrière in de vorm van gaas of een constructie (damwand). Andere alternatieven die kunnen helpen in de detectie is het bijhouden/maaien/beheren van de begroeiing bij de overgang van de teen naar het water. Dit kan de inspecteerbaarheid vergroten waardoor de kans op detecteren groter is.

Een andere vorm van graverij vindt voornamelijk plaats op de overgang van nat naar droog. Een bever beweegt zich doorgaans slechts een tiental meters over land. Het maken van dammen of graven van kanaaltjes zorgt ervoor dat de over land af te leggen afstand klein kan worden gehouden. Dergelijke graverij kan gevolgen hebben voor de stabiliteit van het voorland, maar levert veelal geen gevaar op voor de waterveiligheid, zolang dit op afstand dan de teen van de dijk is.

16.1.2 Graverij door dassen

Dassengraverij is wat betreft de omvang en grootte van burchten groter dan bij bevers en daarmee een groter gevaar. Ook hier bestaat een burcht uit meerdere kamers en gangen. De ingangen van burchten zijn over het algemeen op meer beschutte locaties waarbij gebruik wordt gemaakt van bosschages. De lengte tussen de burcht en de ingang gangen kan tientallen meters zijn.
De voornaamste preventiemaatregel is het voorkomen van graverij door middel van het maken van een barrière in de vorm van gaas of een constructie (damwand). Een ander alternatief is het verwijderen van bosschages en daarmee het gebied minder aantrekkelijk te maken voor de vestiging van een dassen.

16.2 Graverij tijdens hoogwater

In het geval van hoogwater gaan gravers op zoek naar een veilig heenkomen. Als gevolg van het hoogwater komt ook de freatische lijn in de kering hoger te liggen. Om dit tegen te gaan creëert (indien er al een burcht aanwezig is) de graver (bever of das) een nieuwe kamer hoger in het dijklichaam. Dit kan bij bevers zo ver door gaan dat er met takken een nieuw dak boven de burcht wordt gemaakt.
In het geval een burcht geen onderdeel van de waterkering is kan het buitendijks het geval zijn dat het grondlichaam in zijn geheel onderwater verdwijnt. In deze situatie is het noodzakelijk om de locatie te verlaten en kan een nieuwe locatie worden gezocht. Het grondlichaam dat bij een hoogwatersituatie geschikt is voor een veilig heenkomen is dan bij uitstek een dijk omdat deze voldoende hoog is.

De enige preventieve mogelijkheid om dit te voorkomen is het geheel inpakken van een dijk in gaas en dit is veelal kostbaar. Alternatief is het creëren van meer aantrekkelijke vestigingslocaties in de uiterwaarden die ook voldoende hoog zijn.

16.3 Uitwerking van preventiemaatregelen

Op basis van de informatie en beschikbare gegevens vanuit ecologisch onderzoek, het beschouwen van de omgeving van de kering en de opbouw van de kering zelf, is voor alle keringen van het gebied van Cuijk-Ravenstein aangegeven of het raadzaam is om een antigraverijvoorziening uit te werken. Hierbij wordt gekeken naar:

- Het kernmateriaal van de dijk;
- De aanwezigheid van waterpartijen;
- De aanwezigheid van bosschages;
- Inventarisatie van dassen en bevers.

Door potentiële wijzigingen in het DO en onzekerheid in compensatiemaatregelen voor flora zijn de volgende aspecten in de analyse niet meegenomen. In de DO-fase kunnen de te nemen graverijmaatregelen geoptimaliseerd worden.

- Aanwezigheid langsconstructies;
- Inspecteerbaarheid van de dijk.

De uitgangspunten op welke locatie binnen het dwarsprofiel de maatregelen worden toegepast, zijn nog in ontwikkeling. Ten behoeve van de effectenbeoordeling en de kostenraming van het VO zijn alleen uitgangspunten voor de boven- en onderzijde van het gaas opgenomen, overige dimensies worden in een vervolgfase (nader te bepalen is VO+ of DO) verder uitgewerkt.

In het VO zijn, als gaas als maatregel is voorzien, de volgende dimensies opgenomen. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen maatregelen voor binnendijks of buitendijks en daarnaast voor bevers of voor dassen.

- Binnendijks:

    - Bevers → bovenzijde ondertalud berm tot onderkant sloot -1,5 m, indien geen sloot nabij binnenteen aanwezig is wordt uitgegaan van maaiveld binnenteen -1,5 m;
    - Dassen → bovenzijde ondertalud tot GLG -0,5 m;
    - Indien geen ondertalud aanwezig is wordt uitgegaan van 1/3 van de kerende hoogte.
- Buitendijks:
    - Bevers → kruin -0,5 m tot onderkant sloot -1,5 m, indien geen sloot nabij buitenteen aanwezig is wordt uitgegaan van maaiveld buitenteen -1,5 m;
    - Dassen → 1/3 kerende hoogte tot GLG -0,5 m.

Een antigraverijmaatregel wordt, omdat de locatie in het dwarsprofiel nog nader gedetailleerd moet worden, in het ontwerp aangegeven als een zone/arcering voorzien van beschrijving van het object en functie. Hiermee is het ook in de ontwerptekeningen herleidbaar terug te vinden. De maatregelen worden in deze fase dus nog niet in het dwarsprofiel ingetekend.

17. Referenties

17.1 Normen en Richtlijnen

[1] Omgevingsregeling, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 30 oktober 2022;
[2] Handreiking ontwerpen met overstromingskansen, OI2014v4. Rijkswaterstaat, ministerie van Infrastructuur en Milieu, februari 2017;
[3] Handleiding Overstromingskansanalyse – Algemeen, Rijkswaterstaat, juni 2023;
[4] Handleiding Overstromingskansanalyse – Dijken en Dammen deel 1 Geotechnische stabiliteit, Rijkswaterstaat, juni 2023;
[5] Handleiding Overstromingskansanalyse – Dijken en Dammen deel 2 Piping, Rijkswaterstaat, juni 2023;
[6] Handleiding Overstromingskansanalyse – Dijken en Dammen deel 3 dijkerosie buitentalud, Rijkswaterstaat, juni 2023;
[7] Handleiding Overstromingskansanalyse – Dijken en Dammen deel 4 dijkerosie kruin en binnentalud, Rijkswaterstaat, juni 2023;
[8] Handleiding Overstromingskansanalyse – Dijken en Dammen deel 5 indirecte faalmechanismen, Rijkswaterstaat, juni 2023;
[9] Handleiding Overstromingskansanalyse – Kunstwerken, Rijkswaterstaat, juni 2023;
[10] Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017;
[11] Schematiseringshandleiding Macrostabiliteit WBI2017, Rijkswaterstaat, mei 2021;
[12] Schematiseringshandleiding Piping, WBI2017, 2 januari 2017;
[13] Eurocode 7 NEN 9997 Geotechnisch ontwerp van constructies, NEN-EN, juni 2016;
[14] POVM Eindige-Elementenmethode (PPE), Een publicatie van de POV Macrostabiliteit, maart 2020;
[15] POVM Langsconstructies (PPL), Een publicatie van de POV Macrostabiliteit, maart 2020;
[16] Afronding onderzoek vermindering corrosietoeslag damwanden, RWS-2015/44407.01, Rijkswaterstaat, 2 december 2015;
[17] Veiligheidsraamwerk POV K&L, Toepassing in de praktijk. Stuurgroep Project Overstijgende Verkenning Kabels & Leidingen, 3 december 2020;
[18] NEN3650-2, Eisen voor buisleidingsystemen. ICS 23.040.10. NEN, januari 2020;
[19] NEN3651, Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken, ICS 23.045.10;93.010. NEN, juni 2012;
[20] Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1 september 2004;
[21] Technisch Rapport Actuele Sterkte, Expertisenetwerk Waterveiligheid, 27 maart 2009;
[22] Werkwijzer Ontwerpen van Waterkerende Kunstwerken (WOWK) – groene versie 2018, Rijkswaterstaat, november 2018;
[23] Factsheet Verkeersbelasting en macrostabiliteit versie 2, Kennisplatform Risicobenadering (KPR), juli 2016;
[24] Factsheet KPR, Factsheet werkwijze macrostabiliteit in combinatie met golfoverslag, 2018;
[25] Veiligheidsraamwerk dierlijke graverijen in waterkeringen, 11208018-002-GEO-0001. Deltares, december 2022;
[26] Bodemdaling in het rivierengebied, Deltares, 2014;
[27] Factsheet KPR, afweging ter bepaling glijvlak voor faalmechanismen macrostabiliteit binnenwaarts, KPR, december 2018;
[28] SBR Trillingsrichtlijn deel A, Schade aan bouwwerken: 2017, SBRCURnet, november 2017;
[29] CUR 166 Damwandconstructies, deel 1 en 2 (6e druk), SBRCURnet, juli 2012;
[30] NEN 6766 Corrosie van stalen elementen in de ondergrond – Eisen voor ontwerp en toepassing, NEN-EN, februari 2023;
[31] Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken (RBK) versie 1.2.1. met bijlagen, Rijkswaterstaat, 18 november 2022;
[32] Rode draden nr. 3 Werkwijze falen door macrostabiliteit, Adviesteam Dijkontwerp, versie 1, 3 juni 2021;
[33] NEN 8700-serie, Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk, NEN, 2020;
[34] Leidraad Rivieren, Rijkswaterstaat, juli 2007;
[35] Memo Modeleren sterkte van het dijksmateriaal – concept, Deltares, 14 oktober 2017;
[36] Handboek soilmix-wanden, SBR CUR, juni 2016;

[37] Ontwerp grofzandbarrière pilot Gameren, Deltares, 24 augustus 2021.

17.2 Beleidsdocumenten

[38] Kader uitgangspunten dijkversterking. Waterschap Aa en Maas, 2020;
[39] Basis Specificatie Dijken (BSD), juni 2021;
[40] Memo Aanpak STBU. Waterschap Aa en Maas, december 2022.
[41] Aanpak dierlijke graverij voor hoogwaterbescherming, Meanderende Maas, R011.M06. Waterschap Aa en Maas, april 2024.

17.3 Projectdocumenten

[42] Integrale Uitgangspuntennotitie V4, verkenning Cuijk – Ravenstein, WAB013032-D-014-v4 IUN. WSP Nederland B.V., januari 2021;
[43] Technische uitgangspunten Nota V3, verkenning Cuijk – Ravenstein, WAB013032-D-009. Lievense Infra B.V., december 2020;
[44] Integrale Uitgangspunten Nota PU – VO fase D2.0, WSD.2.2-031, Sweco, 18 juni 2024;
[45] Nota TUN VO fase D1.0, WSB.5.2-036, Sweco, 28 juni 2024;
[46] Dijkvakindeling, Verkenning Cuijk – Ravenstein, WAB013032-D-025. WSP Nederland B.V, februari 2021;
[47] Ontwerprapport Dijk V7, Verkenning Cuijk – Ravenstein, WAB013032-D-033. WSP Nederland B.V, november 2022;
[48] Ontwerprapport Kunstwerken V7, Verkenning Cuijk – Ravenstein, WAB013032-D-037. WSP Nederland B.V, juni 2022;
[49] Uitgangspuntennota Definitief Ontwerp Dijk (TUN), planuitwerking Meanderende Maas, 32858-TUN-00078 / WSB.4.2-0025, Boskalis / Royal HaskoningDHV, februari 2023;
[50] Memo Hoogteopgave Grave, Sweco, november 2023;
[51] Herziening van de HOB2020 resultaten. Waterschap Aa en Maas, juli 2023;
[52] Verkenning Cuijk – Ravenstein, kabels en leiding-V5, WAB013032-D-013. WSP Nederland B.V, juni 2022;
[53] Kademuur Grave – Resultaten analyse archiefonderzoek, VTW-0017-015 / NL24-648800269-72909, Sweco Nederland B.V., 4 maart 2023;
[54] WSB.19 Analyse Voorlanden C1.0, Sweco, juni 2024;
[55] WSB.19.2.1-30 Analyse bekledingen D1.0, Sweco, juni 2024.
[56] Rapportage innovatiescan VO dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, WSB11.2-019. Sweco Nederland B.V. januari 2025

17.4 Conditionerende onderzoeken

[57] Proevenverzameling Cuijk-Ravenstein, SHANSEP parameters, phi alsmede Nkt, Arcadis, 3 april 2020;
[58] Dijkversterkingsproject Cuijk-Ravenstein: Resultaten geotechnisch onderzoek. Inpijn-Blokpoel, documentnummer 02P018099-RG-01, 25 februari 2022;
[59] Dijkring 36 Ravenstein-Cuijk, Fugro, oktober 2016;
[60] Rapportage Maatwerkbeoordeling traject 36-2 Cuijk – Ravenstein, Fugro, 11 december 2019;
[61] Voorlandonderzoek D36-2 Ravenstein – Cuijk, Fugro, februari 2017 8;
[62] Optimalisatiescan 36-2 CuRa, Fugro, 16 november 2020;
[63] Bodemdaling in het rivierengebied, Deltares 2014;
[64] Resultaten grondonderzoek Cuijk – Ravenstein, dijktraject 36-2 Cuijk – Ravenstein, Geonius, oktober 2023;
[65] tTEM metingen t.b.v. grondonderzoek dijkverbetering Cuijk – Ravenstein, TNO, maart 2022.

Bijlage A. Bodemopbouw-tool

Voor het visualiseren van een indicatie van de bodemopbouw over het traject (per dijkvak) is gebruik gemaakt van een tool. Deze tool kijkt naar de combinatie van de waarde van de conusweerstand en het wrijvingsgetal over de diepte van de sondering (.gef-bestanden). De grondsoort die bij de combinatie van conusweerstand en wrijvingsgetal hoort is beschreven in een zogenaamde interpretatietabel. In de paragraaf *"Classificatietabel"* wordt de keuze voor de classificatietabel zoals voor de indicatie van de grondopbouw per dijkvak toegepast toegelicht.

Er dient expliciet vermeld te worden dat de resultaten uit de interpretatie niet gebruikt kunnen worden om een bodemopbouw te schematiseren maar enkel gelden om een beeld te geven van de bodemopbouw over de lengte van het traject. Bovendien is het zaak om met een specialistisch oog naar de resultaten te kijken om te voorkomen dat bepaalde beslissingen worden genomen op basis van deze grove interpretatie.

Classificatietabel

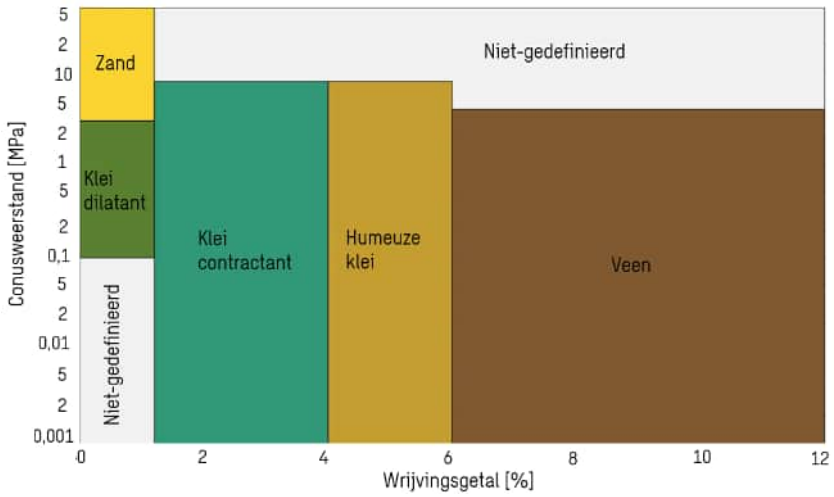
Voor de interpretatie van een sondering wordt gebruik gemaakt van een classificatietabel. Deze interpretatie van de sondering geeft een globaal beeld van de grondlagen in het gebied. De classificatietabel beschrijft de grondsoort die hoort bij een combinatie van conusweerstand en wrijvingsgetal en kan met verschillende detailniveaus worden opgesteld. De keuze van het detailniveau van de toegepaste classificatietabel is gebaseerd op de manier waarop de grondlagen in de TUN vastgelegd zijn en is weergegeven in Tabel 17-1. Een grafische weergave van de classificatietabel is weergegeven in Figuur A-1.

De toelichting op de gekozen classificatie is als volgt:

- Zand is te herkennen aan een hoge conusweerstand en een laag wrijvingsgetal. Bij een wrijvingsgetal onder de 1,2% en een conusweerstand hoger dan 3 MPa, wordt de grond geclassificeerd als zand.
- Klei is vooral te herkennen aan een gemiddeld wrijvingsgetal. Het wrijvingsgetal bij klei is niet zo laag als bij zand, maar ook niet zo hoog als bij veen. Bij een wrijvingsgetal tussen de 1% en 6% en een conusweerstand van minder dan 10 MPa, wordt de grond in dit project geclassificeerd als 'klei contractant'. Vanaf een wrijvingsgetal van 4% wordt de klei in het project gedefinieerd als 'humeuze klei '. Indien de klei onder dagelijkse omstandigheden boven het freatisch niveau ligt wordt dit geclassificeerd als 'klei dilatant'.
- Veen is te herkennen aan een hoog wrijvingsgetal en een lage conusweerstand. Bij een wrijvingsgetal hoger dan 6% en een conusweerstand van minder dan 1 MPa, wordt de grond in dit project geclassificeerd als veen.

Tabel 17-1 Classificatietabel zoals toegepast voor interpretatie CuRa

Laagnaam	Code	QC_min	QC_max	FR_min	FR_max	Kleur
Zand	Z	3	50	0	1.2	#FFCC00
Klei, dilatant	KZ	0.1	3	0	1.2	#336600
Klei, contractant	K	0	8	1.2	4	#00845C
Klei, humeus	KH	0	8	4	6	#BB8800
Veen	V	0	4	6	12	#663300
Unknown	U	0	50	0	12	#F0F0F0



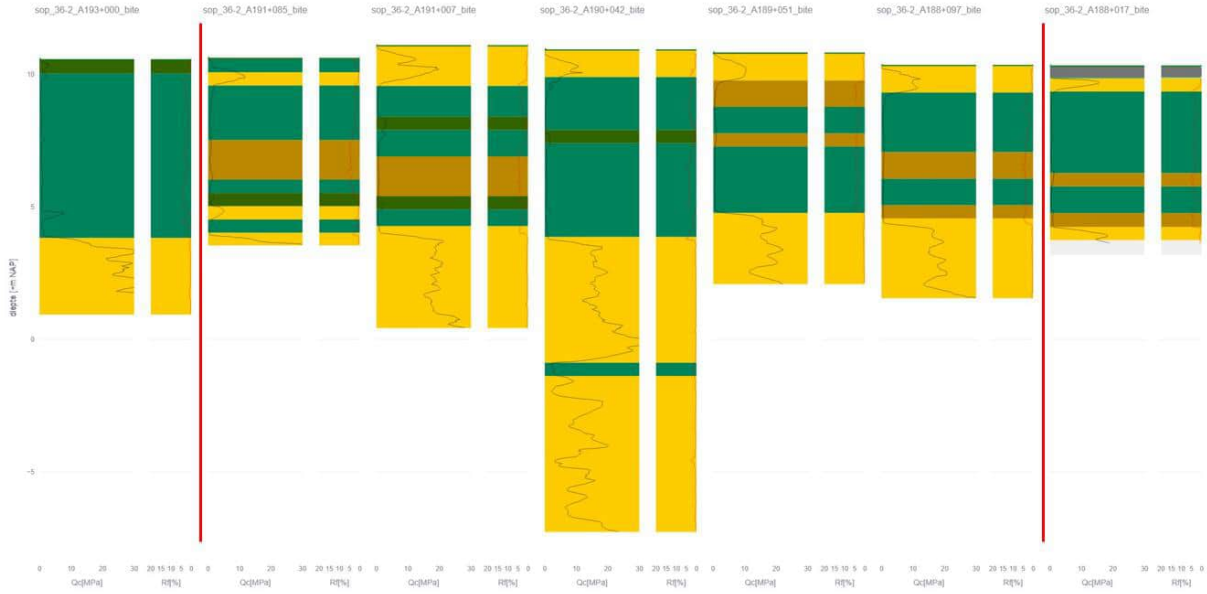
Figuur A-1 Grafische weergave van de classificatietabel

Weergave langs traject Cuijk-Ravenstein

Voor het traject wordt een interpretatie gemaakt van de bodemopbouw langs het traject met behulp van de bodemopbouwtool. Dit wordt gedaan voor de buitenteen, kruin en binnenteen. Deze interpretatie is een onderdeel van het beargumenteren/ondersteunen van de dijkvakindeling. Voor de toegepaste interpretatie zijn de volgende punten van belang:

- De interpretatie is weergegeven per dijkvak waarbij de dijkvakindeling zoals toegelicht in het ontwerprapport, dat tijdens de verkenningsfase is opgesteld, als uitganspunt is genomen. Dit is dus niet per definitie de dijkvakindeling zoals in de planuitwerkingsfase aangehouden wordt.
- Om een verklaring te bieden voor de gekozen dijkvakindeling op basis van grondopbouw is gekozen om, indien relevant, de sonderingen aan beide zijden buiten een bepaald dijkvak ook in de interpretatie per dijkvak mee te nemen. Als een sondering buiten een bepaald dijkvak meegenomen is, is de dijkvakscheiding weergegeven met een rode lijn. Het toevoegen van deze dijkvakgrenzen is handmatig gedaan.
- De weergave van de interpretatie is van west naar oost waarbij het hoogste dijkpaalnummer aan de oostkant is. De dijkvaknummering is oplopend met de dijkpaalnummering (dus van oost naar west).
- Er is voor een minimale laagdikte van 0,5 m gekozen.

Een voorbeeld van een interpretatie volgens de in Tabel 17-1 gepresenteerde classificatie is weergegeven in Figuur A-2. Hierbij is het bepaalde dijkvak dus van west naar oost weergegeven waarbij aan beide zijden van het dijkvak een extra sondering van het naastgelegen dijkvak is meegenomen (de sonderingen buiten de rode lijnen). De naam van de sondering is weergeven boven de sondering.



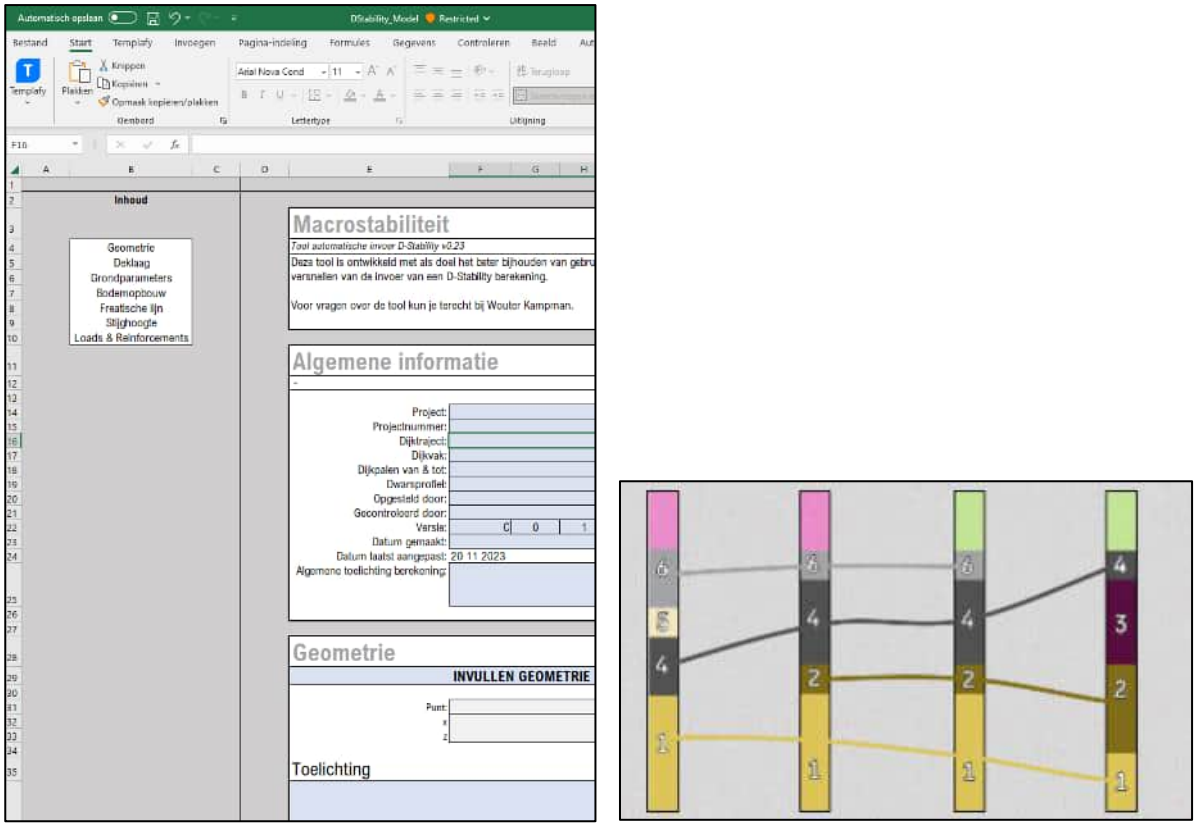
Figuur A-2 Voorbeeld interpretatie met dijkvakgrenzen als rode lijnen weergegeven

Bijlage B. Validatie tools geautomatiseerd rekenen

Tool 1: D-Stability berekening opzetten

Werking:

- Met een invoer in Excel kan de D-Stability-berekening (doorsnede huidige situatie) worden opgezet:
  - geometrie (inladen vanuit een dwarsdoorsnede);
  - grondparameterset (eenvoudig vanuit andere berekeningen te kopiëren);
  - bodemopbouw op basis van sonderingen en boringen met eigen interpretatie (zie afbeelding);
  - waterlijnen;
  - belastingen.



Figuur B-3 Invoer Excel voor opzetten D-Stability (links) en schematische weergave bodemopbouw dwarsprofiel (rechts)

Aandachtspunten:

- Tool is gebouwd op D-Stability v2022. Dus moet na opzet worden omgezet naar v2023. Dit levert geen problemen op, maar is nog een handmatige actie.
- Aanpassingspercentages van belasting moet nog handmatig.

Betrouwbaarheid:

De tool is al veelvuldig gebruikt, maar bij invullen kunnen altijd nog menselijke fouten worden gemaakt. De controle van de uiteindelijke berekeningen worden altijd op de D-Stability-bestanden zelf nog gedaan naast een check van de opsteller zelf. Op die manier wordt de betrouwbaarheid van de output geborgd.

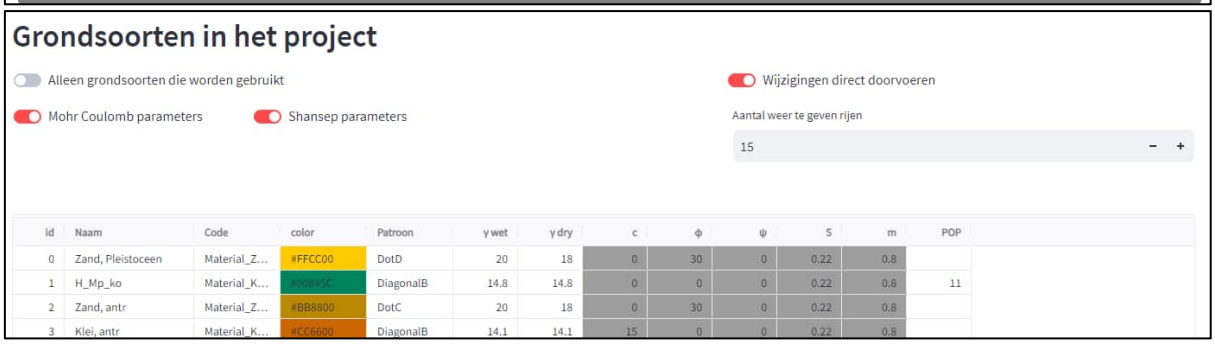
Tool 2: D-Stability uitlezen en aanpassen

Werking:

D-Stability-bestanden kunnen worden uitgelezen (*extractor*-module), worden aangepast (modify-module) en er kan een aangepaste versie worden opgezet en gedownload (*builder*-module). Dit wordt allemaal via een interface op de lokale server uitgevoerd.

Na uploaden van een D-Stability-bestand kan direct een check worden gedaan in de interface zelf. Vervolgens kunnen grondsoorten en aanpassingspercentages worden aangepast en de doorsnede opnieuw worden gedownload. Als bijvoorbeeld een parameter voor de hele dijktraject (dus meerdere berekeningen) moet worden aangepast, kan dat eenvoudig door alle bestanden te uploaden. Het project kan worden opgeslagen zodat je later verder kan gaan in die interface en niet opnieuw alle berekeningen hoeft te uploaden.





De tool is de basis voor een ontwerptool die nu nog in ontwikkeling is. In de ontwerptool worden straks eenvoudig, met een extra interface, bermen met verschillende afmetingen toegevoegd aan de D-Stability-bestanden en doorgerekend.

Aandachtspunten

- Maximum aantal users op één moment is beperkt, maar kan worden uitgebreid als dat nodig is.
- Werkt alleen met D-Stability V2023 bestanden.

Betrouwbaarheid
Er zijn een aantal keyusers aangewezen die de tool bij elke update testen en terugkoppelen aan de bouwers. De tests zijn gedaan met D-Stability-bestanden van diverse projecten.

Daarnaast zijn unittests ingebouwd. Een unittest checkt of de waardes van de teruggegeven parameters overeenkomen met de verwachte waardes. Deze unittests moeten voorkomen dat een aanpassing op de ene plek, op de juiste plekken (parameter) wordt doorgevoerd en geen invloed heeft op andere parameters.

Bijlage C. Gevoeligheidsberekeningen RVO

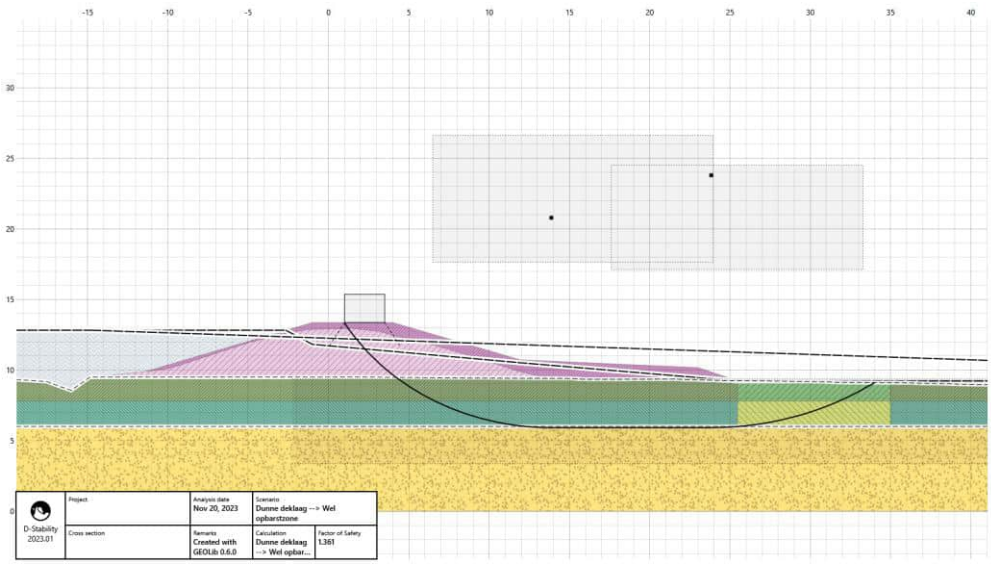
1. Schematiseringsfactor STBI

In de verkenningsfase is als uitgangspunt gesteld dat een schematiseringsfactor van 1,1 gehanteerd kan worden. In de planuitwerkingsfase is de schematiseringsfactor afgeleid en daarmee onderbouwd. Op basis van de beschikbare data zoals grondonderzoek en geometrie, zijn scenario's opgesteld en doorgerekend. De inschatting van de kans op voorkomen is gebaseerd op de beschouwde bronnen en inschatting van variatie o.b.v. expert judgement.
De bodemopbouw verschilt tussen het deelgebied Cuijk-Grave en het deelgebied Grave-Ravenstein. In elk van de deelgebieden is een schematiseringsfactor afgeleid waarbij voor ieder deelgebied aparte scenario's zijn opgesteld. Als basisberekeningen is het ontwerp uit de RVO fase aangehouden zodat de impact van de variatie op het ontwerp goed inzichtelijk wordt gemaakt.
Eén van de scenario's in de schematiseringsfactor is overslag, resulterend in een verzadigde dijk. De uitwerking van dit scenario is nader toegelicht in paragraaf 1.3.

Bodemopbouw
In het overgrote deel van het traject bestaat de bodemopbouw uit een kleilaag bovenop het zand. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen dilatante en contractante klei. Op enkele kleine delen is humeuze klei of veen aanwezig, dit is bij vakken 8 en 30 niet het geval en bij de afleiding van de schematiseringsfactor buiten beschouwing gelaten.
De scheiding van klei dilatant en klei contractant is op basis van een eigenschap van de grond, niet op basis van materiaal. De scheiding is vastgesteld op basis van de hoogte van het freatisch niveau tijdens dagelijkse omstandigheden. Klei gelegen boven het freatisch vlak is dilatante klei, anders contractante klei. In scenario's wordt gevarieerd in de hoogte van het freatisch niveau en resulteert daarmee ook in variatie van de hoogteligging van de grens tussen dilatante en contractante klei.

1.1 Dijkvak 8

Een doorsnede van de gehanteerde basisberekening voor bepaling van de schematiseringsfactor van vak 8 is gegeven in Figuur 1-1. De toegepaste scenario's en afwijking t.o.v. de basisberekening zijn gegeven in Tabel 1-1. Er is gevarieerd in laagdiktes van de ondergrond, hoogte maaiveldniveau en hoogteligging van de waterlijnen. Uit berekeningen volgt dat een lager maaiveld dan aangenomen in de basisberekening veel invloed heeft op het resultaat. Bij de selectie van het profiel voor de berekening is als uitgangspunt gesteld dat een steil talud met laag maaiveld genomen, de kans op voorkomen van een situatie met maaiveldhoogte 'mv-0,3 m' is daarom ingeschat als laag. De overige berekeningen laten een beperkte invloed zien van de parameters. Dit komt onder meer doordat een vrij conservatieve basisschematisatie is toegepast waardoor de kans op voorkomen van negatievere parameters beperkt is. Uit de analyse blijkt dat een schematiseringsfactor van 1,07 toepasbaar is.



Figuur 1-1 Basisschematisering dijkvak 8

Tabel 1-1 Scenario's dijkvak 8

#	Scenario	P(Si) (kans op voorkomen)	SF	Afwijking t.o.v. basis
1	Basisschematisering	0,64	1,361	0
2	Onderkant laag Klei Dilatant +0,50 m = pp +0,50 m	0,1	1,329	-0,032
3	Maaiveldhoogte achterland varieert veel, 0,3 m lager	0,05	1,241	-0,12
4	Freatische lijn 0,5 m hoger bij BIK en BUK	0,1	1,323	-0,038
5	Onderkant laag Klei Contractant +0,50 m	0,1	1,325	-0,036
6	Verzadigde dijk	0,01	1,15	-0,211

Macrostabiliteit_CSSM

Ontwerpeis in termen van schadefactor γ_n :	**1,162**	#
Idem in termen van betrouwbaarheidsindex β_req :	5,012	#
Idem in termen van toelaatbare faalkans:	2,69E-07	#
Eerste keuze schematiseringsfactor:	**1,100**	
Stab. factoreis in ontwerpanalyse Fd,eis:	1,278	
Corresponderende β:	5,787	
Corresponderende faalkans:	3,59E-09	
Bijdrage ontwerpschematisering aan faalkans:	2,30E-09	

Si	P(Si)	ΔFd(D;Si)	Fd(D; Si)	β	Psf (D;Si)	Psf(D; Si)*P(Si)
1	0,64	0	1,278	5,787	3,59E-09	2,30E-09
3	0,1	-0,032	1,246	5,573	1,25E-08	1,25E-09
6	0,05	-0,12	1,158	4,987	3,07E-07	1,54E-08
7	0,1	-0,038	1,240	5,533	1,57E-08	1,57E-09
9	0,1	-0,036	1,242	5,547	1,46E-08	1,46E-09
10	0,01	-0,211	1,067	4,380	5,93E-06	5,93E-08

Omschrijving afwijking:
Basisschematisering
Onderkant laag Klei Dilatant +0,50 m = pp +0,50 m
Maaiveldhoogte achterland varieert veel, 0,3 m lager
Freatische lijn 0,5 m hoger bij BIK en BUK
Onderkant laag Klei Contractant +0,50 m
Verzadigde dijk

Totale faalkans S1 ... S10 : 8,13E-08

ΔFd(D;Si) geeft toename van Fd(D) tov stabiliteitsfactoreis bij aanname van scenario Si

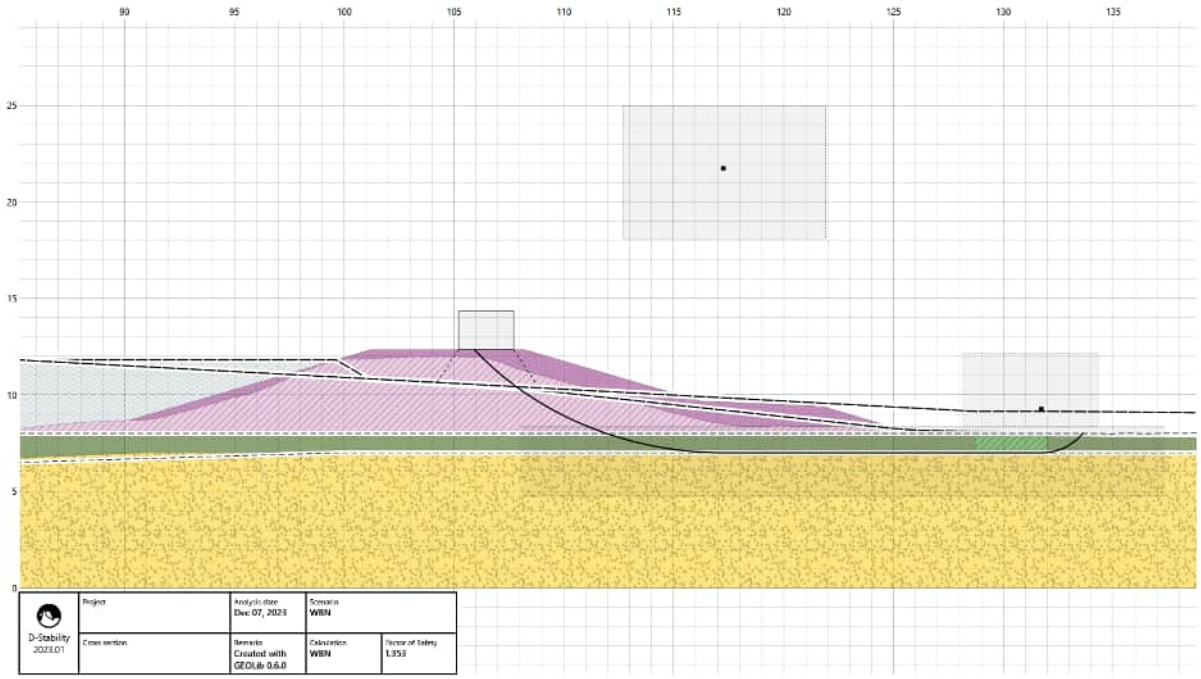
dit is **30%** **van de toelaatbare kans**

indien dit kleiner dan 100% is, dan is de schematiseringfactor ok
schematiseringsfactor verhogen tot dit percentage < 100% is

1.2 Dijkvak 30

Een doorsnede van de gehanteerde basisberekening voor bepaling van de schematiseringsfactor van vak 30 is gegeven in Figuur 1-2. De toegepaste scenario's en afwijking t.o.v. de basisberekening zijn gegeven in Tabel 1-2. De deklaagdikte is over het algemeen dun in het deelgebied Grave-Ravenstein. De variaties zijn beperkt. Er treedt door de beperkte deklaagdikte vrijwel altijd opbarsten op. Een 'iets' dikkere deklaag zorgt voor een verhoging van het grenspotentiaal, daarmee de stijghoogte, resulterend in een negatief effect op de stabiliteit

van de kering. Uit de analyse volgt dat weinig variatie mogelijk is in de schematisering door de eenvoudige en homogene bodemopbouw. Variaties in geometrie hebben hierdoor een relatief grote invloed op het ontwerp. Uit de analyse blijkt dat een schematiseringsfactor van 1,095 toepasbaar is. Hieruit volgt de schematiseringsfactor 1,10. Verdere aanscherping van de schematiseringsfactor wordt bij vak 30 niet gezien.



Figuur 1-2 Basisschematisering dijkvak 30

Tabel 1-2 Scenario's dijkvak 30

#	Scenario	P(Si) (kans op voorkomen)	SF	Afwijking t.o.v. basis
1	Basisschematisering	0,59	1,353	0
2	Onderkant laag Klei Dilatant -0,50 m = pp -0,50 m	0,1	1,187	-0,166
3	Maaiveldhoogte achterland varieert veel, 0,3 m hoger	0,1	1,211	-0,142
4	Freatische lijn 0,5 m hoger bij BIK en BUK	0,1	1,277	-0,076
5	Toepassen van opbarstzone van 2x deklaagdikte ipv 3x	0,1	1,353	0
6	Verzadigde dijk 1%	0,01	1,262	-0,091

Macrostabiliteit_CSSM

Ontwerpeis in termen van schadefactor γ_n :	**1,162**	1,16	met: $\gamma_n = 0{,}15\beta_{eis,dsn} + 0{,}41$
Idem in termen van betrouwbaarheidsindex β_req :	5,012	5,012	
Idem in termen van toelaatbare faalkans:	2,69E-07	2,69E-07	

Eerste keuze schematiseringsfactor:	**1,100**
Stab. factoreis in ontwerpanalyse Fd,eis:	1,278
Corresponderende β:	5,787
Corresponderende faalkans:	3,59E-09
Bijdrage ontwerpschematisering aan faalkans:	2,12E-09

Si	P(Si)	ΔFd(D;Si)	Fd(D; Si)	β	Psf (D;Si)	Psf(D; Si)*P(Si)
1	0,59	0	1,278	5,787	3,59E-09	2,12E-09
2	0,1	-0,166	1,112	4,680	1,43E-06	1,43E-07
4	0,1	-0,142	1,136	4,840	6,49E-07	6,49E-08
6	0,1	-0,076	1,202	5,280	6,46E-08	6,46E-09
7	0,1	0	1,278	5,787	3,59E-09	3,59E-10
9	0,01	-0,091	1,187	5,180	1,11E-07	1,11E-09

Omschrijving afwijking:
Basisschematisering
Onderkant laag Klei Dilatant -0,50 m = pp -0,50 m
Maaiveldhoogte achterland varieert veel, 0,3 m hoger
Freatische lijn 0,5 m hoger bij BIK en BUK
Toepassen van opbarstzone van 2x deklaagdikte ipv 3x
Verzadigde dijk 1%

Totale faalkans S1 ... S10 : 2,18E-07

ΔFd(D;Si) geeft toename van Fd(D) tov stabiliteitsfactoreis bij aanname van scenario Si

dit is **81%** **van de toelaatbare kans**

indien dit kleiner dan 100% is, dan is de schematiseringsfactor ok
schematiseringsfactor verhogen tot dit percentage < 100% is

1.3 Verzadigde dijk

De situatie dat een verzadigde dijk ontstaat door overslag en/ of neerslag is opgenomen als een scenario in de bepaling van de schematiseringsfactor. Er is uitgegaan van het scenario van maatgevend hoogwater in combinatie met langdurige regenval, resulterend in een verzadigde dijk waarbij de freatische lijn het ontwerpprofiel volgt. In navolging van de schematisering van de freatische lijn binnendijks, is uitgegaan van maaiveldhoogte -10 cm, bij het gehele profiel van de dijk.
In afstemming met WSAM is bepaald dat een afschuifvlak toelaatbaar is, zodanig dat een restprofiel van 1,5 m over blijft. Hierbij wordt ingeschat dat met voldoende zekerheid kan worden gesteld dat geen afname van kruinhoogte op zal treden en het dijklichaam voldoende veilig is. Met behulp van constrains is in D-Stability de optredende stabiliteitsfactor bepaald, dat input is in het rekenblokje van de schematiseringsfactor.
De kans op voorkomen van maatgevend hoogwater in combinatie met langdurige regen waardoor de dijk verzadigd raak wordt ingeschat als zeer klein, er is daarom een kans op voorkomen van 1% toegekend aan dit scenario. Dit wordt gezien als een veilige waarde.
Als in voorgaande paragrafen is getoond wordt bij de afleiding van de schematiseringsfactoren bij beide vakken voldaan bij een schematiseringsfactor van 1,1. Hiermee is aangetoond dat het scenario verzadigde dijk verdisconteerd kan worden in de schematiseringsfactor.

1.4 Conclusie

Om een totaalbeeld te krijgen van de invloed van de schematisatie op de resultaten is voor zowel vak 8 als voor vak 30 de schematiseringsfactor afgeleid. Uit beide analyses blijkt dat niet zozeer de samenstelling van de deklaag maar de dikte van de deklaag van grote invloed kan zijn op het resultaat en daarmee het ontwerp. Daarnaast is het scenario verzadigde dijk opgenomen als scenario binnen de schematiseringsfactor.
Bij vak 8 kan de schematiseringsfactor mogelijk worden aangescherpt tot ca. 1,07. Bij dijkvak 30 is de schematiseringsfactor afgeleid op 1,095. Er wordt binnen het project gekozen om één schematiseringsfactor toe te passen voor het gehele traject, geadviseerd wordt schematiseringsfactor = 1,10 toe te passen.

2. Schematiseringsfactor STPH

De schematiseringsfactor voor STPH is alleen afgeleid voor deelfaalmechanisme piping. Door de beperkte deklaagdiktes en hoge veiligheidsfactoren wordt het niet zinvol gezien de schematiseringsfactor voor heave of opbarsten af te leiden aangezien hier weinig kansen worden gezien voor een optimalisatie van het ontwerp.

2.1 Analyse

In de verkenningsfase is als uitgangspunt gesteld dat een schematiseringsfactor van 1,1 gehanteerd kan worden. In de planuitwerkingsfase is de schematiseringsfactor afgeleid en daarmee onderbouwd. Op basis van de beschikbare data zoals grondonderzoek, geometrie en reeds uitgevoerde optimalisatiescans t.a.v. piping, zijn scenario's opgesteld en doorgerekend. De inschatting van de kans op voorkomen is gebaseerd op de beschouwde bronnen en inschatting van variatie o.b.v. expert judgement.

2.2 Basisberekening

De basisberekening is uitgevoerd met het maatgevende profiel van dijkvak 8. In dit dijkvak was in de beoordeling een opgave voorzien maar is in de verkenningsfase goedgekeurd op basis van nieuwe inzichten. Dit geeft aan dat de doorsnede gevoelig is voor variatie in parameters waardoor variatie in schematisering snel inzichtelijk wordt in het resultaat. Bij het vak is voorland aanwezig waardoor variatie hierin meegenomen kan worden.

2.3 Resultaten

Tabel 2-1 Scenario's gevoeligheidsberekeningen piping

#	Scenario	P(Si) (kans op voorkomen)	SF	Afwijking t.o.v. basis
1	Basisschematisering	0,2	1,555	0,00
2	Doorlatendheid WVP 50% hoger	0,1	1,459	-0,10
3	Doorlatendheid WVP 50% lager	0,1	1,691	0,14
4	Dikte WVP 10 m meer	0,1	1,559	0,00
5	Dikte WVP 10 m minder	0,1	1,549	-0,01
6	Doorlatendheid voorland 2 m/dag	0,05	1,236	-0,32
7	Doorlatendheid voorland 0,1 m/dag	0,1	1,947	0,39
8	Dikte deklaag voorland 1 m meer	0,1	1,691	0,14
9	Dikte deklaag opbarstlocatie -0,3 m	0,1	1,503	-0,05
10	d_{70} 20% kleiner	0,05	1,422	-0,13

Piping

Ontwerpeis in termen van veiligheidsfactor, γ_{pip}	1,31
Betrouwbaarheidsindex bij $P_{eis,dsn}$	4,95
$P_{eis,dsn}$	3,75E-07
Keuze schematiseringsfactor ($\gamma_{b,p}$)	1,075
Eis veiligheidsfactor in ontwerp (= $\gamma_{pip} \cdot \gamma_{b,p}$)	1,41
Corresponderende β	5,14
Corresponderende faalkans	1,35E-07
Bijdrage ontwerpschematisering aan faalkans	2,70E-08

Si: Scenario i
P(Si): kans op voorkomen scenario i
ΔFopb(D;Si): verschil opbarstfactor tussen basisschematisatie en scenario i

Si	P(Si)	ΔFpip(D;Si)	Fpip(D; Si)	β	Psf (D;Si)	Psf(D; Si)·P(Si)	**Omschrijving scenario**
1	0,2	0,00	1,409	5,143	1,35E-07	2,70E-08	Basisschematisering
2	0,1	-0,10	1,313	4,952	3,68E-07	3,68E-08	Doorlatendheid WVP 50% hoger
3	0,1	0,14	1,545	5,393	3,47E-08	3,47E-09	Doorlatendheid WVP 50% lager
4	0,1	0,00	1,413	5,151	1,30E-07	1,30E-08	Dikte WVP 10 m meer
5	0,1	-0,01	1,403	5,131	1,44E-07	1,44E-08	Dikte WVP 10 m minder
6	0,05	-0,32	1,091	4,451	4,28E-06	2,14E-07	Doorlatendheid voorland 2 m/dag
7	0,1	0,39	1,801	5,806	3,19E-09	3,19E-10	Doorlatendheid voorland 0,1 m/dag
8	0,1	0,14	1,545	5,392	3,49E-08	3,49E-09	Dikte deklaag voorland 1 m meer
9	0,1	-0,05	1,357	5,042	2,31E-07	2,31E-08	Dikte deklaag opbarstlocatie -0,3 m
10	0,05	-0,13	1,277	4,876	5,41E-07	2,71E-08	d70 20% kleiner
Totale faalkans						3,63E-07	
					dit is	97%	van de toelaatbare kans
							indien dit kleiner dan 100% is, dan is de schematiseringfactor ok
							schematiseringsfactor verhogen tot dit percentage < 100% is

ΔFpip(D;Si) geeft toename van Fpip(D) tov eis
bij aanname van scenario Si

Het voorland heeft zeer grote invloed op de resultaten van piping. Indien de doorlatendheid van 0,7 m/dag naar 2 m/dag gaat neemt de SF met 0,3 af. Dit is een extreme waarde die eerder overeenkomt met fijn zand of zand met een kleiige bijmenging maar geeft de gevoeligheid van de situatie weer. De positieve effecten op de SF bij een verhoging van de voorlandweerstand zijn in Tabel 2-1 niet zichtbaar doordat de maximale voorlandweerstand is afgekapt op basis van de (verouderde) dijkbasisregel. Invloeden door de doorlatendheid van het WVP en d_{70} zijn met een invloed op de SF van 0,1 – 0,2 aanwezig. Het is echter lastig, tijdrovend en kostbaar om deze waarden onderbouwd aan te scherpen of beter inzichtelijk te krijgen. Met een schematiseringsfactor van 1,1 is de onzekerheid van deze parameters af te vangen.

2.4 Conclusie

Invoerparameters waarbij onzekerheid is de waarde of de variabel is binnen een dijkvak, worden conservatieve parameters aangehouden. Hierdoor is de schematisering afgedekt en kan een aangescherpte schematiseringsfactor van 1,1 aangehouden kan worden. Aanscherpmogelijkheden voor de analyse en het ontwerp zijn voornamelijk haalbaar door de voorlandweerstand goed inzichtelijk te krijgen.

3. Overige gevoeligheden

In onderstaande paragrafen zijn de gevoeligheidsanalyses toegelicht en resultaten gegeven. Een overzicht van de toe te passen aanpassingen volgt in paragraaf @@.

3.1 Onderscheid POP-waarde onder en naast dijk

Er is gekeken naar het toepassen van een verhoogde POP onder de dijk. Door het gewicht van het dijklichaam is sterkte ontstaan in de ondergrond. Om dit te simuleren is een verhoogde POP-waarde toegepast in de grondlagen. In de laag klei contractant is de POP verhoogt met 5 kPa, van 7 kPa naar 12 kPa. Uit de berekeningen volgt de invloed van de verhoogde POP-waarde verwaarloosbaar is. Er wordt aanbevolen géén onderscheid te maken in de toe te passen POP-waarden binnen de grondlaag.

3.2 Toepassen cohesie toplaag

Het dijksmateriaal wordt gedraineerd gerekend, op basis van de rekenregels van Mohr-Coulomb. Het dijksmateriaal heeft geen cohesie. In de toplaag druk geen gewicht op de ondergrond waardoor geen sterkteontwikkeling optreedt in deze laag. Uit de praktijk is bekend dat ook in de toplaag sterkte aanwezig is. Om dit op te nemen in de schematisering wordt in de toplaag van het dijklichaam cohesie toegekend met een grootte van 5 kPa aan de bovenste 0,8 m. De grootte en dikte van de laag is bepaald op basis van expert judgement.
Uit de berekeningen volgt dat het toekennen van cohesie aan de toplaag van het materiaal een beperkt positief resultaat geeft, orde grootte 1 à 2% op de SF. Dit resultaat hangt sterk samen met het type glijvlak. In de STBI sommen is sprake van de diep glijvlak waardoor de cohesie bij het intrede en uittredepunt van de cirkel beperkte invloed hebben op het totale spanningsverloop bij de glijcirkel. Bij ondiepe glijcirkels waarbij een relatief groot deel van het glijvlak in de toplaag ligt heeft cohesie in de toplaag een significante invloed.
Bij de maatwerkberekeningen in Plaxis is een schematisering met cohesie in de toplaag noodzakelijk om de berekeningen uit te kunnen voeren. Vanuit het oogpunt van consistentie tussen de stabiliteits- en Plaxisberekeningen is gekozen om cohesie in de toplaag in alle berekeningen toe te passen.

3.3 Sterkteparameters

Om inzicht te verkrijgen in de invloed voor variatie van de sterkteparameters zijn gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd waarbij de meest belangrijke sterkteparameters zijn gevarieerd. De waarden van de gevoeligheidsberekeningen zijn gebaseerd op extreme waarden uit de schematiseringshandleiding, proevenverzameling of op basis van expert judgement. De toegepaste variaties zijn gegeven in onderstaande opsommingen. De resultaten zijn gegeven in @@ . Ter vergelijking is de procentuele afwijking t.o.v. de basissom gegeven. De safetyfactor van de basissom is SF=1,361.

Tabel 3-1 Scenario's sterkteberekeningen

Parameter	Originele waarde	Waarde berekening	Safety factor	Afwijking t.o.v. basis	Effect %
POP klei contractant	7	8	1,361	0	0,0
POP klei contractant	7	15	1,368	0,007	0,5
POP klei contractant	7	30	1,436	0,075	5,5
POP klei contractant	7	55	1,54	0,179	13,2
POP klei dilatant	0	8	1,361	0	0,0
POP klei dilatant	0	15	1,361	0	0,0
POP klei dilatant	0	30	1,36	-0,001	-0,1

POP klei dilatant	0	55	1,36	-0,001	-0,1
Phi klei dilatant	31,0	33,5	1,373	0,012	0,9
Phi klei dilatant	31,0	29,0	1,349	-0,012	-0,9
m klei contractant	0,88	0,86	1,361	0	0,0
m klei contractant	0,88	0,91	1,367	0,006	0,4
S klei contractant	0,26	0,22	1,259	-0,102	-7,5
S klei contractant	0,26	0,31	1,439	0,078	5,7

Uit de berekeningen volgt dat het toepassen van een POP-waarde in orde grootte van de gemiddelde waarde veel effect heeft op de safety factor. Uit de afleiding van de parameters [Arcadis,@@] blijkt dat veel variatie aanwezig is in de ondergrond waardoor de POP-waarde voor de grondlaag voor het gehele traject altijd significant lager uit zal vallen dan de gemiddelde waarde. Dit komt overeen met de verwachting. Het wordt daardoor als niet kansrijk gezien aanvullend grondonderzoek uit te voeren om de POP aan te scherpen, tenzij de waarde op vakniveau bepaald zal worden.
Voor de sterkteparameters phi en m zijn gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd bij waarden met een boven- en ondergrenswaarde horende bij de standaardafwijking. De invloed op het resultaat is beperkt waardoor wordt geadviseerd hier geen aanvullend grondonderzoek naar uit te voeren.
De waarden van S is gevarieerd met de variatiecoëfficiënt, afgeleid in de proevenverzameling. Uit de gevoeligheidsberekeningen blijkt dat de waarde relatief veel invloed heeft op de safetyfactor. De huidige waarde is gebaseerd op lokaal grondonderzoek en afgeleid voor het dijktraject. De waarden komt tevens in orde grootte overeen met de waarden voor naastgelegen dijkversterking Meanderende Maas. Hierdoor is de verwachting dat aanvullend grondonderzoek niet zal leiden tot een grote verandering van de verwachtingswaarde van S en wordt derhalve aanbevolen geen aanvullend grond- en labonderzoek uit te voeren voor S.

3.4 Verkeersbelasting groene dijk zonder weg

Op delen van het traject is geen verharde weg aanwezig waardoor een verkeersbelasting van 8 kN/m2, wat overeenkomt met 2 vrachtwagens, wordt gezien als niet realistisch doordat bij een kruin zonder verharding lokale afschuivingen op zullen treden bij een dergelijke belasting. Een gevoeligheidsberekening is uitgevoerd met een belasting van 4 kN/m^2, dat wordt gezien als meer realistisch. Het toepassen van deze belasting leidt tot een positief resultaat op de SF van 0,03 dat overeenkomt met ca. 2%. Dit verschilt is beperkt, er wordt geadviseerd om vanuit het oogpunt van consistentie tussen de vakken uit te gaan van het basisuitgangspunt van 8 kN/m2 voor STBI onder maatgevende omstandigheden.

3.5 Stijghoogteverloop (TRWD)

Het stijghoogteverloop tijdens maatgevende omstandigheden is geschematiseerd op basis van een dempingsfactor. De methodiek van schematiseren is overgenomen zoals is toegepast in de verkenningsfase waarbij de stijghoogte vanaf de buitenteen lineair verloopt naar de berekende stijghoogte op de binnenteen. De dempingsfactor is onafhankelijk van weerstand in het voorland of achterland. De wijze van schematiseren en omgang met weerstand met name in het voorland is erg conservatief.
Een methode om voorlandweerstand te verdisconteren in het stijghoogteverloop is de methodiek cf. de Technische Richtlijn Waterspanningen bij Dijken uit 2004 (TRWD). Voor de situatie van geen opbarsten is het model 4A gebruikt. In geval van opbarsten wordt model 4C toegepast. Gevoeligheidsberekeningen zijn uitgevoerd voor dijkvak 8 bij situaties, met ‘dunne’ deklaag van ca. 3,5 m en een ‘dikke’ deklaag vak ca. 4 m. In Figuur 3-1 en Figuur 3-2 is de schematisering van de waterlijnen bij dijkvak 8 ‘dikke deklaag’ weergegeven voor resp. de stijghoogte o.b.v. dempingsfactor en de TRWD. Bij dijkvak 8 is een voorland aanwezig van ca. 300 m. Omdat de beheergrenzen van het waterschap niet dusdanig ver gaat is een maximum van 50 m vanaf de buitenteen aangehouden in de gevoeligheidsberekening. Duidelijk zichtbaar verschil tussen de

schematiseringen is het startpunt van de daling van de stijghoogte, resulterend in een lagere stijghoogte ter plaatse van de binnenteen. De stijghoogte heeft een grote impact op het resultaat van de berekeningen. Een overzicht van de gevoeligheidsberekeningen is weergegeven in Tabel 3-2.

Resultaten:
Als resultaat van de lagere stijghoogte ter plaatse van de binnenteen treedt geen opbarsten meer op bij de 'dunne' deklaag waardoor voor de twee berekeningen van vak 8 eenzelfde bermlengte benodigd is, afgerond op halve meters. Dit zorgt voor de doorsnede met 'dunne' deklaag voor een reductie van de berm van 6,5 m. Bij de 'dikke' deklaag is de reductie ca. 0,9 m.

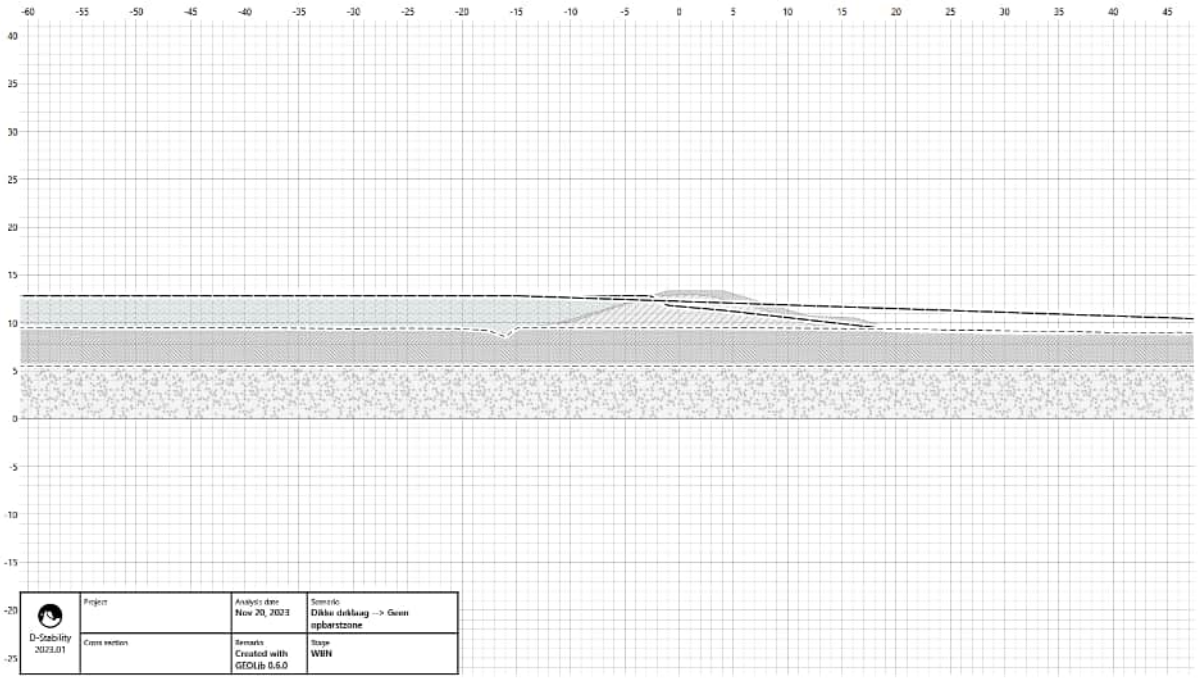
Voor vak 30 geldt dat door het toepassen van de TRWD uitganspunten dat er een opbarstveiligheid groter dan 1,0 optreedt wat wil zeggen dat de stijghoogte lager is dan het grenspotentiaal. Wel zal er nog steeds sprake zijn van opbarsten. Vergeleken met het grenspotentiaal in de basis berekening is de stijghoogte volgens TRWD 0,16 m lager bij de binnenteen. Als resultaat zal de binnenberm hier 2 m minder lang te zijn om de beoogde veiligheid te behalen.

Geadviseerd wordt een stijghoogteverloop toe te passen waarbij het voorland wordt meegenomen. De methode cf. de TRWD is hier een goede methode voor.

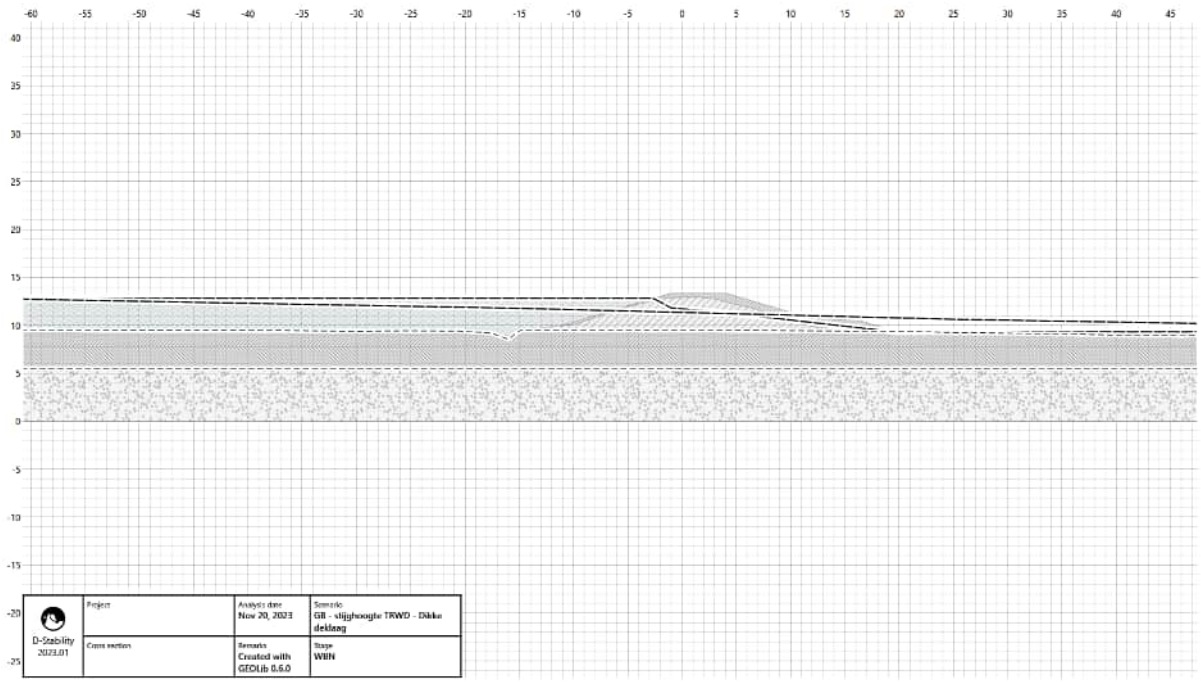
Tabel 3-2 Resultaten gevoeligheidsberekeningen stijghoogte

Parameter	Safety factor basis	Safety factor berekening*	Bermlengte basis	Bermlengte berekening
Vak 8 'dunne deklaag'	1,361	1,627	11,0	3,5 (SF = 1,389)
Vak 8 'dikke deklaag'	1,355	1,396	4,4	3,5 (SF = 1,386)
Vak 30	1,368	1,454	5,7	3,8 (SF = 1,354)

*zonder aanpassing bermlengte



Figuur 3-1 Stijghoogte huidige situatie



Figuur 3-2 Stijghoogte TRWD

Bijlage D. Onderbouwing d70

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In de verkenningsfase is de d70 geanalyseerd en hierbij zijn op basis het toentertijd beschikbare onderzoek keuzes gemaakt. Ondertussen zijn er nieuwe resultaten binnen zijn van een uitgevoerd grondonderzoek.
Deze notitie bevat een nadere analyse van de toe te passen D70 in de planuitwerkingsfase waarbij het nieuwe grondonderzoek is meegenomen in de afweging. Aanvullend is ook een analyse uitgevoerd van de verkregen waardes uit het WBI-SOS om zodoende een gewogen afweging te kunnen maken.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de achtergrond vanuit de verkenningsfase toegelicht samen met de genomen uitgangspunten. Aanvullend wordt in hoofdstuk 3 de resultaten vanuit zowel de WBI-SOS als het aanwezige grondonderzoek gepresenteerd. Tot slot wordt in hoofdstuk 4 de gekozen waardes gedeeld en de afwegingen die hiertoe geleid hebben.

2. Situatie en uitgangspunten

2.1 Verkenningsfase

In de verkenningsfase zijn de waarden overgenomen uit de Optimalisatiescan 36-2 CuRa [5] waar een analyse is gedaan van de korrelgrootteverdeling van het toentertijd aanwezige grondonderzoek. Destijds is de conclusie getrokken dat er te weinig monsters waren genomen om tot een representatieve karakteristieke waarde te komen vanuit het aanwezige grondonderzoek. Hierdoor is uiteindelijk gekozen met een gestandaardiseerde variatiecoëfficiënt van 0,12 te rekenen, dit leidde tot de resultaten die staan weergegeven in Tabel 2-1. Hierbij is gebruikt gemaakt van een normale verdeling.
Deze waarden voor de d70 zijn indertijd afgeleid om optimalisatierichtingen te bepalen. Bij de proevenverzameling [6] is op basis van hetzelfde beschikbare grondonderzoek ook een d70 bepaald. In de notitie horende bij Proevenverzameling Cuijk-Ravenstein [6] wordt geadviseerd de resultaten niet te gebruiken voor de berekeningen indien de deklaag dunner is en het zand meer aan het oppervlak ligt, aangezien de resultaten niet representatief zijn voor het gehele traject. In de verkenningsfase is aangegeven de waardes uit de Optimalisatiescan [5] als uitgangspunt te hanteren, totdat aanvullend onderzoek reden geeft om hiervan af te wijken.

Tabel 2-1 Gebruikte parameters d70 analyse verkenningsfase

Parameter	36012 (DP174 – DP292)	36011 (DP292 – DP356)	36010 (DP356 – DP382)
Gemiddelde waarde d70 [µm]	400	317	444
Variatie coëfficiënt [-]	0,12	0,12	0,12
Aantal monsters [-]	10	9	3
Karakteristieke waarde d70 [µm]	326	258	362

2.2 Uitgangspunten

Het berekenen van de karakteristieke waardes in de planuitwerkingsfase is uitgevoerd door middel van een lognormale verdeling. Dit vanwege het feit dat dit minder beïnvloedbaar is op een lage hoeveelheid grondmonsters.

2.2.1 Selectie grondmonsters

Voor het berekenen van de karakteristieke waarde vanuit het grondonderzoek konden niet alle monsters meegenomen worden, omdat deze niet representatief zijn of van toepassing zijn op het faalmechanisme piping. De volgende uitgangspunten zijn aangehouden met betrekking tot de selectieprocedure van de grondmonsters

- Grondmonsters met een d70 > 1000 µm zijn niet meegenomen vanwege het feit dat deze te grof zijn om als pipinggevoelige laag;
- Grondmonsters met een d70 < 200 µm zijn niet meegenomen vanwege het feit dat deze te fijn zijn, deze monsters zijn mogelijk op de overgang van zand/klei/silt en daarmee niet representatief voor de bepaling van de d70;
- Grondmonsters met een of een onafleidbare d10 en d15 zijn niet meegenomen vanwege het feit dat deze een te hoog kleiige percentage hebben;
- Het meest ondiepe genomen representatieve monster van een boring is opgenomen in de analyse.

2.2.2 Regionale variantie

Bij het gebruik van een lognormale verdeling voor het berekenen van de karakteristieke waarde is er sprake van een verhouding tussen lokale en regionale variantie wat wordt weergegeven in parameter α. Deze waarde is voor lokaal grondonderzoek 1 en bij regionale onderzoek kan deze variëren tussen de 0,5 – 1 [1]. Waarbij 0,75 de gestandaardiseerde waarde [2]. Dit resulteert in de volgende uitgangspunten:

- Karakteristiek waardes uit het grondonderzoek;
  - Lokaal grondonderzoek;
  - α = 1;
- Karakteristiek waardes uit WBI-SOS ;
  - Regionaal grondonderzoek;
  - α = 0,75.

3. Analyse karakteristieke waardes

3.1 WBI-SOS

In onderstaande Tabel 3-1 staan de resultaten van de berekening van de karakteristieke waardes aan de hand van het WBI-SOS. De verkregen gemiddelde waardes vanuit het WBI-SOS zijn verkregen vanuit een ondergrond schematisatie vandaar dat ervoor gekozen is om het aantal monsters op oneindig te zetten.
De berekening is hierbij net als in de verkenningsfase uitgevoerd voor de drie WBI-SOS-segmenten die aanwezig zijn binnen het project. Hierbij is te zien dat de waardes in lijn zijn met de verkregen waardes in de verkenningsfase waarbij deze gemiddeld iets grover zijn berekend.

Tabel 3-1 Gebruikte parameters d70 analyse WBI-SOS

Parameter	36012 (DP174 – DP292)	36011 (DP292 – DP356)	36010 (DP356 – DP382)
Gemiddelde waarde d70 [µm]	400	300	400
Variatie coëfficiënt [-]	0,12	0,12	0,12
Aantal monsters [-]	∞	∞	∞
Karakteristieke waarde d70 [µm]	363	272	363

3.2 Grondonderzoek

In onderstaande staan de resultaten van de berekening van de karakteristieke waardes aan de hand van het geüpdatete grondonderzoek. De berekening is hierbij uitgevoerd voor de segmenten waarin er een groot verschil te zien is in de kD van de planuitwerkingsfase. Ook is er een initieel onderscheid gemaakt in de aanwezige monsters die meer en minder dan 4 m-mv verkregen zijn.

Tabel 3-2 Gebruikte parameters d70 analyse grondonderzoek

DV1-11 (DP174 – DP229)	Parameters < 4 m-mv	Parameters > 4 m-mv	Parameter Totaal
Gemiddelde waarde d70 [µm]	295	632	553
Variatie coëfficiënt [-]	0,49	0,43	0,51
Aantal monsters [-]	4	13	17
Karakteristieke waarde d70 [µm]	172	516	450
DV12-26 (DP230 – DP291)	**Parameters < 4 m-mv**	**Parameters > 4 m-mv**	**Parameter Totaal**
Gemiddelde waarde d70 [µm]	330	806	663
Variatie coëfficiënt [-]	0,26	0,32	0,47
Aantal monsters [-]	3	7	10
Karakteristieke waarde d70 [µm]	214	641	511
DV27-38 (DP292 – DP382)	**Parameters < 4 m-mv**	**Parameters > 4 m-mv**	**Parameter Totaal**
Gemiddelde waarde d70 [µm]	320	560	413
Variatie coëfficiënt [-]	0,27	0,51	0,53
Aantal monsters [-]	22	14	36
Karakteristieke waarde d70 [µm]	291	447	359

Hierbij is te zien dat er, met uitzondering van DV27-38, weinig monsters aanwezig zijn die verkregen uit een zandlaag ondieper dan 4 m-mv. Op basis van het bekende grondonderzoek komt dit overeen met de

verwachting, aangezien in het oostelijk deel van het dijktraject relatief dikkere deklagen aanwezig zijn. Vanwege de hoeveelheid monsters is er hierdoor een grote onderschatting in de karakteristieke waarde ten opzichte van het gemiddelde. Aanvullend is er een groot verschil te zien in grondmonsters die dieper dan 4 m-mv gevonden ten opzicht de ondiepere monsters. Waarbij de diepere monsters een grovere d70 laten zien.

4. Conclusie

De gebruikte d70 per dijkvak is tot stand gekomen door de verkregen waarden vanuit de WBI-SOS te vergelijken met waarden die verkregen zijn vanuit het grondonderzoek. Hierbij is in onderstaande paragrafen een toelichting voor de gekozen waarden in detail uitgelegd. De gebruikte d70-waarden die in de planuitwerkingsfase, naar aanleiding van deze analyse, worden toegepast zijn weergegeven in Tabel 4-1.

4.1 Dijkvakken 1-17

Vanwege de kleine hoeveelheid grondmonsters in deze dijkvakken en de grote hoeveelheid variatie in de aanwezige grondmonsters is er te weinig onderbouwing om voor de fijnere ondiepe grondmonsters als de grovere diepe grondmonsters dat er voor is gekozen om te waardes van de WBI-SOS voor deze dijkvakken te hanteren. Naar verwachting hebben de dijkvakken 12-17 een grovere d70 dan in het SOS geschematiseerd is. Hierbij zijn er, indien benodigd, mogelijkheden om aan te scherpen als er een extensiever grondonderzoek is uitgevoerd.

4.2 Dijkvakken 18-22

Dijkvakken 18-22 bevinden zich in Grave. In Grave zijn geen zeefkrommes en korrelverdelingen bekend waardoor geen lokale waarde voor d70 bepaald is. Voor dijkvakken 18-22 worden de waardes van het SOS gehanteerd.

4.3 Dijkvakken 23-26

Voor dijkvakken 23-26 zijn er binnen het grondonderzoek geen boringen verricht, hierdoor kan het aanwezige grondonderzoek niet representatief worden gehouden voor de aanwezige d70 in deze dijkvakken. Hierdoor is er voor gekozen om te waardes van het SOS voor deze dijkvakken te hanteren.

4.4 Dijkvakken 27-34

Voor dijkvakken 27-34 zijn er binnen het grondonderzoek veel boringen verricht, waarvan een groot gedeelte in de bovenste 4 m van het maaiveld is uitgevoerd. Ook is terug te zien dat de variatie in de korrelgrote te overzien is. Dit gecombineerd met het feit dat de aanwezige deklaag in deze vakken over het algemeen < 4 m zijn en een lagere d70 conservatief is, wordt er voor gekozen om de karakteristieke waarde van het grondonderzoek in de bovenste 4 m van het maaiveld te hanteren voor deze dijkvakken.

4.5 Dijkvakken 35-38

In de verkregen waardes vanuit het SOS is terug te zien dat voor dijkvakken 35-38 de d70 groter is dan voor de bovenstrooms gelegen dijkvakken bij Keent. Dit is ook terug te zien in de aanwezige grondmonsters die in deze dijkvakken genomen zijn. Hierdoor zal het overnemen van de waardes van dijkvakken 27-34 vanuit het grondonderzoek leiden tot een onderschatting van de d70. Aanvullend zijn er te weinig monsters in dijkvakken 35-38 genomen om zelfstandig vanuit het grondonderzoek tot een representatieve karakteristieke waarde te komen. Hierdoor is er voor gekozen om te waardes van het SOS voor deze dijkvakken te hanteren.

Tabel 4-1 Gekozen waarde d70 per dijkvak

Dijkvakken	Karakteristieke waarde [µm]	Oorsprong
Dijkvak 1	363	SOS
Dijkvak 2	363	SOS
Dijkvak 3	363	SOS
Dijkvak 4	363	SOS
Dijkvak 5	363	SOS
Dijkvak 6	363	SOS
Dijkvak 7	363	SOS
Dijkvak 8	363	SOS
Dijkvak 9	363	SOS
Dijkvak 10	363	SOS
Dijkvak 11	363	SOS
Dijkvak 12	363	SOS
Dijkvak 13	363	SOS
Dijkvak 14	363	SOS
Dijkvak 15	363	SOS
Dijkvak 16	363	SOS
Dijkvak 17	363	SOS
Dijkvak 18	363	Grave
Dijkvak 19	363	Grave
Dijkvak 20	363	Grave
Dijkvak 21	363	Grave
Dijkvak 22	363	Grave
Dijkvak 23	363	SOS
Dijkvak 24	363	SOS
Dijkvak 25	363	SOS
Dijkvak 26	363	SOS
Dijkvak 27	291	Grondonderzoek
Dijkvak 28	291	Grondonderzoek
Dijkvak 29	291	Grondonderzoek
Dijkvak 30	291	Grondonderzoek
Dijkvak 31	291	Grondonderzoek
Dijkvak 32	291	Grondonderzoek
Dijkvak 33	291	Grondonderzoek
Dijkvak 34	291	Grondonderzoek
Dijkvak 35	363	SOS
Dijkvak 36	363	SOS
Dijkvak 37	363	SOS
Dijkvak 38	363	SOS

5. Referenties

5.1 Richtlijnen

[1] Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, juni 2001
[2] Schematiseringshandleiding macrostabiliteit, Rijkwaterstaat,WBI 2017.

5.2 Projectdocumenten

[3] TUN, Verkenning Cuijk-Ravenstein. Waterschap Aa en Maas, 28 juli 2022.

5.3 Conditionerende onderzoeken

[4] Resultaten geotechnisch laboratoriumonderzoek, Dijktraject 36-2 Cuijk-Ravenstein. Geonius, 23 november 2023.
[5] Optimalisatiescan 36-2 CuRa, Fugro, 16 november 2020.
[6] Proevenverzameling Cuijk-Ravenstein, SHANSEP parameters, phi alsmede Nkt, Arcadis, 3 april 2020.

veilig voldoende schoon water

Waterschap
Aa en Maas

Trajectaanpak BSKW

Analyse en maatregelen

Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein
WBS: 20.2.6
Datum: 11-04-2025
Versienummer: D2.0



Inhoud

Inhoud 3

1. Inleiding 5
- 1.1 Projectbeschrijving 5
- 1.2 Aanleiding trajectaanpak BSKW 5
- 1.3 Doel 6
- 1.4 Locatie en scope 6
- 1.5 Leeswijzer 7

2. Werkwijze 8

3. Resultaten 9
- 3.1 Uitgangssituatie BSWK 9
  - 3.1.1 WBI–beoordeling 10
  - 3.1.2 Pre-verkenning Iv 10
  - 3.1.3 Verkenning WSP 11
  - 3.1.4 Samenvatting faalkans overstroming bij niet sluiten 11
- 3.2 Impact laatst stand BOI 11
- 3.3 Tijd voor herstel 12
- 3.4 Overzicht Scores scoretallen Iv-Infra en WSP 13
- 3.5 Actualisatie en optimalisatiemaatregelen scoretabellen 14
  - 3.5.1 Keersluis Cuijk 14
  - 3.5.2 Uitwateringssluis Tochtsloot en uitwateringssluis Gasselseloop 15
  - 3.5.3 Raamsluis Grave 15
  - 3.5.4 Coupure Maaspoort Grave 16
  - 3.5.5 Coupure Maasstraat Grave 17
- 3.6 Conclusie optimalisatie scoretabellen 17

4. (Herstel)maatregelen 19
- 4.1 Keersluis Cuijk 19
- 4.2 Raamsluis Grave 20
- 4.3 Gemaal van Sasse 23
- 4.4 Conclusie maatregelen 26

5. Toekomstige kunstwerken 27
- 5.1 Demontabele keringen 27
- 5.2 Coupures 28
  - 5.2.1 Kans op open kering bij sluitvraag 28
  - 5.2.2 Kans op herstel van gefaalde sluiting 28
  - 5.2.3 Kans op een sluitvraag per jaar / sluitfrequentie 28

5.2.4 Kans op niet sluiten 29
5.3 Kans op overstroming na niet-sluiten 29

6. Totaaloverzicht kunstwerken traject Cuijk – Ravenstein 31

7. Conclusie 32
7.1 Maatregelen maatgevende kunstwerken 32
7.2 Protocollaire wijzigingen kunstwerken 33

8. Referenties 34

Bijlage A. Besprekingsverslag ontwerpsessie 28-05-2024 35

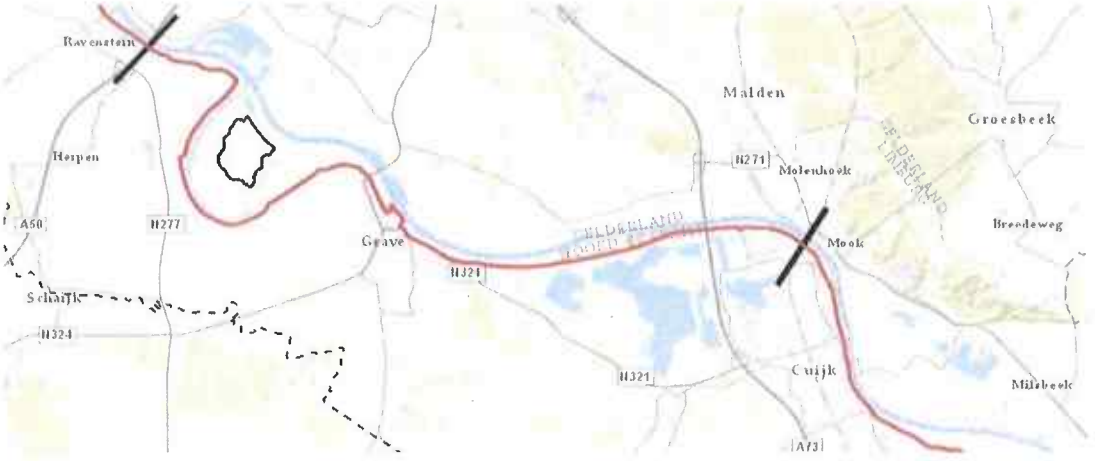
Bijlage B. RAMS-analyse Keersluis Cuijk 36

1. Inleiding

1.1 Projectbeschrijving

Het klimaat verandert. Dat betekent dat het water in de rivieren in de toekomst steeds vaker erg hoog staat. Alle dijken in Nederland moeten daarom voldoen aan de nieuwe normen voor waterveiligheid. Ook de dijken langs de Maas. We werken hiervoor samen in het landelijke hoogwater beschermingsprogramma (HWBP). Samen met Rijkswaterstaat, provincie Noord-Brabant, gemeenten en bewoners gaat waterschap Aa en Maas aan de slag om de dijk tussen Cuijk en Ravenstein te verbeteren.

Het dijktraject, weergegeven in Figuur 1-1, is circa 21 km lang en bestaat voor een groot deel uit een gronddijk. Halverwege het traject, in de vestingstad Grave, is een kademuur aanwezig als primaire waterkering. Daarnaast zijn ook diverse constructieve objecten in de dijk aanwezig (kunstwerken) zoals onder andere de Keersluis Cuijk en Gemaal van Sasse. De gronddijk, de kademuur en de kunstwerken zijn gezamenlijk onderdeel van het project dijkverbetering Cuijk-Ravenstein. Deze rapportage is onderdeel van de planuitwerking. In de planuitwerking wordt het gekozen voorkeursalternatief uit de verkenningsfase verder uitgewerkt.



Figuur 1-1: Dijktraject Cuijk-Ravenstein

1.2 Aanleiding trajectaanpak BSKW

Binnen het normtraject zijn tien kunstwerken aanwezig waarvan drie kunstwerken (Keersluis Cuijk, Raamsluis Grave en Gemaal van Sasse) in de WBI-beoordeling een faalkans orde grootte 10^{-5} - 10^{-6} per jaar hebben. Deze drie kunstwerken zijn bepalend voor de totale faalkans voor het toetsspoor betrouwbaarheid sluiting, hierna BSKW.

De faalkanseis op trajectniveau voor dit toetsspoor is gelijk aan 0,04 * 1/10.000 = 4 * 10^{-6} per jaar (bij de standaardfaalkansbegroting, faalkansruimtefactor ω = 0,04). Volgens de standaardwerkwijze wordt bij het ontwerp het kunstwerk getoetst aan de doorsnede-eis. Dit is de faalkanseis op trajectniveau van het faalmechanisme gedeeld door de lengte-effectfactor N. Uitgaande van N=5 (conform het VKA) leidt dit tot de doorsnede-eis voor BSKW van 8 * 10^{-7} per jaar (= 4 * 10^{-6} / 5).

De faalkans van de drie voornoemde kunstwerken is dermate groot dat in het VKA geen mogelijkheden zijn gezien om de kunstwerken zodanig aan te passen dat deze gaan voldoen aan de doorsnede-eis zonder dat de kunstwerken worden vervangen. Er is daarom gekozen om BSKW te beschouwen aan de hand van een trajectaanpak, waarbij de som van de faalkansen voor BSKW van alle kunstwerken gezamenlijk kleiner is dan de faalkanseis op trajectniveau. De doorsnede-eis wordt hierbij losgelaten.

Doordat een groot deel van de kunstwerken een lage faalkans heeft voor BSKW kan een groter deel van de faalkansruimte gebruikt worden door de drie dominante kunstwerken. Een integrale aanpak op trajectniveau ondersteunt bij de oplossing voor de opgave ten aanzien van BSKW.

1.3 Doel

Binnen het traject zijn tien kunstwerken aanwezig, drie daarvan zijn bepalend voor het toetsspoor BSKW. Door de integrale trajectaanpak zijn de overige kunstwerken echter niet onbelangrijk. Door de faalkans van alle kunstwerken te optimaliseren komt meer faalkansruimte beschikbaar voor de dominante kunstwerken. Het doel is te bepalen welke maatregelen genomen moeten worden om aan de gestelde eisen te voldoen. Daarnaast wordt bepaald wat de beschikbare faalkansruimte is voor eventueel nieuw te ontwerpen kunstwerken binnen het traject.

1.4 Locatie en scope

In het traject tussen Cuijk en Ravenstein maken tien kunstwerken deel uit van de primaire waterkering (zie Figuur 1-2, [1] en [3]). Dit document richt zich op de kunstwerken die niet aan de eenvoudige toetscriteria voldoen dus waarbij de faalkansbijdrage niet verwaarloosbaar is. Concreet gaat het dan om de zeven dikgedrukte kunstwerken:

1. Gemaal en riooloverstort Cuijk Haven KW 178[1]
2. **Keersluis Cuijk** **KW 188**
3. Persleiding gemaal Sluisgraaf KW 197[2]
4. **Uitwateringssluis Tochtsloot** **KW 232**
5. **Uitwateringssluis Gasselseloop** **KW 245**
6. **Raamsluis Grave** **KW 266**
7. **Coupure Maaspoort Grave** **KW 269[3]**
8. **Coupure Maassstraat Grave** **KW 270[3]**
9. Uitwateringssluis Havenstraat Grave KW 274[4]
10. **Gemaal van Sasse** **KW 286**

Alle kunstwerken binnen het traject moeten samen aan de trajecteis voldoen. Dit is inclusief toekomstige kunstwerken. Binnen het traject zijn er een aantal toekomstige kunstwerken voorzien. Deze zullen binnen dit rapport ook meegenomen worden in de analyse. Het gaat om de volgende kunstwerken:

11. KW174 – Coupure Everdinweerd
12. Demontabele kering Maasfront
13. KW273 + 50 - Coupure nieuwe haven oost
14. KW274 + 50 - Coupure nieuwe haven west
15. KW285 - Coupure Sasse oost
16. KW285 - Coupure Sasse west

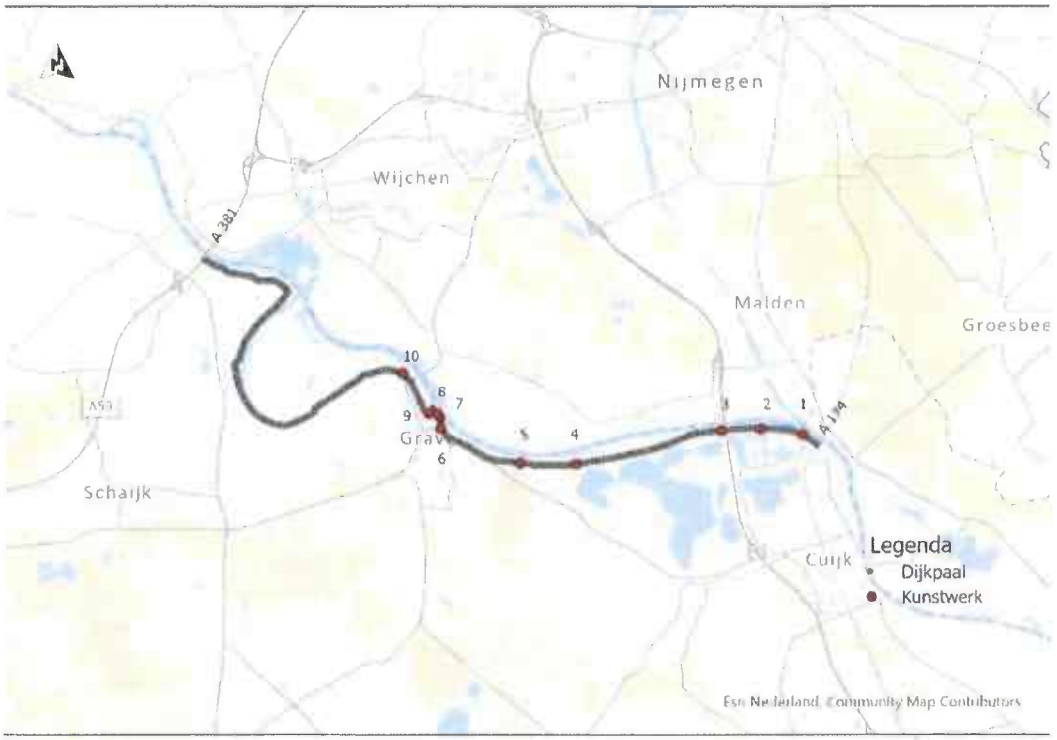
---

[1] Kunstwerk wordt geamoveerd en is derhalve niet relevant voor de analyse.

[2] Door het aantal en type keermiddelen en het feit dat het een gemaal betreft kan op basis van de eenvoudige beslisregel voor betrouwbaarheid sluiting in het WBI2017 worden aangegeven dat de bijdrage aan het overstromingskans verwaarloosbaar klein is voor BSKW.

[3] In de hiervoor weergegeven opsomming zijn ook de coupures in Maaspoort Grave en Maasstraat Grave opgenomen. Deze coupures maken onderdeel uit van de kademuur Grave en zijn daardoor geen losstaande kunstwerken. Echter, voor betrouwbaarheid sluiten zijn deze bestaande coupures wel degelijk van belang en worden ze wel in de beschouwing meegenomen.

[4] kunstwerk bestaat uit een leiding met een diameter kleiner of gelijk aan 500 mm en daarnaast is voorzien van minimaal één keermiddel, kan voor betrouwbaarheid sluiting de eenvoudige toets worden toegepast.



Figuur 1-2: Locatie kunstwerken binnen scope verkenning dijktraject 36-2 [3]

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 1 zijn de aanleiding, doel en beschouwde kunstwerken beschreven. In hoofdstuk 2 volgt de werkwijze van de analyses. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van de analyse van de reeds uitgevoerde beoordelingen en er worden optimalisaties van de scoretabellen aangegeven, de zogenoemde 'laaghangend fruit' maatregelen. In hoofdstuk 4 worden mogelijke (herstel)maatregelen beschreven voor drie dominante kunstwerken. In hoofdstuk 5 zijn de toekomstige, in het ontwerp opgenomen kunstwerken beschouwd. In hoofdstuk 6 is het overzicht van de faalkansen ten aanzien van Betrouwbaarheid Sluiten van de kunstwerken gegeven en in hoofdstuk 7 worden de conclusies en de te nemen maatregelen toegelicht.

2. Werkwijze

Dit hoofdstuk beschrijft de werkwijze die gehanteerd is om de faalkans voor de in paragraaf 1.4 genoemde kunstwerken te optimaliseren. De werkwijze bestaat uit de volgende stappen:

1. De herleidbaarheid vastleggen van de uitgangssituatie voor BSKW voor alle kunstwerken. Dit houdt in dat alle informatie uit voorgaande rapporten wordt bekeken en dat daaruit alle faalkansen worden herleid waarvan uitgegaan wordt. Deze stap heeft als doel een overzicht te krijgen van de faalkansen en daarmee inzicht in het tekort aan faalkansruimte. Verder geeft dit inzicht waar er mogelijk ruimte voor optimalisatie is.
2. De impact van de laatste stand van het BOI wordt beschouwd op de vastgestelde huidige faalkansen. Aan de methodiek voor *betrouwbaarheid sluiting* is weinig aangepast bij de laatste update van het BOI.
3. In kaart brengen van de sluitpeilen van de kunstwerken in relatie tot de maximaal toelaatbare buitenwaterstand waarbij grotere gevolgen (bijvoorbeeld substantiële instroming) plaatsvindt. Aan de hand hiervan kan een inschatting worden gemaakt van de beschikbare hersteltijd bij een gefaalde sluiting van een kunstwerk. Dit dient vervolgens als onderbouwing van mogelijk te nemen herstelmaatregelen en de faalkansreductie die dit kan opleveren.
4. Per kunstwerk eenvoudige maatregelen beschouwen waarmee de faalkans verlaagd kan worden. Daarbij wordt eerst gekeken naar eenvoudig te realiseren maatregelen, oftewel het 'laaghangend fruit', zoals een aanscherping van het protocol.
5. Inventariseren van mogelijke (herstel)maatregelen en adviseren in de te nemen maatregelen om aan de trajecteis te voldoen.

In hoofdstuk 4 worden (herstel)maatregelen voor de situatie van een gefaalde sluiting gegeven. Met deze maatregelen kan aan de eisen voor betrouwbaarheid sluiten worden voldaan. De nadere uitwerking van (herstel)maatregelen is niet gegeven in deze notitie, de uit te werken maatregelen worden in een later stadium afgestemd met WSAM.

3. Resultaten

Dit hoofdstuk doorloopt de genoemde stappen zoals beschreven in de werkwijze (H2). Eerst wordt de uitgangsituatie opgehelderd, vervolgens wordt gekeken naar de laatste stand van het BOI, dan wordt de beschikbare tijd tot herstel uitgelicht en tot slot worden mogelijke eenvoudige maatregelen besproken om tot een nieuwe baseline te komen voor de uitwerking van nood- en herstelmaatregelen.

3.1 Uitgangssituatie BSWK

De faalkans voor BSWK wordt bepaald met de volgende formule:

$$P_{f,KW,NS} = P_{ns} * P_{open} * P_n * P_{f,herstel} \quad [1]$$

Waarin:

$P_{f,KW,NS}$	=	Kans op overstroming na niet-sluiten [per jaar].
P_{open}	=	Kans op open kering bij een sluitvraag [-].
P_{ns}	=	Kans op falen sluiting bij sluitvraag [per sluitvraag].
P_n	=	Kans dat de buitenwaterstand dusdanig hoog is dat dit bij niet gesloten kunstwerk tot substantiële gevolgen in het achterland leidt ($h_{bui}>h_{toel}$), oftewel de kans op een sluitvraag per jaar [sluitvraag/jaar].
$P_{f,herstel}$	=	Kans op falen herstel van gefaalde sluiting [-].

Eerder zijn er drie beoordelingen geweest. Deze beoordelingen zijn in ogenschouw genomen om tot een eenduidige en volledige stand van zaken van de kunstwerken te komen. De volgende beoordelingen zijn beschouwd:

- WBI-beoordeling, uitgevoerd door Greenrivers, 2017 [5];
- pre-verkenning, uitgevoerd door Iv-Infra, 2020 [4];
- verkenning, uitgevoerd door WSP, 2022 [3].

In onderstaande paragrafen worden per beoordeling de invoerwaarden van de parameters, zoals in formule 1 beschreven, uitgelicht. Verschillen tussen de beoordelingen zijn ontstaan door het toepassen van oude of nieuwe scoretabellen, detailniveau van de analyse of andere inzichten van de uitvoerende partij.

3.1.1 WBI–beoordeling

Tabel 3-1 geeft de invoerwaarden voor formule 1 weer vanuit de WBI-beoordeling, uitgevoerd in 2017 door Greenrivers [5].

Tabel 3-1: Overzicht faalkansen behorende tot BSKW voor elk kunstwerk voor de WBI-beoordelingsronde

Kunstwerk	P_{ns} *[per sluitvraag]*	P_{open} *[-]*	P_n *[aantal sluitvragen / jaar]*	$P_{f,herstel}$ *[-]*	$P_{f,KW,NS}$ *[per jaar]*
Keersluis Cuijk	3,16E-4	1	0,2	1	6,33E-5
Uitwateringssluis Tochtsloot	3,16E-3 (sluis) 1,0E-3 (wakerdeur)	1	0,25	1	7,9E-7
Uitwateringssluis Gasselseloop	3,16E-3 (sluis) 1,0E-3 (wakErdEur)	1	0,25	1	7,9E-7
Raamsluis Grave	1,0E-3	1	0,5	1	5,0E-4
Coupure Maaspoort Grave	1,0E-3	1	1,0E-4	0,1	1,0E-8
Coupure Maasstraat Grave	1,0E-3	1	2,0E-4	1	2,0E-7
Gemaal van Sasse	3,16E-4	1	0,35	0,01	1,11E-6

3.1.2 Pre-verkenning Iv

Tabel 3-2 geeft de invoerwaarden voor formule 1 weer vanuit de pre-verkenning, uitgevoerd in 2020 door Iv-Infra [4].

Tabel 3-2: Overzicht faalkansen behorende tot BSKW voor elk kunstwerk voor de pre-verkenningsbeoordeling

Kunstwerk	P_{ns} *[per sluitvraag]*	P_{open} *[-]*	P_n *[aantal sluitvragen / jaar]*	$P_{f,herstel}$ *[-]*	$P_{f,KW,NS}$ *[per jaar]*
Keersluis Cuijk	1,1E-3	1	0,17	1	1,87E-4
Uitwateringssluis Tochtsloot	1,0E-2 (sluis) 1,0E-5 (wakerdeur)	1	0,25	1	2,51E-8
Uitwateringssluis Gasselseloop	1,0E-2 (sluis) 1,0E-5 (wakerdeur)	1	0,28	1	2,81E-8
Raamsluis Grave	1,1E-3	1	0,5	0,1	5,5E-5
Coupure Maaspoort Grave	1,1E-3	1	5,8E-4	1	6,38E-7
Coupure Maasstraat Grave	1,79E-3	1	5,8E-4	1	1,04E-6
Gemaal van Sasse	3,19E-3	1	0,4	0,01	1,28E-5

3.1.3 Verkenning WSP

Tabel 3-3 geeft de invoerwaarden voor formule 1 weer vanuit de verkenning, uitgevoerd in 2022 door WSP [3].

Tabel 3-3: Overzicht faalkansen behorende tot BSKW voor elk kunstwerk voor de verkenningsbeoordeling

Kunstwerk	P_{ns} *[per sluitvraag]*	P_{open} *[-]*	P_n *[aantal sluitvragen / jaar]*	$P_{f,herstel}$ *[-]*	$P_{f,KW,NS}$ *[per jaar]*
Keersluis Cuijk	1,21E-4	1	0,2	1	2,42E-5
Uitwateringssluis Tochtsloot	-	-	-	-	-
Uitwateringssluis Gasselseloop	-	-	-	-	-
Raamsluis Grave	7,63E-5	1	0,5	0,05	1,91E-6
Coupure Maaspoort Grave	-	-	-	-	-
Coupure Maasstraat Grave	-	-	-	-	-
Gemaal van Sasse	3,01E-5	1	0,4	0,01	1,2E-7

3.1.4 Samenvatting faalkans overstroming bij niet sluiten

Tabel 3-4 geeft een samenvatting van de faalkans voor niet sluiten voor alle kunstwerken voor de verschillende fases.

Tabel 3-4: Samenvatting faalkansen BSKW voor elk kunstwerk voor elke beoordeling

Kunstwerk	$P_{f,KW,NS}$ **WBI** *[per jaar]*	$P_{f,KW,NS}$ **Iv-Infra** *[per jaar]*	$P_{f,KW,NS}$ **WSP** *[per jaar]*
Keersluis Cuijk	6,33E-5	1,87E-4	2,42E-5
Uitwateringssluis Tochtsloot	7,9E-7	2,51E-8	-
Uitwateringssluis Gasselseloop	7,9E-7	2,81E-8	-
Raamsluis Grave	5,0E-4	5,5E-5	1,91E-6
Coupure Maaspoort Grave	1,0E-8	6,38E-7	-
Coupure Maasstraat Grave	2,0E-7	1,04E-6	-
Gemaal van Sasse	1,11E-6	1,28E-5	1,2E-7

3.2 Impact laatst stand BOI

Er zijn geen relevante wijzigingen of ontwikkelen opgenomen in het BOI sinds de laatste beoordelingen.

3.3 Tijd voor herstel

De kans op herstel na een gefaalde sluiting is mede afhankelijk van de herstelmaatregel, welke weer mede afhankelijk is van de beschikbare tijd tot herstel. Het is daarom belangrijk een scherp beeld te hebben van de beschikbare tijd voor herstel bij de verschillende kunstwerken. De beschikbare tijd tot herstel is bepaald door middel van de volgende variabelen:

1) sluitpeil;
2) open keer peil (OKP);
3) waterstandsverloop.

Het sluitpeil is voor elk kunstwerk vastgesteld in het sluitprotocol. In de meeste gevallen is het sluitpeil een waterstand niet ter hoogte van het kunstwerk maar ter hoogte van Mook. Een hoogwatergolf zou naar inschatting op basis van meetpunten op waterinfo.rws.nl één tot twee uur later ter hoogte van het kunstwerk aankomen, afhankelijk van de locatie van het kunstwerk. Deze één tot twee uur is, als conservatief uitgangspunt, niet meegenomen in de analyse. De helling van het waterstandsverloop is bepaald met behulp van de Waterstandsverlooptool. Een voorbeeld van het waterstandsverloop bij Mook is gegeven in Figuur 3-1 . Zie Tabel 3-5 voor de analyse. Belangrijk om te benoemen dat een nieuwe HOB-database beschikbaar komt waardoor mogelijkerwijs de waterstanden en het waterstandsverloop wijzigen en zo ook de beschikbare tijd tot herstel.

Bij Keersluis Cuijk wordt voldaan aan het faalmechanisme hoogte door gebruik te maken van het kombergend vermogen van de Kraaijenbergse Plassen. Een groot deel van het kombergend vermogen is nodig om te voldoen aan de eisen voor hoogte, uit de analyse in Memo Komberging Keersluis Cuijk [6] blijkt dat circa 0,33 m in stijging van de Kraaijenbergse Plassen niet gebruikt wordt voor hoogte en daarmee potentieel beschikbaar is als hersteltijd voor BSKW. Met een waterpeilstijging op de Maas van gemiddeld 0,032 m/uur bij naderend hoogwater leidt dit tot circa 10 uur beschikbare hersteltijd bij Keersluis Cuijk. WSAM geeft aan het met de redenatie eens te zijn, met de kanttekening dat in die situatie de grenzen van het achterliggende systeem ten aanzien van kombergend vermogen worden benaderd.

Tabel 3-5: Overzicht sluitpeilen, OKP en beschikbare tijd tot herstel voor elk kunstwerk

Kunstwerk	**Sluitpeil** *[m + NAP]*	**Sluitpeil t.h.v.**	**OKP** *[m + NAP]*	**OKP opmerkingen**	**Helling waterstandsverloop** *[m/uur]*	**Beschikbare tijd tot herstel** *[uur]*
Keersluis Cuijk	8,95	Mook	10	Verkenning [3]	0,032	10
Uitwateringssluis Tochtsloot	8,7	Mook	9,8	Maaiveld achterland	0,032	34
Uitwateringssluis Gasselseloop	8,7	Mook	9.8	Maaiveld achterland	0,032	34
Raamsluis Grave	6,9	Grave Beneden	8	Volgens sluitprotocol	0,032	34
Coupure Maaspoort Grave	11,02	Grave Boven	11,6	Straatniveau	0,032	18
Coupure Maasstraat Grave	11,02	Grave Boven	11,6	Straatniveau	0,032	18
Gemaal van Sasse	6,9	Grave Beneden	8,3	Hoogste maaiveld bovenstrooms kunstwerk	0,032	43



Figuur 3-1: Voorbeeld waterstandsverloop ter plaatse van Mook

3.4 Overzicht Scores scoretallen Iv-Infra en WSP

Om de faalkans voor betrouwbaarheid sluiten kunstwerk te optimaliseren wordt ingezoomd op de faalkans niet sluiten (P_{ns}). De faalkans niet sluiten kunstwerk (P_{ns}) wordt bepaald middels scoretabellen. Binnen deze scoretabellen wordt het kunstwerk getoetst op vier aspecten, deze zijn: alarmering, mobilisatie, bediening en technisch falen. Hoe hoger de score, hoe kleiner de faalkans op niet sluiten voor dat specifieke onderdeel. De scoretabellen van Iv-Infra en WSP zijn bekend. In het geval dat er voor een bepaald kunstwerk twee scoretabellen beschikbaar zijn, dan is de meest recente scoretabel meegenomen in de onderstaande analyse. Onderstaande tabel (zie Tabel 3-6) geeft per kunstwerk voor elk van de vier aspecten de score weer. In het geval dat de score in groen is weergegeven, is de score kleiner dan de maximale score en is er mogelijk ruimte voor optimalisatie.

Tabel 3-6: Overzicht scores voor de vier aspecten van de scoretabel voor elk kunstwerk. In groen als er ruimte is voor optimalisatie

Kunstwerk	**Bron**	**Alarmering** *Max score = 7*	**Mobilisatie** *Max score = 5*	**Bediening** *Max score = 5*	**Technisch falen** *Max score = 5*
Keersluis Cuijk	WSP	6	5	5	4
Uitwateringssluis Tochtsloot	Iv	6	5	5	2
Uitwateringssluis Gasselseloop	Iv	6	5	5	2
Raamsluis Grave	WSP	7	5	5	4.25
Coupure Maaspoort Grave	Iv	7	4	5	3
Coupure Maasstraat Grave	Iv	7	4	5	2.75
Gemaal van Sasse	WSP	7	5	5	5

Op de twee coupures na blijkt er vooral ruimte voor optimalisatie binnen het technisch falen. Hieronder worden voor elk kunstwerk, behalve voor Gemaal van Sasse (kan niet verder worden geoptimaliseerd), de mogelijkheden voor optimalisatie binnen de scoretabellen besproken.

3.5 Actualisatie en optimalisatiemaatregelen scoretabellen

In de volgende paragrafen wordt aangegeven welke wijzigingen doorgevoerd kunnen worden leidend naar een optimalisatie van de scoretabellen. Over het algemeen zijn dit protocollaire wijzigingen, daarmee worden deze maatregelen gezien als 'laaghangend fruit'.

3.5.1 Keersluis Cuijk

Tabel 3-7 geeft voor Keersluis Cuijk de vragen in de scoretabel weer waar er geoptimaliseerd kan worden.

Tabel 3-7 Overzicht van de vragen in de scoretabel die geoptimaliseerd kunnen worden ten opzichte van de vorige fase voor Keersluis Cuijk

Vraag	Antwoord WSP	Score WSP	Motivatie WSP	Antwoord Sweco	Score Sweco	Motivatie Sweco
Technisch falen vraag a1: Is er een onderhoudsplan voor het keermiddel en wordt dat nageleefd?	Nee	0	"Onderhoud wordt gericht uitgevoerd op basis van tweejaarlijkse controles (1 kleine inspectie en 1 grote inspectie). Er is echter geen concreet beheer- en onderhoudsplan, deze staat ook nog niet op de planning. "	Ja	0,5	Een beheer- en onderhoudsplan (laten) opstellen en borgen dat dit wordt nageleefd
Technisch falen vraag c: Is het afsluitmiddel op handkracht te sluiten?	Nee	0	Kan wel maar is arbeidsintensief en duurt lang. Vandaar in pre-verkenning met "nee" beantwoord. Na een sluiting op handkracht dient de keerschuif altijd weer met een mobiele kraan geheven te worden. Testen van deze sluitvorm vormt daarmee een complexe operatie en gebeurt dan ook nauwelijks tot nooit.	Ja	0,5	Er is mogelijkheid tot sluiten op handkracht. Methode van sluiting verdiend aandacht

3.5.2 Uitwateringssluis Tochtsloot en uitwateringssluis Gasselseloop

De twee uitwateringssluizen zijn vanuit het oogpunt BSKW identiek waardoor ook de scoretabellen identiek zijn. Tabel 3-8 geeft voor beide uitwateringssluizen de vragen in de scoretabel weer waar er geoptimaliseerd kan worden.

Tabel 3-8: Overzicht van de vragen in de scoretabel die geoptimaliseerd kunnen worden ten opzichte van de vorige fase voor uitwateringssluizen Tochtsloot en Gasselseloop

Vraag	Antwoord Iv	Score Iv-Infra	Motivatie Iv-Infra	Antwoord Sweco	Score Sweco	Motivatie Sweco
Technisch falen vraag a2: Wordt het primaire en indien van toepassing secundaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en de sluiting minstens eenmaal per jaar getest inclusief alle daarbij behorende 'aandrijfmechanismen'?	Nee	0	Wel elk jaar proefsluiting, niet tweemaal per jaar controleren.	Ja	1,5	Start met tweemaal per jaar controleren en borg in de protocollen dat dit wordt nageleefd.
Technisch falen vraag b2: Is er in het sluitprotocol geanticipeerd op dit risico van belemmering?	Nee	0		Ja	0,5	Ja, want n.v.t. want antwoord vraag g is beantwoord met nee. Dit is in de beoordeling van IV onjuist ingevoerd.

3.5.3 Raamsluis Grave

Tabel 3-9 geeft voor de Raamsluis Grave de vragen in de scoretabel weer waar er geoptimaliseerd kan worden.

Tabel 3-9: Overzicht van de vragen in de scoretabel die geoptimaliseerd kunnen worden ten opzichte van de vorige fase voor Raamsluis Grave

Vraag	Antwoord WSP	Score WSP	Motivatie WSP	Antwoord Sweco	Score Sweco	Motivatie Sweco
Technisch falen vraag c: Is het afsluitmiddel op handkracht te sluiten?	Nee	0	De aluminium schuif is op handkracht te sluiten, maar dit wordt niet geoefend. Dit is noodzakelijk om hier betrouwbaarheid aan toe te kunnen kennen.	Ja	0,5	Aluminium schuif is op handkracht te sluiten. Opnemen in protocollen dat dit wordt geoefend.
Technisch falen vraag b2: Is er in het sluitprotocol geanticipeerd op dit risico van belemmering?	Nee	0		Ja	0,5	Ja, want n.v.t. want antwoord vraag g is beantwoord met nee. Dit is in de eerdere beoordeling onjuist ingevoerd.

3.5.4 Coupure Maaspoort Grave

Tabel 3-10 geeft voor de coupure Maaspoort Grave de vragen in de scoretabel weer waar er geoptimaliseerd kan worden.

Tabel 3-10: Overzicht van de vragen in de scoretabel die geoptimaliseerd kunnen worden ten opzichte van de vorige fase voor de coupure Maaspoort Grave

Vraag	Antwoord WSP	Score WSP	Motivatie WSP	Antwoord Sweco	Score Sweco	Motivatie Sweco
Technisch falen vraag a2: Wordt het primaire en indien van toepassing secundaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en de sluiting minstens eenmaal per jaar getest inclusief alle daarbij behorende 'aandrijfmechanismen'?	Nee	0	Jaarlijks wordt er een proefsluiting van de keermiddelen uitgevoerd. Onbekend is of de keermiddelen jaarlijks 2x worden gecontroleerd.	Ja	1,5	Start met tweemaal per jaar controleren en borg in de protocollen dat dit wordt nageleefd.
Technisch falen vraag c: Is het afsluitmiddel op handkracht te sluiten?	Nee	0		Ja	0,5	Het keermiddel kan met de hand gesloten worden. De stalen schotten zijn met twee man te tillen.
Technisch falen vraag b2: Is er in het sluitprotocol geanticipeerd op dit risico van belemmering?	Nee	0		Ja	0,5	Ja, want n.v.t. want antwoord vraag g is beantwoord met nee. Dit is in de eerdere beoordeling onjuist ingevoerd.

3.5.5 Coupure Maasstraat Grave

Tabel 3-11 geeft voor de coupure Maasstraat Grave de vragen in de scoretabel weer waar er geoptimaliseerd kan worden.

Tabel 3-11: Overzicht van de vragen in de scoretabel die geoptimaliseerd kunnen worden ten opzichte van de vorige fase voor de coupure Maasstraat Grave

Vraag	Antwoord WSP	Score WSP	Motivatie WSP	Antwoord Sweco	Score Sweco	Motivatie Sweco
Technisch falen vraag a2: Wordt het primaire en indien van toepassing secundaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en de sluiting minstens eenmaal per jaar getest inclusief alle daarbij behorende 'aandrijfmechanismen'?	Nee	0	Jaarlijks wordt er een proefsluiting van de keermiddelen uitgevoerd. Onbekend is of de keermiddelen 2x jaarlijks worden gecontroleerd.	Ja	1,5	Start met tweemaal per jaar controleren.
Technisch falen vraag g: Is er een risico van belemmering waardoor de sluiting faalt?	Nee	1		Ja	0,5	Bijvoorbeeld een geparkeerde auto
Technisch falen vraag b2: Is er in het sluitprotocol geanticipeerd op dit risico van belemmering?	Nee	0		Ja	0,5	Anticiperen op belemmering. Voorbeeld van geparkeerde auto, deze wegslepen. Tijd voor herstelde is aangenomen voldoende.
Technisch falen vraag k: is er een risico van falen van het keermiddel van betekenis?	Nee	0,25	Nee	Ja	0	Bijvoorbeeld een geparkeerde auto.

3.6 Conclusie optimalisatie scoretabellen

In voorgaande paragrafen zijn de voorziene wijzigingen aangegeven Onderstaande tabel, Tabel 3-12 , geeft de geoptimaliseerde faalkans voor niet sluiten.

Tabel 3-12: Overzicht van de geoptimaliseerde faalkans voor niet sluiten

Kunstwerk	$P_{ns,tot}$ oud [per sluitvraag]	$P_{ns,tot}$ nieuw
Keersluis Cuijk	1,21E-4	3,1E-5
Uitwateringssluis Tochtsloot	1,0E-2 (sluis) * 1,0E-5 (wakerdeur)	1,2E-4 (sluis) * 1,0E-5 (wakerdeur) = 1,2E-9
Uitwateringssluis Gasselseloop	1,0E-2 (sluis) * 1,0E-5 (wakerdeur)	1,2E-4 (sluis) * 1,0E-5 (wakerdeur) = 1,2E-9
Raamsluis Grave	7,63E-5	3,01E-5
Coupure Maaspoort Grave	1,1E-3	3,01E-5
Coupure Maasstraat Grave	1,79E-3	7,63E-5
Gemaal van Sasse	3,01E-5	3,01E-5

De nieuwe waardes voor P_{ns} zijn verwerkt in Tabel 3-13 wat de nieuwste faalkans voor overstroming is bij falen kunstwerk. Voor de faalkans van herstel is 1 aangehouden omdat de voorgestelde maatregelen eerst opnieuw worden beschouwd.

Tabel 3-13: Overzicht BSKW voor elk kunstwerk met de geoptimaliseerde faalkans voor niet sluiten

Kunstwerk	**P_{ns}** *[per sluitvraag]*	**P_{open}** *[-]*	**P_n** *[aantal sluitvragen / jaar]*	**$P_{f,herstel}$** *[-]*	**$P_{f,KW,NS}$** *[per jaar]*	**Faalkansruimte** *[%]*
Keersluis Cuijk	3,0E-5	1	0,2 (WSP)	1	6,0E-6	155
Uitwateringssluis Tochtsloot	1,2E-4 (sluis) * 1,0E-5 (wakerdeur) = 1,2E-9	1	0,25 (lv)	1	3,0E-10	0,02
Uitwateringssluis Gasselseloop	1,2E-4 (sluis) * 1,0E-5 (wakerdeur) = 1,2E-9	1	0,28 (lv)	1	3,4E-10	0,01
Raamsluis Grave	3,0E-5	1	0,5 (WSP)	1	1,5E-5	376
Coupure Maaspoort Grave	3,0E-5	1	5,8E-4 (lv)	1	1,8E-8	0,44
Coupure Maasstraat Grave	7,7E-5	1	5,8E-4 (lv)	1	4,5E-8	1,11
Gemaal van Sasse	3,0E-5	1	0,4 (WSP)	1	1,2E-5	301

De optimalisatie zorgt voor een kleinere $P_{f, KW,NS}$ voor alle kunstwerken (behalve het Gemaal van Sasse). De opgetelde faalkans is echter onvoldoende gedaald om te voldoen aan de trajecteis voor BSKW. De faalkansruimte in Tabel 3-13 geeft aan dat er drie kunstwerken zijn die bepalend zijn voor de te hoge faalkans, te weten Keersluis Cuijk, Raamsluis Grave en Gemaal van Sasse.

4. (Herstel)maatregelen

Zoals in paragraaf 3.6 genoemd zijn er drie kunstwerken (Keersluis Cuijk, Raamsluis Grave en Gemaal van Sasse) bepalend voor de te hoge faalkans op trajectniveau. Dit hoofdstuk gaat in op mogelijke maatregelen om de faalkans voor deze drie kunstwerken te verkleinen. De faalkans voor de overige kunstwerken is dermate klein dat deze hier buiten beschouwing worden gelaten.

4.1 Keersluis Cuijk

De doorstroomopening van de keersluis is dermate groot dat er geen eenduidige herstelmaatregel bepaald kan worden waarvan het effect met zekerheid doeltreffend is. De keersluis wordt maandelijks gesloten en geopend waardoor veel onzekerheden grotendeels worden afgevangen (elke maand een test). Er hebben al veel proefsluiting plaatsgevonden, wat ook een zekere mate van betrouwbaarheid geeft. De standaardbeoordeling conform de vigerende leidraden voor BSKW leidt tot een onderschatting van de betrouwbaarheid van sluiten van de keersluis. Middels een RAMS-analyse van de keersluis is het systeem en de betrouwbaarheid daarvan beter inzichtelijk gemaakt en zijn de componenten die bijdragen aan de robuustheid van het systeem op waarde meegenomen. Voor de uitwerking van deze analyses wordt verwezen naar Bijlage B waar de begeleidende notitie van de analyse staat.

Uit de analyse volgt een faalkans van 5,53E-08 per jaar, waar dit na geoptimaliseerde scoretabellen 6,0E-6 per jaar was. Dit is een factor 100 verbetering van de faalkans. De keersluis neemt dan afgerond 1,4% in van de totale faalkansruimte voor BSKW.

In de analyse is de betrouwbaarheid van sluiten door handmatige sluiting niet meegenomen. Handmatige sluiting leidt nog eens tot circa één orde aan extra betrouwbaarheid.

Op basis van de RAMS-analyse wordt derhalve geconcludeerd dat er, afgezien van eerder aangegeven protocollaire maatregelen, geen extra maatregelen nodig zijn bij Keersluis Cuijk.

Duiding resultaat RAMS-analyse
Het verschil tussen de gevonden waarde en eerdere analyse is relatief groot. Hiervoor is een aantal oorzaken te benoemen in het systeem en in het gebruik ervan:

- Het systeem keersluis is qua configuratie zeer robuust, er is een ruime mate van redundantie toegepast:
  - De normale bediening via PLC heeft als back-up een handbediening op de motoren en als noodvoorziening kunnen de hefdeuren ook handmatig worden neergelaten.
  - De keermiddelen (hefdeuren) zijn ook redundant, tot en met de aandrijving.
  - De energievoorziening is voorzien van back-up door de mogelijkheid om een NSA aan te voeren, hiervoor zijn leverafspraken met zeker twee leveranciers.
- Om onmerkbaar falen door geringe missie-frequentie en -duur tegen te gaan wordt de sluiting maandelijks geoefend, waarvan eenmaal per jaar de handmatige sluiting en eenmaal per half jaar de sluiting 'op noodstroom'. Hierdoor is het routineniveau bij de bedienaars voldoende groot.
- Er wordt gewerkt met protocollen en instructies voor de diverse bedienhandelingen.
- Na een sluitvraag (noodzaak tot sluiting) is er ruim voldoende tijd voor mobilisatie via diverse kanalen.
- De tijd om herstelmaatregelen te treffen bij optredend falen is voldoende groot om in de meeste gevallen te voorkomen dat optredend falen ook fataal wordt voor het vervullen van de sluitvraag.

Voor verdere toelichting wordt verwezen naar Bijlage B waar de begeleidende notitie van de RAMS-analyse is bijgevoegd.

4.2 Raamsluis Grave

De waterkerende constructieonderdelen van de raamsluis bestaan uit een aluminium schuif en per instroomopening een stalen schuif. De stalen schuiven zijn in alle voorgaande analyses meegenomen als zijnde tweede keermiddel. Deze stalen schuiven en bewegingswerken zijn relatief oud maar functioneren volgens het waterschap nog naar behoren. Doordat de stalen en aluminium schuiven relatief dicht achter elkaar gelegen zijn worden de keermiddelen niet als volledig onafhankelijke keermiddelen beschouwd. Met de stalen schuiven als secundair keermiddel wordt er nog steeds niet aan de gestelde veiligheidseis voldaan. Een additionele maatregel is noodzakelijk.

Op 28 mei 2024 heeft een ontwerpsessie met het waterschap plaatsgevonden. Vanuit het waterschap waren er medewerkers van zowel beheer als ecologie aanwezig. Het doel van deze ontwerpsessie was om allereerst meer inzicht te krijgen in het huidige sluitproces en ten tweede om samen met de beheerders kansen te ontdekken die de betrouwbaarheid van het sluiten kunnen verbeteren. Het besprekingsverslag is toegevoegd in Bijlage A.

Tijdens deze ontwerpsessie is er een aantal realistische maatregelen bedacht, die hieronder zijn toegelicht:

1. **De raamsluis vroegtijdig sluiten:** Dat wil zeggen, de raamsluis eerder sluiten dan het moment dat het met betrekking tot naderend hoogwater noodzakelijk zou zijn. Het voordeel van vroegtijdig sluiten is dat dit de zogenoemde 'tijd voor herstel' genereerd. Indien het sluiten faalt is er meer tijd voor het herstel van de sluiting dan wel voor een eventuele noodmaatregel. Wanneer de tijd voor herstel groter is, vergroot dit logischerwijs ook de kans van slagen van de herstelmaatregel(en). Beheer geeft aan dat sluiten twee dagen voor hoogwater, of wanneer hoogwater in Maastricht is gesignaleerd, goed uitvoerbaar is aangezien er vlak voor hoogwater geen inlaatvraag is.
   In de ontwerpsessie is er door beheer aangegeven dat vroegtijdig sluiten ook praktisch een goed uitvoerbare maatregel is. Dit aangezien de aluminium schuif op afstand aangestuurd wordt en zo, wanneer nodig, gemakkelijk met beperkte inspanning geactiveerd kan worden.
2. **Proefsluiting:** Er wordt voorgesteld een maandelijkse proefsluiting uit te voeren van de aluminium schuif. Het voordeel hiervan is dat de sluitprocedure wordt getraind, eventuele knelpunten in de procedure worden gefilterd en eventuele defecte onderdelen tijdig worden opgemerkt. De aluminium schuif wordt op afstand aangestuurd waardoor het uitvoeren van een proefsluiting volgens beheer makkelijk in te regelen en uit te voeren is zonder dat dit grote inspanning van de beheerorganisatie vereist.
3. **Schoonmaken van de raamsluis:** De raamsluis wordt ieder jaar door een duiker grondig schoongemaakt. Het voordeel hiervan is dat de kans op falen van het sluitproces door een belemmering wordt verminderd. Dit wordt reeds uitgevoerd dus is dit geen aanvullende maatregel. Het draagt echter wel bij aan een hogere betrouwbaarheid dan in voorgaande hoofdstukken is aangenomen, omdat hiermee tot dusver nog geen rekening was gehouden.
4. **Doorspoelen:** De waterkerende schuiven kunnen op elke gewenste hoogte worden stilgezet. De doorstroomopening kan zo worden verkleind tot een kier waardoor de stroomsnelheid omhoog gaat en zo obstakels zoals bijvoorbeeld zand, slib of schelpen worden weggespoeld. Het voordeel hiervan is dat de kans dat obstakels de sluiting belemmeren wordt verminderd. Deze doorspoel-procedure kan op elk gewenst moment, zo ook bij een proefsluiting of voor een noodzakelijke sluiting, worden uitgevoerd. Dit geeft vertrouwen dat het sluiten niet zal falen door een belemmering. Om voldoende hoge stroomsnelheid door de kier te krijgen is een verval over de schuif nodig. Bij het inregelen van deze maatregel moet een procedure worden opgesteld waarbij de stand van de aluminium schuif én de kantelstuw dusdanig worden aangestuurd dat een verval over de schuif en grote stroomsnelheid ontstaat.

5. **De schuiven dicht tot aan stilwaterniveau:** De schuiven, zowel de aluminium als stalen, kunnen als standaardhoogte dichtgezet worden tot aan het stilwaterniveau. Het voordeel hiervan is dat de doorstroomopening kleiner wordt. De doorstroomopening bepaald mede het instromend debiet. Bij een kleinere doorstroomopening is er een kleiner instromend debiet ten opzichte van een grotere doorstroomopening. Kortom, wanneer het sluitproces, de herstel- en noodmaatregelen zouden falen, is het instromend debiet kleiner wanneer de schuiven alvast tot aan het stilwaterniveau dichtgezet zijn dan wanneer de schuiven nog volledig open staan. Het beheer heeft aangegeven dat het mogelijk is de schuiven op elke gewenste hoogte in te stellen. Verder is er aangegeven dat de schuiven het instromend debiet onder normale omstandigheden niet mogen beïnvloeden in verband met de debietgeregelde stuw verderop in het kunstwerk.
6. **Koppeling aluminium schuif met stuw:** Een volgende maatregel is een alternatieve bedieningswijze van de aluminium schuif. De stand van de aluminiumschuif (open of gesloten) wordt hierbij gekoppeld aan de inlaatvraag geregeld door de klepstuw. Bij een inlaatdebiet staat de schuif geopend, indien er geen inlaatvraag is wordt de schuif door de koppeling in het beheersysteem automatisch gesloten. Doordat hoogwater normaliter in natte perioden optreedt en er dan geen inlaatvraag is, zal in deze situatie de schuif automatisch gesloten staan. Door toepassing van deze maatregel zal de schuif in principe altijd gesloten staan bij naderend hoogwater.[5]

Noodmaatregelen

7. **Een rijplaat voor de doorstroomopening:** Aan de voorkant, voor de stalen schuiven, kan in geval dat sluiten faalt als noodmaatregel een rijplaat aangebracht te worden. Deze noodoplossing dient ook ruim voor hoogwater aangebracht te worden in verband met de bereikbaarheid van het kunstwerk. Dit is echter mogelijk wanneer deze noodoplossing een reactie is op maatregel 1. Het beheer heeft aangegeven veel vertrouwen te hebben in een dergelijke noodoplossing. Een nadere analyse moet uitwijzen wanneer er exact overgegaan moet worden op de noodmaatregel indien herstel van een gefaalde sluiting faalt. De noodoplossing verkleind de faalkans, er wordt daarom een factor 10 aan zekerheid meegenomen indien deze maatregel wordt toegepast.

Bovenstaande maatregelen verkleinen het risico van niet sluiten. Het is echter niet eenvoudig te kwantificeren in hoeverre de faalkans exact verbeterd met elke maatregel. Wel geven de maatregelen een zeker vertrouwen in het sluitproces.

Door de aluminium schuif maandelijks te sluiten (maatregel 2) wordt dit keermiddel dermate vaak gesloten dat faalkansen voor alarmering, mobilisatie en bediening niet van toepassing zijn. De standaardfaalkans voor een schuif, $P_{ns} = 10^{-4}$ per sluitvraag [1], kan hierdoor worden toegekend. Dit is een aanscherping van een factor 3 ten opzichte van faalkans aan de hand van de geoptimaliseerde scoretabellen. De stalen schuiven zijn door de afstand tot de aluminium schuif niet volledig onafhankelijk waardoor deze niet als tweede keermiddel met betreffende faalkans meegenomen kunnen worden. Oefening van sluiting van de schuiven wordt jaarlijks uitgevoerd. Daarnaast wordt hetzelfde onderhoud gepleegd als bij de aluminium schuif. De faalkans per sluitvraag voor de stalen schuiven wordt daarom conservatief ingeschat op 10^{-2} per sluitvraag. De totale faalkans per sluitvraag voor de combinatie van aluminium schuif met stalen schuiven wordt door toepassing van maandelijks oefenen $P_{ns,totaal}$ = 1E-6 per sluitvraag. Dit leidt tot een totale verbetering van de faalkans met een factor 30.

[5] De technische uitvoerbaarheid en mogelijkheid tot implementatie van deze maatregel wordt door WSAM nader onderzocht en uitgewerkt. Op basis van de gevoerde gesprekken en informatie wordt ervan uitgegaan dat de maatregel toegepast kan worden.

Door toepassing van een eerdere sluiting wordt de mogelijkheid tot herstel bij technische mankementen vergroot. Het kunstwerk wordt reeds jaarlijks onderhouden, daarnaast worden de inlaatopeningen jaarlijks door duikers gereinigd waardoor aangegroeide flora en fauna en vuil worden verwijderd. De schuif kan bij sluiting op een kierstand gezet worden om bij sluiting de drempel schoon te spoelen. De verkregen informatie van de beheerders ten aanzien van onderhoud, beheer en kennis van sluiting van het kunstwerk geeft veel vertrouwen dat falen van sluiting door belemmering zeer klein is. Door de beschikbare hersteltijd te vergroten naar twee dagen voor het huidig sluitpeil wordt het risico op technisch falen zeer verkleind. Op basis van bovenstaande informatie, in combinatie met het toepassen van vroegtijdig sluiten, wordt een factor 10 aan zekerheid toegewezen aan het sluitproces.

- Er wordt een factor 10 aan zekerheid toegekend wanneer de volgende maatregelen worden gebundeld:
  - De raamsluis vroegtijdig sluiten bij naderend hoogwater (maatregel 1).
  - Jaarlijkse schoonmaak van de raamsluis (maatregel 3).
  - Regelmatig op kierstand doorspoelen van de Raamsluis (maatregel 4).

Maatregel 6 is een koppeling tussen de aansturing van de klepstuw met de stand van de aluminium schuif. In natte perioden is de grootste kans dat hoogwater optreedt op de door neerslag gedomineerde Maas. Na toepassing van maatregel 6 wordt de betrouwbaarheid van sluiting significant vergroot. Doordat de haalbaarheid van de maatregel nog niet vaststaat, wordt deze maatregel niet meegenomen in de faalkans van sluiten. Indien de maatregel wordt toegepast is ingeregeld dat de aluminium schuif gesloten is vóórdat een hoogwatergolf optreedt. De kans dat het kunstwerk open staat is dan gelijk aan de kans dat het elektrische aansturingssysteem faalt. Deze kans wordt ingeschat op een factor 10^{-3}, dit wordt gezien als een conservatieve inschatting. De kans op open staan is daarmee $P_{open} = 10^{-3}$ per jaar waardoor de faalkans van niet sluiten een factor 1000 aan zekerheid groter wordt door deze maatregel.

Maatregel 5 verkleind niet zozeer de faalkans op niet sluiten maar meer de impact op het achterland indien het sluitproces en de herstel- dan wel noodmaatregel falen. Daarnaast vergroot het de kans op slagen van een noodmaatregel (maatregel 7) doordat een kleiner oppervlak gesloten hoeft te worden. De beheerder geeft aan veel vertrouwen te hebben in uitvoering van de noodmaatregel. De combinatie van het verkleinen van het doorstroomoppervlak met de noodmaatregel geeft het vertrouwen een factor 10 aan zekerheid toe te kennen aan de maatregelen.

Conclusie Raamsluis Grave

Er zijn twee oplossingen (combinaties van maatregelen) die beiden tot een acceptabel resultaat leiden. Het waterschap moet nog een keuze maken welke richting van maatregelen wordt doorgezet. In afstemming met WSAM is besloten beide oplossingen te presenteren in deze notitie. Het effect van de beide maatregelen op de faalkans is hieronder toegelicht.

1) Wanneer maandelijkse proefsluitingen (maatregel 2) samen met maatregelen (1: vroegtijdig sluiten), (3: schoonmaken) en (4: doorspoelen), zónder de koppeling tussen klepstuw en schuif, worden toepast wordt de totale faalkans een factor 300 kleiner. De totale faalkans gaat daarmee van 1,5E-5 per jaar naar 5,0E-8 per jaar. De raamsluis neemt dan afgerond 1,25% in van de totale faalkansruimte voor BSKW.
2) Als de maatregel waarbij de aluminium schuif geopend of gesloten is afhankelijk van de inlaatvraag middels de klepstuw (maatregel 6) wordt toegepast, resulteert dit in een faalkans van 1,5E-8 per jaar. Dit is een factor 1000 kleiner dan de huidige situatie, doordat de kans op open staan kleiner is.

Toepassen en meenemen van zekerheid voor de **noodmaatregel** (maatregel 7) zorgt voor één orde aan extra zekerheid. Dit zorgt voor de volgende faalkansen voor de twee oplossingen:

1) maatregel proefsluitingen (maatregel 2) in combinatie met maatregelen (1), (3) en (4) én noodmaatregel (maatregel 7) in faalkans 5,0E-9 per jaar, oftewel 0,13% van de faalkansruimte;
2) maatregel 6, koppeling stand schuif aan inlaatvraag én noodmaatregel (maatregel 7) in faalkans 1,5E-8 per jaar, oftewel 0,04% van de faalkansruimte.

Voor de analyse trajectaanpak BSKW wordt uitgegaan van de hoogste faalkans, 5,0E-8 per jaar, daarmee 1,25% van de totale faalkansruimte voor BSKW, voor de Raamsluis Grave. Hierbij is sterkte voor een noodmaatregel niet meegenomen omdat de voorkeur van WSAM uitgaat naar een ontwerp waarbij betrouwbaarheid sluiten voldoende geborgd is zonder noodmaatregelen.

4.3 Gemaal van Sasse

De zwakke schakel bij Gemaal van Sasse is de vispassage. Bij de vispassage zijn de keermiddelen twee direct achter elkaar gelegen schuiven waardoor de schuiven geen onafhankelijke keermiddelen zijn (kans op blokkade door één en hetzelfde object). Een additionele maatregel is noodzakelijk. Ook hier wordt dat gezocht in de vorm van een procedurewijziging in combinatie met noodmaatregelen.

Op 28 mei 2024 heeft er een ontwerpsessie met het waterschap plaatsgevonden. Het besprekingsverslag is toegevoegd in Bijlage A.

Uit deze ontwerpsessie zijn een aantal maatregelen naar voren gekomen. Deze worden hieronder uitgelicht:

1. **Doorspoelen van de vispassage:** De waterkerende schuiven kunnen op elke gewenste hoogte worden stilgezet. De doorstroomopening kan zo worden verkleind tot een kier waardoor de stroomsnelheid omhoog gaat en zo obstakels zoals zand, slib of schelpen worden weggespoeld. Het voordeel hiervan is dat de kans dat obstakels de sluiting belemmeren wordt verminderd. Deze doorspoelprocedure kan op elk gewenst moment, zo ook bij een proefsluiting of voor een noodzakelijke sluiting, worden uitgevoerd. Dit geeft vertrouwen dat het sluiten niet zal falen door een belemmering.
2. **Schoonmaken van de vispassage:** De vispassage wordt ieder jaar grondig schoongemaakt. Het voordeel hiervan is dat de kans op falen van het sluitproces door een belemmering wordt verminderd. Dit wordt reeds uitgevoerd dus is geen aanvullende maatregel, echter draagt het wel bij aan een hogere betrouwbaarheid dan in voorgaande hoofdstukken is aangenomen.
3. **De doorstroomopening gedeeltelijk dicht:** Er wordt voorgesteld om de doorstroomopening gedeeltelijk dicht te zetten, waarmee wordt bedoeld dicht van boven tot aan het stilwaterniveau. Het voordeel hiervan is dat de doorstroomopening kleiner wordt. De doorstroomopening bepaald mede de grootte van het instromend debiet. Wanneer het sluitproces, de herstel- en noodmaatregelen zouden falen is, wanneer de schuiven alvast tot aan het stilwaterniveau dichtgezet zijn, het instromend debiet en daarmee de binnendijkse wateroverlast kleiner dan wanneer de schuiven nog volledig open staan. De schuiven kunnen volgens het beheer op elke gewenste hoogte stilgezet worden. De schuiven mogen de waterstroming niet beïnvloeden in verband met vismigratie.
4. **Maandelijkse proefsluiting:** Er wordt voorgesteld een maandelijkse proefsluiting uit te voeren. Het voordeel hiervan is dat de sluitprocedure wordt getraind, eventuele knelpunten in de procedure worden gefilterd en eventuele defecte onderdelen tijdig worden opgemerkt. De sluiting wordt op afstand gestuurd waardoor het uitvoeren van een proefsluiting volgens beheer gemakkelijk te implementeren en uit te voeren is.

5. **Proefsluiting voor naderend hoogwater:** Er wordt voorgesteld twee dagen voor huidig sluitpeil een proefsluiting uit te voeren. Het voordeel hiervan is dat de sluitprocedure kort voor een noodzakelijk sluiten nogmaals wordt getraind en eventuele defecten tijdig worden opgemerkt. De sluiting wordt op afstand gestuurd waardoor het uitvoeren van een proefsluiting volgens beheer makkelijk uit te voeren is.
6. **De vispassage vroegtijdig sluiten:** Dat wil zeggen de vispassage eerder sluiten dan het moment dat het met betrekking tot naderend hoogwater noodzakelijk zou zijn. Het voordeel van vroegtijdig sluiten is dat eventuele defecten tijdig worden opgemerkt en hersteld of verholpen kunnen worden. Indien het sluiten faalt is er meer tijd voor het herstel van de sluiting dan wel voor een eventuele noodmaatregel. Wanneer de tijd voor herstel groter is, vergroot dit logischerwijs ook de kans van slagen van de herstelmaatregel(en).
   In de ontwerpsessie is er door beheer aangegeven dat vroegtijdig sluiten een goed uitvoerbare maatregel is. Volgens de ecoloog van het waterschap kan de vispassage zeker ten minste twee dagen voor naderend hoogwater worden gesloten. Dit heeft namelijk minimaal nadelig effect op de vismigratie.

Noodmaatregelen

De doorstroomopening van de vispassage is bij grove benadering 2,2 x 2,4 m. Dit is net zoals bij de raamsluis een te grote doorstroomopening om alleen met bigbags te kunnen sluiten. Daarnaast is de opening lastig met een kraan te bereiken door beperkte beschikbare ruimte en de aanwezige bewegings- en aansturingswerken (zwarte bakken op onderstaande foto). Uitvoerbaarheid van noodmaatregelen wordt hierdoor als risicovol gezien. Er worden daardoor geen noodmaatregelen opgenomen in de faalkansbeschouwing.



Figuur 4-1: Aanzicht op buitenzijde Gemaal van Sasse met locatie schuiven bij vispassage rood omcirkelt

Bovenstaande procedurele maatregelen (maatregelen 1 t/m 6) verkleinen het risico van niet sluiten. Het is echter niet eenvoudig te kwantificeren in hoeverre de faalkans exact verbetert met elke maatregel. Wel geven de maatregelen een zeker vertrouwen in het sluitproces.

Door de schuiven maandelijks te sluiten (maatregel 4) wordt dit keermiddel dermate vaak gesloten dat faalkansen voor alarmering, mobilisatie en bediening niet van toepassing zijn. De standaardfaalkans conform de WOWK [1] $P_{ns} = 10^{-4}$ per sluitvraag [1] wordt daarom toegekend. De schuiven zijn door de onderlinge afstand niet volledig onafhankelijk waardoor deze niet als tweede keermiddel met betreffende faalkans meegenomen kan worden. De tweede schuif zorgt voor robuustheid in het ontwerp en vergroot de betrouwbaarheid van sluiten. De tweede schuif is voor een groot deel afhankelijk van dezelfde aansturing en W&E. De faalkans per sluitvraag voor de tweede schuif wordt daarom conservatief ingeschat op 10^{-1} per sluitvraag. De totale faalkans per sluitvraag voor de combinatie van de schuiven wordt door toepassing van maandelijks oefenen $P_{ns,totaal}$ = 1E-5 per sluitvraag en is een verbetering van de faalkans met een factor 3.

Het kunstwerk wordt reeds jaarlijks onderhouden. Daarnaast wordt de opening jaarlijks door duikers gereinigd waardoor aangegroeide flora en fauna en vuil worden verwijderd. De schuif kan bij sluiting op een kierstand gezet worden om bij sluiting de drempel schoon te spoelen. Na toepassing van maandelijkse proefsluiting kan dit met grotere frequentie gebeuren. De verkregen informatie van de beheerders ten aanzien van onderhoud, beheer en kennis van sluiting van het kunstwerk geeft veel vertrouwen dat falen van sluiting door belemmering zeer klein is.
Door toepassing van een proefsluiting voor naderend hoogwater (maatregel 5) of vroegtijdige sluiting (maatregel 6) wordt de mogelijkheid tot herstel bij technische mankementen vergroot. Wanneer een termijn van twee dagen voorafgaand aan sluitpeil een (proef)sluiting wordt uitgevoerd geeft dit veel vertrouwen in het succesvol laten verlopen van het sluitproces en de mogelijkheid voor eventueel herstel.

- Er wordt een factor 10 aan zekerheid toegekend wanneer de volgende maatregelen gebundeld worden toegepast:
  - Regelmatig op kierstand doorspoelen van de vispassage (maatregel 1).
  - Jaarlijkse schoonmaak van de vispassage (maatregel 2).
  - Proefsluiting voor naderend hoogwater (maatregel 5) óf,
  - De vispassage vroegtijdig sluiten (maatregel 6).

Maatregel 3 verkleind niet zozeer de faalkans op niet sluiten maar meer de impact op het achterland indien het sluitproces en de herstel- dan wel noodmaatregel falen.

Wanneer bovenstaande maatregelen (maatregelen 1, 2, 4 en 5/6) worden toepast wordt de totale faalkans een factor 30 kleiner. De totale faalkans gaat daarmee van 1,2E-5 per jaar naar 4,0E-7 per jaar. Het Gemaal van Sasse neemt dan 10% in van de totale faalkansruimte voor BSKW.

4.4 Conclusie maatregelen

Zowel voor de Raamsluis Grave als het Gemaal van Sasse zijn er additionele maatregelen voorgesteld die de faalkans reduceren. De som van maatregelen geeft voor de Raamsluis Grave een reductiefactor van circa 300 op de faalkans en bij het Gemaal van Sasse een reductiefactor van circa 30 op de faalkans. De uitwerking hiervan is weergegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 geeft de faalkans niet sluiten van de zeven significante kunstwerken weer voor de situatie met en zonder (huidig) additionele maatregelen.

Tabel 4-1: Impact van maatregelen op faalkans niet sluiten

Kunstwerk	**$P_{f,KW,NS}$ Huidig** *[-]*	**Faalkansruimte Huidig** *[%]*	**Verbetering door Maatregelen** *[factor]*	**$P_{f,KW,NS}$ Nieuw** *[-]*	**Faalkansruimte Nieuw** *[%]*
Keersluis Cuijk	6,0E-6	151	109[6]	5,5E-8	1,4
Uitwateringssluis Tochtsloot	8,4E-10	0,02	-	8,4E-10	0,02
Uitwateringssluis Gasselseloop	3,4E-10	0,01	-	3,4E-10	0,01
Raamsluis Grave	1,5E-5	376	300	5,0E-8	1,25
Coupure Maaspoort Grave	1,8E-8	0,44	-	1,8E-8	0,44
Coupure Maasstraat Grave	4,4E-8	1,11	-	4,4E-8	1,11
Gemaal van Sasse	1,2E-5	301	30	4,0E-7	10,0
Totaal traject	3,3E-05	830	-	5,7E-7	14,2

Er zijn mogelijk nog meerdere nieuwe kunstwerken (waaronder coupures en demontabele keringen) voorzien op het dijktraject. Uit de hiervoor uitgevoerde analyse volgt dat er **maximaal nog 85% aan faalkansruimte beschikbaar is voor eventuele nieuwe kunstwerken**.

[6] De verbetering is het resultaat van een objectspecifieke analyse, niet door aanvullende maatregelen.

5. Toekomstige kunstwerken

Alle kunstwerken binnen het traject moeten samen aan de trajecteis voldoen. Dit is inclusief toekomstige kunstwerken. Binnen het traject zijn er een aantal toekomstige kunstwerken voorzien. Het gaat om de volgende kunstwerken:

- KW174 – Coupure Everdinweerd
- Demontabele kering (Maaskade, Oude Haven, coupure Bomvrije, Rondeel Prinsenstal)
- KW273 + 50 - Coupure nieuwe haven oost
- KW274 + 50 - Coupure nieuwe haven west
- KW285 - Coupure Sasse oost
- KW285 - Coupure Sasse west

De kans op overstroming na niet-sluiten [per jaar] zoals beschreven in 3.1 wordt voor de toekomstige kunstwerken op dezelfde manier bepaald als voor de bestaande kunstwerken. Deze zal hieronder worden uitgewerkt.

5.1 Demontabele keringen

Op twee langere strekkingen is een demontabele kering voorzien, daarnaast is op een aantal locaties een coupure c.q. demontabele kering opgenomen in het ontwerp (Figuur 5-1). De nieuwe coupures (Bomvrije en Rondeel Prinsenstal) zijn in de analyse meegenomen als onderdeel van de faalkans voor de demontabele kering aangezien de drempelhoogte en daarmee inzetfrequentie vergelijkbare is. Voor het detailniveau van het VO wordt dit als voldoende gezien. De laagst aanwezige kruinhoogte is aangehouden als sluitpeil voor de gehele analyse. De volgende locaties zijn in deze notitie meegenomen in de beschouwing van BSKW:

- Coupure Bomvrije, ca. 10 m
- Oude Haven, ca. 45 m
- Rondeel Prinsenstal, ca. 6 m
- Maaskade, ca. 250 m

De totale strekking van de demontabele keringen is daarmee ca. 310 m. Figuur 5-1 geeft een overzicht van de locatie van de hoogtemaatregelen in Grave, met de demontabele keringen weergegeven in paars.

De uitwerking van de kans op overstroming na niet-sluiten voor de demontabele kering is bepaald in rapport [7] en zal daarom in dit rapport niet verder behandeld worden. De kans op overstroming na niet sluiten ($P_{f,a,ns}$) van de demontabele keringen komt uit op 6,81E-7 per jaar.


A278
A277
A276
A272
A273
A271
A275
A274
A270
A269
A268
A267
A265
Prinsenbolwerk
Prinsenbolwerk
Prinses Julianaplein
Prinses Julianaplein
Prinses Julianaplein

De terugkeertijd van de maatgevende buitenwaterstand is bepaald met Hydra-NL. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 5-1.

Tabel 5-1: Kans op sluitvraag per jaar toekomstige kunstwerken

Kunstwerk	OKP [m +NAP]	Kans op sluitvraag per jaar
KW174 – Coupure Everdineweerd	13,50	9,72E-5
KW273 + 50 - Coupure nieuwe haven oost	12,05	3,74E-4
KW274 + 50 - Coupure nieuwe haven west	12,05	3,74E-4
KW285 - Coupure Sasse oost	12,00	2,21E-4
KW285 - Coupure Sasse west	12,00	2,21E-4

5.2.4 Kans op niet sluiten

De kans op niet sluiten wordt bepaald door vier faalgebeurtenissen: falen hoogwateralarmering (HAS), falen mobilisatie (MOB), falen bediening (BED) en technisch falen (STO). De kans op niet sluiten wordt bepaald aan de hand van scoretabellen.De toekomstige coupures lijken sterk op de bestaande twee coupures, namelijk de Maaspoort en Maasstraat. Het verschil tussen de Maaspoort en de Maasstraat is met name de grootte van het kunstwerk wat resulteert in het wel of niet handmatig kunnen sluiten. Verder is er onderscheidt in het optreden van een belemmering waardoor de sluiting faalt. De nieuwe kunstwerken zijn op basis van bovenstaande criteria gelijkgesteld aan ofwel de Maaspoort ofwel de Maasstraat. De scoretabellen voor de toekomstige coupures zijn daarom ook vergelijkbaar aan de scoretabellen van de bestaande kunstwerken. De kans op niet sluiten is weergegeven in Tabel 5-2.

Tabel 5-2: Kans op niet sluiten toekomstige kunstwerken

Kunstwerk	Vergelijkbaar met	Kans op niet sluiten per jaar
KW174 – Coupure Everdineweerd	Coupure Maasstraat	7,63E-5
KW273 + 50 - Coupure nieuwe haven oost	Coupure Maasstraat	7,63E-5
KW274 + 50 - Coupure nieuwe haven west	Coupure Maasstraat	7,63E-5
KW285 - Coupure Sasse oost	Coupure Maasstraat	7,63E-5
KW285 - Coupure Sasse west	Coupure Maaspoort	3,01E-5

5.3 Kans op overstroming na niet-sluiten

De kans op overstroming na niet-sluiten is voor elk toekomstig kunstwerk weergeven in Tabel 5-3.

Tabel 5-3: Kans op overstroming na niet-sluiten toekomstige kunstwerken

Kunstwerk	Kans op open kering bij sluitvraag [-]	Kans op herstel van gefaalde sluiting [-]	Kans op sluitvraag [per jaar]	Kans op niet sluiten [per jaar]	Kans op overstroming na niet-sluiten [per jaar]
KW174 – Coupure Everdineweerd	1	1	9,72E-5	7,63E-5	7,42E-09
KW273 + 50 - Coupure nieuwe haven oost	1	1	3,74E-4	7,63E-5	2,85E-08

KW274 + 50 - Coupure nieuwe haven west	1	1	3,74E-4	7,63E-5	2,85E-08
KW285 - Coupure Sasse oost	1	1	2,21E-4	7,63E-5	1,69E-08
KW285 - Coupure Sasse west	1	1	2,21E-4	3,01E-5	6,66E-09
Demontabele keringen [7]					6,81E-07

6. Totaaloverzicht kunstwerken traject Cuijk – Ravenstein

Tabel 6-1 geeft een totaaloverzicht voor de kans op overstroming na niet-sluiten voor alle kunstwerken binnen het traject. Dit betreft de huidige kunstwerken en de toekomstige kunstwerken. Hierbij is wel in acht genomen dat alle eerder genoemde maatregelen voor de bestaande kunstwerken zijn toegepast.

De som van de kans op overstroming na niet-sluiten is 1,34E-6 per jaar. De beschikbare faalkansruimte is 4,00E-6 per jaar. Er wordt daarmee voldaan aan de eis voor BSKW. Er wordt, met zowel de bestaande als toekomstige kunstwerken, 33,5 % van de totale faalkansruimte ingenomen, er blijft nog 66,5% van het faalkansbudget beschikbaar.

Tabel 6-1: Totaaloverzicht kans op overstroming na niet-sluiten voor alle kunstwerken binnen het traject Cuijk-Ravenstein

Kunstwerk	Kans op open kering bij sluitvraag [-]	Kans op herstel van gefaalde sluiting [-]	Kans op sluitvraag [per jaar]	Kans op niet sluiten [per jaar]	Kans op overstroming na niet-sluiten [per jaar]
KW188 - Keersluis Cuijk [Bijlage B]	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	5,53E-08
KW232 - Uitwateringsloot Tochtsloot	1	1	0,25	1,20098E-09	3,00E-10
KW245 - Uitwateringssluis Gasselseloop	1	1	0,28	1,20098E-09	3,36E-10
KW266 - Raamsluis Grave	1	1	0,5	1,00E-07	5,00E-08
KW269 - Coupure Maaspoort Grave	1	1	5,80E-04	3,01E-05	1,75E-08
KW270 - Coupure Maasstraat Grave	1	1	5,80E-04	7,63E-05	4,43E-08
KW286 - Gemaal van Sasse	1	1	0,4	1,00E-06	4,00E-07
KW174 – Coupure Everdinweerd	1	1	9,72E-5	7,63E-5	7,42E-09
KW273 + 50 - Coupure nieuwe haven oost	1	1	3,74E-4	7,63E-5	2,85E-08
KW274 + 50 - Coupure nieuwe haven west	1	1	3,74E-4	7,63E-5	2,85E-08
KW285 - Coupure Sasse oost	1	1	2,21E-4	7,63E-5	1,69E-08
KW285 - Coupure Sasse west	1	1	2,21E-4	3,01E-5	6,66E-09
Demontabele keringen [7]	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	6,81E-07
Totale faalkans BSKW =					**1,34E-06**

7. Conclusie

Uit de uitgevoerde analyses blijkt dat bij veel bestaande kunstwerken de bijbehorende scoretabel kan worden geoptimaliseerd. Hierdoor worden de faalkansen over het algemeen één tot twee ordes kleiner. Het optimaliseren van de scoretabellen is echter onvoldoende om direct al aan de trajecteis voor BSKW te voldoen. Om dit te bewerkstelligen zijn er (herstel)maatregelen opgenomen, een opsomming van de benodigde maatregelen is in dit hoofdstuk gegeven. Door toepassing van de maatregelen wordt de faalkans van zowel de Raamsluis als het Gemaal van Sasse met twee ordes verkleind. Voor de keersluis Cuijk is er een aparte RAMS-analyse uitgevoerd welke de kans op overstroming bij niet-sluiten significant verkleind.
Met inachtneming van de RAMS-analyse voor de keersluis en de onderstaand genoemde maatregelen voor de Raamsluis en het gemaal van Sasse wordt voldaan aan de faalkanseisen voor BSKW.
Er zijn meerdere nieuwe kunstwerken voorzien in het dijktraject. Ook met deze toekomstige kunstwerken wordt voldaan aan de eisen voor BSWK.

7.1 Maatregelen maatgevende kunstwerken

Keersluis Cuijk
De standaardbeoordeling conform de vigerende leidraden voor BSKW leidt tot een onderschatting van de betrouwbaarheid van sluiten van de keersluis. Middels een RAMS-analyse van de keersluis is het systeem en de betrouwbaarheid daarvan beter inzichtelijk gemaakt en zijn de componenten die bijdragen aan de robuustheid van het systeem op waarde meegenomen. Uit deze analyse is gebleken dat het kunstwerk voldoet aan de gestelde eisen binnen de trajectaanpak BSKW. Er zijn dus geen aanvullende maatregelen nodig.

Raamsluis Grave
Om een faalkansverbetering van een factor 300 te verkrijgen zijn de volgende maatregelen voorzien:

- Maandelijkse proefsluiting.
- Jaarlijkse schoonmaak van de raamsluis.
- Regelmatig op kierstand doorspoelen van de Raamsluis.
- De raamsluis vroegtijdig sluiten bij naderend hoogwater.

Tevens is een alternatieve maatregel uitgewerkt. Er is door WSAM nog geen keuze gemaakt of voorgenoemde maatregelen of deze alternatieve maatregel wordt uitgevoerd, daarom is de hoogste faalkans van de maatregelen aangehouden in de BSKW-trajectanalyse. De alternatieve maatregel resulteert in een faalkansverbetering van een factor 1000.

- Koppeling van de stand van de aluminium schuif (geopend of gesloten) aan het inlaatdebiet. Bij geen inlaatvraag volgt automatische sluiting van de schuif. Dit leidt tot een significante reductie van de kans op open staan.

Gemaal van Sasse
Om een faalkansverbetering van een factor 30 te verkrijgen zijn de volgende maatregelen voorzien:

- Maandelijkse proefsluiting.
- Jaarlijkse schoonmaak van de vispassage.
- Regelmatig op kierstand doorspoelen van de vispassage.
- Proefsluiting voor twee dagen voor naderend hoogwater, OF,
- De vispassage vroegtijdig (twee dagen) sluiten bij naderend hoogwater.

7.2 Protocollaire wijzigingen kunstwerken

Om te voldoen aan de hiervoor afgeleide faalkansen m.b.t. BSKW, dienen de volgende protocollaire wijzigingen, volgend uit de aanscherping van de scoretabellen, bij de kunstwerken te worden doorgevoerd:

Uitwateringssluizen:

De protocollen zijn voor de kunstwerken identiek waardoor dezelfde maatregelen doorgevoerd kunnen worden.

- Tweemaal per jaar het kunstwerk controleren en borgen in de protocollen dat dit wordt nageleefd.

Raamsluis:

- In het sluitprotocol opnemen dat de aluminium schuif op handkracht te sluiten is.

Coupure Maaspoort Grave

- Tweemaal per jaar het kunstwerk controleren en borgen in de protocollen dat dit wordt nageleefd.

Coupure Maasstraat Grave

- Tweemaal per jaar het kunstwerk controleren en borgen in de protocollen dat dit wordt nageleefd.
- In sluitprotocol maatregel opnemen indien een object in de coupure zorgt voor belemmering van sluiting. Er is voldoende tijd voor herstel dus hiervoor hoeft geen sterkte-reductie toegepast te worden t.a.v. BSKW.

8. Referenties

[1] Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken (WOWK), groene versie, RWS-WVL Waterkeringen, 01-11-18;
[2] 221018 Nota Voorkeursalternatief Dijkversterking Cuijk-Ravenstein vastgesteld, WSP, 18-11-2022;
[3] WAB013032-D-037-Ontwerprapport Kunstwerken, Verkenning Cuijk – Ravenstein, v7, WSP, 17-06-2022;
[4] INFR190581-R01, Kunstwerken traject 36-2, Preverkenning, Iv-Infra, 17-02-2020;
[5] P17-011-002, Analyse kunstwerken dijktraject 36-2, Verkenning waterveiligheid van kunstwerken, Greenrivers, 10-10-2017;
[6] Memo Komberging Keersluis Cuijk D1.0, Sweco, 29-05-2024;
[7] Betrouwbaarheid sluiten, Demontabele kering Grave, Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein, WSB.20.3,14-02-2025.

Bijlage A. Besprekingsverslag ontwerpsessie 28-05-2024

28-05-2024

Auteur: Menno Rekveld
Projectnummer: 51018049-001
Onderwerp: Planuitwerking CuRa - Fixed price
Klant: Waterschap Aa en Maas
Projectleider: Stephan Laaper
Gecontroleerd door: Frank Smorenburg

Besprekingsverslag ontwerpsessie BSKW

Plaats	Grave	Locatie	Gemaal van Sasse
Datum	28-05-2024	Tijd	14:00
Aanwezig			

Kopie aan

Onderwerp Ontwerpsessie mogelijke maatregelen voor BSKW voor het Gemaal van Sasse en de Raamsluis

Op 28 mei 2024 heeft er bij het gemaal van Sasse een ontwerpsessie plaatsgevonden met het waterschap en Sweco. Hierbij waren vanuit het waterschap beheerders aanwezig en een ecoloog. Het doel van deze ontwerpsessie was allereerst om meer inzicht te krijgen in het sluitproces en mogelijke risico's en ten tweede kansen te extraheren om BSKW te verbeteren.

Gemaal van Sasse

Het gemaal bestaat uit 4 kokers waarvan 1 koker gebruikt wordt als vispassage. De drie kokers waar geen vispassage aanwezig is, zijn voldoende veilig t.a.v. BSKW door de aanwezigheid van een combinatie van schuiven en terugslagkleppen en daarom zijn geen aanscherpingen of maatregelen benodigd. Het knelpunt voor BSKW bij het gemaal ligt bij de koker met vispassage aangezien bij de vispassage de keermiddelen bestaan uit 2 dicht op elkaar gelegen schuiven, waardoor er sprake kan zijn van een gecorreleerde faaloorzaak. Onderstaand heeft betrekking op de vispassage. De volgende punten zijn besproken.

Toelichting beheer op het sluiten van de keermiddelen:

- Het beheer geeft aan dat als ze een reden aan moeten geven dat de schuif niet gesloten kan worden, dat mogelijk is door aanslibbing of aanwezige schelpen.
- Er is door beheer aangegeven dat de vispassage ieder jaar door duikers grondig wordt schoongemaakt. Dit geeft vertrouwen dat de kans op belemmering klein is en dat er succesvol gesloten kan worden wanneer nodig.

- Het schoonspoelen van de vispassage. Het beheer heeft aangegeven dat wanneer er sprake is van obstakels in de vorm van slib en/of schelpen deze weggespoeld kunnen worden voordat de sluiting volledig sluit. De schuiven van de vispassage kunnen namelijk op een kier worden gezet. Beide schuiven kunnen op elke gewenste hoogte stilgezet worden. De schuiven kunnen op die manier op een zodanige hoogte gezet worden dat de opening verkleind wordt tot een smalle kier. Door de smalle opening wordt de stroomsnelheid in de vispassage en onder de schuiven vergroot. Beheer geeft aan dat de stroomsnelheid dermate groot is dat obstakels, bijvoorbeeld slib en/of schelpen, worden weggespoeld. Wanneer de obstakels zijn weggespoeld kunnen de schuiven volledig gesloten worden. Dit is al herhaaldelijk uitgevoerd en geeft vertrouwen in het succes ervan.
- Obstakels die door het beheer bij de sluiting aangetroffen worden zijn slib en/of schelpen. Zoals eerder beschreven worden deze jaarlijks verwijderd en kan door middel van sluiten tot een kier eventueel aanwezige obstakels weggespoeld worden. De kans dat aanwezige obstakels de sluiting belemmeren is daarmee klein.

Mogelijke maatregelen; volledige sluiting in de winter of standaard gedeeltelijke sluiting.

- De ecoloog van het waterschap geeft aan dat er in de winter weinig vismigratie is, echter is het sluiten van de vispassage gedurende de gehele winter ongewenst. De mogelijkheid tot migratie moet blijven.
- Een voorgestelde maatregel is om de schuiven van de vispassage gedeeltelijk dicht te zetten. De doorstroomopening wordt hierdoor verkleind wat het toepassen van een noodmaatregel vergemakkelijkt. Bovendien stroomt er bij falen een kleiner debiet door de vispassage naar het achterland. De ecoloog van het waterschap geeft echter aan dat er bij een stroomsnelheid >1 m/s geen vismigratie meer kan plaatsvinden en dat een dergelijke maatregel daarom ongewenst is.
- De schuiven, die van boven naar onder de doorstroomopening afsluiten, kunnen op elk gewenste hoogte worden stilgezet. Hiermee kan de hoogte van het doorstroomprofiel van de koker worden beïnvloed . Wanneer op deze wijze de doorstroomopening van boven tot aan het waterniveau zou worden dichtgezet heeft het uitvoeren van een noodmaatregel een grotere kans van slagen. Bovendien, omdat de doorstroomopening kleiner is, is het instromend debiet bij falen kleiner. Doordat de schuiven niet tot in het water worden neergelaten maar er net boven blijven hangen, wordt de stroming niet beïnvloed waardoor ook vismigratie hier geen hinder van ondervindt.

Mogelijke maatregelen; proefsluitingen.

- De schuiven worden op afstand aangestuurd. Er hoeft geen medewerker lokaal aanwezig te zijn om de vispassage te sluiten.
- Het beheer geeft aan dat het periodiek uitvoeren van een proefsluiting gemakkelijk uitvoerbaar is. Een periodieke proefsluiting kan binnen de door het waterschap gebruikte software worden geïmplementeerd waardoor het beheer een periodieke melding krijgt wanneer de schuiven voor een test gesloten moet worden. Bij een oproep tot een proefsluiting kan de sluiting vervolgens op afstand gesloten worden.
- Doordat een proefsluiting gemakkelijk uitvoerbaar is geeft het beheer aan dat zij een extra proefsluiting kunnen uitvoeren een x aantal dagen voor hoogwater.

- Het waterschap heeft aangegeven dat de koker tenminste twee dagen voor hoogwater dichtgezet kan worden. Dit heeft een minimaal negatief effect op vismigratie. De sluiting eerder uitvoeren genereerd meer tijd voor zowel herstelmaatregelen als eventuele noodmaatregelen.

Raamsluis Grave

De raamsluis heeft twee instroomopeningen die samenkomen in één centrale gang. Er is één aluminium schuif aanwezig die de volledig instroom dicht kan zetten en 2 stalen schuiven die beide toegangen kunnen sluiten. Het bedieningsmechaniek van de stalen schuiven is gedateerd (heugels) maar functioneert.

Toelichting beheer op de keermiddelen:

- Er is door het beheer aangegeven dat zowel de aluminium schuif als de stalen schuiven ieder jaar worden getest en doorgespoeld. Dit geeft vertrouwen dat de kans op belemmering klein is en succesvol gesloten kan worden wanneer nodig.
- De aluminium schuif wordt op afstand aangestuurd. Dit vergemakkelijkt het sluitproces. De beide stalen schuiven kunnen alleen lokaal handmatig bediend worden.

Mogelijke maatregelen; stand aluminium schuif koppelen aan inlaatdebiet.

De raamsluis heeft behalve de functie als waterkering ook de functie van waterinlaat. De waterinlaat is geregeld door middel van een stuw. Deze stuw wordt geregeld op basis van een gevraagd debiet. Op afstand wordt er een debiet ingesteld waarna de stuw zichzelf automatisch zo instelt dat de juiste hoeveelheid water wordt ingelaten. De volgende alternatieve zijn hierbij besproken:

- De stalen schuiven kunnen op elke hoogte worden ingesteld. Wanneer de schuiven standaard tot aan het waterniveau gesloten wordene zou dit de slagingskans van een noodsluiting aanmerkelijk groter maken. Bovendien, omdat de doorstroomopening kleiner is, is het instromend debiet bij falen van de sluiting kleiner. Sweco geeft aan dat dit tot een verbetering van de betrouwbaarheid van sluiten geeft. De beheerders geven aan dat dit een mogelijkheid is, echter kan het peil variëren. Als de schuif in het water steekt beïnvloedt dit het stromingspatroon naar de kantelstuw en daarmee de debietgestuurde inregeling. Een vaste hoogte die met redelijke zekerheid boven het gestuurde Maaspeil zit is wél een optie, hierbij worden geen risico's voorzien. Wat de benodigde hoogte zou zijn om een significante reductie te geven op het instromend debiet bij niet-sluiten, kan, indien dit de gewenste maatregel is, nader geanalyseerd worden.
- De waterkering standaard dicht en alleen openen bij vraag voor inlaatdebiet. Als deze acties door menselijk handelen moeten worden uitgevoerd is het door het beheer aangemerkt als ongewenst. Dit in verband met foutgevoeligheid wat betreft de communicatie tussen werknemers. Voorbeeld: medewerker heeft de kering opengezet, heeft dit niet gecommuniceerd, vervolgens gaat de desbetreffende medewerker op vakantie, de vervanger gaat er vervolgens vanuit dat de kering dicht zit, want dat is tenslotte de standaard.
- Kans: koppeling tussen stuw en aluminium schuif middels aansturing via de PLC's of centrale. De stuw wordt op afstand door middel van gevraagd debiet geregeld. De aluminiumschuif wordt ook op afstand

geregeld. Een idee vanuit beheer is, om de stuw en de aluminium schuif softwarematig aan elkaar te koppelen. Dat wil zeggen, wanneer het gevraagd debiet 0 m^3/s is, dan wordt niet alleen de stuw opgetrokken, maar ook de wordt de aluminium schuif automatisch dichtgestuurd. Een dergelijke maatregel zorgt ervoor dat in een natte periode, wanneer het gevraagd debiet 0 m^3/s is en de kans op hoogwater hoog is, de schuif bij voorbaat al dicht staat. Wanneer het gevraagd debiet groter is dan 0 m^3/s, dan gaat de aluminium schuif automatisch weer open. Door toepassing van deze maatregel zal de betrouwbaarheid van sluiten aanzienlijk vergroten.

Mogelijke maatregelen; vroegtijdig sluiten

Door het kunstwerk ruim voor hoogwater dicht te zetten geeft dit, indien de sluiting faalt, extra tijd voor herstelmaatregelen dan wel eventuele noodmaatregelen.

- Het waterschap heeft aangegeven dat de sluis ruim voor hoogwater dichtgezet kan worden aangezien in die situatie naar aller waarschijnlijkheid geen inlaatvraag is. De sluiting kan x aantal dagen (zegge 5) voor hoogwater dichtgezet worden. Of voorbeeld, wanneer er hoogwater in Limburg gesignaleerd wordt kan de sluis al dichtgezet worden.

Mogelijke noodmaatregel:

- In het gesprek geeft het beheer aan veel vertrouwen te hebben in de uitvoerbaarheid van een noodmaatregel in de vorm van een rijplaat aan de buitenzijde van de kering, mits deze noodmaatregel ruim voor hoogwater wordt uitgevoerd. Rondom de kering worden er coupures en mogelijk demontabele keringen geplaats. Deze constructies belemmeren de bereikbaarheid van de Raamsluis en zo het uitvoeren van de noodmaatregel. Indien de noodmaatregel uitgevoerd wordt voordat de coupures en eventuele demontabele keringen geplaats worden heeft deze noodmaatregel een hele grote kans van slagen, aldus beheer.

Bijlage B. RAMS-analyse Keersluis Cuijk

In deze bijlage is de begeleidende notitie van de RAMS-analyse toegevoegd.

VAN DER WORP
INFRA CONSULT BV

RAMS Analyse Keersluis Cuijk

Beschikbaarheidsanalyse Keersluis Cuijk

Kenmerk	Status	Versie
	Definitief	2.0

Autorisatie	Naam	Paraaf	Datum
			28-02-2025

VAN DER WORP
INFRA CONSULT BV

Inhoudsopgave

1.	INLEIDING	5
1.1	CONTEXT	5
1.1.1	KADER ANALYSE	5
1.1.2	AANLEIDING ANALYSE	5
1.1.3	DOELSTELLING	6
1.2	AFKORTINGEN	6
1.3	REFERENTIES	7
1.4	VERSIEHISTORIE	8
2.	OPZET RISICOANALYSE	9
2.1	HET RAMS STAPPENPLAN	9
2.2	SYSTEEMBESCHRIJVING EN -FUNCTIE	9
2.2.1	SYSTEEMBESCHRIJVING	9
2.2.2	SYSTEEMFUNCTIE	10
2.2.3	BEDIENING	10
2.2.4	RAM(S) PRESTATIE SYSTEEMFUNCTIE	11
2.3	RAMS EISEN EN FAALDEFINITIES	11
2.3.1	RAMS EISEN OP SYSTEEMNIVEAU	11
2.3.2	FAALDEFINITIES	12
2.3.3	ANALYSE FAALDEFINITIE	12
2.4	BESCHRIJVING OPBOUW RISICOANALYSE	13
2.4.1	KWALITATIEF: FMECA	13
2.4.2	KWANTITATIEF: FTA	13
2.4.3	RESERVEDELENANALYSE	14
2.4.4	ONDERHOUDSANALYSE	14
3.	UITWERKING RISICOANALYSE	15
3.1	FMECA UITWERKING	15
3.1.1	TOEGEPASTE BENADERING	15
3.1.2	WIJZE VAN VERWERKING RESULTATEN FMECA	17
3.2	FTA UITWERKING	17
3.2.1	TOEGEPASTE BENADERING	17
3.2.2	BESCHRIJVING INRICHTING MODEL IN RWB, KOPPELING AAN FAALDEFINITIES	17
3.2.3	GEBRUIK TYPICALS	18
3.2.4	GENERIEKE DATA EN BRONNEN	18
3.3	UITWERKING RESERVEDELENANALYSE	20
3.4	UITWERKING ONDERHOUDSANALYSE	20

4. RESULTATEN RAMS ANALYSE 21

4.1 RESULTATEN FMECA 21
4.1.1 AANDRIJVING 21
4.1.2 BEDIENING EN BESTURING 21
4.1.3 CIVIELE CONSTRUCTIE 21
4.1.4 DEUREN 22
4.1.5 ENERGIEVOORZIENING 22
4.2 RESULTATEN FTA 22
4.2.1 REKENRESULTATEN FTA 22
4.2.2 CUT SETS 23

5. CONCLUSIE RAMS ANALYSE 25

5.1 RESULTATEN V&V 25
5.1.1 REKENRESULTATEN 25
5.1.2 CUT SETS 25
5.1.3 DUIDING RESULTAAT 26
5.2 AANDACHTSGEBIEDEN ONDERHOUD EN GEBRUIK 26

6. VERVOLGSTAPPEN 27

6.1 VERVOLGSTAPPEN 27
6.1.1 EVALUEREN ONDERHOUDSCONCEPTEN 27
6.1.2 UPDATEN RISICOANALYSE 27

BIJLAGE 1. SYSTEEMOVERZICHT 28

BIJLAGE 2. FMECA RESULTATEN 29

BIJLAGE 3. FTA EN RESULTATEN 30

Tabel 1-1 Faalkanseis niet sluiten kunstwerken dijktraject 36-2 5
Tabel 2-1 Faalkanseis niet sluiten Keersluis 12
Tabel 2-2 Afleiding faalkanseis keermiddelen 13
Tabel 3-1 System breakdown op basis van discipline 16
Tabel 3-2 Overzicht gidswoorden, faaltypen en faalgedrag (Kolommen niet gekoppeld) 17
Tabel 4-1 Resultaten belangrijke gates FTA 23
Tabel 4-2 Top 25 cut sets SLUITEN_PR_FLT 24
Tabel 5-1 Verificatie faalfrequentie keermiddelen richting gewenst resultaat 25
Tabel 5-2 Verificatie faalkanseis keermiddelen Keersluis Cuijk richting BSKW 25

Figuur 3-1 Indeling FTA model Keersluis Cuijk 18
Figuur 3-2 Generieke datasheet FTA 19
Figuur 4-1 Instellingen RWB 22
Figuur B1-1 Overzicht Systeem Keersluis Cuijk 28
Figuur B2-1 Kritische Faalwijzen FMECA 29

1. Inleiding

Dit hoofdstuk schetst het kader en de randvoorwaarden van deze RAMS analyse. Wat is het doel van de analyse, binnen welk groter geheel past de analyse en waarvoor wordt hij gebruikt?

1.1 Context

1.1.1 Kader analyse

Alle dijken in Nederland moeten voldoen aan de nieuwe normen voor waterveiligheid. Ook de dijken langs de Maas. We werken hiervoor samen in het landelijke hoogwater beschermingsprogramma (HWBP). Samen met Rijkswaterstaat, provincie Noord-Brabant, gemeenten en bewoners gaat waterschap Aa en Maas aan de slag om de dijk tussen Cuijk en Ravenstein te verbeteren.

Het dijktraject is circa 21 km lang en bestaat voor een groot deel uit een gronddijk. Halverwege het traject, in de vestingstad Grave, is een kademuur aanwezig als primaire waterkering. Daarnaast zijn ook diverse constructieve objecten in de dijk aanwezig (kunstwerken) zoals onder andere de Keersluis Cuijk en het Gemaal van Sasse.

Deze rapportage is onderdeel van de planuitwerking. Voorafgaand aan deze fase zijn de voorverkenning en verkenning uitgevoerd van het dijktraject, waaronder analyses van Keersluis Cuijk. In de planuitwerkingsfase is een gedetailleerde analyse gemaakt van de Keersluis.

1.1.2 Aanleiding Analyse

Voor Keersluis Cuijk was de kans-bijdrage aan overstroming door niet-sluiten bepaald in de WBI-beoordeling [2]. Vervolgens zijn de voorverkenning [4] en verkenning [5] uitgevoerd met als resultaat het advies voor een trajectaanpak voor het faalmechanisme Betrouwbaarheid Sluiting Kunstwerk (BSKW) [1].

Voor de faalkans van sluiting van kunstwerken is cf. de standaard faalkansverdeling in OI2014v4 [6] een totaal budget van 4% toegewezen als toelaatbare bijdrage aan de overstromingskans.

Dit levert voor de sluiting van alle kunstwerken gezamenlijk een maximale faalkans van 4% van 1/10.000 per jaar op (= 4 e-6 / jaar), zie Tabel 1-1.

Faalkans oorzaak	Eis traject 36-2	BSKW
Faalkans niet sluiten kunstwerk	< 1 e-4 / jaar	< 4 e-6 / jaar

Tabel 1-1 Faalkanseis niet sluiten kunstwerken dijktraject 36-2

De WBI-beoordeling is uitgevoerd door Greenrivers eind 2017 [3]. Het resultaat van de beoordeling leidde tot zorg, omdat uit die beoordeling een faalkans door niet sluiten van Keersluis Cuijk resulteerde van 6,33 e-5 per jaar.

In 2024 is daarom de trajectaanpak BSKW gestart voor het normtraject 36-2, het dijktraject Cuijk-Ravenstein. De algemeen gehanteerde formule voor berekening van de faalkans van het faalmechanisme 'niet sluiten' ($P_{f, KW, NS}$) is als volgt gegeven:

$P_{f,KW,NS} = P_{ns} \times P_{open} \times P(h_{bui}>h_{toel})$

Hierin is:
P_{ns} : Faalkans van het sluiten van de keersluis (dus het geheel laten zakken van tenminste één hefschuif) per sluitvraag;
P_{open} : De kans dat de keersluis open staat als een hoogwatergolf zich aandient. Dat zal in dit geval een kans van 1 zijn, omdat de keersluis normaal gesproken altijd open staat;
$P(h_{bui}>h_{toel})$: de kans dat de buitenwaterstand dusdanig hoog is dat dit bij niet gesloten keersluis tot substantiële gevolgen in het achterland leidt.

Dus $P_{f,KW,NS}$ wordt dan = $P_{ns} \times P(h_{bui}>h_{toel})$

De initiële risicoscan is niet langer afdoende, een nadere analyse van het kunstwerk is noodzakelijk. Deze leidt tot 1 van 2 mogelijke uitkomsten:

1. Uit een nadere (kwantitatieve) analyse van de faalkans voor niet sluiten van de keermiddelen van de Keersluis volgt dat de faalkans kleiner is en voldoet aan de eisen; of:
2. Uit een nadere (kwantitatieve) analyse van de faalkans voor niet sluiten van de keermiddelen van de Keersluis volgt dat de faalkans inderdaad niet voldoet aan de eisen. Op basis hiervan is dan aanpassing van (de wijze van gebruik van) de Keersluis noodzakelijk. Indien dit het geval is worden hiervoor in dit rapport aanbevelingen gedaan, inclusief het effect op de faalkans;

1.1.3 Doelstelling

Dit rapport bevat de nadere (kwantitatieve) analyse van de te verwachten faalkans van sluiten van de keermiddelen van de Keersluis. Hierbij is een kwantitatieve, veel nauwkeuriger analysemethode toegepast dan in de uitgevoerde beoordeling in het WBI.

De verwachting a priori is dat door een veel nauwkeuriger bepaling van de faalkans van sluiten van de Keersluis blijkt dat deze wel voldoet aan de gestelde faalkanseisen, in tegenstelling tot wat de WBI-beoordeling aangeeft en dat daarmee aanvullende maatregelen in ontwerp en gebruik van de Keersluis niet noodzakelijk zijn.

Reden hiervoor is dat de geringe vereiste gebruiksfrequentie (0,2 maal per jaar functionele sluitvraag) en de daarbij horende korte tijdsduur van het sluitproces (15 minuten per keer) sterk meewegen in de effectieve faalkans van het sluiten van de Keersluis.

1.2 Afkortingen

Afkorting	Omschrijving
BSKW	Betrouwbaarheid Sluiting Kunstwerk
CCF	Common Cause Failure (gelijktijdig optredend falen, systematisch)
CCTV	Closed Circuit TV
EM	Elektromechanisch
FMECA	Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (kwalitatieve analysetechniek op faalgedrag)

Afkorting	Omschrijving
BSKW	Betrouwbaarheid Sluiting Kunstwerk
FTA	Fault Tree Analysis (kwantitatieve analysetechniek op faalgedrag)
IEC	International Electrotechnical Commission
MTTR	Mean Time To Repair (gemiddelde tijd van herstel van falen)
NSA	Noodstroom Aggregaat
OHC	Onderhoudsconcept
PDCA	Plan, Do, Check & Act (Deming cycle)
PLC	Programmable Logic Controller
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability & Safety
RWB	Reliability Workbench, software voor FTA (Isograph, versie 15.0.2.5)
SVG	Storingsvoorspellende Grootheid
TAW	Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen
V&V	Verificatie & Validatie

1.3 Referenties

Referentie	Titel	Auteur	Versie	Datum
[1]	Trajectaanpak BSKW, Analyse en maatregelen Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein	Waterschap Aa en Maas	C1.0	05-04-2024
[2]	WBI 2017 (via www.helpdeskwater.nl, website vervallen per 18 september 2024)	RWS		2017
[3]	P17-011-002, Analyse kunstwerken dijktraject 36-2, Verkenning waterveiligheid van kunstwerken	Greenrivers		10-10-2017
[4]	Kunstwerken traject 36-2, Preverkenning	IV-Infra	0	17 feb 2020
[5]	Ontwerprapport Kunstwerken (WP25), Verkenning Cuijk-Ravenstein, WAB013032-D-037	WSP	7.0	17 juni 2022
[6]	Handreiking ontwerpen met overstromingskansen (OI2014v4)(https://iplo.nl/thema/water/waterveiligheid/primaire-waterkeringen/ontwerpen-primaire-waterkeringen/@190108/ontwerpen/)	RWS	4	Feb 2017
[7]	Achtergrondrapport Ontwerpinstrumentarium 2014, behorende bij Handreiking Ontwerpen met Overstromingskansen (OI2014v4)	RWS	1	Dec 2016
[8]	Leidraad Kunstwerken, ISBN 90-369-5544-0	TAW		Mei 2003
[9]	Leidraad RAMS - Sturen op prestaties van systemen	RWS	1	17-03-2010
[10]	Sluitingsprotocol voor kunstwerken in primaire waterkeringen, Keersluis Cuijk, AKW 188	WSP, i.o.v. Waterschap Aa en Maas		12-01-2023
[11]	Inspectierapport Instandhoudingsinspectie Beheerobjectcode: 46A-xxx-01 (46A-xxx-01- totaalAdviesrapport v3.0)	Iv-Infra b.v.	3.0	28-05-2021

1.4 Versiehistorie

Versie	Wijzigingen	Datum
0.1	Eerste concept (documentopbouw, opzet analyse)	17-06-2024
0.2	Invulling hoofdstukken (systeemopbouw + -overzicht, beschrijvingen, opzet analyse)	22-08-2024
0.3	Uitwerking hoofdstukken en verwerking analyseresultaten in rapportage, eerste volledige versie voor review	30-08-2024
0.4	Verwerking reviewcommentaar F. Smorenburg & R. Delhez	13-09-2024
0.5	Verwerking aanvullende tekstuele review F. Smorenburg & R. Delhez	18-09-2024
1.0	Definitieve versie	20-09-2024
1.1	Versie na verwerking collegiale toetsing door RWS: - Toevoeging beschrijving bediening (incl. bijlage)	17-02-2025
2.0	Definitieve versie	28-02-2025

2. Opzet Risicoanalyse

In dit hoofdstuk worden, uitgaand van het RAMS stappenplan uit de Leidraad RAMS van RWS [9] de gevolgde stappen en analyses als onderdeel van de RAMS analyse omschreven alsmede hun samenhang. Een systeem- en functieanalyse, de faaldefinities en de kwalitatieve en kwantitatieve analyse vormen hier onderdeel van.

2.1 Het RAMS stappenplan

Hieronder staan de hoofdstappen uit het RAM(S) stappenplan gegeven zoals deze worden gedefinieerd in hoofdstuk 5 van de Leidraad RAMS [9]:

1. Bepaal wat de benodigde RAM(S)-prestaties zijn die de functies van het systeem moeten leveren;
2. Bepaal welke RAM(S)-eisen aan het systeem worden gesteld;
3. Bepaal hoe de verificatie en validatie van de invulling van de eisen worden uitgevoerd;
4. Bepaal de geschikte RAM(S)-analysemethode(n);
5. Maak het systeemontwerp;
6. Voer de RAM(S)-analyse uit;
7. Voer de verificatie en validatie uit.

In de paragrafen hierna wordt eerst een systeem- en functiebeschrijving gegeven en vervolgens worden hierop de relevante stappen uit het stappenplan toegepast. Het betreft een bestaand systeem, dus stap 5 slaan we over.

2.2 Systeembeschrijving en -functie

2.2.1 Systeembeschrijving

De Keersluis bevindt zich in de ringdijk bij Katwijk (Cuijk) en verschaft vanaf de Maas toegang tot het achterliggende havengebied, waar zich industrie bevindt die toegang tot de Maas nodig heeft voor toe- en afvoer van goederen.

Over de opening heen is een heftoren gebouwd, waarin twee waterkerende hefdeuren zijn opgehangen. Ieder van deze waterkerende hefdeuren kan de doorvaartopening volledig afsluiten, waardoor deze hoogwater-kerend is afgesloten.

In de heftoren bevindt zich aan twee zijden een trappenhuis om toegang tot de hefdeuren in geheven toestand mogelijk te maken, met name voor het verrichten van onderhoud en inspecties.

Aan rivierzijde en havenzijde van de doorvaartopening zijn boven en onder water civiele constructies aangebracht ter bescherming van bodem, dijk en de beweegbare waterkering zelf.

De hefdeuren zijn ieder zo goed als volledig gebalanceerd opgehangen aan kabels die over evenwichtswielen aan beide zijkanten lopen. Aan deze kabels hangen contragewichten die samen ongeveer even zwaar zijn als de hefdeuren zelf.

De hefdeuren kunnen verticaal bewegen via sponningen in de heftoren, hierbij aangedreven door een elektromechanische aandrijving, die de deuren bijna 'vrij' kan bewegen. Hierdoor is de aandrijving relatief licht uitgevoerd en het energieverbruik gering. De elektromechanische aandrijving zorgt via een constructie van tandwielkast-as-reductiekast voor het 'kruipen' langs een pennenbaan omhoog en omlaag. De aandrijving hoeft zo vrijwel geen massa te dragen.

Voor deze aandrijving is in de technische ruimte in het keersluisgebouw een standaard groepenkast aanwezig, die binnenkomende stroom verdeelt richting de aandrijving en de overige elektrisch aangedreven zaken (remmen, besturing, verlichting, bewaking) binnen het complex.

Als extra mogelijkheid is een aansluiting voor een noodstroomvoorziening gekoppeld aan de energieverdeler. Een noodstroomvoorziening kan binnen korte tijd ter plaatse worden gebracht.

De besturing van de keersluis vindt plaats via een veiligheids-PLC met bediening via touchscreen. Als back-up hiervoor is rechtstreekse bediening van de elektrische installatie mogelijk op de schakelkast van de aandrijving.

2.2.2 Systeemfunctie

De functie van de Keersluis is het keren van een hoge waterstand op de Maas, die kan ontstaan door langdurige (sterke) regenval in het stroomgebied van de Maas. Deze waterstand kan, indien niet gekeerd, in de haven van Cuijk en het achterliggende land voor waterbezwaar en overstromingsgevolgen zorgen. De haven van Cuijk is in de eerdere risico-scan als bergende kom beschouwd voor eventueel binnentredend water langs, over of onder de keersluis (door lekkage, overslag of piping).

De kerende functie van de Keersluis wordt ingevuld door één of beide hefdeuren te laten zakken tot op de bodem van de doorvaartopening. Bij voorkeur worden hierbij beide hefdeuren neergelaten, maar één is in principe voldoende voor het invullen van de kerende functie.

Voor het nemen van de beslissing tot sluiten van de Keersluis is er regelmatig contact tussen de verantwoordelijke partijen (RWS, Waterschap Aa en Maas en Gemeente Land van Cuijk) om te komen tot de juiste informatie omtrent naderend hoog water op de rivier. Op deze wijze kan worden gezorgd dat de Keersluis tijdig operationeel is en bemand. Tijdens een sluiting van de Keersluis zijn hiervoor steeds tenminste twee personen ter plaatse.

Indien de Keersluis niet via het elektromechanische bewegingswerk kan worden gesloten, is als terugvaloptie een handmatige sluiting (en opening) van de Keersluis mogelijk. Dit wordt periodiek geoefend.

2.2.3 Bediening

In het Sluitingsprotocol [10] staat een overzicht van de belangrijkste zaken rondom het kunstwerk, hierna een samenvatting van deze zaken:

- Basisgegevens kunstwerk, zoals bereikbaarheid en praktische zaken;
- Betrokkenen bij sluiting inclusief contactgegevens;
- Fasering van de sluiting:
    - Alarmering en mobilisatie, sleutelbeheer;

  - Bediening en monitoring, stap voor stap beschreven;
  - Wat te doen bij technisch falen en wie verantwoordelijk;
  - Opening na operationele inzet;
- Bijlagen, met name 3: het actieplan hoogwater gemeenten Cuijk, Grave en Mill en Sint Hubert.

Om een volledig beeld van de wijze van sluiten en mogelijke faaloorzaken bij het sluiten te verkrijgen, is op locatie het sluitprotocol in detail met de beheerder van het kunstwerk besproken.

2.2.4 RAM(S) prestatie systeemfunctie

Het keren van een hoge waterstand op de Maas moet zodanig worden ingevuld, dat de kans op falen van dijktraject 36-2 waardoor overstromingsgevolgen in het achterland ontstaan niet groter is dan 1 / 10.000 per jaar, dit is de norm-eis voor het traject.

De Keersluis draagt hieraan bij, voor de Keersluis is echter geen separate prestatie-eis afgeleid van de norm-eis van 1 / 10.000 per jaar die geldt voor het gehele dijktraject. In plaats daarvan wordt de faalkansprestatie van de Keersluis getoetst aan de faalkanseisen voor kunstwerken op trajectniveau. Dit betreft 4% van de norm-eis en komt dus op 4 e-6 /jaar.

2.3 RAMS eisen en faaldefinities

Om de bijdrage van de Keersluis aan de totale faalkans van het dijktraject volgens [6] te bepalen zijn faalkanseisen aan de sluiting van de Keersluis afgeleid.

2.3.1 RAMS eisen op systeemniveau

De faalkanseis voor het falen van sluiten van alle kunstwerken in het dijktraject beperkt zich tot het niet of niet volledig kunnen sluiten van de afsluitmiddelen. Deze faalkanseis bedraagt 4% van de norm-eis, zoals beschreven in Tabel 1-1. Dit geldt bij de trajectaanpak voor de sommatie van de faalkansen voor betrouwbaarheid sluiten van alle kunstwerken in het dijktraject.

Deze faalkanseis 'werkt' dus voor de Keersluis voor de duur van iedere neerwaartse beweging van geheel geopende naar geheel gesloten toestand van de hefdeur(en).

Het optreden van piping of het constructief bezwijken van kunstwerken indien eenmaal gesloten is expliciet uitgesloten, hiervoor zijn in [6] en [7] aparte faalkansbudgetten binnen de norm-eis begroot (respectievelijk 2% voor piping en 2% voor constructief bezwijken per dijktraject).

De Keersluis Cuijk is 1 van de complexere kunstwerken in het dijktraject. Om een richtpunt te hebben is in deze analyse als uitgangspunt gekozen dat de keersluis maximaal 20% van de faalkansruimte voor BSKW in mag nemen. Dit leidt tot 0,8% (=4% x 0,20), of 8 e-7 / jaar als doel voor de maximale faalkans voor het falen van sluiten van afsluitmiddelen. De totale faalkanseis van 4% (4 e-6 / jaar) wordt getoetst op dijktrajectniveau, niet in deze analyse.

Gedurende de tijdsduren van neerwaarts bewegen van de afsluitmiddelen, met als doel sluiting van de Keersluis voor het keren van hoog water, mag de kans op falen van het dijktraject als

gevolg van het falen van sluiten van de afsluitmiddelen in de Keersluis dan niet vaker dan 0,008 maal 1/10.000 (= 8 e-7) per jaar optreden. We gaan ervan uit dat de Keersluis normaal gesproken open is en dat het falen van het sluitproces zeker substantiële gevolgen heeft.

De opgetelde tijdsduren van het sluitproces om hoog water te keren vormen de blootstellingsduur aan deze faalkanseis; alleen tijdens deze tijdsduren valt falen onder dit specifieke faalkansbudget. De faalkans voor de Keersluis waar we ons dan ook op richten in de foutenboomanalyse is gegeven in Tabel 2-1:

Faalkans oorzaak	Norm dijktraject (-/jaar)	Uitgangspunt max. bijdrage Keersluis aan overstromingskans traject	Eis (-/jaar)	Faalfrequentie (-/uur)
Falen sluiten keermiddelen Cuijk	1/10.000	0,8%	< 8 e-7	< 9,1324 e-11

Tabel 2-1 Faalkanseis niet sluiten Keersluis

Dit is de faalkansdoelstelling van de topgebeurtenis van de foutenboom voor het falen van sluiten van de Keersluis: het technische systeem, de alarmering en de mobilisatie.

2.3.2 Faaldefinities

We moeten een faaldefinitie bepalen om vast te stellen wanneer juist niet aan deze eis wordt voldaan. De faaldefinitie die we hanteren is:

De afsluitmiddelen sluiten niet, indien na het (willen) starten van het afsluiten van de opening onder de Keersluis, niet of niet tijdig tenminste één van de hefdeuren de laagste stand (op de bodem) bereikt en zo de doorstroming door de opening geheel afsluit.

2.3.3 Analyse faaldefinitie

De hierboven gegeven faaldefinitie houdt in, dat indien het systeem Keersluis Cuijk niet in staat is of tijdig kan worden gebracht de doorstroomopening helemaal af te sluiten voor hoog water, de keermiddelen hebben gefaald.

De tijdsduur waarin falen juist onder deze faalkans valt, volgt uit het aantal operationele sluitvragen per jaar, de werkelijke sluitingen. Dit betreft 0,2 maal per jaar [1]. Tijdens ieder van deze sluitingen dient het systeem 15 minuten te functioneren zoals bedoeld om de sluisdeur op de bodem te zetten zodat deze kerend is. Dit betekent theoretisch een missieduur van 0,2×15 = 3 minuten (=1/20 =0,05 uur) per jaar.

Een jaar telt 8760 uur, dus de fractie van blootstelling aan de specifieke faalkans voor het niet sluiten van de keermiddelen is gelijk aan 0,05 / 8760 = 5,7078 e-6. Dit wil zeggen dat de werkelijke faalsnelheid van de keermiddelen tijdens missie hoger mag zijn.

Deze faalsnelheid wordt bepaald door de in Tabel 2-1 berekende faalfrequentie per uur te delen door de fractie van de tijd dat de keermiddelen in missie zijn, zie Tabel 2-2.

Faalkans oorzaak	Faalfrequentie sluiten (-/uur)	Fractie missie Keersluis	Faalfrequentie Keersluis (-/uur missie)

Falen sluiting keermiddelen Cuijk	< 9,1324 e-11	5,7078 e-6	< 1,600 e-5

Tabel 2-2 Afleiding faalkanseis keermiddelen

Dit is de faalfrequentie waaraan de sluitfunctie van de Keersluis moet voldoen (techniek inclusief bediening en mobilisatie). Dit is de doelstelling voor de faalsnelheid die met de foutenboom wordt getoetst.

2.4 Beschrijving opbouw Risicoanalyse

2.4.1 Kwalitatief: FMECA

In 1.1.2 is duidelijk geworden dat een kwantitatieve analyse noodzakelijk is om vast te stellen of / aan te tonen dat de Keersluis voldoet aan de gestelde faalkanseisen. Hiervoor wordt als startpunt een FMECA uitgevoerd.

Met een FMECA brengen we systematisch in kaart welke onderdelen van het systeem bij falen welk gevolg kunnen hebben en of dit bijdraagt aan het niet halen van de faalkanseis. De systeemdelen en componenten die hiertoe bijdragen worden vervolgens kwantitatief beschouwd.

Kritische faalwijzen die zijn geïdentificeerd in de FMECA worden vertaald naar typische gebeurtenissen in een FTA model. Deze typische gebeurtenissen komen in dat model in één of meerdere instanties voor.

2.4.2 Kwantitatief: FTA

De gebeurtenissen die alleen of in combinatie ertoe kunnen leiden dat het sluiten van de Keersluis faalt worden in onderlinge samenhang kwantitatief geanalyseerd, waarbij faalfrequenties, hersteltijden en de aanwezigheid van redundantie worden beschouwd.

Het FTA model kijkt naar de fysiek-functionele opbouw van het systeem, uitgaande van het systeemoverzicht zoals weergegeven in Bijlage 1.

Verschillende zaken worden hierbij nader bekeken: de civiele constructie, de werktuigbouwkundige delen, de aandrijving, de energievoorziening, de besturing maar ook factoren als menselijk handelen en externe gebeurtenissen worden geanalyseerd.

Het resultaat van deze kwantitatieve analyse is een resulterende faalfrequentie voor het sluiten van de Keersluis en inzicht in welke delen van het systeem hier het meest aan bijdragen. Zo kan, indien de faalkans van sluiten van de Keersluis niet aan de eisen voldoet, hierin gericht worden bijgestuurd via aanpassingen in het onderhoud of eventueel het ontwerp van de Keersluis.

Bij het kwantificeren van het FTA model wordt gebruikt gemaakt van generieke faaldata, deze bevinden zich in een generieke datasheet inclusief vermelding van informatie over de bron en opbouw van hersteltijd en eventuele CCF factoren. Indien gewenst kan deze als uitgangspunt dienen voor een beschrijving van de praktijksituatie door er optredend faalgedrag aan toe te voegen via wiskundige technieken, zoals bijvoorbeeld Bayesiaans updaten van faalgetallen.

2.4.3 Reservedelenanalyse

Gebaseerd op het resultaat van de FTA kan een Poisson-analyse op de voorraad aan reservedelen worden uitgevoerd. Hierbij wordt, uitgaand van de impact van optredend falen, bepaald wat de hersteltijd is van optredend falen en de impact op de totale (niet-) beschikbaarheid van het systeem.

Deze aanpak resulteert in een meer "gerichte" voorraad van bepaalde reservedelen, zodat de impact van faalgedrag op de systeemfunctie zoveel mogelijk beperkt blijft. Onderdelen die bij falen een lange wachttijd kennen maar wel een significante impact hebben op de systeemfunctie worden op basis van deze analyse op voorraad gelegd.

Deze analyse wordt slechts uitgevoerd indien levertijden van reservedelen een probleem kunnen vormen voor het halen van de faalkanseisen.

2.4.4 Onderhoudsanalyse

Op basis van het resultaat van de FTA kan tevens worden besloten om het verrichte onderhoud aan de Keersluis aan een nadere analyse te onderwerpen. Dit dient om te zorgen dat faalgedrag minder frequent optreedt of dat herstel bij falen sneller plaatsvindt, zodat de duur van functieverlies als gevolg van falen korter wordt.

Door de optimalisatie van deze MTTR van componenten en eventuele testintervallen van onmerkbaar falende delen van het systeem kan worden gezorgd dat voldoende en voldoende snel wordt onderhouden. Dit kan vervolgens worden vertaald in onderhoudsconcepten (OHC) en eventueel ook in werkinstructies.

3. Uitwerking Risicoanalyse

3.1 FMECA uitwerking

3.1.1 Toegepaste benadering

De aanpak van de FMECA is gebaseerd op de opbouw van het systeem. Dit is op te delen in een aantal disciplines. Er is voor de volgende disciplines gekozen voor de opdeling van het systeem:

- Aandrijving
- Bediening & Besturing
- Beveiliging (brand/inbraak)
- Civiele constructie (beton en vast staal)
- Communicatie
- Deuren
- Energievoorziening
- Noodenergievoorziening

Binnen deze disciplines is een overzicht gemaakt van de belangrijkste componenten (zie Tabel 3-1), deze zijn geanalyseerd op de impact van hun falen op lokaal en op systeemniveau.

Discipline	Onderdeel binnen discipline
Aandrijving	Elektromotor
	Tandwielkast
	Aandrijfas
	Rem (elektrisch, trommel)
	Rem (mechanisch, hand)
	Reductiekast
	Rondsel
	Pennenbaan
	Hijskabel bevestiging (evenaar)
	Hijskabel
Bediening & Besturing	Touchscreen bedientableau
	Failsafe PLC
	Noodstop bedientableau
	Noodstop reset bedientableau
	Schakelaar bedientableau (aan-uit)
	Schakelkast deurbediening
	Sleutelschakelaar (hand-0-auto)
	Noodstop schakelkast
	Noodstop reset schakelkast
	Noodstop algemeen
	Noodstop reset algemeen
	Eindschakelaar (inductie)
	Noodeindschakelaar (mechanisch)
	Stuurstroom elektromotor

Discipline	Onderdeel binnen discipline
Beveiliging	CCTV Dome-camera
	Terreinverlichting
Civiel	Fundering keersluis
	Vloer keersluis
	Kwelschermen keersluis
	Bodembescherming keersluis
	Sponning sluisdeur
	Heftoren sluisdeur
	Aanvaarconstructie keersluis
	Kelder Heftoren
	Lenspomp kelder
Communicatie	Akoestisch signaal
	Telemetrie
	Inbraakdetectie
Deuren	Sluisdeur (keermiddel)
	Geleidewiel sluisdeur
	Aanslag sluisdeur
	Geleidewiel contragewicht
	Contragewicht
	Evenwichtswielen
	Inlaatopeningen sluisdeur
Energievoorziening	(Hoofd-)verdeler energie
	Voedingskabels Motoren
	Voedingskabels Eindschakelaars
	Voedingskabels EM remmen
	Voedingskabels Lenspompen
	Voedingskabels Seinen
Noodenergievoorziening	Noodstroomaggregaat (NSA)
	Aansluiting NSA

Tabel 3-1 System breakdown op basis van discipline

Op deze systeemopdeling is een lijst met gidswoorden, type falen en faalgedrag toegepast (Tabel 3-2, de kolommen hierin zijn niet gekoppeld). Hiervoor is vervolgens een categorisering bepaald: Frequentie, Ernst en Detecteerbaarheid.

Gidswoorden	---	Type falen	---	Faalgedrag
Anders		Geen		Extern
Evenzo		Bedienfout		Random
Langzamer		Falen op vraag		Systematisch
Meer		Falen tijdens missie		Veroudering
Minder		Merkbaar falen		
Niet		Onmerkbaar falen		
Onterecht		Onvoldoende onderhoud		
Sneller		Overbelasting		
Te Laat		Random falen		

Gidswoorden	---	Type falen	---	Faalgedrag
Te Vroeg		Veroudering		
Wel		Vervuiling		

Tabel 3-2 Overzicht gidswoorden, faaltypen en faalgedrag (Kolommen niet gekoppeld)

Deze categorisering heeft geresulteerd in een lijst met kritische faalwijzen, zie Bijlage 2, welke nader kwantitatief geanalyseerd zijn in de FTA. In hoofdstuk 4.1 worden de resultaten van deze FMECA analyse nader gepresenteerd.

3.1.2 Wijze van verwerking resultaten FMECA

Het resultaat van de FMECA is een overzicht van faalwijzen die kritisch zijn voor het sluitproces van de Keersluis. Deze faalwijzen worden als 'typical' gebeurtenissen naar de FTA meegenomen, waar ze allemaal één of meerdere keren voorkomen in het kwantitatieve model.

De typicals uit de FMECA krijgen dus bij de opbouw van het FTA model elk een aantal instanties in dat model. Hiermee wordt het faalgedrag vervolgens kwantitatief geanalyseerd.

3.2 FTA uitwerking

3.2.1 Toegepaste benadering

Uitgaand van het systeemoverzicht (zie Bijlage 1) dat resulteerde uit de systeemanalyse is in de FMECA bepaald welke bijdrage de diverse onderdelen van het systeem aan de te vervullen systeemfunctie hebben.

Op basis van de indeling in disciplines met bijbehorende componenten en systeemdelen (zie 3.1.1) is in het FTA model dezelfde groepering gehanteerd.

3.2.2 Beschrijving inrichting model in RWB, koppeling aan faaldefinities

De topgebeurtenis van het FTA model is de faalsnelheid van het proces sluiten van de Keersluis. Deze is samengesteld uit de faalkans van het technische systeem dat de functie invult en het deel van de tijd dat het systeem is blootgesteld aan falen, tijdens het sluiten ervan.

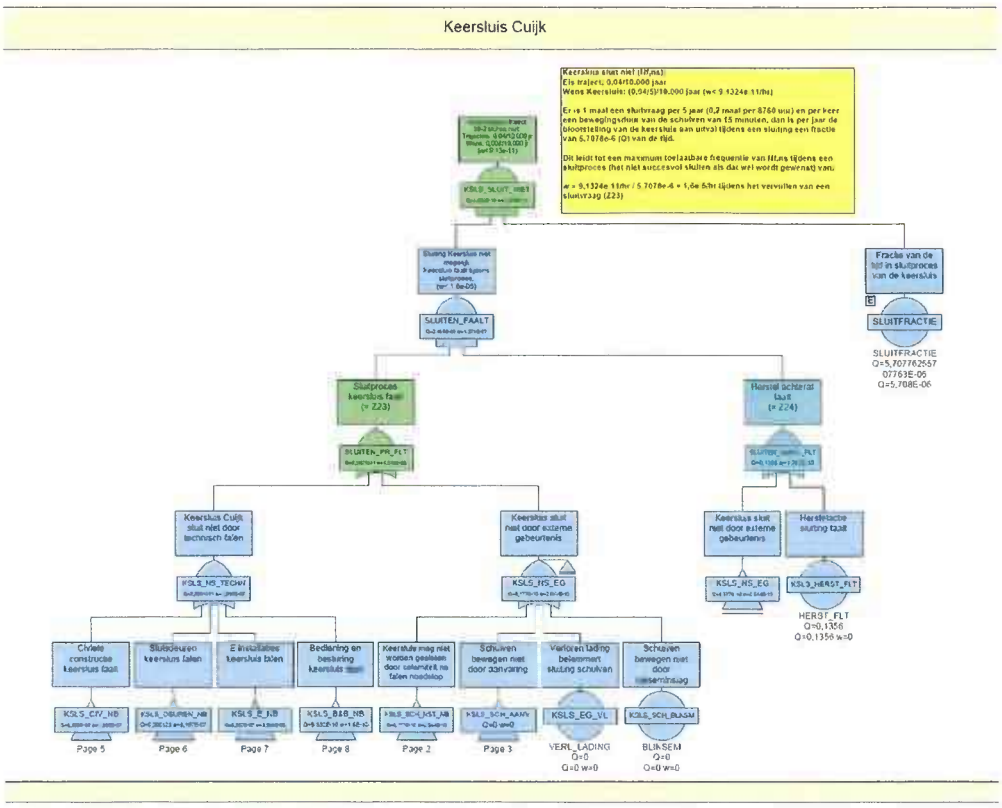
Alle eenheden zijn hierbij omgerekend naar faalsnelheden per uur. Het eindresultaat wordt uiteindelijk terugvertaald naar een faalkans per jaar voor de verificatie ten opzichte van de eis.

In Figuur 3-1 is een overzicht van het FTA model weergegeven. De poort SLUITEN_FAALT is de poort waar wordt berekend of de faalkanseis van de sluitfunctie van de Keersluis wordt gehaald. Deze poort is samengesteld uit het falen van het sluitproces van de keermiddelen (poort "Z23" uit de risicoscan) en de faalkans op herstel achteraf (poort "Z24" uit de risicoscan).

Dit is zo gemodelleerd om te kunnen vaststellen of het technische gedeelte op zich voldoende betrouwbaar is, of dat de herstelactie door de mens een noodzakelijke toevoeging blijft.

Hieronder is een verdere opdeling gemaakt in technisch falen en falen door een externe factor. Hierbij hoort ook het niet mogen sluiten van de Keersluis door een optredende calamiteit zoals bijvoorbeeld een arbeidsongeval.

Het technische falen is opgedeeld in vier hoofdcategorieën, in aansluiting op de FMECA.



Figuur 3-1 Indeling FTA model Keersluis Cuijk

3.2.3 Gebruik typicals

Voor de opbouw van het FTA model is het gebruik van typicals (repeterende groepjes falende componenten) niet noodzakelijk geweest, er is in het systeem Keersluis Cuijk geen sprake van veelvuldig repeterende componenten of systeemdelen.

3.2.4 Generieke data en bronnen

De faaldata voor de kwantificering van de gebeurtenissen in de FTA is als onderdeel van de analyse door Van der Worp Infra Consult uit diverse bronnen centraal verzameld in een generieke datasheet en kan daarin ook worden beheerd. Dit betreft een Excel werkmap met daarin werkbladen die brondata en onderbouwingen bevatten voor het FTA model. Deze werkmap ziet eruit zoals weergegeven in Figuur 3-2. Zie Bijlage 3 voor het betreffende Excel bestand.

De benoemde werkbladen zijn:

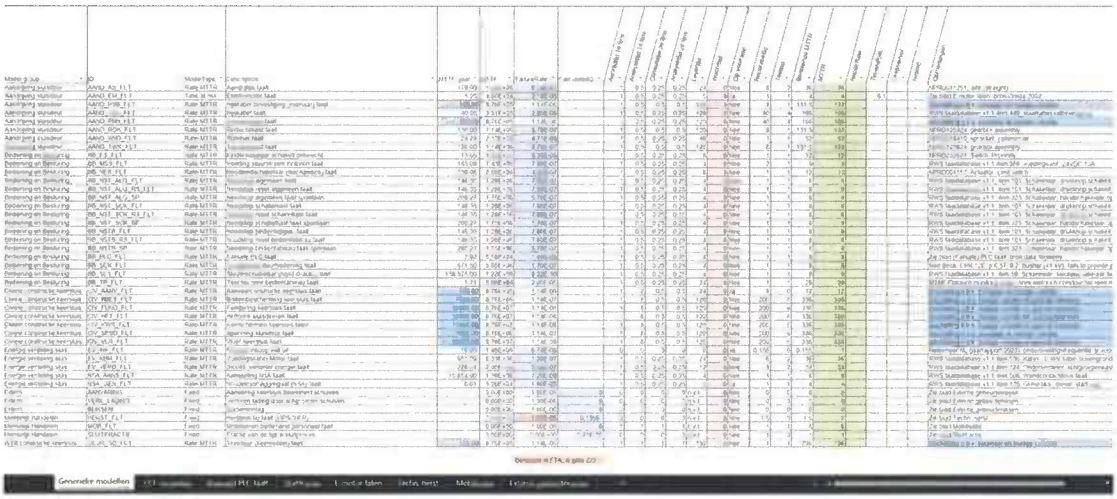
- Generieke modellen:
    - Generieke faaldata (Modelnaam, type, faalgegevens, opbouw van de hersteltijd en bronvermelding van faalgegevens). Voor de civiele onderdelen zijn hiervoor schattingen gemaakt op basis van bouwjaar, conditie en gebruik. De technische hersteltijden van optredend falen zijn in overleg met de bediening/beheerder van

de Keersluis vastgesteld.
Belangrijke aanname bij alle faaldata is dat er geen sprake was van:

- Aanwezigheid van kinderziektes;
- Aanwezigheid van merkbare veroudering, dit blijkt uit de rapportage aangaande de instandhoudingsinspectie [11]. Op basis van de bevindingen hieruit zijn correctieve acties voor de conditie van de Keersluis in gang gezet;

- CCF modellen
  - Beschouwing Common Cause Falen per redundant component volgens IEC 13849;
- (Failsafe) PLC faalt
  - Opbouw van de PLC, met faalgegevens volgens Siemens;
- Sluitfractie
  - Onderbouwende berekening van de blootstellingsfractie aan de deel-faalkans niet sluiten keermiddelen;
- E-motor falen
  - Analyse van de faalfrequentie van elektromotoren volgens Oreda-2002. Hierbij is gekeken naar diverse aspecten als niet starten, uitval en afwijkend gedrag;
- Techn. Herst.
  - Analyse faalkans menselijk handelen in het kader van technisch herstel-actie;
- Mobilisatie
  - Nadere analyse van de faalkans van mobilisatie, rekening houdend met aantal bedienaars, bereikbaarheid en communicatie;
- Externe gebeurtenissen
  - Analyse faalkans ten gevolge van externe gebeurtenissen:
    - Uitval door verloren lading onder deuren;
    - Uitval door aanvaring (beide deuren uitgeschakeld);
    - Uitval keersluis door blikseminslag;

De analyseresultaten in de diverse werkbladen zijn gekoppeld aan cellen in het werkblad Generieke modellen.



Figuur 3-2 Generieke datasheet FTA

De werkmap wordt geïmporteerd in het FTA model vanuit de RWB software van Isograph met behulp van de import-template in Bijlage 3. Zo wordt geborgd dat met consistente brondata wordt gerekend in de FTA. Eventuele wijzigingen in brondata zijn zo eenvoudig door te voeren.

3.3 Uitwerking Reservedelenanalyse

De reservedelenanalyse wordt slechts uitgewerkt indien hiertoe de noodzaak ontstaat. Dit wil zeggen dat hiertoe wordt overgegaan indien uit de FTA blijkt dat de faalkanseis niet wordt gehaald in verband met levertijden van vervanging voor bepaalde gefaalde onderdelen, waardoor het op voorraad leggen hiervan noodzakelijk wordt.

3.4 Uitwerking Onderhoudsanalyse

In het kader van de FMECA is samen met de beheerder gekeken naar de hersteltijden van falende componenten en systeemdelen. Er is gekeken naar werkinstructies en testprotocollen die voorhanden zijn voor de Keersluis.

Het advies is gegeven om in ieder geval wel een protocol vast te leggen voor de handmatige sluiting van de Keersluis. Dit wordt al wel periodiek getest, maar lag nog niet vast in een protocol.

Een nadere analyse en eventuele aanscherping van de wijze en frequentie van onderhoud en te verrichten tests wordt slechts uitgevoerd indien hiertoe uit de FTA een noodzaak blijkt, omdat anders de faalkanseis niet wordt gehaald.

4. Resultaten RAMS Analyse

4.1 Resultaten FMECA

Uit de FMECA is een lijst naar voren gekomen met kritische faalwijzen die kwantitatief geanalyseerd dienen te worden. Zie Bijlage 2 voor de volledige lijst, hieronder staat een korte samenvatting.

4.1.1 Aandrijving

Het falen van beide elektromotoren, tandwielkasten, aandrijfassen, reductiekasten, rondsels, pennenbanen, hijskabels (inclusief bevestigingen) zorgt ervoor dat geen van beide deuren kan worden gesloten. In dat geval faalt het sluitproces. Dit moet nader worden geanalyseerd.

4.1.2 Bediening en besturing

Het falen van een combinatie van PLC, touchscreen en schakelkast, of het spontaan activeren van een noodstop zorgt in ieder geval voor een vertraging in het sluiten van de deuren van de Keersluis en moet dus ook nader worden geanalyseerd.

4.1.3 Civiele constructie

Het falen van de civiele constructie leidt zonder meer tot het niet kunnen sluiten van de Keersluis. De kans hierop is zeer klein vanwege de dimensionering, maar het dient toch nader te worden geanalyseerd vanwege de lange duur van eventuele gevolgen ervan.

Het betreft falen door oorzaken anders dan belasting door hoog water. Het gaat om oorzaken als betonrot, verweren, slijtage, diverse schades. Hierdoor wordt de 'vrije loop' van de hefdeuren belemmerd. Deze faalwijzen zijn gekwantificeerd op basis van cijfers van andere civiele objecten.

Specifiek benoemd wordt de mogelijkheid tot scheeflopen van een deur (via faalwijze CIV_05 in de FMECA, het niet geleiden van de deurbeweging). Gegeven de gebalanceerde ophanging, het aandrijfmechanisme met rondsels en pennenbanen en de geleiding door middel van geleidewielen zouden meerdere onderdelen gelijktijdig moeten falen om scheefloop van de deur überhaupt mogelijk te maken.

De combinatie van kansen hierop is zodanig klein dat deze niet meer als realistisch wordt gezien. Dit geldt nog sterker voor scheefloop van beide deuren tegelijk, deze zijn geheel onafhankelijk opgehangen en aangedreven.

Het mechanisme scheefloop is hiermee beschouwd maar als niet maatgevend niet meegenomen in de FTA.

Eenzelfde beschouwing kan worden gemaakt over de aanvaarconstructie. Het scheepvaartverkeer dat de keersluis nadert, doet dat met voorgeschreven geringe maximumsnelheid. De mogelijke aanvaarsnelheid is gezien de vaarroute vanuit de Maas naar de Keersluis ook beperkt.

Er zijn twee gelijke deuren met een onderlinge tussenafstand van een paar meter, gegeven de scheepvaartklasse en de voorgeschreven geringe maximumsnelheid is het niet realistisch denkbaar dat door alleen technisch falen een schip dat nadert beide deuren zodanig beschadigt dat de kerende functie van de Keersluis niet meer kan worden ingevuld.

Overige (externe) faaloorzaken worden als niet realistisch en dus verwaarloosbaar beschouwd in .

4.1.4 Deuren

Indien beide deuren zelf constructief falen, faalt de functie sluiten van de Keersluis. Ook hiervoor geldt dat de kans zeer klein is, maar de gevolgen langdurig. Ook dit wordt nader geanalyseerd.

Dit falen van de deuren wordt veroorzaakt door andere oorzaken dan belasting met hoog water. Denk aan zaken als metaalmoeheid, slijtage, roest, etc. Dit kan de deurbeweging belemmeren.

4.1.5 Energievoorziening

Het uitvallen van de energieverdeling en back-up energievoorziening leidt tot tenminste vertraging in het sluiten van de Keersluis en om deze reden wordt dit nader geanalyseerd.

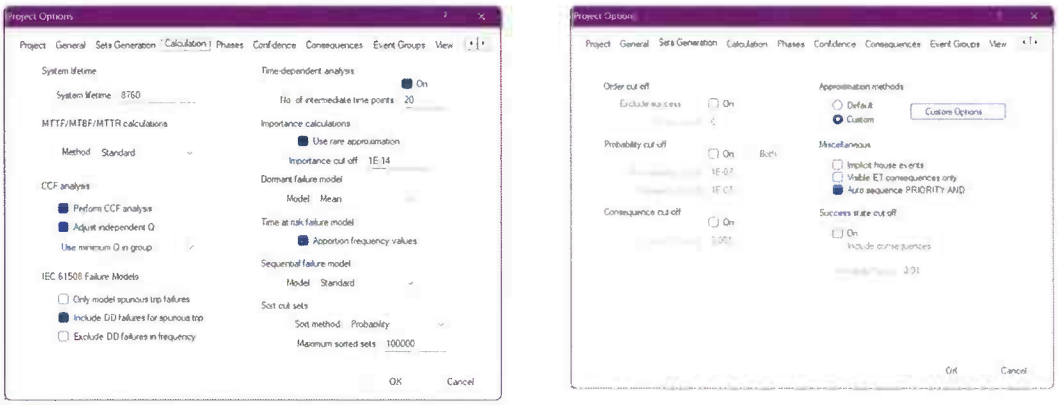
4.2 Resultaten FTA

4.2.1 Rekenresultaten FTA

De FTA is gemodelleerd als hiervoor beschreven en in overleg met de Keersluisbeheerder van faalgegevens en herstelgegevens voorzien. De resultaten staan in Bijlage 3 (de genoemde bestanden), hierna wordt (kort) besproken wat de belangrijkste rekenresultaten zijn.

Het model is doorgerekend met de volgende belangrijkste parameters:

System life time	:	8760 uur (d.w.z. resulterende waarden gelden voor 1 jaar!)
CCF analyse	:	Ja
Time-dependent analysis	:	On, 20 time points
Importance cut-off	:	1 e-14
Order cut-off	:	Off



Figuur 4-1 Instellingen RWB

De berekende resultaten voor de belangrijke gates in het FTA model zijn hieronder weergegeven in Tabel 4-1:

Gate	Unavailability	CFI (/u)	Verwacht falen (aantal / jaar)	Total down time (u/jr)
KSLS_SLUIT_NIET	1,402 e-9	7,874 e-13	6,925 e-9	1,177 e-6 (*)
SLUITEN_FAALT	2,456 e-5	1,379 e-7	0,001213	0,2063 (**)
SLUITEN_PR_FAALT (Z23)	0,0001811	1,016 e-6	0,008936	1,521 (**)
SLUITEN_HERST_FAALT (Z24)	0,1356			

Tabel 4-1 Resultaten belangrijke gates FTA

(*) Dit is uren per kalenderjaar, de rekenperiode van het model

(**) Dit is uren per jaar sluitproces, dit is uitgesmeerd over vele jaren

4.2.2 Cut sets

De cut sets of deelverzamelingen van een FTA laten zien welke onderdelen van het systeem de grootste bijdragen leveren aan het overall rekenresultaat. Op basis hiervan kan worden bepaald waar eventuele optimalisaties het meest effectief kunnen zijn.

De belangrijkste resultaten voor deze FTA zijn de cut sets van de gate SLUITEN_PR_FAALT. Deze geven de bijdragen van het technische systeem aan het niet kunnen sluiten van de Keersluis, los van een eventuele herstelactie of de blootstelling aan de faalkans van de techniek. In Tabel 4-2 staat de top 25 hiervan weergegeven.

RWB V15.0	Cut Sets for Gate SLUITEN_PR_FLT Keersluis Cuijk						
Nr	**Cut set**	**Cut set event descriptions**	**Unavailability**	**Frequency**	**Unavailability importance**	**Frequency importance**	**Order**
1	CCF Deur	Common cause falen sluisdeur	4,197e-5	5,703e-8	23,17%	5,61%	1
2	CIV_BBES_FLT	Bodembescherming keersluis faalt	3,835e-5	1,142e-7	21,17%	11,24%	1
3	CCF Hijskabel	Common cause falen hijskabel	2,364e-5	1,424e-7	13,05%	14,02%	1
4	CCF Rondsel	Common cause falen rondsel	1,224e-5	2,354e-7	6,76%	23,17%	1
5	CCF Pennenbaan	Common cause falen pennenbaan	9,473e-6	5,707e-8	5,23%	5,62%	1
6	CCF Hijskabelbevestigin g	Common cause falen hijskabelbevestiging	7,533e-6	5,707e-8	4,16%	5,62%	1
7	CCF E-motor	Common cause falen elektromotor	6,636e-6	7,575e-10	3,66%	0,07%	1
8	CCF Tandwielkast	Common cause falen tandwielkast	5,795e-6	4,39e-8	3,20%	4,32%	1
9	CCF Reductiekast	Common cause falen reductiekast	5,795e-6	4,39e-8	3,20%	4,32%	1
10	CIV_VLR_FLT	Vloer keersluis faalt	3,836e-6	1,142e-8	2,12%	1,12%	1
11	CIV_HFT_FLT	Heftoren sluisdeuren faalt	3,836e-6	1,142e-8	2,12%	1,12%	1
12	CIV_KWS_FLT	Kwelschermen keersluis falen	3,836e-6	1,142e-8	2,12%	1,12%	1
13	CIV_FUND_FLT	Fundering keersluis faalt	3,836e-6	1,142e-8	2,12%	1,12%	1
14	CCF Sponning	Common cause falen sponnning	1,918e-6	5,708e-9	1,06%	0,56%	1
15	CCF Aandrijfas	Common cause falen aandrijfas	1,142e-6	3,171e-8	0,63%	3,12%	1
16	DEUR_SD_VU_RZ. DEUR_SD_VU_HZ	Sluisdeur (keermiddel) faalt RZ Sluisdeur (keermiddel) faalt HZ	6,36e-7	1,728e-9	0,35%	0,17%	2
17	DEUR_SD_VU_RZ. AAND_HSK_VU_H ZW	Sluisdeur (keermiddel) faalt RZ Hijskabel faalt HZ West	3,583e-7	2,645e-9	0,20%	0,26%	2
18	AAND_HSK_VU_R ZO.DEUR_SD_VU_ HZ	Hijskabel faalt RZ Oost Sluisdeur (keermiddel) faalt HZ	3,583e-7	2,645e-9	0,20%	0,26%	2
19	AAND_HSK_VU_R ZW.DEUR_SD_VU _HZ	Hijskabel faalt RZ West Sluisdeur (keermiddel) faalt HZ	3,583e-7	2,645e-9	0,20%	0,26%	2
20	DEUR_SD_VU_RZ. AAND_HSK_VU_H ZO	Sluisdeur (keermiddel) faalt RZ Hijskabel faalt HZ Oost	3,583e-7	2,645e-9	0,20%	0,26%	2
21	CCF Noodeindschakelaa r	Common cause falen noodeindschakelaar	2,891e-7	2,409e-8	0,16%	2,37%	1
22	CCF Voedingskabel E-motor	Common cause falen voedingskabel E-motor	2,16e-7	6e-9	0,12%	0,59%	1
23	AAND_HSK_VU_R ZO.AAND_HSK_VU _HZO	Hijskabel faalt RZ Oost Hijskabel faalt HZ Oost	2,018e-7	2,431e-9	0,11%	0,24%	2
24	AAND_HSK_VU_R ZW.AAND_HSK_V U_HZO	Hijskabel faalt RZ West Hijskabel faalt HZ Oost	2,018e-7	2,431e-9	0,11%	0,24%	2
25	AAND_HSK_VU_R ZO.AAND_HSK_VU HZW	Hijskabel faalt RZ Oost Hijskabel faalt HZ West	2,018e-7	2,431e-9	0,11%	0,24%	2

Tabel 4-2 Top 25 cut sets SLUITEN_PR_FLT

5. Conclusie RAMS Analyse

5.1 Resultaten V&V

5.1.1 Rekenresultaten

In de resultaten in Tabel 4-1 is één resultaat gearceerd. Dit is het rekenresultaat dat we toetsen aan de gewenste faalkans voor het sluiten van de Keersluis, zoals die is afgeleid in 2.3.1 en vastgelegd in Tabel 2-2.

Faalkans oorzaak	Faalfrequentie Keersluis (-/uur missie)	Faalfrequentie-resultaat (-/uur missie)	Resultaat voldoet aan wens
Falen sluiting keermiddelen Cuijk	< 1,600 e-5	1,016 e-6	Ja

Tabel 5-1 Verificatie faalfrequentie keermiddelen richting gewenst resultaat

Conclusie: de faalfrequentie van sluiten van de keermiddelen van de Keersluis (het technische systeem inclusief alarmering en mobilisatie) voldoet aan de gewenste maximale waarde.

Dit betekent, omgerekend voor de faalkans per kalenderjaar, als we rekening houden met de missieduur van 0,05 uur per jaar, ter beoordeling in de BSKW rapportage, het volgende, in relatie tot Tabel 1-1:

Faalkans oorzaak	Faalfrequentie-eis BSKW	Faalfrequentie-resultaat sluiten	Aandeel Keersluis Cuijk faalkans-ruimte BSKW
Faalkans niet sluiten kunstwerk	< 4 e-6 / jaar	5,53 e-8 / jaar (= 0,05 uur missie / jaar * 1,016 e-6 / uur missie)	1,4 %

Tabel 5-2 Verificatie faalkanseis keermiddelen Keersluis Cuijk richting BSKW

Het falen van het sluiten van Keersluis Cuijk draagt ongeveer 1,4% bij aan het totaal budget voor de faalkans van sluiting van kunstwerken in het normtraject 36-2. In deze bijdrage is de herstelactie via handmatige sluiting niet meegerekend, deze blijft als extra maatregel mogelijk.

5.1.2 Cut sets

Uit de top 25 cut sets in Tabel 4-2 blijkt, dat de eerste 15 hiervan 1e orde cut sets zijn. Pas daarna komt de eerste 2e orde cut set. Van die 1e orde cut sets in dit overzicht zijn 10 van de 15 CCF factoren. De gezamenlijke bijdrage hiervan bedraagt 84%.

Dit wil zeggen dat voor het systeem het maximale effect van redundantie vrijwel is bereikt. De 5 overige 1e orde cut sets in de top 15 zijn allemaal civiele onderdelen van het systeem. Hieruit valt op te maken dat het systeemontwerp min of meer optimaal is, er valt qua faalfrequentie/niet-beschikbaarheid niet veel winst te boeken via het ontwerp. Eventueel benodigde verbeteringen liggen dan ook in wijzigingen van het gebruik en het onderhoud van de Keersluis.

De top-25 van de cut sets laat verder zien dat op de bodembescherming na, de 'vaste' civiele onderdelen samen ongeveer 10% bijdragen aan de totale niet beschikbaarheid ten gevolge van falen. Dit is in lijn met analyseresultaten van andere (water-)infrastructuur.

De bodembescherming (steenbestorting) kan door omwoelen vanwege schroefbewegingen van scheepvaart ondermijnd worden en schade ondervinden, de faalkans van de bodembescherming is mede op basis hiervan groter ingeschat.

Deze gevonden waarden geven het vertrouwen, dat zelfs als de schattingen voor de civiele onderdelen iets te optimistisch blijken, nog altijd kan worden voldaan aan de faalkanseis.

5.1.3 Duiding resultaat

Het verschil tussen de gevonden waarde en eerdere analyse is relatief groot. Hiervoor zijn een aantal oorzaken te benoemen in het systeem en in het gebruik ervan:

- Het systeem keersluis is qua configuratie zeer robuust, er is een ruime mate van redundantie toegepast:
    - De normale bediening via PLC heeft als back-up een handbediening op de motoren en als noodvoorziening kunnen de hefdeuren ook handmatig worden neergelaten;
    - De keermiddelen (hefdeuren) zijn ook redundant, tot en met de aandrijving;
    - De energievoorziening is voorzien van back-up door de mogelijkheid om een NSA aan te voeren, hiervoor zijn leverafspraken met zeker twee leveranciers;
- Om onmerkbaar falen door geringe missie-frequentie en -duur tegen te gaan wordt de sluiting maandelijks geoefend, waarvan 1 maal per jaar de handmatige sluiting en 1 maal per half jaar de sluiting 'op noodstroom'. Hierdoor is het routine-niveau bij de bedienaars voldoende groot;
- Er wordt gewerkt met protocollen en instructies voor de diverse bedienhandelingen;
- Na een sluitvraag (noodzaak tot sluiting) is er ruim voldoende tijd voor mobilisatie via diverse kanalen. Externe factoren die het bereiken van de Keersluis zouden hinderen spelen hierbij slechts een geringe rol;
- De tijd om herstelmaatregelen te treffen bij optredend falen is voldoende groot om in de meeste gevallen te voorkomen dat optredend falen ook fataal wordt voor het vervullen van de sluitvraag.

5.2 Aandachtsgebieden onderhoud en gebruik

Er zijn weinig gebieden die extra onderhoud verdienen. Wel is het conditioneren van de civiele infrastructuur en de deuren belangrijk, dit om de geldigheid van de gedane aannames over faalfrequentie/levensduur hiervan te borgen.

De aanbeveling is gedaan om ook de handmatige sluitingsprocedure, die wel regelmatig geoefend wordt, vast te leggen in de protocollen. Dit wordt gedaan.

6. Vervolgstappen

6.1 Vervolgstappen

6.1.1 Evalueren onderhoudsconcepten

Het maandelijks uitvoeren van de testsluiting is een goede frequentie om enerzijds het ongemerkt falen van delen van het systeem te voorkomen. Wel verdient het aanbeveling om voor de handmatige sluiting van de Keersluis nog een protocol op te stellen, dit om de kennis hieromtrent te borgen naar de toekomst. Bijkomend voordeel is dat zo de faalkans van de herstelactie nog verder verkleind wordt.

Algemeen geldt tevens, dat het te verrichten periodiek onderhoud, alsmede de resultaten ervan, goed gedocumenteerd dienen te zijn. Op deze wijze is het beheer van de Keersluis ook toekomstbestendig.

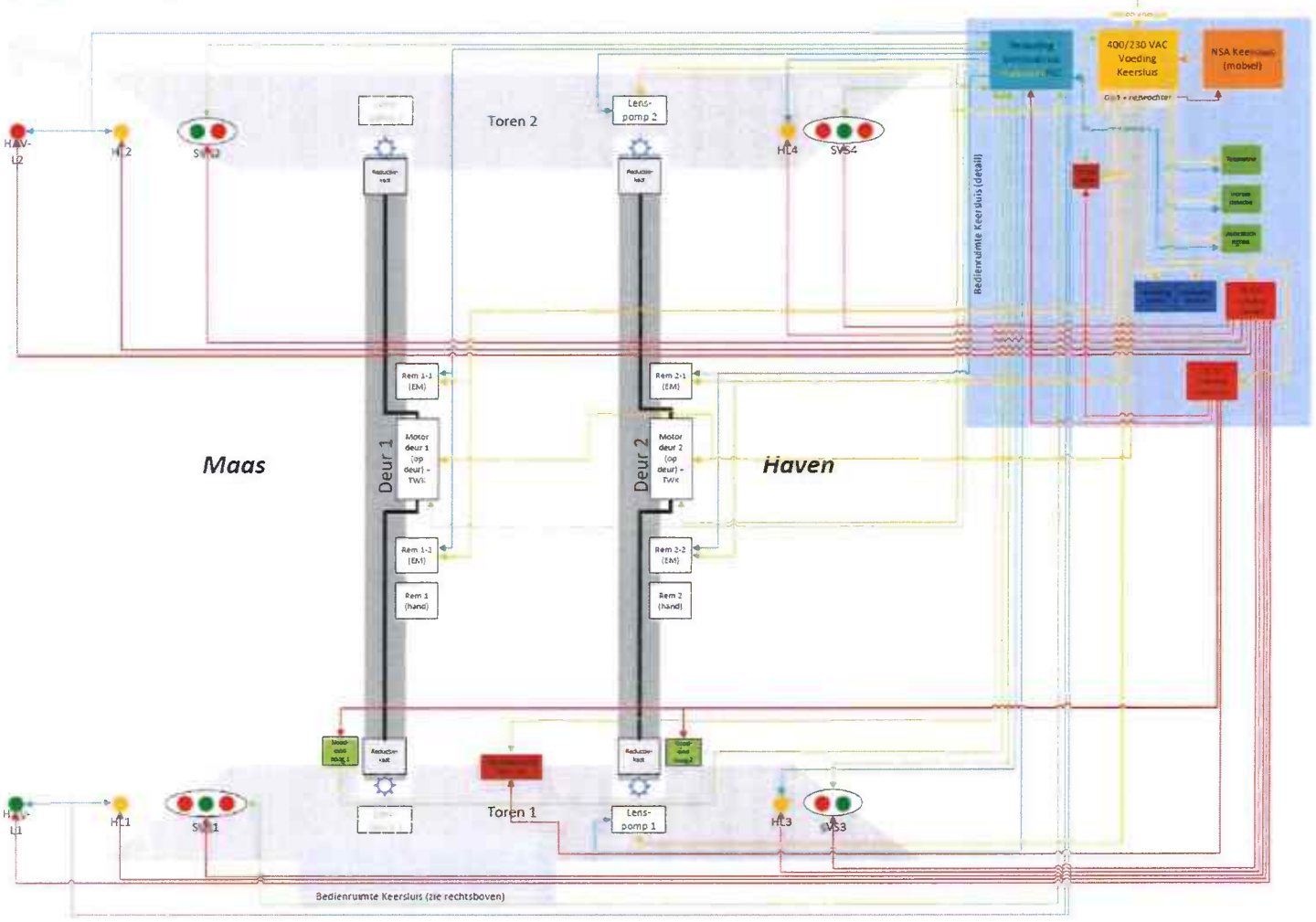
6.1.2 Updaten Risicoanalyse

Het is een mogelijkheid om, in het geval dat gestelde faalkanseisen verder worden aangescherpt in de toekomst, hierop te anticiperen door het beheer van de risicoanalyse periodiek te maken.

Hiervoor zou dan een PDCA cyclus (Deming cycle) kunnen worden ingericht, waarbij periodiek onderhouds- en faaldata worden verwerkt in een actualisatie van de risicoanalyse. Deze groeit hiermee steeds verder toe naar de praktijksituatie. Ook wordt de ontwikkeling van het faalgedrag door de tijd zichtbaar, waardoor toekomstig groot onderhoud of benodigde aanpassingen voorspelbaar worden.

Het resultaat hiervan is inzicht in de kwetsbaarheden in het systeem (waar en hoe) en de mogelijkheid hierop gericht te optimaliseren. Zo blijft de Keersluis ook in de toekomst voldoen aan de faalkanseisen.

Bijlage 1. Systeemoverzicht



Figuur B1-1 Overzicht Systeem Keersluis Cuijk

Bijlage 2. FMECA Resultaten

Zie bestand FMECA_Keersluis_Cuijk_2.0.xlsm voor de FMECA die is uitgevoerd. Hieronder staat een overzicht van de gevonden kritische faalwijzen, deze is in het gelijknamige werkblad te vinden



Figuur B2-1 Kritische Faalwijzen FMECA

Bijlage 3. FTA en resultaten

Zie bestanden:

Model:

- Keersluis_Cuijk_v2.0.rwb
- Keersluis_Cuijk_diagram.pdf

Input data:

- Generieke data_Cuijk v2.0.xlsx
- RWS Opschepmodel 2013 v2.0 keersluis Cuijk (met wachtwoord).xlsm
- Tool beslismodel externe gebeurtenissen - versie 2.0 keersluis Cuijk.xlsm
- Analyse externe gebeurtenissen - Keersluis Cuijk.pdf

Resultaat:

- Cut_sets_gate_sluiten faalt.pdf
- Cut_sets_gate_sluitproces faalt_Z23.pdf
- Cut_sets_gate_sluiten herst faalt_Z24.pdf

Extra:

- Cuijk_import_models_1.rwb-impx

Sluitprotocol:

- AKW 188 Keersluis Cuijk_sluitprotocol

Grondwatermodel: Cuijk - Ravenstein

Waterschap Aa en Maas

3 oktober 2023 - Public

Inhoudsopgave

1 Inleiding 5

1.1 Doel 6

2 Werkwijze en uitgangpunten 7

2.1 Algemene werkwijze 7

2.2 Bestaande modellen 7

2.3 Koppeling GRAM en MORIA 7

2.4 Modelgebied 8

3 Modelverbeteringen 9

3.1 Zomerbed 9

3.2 Uiterwaarde en achterland 10

3.3 Open water 10

3.4 Deklaagweerstand 10

3.5 Waterhuishouding 12

3.6 Diepe ondergrond (REGIS, anisotropie, breuken en onttrekkingen) 12

3.7 Hoogwatergolf 13

3.8 MetaSWAP & berging 16

3.9 Drainage parameters bij inundatie (drains en ponding) 16

3.10 Samenvatting modelverbeteringen 16

4 Gevoeligheidsanalyse 18

4.1 Parameter aanpassingen 18

4.2 Resultaten gevoeligheidsanalyse 18

4.3 Conclusie gevoeligheidsanalyse 22

5 Modelresultaten (validatie) 24

5.1 Validatiemetingen 24

5.2 Resultaten T=10 (2021) 26

5.3 Resultaten T=10 (2011) 28
5.4 Conclusie validatie 29

6 Conclusie en aanbevelingen 30

Bijlagen

Bijlage A – Koppeltabellen 32

Bijlage B – Technische specificatie modelverbetering 35

B-1: Technische specificatie modelverbetering: zomerbed 35
B-2: Technische specificatie modelverbetering: Uiterwaarde en achterland 35
B-3: Technische specificatie modelverbetering: Open water 35
B-4: Technische specificatie modelverbetering: Deklaagweerstand 36
B-5: Technische specificatie modelverbetering: Waterhuishouding 36
B-6: Technische specificatie modelverbetering: Diepe ondergrond 37
B-7: Technische specificatie modelverbetering: Hoogwatergolf 37
B-8: Technische specificatie modelverbetering: Metaswap en berging 37

Bijlage C – Grafieken gevoeligheidsanalyse en kalibratie 39

Bijlage D – Grafieken validatie 40

Bijlage E – Runfiles definitieve model 41

Colofon 42

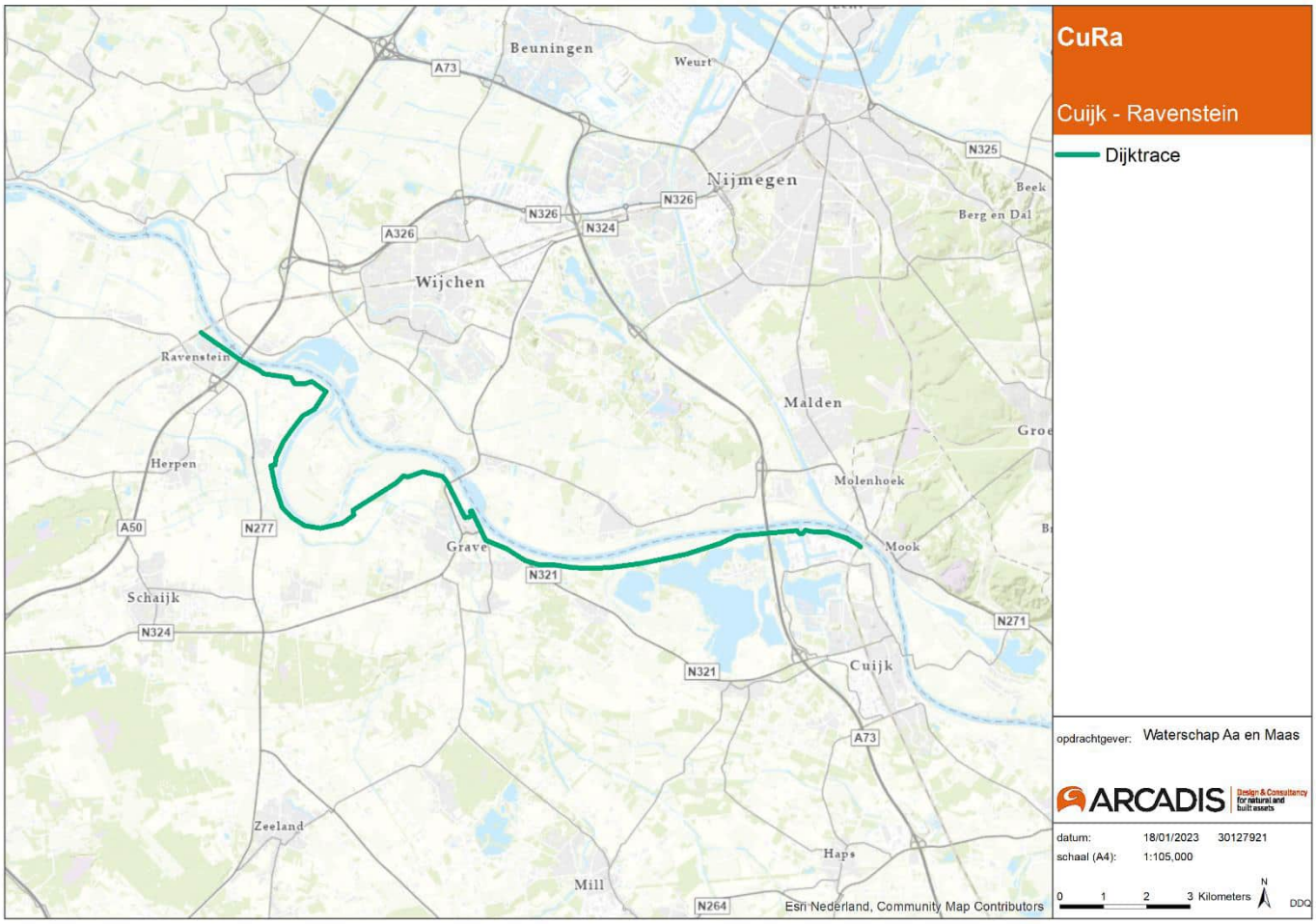
1 Inleiding

De aanleiding van dit onderzoek is in de ‘Nadere offerteaanvraag Raamovereenkomst Integrale Technische Advisering (ROK ITA): Geohydrologisch model Cuijk – Ravenstein V2’ geformuleerd:

“Waterschap Aa en Maas treft de voorbereidingen voor de dijkversterking van het traject 36-2, startend bij DP 174 de spoorbrug bij Katwijk en eindigend bij DP 382 voorbij de A50 aan de zijde van Ravenstein. Het project bevindt zich in de verkenningsfase. Eind 2022 zal een Voorkeursalternatief (VKA) zijn vastgesteld. Het traject kent een versterkingsopgave voor de sporen hoogte, piping en stabiliteit binnenwaarts.”

“Uit ervaringen van het naastgelegen traject 36-3 Ravenstein – Lith, projectnaam Meanderende Maas (MeMa) is gebleken dat met behulp van een geohydrologisch model van het gebied stijghoogtes van grondwaterstanden onder en buiten de dijk bij hoogwatersituaties met voldoende betrouwbaarheid zijn te berekenen. Bij toepassing van deze stijghoogtes in piping- en stabiliteitsberekeningen kan een betrouwbaarder beeld van de opgave vastgesteld worden en daarmee een optimalisatie plaatsvinden.”

Waterschap Aa en Maas wil het grondwatermodel Aa en Maas (GRAM) bij de Maas verbeteren langs het dijktraject: Cuijk – Ravenstein (Figuur 1) zodat het model ook geschikt is voor het berekenen van pieksituaties (T=10). In dit rapport is de ontwikkeling van deelmodel Cuijk-Ravenstein (CuRa) beschreven, evenals de uitgevoerde modelverbeteringen.



Figuur 1 | Dijktraject: Cuijk - Ravenstein.

1.1 Doel

Voor geotechnische berekeningen is de stijghoogte in de omgeving van de dijk bij hoogwatersituaties vereist. Het doel van dit project is het verbeteren van het grondwatermodel om de stijghoogte in de omgeving van de dijk, zowel binnen- als buitendijks, zo nauwkeurig mogelijk te berekenen tijdens een hoogwaterperiode (T=10). Het grondwatermodel moet betrouwbaar zijn voor het nemen van beslissingen in het kader van waterbeheersing en veiligheid van dijken

2 Werkwijze en uitgangpunten

2.1 Algemene werkwijze

In dit project is het grondwatermodel van Aa en Maas (GRAM 3.0) gedetailleerd en verbeterd voor dijkverbetering Cuijk-Ravenstein. Het model is opgezet in iMOD (versie 5.4) op de rekenserver van waterschap Aa en Maas. Om het basismodel te creëren, zijn twee bestaande regionale grondwatermodellen (GRAM en MORIA) gekoppeld op basis van hydrogeologische formaties uit REGIS II v2.2. Vervolgens zijn er modelverbeteringen uitgevoerd op regionale schaal (resolutie van 100 m). De aanpassingen op het topsysteem zijn voor het deelmodel op een 25 m resolutie uitgevoerd. De modelinvoer is tussentijds aangepast en verbeterd (gevoeligheidsanalyse en kalibratie). De (tussen)resultaten van deze modelverbeteringen zijn niet opgenomen in deze rapportage. Alleen de definitieve modelverbeteringen zijn beschreven.

Na de definitieve modelverbeteringen, zijn nieuwe gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om inzicht te krijgen in de parameters waarvoor kalibratie zinvol is. In overleg met het waterschap is geen kalibratie op de definitieve modelverbeteringen uitgevoerd. Uit de gevoeligheidsanalyse bleek dat kalibratie van de gekozen modelparameters niet zou leiden tot een beter modelresultaat. De modelverbeteringen zijn op een resolutie van 25 m gevalideerd voor het dijktraject Cuijk-Ravenstein. Bij de validatie is gekeken of de modelverbeteringen een positief effect hebben op de hoogwaterpiek van juli 2021 en januari 2011. De modelverbeteringen hebben geresulteerd in een grondwatermodel dat kan worden gebruikt voor het nemen van beslissingen in het kader van waterbeheersing en veiligheid van dijken.

2.2 Bestaande modellen

Het verbeterde grondwatermodel is gebaseerd op drie bestaande modellen:

GRAM 3.0
Het GRAM-model is het grondwatermodel in beheer van het waterschap Aa en Maas. Het oorspronkelijke interessegebied van het GRAM-model is het binnendijks beheergebied van waterschap Aa en Maas. Voor dit project moet over het traject Cuijk-Ravenstein het buitendijks gebied en (aangrenzend) modelgebied buiten het beheergebied van waterschap Aa en Maas verbeterd worden. In deze studie is GRAM3.0 als basismodel gehanteerd. De modelverbeteringen zijn toegepast volgens de modelstructuur en modelkeuzes van het GRAM-model.

MORIA v4.7
Regionaal modelinstrument MORIA wordt onder andere door waterschap Rivierenland gebruikt om het grondwatersysteem in het rivierengebied in beeld te brengen. De MORIA-parameters ten noorden van de Maas zijn gekoppeld aan het GRAM-model.

MeMa
Tauw heeft in opdracht van Aa en Maas een grondwatermodel opgesteld voor het project Meanderde Maas (MeMA). Het betreft het dijktraject Ravenstein – Lith (ten westen van Cuijk – Ravenstein. Veel modelkeuzes van MeMa zijn overgenomen in het Cuijk-Ravenstein-model (CuRa-model).

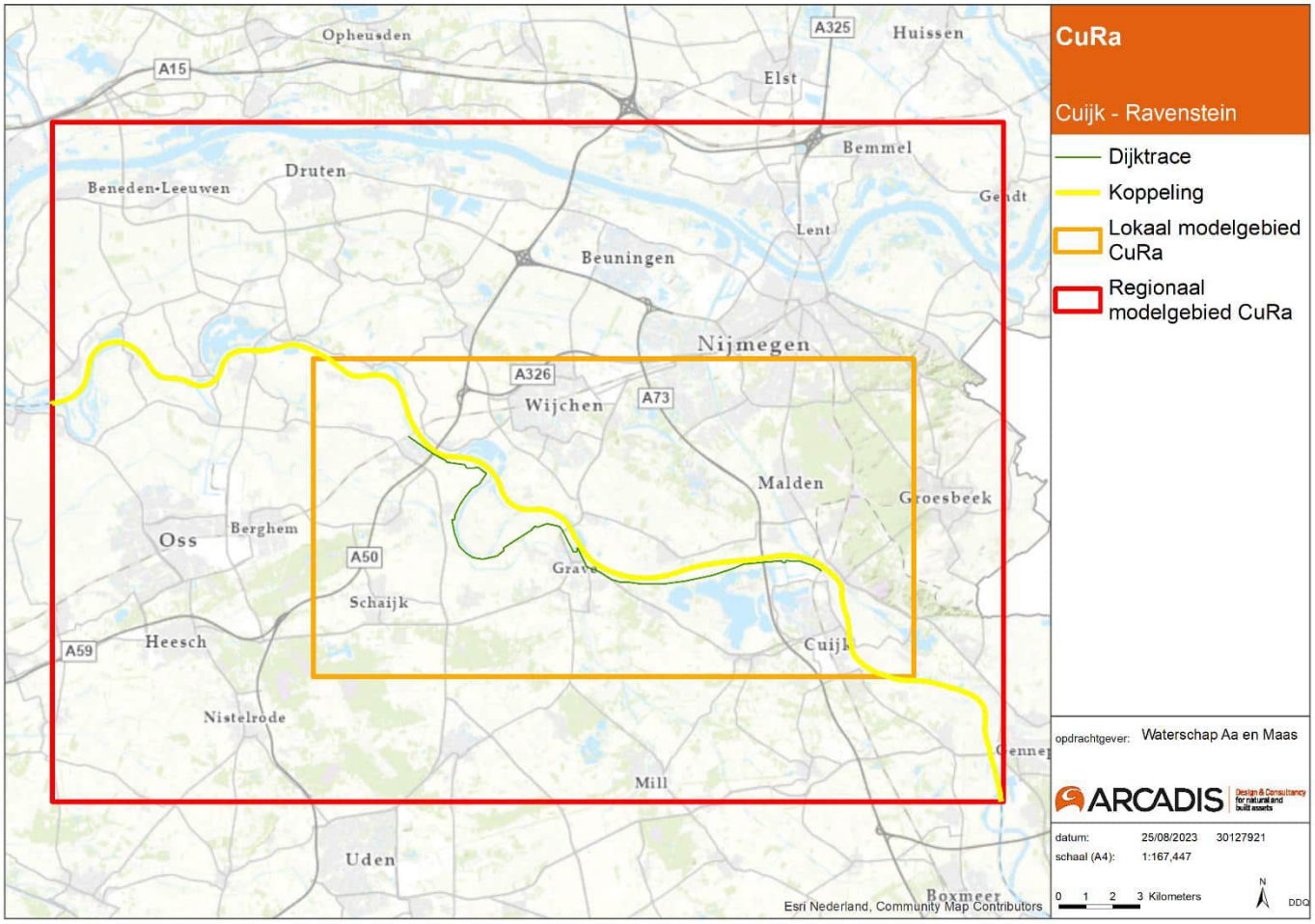
2.3 Koppeling GRAM en MORIA

In deze studie is het GRAM3.0 grondwatermodel uitgebreid ten noorden van de Maas door modelinvoer te koppelen met MORIA4.7. De modellagen, doorlaatvermogen (kD) en weerstanden (c) van MORIA4.7 zijn omgezet naar doorlatendheden (k_h en k_v) op basis van REGIS-formaties, vergelijkbaar met GRAM3.0. Hierdoor is de modelinvoer ten noorden van de Maas van MORIA 4.7 met GRAM3.0 gekoppeld. Bij de koppeling van de modellaag indeling is gestreefd naar een goede aansluiting van het doorlaatvermogen (kD; m^2/d) en weerstand (c; d). De koppeling is ter plaatse van het zomerbed van de Maas toegepast zodat eventuele verschillen tussen GRAM en MORIA zo min mogelijk effect hebben op de hydrogeologie. De koppeling van kD- en c-waarden zijn visueel geïnspecteerd en gecontroleerd door hydrologen van het waterschap en Arcadis. Omdat voor beide modellen de hydrogeologie van REGIS is gebruikt treden er geen grote overgangen (“sprongen”) in kD- en c-waardenop. De details van de laagkoppeling zijn te vinden in Bijlage A. De Maas is de zuidgrens van MORIA en noordgrens van GRAM. Modelinvoer zoals bijvoorbeeld onttrekkingen (wells), oppervlaktewater (rivs) en drainage (drn) zijn daarom als afzonderlijke invoerbestanden toegevoegd aan het gekoppelde model. Deze bestanden zijn gecontroleerd op dubbelingen.

2.4 Modelgebied

Het modelgebied bestaat uit twee afmetingen: een regionaal modelgebied waarin koppelingen en modelverbeteringen zijn toegepast, en een lokaal modelgebied dat gebruikt is voor kalibratie en validatie. Het regionale gebied heeft als doel de grondwaterstanden rondom het lokale modelgebied te berekenen. De grenzen van het lokale modelgebied zijn bepaald door de spreidingslengte te berekenen met behulp van de formule: spreidingslengte = 3*(√kD*c) voor Ravenstein, Grave en Cuijk:

- Ravenstein: 3.300 m
- Grave: 3.100 m
- Cuijk: 1.600 m



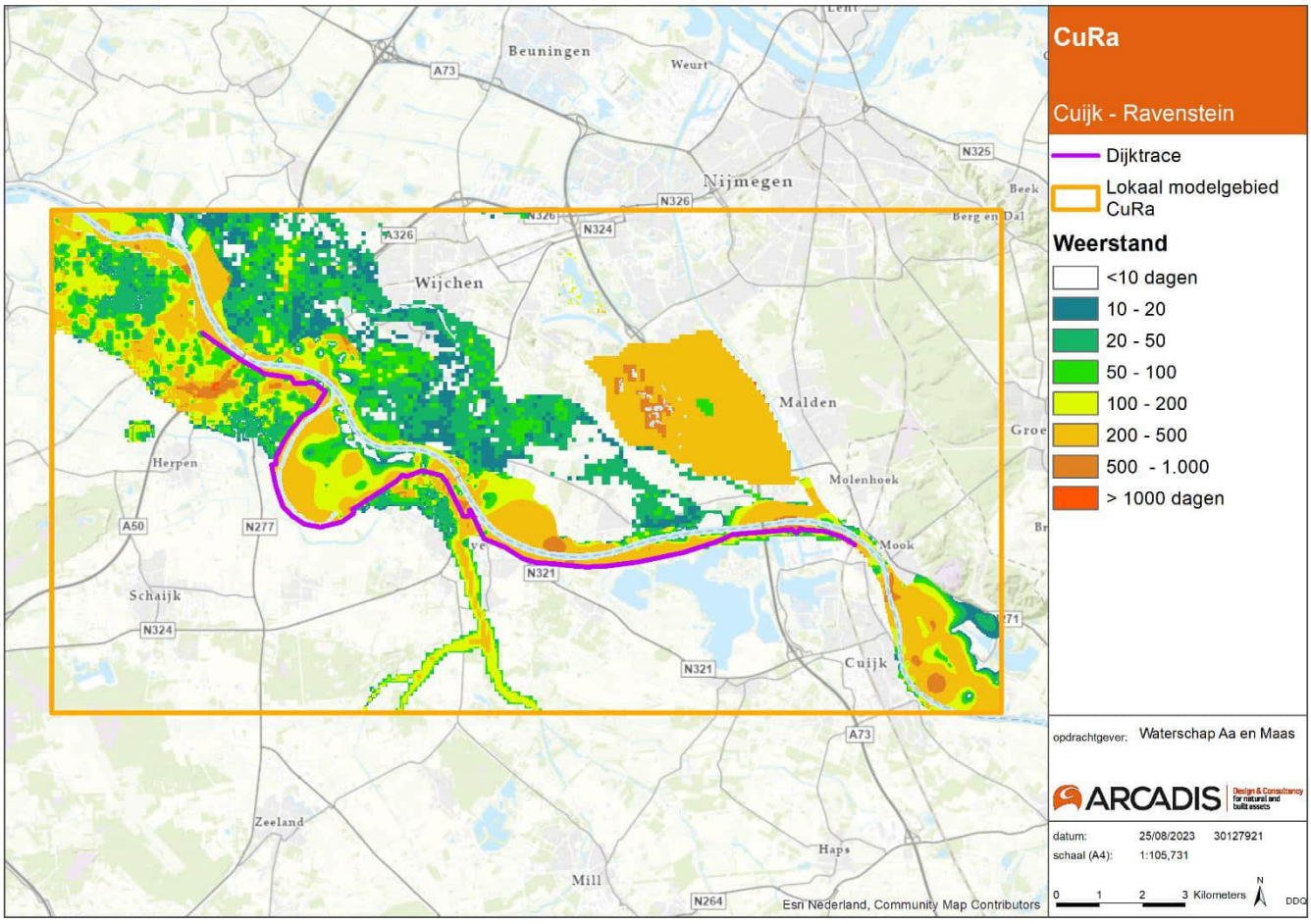
Figuur 2 | Modelgebieden grondwatermodel Cuijk-Ravenstein (CuRa).

3 Modelverbeteringen

In dit hoofdstuk zijn de uitgevoerde modelverbeteringen beschreven nadat de koppeling van GRAM3.0 en MORIA 4.7 is doorgevoerd. Hierbij is voortgebouwd op de aanpak van de geohydrologische modellering van de meanderende Maas (MeMa) door TAUW[1]. Bij elke modelverbetering is een samenvattende tabel opgesteld met de activiteit van de actielijst uit de uitvraag (zie Bijlage B).

3.1 Zomerbed

Uit gemeten stijghoogten, hydrogeologie en de bodemhoogte (bathymetrie) van de Maas is af te leiden dat de Maas in directe verbinding staat met het eerste watervoerende pakket. In GRAM 3.0 is in het zomerbed van de Maas nog een bodemweerstand van circa 250 dagen toegepast (met een hydraulische rivierbodemweerstand van circa 5 dagen (ISG)). Hierdoor hebben de waterstanden op de Maas (modelinvoer) een verminderd en vertragend effect op de berekende stijghoogten (modeluitvoer). Door de bodemweerstand in het zomerbed (zie Figuur 3) en de hydraulische rivierbodemweerstand van de Maas te verlagen naar 0,1 dag, hebben de Maaswaterstanden een grotere invloed op de berekende stijghoogten in het eerste watervoerend pakket. Dit komt beter overeen met de gemeten stijghoogten in het eerste watervoerend pakket. Zie Bijlage B-1 voor de technische specificatie van de modelverbetering.



Figuur 3 | Bodemweerstand in dagen (laag 1) na modelverbetering: Het zomerbed van de Maas heeft geen weerstand meer: De intreeweerstand is verwerkt in bodemweerstand. De afbeelding weergeeft ook de aanpassing van de weerstand in uiterwaarde (zie paragraaf 3.4)

[1] Beschrijving referentie grondwatermodel, Bijlage bij deelproduct 5: Kwantificering onzekerheden stijghoogte (10 november 2020). TAUW. Kenmerk R001-1269294BMP-V01-mdg-NL:

3.2 Uiterwaarde en achterland

Oppervlaktewater staat bij inundatie van het maaiveld doorgaans niet meteen direct in contact het met grondwater vanwege de onverzadigde zone en weerstand in de deklaag. Het is niet mogelijk om extra weerstand tijdsafhankelijk (bij een inundatie) aan de bodem toe te kennen (modelbeperking). Daarom is er gekozen om het maaiveld een extra 5 dagen bodemweerstand in de uiterwaarde toe te passen. In GRAM 3.0 is op sommige locaties nog geen weerstand toegekend. Hierdoor kan er bij een inundatie een te snelle piek worden berekend. Zie Bijlage B-2 voor de technische specificatie van de modelverbetering.

3.3 Open water

De Kraaijenbergse Plassen zijn de voornaamste plassen van omvang binnen het modelgebied. Binnen GRAM is een hoge doorlatendheid (1.000 m/d) toegekend aan modelcellen met open water. Dit was oorspronkelijk ongeveer 15 m/d. Dit komt niet overeen met het systeemgedrag omdat er dan geen vrije doorstroming wordt gesimuleerd. Open water heeft namelijk geen doorlatendheid en stroomt vrij door. Een kunstmatig hoge doorlatendheid benadert dit systeemgedrag beter. Zie Bijlage B-3 voor de technische specificatie van de modelverbetering.

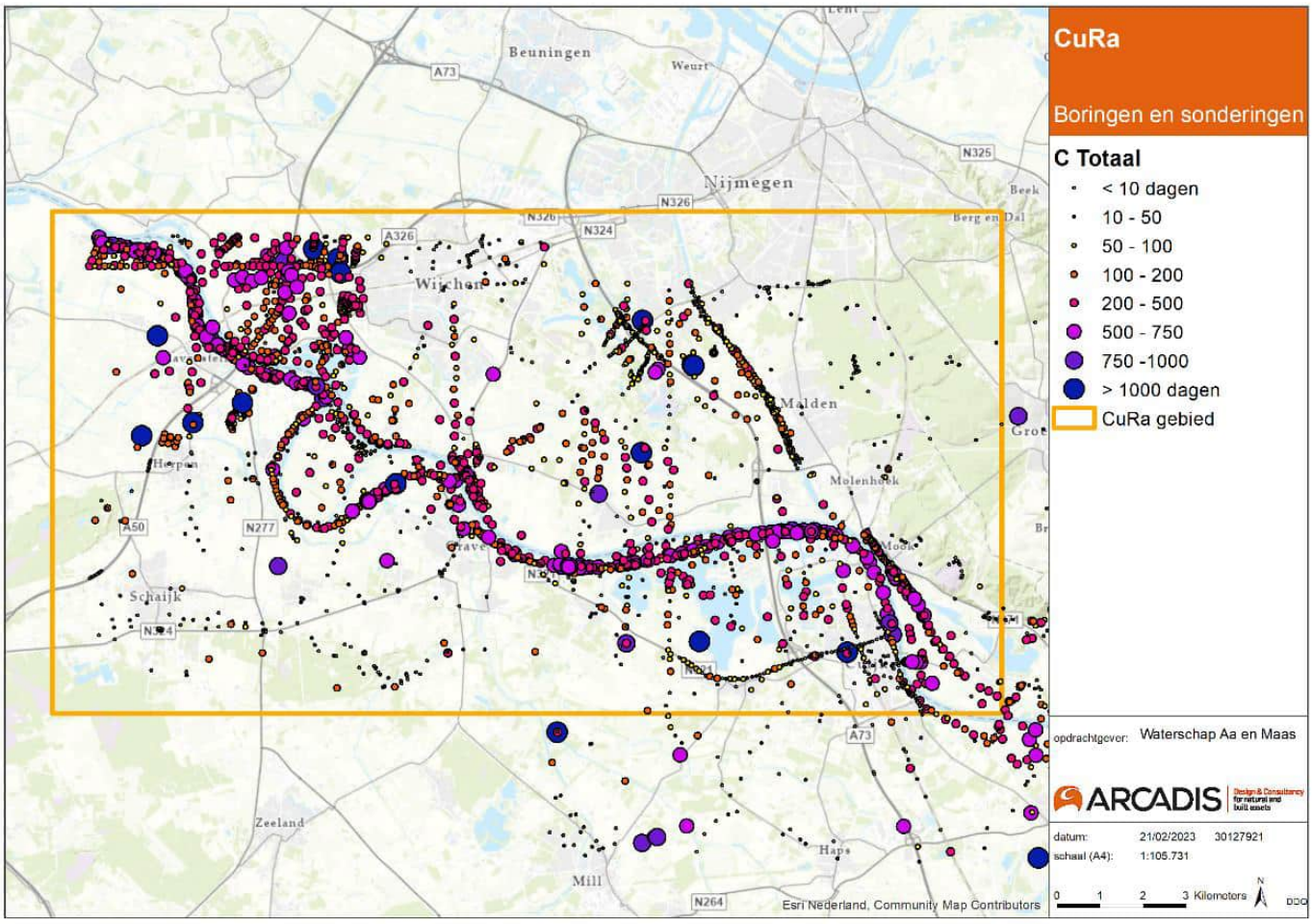
3.4 Deklaagweerstand

Het waterschap heeft aangegeven dat de gemodelleerde deklaagweerstand in de uiterwaarde onvoldoende representatief geschematiseerd is in GRAM. Door een interpolatie (methode: ‘topo-to-raster’) te maken van openbare en aanvullende ondergrondgegevens (boringen en sonderingen; Figuur 4 | Totale weerstand binnen 9 meter diepte van alle boringen en sonderingen (uitbijters en weerstanden zitten nog in deze set)Figuur 4) is er een nieuwe deklaag dikte geconstrueerd. Met verticale doorlatendheden uit Tabel 1 is vervolgens de weerstand van de nieuwe deklaag berekend (dikte / verticale doorlatendheid). Deze nieuwe deklaagweerstand is vervolgens gecontroleerd aan de hand van GeoTOP. Hierbij is onderzocht of de interpolatie een logisch geohydrologisch patroon heeft in de uiterwaarde. Deze controle is ook gedaan met de weerstanden van GRAM en MORIA.

Omdat de GRAM-modellagen niet aangepast mochten worden (voor het combineren van dit model met GRAM en het aanpassen van de overige lagen), is de nieuwe geïnterpoleerde deklaagweerstand gedeeld door de bestaande dikte van de modeldeklaag. De k_v die hieruit ontstaat is geen ‘echte’ k_v, maar een equivalente k_v (in het model ‘kv_interpolatie_v6’). Deze k_v kan door de onveranderde deklaagdikte mogelijk fysisch onrealistische verticale doorlatendheden hebben. Het model rekent met de juiste weerstand doordat de laagdikte wordt gedeeld door de (equivalente) k_v. Zie Bijlage B-4 voor de technische specificatie van de modelverbetering.

Tabel 1 | Gehanteerde verticale doorlatendheden voor bepalen weerstand.

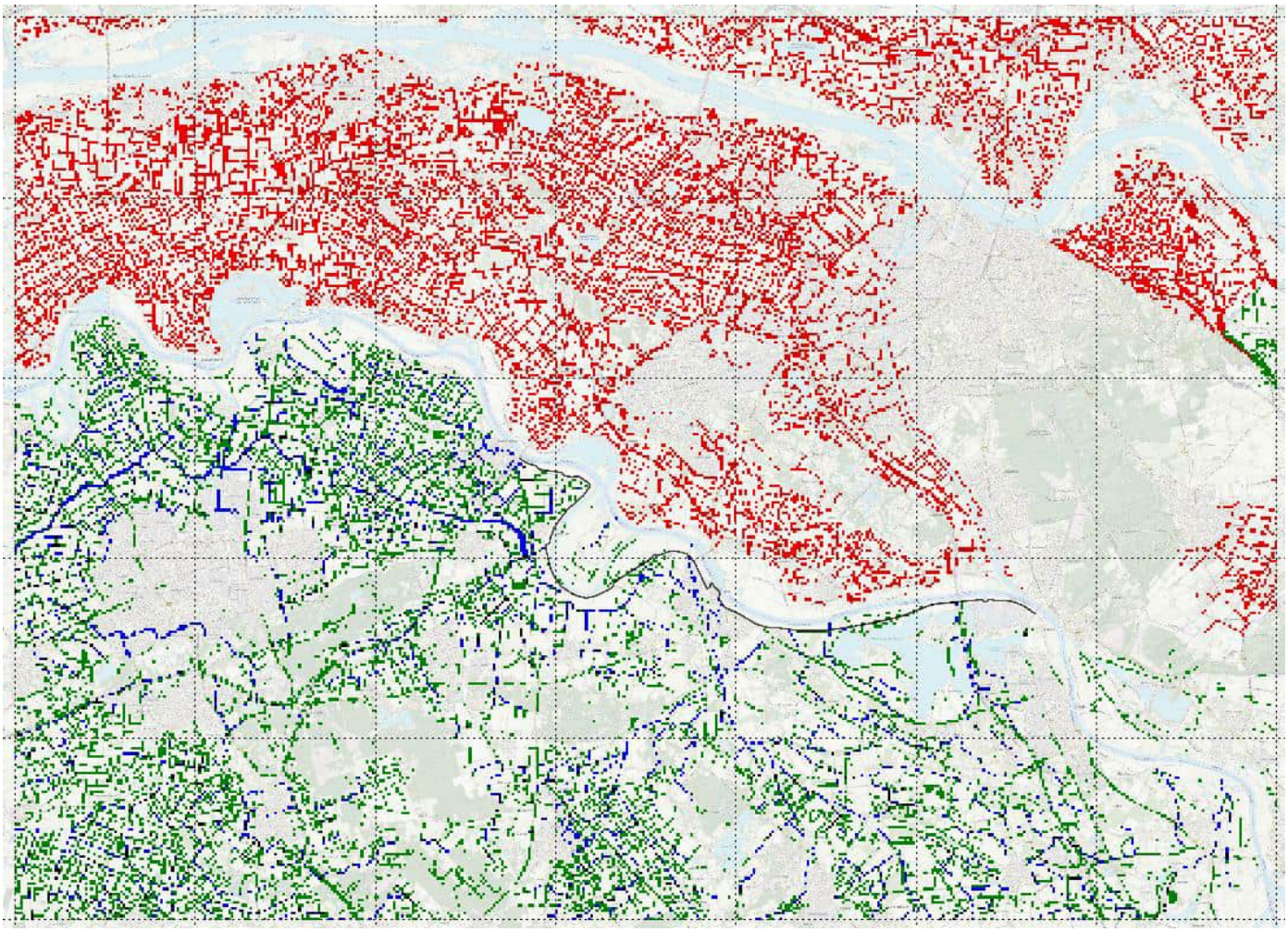
Lithologie	K_v [m/d]
Klei	0,01
Veen	0,01
Gytja	0,001
Leem	0,05



Figuur 4 | Totale weerstand binnen 9 meter diepte van alle boringen en sonderingen (uitbijters en weerstanden zitten nog in deze set)

3.5 Waterhuishouding

De waterhuishouding (watergangen, sloten en greppels) van GRAM en MORIA zijn ten noorden en ten zuiden van het zomerbed van de Maas toegepast in het deelmodel Cuijk-Ravenstein (CuRa; Figuur 5). Omdat de lagenindeling van GRAM en MORIA niet is aangepast in het CuRa-model, zijn de bestaande modelkeuzes in stand gehouden. De modelinvoer van GRAM en MORIA is gecontroleerd op basis van peil en bodemhoogte. Drains met onrealistische lage drainageniveau's (diepte van meer dan 2 m onder maaiveld) zijn verwijderd. Zie Bijlage B-5 voor de technische specificatie van de modelverbetering.



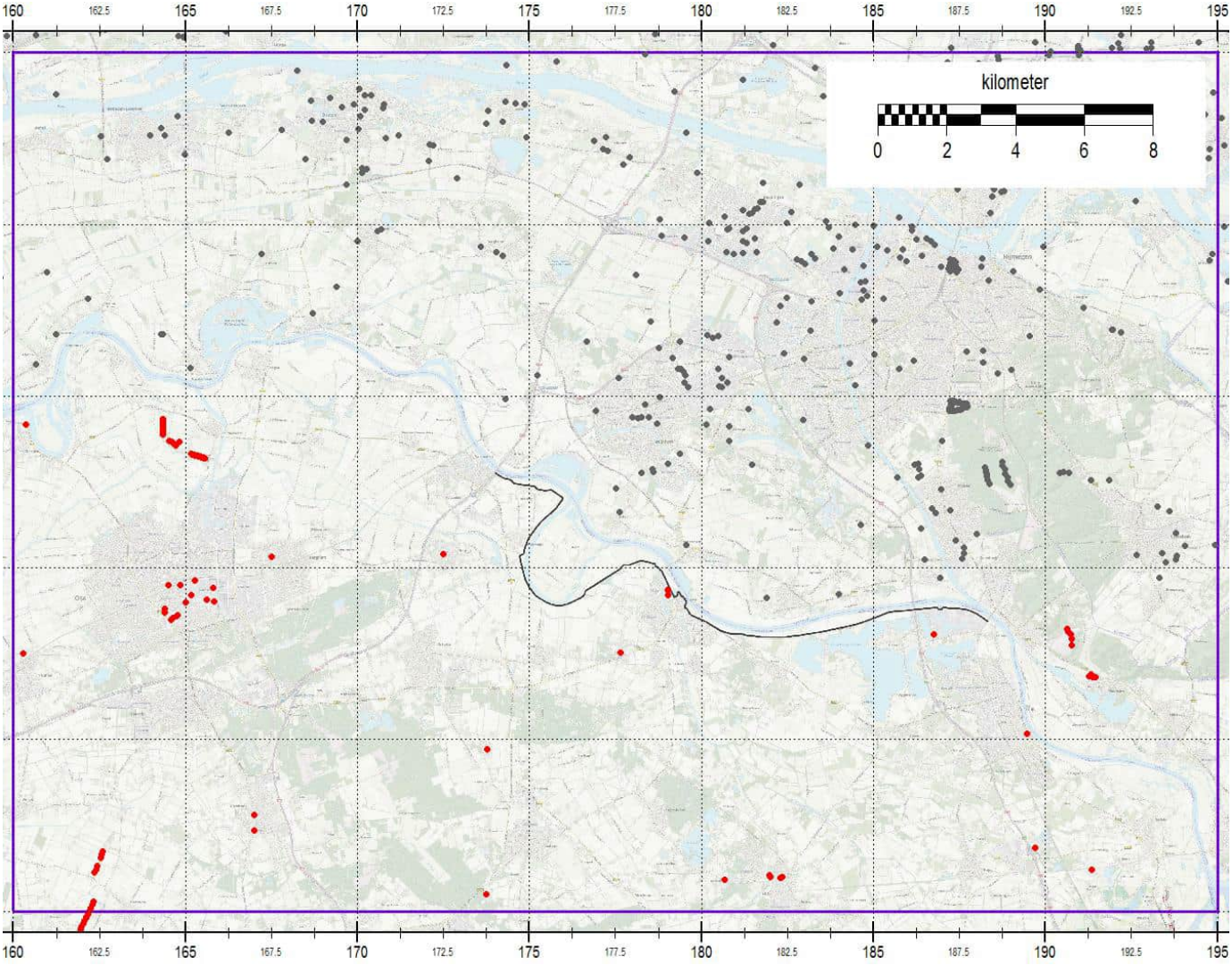
Figuur 5 | Watergangen (river-package) van MORIA (rood) en GRAM (groen en blauw).

3.6 Diepe ondergrond (REGIS, anisotropie, breuken en onttrekkingen)

In deze paragraaf is de modelinvoer beschreven die vooral van invloed is op de diepe ondergrond. Deze zijn essentieel om het grondwatersysteem nauwkeurig in kaart te brengen. Originele REGIS-waarden zijn gebruikt om gekalibreerde parameterwaarden terug te draaien (deze bevatte onrealistische waarden en veroorzaakten verkeerd systeemgedrag). De anisotropie, breuken zijn gecontroleerd en overgenomen in het CuRa-model. Bij de modelinvoer van onttrekkingen is er een duidelijk onderscheid gemaakt tussen GRAM en MORIA om dubbelingen te voorkomen (Figuur 6).

De niet-stationaire onttrekkingen zijn in de MORIA-database tot 2010 opgenomen. Omdat de berekeningen van deze studie later zijn (2010-2011 en 2020-2021) is er gekozen om de stationaire waarden van MORIA op te nemen in het CuRA-model. De niet-stationaire industriële onttrekkingen van Brabant uit de GRAM-database veroorzaakt een fout tijdens het rekenen. Daarom is er gekozen om de industriële onttrekkingen van Brabant uit het MeMa-model op te

nemen in het CuRa-model. Bij het overnemen van de onttrekkingen binnen het modelgebied zijn deze onveranderd gebleven. Zie Bijlage B-6 voor de technische specificatie van de modelverbetering.



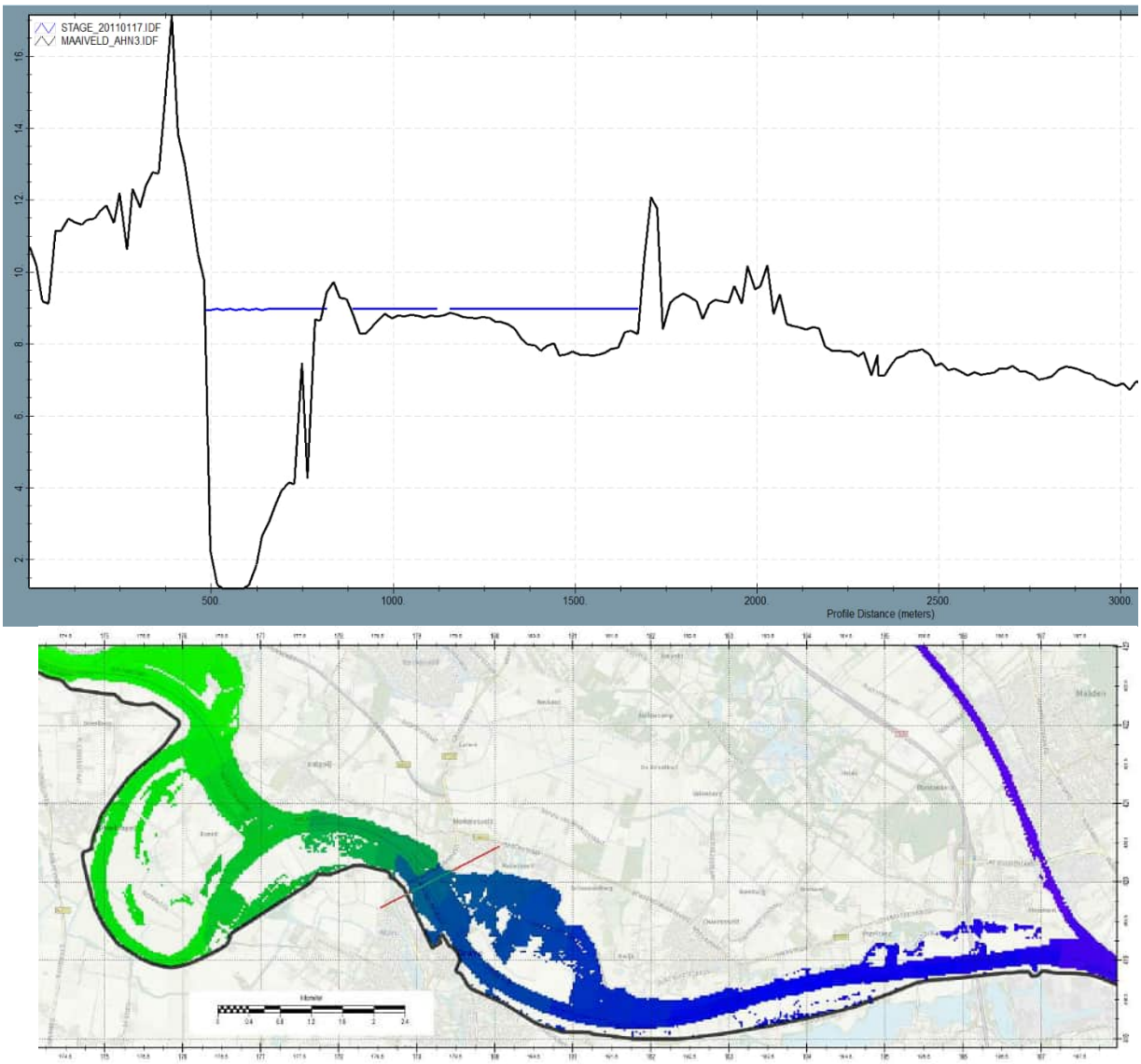
Figuur 6 | Onttrekkingen in het modelgebied (Grijs: MORIA en Rood: GRAM). Onttrekkingen zijn gecontroleerd om dubbellingen te voorkomen.

3.7 Hoogwatergolf

In deze studie ligt de focus op de hoogwaterpieken van januari 2011 en juli 2021 (Figuur 7), die beide als T=10 evenementen worden beschouwd volgens de Betrekkingslijnen Maas van 2021-2022 (Tabel 2). De betrekkingslijnen leggen een relatie tussen de waterstand in de Maas en de afvoer bij Borgharen. Hierin zijn ook de herhalingstijden van de Maas vastgelegd. De Maas is in het model opgenomen in de ISG-package. Uit controle van het waterschap is gebleken dat ná 2020 de Maas in het model (GRAM3.0) niet correct was geschematiseerd en dat de bathymetrie ook niet goed in het model stond. Het waterschap heeft tijdens dit project/deze studie de ISG bijgewerkt tot en met 2022. Ook is de intreeweerstand van de ISG veranderd van 5 dagen naar 0,1 dag om het juiste systeemgedrag te modelleren. Zie Bijlage B-7 voor de technische specificatie van de modelverbetering.

Tabel 2 | Oppervlaktewaterpeilen van de Maas bij meetpunt: Grave Beneden, Grave Boden en Mook (bron: Rijkswaterstaat betrekkingslijnen 2021-2022).

Meetpunt	Klasse		Waterhoogte (m NAP)	Frequentie T = X jaar	Dagen per jaar hoger
Grave Beneden					
	Extreem hoogwater	>	9,95	30	
	Hoogwater	<	9,00	10	
	Verhoogde waterstand	>	7,95	1	2
	Licht verhoogd	>	6,45		8
	Normaal		4,60 tot 6,45		268
	Laagwater	<	4,60		
	Waterstand piek 2011		9,02	10	
	Waterstand piek 2021		9,36	10	
Grave Boven					
	Extreem hoogwater	>	10,10	30	
	Hoogwater	<	9,35	10	
	Verhoogde waterstand	>	8,50	1	
	Licht verhoogd	>	8,20		2
	Normaal	>	7,10		268
	Laagwater	<	7,10		
	Waterstand piek 2011		9,44	10	
	Waterstand piek 2021		9,82	10	
Mook					
	Extreem hoogwater	>	11,05	20	
	Hoogwater	<	10,00	5	
	Verhoogde waterstand	>	8,30		2
	Licht verhoogd	>	8,20		4
	Normaal		7,75 tot 8,20		268
	Laagwater	<	7,75		
	Waterstand piek 2011		10,4	5	
	Waterstand piek 2021		9,82	5	



Figuur 7 | Dwarsproefiel van de Maas (ISG) bij Grave met maaiveld (Zwart) en waterpeil van de T=10 winterpiek op 17 jan 2011 (blauw).

3.8 MetaSWAP & berging

MetaSWAP berekent de grondwateraanvulling en freatische berging (variabele waarden) en doet dit aan de hand van landgebruik, oppervlakkige afstroming, neerslag en verdamping. In GRAM3.0 is MetaSWAP “uitgeschakeld” in de uiterwaarde. Deze instelling is teruggezet om het systeemgedrag (oa. Grondwateraanvulling en freatische berging) goed in beeld te brengen.

De gespannen berging van watervoerende pakketten is in deze studie aangepast, omdat de koppeling van GRAM en MORIA voor een andere laagdikte heeft gezorgd. De gespannen berging is bepaald door de dikte van de watervoerende pakketten te delen door 100.000 (eenheid per meter). Dit laatste is volgens dezelfde uitgangspunt als bij het project MeMa. Deze waarde is gekozen, omdat de berging in het gespannen pakket erg klein is. Het watervoerende pakket is verzadigd, waardoor vrijwel geen berging aanwezig is). Door de dikte van het watervoerend pakket te delen door 100.000 wordt de bergingscoëfficiënt klein. Zie Bijlage B-8 voor de technische specificatie van de modelverbetering.

3.9 Drainage parameters bij inundatie (drains en ponding)

Tijdens hoogwater op de Maas (inundatie) verandert het geohydrologisch systeem: watergangen (drains) in de uiterwaarde overstromen, waardoor de watergangen geen afvoerfunctie meer hebben. In het model wordt dit nagebootst door de functie ICONCHK. Deze functie zet drains uit, zodra er een hoger rivierpeil in dezelfde modelcel zit.

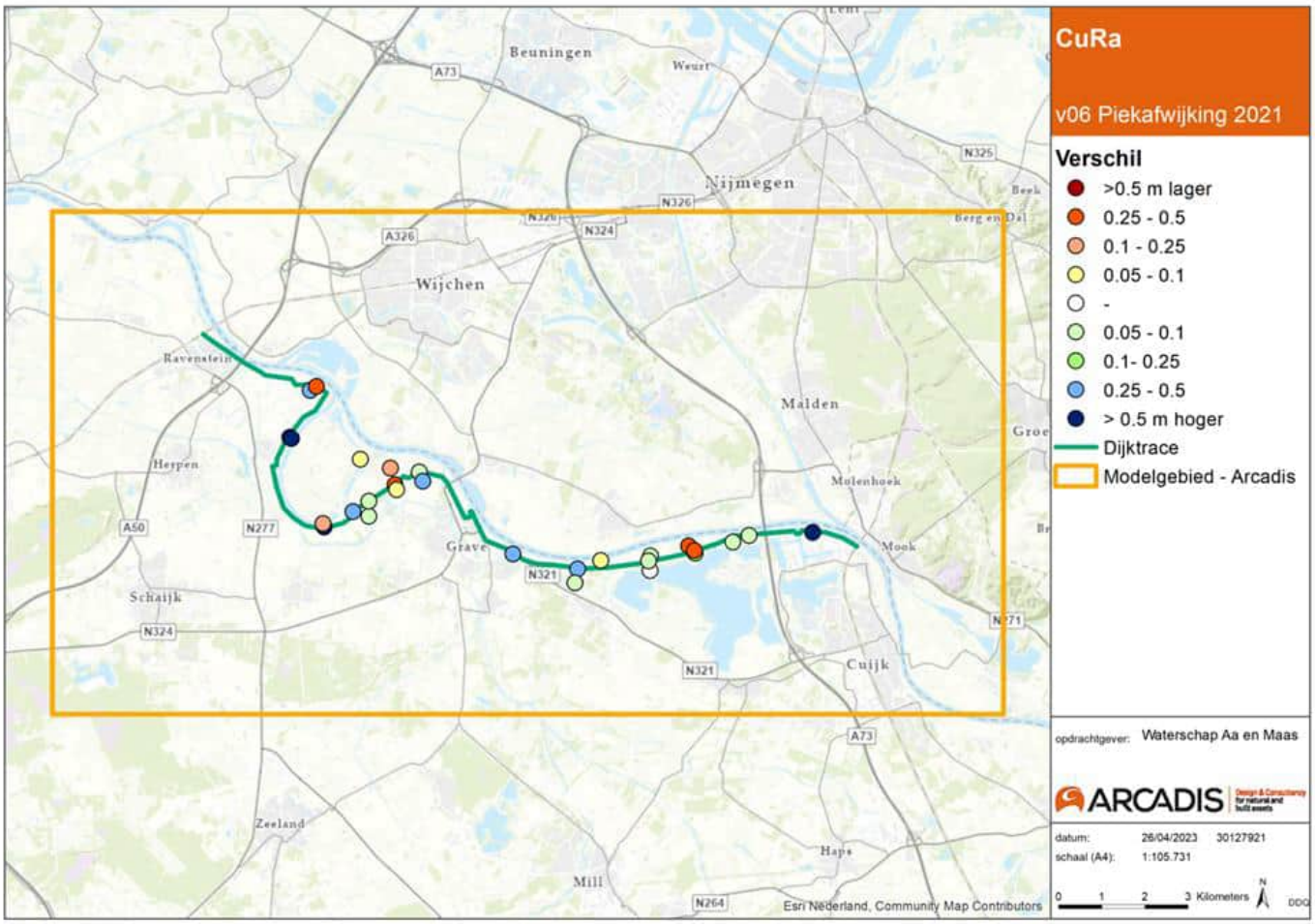
De ponding diepte is het (grondwater)niveau dat op maaiveld kan staan, voordat het water uit het systeem afstroomt. Onder normale omstandigheden is deze parameter in het model vaak een aantal centimeters boven maaiveld. Bij inundatie van de uitwaarden door hoge Maaswaterstanden zou de ponding diepte het Maaswaterpeil draineren (iets wat niet overeenkomt met de werkelijkheid). Om dit te voorkomen is de ponding diepte in de uiterwaarde “uitgezet” (ponding diepte 9999 m). Door een hogere ponding diepte in de uiterwaarde toe te staan, wordt inundatie en daarmee de hoogwaterpieken beter berekend.

3.10 Samenvatting modelverbeteringen

Het CuRA-model is aan meerdere (tussentijdse) modelaanpassingen (en kalibratieslagen) onderworpen. Het model berekende vooral te lage piek grondwaterstanden en -stijghoogten.

De tussentijdse modelresultaten zijn niet meer valide na de definitieve modelverbeteringen. De tussentijdse modelverbeteringen, gevoeligheidsanalyses en kalibratieslagen hebben inzicht gegeven in systeemgedrag en modelresultaat. Bijvoorbeeld dat de veranderingen van de gespannen berging geen effect heeft op de stijghoogten nabij de Maas, omdat deze parameter al een zeer kleine waarde heeft. Ook heeft het aanpassen van de intreeweerstand van de Maas weinig invloed (zelfde reden). Er is nagenoeg geen weerstand aanwezig (doorsnijding), daarom heeft een verhoging en verlaging van de weerstand geen significant effect.

Samen met het Waterschap zijn er belangrijke modelverbeteringen uitgevoerd die tot een positief resultaat hebben geleid. Het model rekent de pieken naar tevredenheid uit (zie Figuur 8). De residuen vallen veelal binnen 0,5 m, met een evenredige verdeling van te droog en te nat. Dit duidt op een goed modelresultaat, in Hoofdstuk 5 wordt dit nader toegelicht. In Tabel 3 zijn de belangrijkste modelverbeteringen samengevat. Na de laatste modelverbetering is (in overleg met het Waterschap) geen aanvullende kalibratie uitgevoerd op basis van het definitieve model. In plaats daarvan is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.



Figuur 8 | Modelresultaten bij T=10 in 2021 na modelverbetering

Tabel 3 | Modelverbeteringsrondes

Modelversies	Verandering	Resultaat
v00 t/m v03	Basismodel opstellen	n.v.t.
v04	Storage veranderd + gevoeligheid	Geen impact > verandering teruggedraaid
v05	Deklaag aanpassen	Positief
v06	Weerstand bij Geul Keent verwijderd en MetaSWAP aangepast	Positief

4 Gevoeligheidsanalyse

De modelinvoer is tussentijds aangepast en verbeterd (gevoeligheidsanalyse en kalibratie). Na de definitieve modelverbeteringen, zijn nieuwe gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om inzicht te krijgen in de parameters waarvoor kalibratie zinvol is. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat kalibratie van de gekozen modelparameters niet zal leiden tot een (significant) beter modelresultaat. In overleg met het waterschap is geen kalibratie van de definitieve modelverbeteringen uitgevoerd. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van modelversie 6 samengevat[2].

4.1 Parameter aanpassingen

Met het verbeterde grondwatermodel Cuijk-Ravenstein (CuRa) zijn diverse gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Deze analyses zijn gericht op de hoogwaterperiode van 2021, omdat voor deze periode de meest representatieve stijghoogtemetingen (peilbuizen) langs het traject Cuijk-Ravenstein beschikbaar zijn (FEWS-reeks; zie ook paragraaf 5.1).

Om binnen de fysisch realistische bandbreedte te blijven, is rekening gehouden met de bandbreedte van parameterwaarden. Binnen het regionale modelgebied zijn de REGIS-diktes en doorlatendheden geanalyseerd. Hieruit volgt dat de maximale kD van het watervoerend pakket in REGIS ongeveer 3.000 m²/d bedraagt. De maximale weerstand (C) zou niet hoger dan 4000 dagen zijn (uitgaande van een holocene deklaag van 4 m en maximale k_v van 0,001). Het huidige model heeft in het watervoerende pakket een kD van circa 1000 m²/dag en een maximale weerstand van 700 dagen in de uiterwaarden.

Bij de analyse zijn parameters gekozen waarvan wordt verwacht dat deze een (grote) invloed uitoefenen op de berekende grondwaterstanden en stijghoogten tijdens hoogwatersituaties (T=10). In de gevoeligheidsanalyse is een bandbreedte van parameterwaarden doorgerekend. De volgende parameters en bandbreedten zijn in de gevoeligheidsanalyse gebruikt:

- Deklaagweerstand (c) in de uiterwaarde op basis van informatie uit boringen en sonderingen (interpolatie).
  - Verticale doorlatendheid ($k_{v)}$ in laag 1 vermenigvuldigd met factor 0,5 en 2,0(de deklaag in de uiterwaarden bevindt zich in modellaag 1);
- Doorlaatvermogen (kD) watervoerende lagen in de uiterwaarden die in contact staan met Maas.
  - Horizontale doorlatendheid k_h 1-5 vermenigvuldigen met factor 0,3 en 3,0 (de maas is ingesneden tot en met modellaag 5);
- De freatische berging is niet aangepast na de verbetering van MetaSWAP in de uiterwaarde.

De gevoeligheden van de parameters zijn beoordeeld aan de hand van de verandering in grondwaterstand en stijghoogte ten opzichte van de referentieberekening. De volgende gevoeligheidsklassen zijn gebruikt voor beschrijving van de effecten op de grondwaterstanden en stijghoogte (rapportage- en presentatiedoeleinden):

- Niet gevoelig: <5 cm;
- Weinig gevoelig: 5-10 cm;
- Gevoelig: 10-50 cm
- Zeer gevoelig: >50 cm

4.2 Resultaten gevoeligheidsanalyse

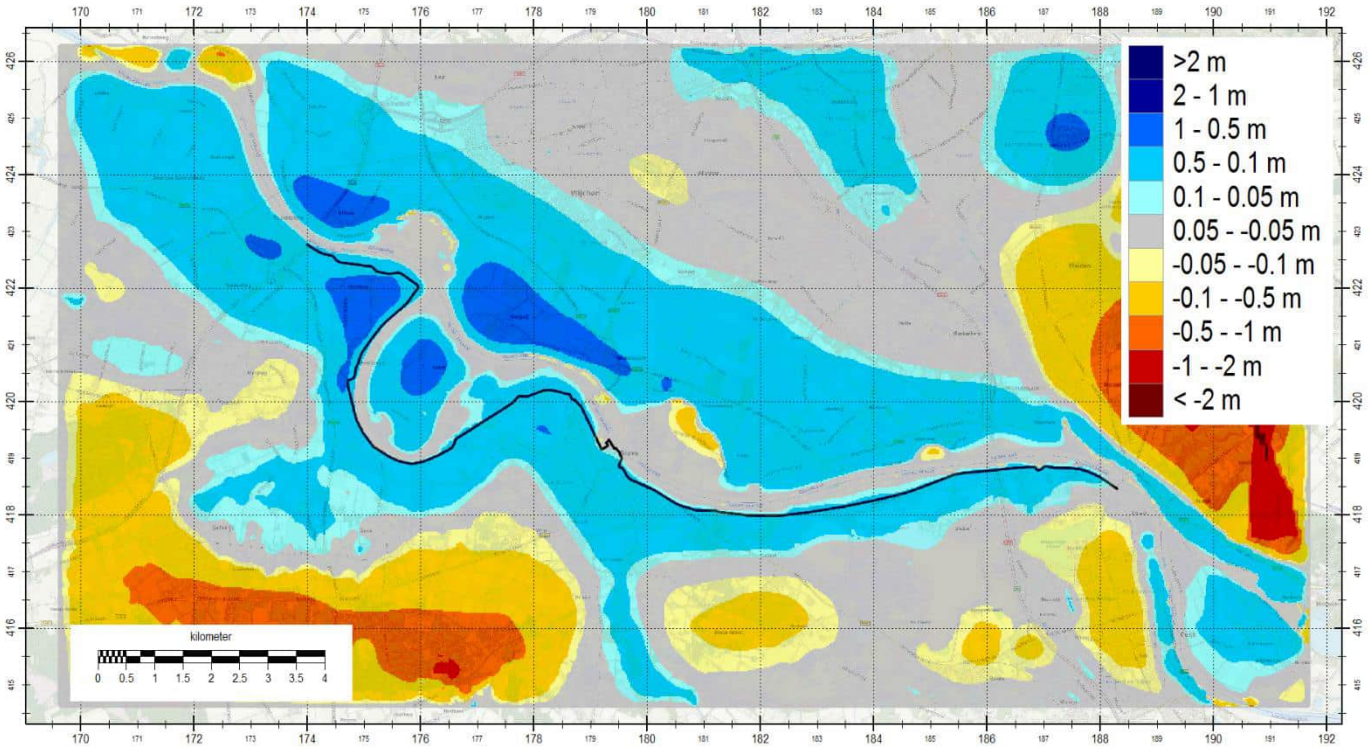
De berekende grondwaterstanden en stijghoogten reageren sterk op aanpassingen van het doorlaatvermogen (kD). Een toename van het doorlaatvermogen leidt tot een vernatting (10-50 cm) ter plaatse van de dijk. Omgekeerd resulteert een verlaging van het doorlaatvermogen in een verdroging (10-50 cm) ter plaatse van de dijk. Uit de gevoeligheidsanalyse[2] blijkt dat het model weinig gevoelig is voor wijzigingen in de deklaagweerstand (binnen fysisch realistische bandbreedtes; zie Tabel 4 en Bijlage C).

[2] De gevoeligheidsanalyse (incl. bandbreedtes van een factor 5 en/of 10) en kalibratie op tussentijdse modelverbeteringen vertoonden een vergelijkbaar beeld van de hier beschreven definitieve gevoeligheidsanalyse.

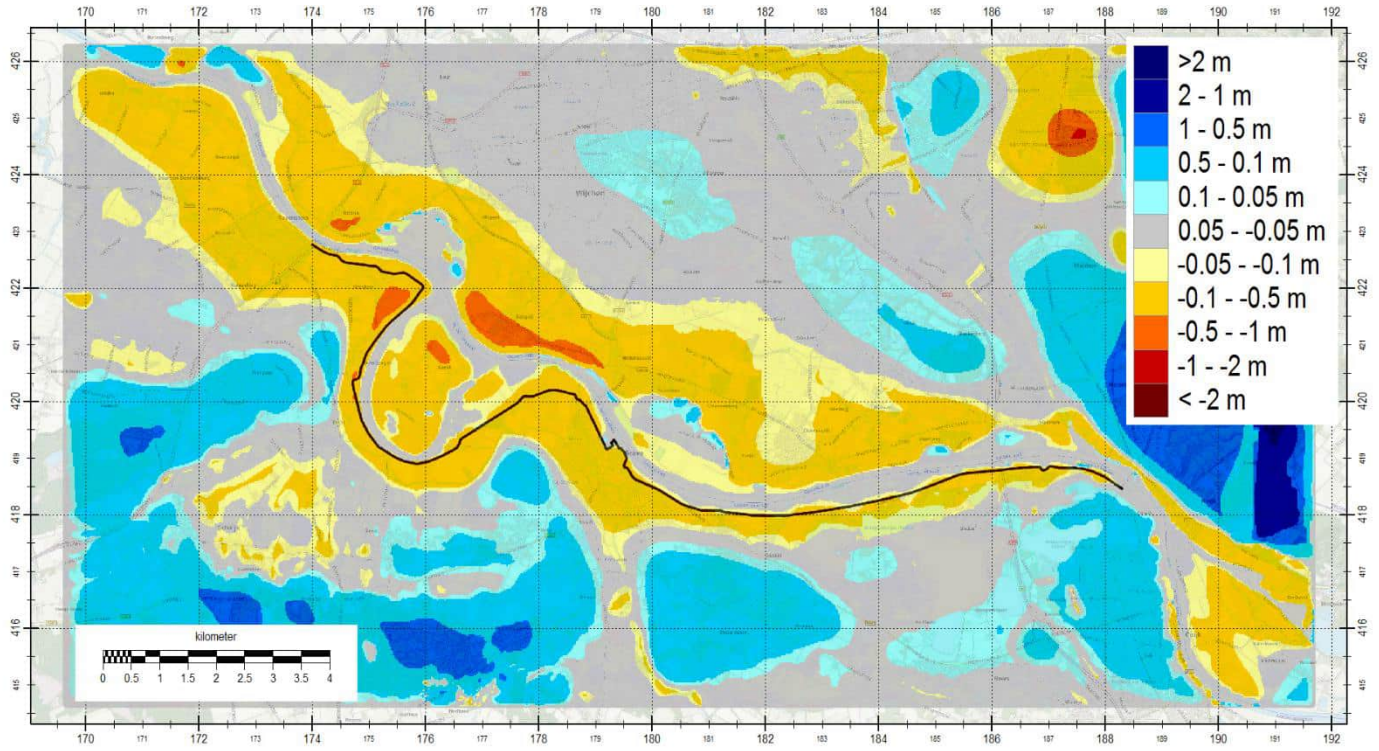
Tabel 4 | Parameters en factoren die zijn aangepast bij de gevoeligheidsanalyse

Parameter	Aanpassingen	Beschrijving effect
Weerstand deklaag	Factor 2 (k_v*0,5)	Weinig gevoelig (5-10 cm) 5-10 cm effect op grondwaterstanden en stijghoogten.
	Factor 0,5 (k_v*2)	Weinig gevoelig (5-10 cm) 5-10 cm effect op grondwaterstanden en stijghoogten.
Doorlaatvermogen (kD) eerste watervoerende pakket	Factor 3	Model blijkt gevoelig (10-50 cm) voor het veranderen van de k_h. De gevoeligheid is afhankelijk van locatie en tijd (hoogwatersituatie).
	Factor 0,3	Model blijkt gevoelig (10-50 cm) voor het veranderen van de k_h. De gevoeligheid is afhankelijk van locatie en tijd (hoogwatersituatie).

In Figuur 9 en Figuur 10 zijn de verschillen weergegeven van de stijghoogteverhoging en -verlaging van de gevoeligheidsanalyse van het doorlaatvermogen. Hieruit blijkt dat een hoger doorlaatvermogen voornamelijk leidt tot hoger berekende stijghoogten, zowel buitendijks als binnendijks, tot op een afstand van 1 km van de dijk (Figuur 9). Een hoger doorlaatvermogen van het watervoerend pakket zorgt voor een grotere invloed van de Maas op de stijghoogte in het watervoerend pakket. Op meer dan 2 kilometer van de Maas zorgt een hoger doorlaatvermogen voor lagere stijghoogten binnendijks. Een verlaging van het doorlaatvermogen heeft het tegenovergestelde effect (Figuur 10).



*Figuur 9 | Verschil stijghoogten bij kD*3 model ten opzichte van referentiemodel (zomerpiek 2021). Circa 10-50 m verhoging van de stijghoogte bij een hoger doorlaatvermogen van het watervoerend pakket.*



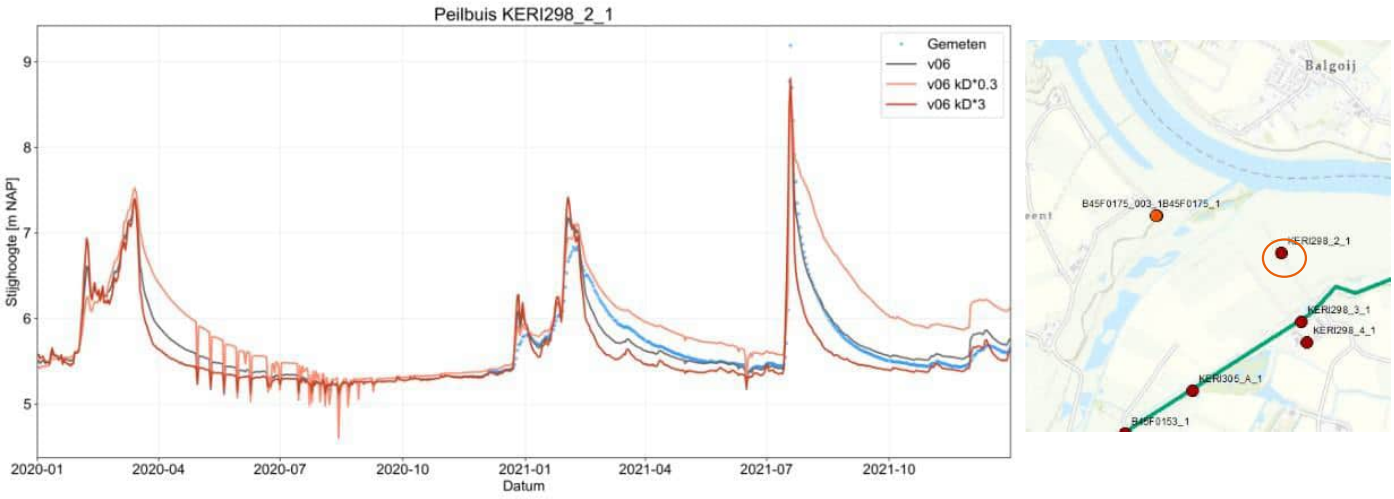
*Figuur 10 | Verschil stijghoogten bij kD*0.3 model ten opzichte van referentiemodel (zomerpiek 2021). Circa 10-50 m verlaging van de stijghoogte bij een lager doorlaatvermogen van het watervoerend pakket.*

Gevoeligheid – pieken

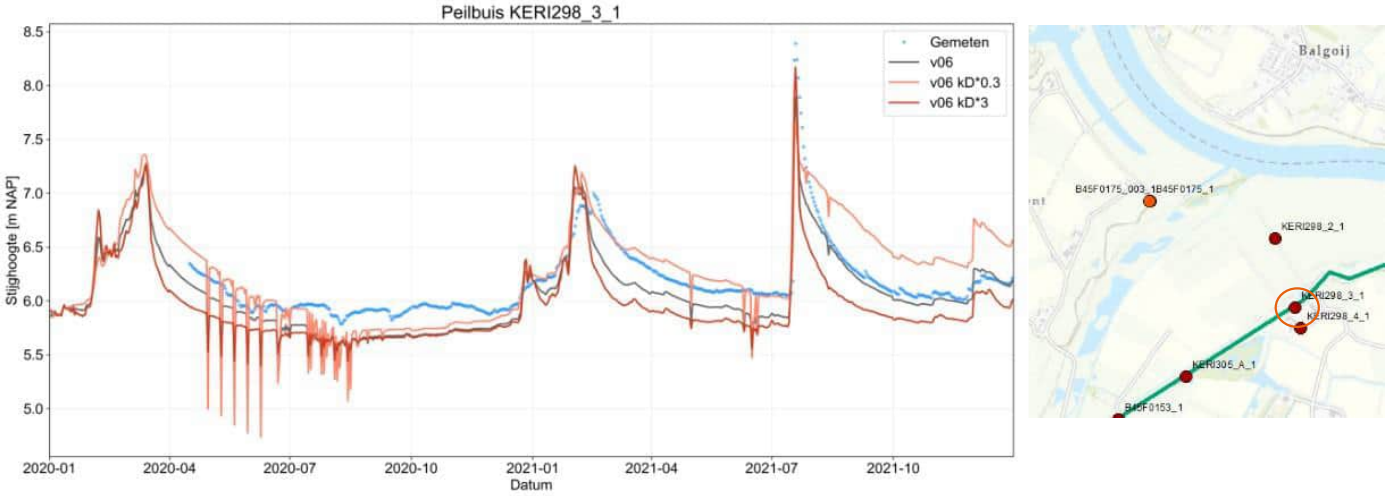
Hieronder zijn grafieken weergegeven van de berekende stijghoogte ten opzichte van de gemeten stijghoogte over de periode 2020-2021. Per peilbuislocatie is de gemeten stijghoogte (punt), stijghoogte na modelverbetering (grijze lijn) en stijghoogten van de gevoeligheidsanalyse (rode lijnen) afgebeeld. Hieronder zijn de modelresultaten over een monitoringsraai van peilbuizen KERI298_2_1 (buitendijks), KERI298_3_1 (dijk/kering) en KERI298_4_1 (binnendijks) als voorbeeld nader toegelicht. Op de rekenserver van Aa en Maas zijn alle modelresultaten en meetpunten te raadplegen.

Uit de grafieken is duidelijk af te leiden dat deze peilbuizen verschillend reageren op de gevoeligheidsanalyse.

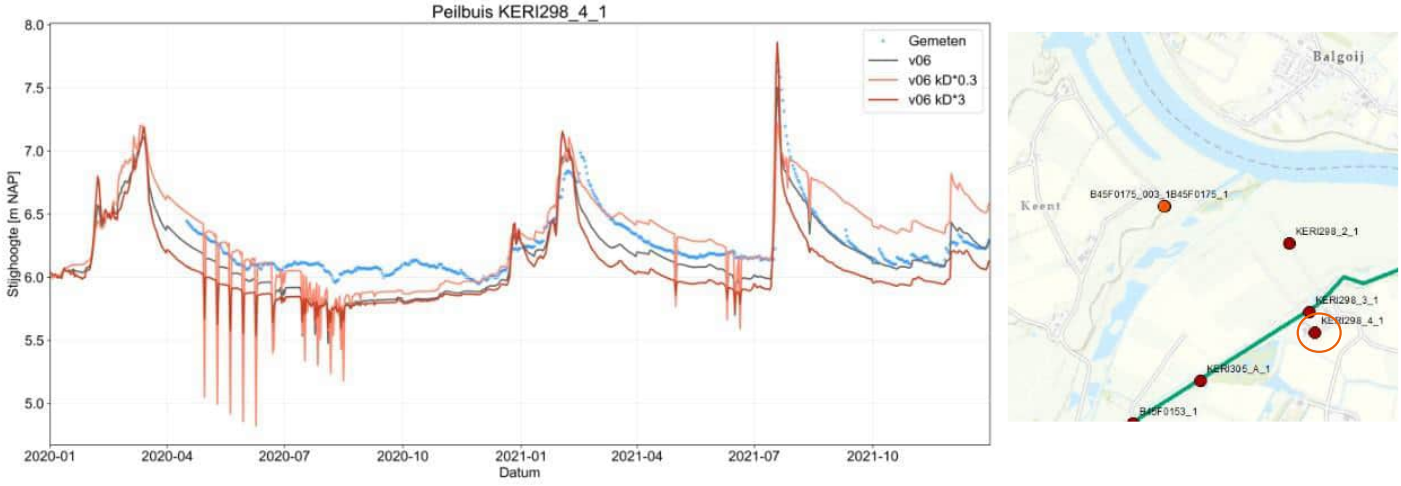
- Bij peilbuis KERI298_2_1 (buitendijks) berekent het model met een lager doorlaatvermogen een betere stijghoogte tijdens de eerste hoogwatergolf (2020), maar de tweede hoogwatergolf (januari 2021) wordt beter berekend bij een hoger doorlaatvermogen. De laatste hoogwatergolf (T=10; juli 2021) wordt het beste berekend met de (definitieve) modelverbeteringen zonder gevoeligheidsfactoren.
- Bij peilbuis KERI298_3_1 (dijk/kering) berekent het model met een lager doorlaatvermogen een betere stijghoogte tijdens de eerste hoogwatergolf (2020), maar wordt bij een hoger doorlaatvermogen een betere stijghoogte tijdens de tweede en derde hoogwatergolf berekend.
- Bij peilbuis KERI298_4_1 (binnendijks) berekent het model met een hoger doorlaatvermogen een betere stijghoogte tijdens alle drie de hoogwatersituaties.
- Bij peilbuis KERI305_A_1 (dijk/kering) zijn vergelijkbare effecten van het doorlaatvermogen op de stijghoogte berekend als bij KER298_3_1 (ook nabij de dijk/kering).



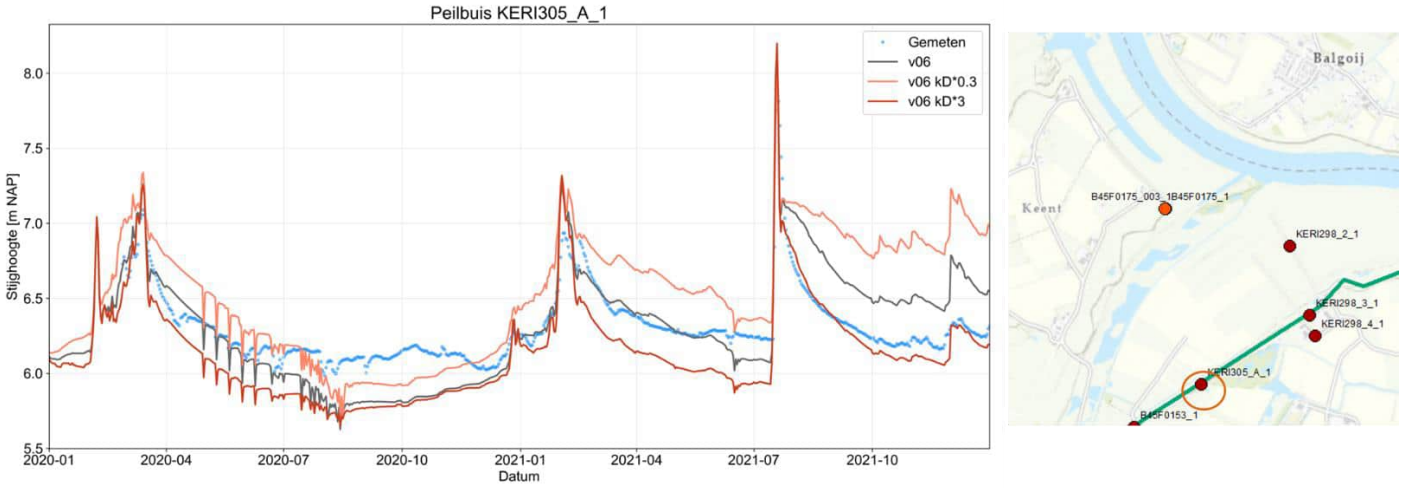
Figuur 11 | Gevoeligheidsanalyse bij KERI298_2_1. Geen verandering in de kD geeft de beste resultaten voor de T=10 piek. Een lagere kD geeft de beste resultaten bij de eerste piek en een hogere kD geeft de beste resultaten bij de tweede piek



Figuur 12 | Gevoeligheidsanalyse bij KERI298_3_1. Een verlaging van de kD geeft de beste resultaten bij de eerste piek. Een hogere kD geeft de beste resultaten bij de twee piek en de T=10 piek.



Figuur 13 | Gevoeligheidsanalyse bij KERI298_4_1. Verhoging van de kD geeft de beste resultaten bij alle pieken.



Figuur 14 | Gevoeligheidsanalyse bij KERI305_A_1. Een verlaging van de kD geeft de beste resultaten bij de eerste piek. Een hogere kD geeft de beste resultaten bij de twee piek en de T=10 piek.

4.3 Conclusie gevoeligheidsanalyse

De berekende stijghoogte vertoont het meest representatieve systeemgedrag zonder verandering van het doorlaatvermogen (definitieve modelverbetering). Op basis van de gevoeligheidsanalyse zijn de initieel ingeschatte parameters (v06; Bijlage C) van de definitieve modelverbetering een geschikt vertrekpunt voor hoogwaterstudies.

De gevoeligheidsanalyse geeft inzicht in de onzekerheid in parameterinschatting en de bandbreedte in modeluitkomsten. De verhoging/verlaging van het doorlaatvermogen met een factor 3 heeft ongeveer 10 cm effect op de berekende stijghoogte tijdens de onderzochte hoogwatersituaties (piek). Afhankelijk van de peilbuislocatie én hoogwatersituatie kan met een verhoging/verlaging van het doorlaatvermogen de afwijking van de berekende stijghoogte met 10-50 cm verkleind worden. De resultaten van de gevoeligheidsanalyse geven onvoldoende aanknopingspunten om een ruimtelijke kalibratie uit te voeren (bijvoorbeeld, binnendijks/buitendijks). Overige conclusies van de gevoeligheidsanalyse op de definitieve modelverbeteringen zijn:

- Een verhoging/verlaging van de verbeterde deklaagweerstand met een factor 2 heeft weinig invloed op de berekende stijghoogte. Gevoeligheidsanalyses met grotere factoren (uit tussenversies) geven een vergelijkbaar beeld.

- De toegepaste bandbreedte op het doorlaatvermogen (factor 3) heeft een 10 tot 50 cm effect op de berekende stijghoogte.
- Het effect op de stijghoogte is afhankelijk van de locatie (binnen-, buitendijks en afstand tot de Maas) en de hydrologische situatie (zomer- vs. wintersituatie; gemiddelde- en hoogwatersituatie).
- Een verhoging van het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket leidt tot op 1 km afstand van de Maas tot circa 10 cm hoger berekende stijghoogten tijdens hoogwatersituaties (zie Figuur 9). Op meer dan 1-2 kilometer van de Maas leidt een verhoging van het doorlaatvermogen tot 10-50 cm lager berekende stijghoogten.
- Een verlaging van het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket leidt tot op 1 km afstand van de Maas tot circa 10 cm lager berekende stijghoogten tijdens hoogwatersituaties (zie Figuur 10). Op meer dan 1-2 kilometer van de Maas leidt een verlaging van het doorlaatvermogen tot 10-50 cm hoger berekende stijghoogten.
- Voor stijghoogteberekeningen met hoogwatersituaties is een verhoging van het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket, binnen het invloedsgebied van de hoogwatersituatie/Maas, te rechtvaardigen. Het doorlaatvermogen in regionale modellen is doorgaans gekalibreerd voor gemiddelde hydrologische situaties. Tijdens een hoogwatersituatie is het aannemelijk dat een groter deel van het (of het volledige) watervoerend pakket verzadigd is en delen van de bodemmatrix in deze situatie bijdragen aan het totale doorlaatvermogen.

5 Modelresultaten (validatie)

Het doel van dit project is het verbeteren van het grondwatermodel over het traject Cuijk-Ravenstein om de stijghoogte (en systeemgedrag) in de omgeving van de dijk zo nauwkeurig mogelijk te berekenen tijdens een hoogwaterperiode (T=10). Voor de validatie is een nauwkeurigheid van het systeemgedrag nagestreefd van maximaal 0,5 m afwijking op de (piek)stijghoogte. Dit is ongeveer 10% van de maximaal gemeten stijghoogteverandering tijdens een hoogwatersituatie langs het dijktracé Cuijk-Ravenstein (bijvoorbeeld Figuur 1). Een grotere afwijking is geaccepteerd zolang het juiste systeemgedrag berekend is. Bij extreme situaties hebben lokale processen (geologie en parameters) een grotere invloed en onzekerheid op de stijghoogte dan onder gemiddelde omstandigheden. De validatie is uitgevoerd in het lokale modelgebied (oranje lijn) en berekend op een resolutie van 25 m (Figuur 15). Buiten het aandachtsgebied van dijktracé Cuijk-Ravenstein is een grotere afwijking van de berekende stijghoogte en systeemgedrag geaccepteerd. Bijvoorbeeld langs de rechteroever van de Maas (buiten beheergebied waterschap Aa en Maas) en binnendijks op een afstand groter dan 500 m van de dijk.

De modelinvoer is tussentijds aangepast en verbeterd (gevoeligheidsanalyse en kalibratie). Na de definitieve modelverbeteringen is het systeemgedrag en de berekende stijghoogte gevalideerd. Voor de validatie zijn de modelresultaten vergeleken met de beschikbare metingen van peilbuislocaties. In de volgende paragrafen zijn voor de validatie de meetpunten, hoogwatersituatie 2021 en hoogwatersituatie 2011 beschreven.

5.1 Validatiemetingen

De GRAM-database bevat een set van peilbuislocaties met gemeten grondwaterstanden en stijghoogten. Hierin zijn openbare meetgegevens en meetgegevens van Aa en Maas (FEWS) gecombineerd. Om doelmatige “validatiesets” voor het grondwatermodel Cuijk-Ravenstein (CuRa) samen te stellen, zijn de volgende selectiecriteria gehanteerd:

- Alleen de peilbuizen in het (regionale) modelgebied (zie paragraaf 2.2) zijn gebruikt;
- Het model is gevalideerd voor twee T=10 periodes:
  - Peilbuislocaties met metingen in de periode 2020-2021;
  - Peilbuislocaties met metingen in de periode 2010-2012;
- Peilbuislocaties met onbekende filterstellingen en ontbrekende meetperioden groter dan 1 jaar zijn niet gebruikt;
- Peilbuislocaties met een meetinterval groter dan 5 dagen zijn niet gebruikt;
- Peilbuislocaties met een EVP lager dan 70%zijn niet niet representatief beschouwd en zijn niet gebruikt[3].

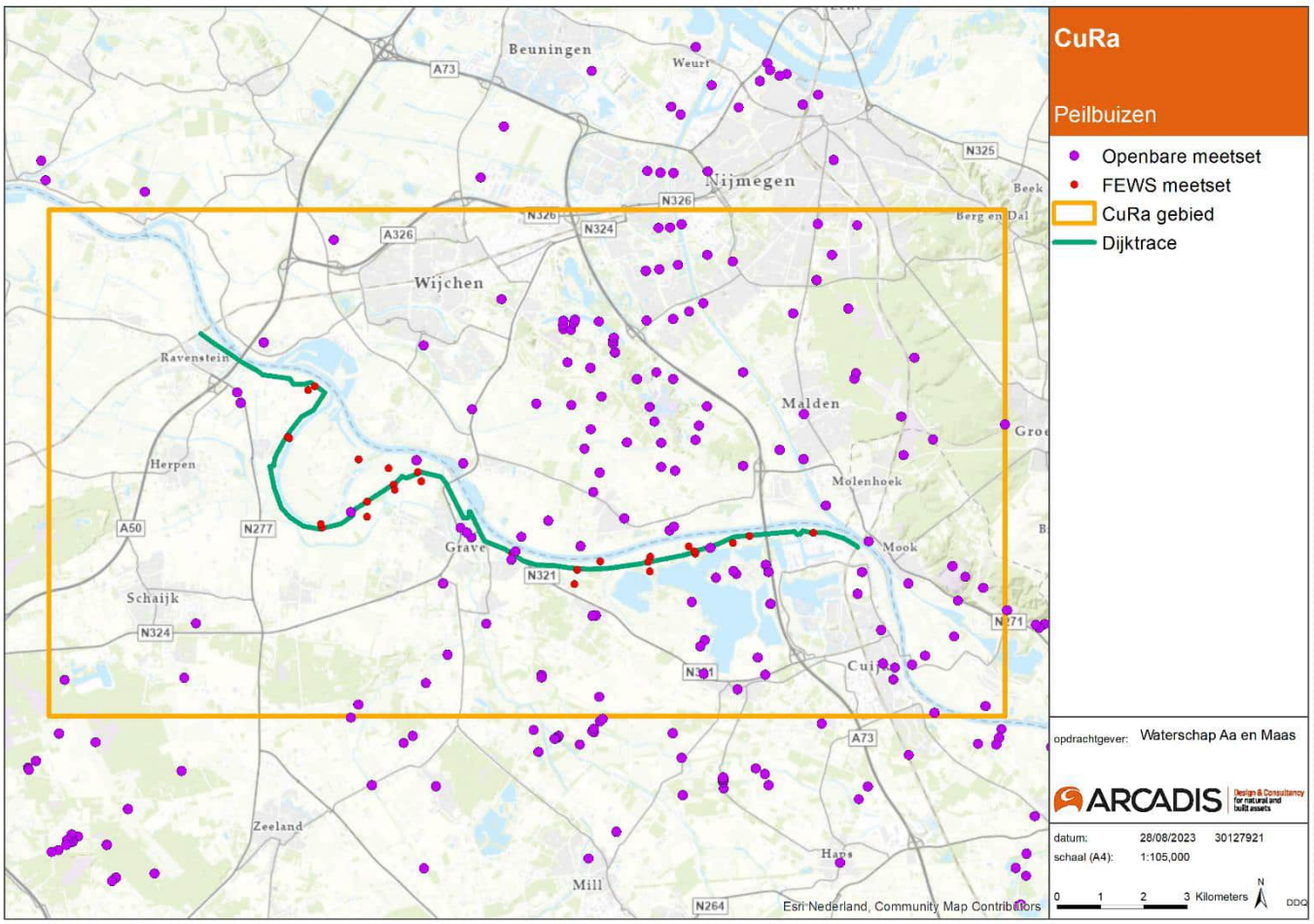
De metingen van 2020-2021 zijn gebruikt om het systeemgedrag langs de dijk te valideren. De metingen van 2010-2012 zijn gebruikt om het systeemgedrag tijdens een andere hoogwatersituatie te valideren, en ook om de invloed op regionale grondwaterstanden en stijghoogten in beeld te brengen.

De FEWS-meetgegevens bevat 29 peilbuislocaties en de openbare meetgegevens 128 peilbuislocaties (Figuur 15). De peilbuislocaties zijn op basis van de (onderkant) filterstelling opnieuw toegekend aan de juiste representatieve modellaag. Tijdens de validatie is de nadruk gelegd op peilbuislocaties met metingen binnen het invloedsgebied van de hoogwatersituatie op de Maas (T=10). Deze locaties bevonden zich:

- Buitendijks (langs de Maas en in de uiterwaarden);
- Langs de dijk (buitenteen/binnenteen);
- Binnendijks (tot op circa 500 m afstand van de dijk).

Hoewel de FEWS-peilbuizen over het dijktracé een goede spreiding hebben, zijn er enkele gebieden langs het dijktracé waar geen metingen beschikbaar die de hoogwatersituatie van 2021 hebben gemeten. Dit geldt vooral voor de omgeving van Ravenstein, de zuidoostkant van de Keent en Cuijk.

[3] De verklaringspercentages (*explained variance percentage*; EVP) van een meetreeks is berekend met het programma Menyanthes aan de hand van neerslag, verdamping en Maaswaterstand. Hierdoor worden peilbuizen uitgesloten die niet verklaard kunnen worden door neerslag, verdamping en Maaswaterstand, zoals wanneer ze onder water staan vanwege een hoge waterstand).

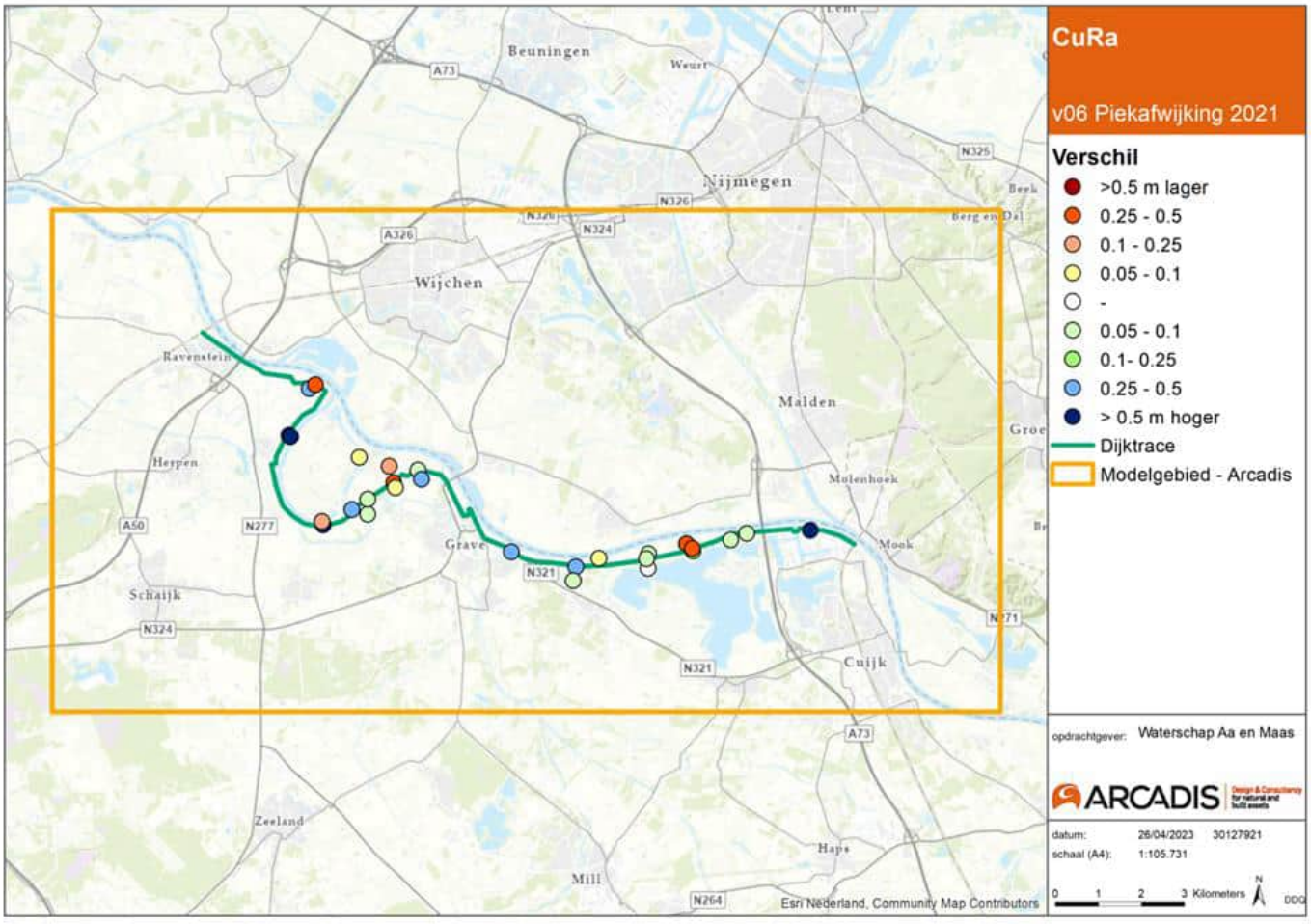


Figuur 15 | Kalibratie- en validatieset. Rode punten is de GRAM-meetset. Paarse punten zijn de validatieset. Regionale WSP-gebied ontbreekt, de focus is gelegd op de peilbuizen langs de Maas.

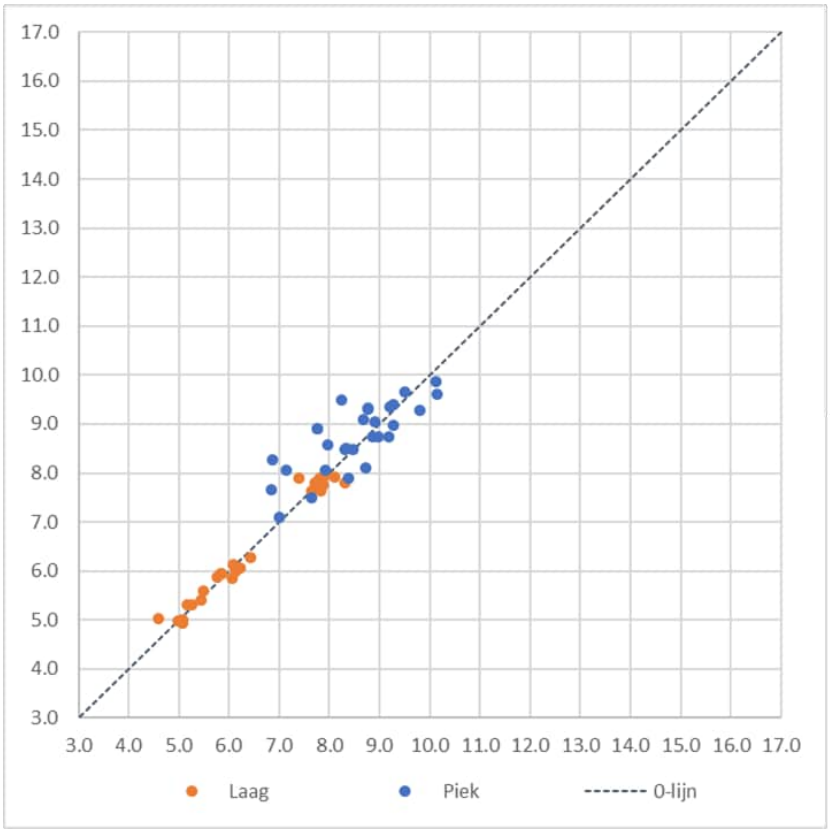
5.2 Resultaten T=10 (2021)

De validatieresultaten zijn weergegeven in een residuenkaart en spreidingsgrafieken (‘scatterplots’). De residuenkaart is opgesteld voor de piekstijghoogte tijdens de hoogwatersituatie van 2021 (Figuur 16). In de residuenkaart is het verschil tussen berekende stijghoogte en gemeten stijghoogte weergegeven. In de scatterplots zijn de gemeten stijghoogten (x-as) afgezet tegen de berekende stijghoogten (y-as). In Bijlage D (en op de rekenserver van waterschap Aa en Maas) zijn de validatiegrafieken opgenomen.

Het model berekend de stijghoogte tijdens de hoogwatersituatie (piek) over het algemeen met een afwijking kleiner dan 0,5 m. Voor de hoogwatersituatie 2021 wordt de stijghoogte gemiddeld 0,2 m te hoog berekend. Voor gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten berekent het model een afwijking kleiner dan 0,05 m. Het systeemgedrag na de piek van de hoogwatersituatie, zoals stijghoogteverlaging wordt qua niveau en duur goed berekend. Afhankelijk van de peilbuislocatie en de hydrologische (hoogwater)situatie wordt verschillend systeemgedrag gemeten en berekend. Bijvoorbeeld bij Ravenstein – Keent en nabij Cuijk, waar ook de grootste afwijkingen met de gemeten stijghoogte worden berekend.



Figuur 16 | Residuenkaart hoogwaterpiek 2021 (T=10; v06). De gemeten stijghoogten zijn vergeleken met de berekende stijghoogte. De residuen zijn zowel te hoog als te laag berekend en het ruimtelijk beeld duidt niet op een systematische modelfout.



STATISTIEKEN (2020-2021)

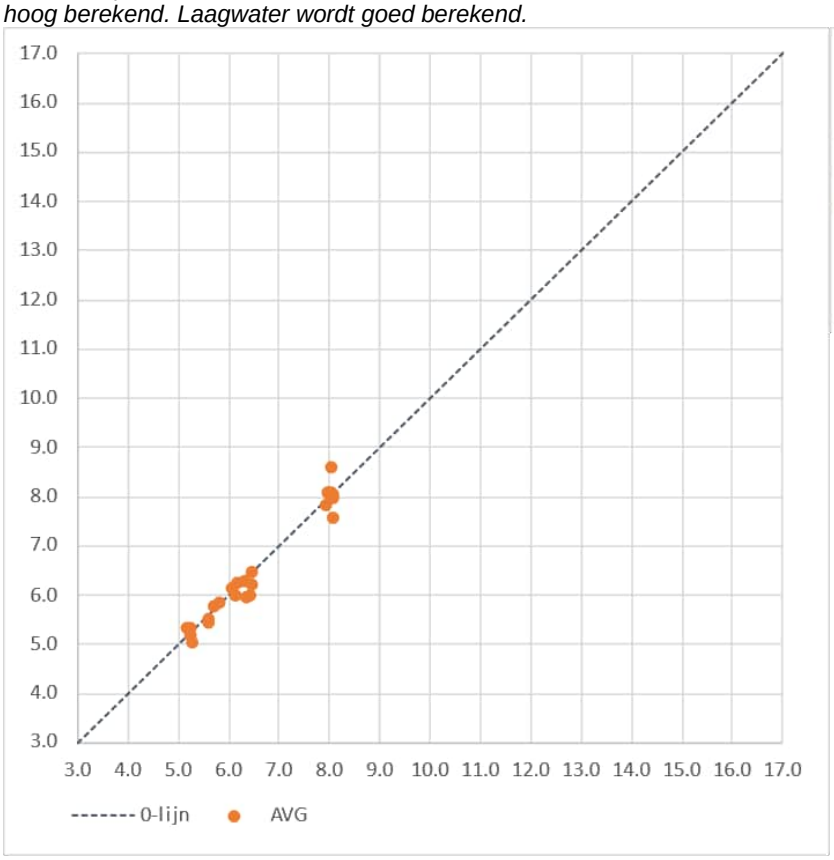
Piek

Gemiddelde afwijking	0.21 (te nat)
Gemiddelde absolute afwijking	0.47
Min/Max	-0.63/1.4

Laagwater

Gemiddelde afwijking	0.00 (te droog)
Gemiddelde absolute afwijking	0.13
Min/Max	-0.52/0.5

Figuur 17 | Gemiddelde afwijking van de berekende stijghoogte tijdens de hoogwatersituatie 2021. De pieken worden circa 20 cm te hoog berekend. Laagwater wordt goed berekend.



STATISTIEKEN (2020-2021)

Gemiddeld

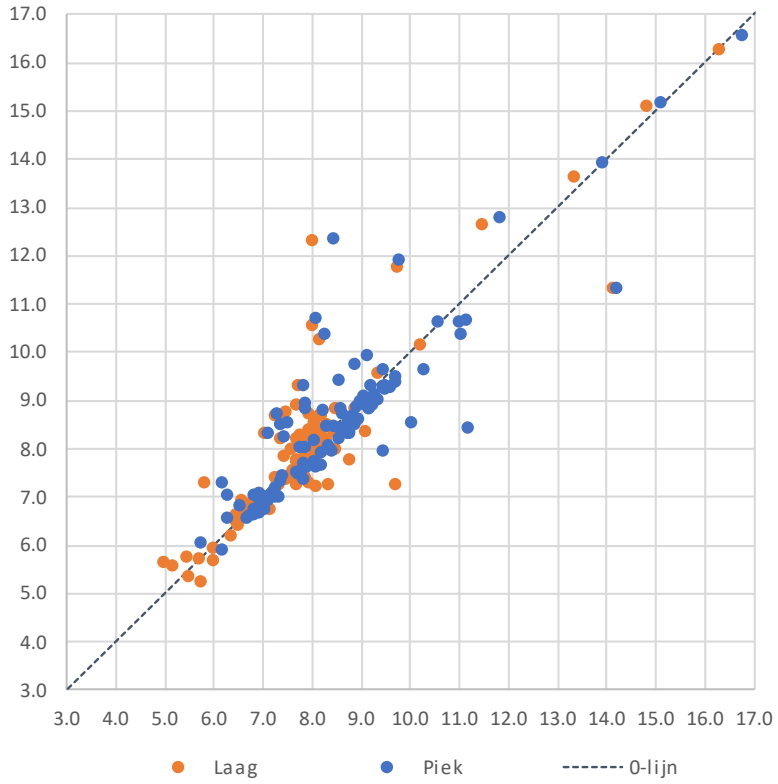
Gemiddelde afwijking	0.03 (te nat)
Gemiddelde absolute afwijking	0.13
Min/Max	-0.59/0.49
Aantal peilbuizen	29

Figuur 18 | Statistieken gemiddelde afwijking de peilbuizen over de gehele periode 2020-2021.

5.3 Resultaten T=10 (2011)

Om te beoordelen of de modelverbeteringen hetzelfde systeemgedrag vertonen in een andere rekenperiode is een validatie met de hoogwatersituatie 2011 uitgevoerd. De validateresultaten zijn weergegeven in Figuur 18, Bijlage D en op de rekenserver.

Het model berekent de stijghoogte tijdens de hoogwatersituatie (piek) over het algemeen met een afwijking kleiner dan 0,5 m. Voor de hoogwatersituatie 2011 wordt de stijghoogte gemiddeld 0,1 m te hoog berekend. Voor gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten berekent het model een gemiddelde afwijking van 0,2 m. Het systeemgedrag na de piek van de hoogwatersituatie, zoals stijghoogteverlaging wordt qua niveau en duur goed berekend.



STATISTIEKEN (2010-2012)

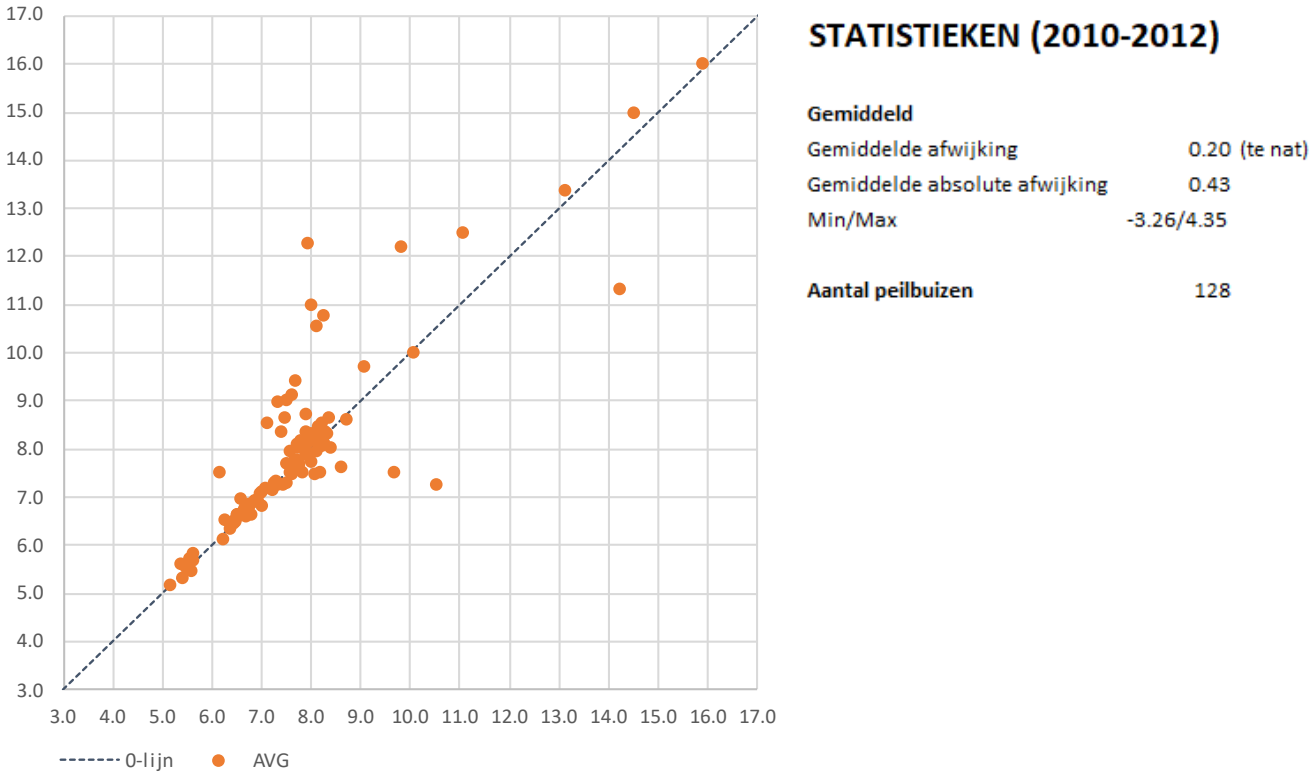
Piek

Gemiddelde afwijking	0.07 (te nat)
Gemiddelde absolute afwijking	0.44
Min/Max	-2.833/3.943

Laagwater

Gemiddelde afwijking	0.20 (te nat)
Gemiddelde absolute afwijking	0.44
Min/Max	-2.771/4.338

Figuur 19 Gemiddelde afwijking de peilbuizen tijdens de hoogwaterpiek 2011. Het model berekend de piek van 2011 op een aantal uitschieters na erg goed uit.



Figuur 20 | *Gemiddelde afwijking de peilbuizen over de gehele periode 2010-2012 wordt iets te nat berekend (20 cm).*

5.4 Conclusie validatie

Er zijn voldoende stijghoogtemetingen langs dijktracé Cuijk-Ravenstein en op voldoende verschillende afstand tot de Maas en de dijk om het systeemgedrag en berekende stijghoogten van de hoogwatersituatie 2021 te valideren. Afhankelijk van de peilbuislocatie en de hydrologische (hoogwater)situatie wordt verschillend systeemgedrag gemeten en berekend. De validatiestatistieken en grafieken tonen aan dat het model de stijghoogten goed berekent, in absoluut niveau en in dynamiek. Bijvoorbeeld ook het uitzakken van de stijghoogte na de hoogwatersituatie.

Aan zowel de westelijke als oostelijke grenzen van het modelgebied en dijktracé zijn minder metingen en peilbuislocaties beschikbaar. Bijvoorbeeld bij Ravenstein – Keent en Cuijk. Hier worden de grootste afwijkingen met de gemeten stijghoogte berekend. We adviseren om tussen Ravenstein – Keent en nabij Cuijk, extra peilbuizen te plaatsen.

6 Conclusie en aanbevelingen

De aanleiding van deze studie is de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, waarvoor een grondwatermodel nodig is dat betrouwbare en nauwkeurige grondwaterstanden en stijghoogten kan berekenen voor hoogwatersituaties (T=10). Binnen het grondwatermodel Aa en Maas (GRAM) is een deelmodel ontwikkeld rondom de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein (CuRa). Stijghoogteberekeningen met (regionale) grondwatermodellen geven, in aanvulling op stijghoogtemetingen, inzicht in de bandbreedte van optredende stijghoogten. Deze inzichten kunnen vervolgens worden benut bij de optimalisatie van de uitdagingen met betrekking tot piping en stabiliteit, en wel op de volgende manieren:

- Voor een vlakdekkend gebied langs de dijk (binnen- en buitendijks);
- Voor verschillende hydrologische situaties, zowel gemiddelde situaties als de T=10;
- Voor toekomstige situaties/effectenstudies.

Om het model op te stellen, zijn GRAM 3.0 en MORIA 4.7 gekoppeld en zijn aanpassingen aangebracht aan het CuRa-deelmodel. De belangrijkste modelverbeteringen omvatten het aanpassen en kalibreren van de deklaagweerstand (c) en doorlaatvermogen (kD) van het watervoerend pakket (WVP). Daarnaast zijn er verbeteringen doorgevoerd in de modellering van de onverzadigde zone (MetaSWAP) en inundaties in de uiterwaarden.

Het doel van deze studie is om tijdens een hoogwatersituatie (piek) de stijghoogte langs de dijk binnen een marge van 0,5 meter ten opzichte van de gemeten stijghoogte te berekenen. De berekende grondwaterstanden en stijghoogten van het CuRa-model (versie 06) voldoen aan de validatiedoelen en zijn geschikt voor het bepalen van grondwaterstanden en stijghoogten tijdens een hoogwatersituatie met een herhalingstijd van T=10. Bij toepassing van deze stijghoogten in piping- en stabiliteitsberekeningen kan een betrouwbaarder beeld van de opgave vastgesteld worden en daarmee een optimalisatie plaatsvinden. Het is echter wel belangrijk om rekening te houden met de betrouwbaarheid van het model:

- Het grondwatermodel CuRa is als betrouwbaar beoordeeld voor het berekenen van stijghoogten tot een afstand van 1 kilometer van de dijk tijdens een hoogwatersituatie met T=10.
- De nauwkeurigheid van de berekende stijghoogten vertoont ruimtelijke variatie en bedraagt ongeveer 0,5 meter binnen een afstand van 1 kilometer van de dijk.
- Op locaties die zich op meer dan 1 kilometer afstand van de dijk bevinden, neemt de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de berekende stijghoogten af.

Conclusies

In deze studie zijn de volgende conclusies getrokken met betrekking tot hoogwatersituaties:

- Het CuRa-model (v06) voldoet bij het berekenen van de grondwaterstand en stijghoogte (piek) voor een hoogwatersituatie (T=10). Het model is geschikt om grondwaterstanden en stijghoogten te berekenen voor hoogwatersituaties.
- Het model blijkt gevoelig te zijn voor aanpassingen van het doorlaatvermogen (kD; WVP). De mate van gevoeligheid op de berekende stijghoogte varieert afhankelijk van de locatie (binnen vs buitendijks; afstand tot de Maas) en het tijdstip (zomer- vs. wintersituatie; gemiddelde- vs. hoogwatersituatie).
  - Een kD verhoging heeft een positief effect bij het berekenen van de t=10 piek.
  - Het model is licht gevoelig bij het berekenen van de piek, aanpassingen op de kD hebben wel een grote invloed op het systeemgedrag van het model.
- De deklaagweerstand (buitendijks) heeft weinig invloed, mede doordat de Maas diep is ingesneden en de weerstand erg heterogeen en niet vlakdekkend aanwezig is (Bijvoorbeeld bij Geul Keent).
- De gespannen berging heeft weinig invloed, omdat deze al erg klein is. Een aanpassing (binnen realistische bandbreedte) leidt daarom niet tot een significante verandering
- De hydraulische weerstand van oppervlaktewater heeft, bij de gekalibreerde parameterwaarden, weinig tot geen invloed (5-10 cm) op de berekende stijghoogte (niet gevoelig). Voor de Maas is nagenoeg geen weerstand aanwezig (doorsnijding). Daarom heeft een verhoging of verlaging binnen de (aanwezige) gestelde (fysisch realistische) waarden, weinig invloed.

In deze studie blijkt het doorlaatvermogen (kD) van het watervoerend pakket de grootste impact te hebben op de nauwkeurigheid van de grondwatermodellering tijdens hoogwatersituaties. Vanwege de ondergrondse heterogeniteit en lokaal voorkomende processen (zoals preferente stroming door goed doorlatende lagen en radiale toestroming),

vertonen de berekende stijghoogten variaties tussen verschillende locaties en in diverse hoogwatersituaties (bijvoorbeeld zomer vs. Winter).
Opmerkelijk is dat bij een sterk heterogene deklaagweerstand, waar sommige locaties een lage deklaagweerstand hebben of waar slecht doorlatende bodemtypen zelfs ontbreken (zoals bij De Keent), de invloed van kD minder groot lijkt te zijn op de berekende stijghoogten.

In GRAM, en daarmee ook het CuRa-model, is de gespannen berging al goed ingeschat. Echter, tijdens hoogwatersituaties waar inundatie van het maaiveld plaatsvindt, leidt de freatische berging soms tot afwijkend systeemgedrag en de berekende grondwaterstanden en stijghoogten.

Aandachtspunten

- Er is niet onderzocht of het CuRa-model voldoet aan het validatiedoel voor andere hoogwatersituaties, zoals T=100 of zelfs T=3000, of voor de gemiddelde situatie (GxG).
- De berekende stijghoogte tijdens een hoogwatersituatie (T=10) is tot op 1.000 m afstand van de Maas circa 0,5 m nauwkeurig beoordeeld. Er zijn ruimtelijke verschillen in de nauwkeurigheid berekend. De bandbreedte en betrouwbaarheid van de berekende stijghoogte met de ingeschatte kD-waarden is ruimtelijk inzichtelijk gemaakt in de gevoeligheidsanalyse en kalibratie. Bij het gebruik van de berekende stijghoogten moet rekening gehouden worden met de gepresenteerde bandbreedte en ruimtelijke variatie in modelnauwkeurigheid en betrouwbaarheid.
- Freatische berging is in dit model door MetaSWAP berekend.
- Voor de kalibratie en validatie zijn 29 peilbuizen gebruikt. Echter, we adviseren om extra peilbuizen te plaatsen in de omgeving van zowel Cuijk als Ravenstein, bij voorkeur op plekken waar nu peilbuizen ontbreken of waar een grote onzekerheid wordt berekend. Zo kunnen de resultaten worden aangevuld en worden meetpunten gevalideerd. Dit is met name relevant bij Ravenstein, de zuidoostkant van de Keent en bij Cuijk.
- Een geotechnische interpretatie van de opbouw van de deklaag- en watervoerende pakket (gelaagdheid) zouden meer aandacht moeten krijgen bij het opstellen van regionale grondwatermodellen:
  - De doorsnijding van watergangen en rivieren hebben grote invloed op de stijghoogte in het watervoerend pakket. De schematisering van de regionale grondwatermodellen is in de verticale discretisatie (laagindeling) vaak te grootschalig om de lokale (ondiepe) bodemopbouw en doorsnijding van de deklaag representatief te modelleren. In veel gebieden met een deklaag van enkele meters loopt de dikte in de eerste 1-10 modellagen snel op van afwezig of enkele (centi)meters tot meerdere meters of zelfs meer dan 10 meter.
  - Een gevoeligheidsanalyse van de deklaagweerstand en doorlaatvermogen van het watervoerend pakket in combinatie met de modeldiscretisatie (gridverfijning) geeft inzicht in het effect dat het detail van het rekengrid heeft op de berekende grondwaterstanden en stijghoogten.
  - Lokale ondergrondgegevens (boringen, sonderingen, etc.) in combinatie met (ondiepe) ondergrondmodellen zoals GeoTOP en geotechnische dwars-/lengteprofielen kunnen bijdragen aan het detailleren van de deklaag en eerste watervoerend pakket bij een hogere (verticale) modeldiscretisatie.

Bijlage A – Koppeltabellen

TOP GRAM	TOP MORIA	TOP ARCADIS
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	10	5
6	11	6
7	12	7
8	12	8
9	13	9
10	14	10
11	15	11
12	16	12
13	17	13
14	18	14
15	18	15
16	18	16
17	18	17
18	19	18
19	19	19

BOT GRAM	BOT MORIA	BOT ARCADIS
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	9	4
5	10	5
6	11	6
7	top12*	7
8	12	8
9	13	9
10	14	10
11	15	11
12	17	12
13	17	13
14	top18 *	14
15	top18 *	15
16	top18 *	16
17	top19 *	17
18	top19 *	18
19	19	19

*Laag komt niet voor in MORIA

Koppeltabel om GRAM te verlengen met MORIA

Modellayer WVP	Modellayer SDL	GRAM3 IDF	Gohydrologisch pakket - REGISII [-]	MORIA4.7 IDF	Gohydrologisch pakket - REGISII [-]
1		TOP1.IDF BOT1.IDF	hlc	TOP1.IDF BOT1.IDF	hlc (GEOTOP)
	1	c1	hlc, bxsck1	c1	hlc (GEOTOP)
2		TOP2.IDF BOT2.IDF	bxz2	TOP2.IDF BOT2.IDF	Pleisz*, bxz2
	2	c2	bxlmk1, bxk1	c2	bxlmk1, bxk1
3		TOP3.IDF BOT3.IDF	bxz3	TOP3.IDF BOT3.IDF	bxz3
	3	c3	bxk2, krwyk1, krk1	c3	bxk2, krwyk1, krk1, berok1,
4		TOP4.IDF BOT4.IDF	bxz4, krz2, krz3, bez1, bez2, bez3, eez1, eez2, eez3, krz4, krz5, drz1, drz2, drz3, dtc, dnz1, urz1, urz2,	TOP4.IDF BOT4.IDF	bxz4, krz2, krz3, bez1, bez2, bez3
	4	c4	Berok1, bek1, bek2, wbv1, eek1, eek2, krzuk1, krtwk1, druik1, drgik1, urk1, stk1	c4	bek1, bek2, wbv1, eek1
5		TOP5.IDF BOT5.IDF	stz2, syz1	TOP5.IDF BOT5.IDF	eez1, eez2, eez3
	5	c5	syk1	c5	krzuk1
6		TOP6.IDF BOT6.IDF	syz2	TOP6.IDF BOT6.IDF	Krz4
	6	c6	syk2	c6	krtwk1
7		TOP7.IDF BOT7.IDF	syz3	TOP7.IDF BOT7.IDF	krz5, drz1, drz2, drz3, dtcbz
	7	c7	syk3	c7	Druik1, drgik1
8		TOP8.IDF BOT8.IDF	syz4, pzwaz1	TOP8.IDF BOT8.IDF	DTC
	8	c8	wak1	c8	DTC
9		TOP9.IDF BOT9.IDF	pzwaz2	TOP9.IDF BOT9.IDF	z, dnz1, urz1, urz2, urz3, urz4, urz5,
	9	c9	wak2	c9	urk1, stk1
10		TOP10.IDF BOT10.IDF	pzwaz3	TOP10.IDF BOT10.IDF	stz2, syz1
	10	c10	wak3	c10	Syk1
11		TOP11.IDF BOT11.IDF	pzwaz4, msz1	TOP11.IDF BOT11.IDF	syz2
	11	c11	msk1	c11	syk2
12		TOP12.IDF BOT12.IDF	msz2	TOP12.IDF BOT12.IDF	syz3, syz4, pzwaz1
	12	c12	msk2	c12	Wak1
13		TOP13.IDF BOT13.IDF	msz3, msc, msz4, kiz1	TOP13.IDF BOT13.IDF	pzwaz2
	13	c13	kik1	c13	wak2
14		TOP14.IDF BOT14.IDF	kiz2	TOP14.IDF BOT14.IDF	pzwaz3
	14	c14	kik2	c14	wak3
15		TOP15.IDF BOT15.IDF	kiz3	TOP15.IDF BOT15.IDF	pzwaz4, msz1
	15	c15	kik3	c15	Msk1
16		TOP16.IDF BOT16.IDF	kiz4	TOP16.IDF BOT16.IDF	msz2
	16	c16	kik4	c16	Msk2
17		TOP17.IDF BOT17.IDF	kiz5, ooz1	TOP17.IDF BOT17.IDF	msz3, msc, msz4, kiz1
	17	c17	ook1	c17	Kik1
18		TOP18.IDF BOT18.IDF	ooz2, ooc	TOP18.IDF BOT18.IDF	kiz2, kiz3, kiz4, kiz5 ,ooz1
	18	c18	ooc, iek1, iek2, brz1*	c18	Ook, ooc
19		TOP19.IDF BOT19.IDF	iez2, iez3, brz1*	TOP19.IDF BOT19.IDF	Ooz2, ooc, brz1

Bijlage B – Technische specificatie modelverbetering

Hierin zijn de samenvattende tabellen opgenomen met Activiteit (van de uitvraag), uitgangspunten die van toepassing zijn bij de activiteit en de verbeteringsslagen.

B-1: Technische specificatie modelverbetering: zomerbed

	Omschrijving
Activiteit	**A_1a:** Breng het zomerbed passend op 25 meter netjes in de verschillende modellagen. De intreeweerstand van het zomerbed lijkt laag te zijn (0,1 dag).
Uitgangspunt	• Ter plaatse van het zomerbed van de Maas moet de intredeweerstand tussen het Maaswaterpeil en stijghoogte in het eerste watervoerend pakket gemodelleerd worden in de geohydrologische bodemweerstand (k_v). • Het model is een lagenmodel met doorlatendheden en berekend weerstanden aan de hand van de laagdiktes en k_v. Alleen de k_v waarden zijn aangepast om de gewenste weerstand te bereiken. De laagdiktes zijn niet aangepast, om toekomstige koppeling met het gehele GRAM model mogelijk te maken.
Verbetering	• De bodemweerstand (c) ter plaatse van het zomerbed van de Maas is op 0,1 dag gezet (L1-4). • De rivierbodemweerstand (intredeweerstand) ter plaatse van het zomerbed van de Maas is op 0,1 dag gezet.

B-2: Technische specificatie modelverbetering: Uiterwaarde en achterland

	Omschrijving
Activiteit	**A_2a:** Als de uiterwaard overstroomt (inundatie) moet een intreeweerstand worden meegegeven; deze weerstand is boven op de bodemweerstand. Bij MeMa is hier 5 dagen voor gebruikt; hier alleen van afwijken als daar goede reden voor is.
Uitgangspunt	• Het is niet mogelijk om extra weerstand tijdsafhankelijk (bij een inundatie) aan de bodem toe te kennen (modelgebrek). Daarom is er gekozen om een minimale weerstand in de bodemweerstand op te leggen.
Verbetering	• Er is een minimale weerstand van 5 dagen toegekend in de uiterwaarde door de verticale doorlatendheid (kv) in laag 1 te veranderen in relatie tot de aanwezige laagdikte. Voorbeeld: bij een minimale laagdikte van 0,1 m is de kv 0,2 m/d (c = 5,0 d).

B-3: Technische specificatie modelverbetering: Open water

	Omschrijving
Activiteit	**A_2b:** Check op open water of dit juist gemodelleerd wordt met het model.
Uitgangspunt	• Door een hoge horizontale- en verticale doorlatendheid (k_h en k_v) toe te kennen aan modelcellen van de plas wordt er een vrije doorstroming van grondwater gesimuleerd. • In MetaSWAP zijn de plassen opgenomen als nat oppervlak en is er geen grondwateraanvulling vanuit MetaSWAP berekend.
Verbetering	• De k_h is op 1.000 m/d gezet bij de Kraaijenbergse Plassen. Dit is toegepast voor laag 1- 8 (gebaseerd op de doorsnijding van de plasbodemhoogte in het lagenmodel) • De k_v voor laag 1 bij de Kraaijenbergse Plassen is ook op 1.000 m/d gezet, om eventuele verticale weerstand binnen de plassen te verwijderen.

ARCADIS

B-4: Technische specificatie modelverbetering: Deklaagweerstand

	Omschrijving
Activiteit	**A_3:** Analyseer de weerstand en het voorkomen (dikte) van klei in de uiterwaarden en het achterland en pas het model indien nodig aan. Gebruik hierbij aanvullende gegevens als boringen, bodemkaart etc.
Uitgangspunt	• De volgende gegevens zijn gebruikt voor de interpolatie van de deklaagweerstand: – DINO boringen: 3.101 locaties; – DINO Sonderingen: 853 locaties; – BRO Sonderingen: 773 locaties; – Aanvullende gegevens (Aa en Maas): 25 locaties; • De aangenomen doorlatendheden zijn opgenomen in Tabel 1; • De geïnterpoleerde deklaagweerstand is op basis van de laagdikte, die niet is aangepast, omgerekend naar verticale doorlatendheden (k_v) voor de eerste slecht doorlatende laag. – *iMODFLOW (iMOD rekencode) rekent met weerstanden door de laagdikte te delen door de k_v. Omdat de laagdiktes deelmodellen niet aangepast mogen worden (zodat het model later aan GRAM toegevoegd kan worden en dat de overige lagen niet aangepast hoeven te worden) is de weerstand verdisconteerd in de k_v (In het model wordt deze k_v aangeduid als k_v1_interpolatie). Hierdoor is het mogelijk dat fysisch onrealistische verticale doorlatendheden in de modeldatabase zijn toegepast. De gebruikers van het grondwatermodel moeten bewust zijn van de herkomst van deze k_v-waarden. Idealiter wordt in toekomstige modelversies de laagindeling aangepast om representatieve laagdiktes en doorlatendheden in het model toe te passen.*
Verbetering	• De waargenomen diktes van slecht doorlatende bodemtypen (lithologie) zijn per boring en sondering (locaties) bepaald met behulp van een aantal scripts/tools: – Voor de eerste 9 m onder maaiveld is per locatie (Figuur 4) de totale weerstand berekend door de som van de dikte per lithologie te delen door de doorlatendheden (Tabel 1). Deze 9m sluit aan bij de methode die is toegepast bij MeMa. – Uitbijters van weerstanden en boor- en sondeerlocaties in/onder de dijk zijn niet opgenomen in de interpolatie. – De weerstand is geïnterpoleerd met de interpolatie methode: topo-to-raster – Meerdere k_v waarden zijn getest. De uiteindelijke waarden zijn gekozen, omdat deze waarden de ruimtelijke heterogeniteit goed weergeven en daarbij geven deze waarden ook de beste resultaten. • De uiteindelijke k_v is bepaald door de dikte van SDL1 te delen door geïnterpoleerde C-waarden – De modellaag dikten zijn onveranderd. – Deklaag is bij het aanleggen van de Geul Keent volledig afgegraven. Daarom is bij de Geul Keent is de weerstand op 0,1 dag gezet (zoals bij de Maas). – De verandering van de weerstand/k_v is alleen toegepast in de uiterwaarde (Figuur 3), omdat deze bij GRAM nog niet goed gekalibreerd was. Binnendijks is de weerstand wel goed gekalibreerd.

B-5: Technische specificatie modelverbetering: Waterhuishouding

	Omschrijving
Activiteit	**A_4a:** Analyseer het doorsnijden van deze kleilaag door sloten en pas het model aan indien nodig.
Uitgangspunt	De modelinvoer van GRAM en MORIA is gecontroleerd op basis van peil en bodemhoogte/ drainageniveau. Hieruit blijkt dat beide modellen een andere methode hebben toegepast om doorsnijding van de deklaag te simuleren.
Verbetering	De drain- en river-packages zijn grotendeels onveranderd gebleven omdat de lagenindeling van zowel GRAM als MORIA onveranderd is doorgevoerd in CuRa. • Leggerwatergangen van GRAM en MORIA onveranderd in het model opgenomen • Drains met een onrealistisch laag drainageniveau zijn verwijderd.

	• Detailwatergangen van GRAM en MORIA zijn gecombineerd tot 1 bestand.

B-6: Technische specificatie modelverbetering: Diepe ondergrond

	Omschrijving
Activiteit	**A_5a:** Zet rondom de rivier de standaard REGIS-waarden van de diepe ondergrond terug in het model, tenzij er goede aanwijzingen zijn dit niet te doen. (Achtergrond: in GRAM zijn aanpassingsfactoren t.o.v. REGIS gehanteerd na kalibratie met als doel GGOR-studies, echter rondom de rivier is de rivier zo dominant dat we inschatten dat de kalibratie hier geen uitspraak had mogen doen.).
Uitgangspunt	• De diepe REGIS-waarden in de GRAM-database zijn niet correct doorgevoerd en moeten worden teruggebracht naar de oorspronkelijke waarden. • De niet-stationaire onttrekkingen van MORIA lopen tot 2010.
Verbetering	• Voor de diepe ondergrond zijn ongekalibreerde REGIS-waarden gebruikt. Dit is aangepast in zowel GRAM3.0 als MORIA4.7. • De breuken in het model zijn ongewijzigd van GRAM3.0 overgenomen. • De anisotropie is ongewijzigd van GRAM3.0 en MORIA4.7 overgenomen. • De onttrekkingen van GRAM zijn grotendeels overgenomen: – Brabant Water - Niet stationair – WML - Niet stationair – Industrie Aa en Maas - Niet stationair – Alleen de industrie Brabant is van het MeMa-model overgenomen – stationair • De niet stationaire onttrekkingen van MORIA gaan tot 2010, daarom is er gekozen om de stationaire onttrekkingen van MORIA toe te passen in CuRa.

B-7: Technische specificatie modelverbetering: Hoogwatergolf

	Omschrijving
Activiteit	**A_6a/b/c:** (a) De schematisatie van het hoogwater controleren. (b) Indien nodig de schematisatie aanpassen aan de 25m schaal van het model. (c) In het model ervoor zorgdragen dat de sloten in de uiterwaarden uit staan tijdens hoog water (niet draineren).
Uitgangspunt	• De schematisatie van de ISG is niet correct na 2020. • In het model is de functie ICONCHK ingeschakeld, waardoor de drain-package onder de river-package wordt uitgeschakeld bij inundatie.
Verbetering	• Waterschap heeft de ISG in het modelgebied bijgewerkt tot en met 2022. – De ISG tijdens deze periode is gecontroleerd op watervlak en waterpeil (Figuur 7) • Infiltratieweerstand van de Maas is op 0,1 dag gezet zoals in paragraaf 3.1 beschreven

B-8: Technische specificatie modelverbetering: Metaswap en berging

	Omschrijving
Activiteit	**A_7c:** Zorg voor passende bergingscoëfficiënten in de verschillende modellagen, waarbij een extra aandachtspunt is: tijdens hoog water, als de onverzadigde zone vol is, is er geen freatische berging meer mogelijk. Hanteer juiste bergingscoëfficiënten voor de diepe ondergrond (Uit **A_5a**).
Uitgangspunt	• LHM2018_v02z is gebruikt als bodem-database. • Voor een groot deel zijn dezelfde MetaSWAP-instellingen aangehouden als in GRAM3.0. • Buitendijks is dezelfde methode toegepast voor de onverzadigde zone als binnendijks. • Freatische berging is berekend door MetaSWAP. • Gespannen berging is berekend zoals bij MeMa.

Verbetering	• Het natte oppervlak (nopp) is aangepast voor alleen permanent watervoerend oppervlaktewater. Waar geen oppervlaktewater aanwezig is, is het natte oppervlak verwijderd waardoor MetaSWAP in de uiterwaarde hetzelfde functioneert als binnendijks. • MetaSWAP berekend de freatische berging, omdat het nat oppervlak is aangepast. • MetaSWAP is in de uiterwaarde aangezet, deze berekend nu betere freatische bergingscoëfficiënten en grondwateraanvulling. • De gespannen berging is berekend door dikte van de watervoerende pakketten te delen door 100.000. • De metrologische waarden (mete_grid), tijd en output (tiop_sim) en parameters instellingen (para_sim) apart ingesteld voor beide modelperiodes: 2020-2021 en 2010-2012. De waarden zijn onveranderd • De (rural) ponding depth in de uiterwaarde is ingesteld op 9999 m, zodat deze wordt uitgeschakeld bij inundatie. • De instelling voor verhard oppervlak (urban area) is uitgeschakeld bij bruggen over de Maas.

Bijlage C – Grafieken gevoeligheidsanalyse en kalibratie

Zie grafieken rekenserver:

Gevoeligheid C:
d:\Extern\Arcadis\CuijkRavenstein\Model\Results\v06\Kalibratie\NSTAT_CURA_v06_2020_2021_HDG_25m\timeseries\tijdreeksen_plots_gevoeligheid_C\

Gevoeligheid kD:
d:\Extern\Arcadis\CuijkRavenstein\Model\Results\v06\Kalibratie\NSTAT_CURA_v06_2020_2021_HDG_25m\timeseries\tijdreeksen_plots_gevoeligheid_kD\

Bijlage D – Grafieken validatie

Zie grafieken rekenserver:

d:\Extern\Arcadis\CuijkRavenstein\Model\Results\v06\Validatie\NSTAT_CURA_v06_2010_2011_HDG_25m\timeseries\tijdreeksen_plots\

Bijlage E – Runfiles definitieve model

Zie runfiles rekenserver:

Runfile voor de 2021 run:
d:\Extern\Arcadis\CuijkRavenstein\Model\Runfiles\v06\Kalibratie\NSTAT_CURA_v06_2020_2021_HDG_25m.run

Runfile voor de 2011 run:
d:\Extern\Arcadis\CuijkRavenstein\Model\Runfiles\v06\Validatie\NSTAT_CURA_v06_2010_2011_HDG_25m.run

Runfiles van de gevoeligheidsanalyse:
d:\Extern\Arcadis\CuijkRavenstein\Model\Runfiles\v06\Kalibratie\Gevoeligheid\
d:\Extern\Arcadis\CuijkRavenstein\Model\Runfiles\v06\Validatie\Gevoeligheid\

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende ontwerp- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij helpen onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Wij zijn met 36.000 mensen actief die in ruim zeventig landen meer dan €4,2 miljard aan omzet genereren. Wij helpen UN-Habitat met onze mensen, die kennis en expertise leveren om de moeilijke leefomstandigheden te verbeteren in gebieden die lijden onder de gevolgen van klimaatverandering.

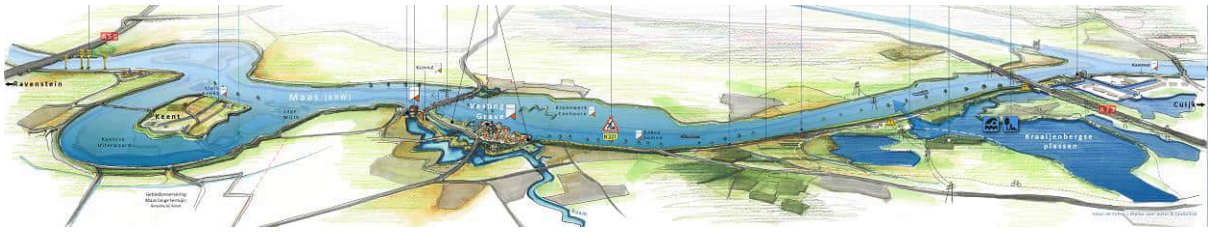
www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018
5200 BA 's-Hertogenbosch
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life



Memo verbeteringen geohydrologisch model (VTW0020)

Aan WSAM
Van Sweco

Onderwerp	VERBETERINGEN AAN HET GRONDWATERMODEL VOOR CURA
Datum	13-1-2025
Documentcode	WSB.28.3-086
Referentienummer Sweco	NL25-648800269-117931

1. Inleiding

Voor het dijkversterkingsproject Cuijk-Ravenstein (CuRa) is door Arcadis een geohydrologisch model opgesteld (Arcadis, 2023). Dit model wordt in deze memo verder aangeduid als het uitgangsmodel. Dit model is een combinatie van de twee regionale grondwatermodellen: een model van het waterschap Aa en Maas (GRAM) en een model van het waterschap Rivierenland (MORIA). Om beide modellen goed op elkaar te laten aansluiten zijn in het model van Arcadis de dikten van de modellagen uit het GRAM-model gebruikt. Verder is de weerstand in de uiterwaarden op basis van boringen toegevoegd. Dit is gedaan door de verticale doorlatendheid (Kv) ter plaatse aan te passen.

Deze werkwijze heeft geleid tot fysisch onrealistische Kv-waarden in het uitgangsmodel. Verder blijkt uit boringen en sonderingen dat in het originele lagenmodel de ligging van de deklaag niet juist was verwerkt. Dat kan leiden tot onjuist berekende grondwaterstanden en stijghoogten.

Deze memo beschrijft de manier waar het uitgangsgrondwatermodel op de bovenstaande punten is verbeterd. Met het resulterende model kunnen naar verwachting de effecten van de voorgenomen dijkversterkingsmaatregelen bevredigend worden berekend.

2. Verbetering van de ligging van de deklaag

Inventarisatie en filtering van de ondergrondgegevens

Om de ligging van de deklaag in het model te verbeteren zijn eerst ondergrondgegevens verzameld. Daartoe is langs het dijktraject de volgende informatie bijeengebracht:

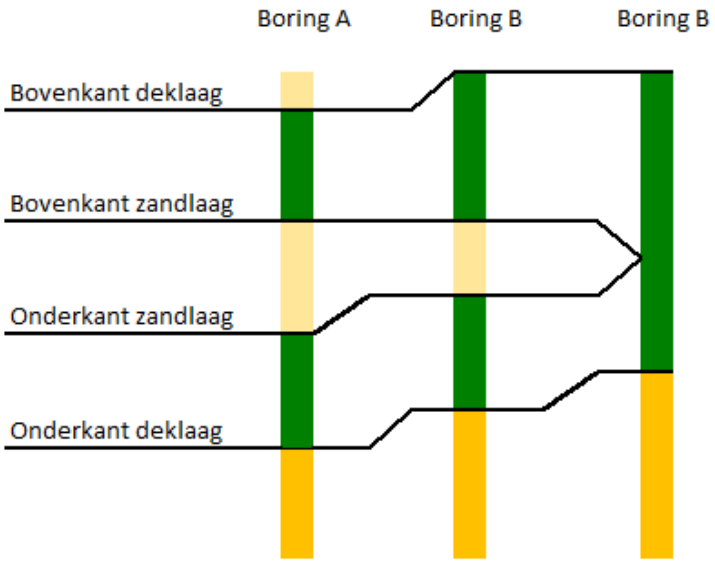
- boringen en sonderingen uit DINOloket;
- boringen en sonderingen uit BROloket;
- boringen en sonderingen die zijn verkregen uit veldwerk.

Deze gegevens zijn als volgt gecorrigeerd:

1. Alle boringen voor 1940 zijn verwijderd uit de dataset omdat deze niet meer representatief zijn voor de huidige ligging van de Maas. In 1940 zijn namelijk de grootschalige aanpassingen aan de Maas afgerond. De boringen in de Maasmeander bij Keent zijn wél gehandhaafd in de dataset omdat deze meander in recente jaren weer is hersteld (uitgegraven).
2. De laatste uitbreiding van de Kraaijenbergse Plassen is na 1998 afgerond. Alle boringen binnen de huidige plassen ouder dan 1999 zijn daarom verwijderd uit de dataset. Boringen waarvan geen datum bekend is en waarvan het genoteerde maaiveld hoger is dan de verwachte bodemhoogte in NAP van de plas zijn verwijderd.
3. Boring B46A0869 is verwijderd vanwege een onrealistisch hoog maaiveldniveau.

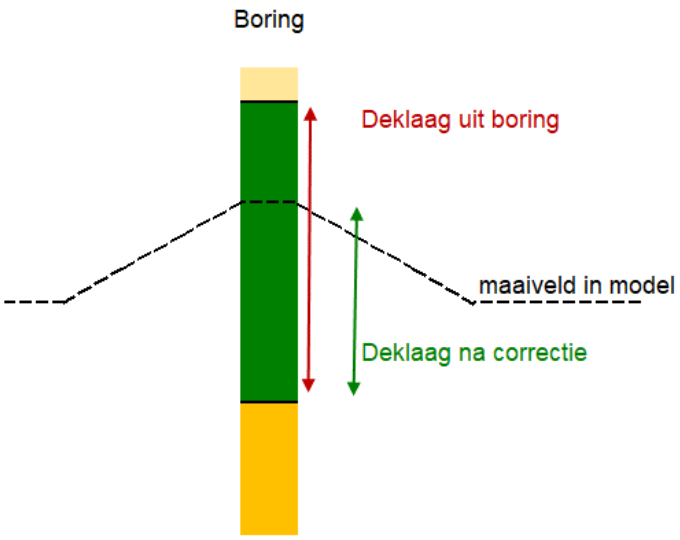
Vasstellen van de deklaagligging

Op basis van de (gefilterde) ondergrondgegevens is in een tweede stap de deklaagdikte bepaald over een zoekdiepte van 10 m-mv. Dit is gedaan door in alle boringen respectievelijk de ondiepste en de diepste klei-, leem- of veenlaag te identificeren. Hieruit volgt voor iedere boring de bovenkant, de onderkant en de dikte van de deklaag. Figuur 1 geeft dit schematisch weer. Later worden eventueel aanwezige tussenzandlagen geïdentificeerd. Dit wordt verder in deze memo toegelicht.



Figuur 1 Schematische indeling van de deklaag en de eventueel aanwezige zandlagen op basis van de boringen

Veel boringen zijn gezet ter plaatse van de dijk. Deze boringen bestaan meestal uit een dikke laag klei tot diep onder het maaiveld. In de analyse wordt dan een zeer dikke deklaag geïdentificeerd, terwijl in werkelijkheid de boring voor een groot deel uit het dijklichaam bestaat. Daarnaast is het maaiveld ter plaatse van de boringen in werkelijkheid meestal hoger dan het maaiveld in het model. In het model is het maaiveld namelijk gemiddeld tot cellen met een grootte van 25x25 meter. Om te voorkomen dat er onterecht een zeer dikke deklaag ter plaatse van het dijklichaam in het model terechtkomt, zijn de boringen ‘afgekapt’ op het maaiveldniveau uit het model. Vervolgens is de deklaagdikte bepaald vanaf dit niveau. Dit is gedaan voor alle boringen en schematisch weergegeven in Figuur 2. Op deze manier wordt voorkomen dat er ter plaatse van de dijk onterecht een dikke deklaag wordt toegewezen.



Figuur 2 Schematische weergave van een boring boven maaiveld uit het model

Verder is de geïdentificeerde deklaag van een aantal boringen handmatig gecorrigeerd, vanwege diep (circa 9 m-mv) aangetroffen slecht doorlatende lagen die met de gebruikte tools onterecht tot de deklaag toegekend werden. Het gaat om de volgende boringen: B45F0597, B45F0173, B46A0122, B46A0195, B46A0197, B45F0118, B45F0191, B45F0151, B46A0149, B46A0194, B46A0198, B46A2117, B46A0214, B46A0235, B46A0288, B46A0457, B46A0226, B45F0995, B46A0287 en B46A0289.

Vasstellen van tussenzandlagen

Op een aantal plaatsen zijn er aaneengesloten zand- en grindlagen aanwezig in de deklaag. Lagen van zand- en grind in de deklaag met een dikte van minimaal 0,5 m zijn daarom als tussenzandlaag geïdentificeerd. Hierbij zijn tussenliggende klei-, leem- of veenlagen dunner dan 0,2 m genegeerd. Daar waar deze tussenzandlagen aanwezig zijn in de deklaag, is de deklaag opgesplitst in een bovenste deel en onderste deel. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 1.

Interpolatie

Na het identificeren van de tussenzandlagen ter plaatse van de boringen en het splitsen van de deklaag op die plaatsen is door middel van interpolatie de dikte van de deklaag vastgesteld en is de ligging van de tussenzandlagen hierin vlakdekkend vastgesteld. De resultaten uit de interpolatie zijn gecontroleerd op uitschieters en er is gecontroleerd of de resultaten een realistisch geologisch patroon laten zien.

> Hiervoor is de “Spline with barriers” interpolatie methode uit ArcGISpro gebruikt. Met deze interpolatiemethode wordt een inschatting van de celwaarden gemaakt op basis van nabijgelegen puntdata. De methode levert een vlakdekkend raster op waarin de kromming van het vlak geminimaliseerd wordt. Dit is gewenst aangezien de ondergrond in het modelgebied uit sedimenten bestaat die van nature relatief vlak afgezet zijn. Er is een (maximale) smoothing factor van 1 gehanteerd.

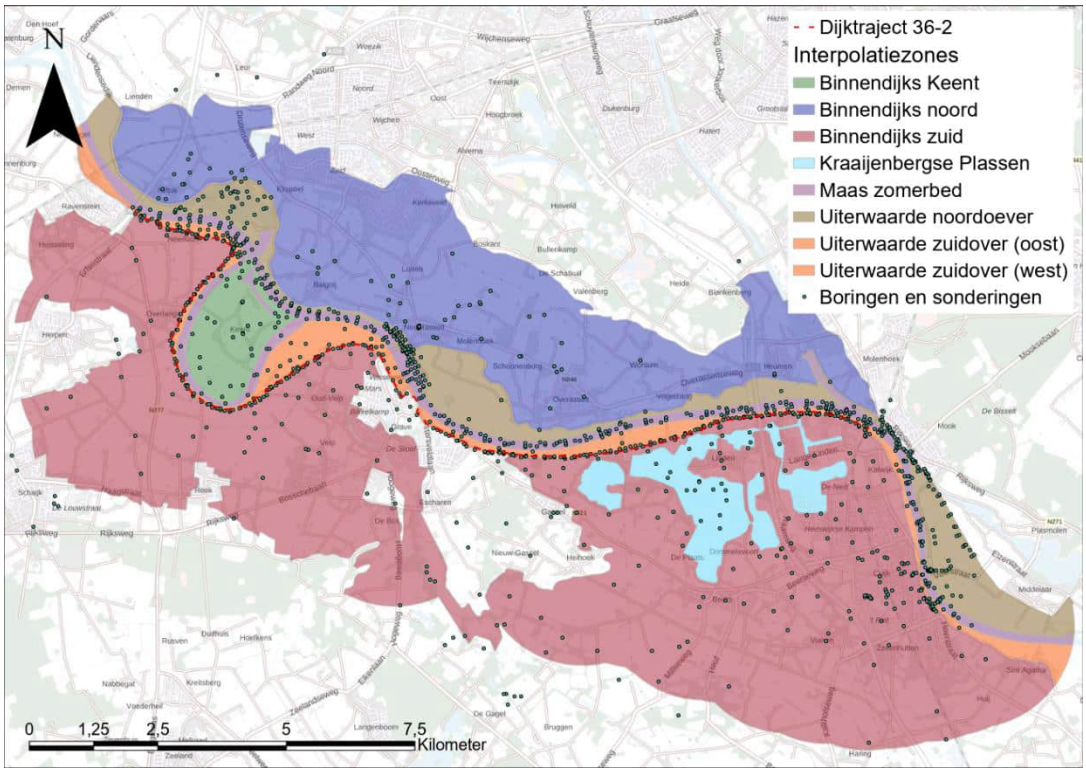
De opbouw en samenstelling van de ondergrond in het gebied blijkt sterk te verschillen. Dat geldt bijvoorbeeld voor het binnendijkse gebied en het buitendijkse gebied (uiterwaarde). Daarom is er een verdeling gemaakt van interpolatiegebieden. In deze gebieden is de opbouw van de ondergrond relatief uniform in vergelijking met naastgelegen gebieden.

De interpolatiezones zijn bepaald aan de hand van de geomorfologische kaart van Nederland (Alterra, 2004) en de Bodemkaart van Nederland (WENR, 2024). Dekzandruggen zijn buiten de interpolatiegebieden gehouden zodat er alleen gebieden overblijven waar naar verwachting Maasafzettingen aan het oppervlak aanwezig zijn.

De volgende interpolatiezones zijn onderscheiden:

- de uiterwaarden;
- het zomerbed van de Maas;
- binnendijks gebied ten noorden en zuiden van de Maas;
- het gebied binnendijks bij Keent;
- de Kraaijenbergse Plassen.

De grenzen tussen deze gebieden zijn opgegeven als ‘barriers’ in de interpolatiemethode. Deze methode maakt scherpe overgangen tussen de interpolatiezones mogelijk. De interpolatiezones, inclusief de boringen en sonderingen, zijn weergegeven in Figuur 3.

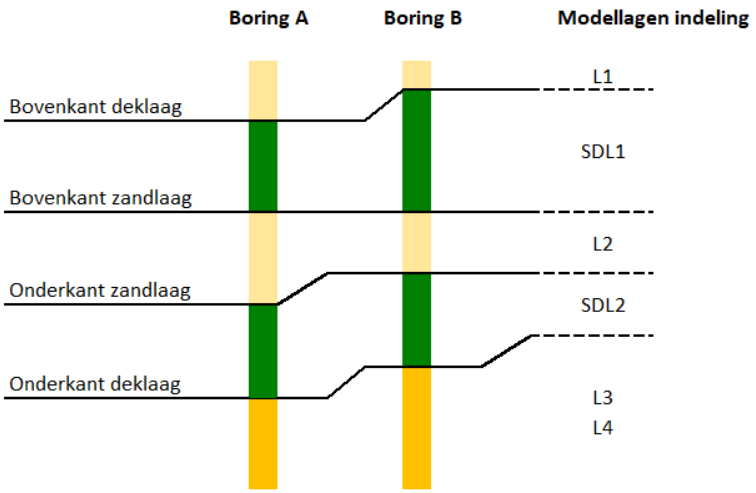


Figuur 3 Gehanteerde interpolatiezones en de gebruikte boringen en sonderingen

Lagenmodel aanpassen

Vervolgens is het lagenmodel van het uitgangsmodel aangepast door de geïnterpoleerde laagdiktes toe te kennen aan de modellagen. Daarbij is de bovenkant van modellaag 1 gehanteerd als referentie. De deklaagdikte uit de boringen is toegevoegd onder modellaag 1 (SDL1). Eventueel aanwezige tussenzandlagen zijn toegevoegd aan modellaag 2 en het resterende deel van de deklaag onder deze zandbanen is toegevoegd onder modellaag 2 (SDL2). Dit heeft geleid tot een aangepast lagenmodel. Een schematisch voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 4.

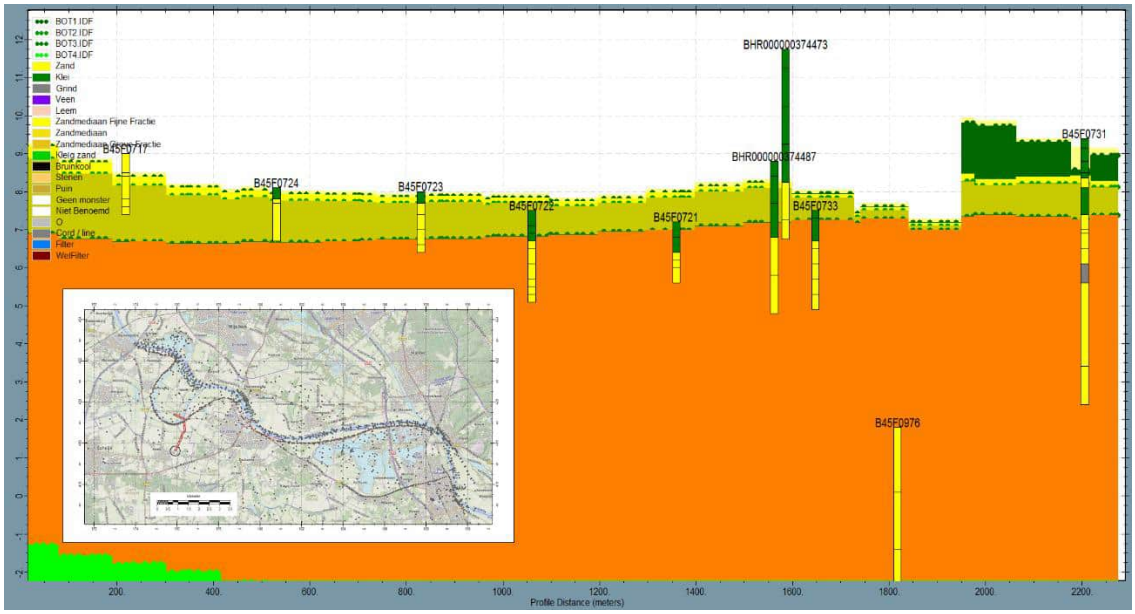
Daar waar geen deklaag is aangetroffen, is het oorspronkelijke uitgangslagenmodel niet gewijzigd. Onder de onderkant van de geïnterpoleerde deklaag is eveneens het oorspronkelijke uitgangslagenmodel ongewijzigd.



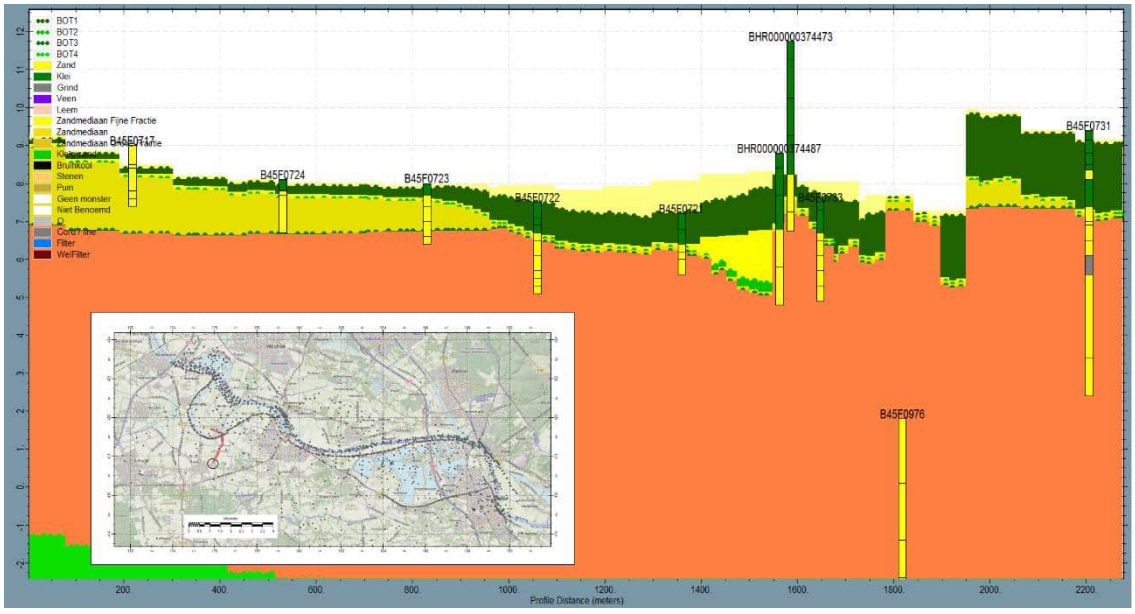
Figuur 4 Toewijzing van de geïnterpoleerde ligging van de deklaag in het model

Vervolgens is door middel van dwarsprofielen beoordeeld of de aanpassingen tot een consistent model hebben geleid. In Figuur 5 en Figuur 6 zijn dwarsprofielen ten zuiden van Keent van het originele lagenmodel en het aangepaste lagenmodel weergegeven. Overige dwarsprofielen zijn opgenomen in bijlage 1. In dit voorbeeld is te zien dat de deklaag/kleilaag die aangetroffen wordt in de boringen (groene kleuren) niet aanwezig is in het originele lagenmodel (Figuur 5). Door de gegevens uit deze boringen te interpoleren is de deklaag in het model toegevoegd (Figuur 6).

Verder zijn er locaties waar wel een deklaag in het originele model aanwezig is, zoals rechts in Figuur 5, maar waar de dikte niet overeenkomt met de gegevens uit de boringen. Op deze plekken is de deklaagdikte aangepast conform de gegevens uit de boringen (zie rechts in Figuur 6).



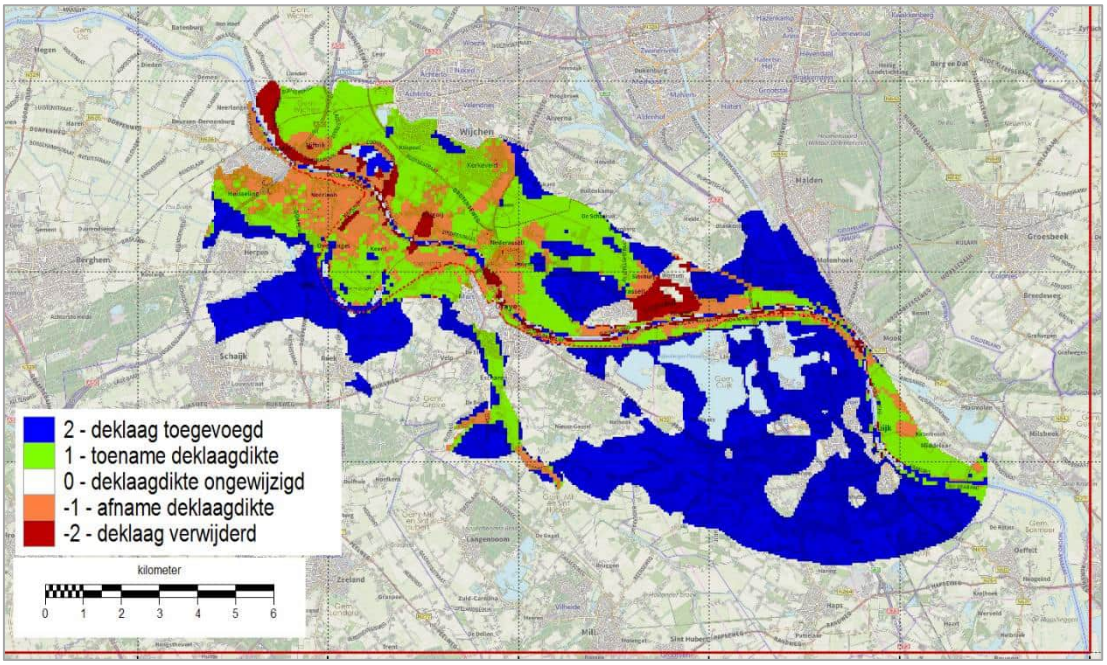
Figuur 5 Dwarspofiel door het originele lagenmodel ter hoogte van Keent. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.



Figuur 6 Dwarsprofiel door het aangepaste lagenmodel ter hoogte van Keent. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

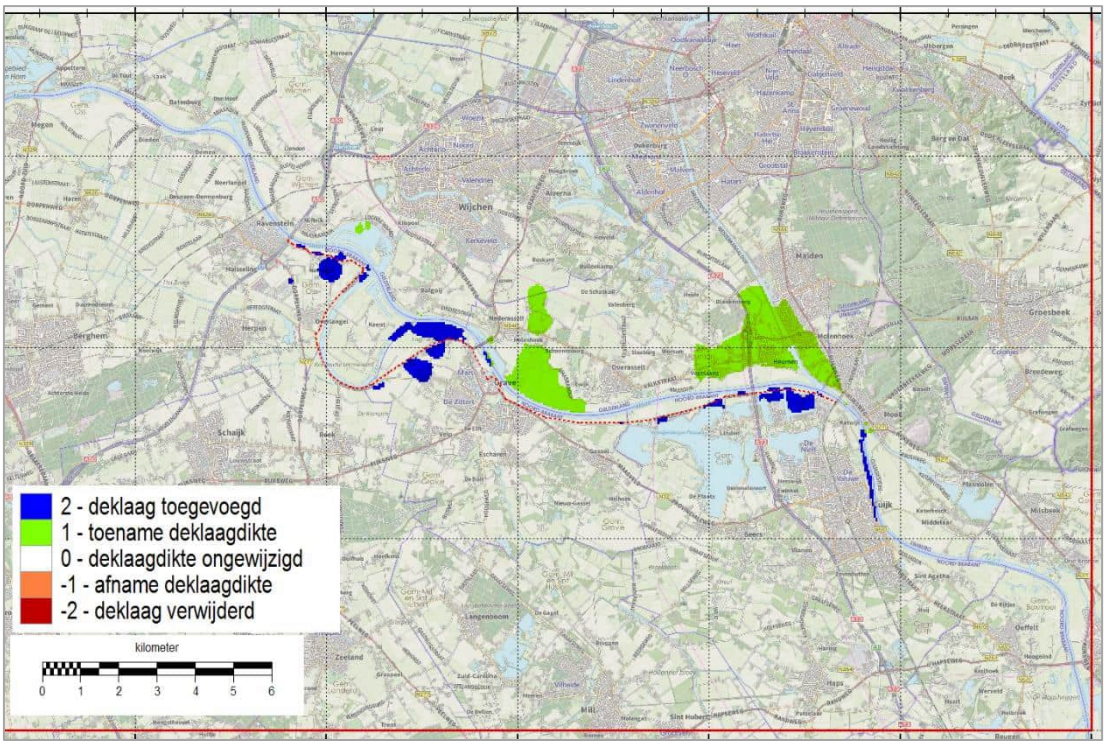
3. Correctie van de deklaagweerstand

Na de aanpassingen van het lagenmodel is ook de deklaagweerstand gecorrigeerd. In een aantal gebieden in het uitgangsmodel is geen deklaag aanwezig terwijl hier in de boringen wel aanwijzingen voor zijn. Daarnaast zijn er gebieden waar uit de boringen blijkt dat de deklaag niet aanwezig is terwijl dat in het uitgangsmodel juist wel het geval is. Ten slotte komt het voor dat de boringen aangeven dat de deklaag dunner is dan in het uitgangsmodel. Figuur 7 geeft een overzicht van deze correcties van de deklaag.



Figuur 7 Correcties van de deklaag (SDL1)

Zoals gezegd is in een aantal boringen een tussenzandlaag in de deklaag aangetroffen. Het deel van de deklaag onder deze tussenzandlaag is toegevoegd onder modellaag 2 (SDL2). In Figuur 8 zijn gebieden in het model weergegeven waar dit het geval is.



Figuur 8 Correcties van de scheidende laag onder modellaag 2 (SDL2)

Omdat er tijdens de bouw van het uitgangsmodel door Arcadis al aandacht besteed is aan het juist inbrengen van de deklaagweerstand, is deze deklaagweerstand in het model alleen lokaal aangepast. In gebieden waar uit de boringen blijkt dat er geen deklaag aanwezig is (en het uitgangsmodel er dus aantoonbaar naast zit), is de deklaagweerstand uit het model verwijderd.

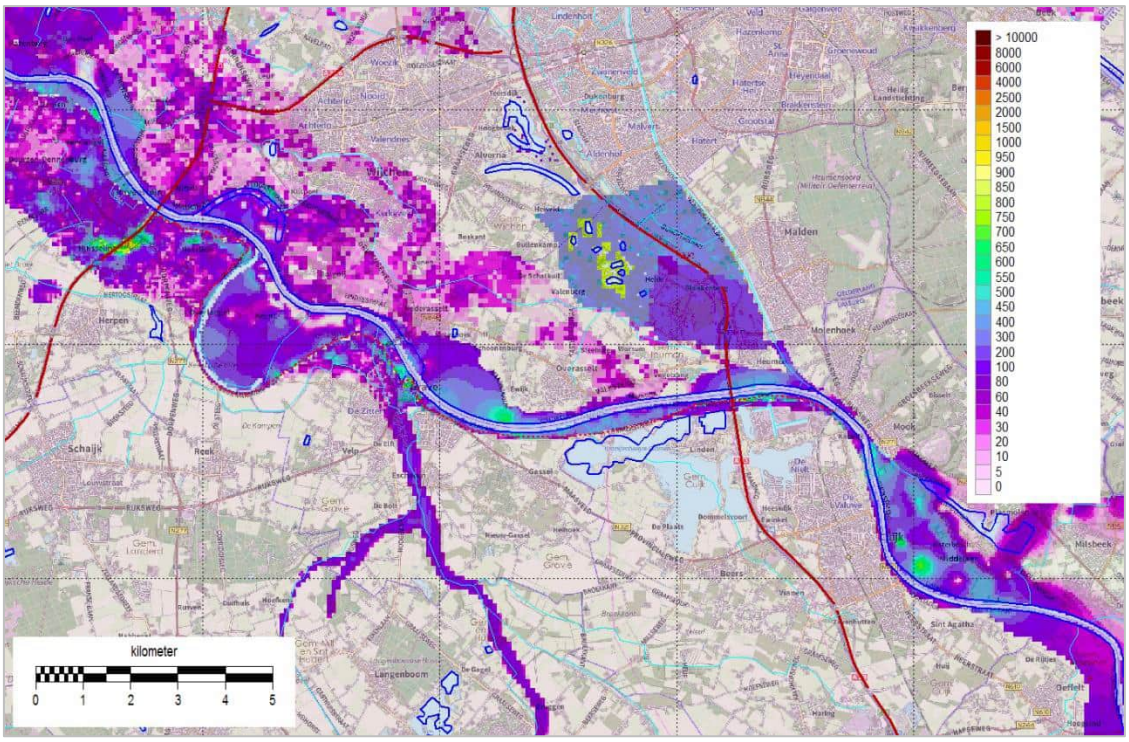
Verder zijn er gebieden waar uit de boringen blijkt dat er een deklaag aanwezig is terwijl deze niet in het uitgangsmodel zit. Op deze plekken is de deklaag in het lagenmodel verwerkt en is weerstand aan het model toegevoegd.

Om op deze locaties tot een nieuwe deklaagweerstand in het model te komen, is de dikte van de slecht doorlatende lagen in de boringen gebruikt. Per boring is de dikte van de klei-, veen-, leem- en gytjalagen bepaald. Vervolgens is per lithologie de weerstand berekend aan de hand van de generieke K-waarden uit Tabel 1. Deze weerstand is gesommeerd tot de cumulatieve weerstand per boring. Ten slotte is deze cumulatieve weerstand geïnterpoleerd tot een vlakdekkend weerstandraster. Dit raster is gebruikt om weerstand aan het lagenmodel toe te kennen op locaties waar in het uitgangsmodel nog geen deklaagweerstand aanwezig is.

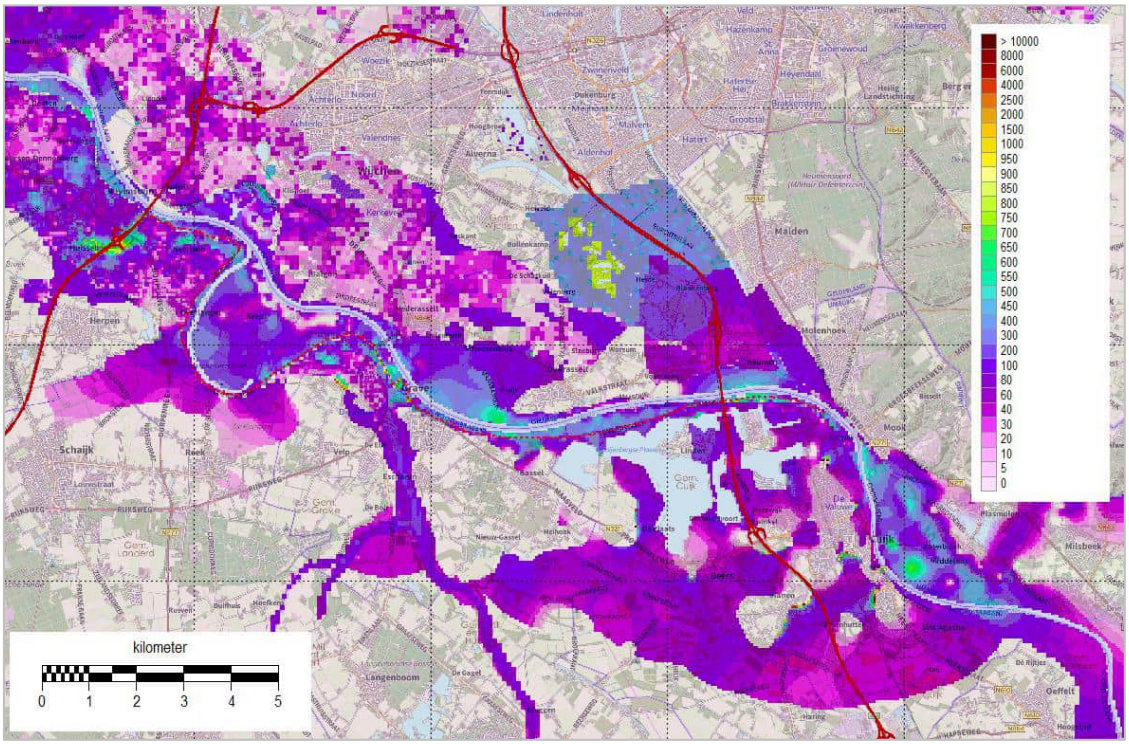
Tabel 1 Gehanteerde generieke K-waarden per lithoklasse

Lithoklasse	K-waarde [m/d]
Klei	0,01
Veen	0,01
Gytja	0,001
Leem	0,05

De oorspronkelijke weerstand in het uitgangsmodel is weergegeven in Figuur 9. De weerstand na de correctie van het lagenmodel is weergegeven in Figuur 10. Hierin is te zien dat op locaties waar een nieuwe deklaag is toegevoegd, eveneens weerstand is toegevoegd. Dit is voornamelijk het geval langs de Graafse Raam, ten zuiden van de oude Maasmeander bij Keent en ten zuiden van de Kraaijenbergse Plassen.



Figuur 9 Deklaagweerstand (SDL1) [dagen] in het uitgangsgrondwatermodel



Figuur 10 Deklaagweerstand (SDL1) [dagen] na correcties van het lagenmodel (BASIS4)

Het doorlaatvermogen (KD) van de modellagen uit het uitgangsmodel is gehandhaafd in het nieuwe model. Dit betekent dat de Kh-waarden zijn aangepast op basis van de nieuwe laagdikte (na het corrigeren van de deklaag) en het oorspronkelijke doorlaatvermogen.

4. Correctie berging op maaiveld buitendijks

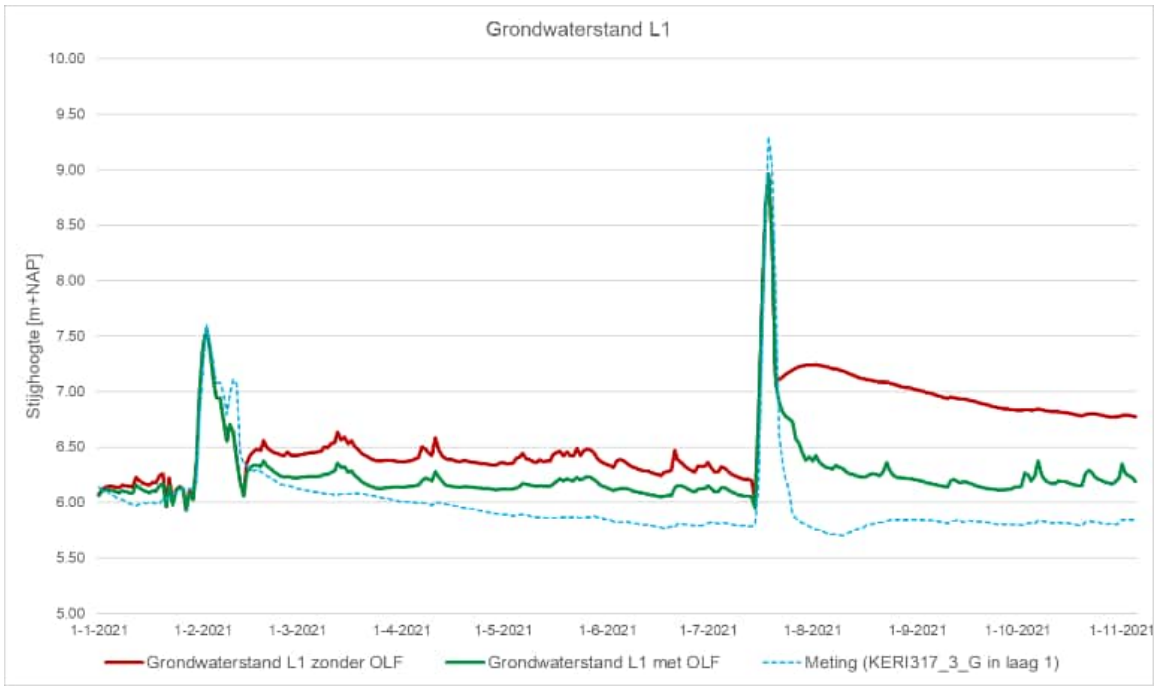
Na de correctie van de deklaag zijn de grondwaterstanden opnieuw berekend. Uit deze berekeningen bleek dat, na het optreden van hoogwater, er buitendijks 'water boven het maaiveld bleef hangen'.

Dat is niet realistisch: in werkelijkheid stroomt het water na het hoogwater weg over het maaiveld naar het laagste punt, meestal de Maas-hoofdgeul.

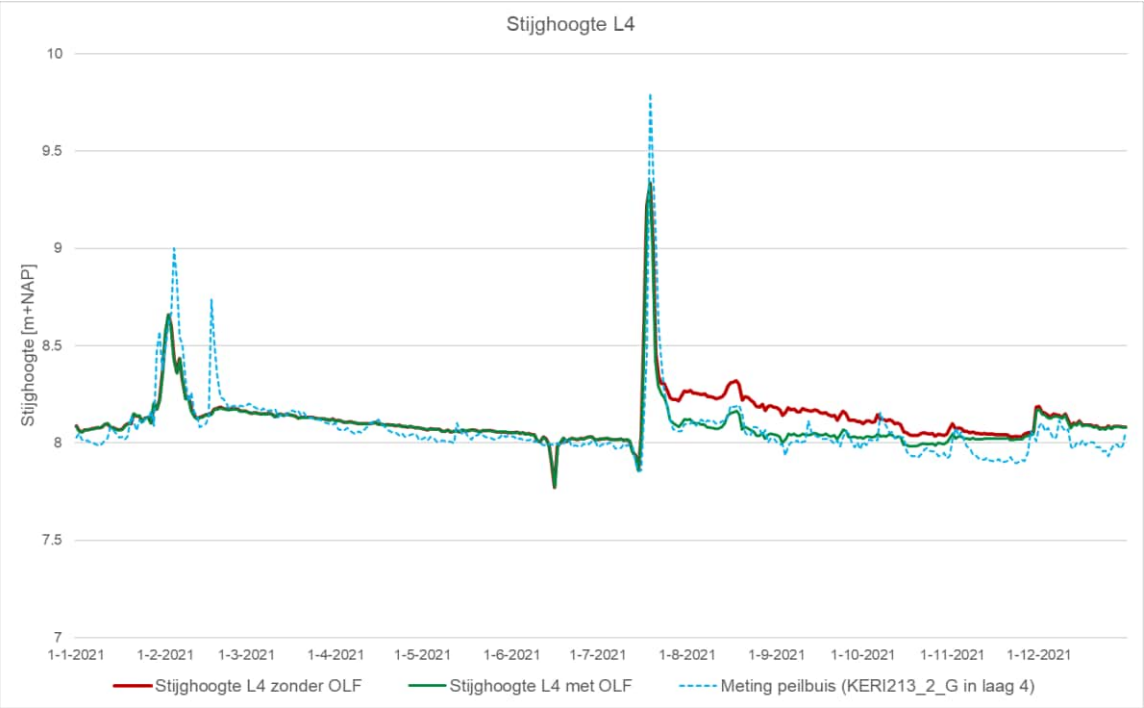
Om in het model het wegstromen van het water na hoogwater realistisch te simuleren is de 'overlandflow' (OLF) module gebruikt in het hele uiterwaardengebied. Daarbij is het maaiveldniveau als afstromingsniveau gehanteerd.

De OLF-module wordt inactief op momenten waarop er in de desbetreffende modelcel een rivierpeil is aanwezig is (via de ICONCHK-optie). Zo wordt voorkomen dat er tijdens hoogwater onterecht water wordt afgevoerd.

In Figuur 11 en Figuur 12 is het berekende stijghoogteverloop in de uiterwaarden weergegeven ter plaatse van de peilbuizen KERI317 en KERI213. Deze figuren laten het berekende stijghoogteverloop zien met en zonder het toepassen van de OLF-module. De figuren maken duidelijk dat de OLF-module ervoor zorgt dat de grondwaterstanden na een hoogwaterpiek relatief snel lager worden. Met andere woorden: het stijghoogteverloop van de grondwaterstanden is door toepassing van de OLF-module in de uiterwaarden realistischer geworden.



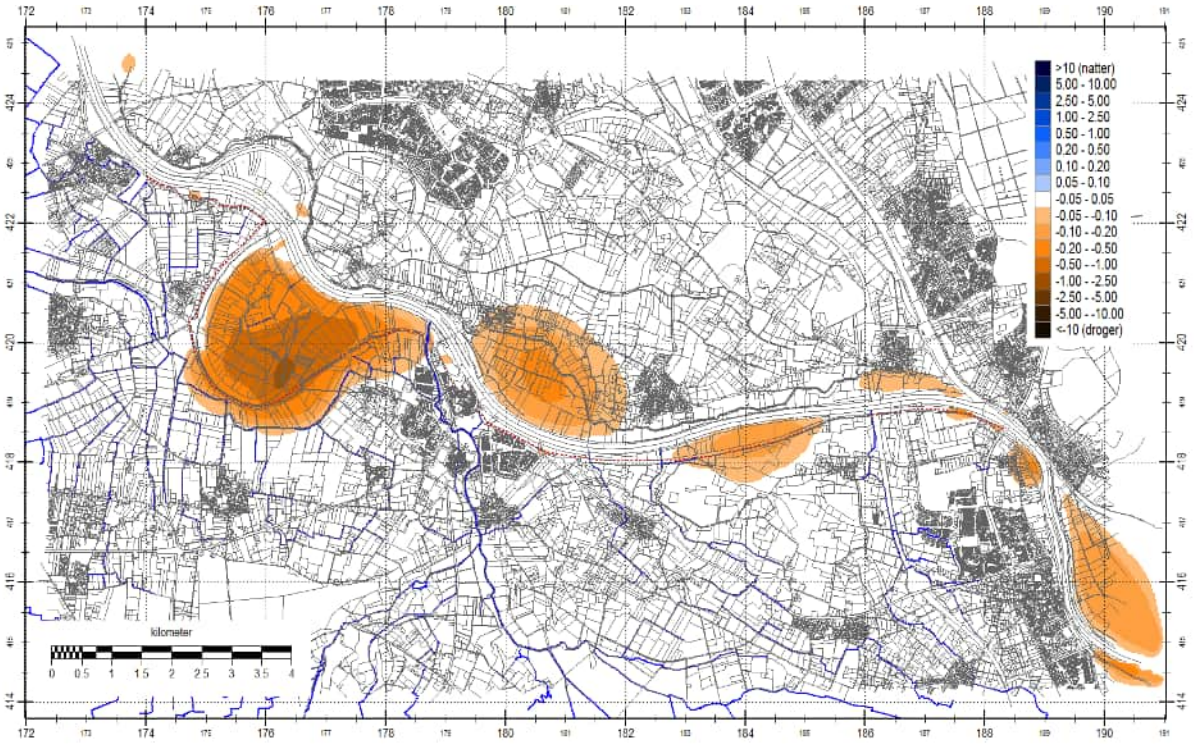
Figuur 11 Berekende en gemeten stijghoogten (laag 1) bij peilbuis KERI317_3_G mét en zónder het toepassen van de OLF-module



Figuur 12 Berekende en gemeten stijghoogten (laag 4) bij peilbuis KERI213_2_G mét en zónder het toepassen van de OLF-module

In Figuur 13 is ruimtelijk het verschil in de berekende freatische grondwaterstand vóór en ná het toepassen van de OLF-module weergegeven. De figuur heeft betrekking op een situatie twee weken na het optreden van de hoogwaterpiek.

Ook uit deze figuur blijkt dat het toepassen van de OLF-module ervoor zorgt dat de freatische grondwaterwaterstand relatief snel daalt na een hoogwaterperiode. De OLF-module heeft voornamelijk effect op delen van de uiterwaarden op enige afstand van de Maas-hoofdgeul. Dicht langs de Maas wordt de grondwaterstand ook zonder de OLF-module reeds sterk beïnvloed door het rivierpeil.



Figuur 13 Effect (m) van het toepassen van de OLF-module op de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket twee weken na het optreden van een hoogwatergolf in juli 2021.

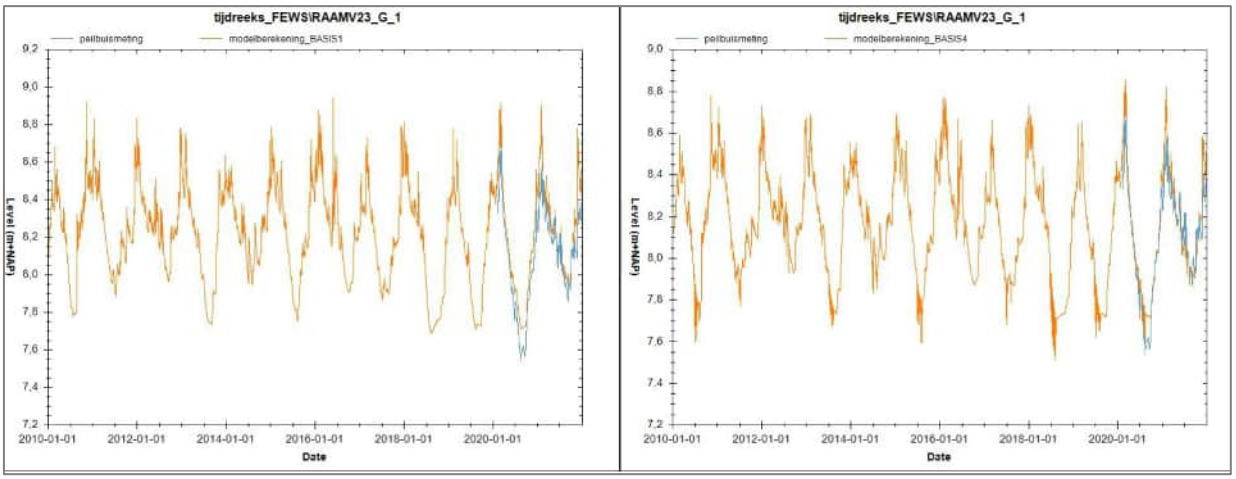
5. Effecten van de modelaanpassingen

De effecten van de aanpassingen van het Arcadis-grondwatermodel is geanalyseerd door de verschillen tussen de berekende GxG's te analyseren.

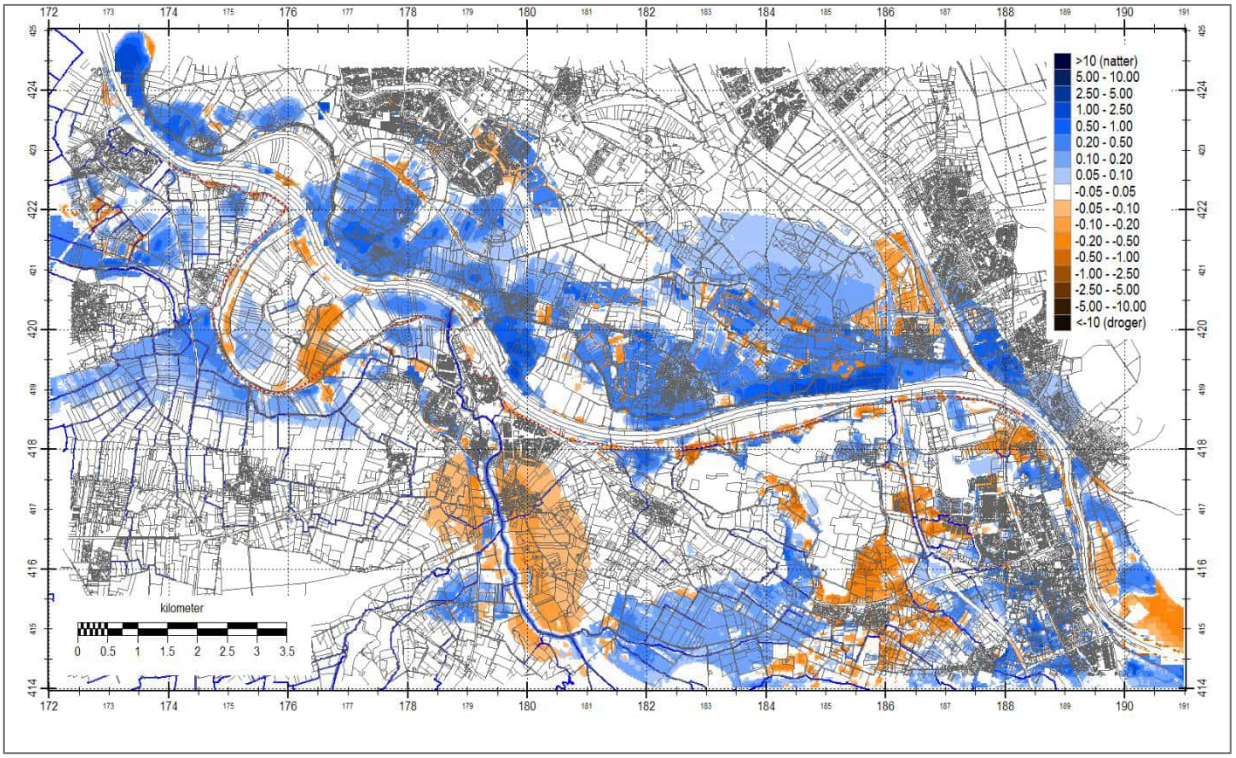
In Figuur 15 en Figuur 16 zijn de effecten op de GHG weergegeven (freatisch en voor het eerste watervoerende pakket). In bijlage 2 zijn eveneens de effecten van de aanpassingen op de GVG en GLG opgenomen.

Er zijn plekken waar het model natter wordt door een toename van de deklaagdikte in een gebied waar overwegend wegzijging plaatsvindt. Dit is het geval ten zuidwesten van Keent.

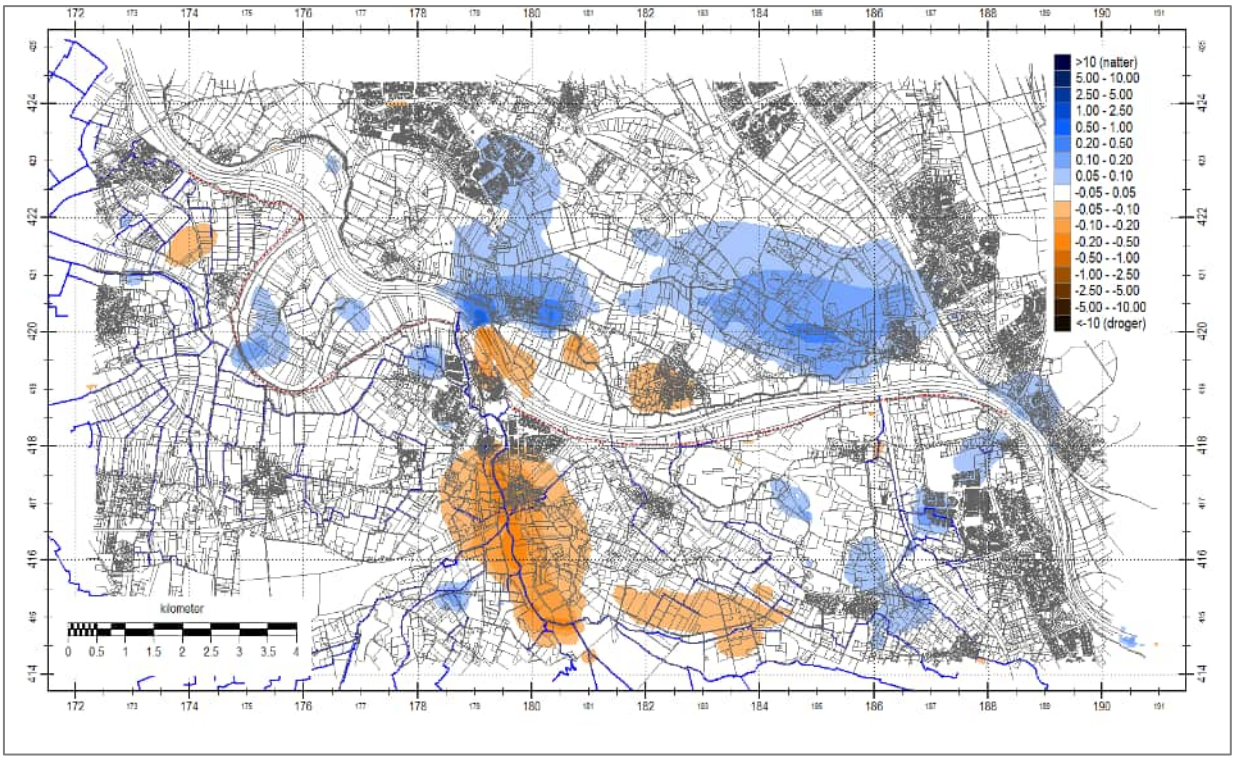
Ook zijn er plekken waar het model droger is geworden. Langs de Graafse Raam ten zuiden van Grave komt dit doordat de waterloop (na aanpassingen van het lagenmodel) meer modellagen 'aansnijdt'. De ontwaterende werking van deze waterloop wordt daardoor groter. Het verschil tussen de gemeten en berekende stijghoogte in nabijgelegen peilbuizen (RAAMV20_G t/m RAAMV_24_G) is hierdoor kleiner geworden, met andere woorden: na de aanpassingen presteert het model hier beter (Figuur 14).



Figuur 14 Gemeten en berekende stijghoogten ter plaatse van peilbuis RAAMV23_G; links vóór de deklaagcorrectie; rechts: ná de deklaagcorrectie; zie bijlage 3 voor de ligging en metadata van de peilbuizen en bijlage 5 voor de overige reeksen.



Figuur 15 Effect van de deklaagcorrectie op de berekende GHG voor laag 1 (freatisch)



Figuur 16 Effect van de deklaagcorrectie op de berekende GHG voor laag 4 (watervoerend pakket)

6. Modelvalidatie

Na de aanpassingen aan het uitgangsgrondwatermodel is gecontroleerd of de correcties hebben geleid tot betere modelprestaties. Dit is allereerst gedaan door de modelafwijking tussen de gemeten en berekende GxG-waarden te vergelijken. Hiervoor is de validatieset gebruikt die geleverd is bij het uitgangsmodel. Het gaat om de peilbuisdata uit DINOloket, BR-loket en FEWS (zie bijlage 3).

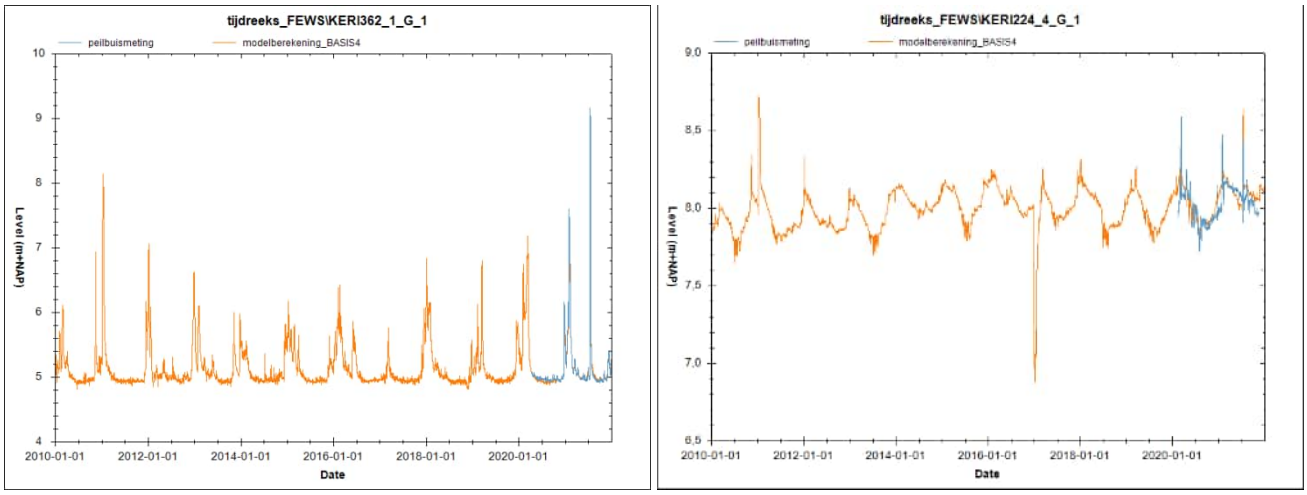
Daarnaast is de modelprestatie tijdens een hoogwatersituatie gecontroleerd. Hiervoor zijn meetreeksen van de hoogwaterperiode in juli 2021 geanalyseerd.

Validatie gemiddelde situatie

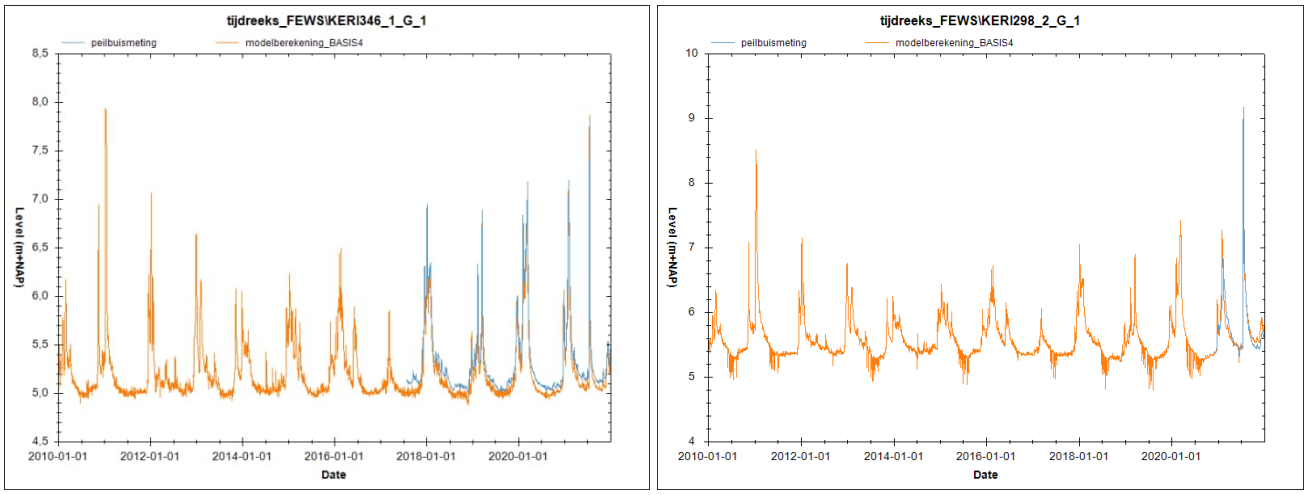
Om een GxG te berekenen is een meetperiode van minimaal acht jaar nodig. Veel van de peilbuismetingen zijn echter gedaan over kortere periodes. Om zoveel mogelijk waarnemingen bij de analyse te kunnen betrekken zijn ook ‘gemeten’ GxG’s gebruikt die zijn gebaseerd op een kortere meetperiode: vanaf zes jaar.

De ijkresultaten van het uitgangsmodel zijn opgenomen in bijlage 4. Uit deze validatie blijkt dat het uitgangsmodel reeds goed in staat is om ter plaatse van de meeste peilbuizen langs het dijktraject Cuijk-Ravenstein de gemeten gemiddelde stijghoogten en de dynamiek nauwkeurig te simuleren.

Vervolgens zijn de prestaties van het aangepaste model beoordeeld. In verband met de (te) korte meetperiode bij een groot aantal peilbuizen is volstaan met een visuele controle van de gemeten en berekende stijghoogten. In Figuur 17 en Figuur 18 zijn figuren opgenomen van de tijdstijghoogtereeksen van een aantal van deze peilbuizen. Bijlage 6 bevat de totale set van figuren en in bijlage 3 is de ligging en metadata van de peilbuizen opgenomen. Uit deze visuele controle blijkt dat de stijghoogten langs de Maas, evenals in de berekeningen met het uitgangsmodel, goed gesimuleerd worden met het aangepaste grondwatermodel.



Figuur 17 Gemeten- en berekende stijghoogten ná de aanpassingen van de deklaag in peilbuizen KERI362_1_G en KERI224_4_G



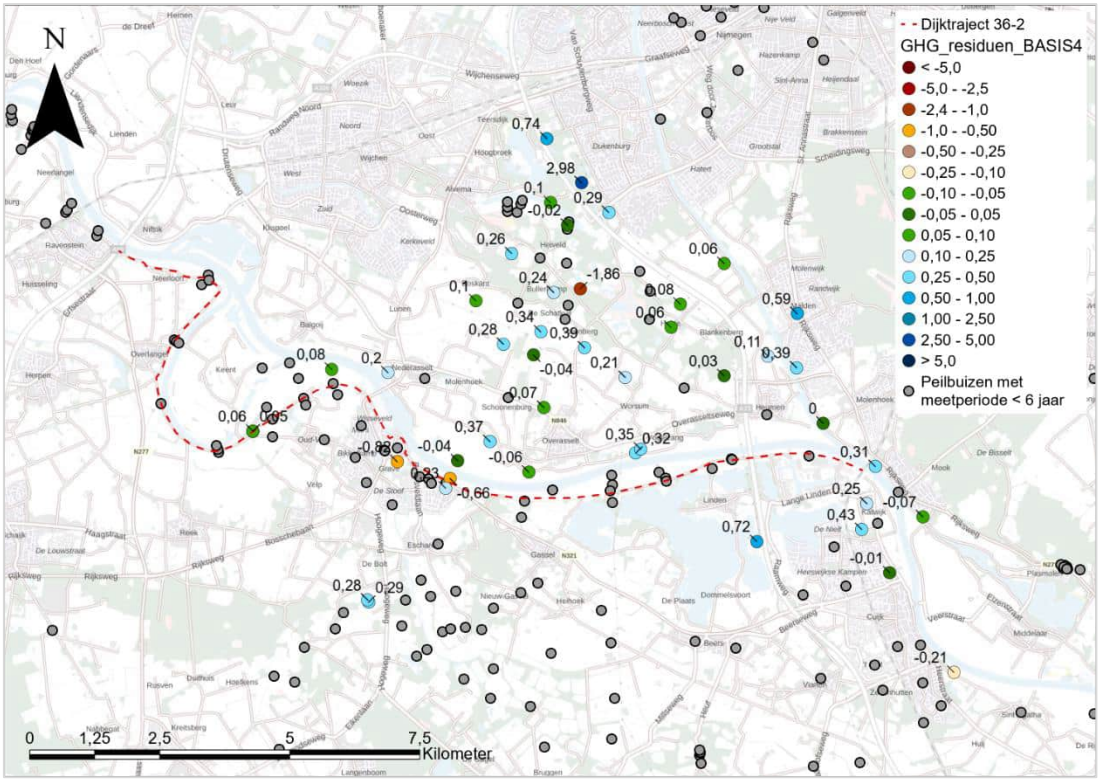
Figuur 18 Gemeten- en berekende stijghoogten ná de aanpassingen van de deklaag in peilbuizen KERI346_1_G en KERI298_2_G

In Figuur 19 zijn de verschillen tussen de berekende en gemeten GHG ná de correctie van de deklaag (modelvariant BASIS4) weergegeven. In Bijlage 4 zijn de kaarten met de modelafwijkingen *per modellaag* (1 t/m 4) opgenomen, inclusief de GVG- en GLG-afwijkingen. Daarnaast zijn in bijlage 5 de grafieken van de gemeten en de berekende stijghoogten van de peilbuizen weergegeven.

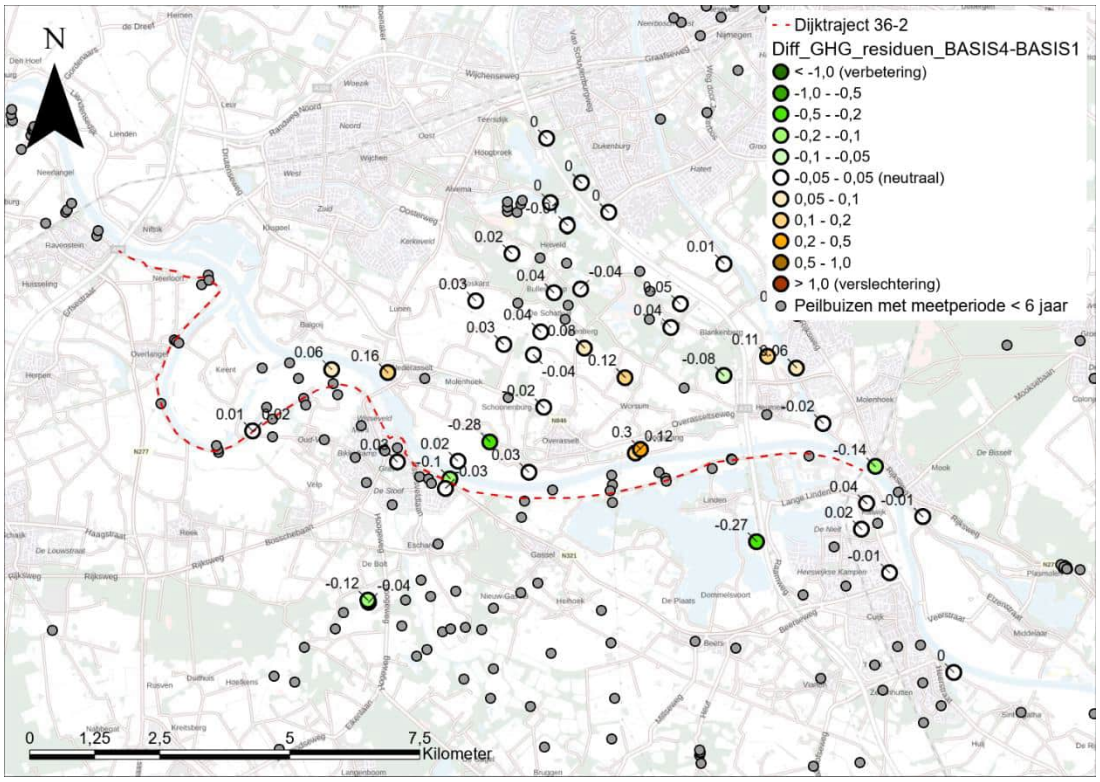
Uit Figuur 19 blijkt dat de modelafwijkingen na de deklaagaanpassingen grotendeels hetzelfde zijn gebleven als de afwijkingen van het uitgangsmodel. Dit komt omdat:

- de kD- en c-waarden in beide modellen gelijk zijn;
- veel peilbuisfilters in het watervoerende pakket staan en de aanpassingen van de deklaagaanpassingen maar beperkt invloed hebben op de stijghoogten in dit pakket.

In een aantal gevallen hebben de deklaagaanpassingen voor een verkleining van de modelafwijkingen gezorgd (negatieve modelafwijking-verschillen in Figuur 20). De meetperiode van meerdere peilbuizen langs het dijktraject is te kort om nauwkeurig een GxG-waarde te bepalen. Voor deze peilbuizen is een visuele controle uitgevoerd om te bepalen in hoeverre de gemeten reeksen overeenkomen met de modelberekeningen. Uit deze analyse blijkt dat in veel gevallen de berekende stijghoogten ter plaatse van de peilbuizen langs het dijktraject goed overeenkomen met de meetreeksen.



Figuur 19 Afwijking [m] tussen de gemeten GHG-waarden en de berekende GHG met modelvariant BASIS4 (na aanpassing van de deklaag) voor de peilbuizen in modellagen 1 t/m 4 (deklaag, tussenzandlaag en watervoerende pakket)



Figuur 20 Verschil [m] tussen de berekende GHG afwijkingen tussen modelvarianten BASIS1 (vóór de deklaag correctie) en BASIS4 (ná de deklaag correctie). Negatieve waarden staan voor een verkleining van de modelafwijking en positieve waardes staan voor een vergroting van de modelafwijking.

Validatie hoogwatersituatie

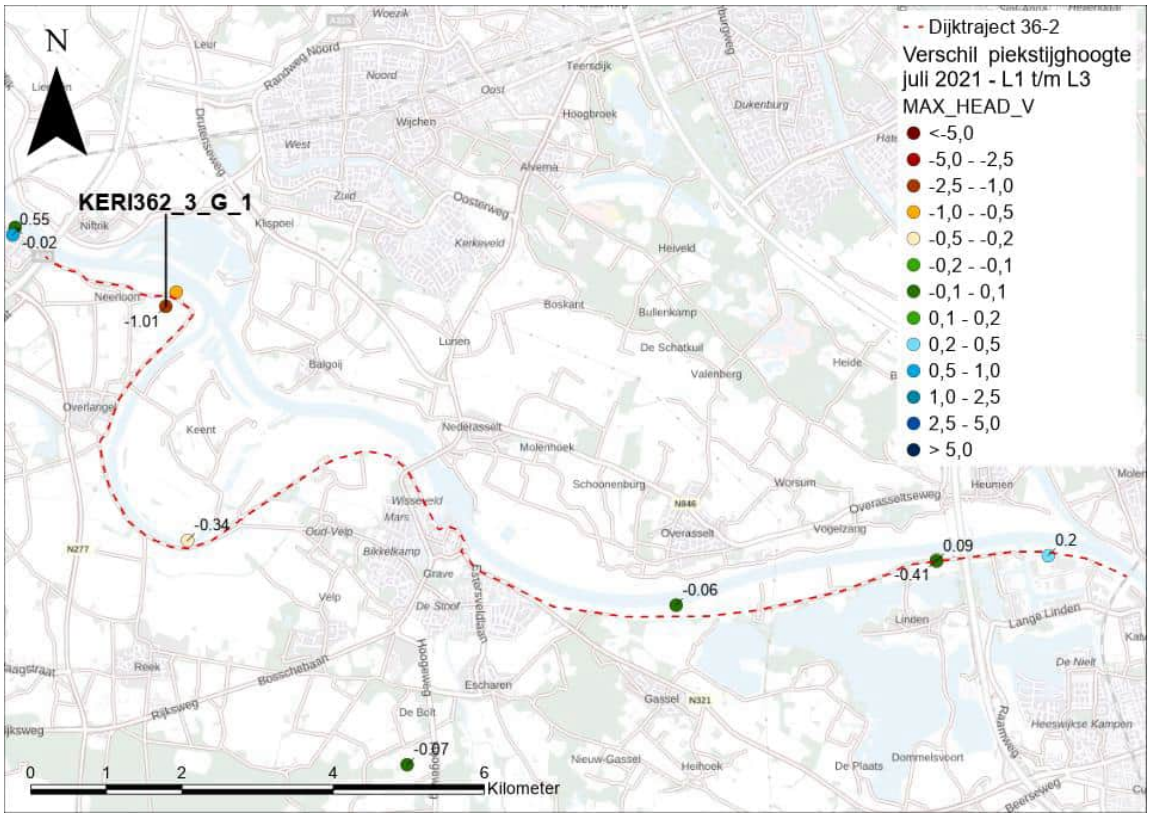
De meetreeksen van de hoogwatersituaties in 2021 (februari en juli) zijn gebruikt om de modelprestaties bij hoogwater te onderzoeken. In deze periode hebben zich twee hoogwatersituaties voorgedaan, namelijk in februari 2021 en juli 2021. De gemeten en berekende reeksen in deze periode zijn opgenomen in bijlage 6.

Bij de onderstaande resultaten moet rekening worden gehouden met het feit dat het grondwatermodel zowel in de tijd als de ruimte een grove resolutie kent. Zo is de ruimtelijke heterogeniteit van de bodem in het model vereenvoudigd opgenomen: modelcellen van 25x25 meter. Daarnaast zijn onderdelen zoals de oppervlaktewaterpeilen in primaire en secundaire watergangen vereenvoudigd opgenomen, namelijk als twee waterpeilen (een winter- en een zomerpeil). Getroffen noodmaatregelen tijdens hoogwater komen daardoor niet terug in het model. Bovendien rekent het model in tijdstappen van één dag terwijl de grondwaterstand in de praktijk op uurbasis wordt gemeten. Deze zaken beïnvloeden de dynamiek van de berekende tijd-stijghoogtereeksen.

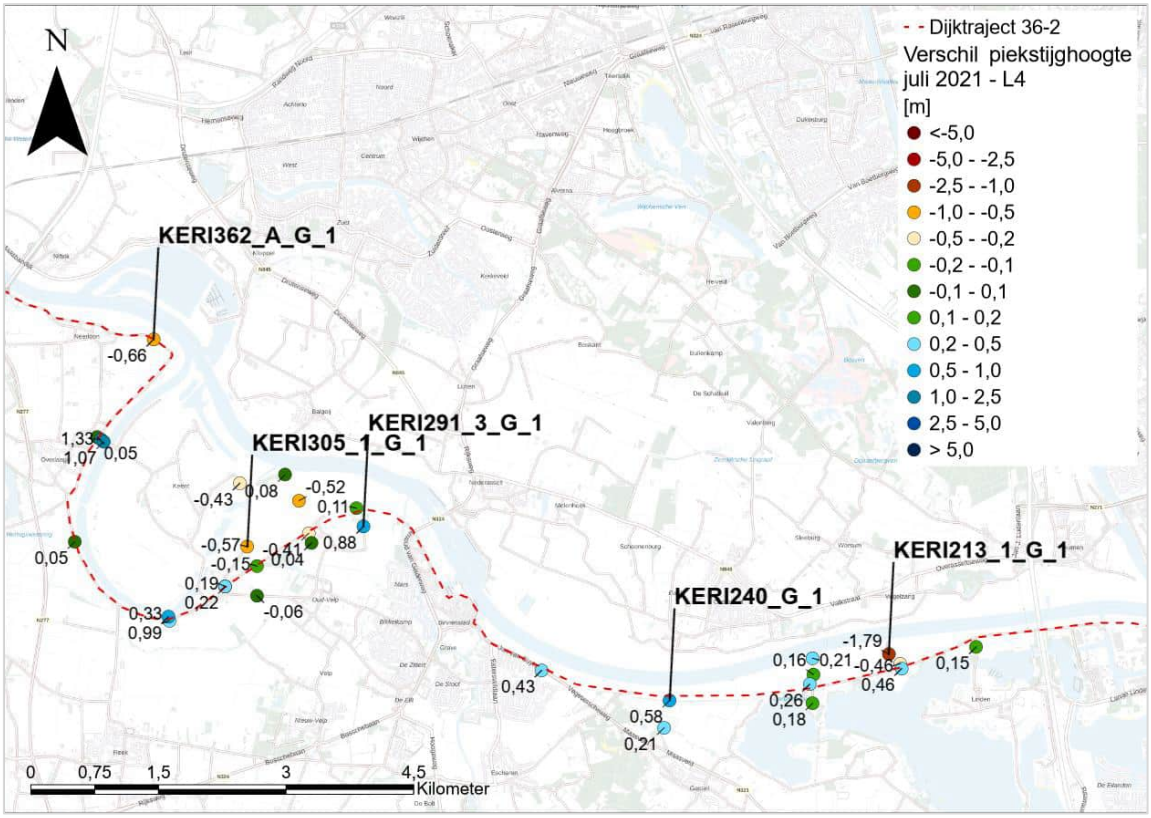
In de hoogwatervalidatie zijn de berekende en gemeten piekstijghoogten in de periode juli 2021 met elkaar vergeleken. Het verschil tussen beiden, het residu, is weergegeven in Figuur 21 en Figuur 22. Bovenstrooms van Grave berekent het model bij de meeste peilbuizen een hogere piekstijghoogte in het watervoerend pakket in vergelijking met de metingen in juli 2021. Benedenstrooms van Grave zijn de resultaten wisselend. Op de ene locatie is de berekende piekstijghoogte hoger terwijl op een andere locatie een lagere piekstijghoogte wordt berekend vergeleken met de metingen.

In februari 2021 heeft zich een minder extreme hoogwatersituatie voorgedaan. Uit de vergelijking tussen de metingen en de berekeningsresultaten (zie bijlage 6) blijkt dat de afwijkingen in de piekstijghoogten niet structureel zijn.

Daarnaast blijkt uit meerdere peilbuizen dat het hoogwater in februari 2021 relatief nauwkeurig wordt gesimuleerd in vergelijking met resultaten van juli 2021: in die laatste periode berekent het model voornamelijk te hoge stijghoogten. Dit heeft mogelijk te maken met de periode waarin het hoogwater zich voordoet. In juli 2021 ontstaat het hoogwater door regenval in de Ardennen tijdens een droge periode in Nederland. Het hoogwater in februari 2021 gebeurt in een natte periode. Mogelijk reageert het model in een droge periode (zoals juli 2021) sneller dan in de praktijk het geval is.



Figuur 21 Afwijking [m] tussen de gemeten en berekende piekstijghoogte in modellagen 1 t/m 3 (freatisch pakket, deklaag en tussenzandlagen) tijdens de hoogwatersituatie in juli 2021. De berekeningen zijn gedaan met modelvariant BASIS4 (na aanpassing van de deklaag). Een positieve waarde betekent dat het model een hogere piekstijghoogte berekend dan gemeten.



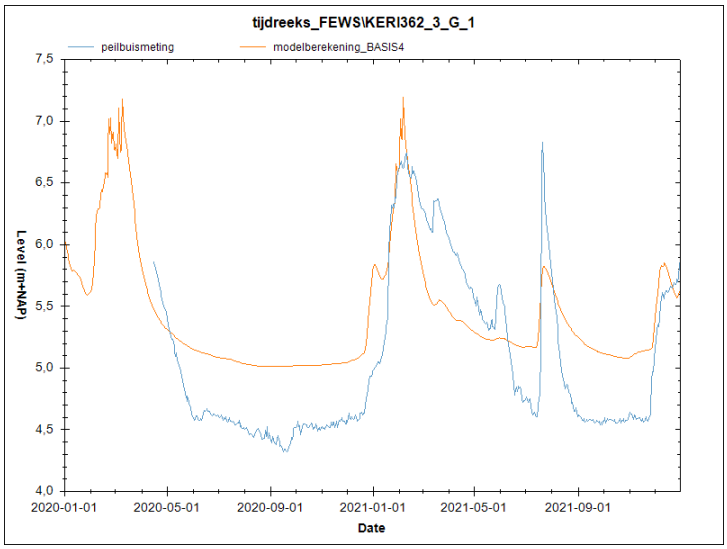
Figuur 22 Afwijking [m] tussen de berekende en gemeten piekstijghoogte in modellaag 4 (watervoerend pakket) tijdens de hoogwatersituatie in juli 2021. De berekeningen zijn gedaan met modelvariant BASIS4 (na aanpassing van de deklaag). Een positieve waarde betekent dat het model een hogere piekstijghoogte berekend dan gemeten.

De peilbuizen waar de modelafwijking in Figuur 21 en Figuur 22 groter is dan 0,5 m worden hieronder besproken.

KERI362_3_G_1

In de metingen valt op dat de piekstijghoogte in juli 2021 een stuk lager is dan de piekwaterstand in de Maas. Daarnaast valt op dat de stijghoogte langzaam uitzakt na het hoogwater in februari 2021 en dat tijdens de zomermaanden de stijghoogte verder uitzakt dan het gemiddelde rivierpeil in de Maas tijdens deze maanden, dat gemiddeld op NAP +4,9 m ligt. Deze observaties duiden erop dat de peilbuis mogelijk in een tussenzandlaag in de deklaag is geplaatst.

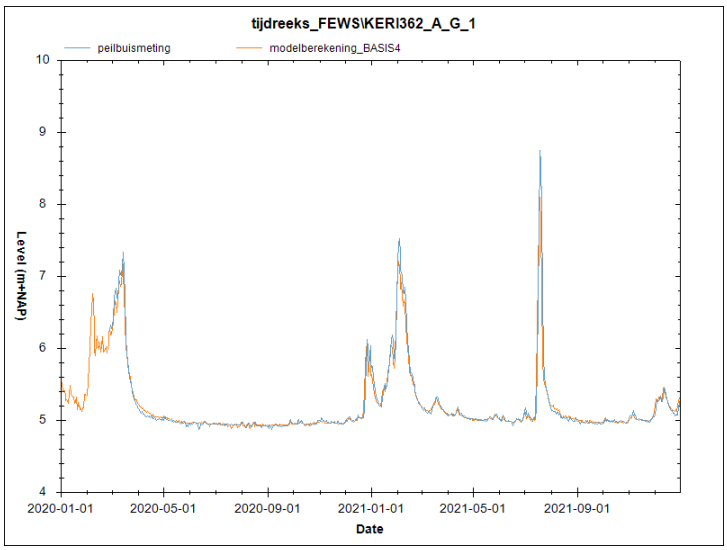
Dichtbij de peilbuis zijn geen boringen die duiden op een tussenzandlaag. In het model is hier dan ook geen tussenzandlaag opgenomen, waardoor het model het gemeten verloop van de stijghoogte hier niet goed simuleert. Aanvullende boringen moeten uitwijzen of hier inderdaad een tussenzandlaag aanwezig is zodat het model erop kan worden aangepast.



Figuur 23 Gemeten en berekende stijghoogte peilbuis KERI362_3_G_1

KERI362_A_G_1

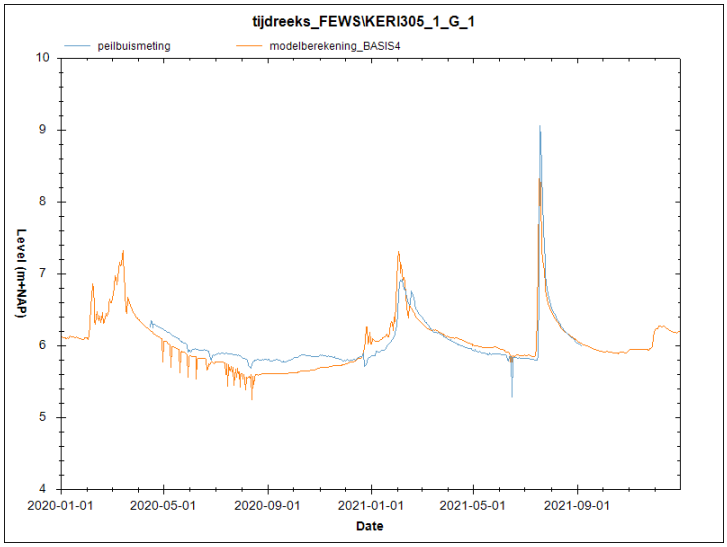
De berekende piekstijghoogte bij peilbuis KERI362_A_G_1 is circa 0,7 m lager dan de gemeten piekstijghoogte. De gemeten piekstijghoogte toont grote overeenkomsten met het (opgegeven) waterpeil in de Maas gedurende het hoogwater. Waarschijnlijk komt de afwijking door een te hoge weerstand tussen de Maaswaterstand en het watervoerend pakket tijdens hoogwater. Dit heeft mogelijk te maken met de tussenzandlaag zoals eerder besproken bij peilbuis KERI362_3_G_1. Vermoedelijk is er een tussenzandlaag aanwezig die momenteel niet in het model opgenomen is. Het toevoegen van deze zandlaag vermindert de totale weerstand tussen het Maaswater en het watervoerend pakket. Naar verwachting zal de piekstijghoogte dan sterker overeenkomen met de piek Maaswaterstand.



Figuur 24 Gemeten- en berekende stijghoogte bij peilbuis KERI362_A_G_1

KERI305_1_G_1

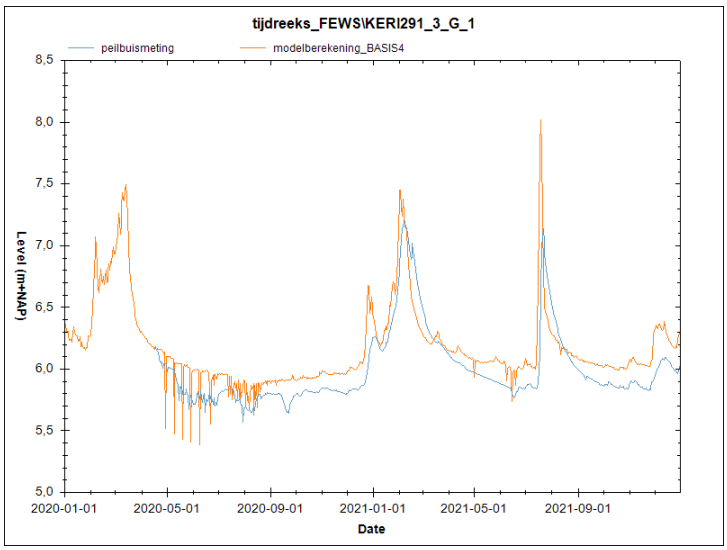
De afwijking tussen de berekende en gemeten piekstijghoogte in peilbuis KERI305_1_G_1 is wisselend tussen beide hoogwaterperioden in 2021. Er is geen structurele afwijking in de berekeningen te zien.



Figuur 25 Gemeten- en berekende stijghoogte bij peilbuis KERI305_1_G_1

KERI291_3_G_1

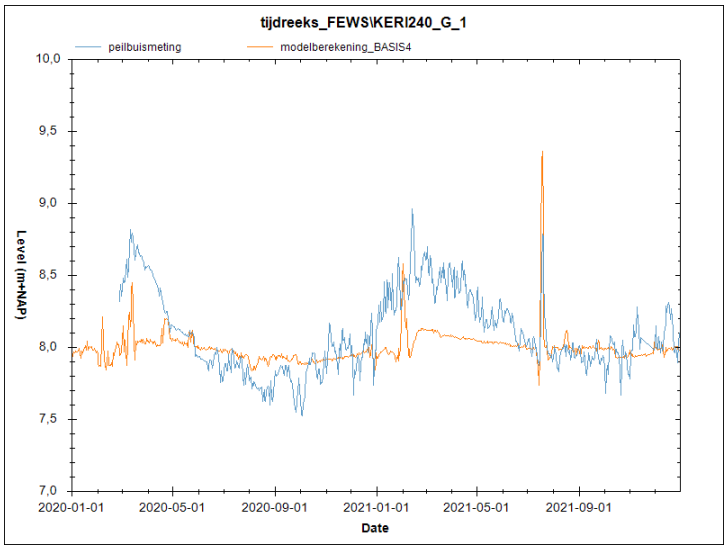
In de gemeten stijghoogten in peilbuis KER291_3_G_1 valt op dat de stijghoogten tijdens het hoogwater in juli 2021 lager zijn dan de stijghoogten tijdens het hoogwater in februari 2021. Dit is opvallend omdat de waterstanden tijdens het hoogwater in juli hoger zijn geweest dan in februari 2021. Daarnaast vertonen andere peilbuizen zoals verwacht een hogere stijghoogte in juli 2021 vergeleken met februari 2021. Mogelijk heeft er dan ook een meetfout plaatsgevonden in deze peilbuis in juli 2021.



Figuur 26 Gemeten- en berekende stijghoogte bij peilbuis KERI291_3_G_1

KERI240_G_1

Volgens het grondwatermodel staat peilbuis KER240_G_1 in het watervoerende pakket (modellaag 4). De verwachting is dat de stijghoogten hier sterk overeen zullen komen met het waterstandsverloop in de Maas. De gemeten stijghoogten komen echter niet goed overeen met de Maaswaterstanden. Dit impliceert dat de peilbuis mogelijk in een slecht doorlatende laag staat. Dit is echter niet te bevestigen op basis van de beschikbare boringen. Aanvullende boringen dienen dit uit te wijzen.

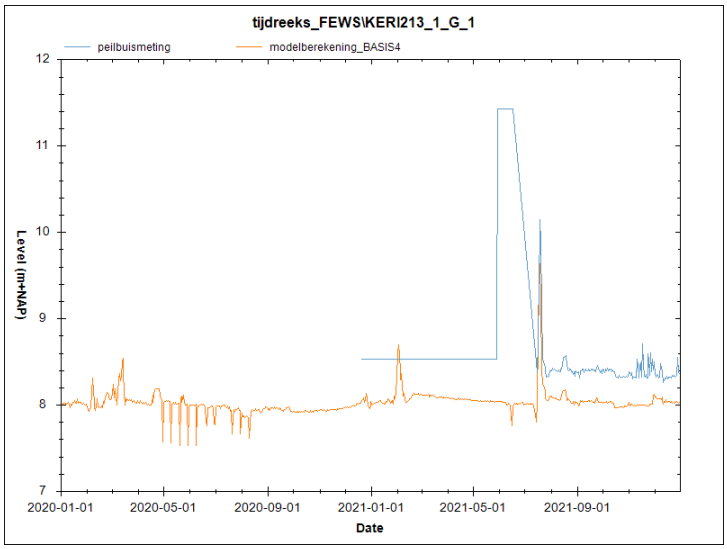


Figuur 27 Gemeten- en berekende stijghoogte bij peilbuis KERI240_G_1

KERI213_1_G_1

Deze peilbuis bevat een meetfout voorafgaand aan het hoogwater in juli 2021. Daarom is de vergelijking tussen de pieken incorrect.

Daarnaast valt op dat de gemeten stijghoogte structureel circa 0,5 m hoger ligt dan de berekening. De berekende stijghoogten komen sterk overeen met het ingebrachte waterpeil in de Maas, dat na het hoogwater in juli rond circa NAP +8,0 m fluctueert. Een logisch resultaat, de peilbuis ligt dichtbij de Maas-rivierbedding. Toch wijken de gemeten stijghoogten relatief veel af van de berekende stijghoogten. De reden daarvan is onbekend.



Figuur 28 Gemeten- en berekende stijghoogte bij peilbuis KERI213_1_G_1

7. Conclusie + aanbevelingen

Alle beschikbare gegevens van de ondergrond zijn gebruikt om de deklaagligging en de ligging van zandbanen langs het dijktraject Cuijk-Ravenstein realistisch in het model te brengen. Dit heeft geleid tot een beter onderbouwde schematisatie van de ondiepe ondergrond ten opzichte van het uitgangsmodel.

Vervolgens is gecontroleerd of de modelaanpassingen hebben geleid tot een verbetering van de modelprestaties. Hiervoor zijn de gemeten stijghoogten in het interessegebied vergeleken met de berekende stijghoogten. Er is gecontroleerd of het model in staat is de gemiddelde condities (GxG's) en de hoogwatersituaties goed te simuleren.

Prestatie uitgangsmodel en modelverbeteringen

Uit de modelvalidatie voor de gemiddelde situaties blijkt dat het uitgangsmodel, tot op een afstand van circa 150 m vanaf de Maas reeds goed in staat is om de stijghoogten goed te simuleren[1]. Toch hebben de modelaanpassingen op enkele plekken in het model geleid tot verbeteringen van de modelprestaties.

Het uitgangsmodel is op deze punten gecorrigeerd:

- Zo bleek er onterecht water op het maaiveld te blijven hangen nadat zich hoogwater heeft voorgedaan. De stijghoogten in het watervoerend pakket bleven daardoor onrealistisch hoog na een hoogwatergolf. Dit is gecorrigeerd met de OLF-module in het model.
- Verder bleken er locaties in het model te zitten waar geen deklaag(weerstand) aanwezig is ondanks dat boringen uitwijzen dat er wel degelijk slecht doorlatende lagen aanwezig zijn. Hier zijn aan de hand van de boringen de deklaag en bijbehorende weerstand in het model gebracht. Op veel van deze plekken is het door afwezigheid van peilbuismetingen niet mogelijk om de invloed van deze aanpassingen op de berekende stijghoogten te valideren.

Modelprestatie na verbeteringen

Het verbeterde model is gevalideerd aan de hand van stijghoogtemetingen. Het model is na de verbeteringen in staat om de stijghoogten langs het dijktraject goed te simuleren voor het berekenen van de effecten van de voorgenomen dijkversterkingsmaatregelen in de planuitwerkingsfase van dijkversterkingsproject Cuijk-Ravenstein. Het model bootst de gemiddelde grondwaterstanden (GxG) en de dynamiek van de gemeten stijghoogten goed na. Na de aanpassingen is de gemiddelde restafwijking tussen de gemeten en berekende GXG's: GHG: 0,12 m, GVG: 0,05 m en GLG: 0,13 m.

Vervolgens is de modelprestatie tijdens hoogwater geanalyseerd. Dit is gedaan door de berekende en gemeten stijghoogten tijdens de hoogwaters in januari 2011 en juli 2021 met elkaar te vergelijken.

Uit de simulatie van het hoogwater in juli 2021 blijkt het model bij 26 peilbuizen een lagere piekstijghoogte te berekenen dan de gemeten piekstijghoogte, met een gemiddelde afwijking van -0,42 m. Bij 36 peilbuizen berekent het model juist een hogere piekstijghoogte dan gemeten, gemiddeld +0,42 m hoger. Daarnaast zijn er acht peilbuizen waar het verschil tussen de berekende en gemeten piekstijghoogte kleiner is dan 0,05 m. De gemiddelde afwijking is daarmee nagenoeg nul. Ook ruimtelijk blijkt er geen structurele afwijking tussen de berekende en gemeten piekstijghoogte te zijn.

Aanbevelingen

Naar aanleiding van deze memo volgen de onderstaande aanbevelingen.

1. Verlengen van de meetreeksen via tijdreeksanalyse

Veel tijdreeksen waarmee het model gecontroleerd is betreffen een relatief korte meetperiode (< 4 jaar). Dat is te kort om een 'gemeten' GxG te kunnen bepalen. Het gaat om 165 van de in totaal 288 peilbuislocaties. Deze gegevens zijn niet volledig meegenomen in de modelvalidatie (enkel visueel gecontroleerd). Door de meetreeksen op basis van tijdreeksmodelleringen te verlengen kunnen ze wel meegenomen worden bij het beoordelen van de prestaties van het grondwatermodel.

2. Lokale afwijkingen in het uitgangsmodel:

Er zijn aanwijzingen dat er lokaal drainage of onttrekkingen aanwezig zijn die niet in het model zijn opgenomen[2]. Aanbevolen wordt om hier nader onderzoek naar te doen, op basis waarvan het grondwatermodel eventueel kan worden aangepast.

[1] Gemiddelde afwijking (n=78) GHG: 0,1 m, GVG: 0,15 m; GLG: 0,14 m.
[2] Dit blijkt uit de analyse van peilbuizen B46A1638 en B46A1639.

3. Gebruik van modelresultaten in piping- en stabiliteit analyses:

Het model kan gebruikt worden voor het bepalen van uitgangspunten in piping- en stabiliteitanalyses. In deze analyses dient uitgezocht te worden wat de invloed van de modelafwijkingen op de gehanteerde uitgangspunten is. Daarnaast zijn met het model geen gevoeligheidsberekeningen op basis van de bodemparameters zoals het doorlaatvermogen en de deklaagweerstand uitgevoerd. Het wordt aanbevolen om aandacht te besteden aan dit soort gevoeligheidssommen in de piping- en stabiliteitanalyses

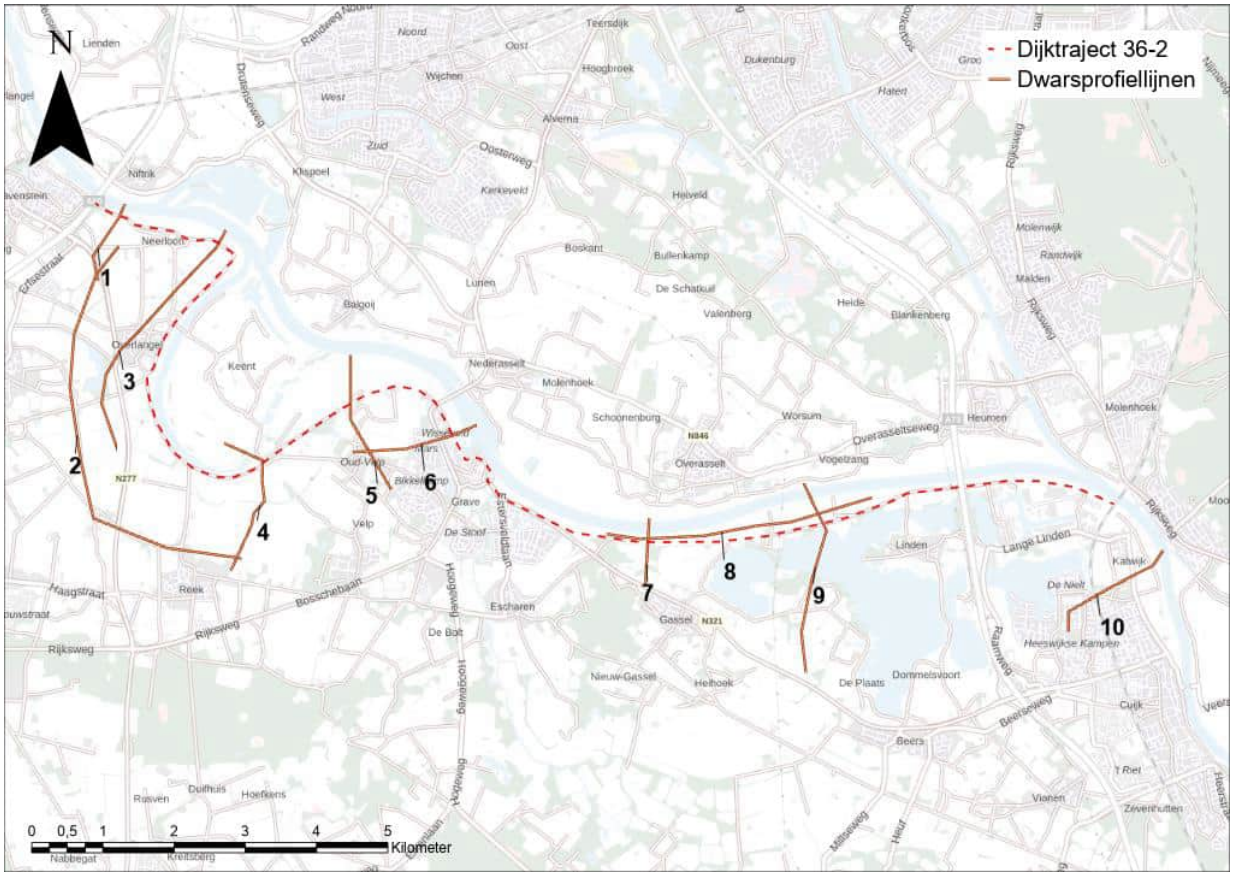
4. Aanvullende boringen plaatsen

Ten oosten van Neerloon, ter hoogte van peilbuis KERI362_3_G_1, zijn aanwijzingen dat er een tussenzandlaag op circa NAP +6,0 m aanwezig is in de deklaag. Er zijn geen beschikbare boringen om dit te bevestigen. Daarom wordt geadviseerd om hier aanvullende boringen uit te voeren.

8. Referenties

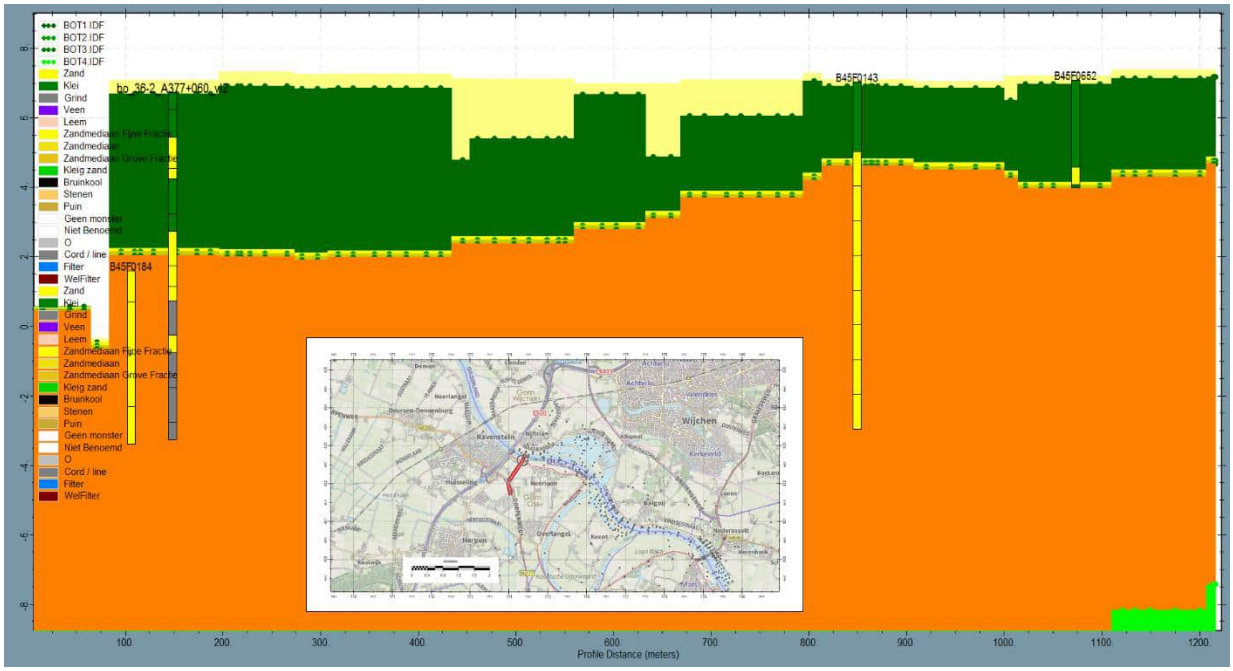
- Bodemkaart van Nederland, Wageningen Environmental Research (WENR), geraadpleegd via BRO loket 5-2024;
- Geomorfologische kaart van Nederland, Alterra, 2004;
- Grondwatermodel: Cuijk-Ravenstein, UYYXVHPT2WVX-1538662905-1470:1. Arcadis. 3-10-2023;
- Grondwaterzakboekje Gwx2016, B. Bot, 2016, 2de druk januari 2022, ISBN-EAN:978-90-817869-1-1.

Bijlage 1 Dwarsprofielen

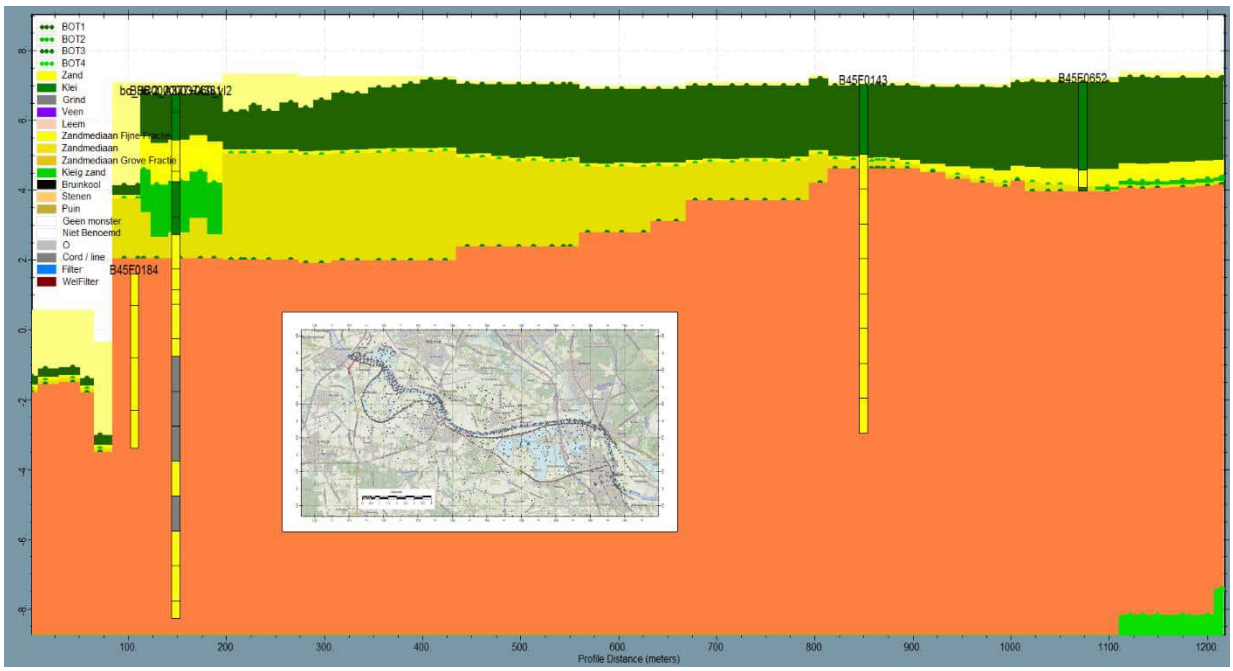


B1.1 Ligging van de dwarsprofielen langs het dijktraject

Dwarsprofiel 1

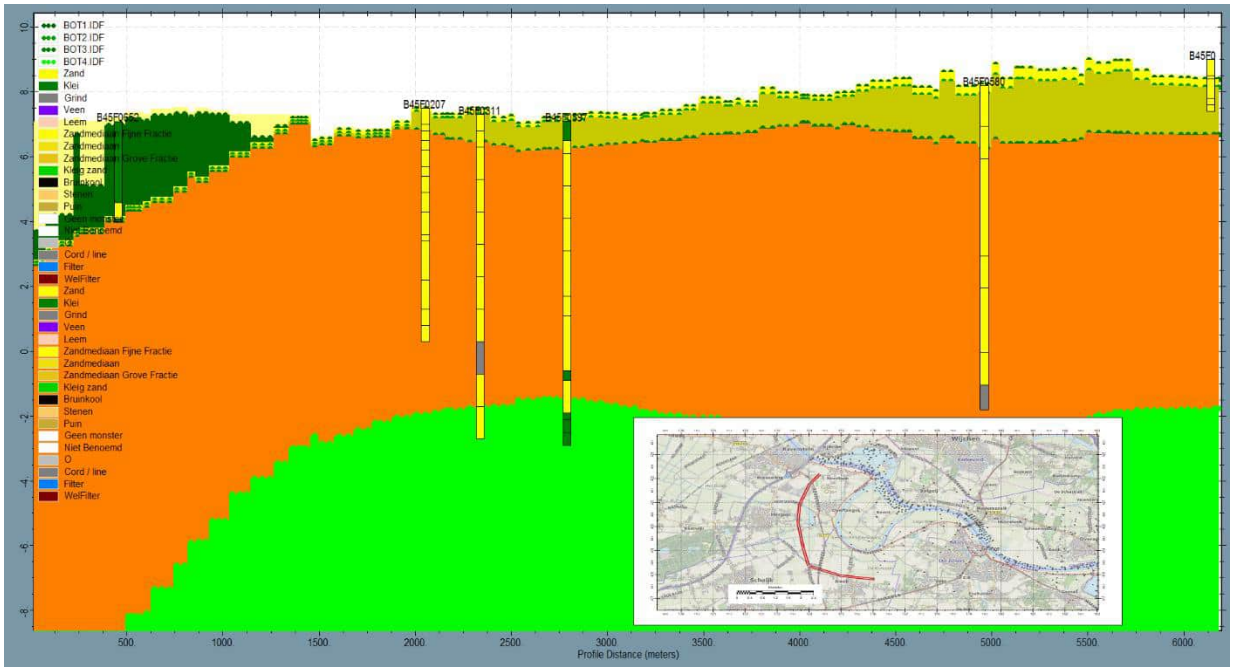


B1.2 Dwarsprofiel 1 – origineel lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

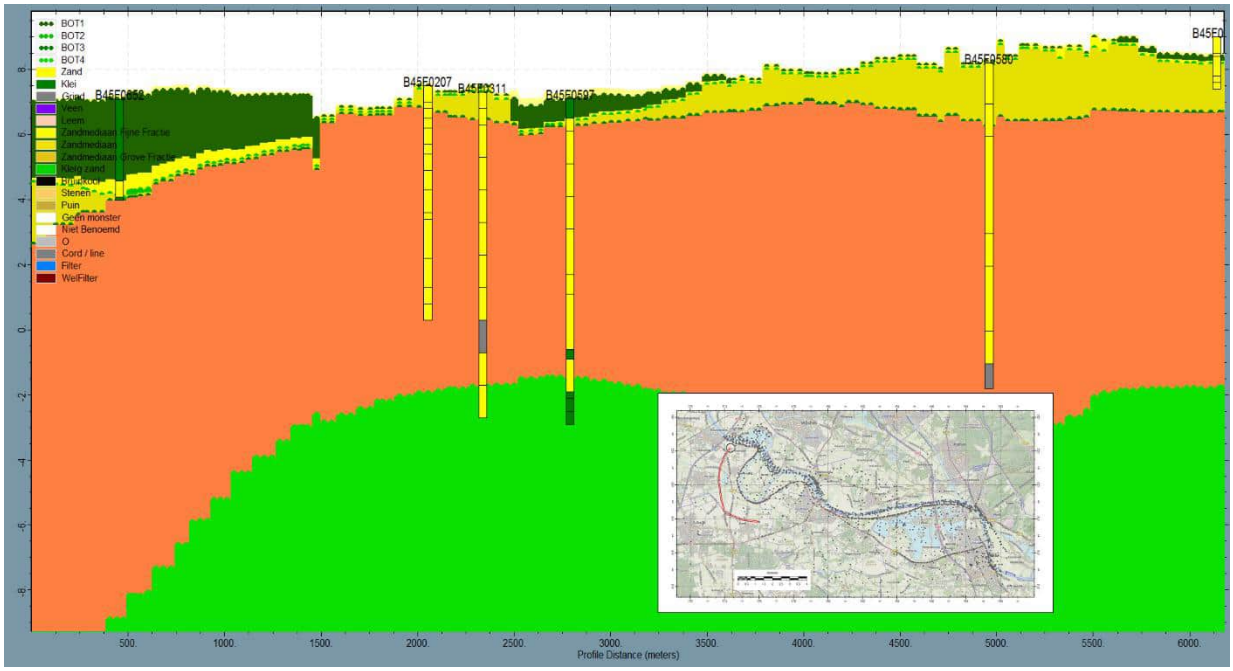


B1.3 Dwarsprofiel 1 – aangepast lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

Dwarsprofiel 2

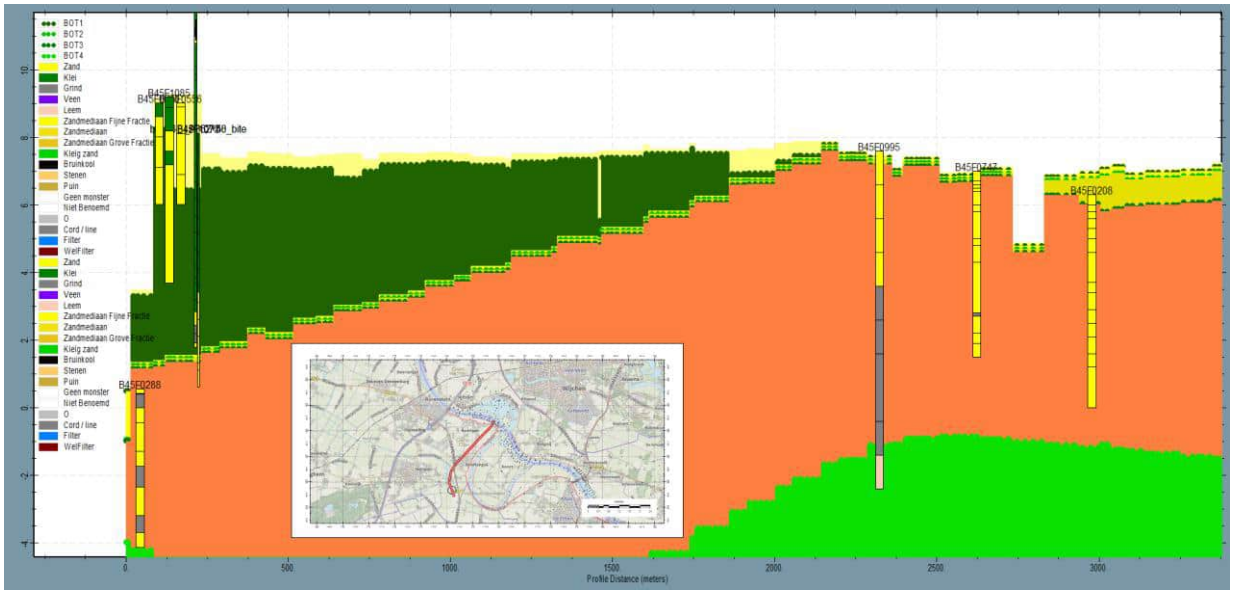


B1.4 Dwarsprofiel 2 – origineel lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

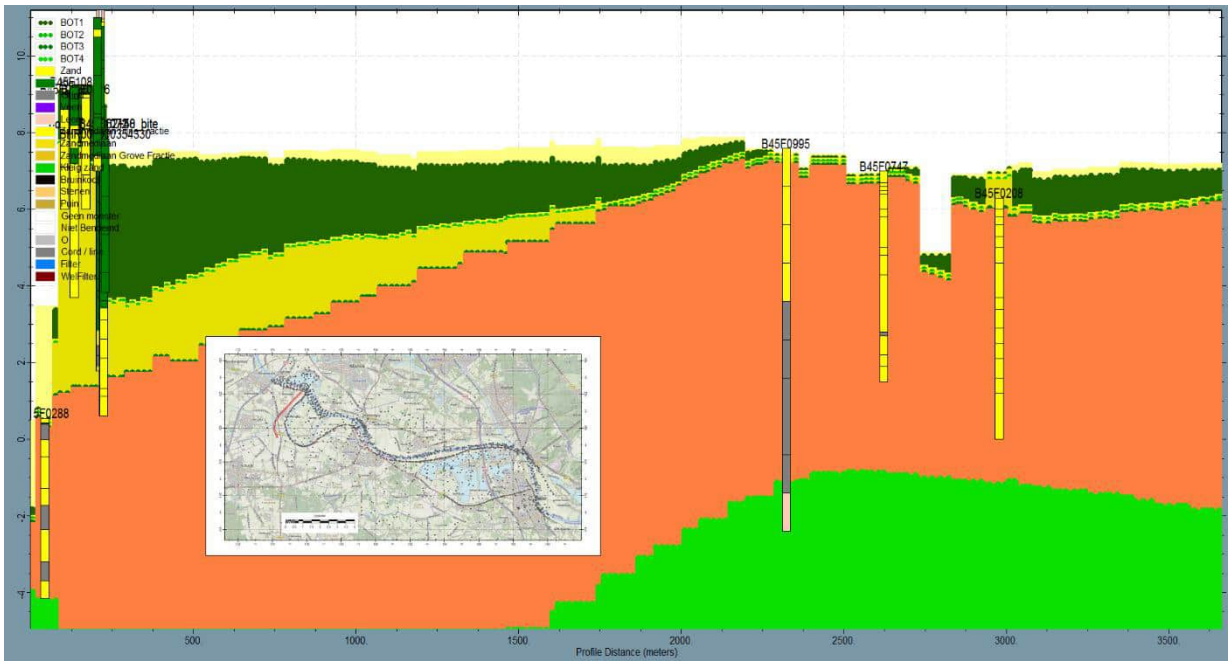


B1.5 Dwarsprofiel 2 – aangepast lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

Dwarsprofiel 3:

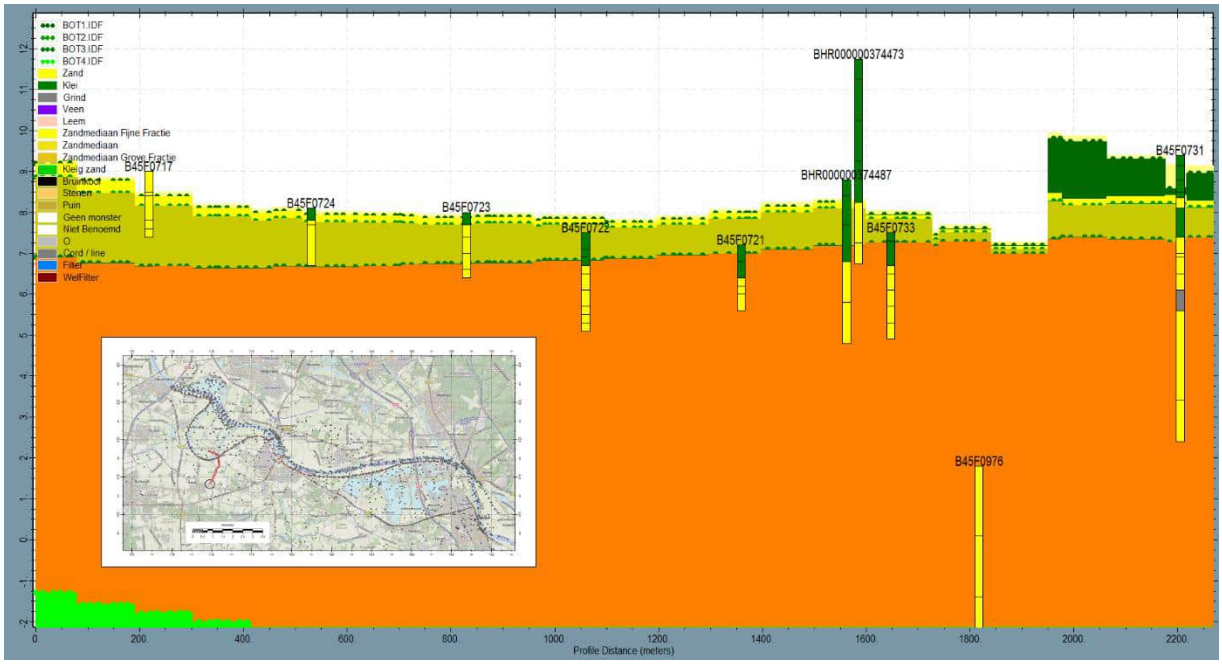


B1.6 Dwarsprofiel 3 – originele lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

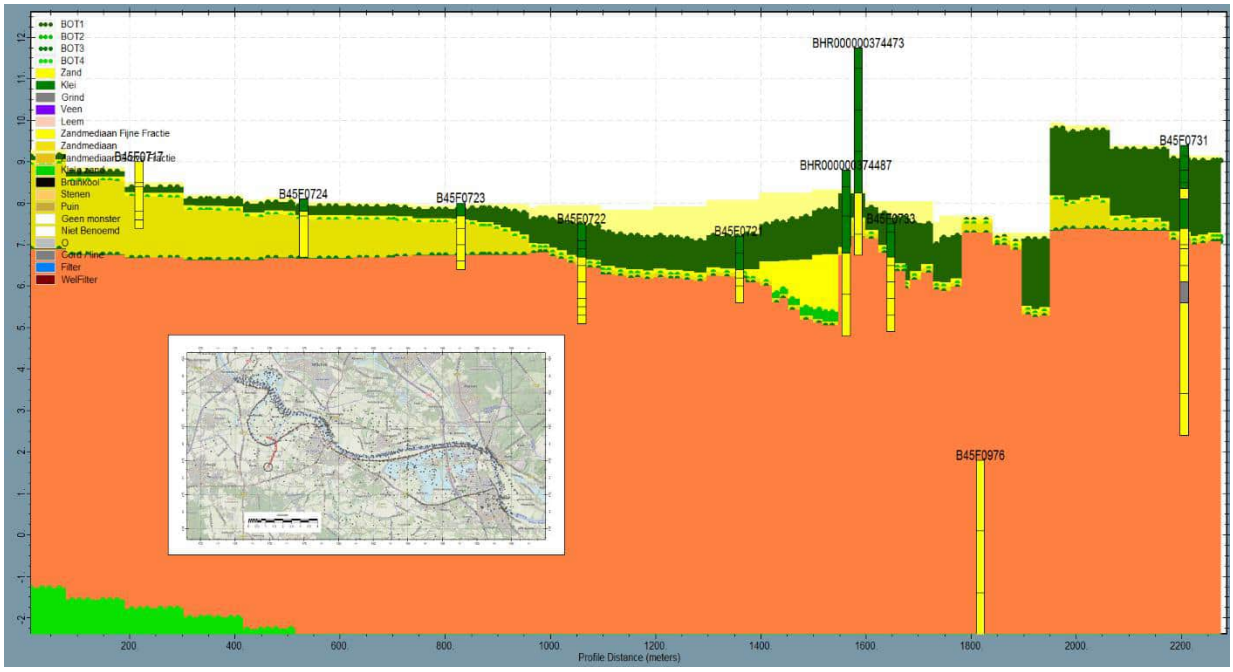


B1.7 Dwarsprofiel 3 – aangepast lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

Dwarsprofiel 4:

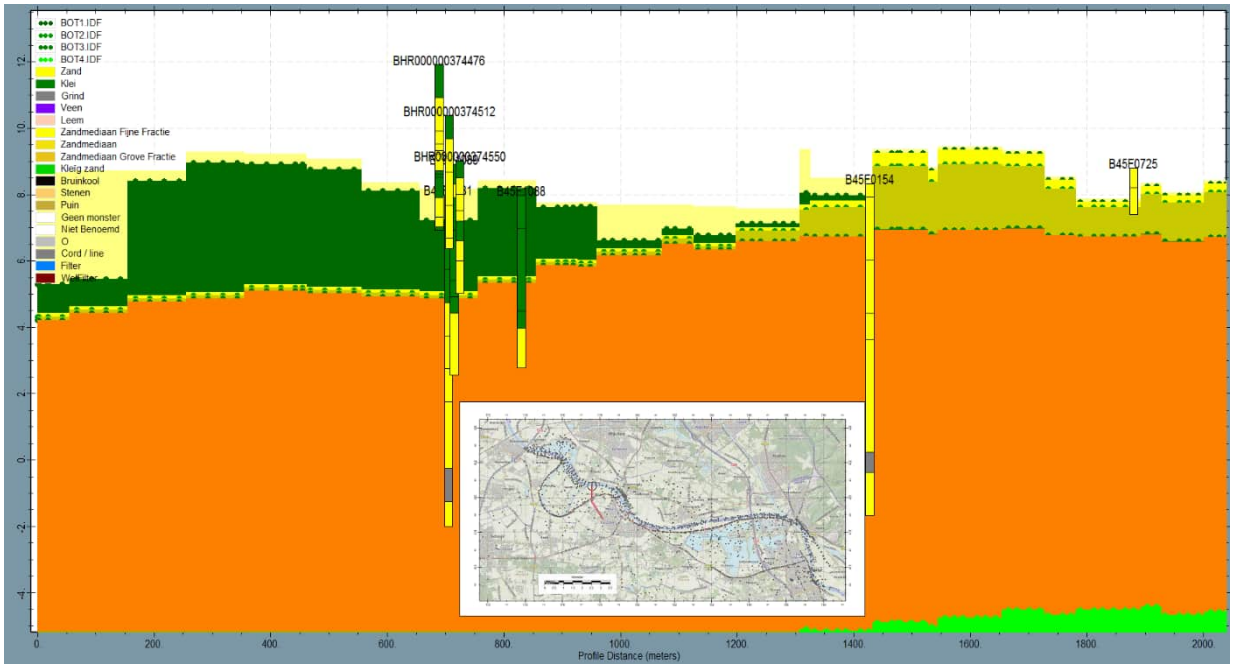


B1.8 Dwarsprofiel 4 – originele lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

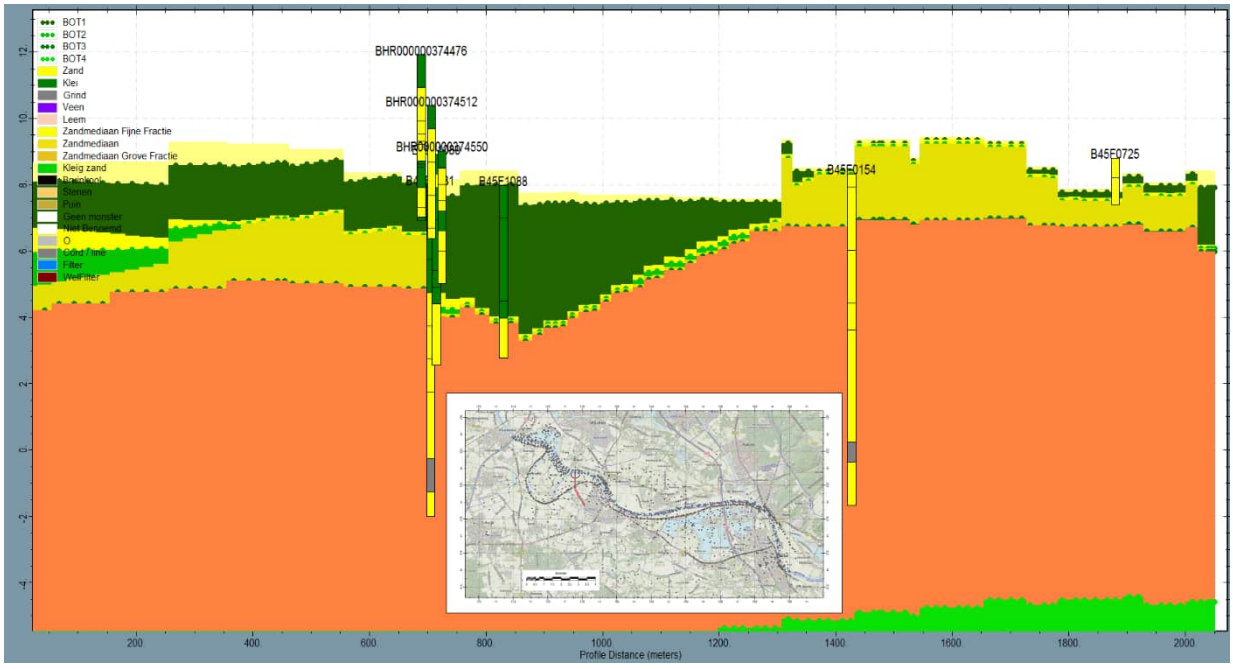


B1.9 Dwarsprofiel 4 – aangepast lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

Dwarsprofiel 5

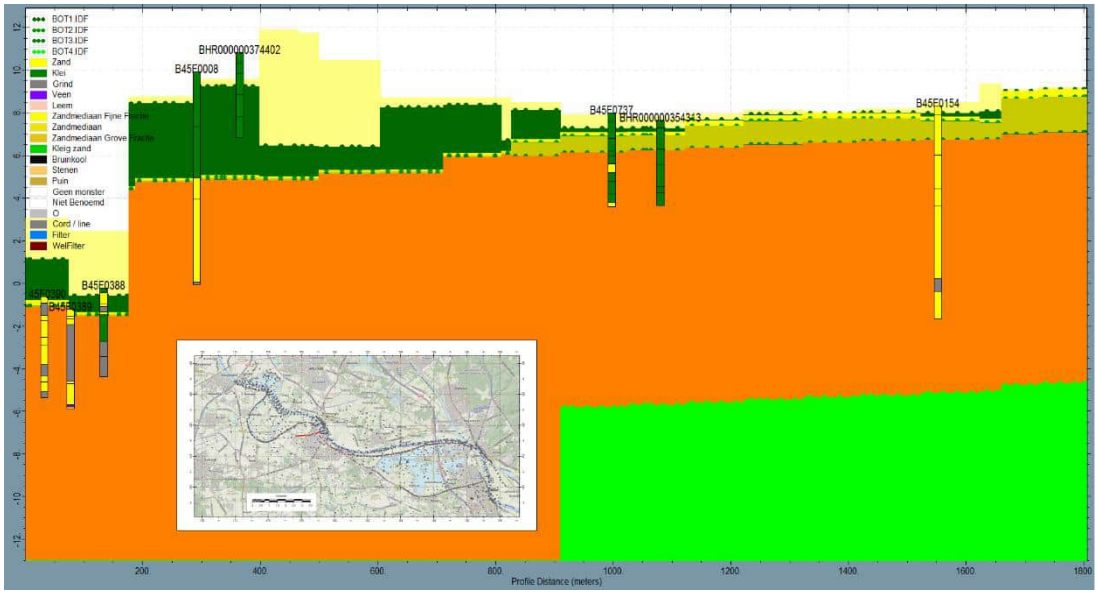


B1.10 Dwarsprofiel 5 – origineel lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

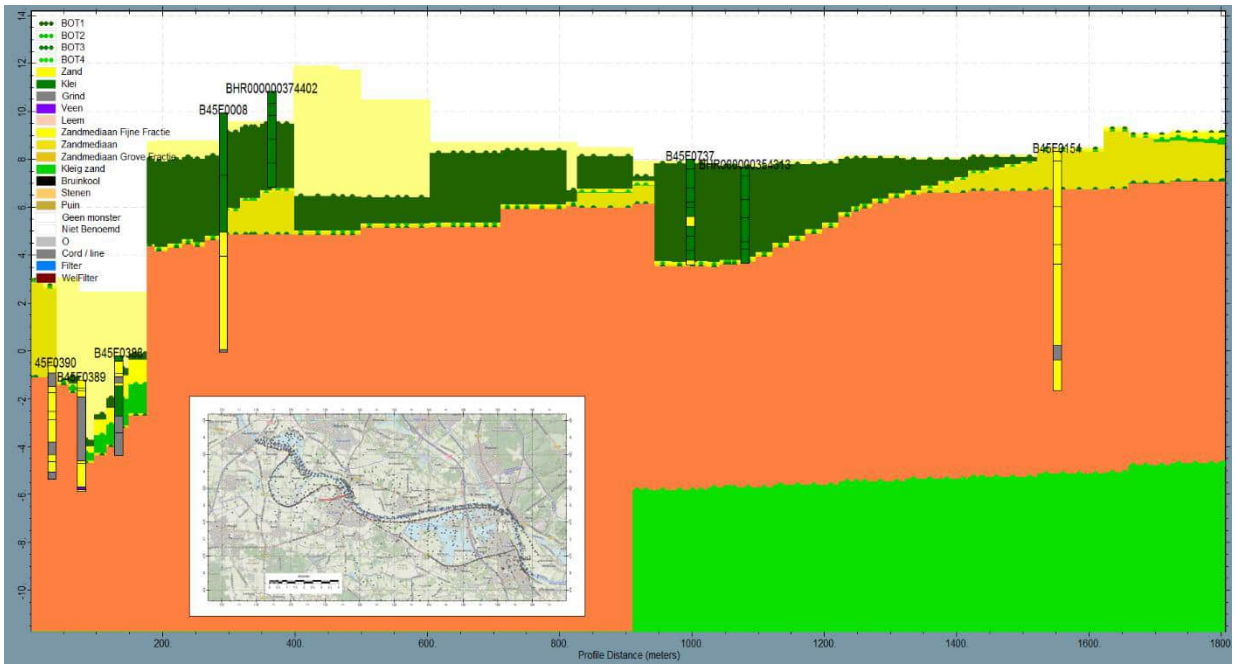


B1.11 Dwarsprofiel 5 – aangepast lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

Dwarsprofiel 6:

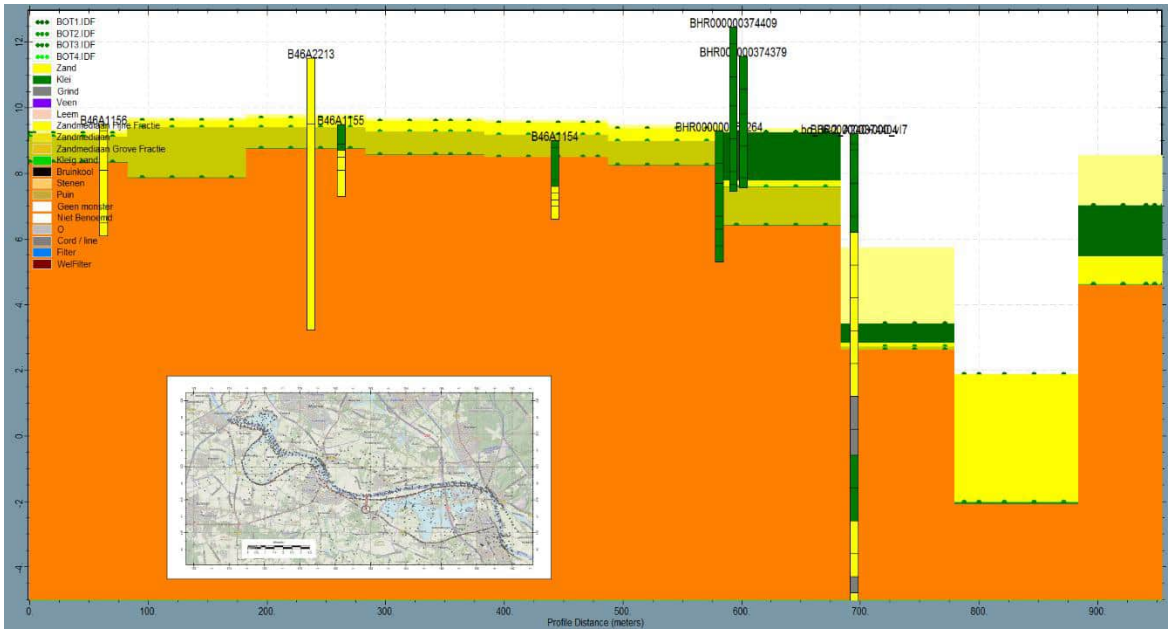


B1.12 Dwarsprofiel 6 – originele lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

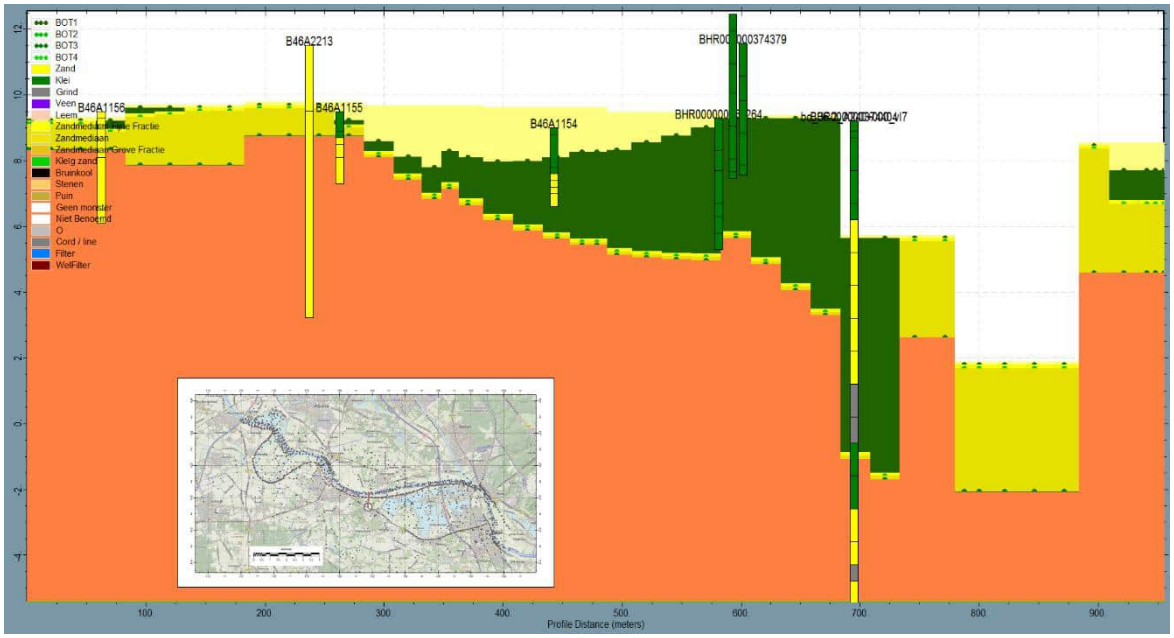


B1.13 Dwarsprofiel 6 – aangepast lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

Dwarsprofiel 7:

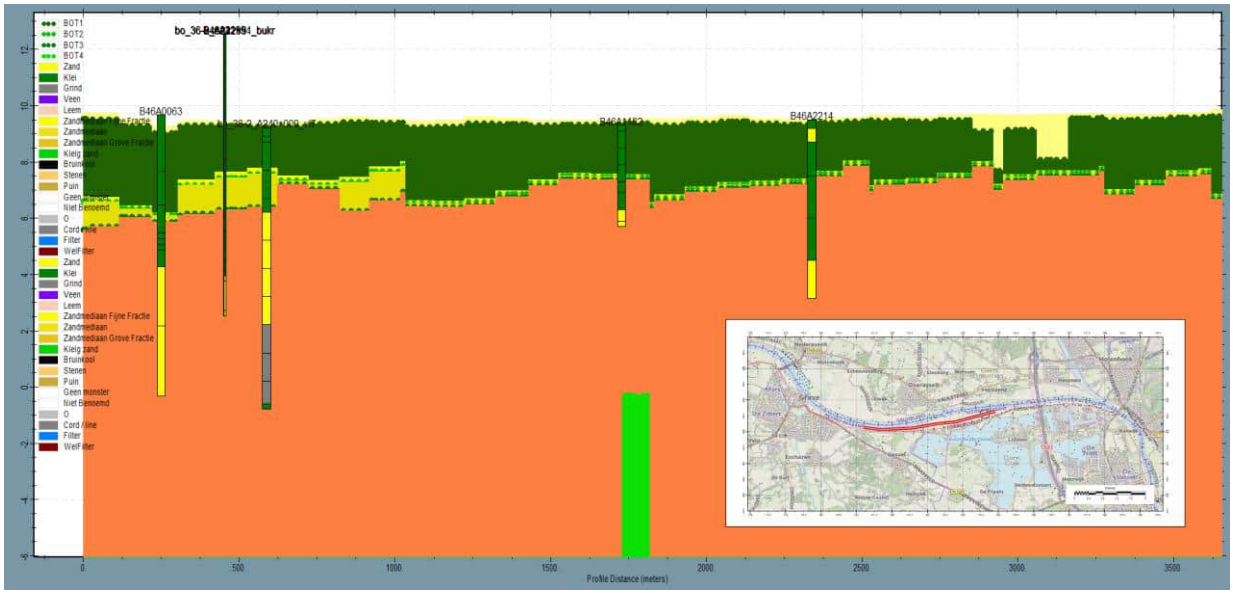


B1.14 Dwarsprofiel 7 – originele lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

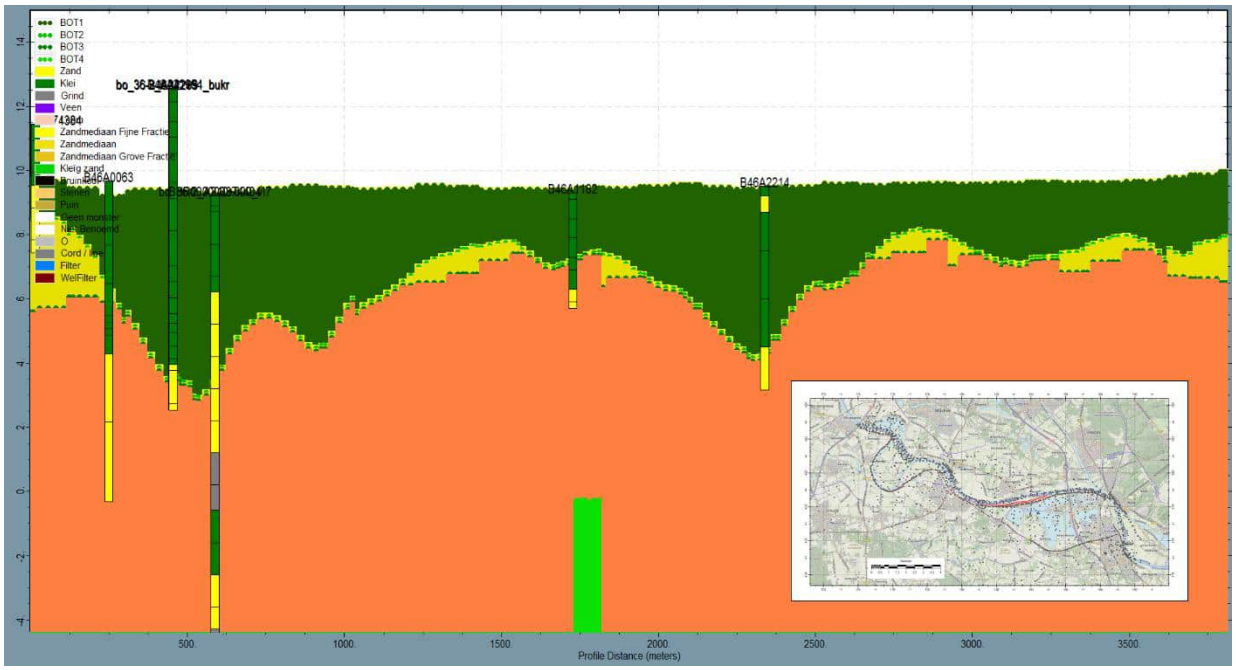


B1.15 Dwarsprofiel 7 – aangepast lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

Dwarsprofiel 8:

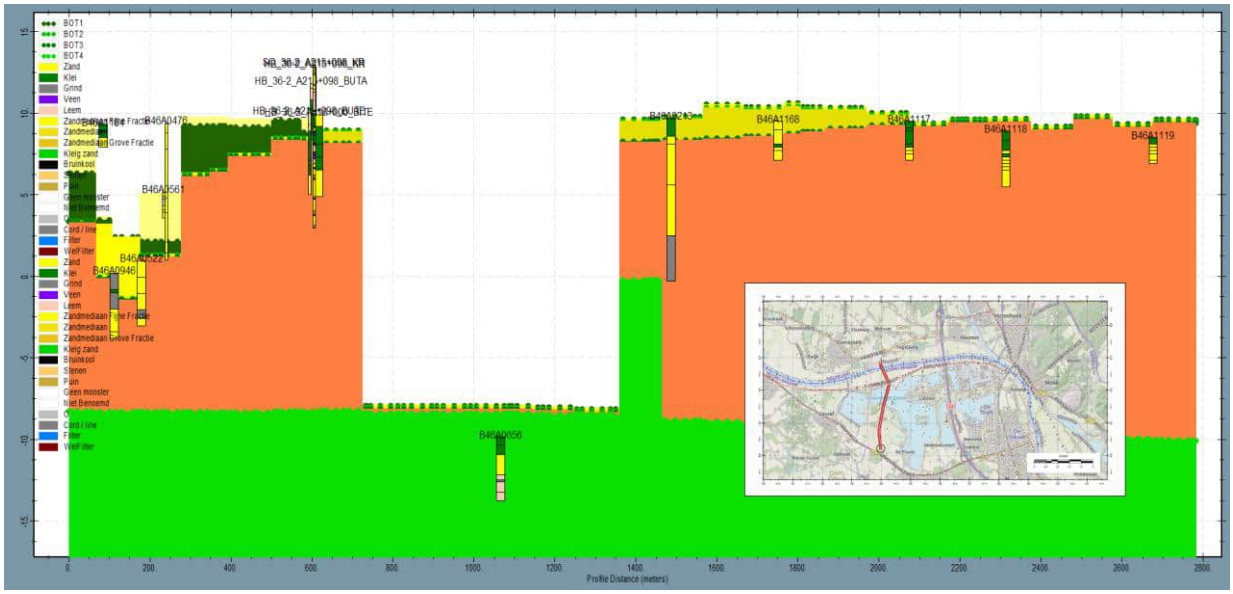


B1.16 Dwarsprofiel 8 – originele lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

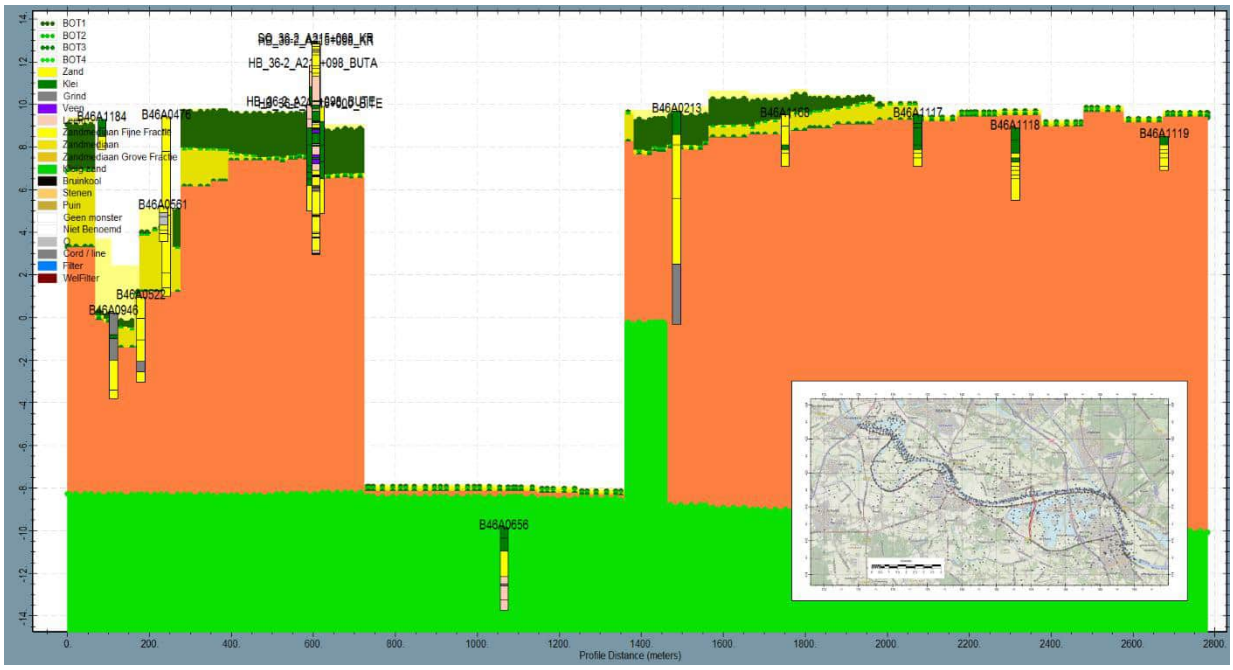


B1.17 Dwarsprofiel 8 – aangepast lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

Dwarsprofiel 9:

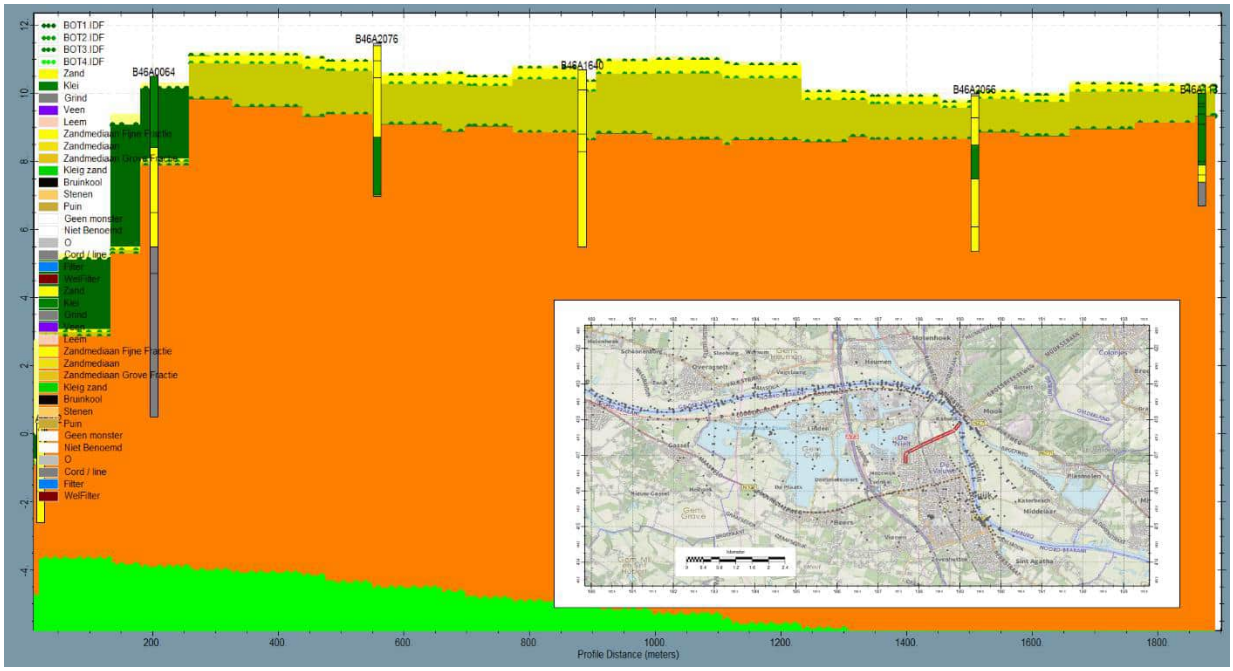


B1.18 Dwarsprofiel 9 – originele lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

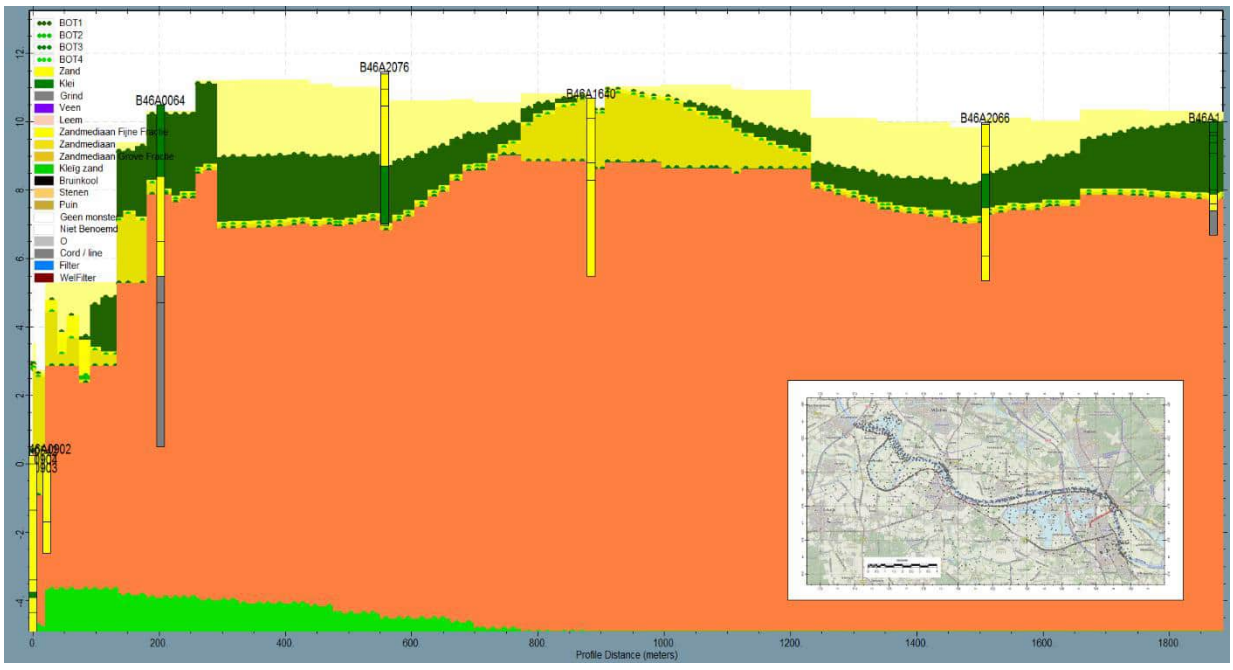


B1.19 Dwarsprofiel 9 – aangepast lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

Dwarsprofiel 10

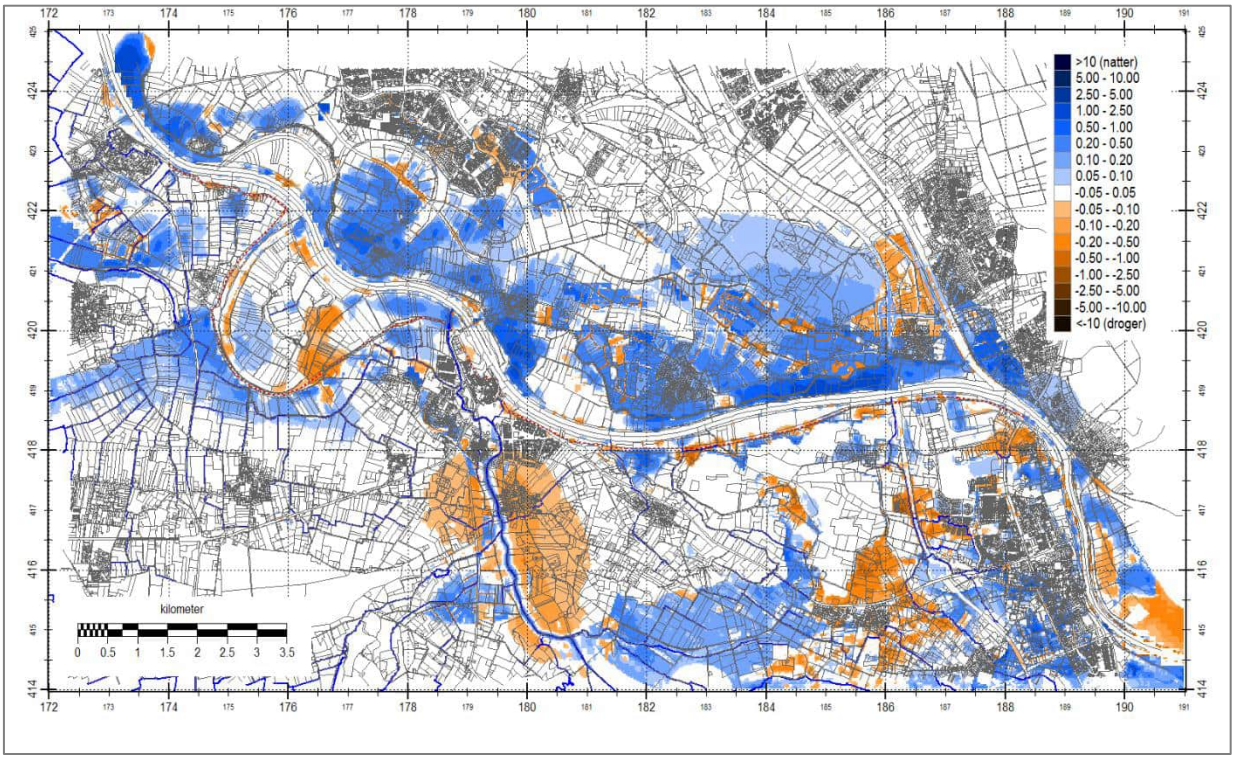


B1.20 Dwarsprofiel 10 – origineel lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

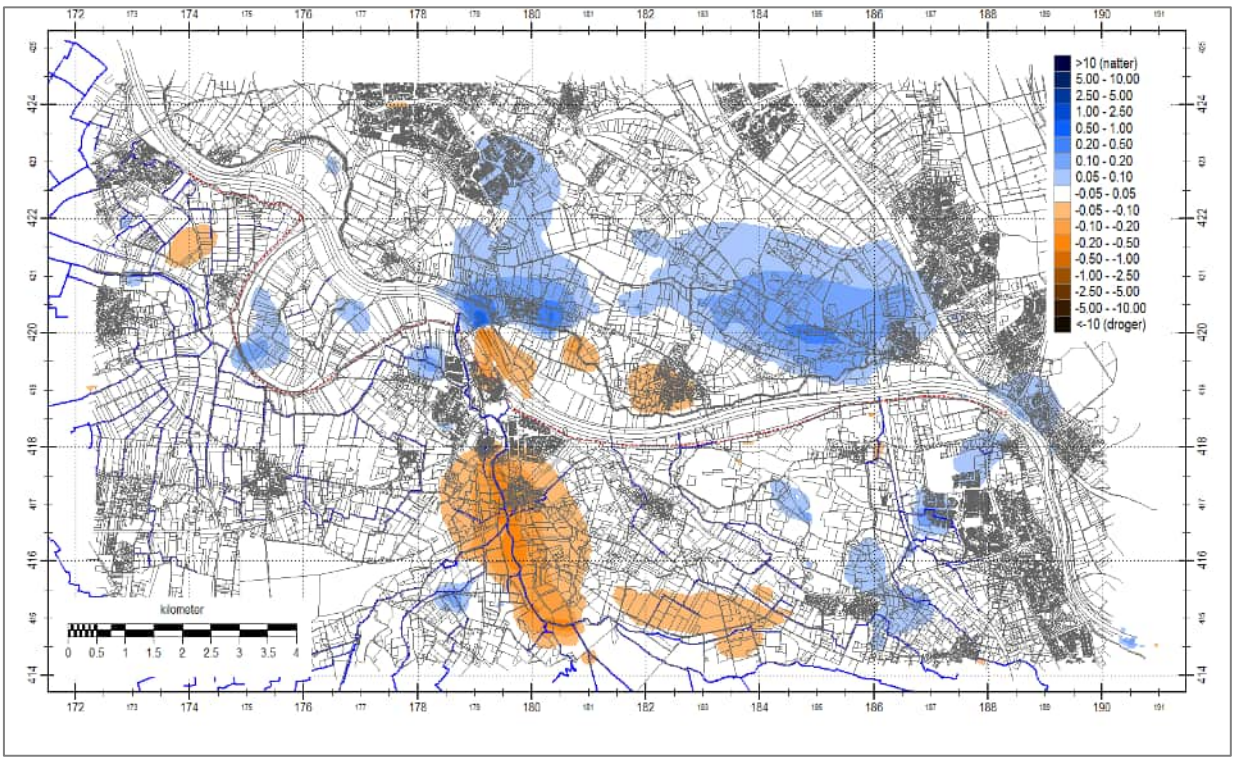


B1.21 Dwarsprofiel 10 – aangepast lagenmodel. Groene kleuren in de boringen en het dwarsprofiel geven slecht doorlatende lagen weer. Gele/oranje kleuren geven watervoerende lagen weer, bestaand uit zand en/of grind.

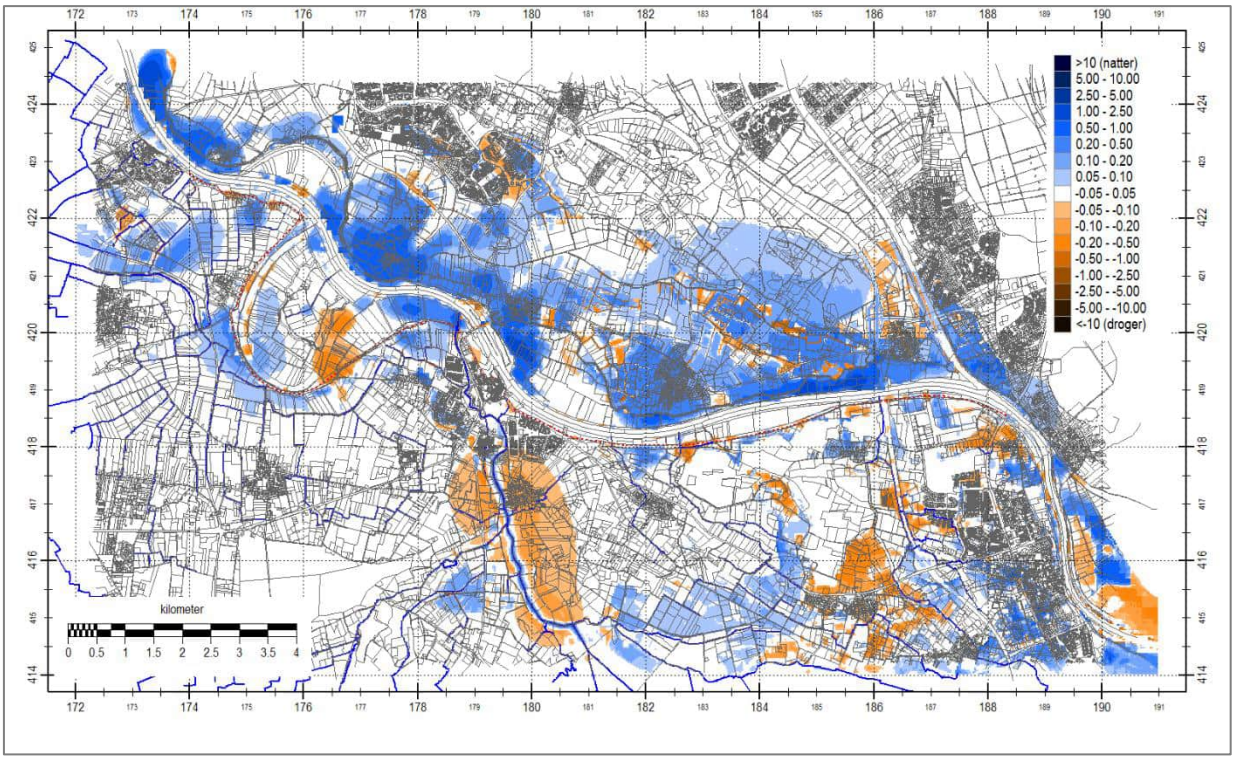
Bijlage 2 Effect van deklaagaanpassingen op de GXG



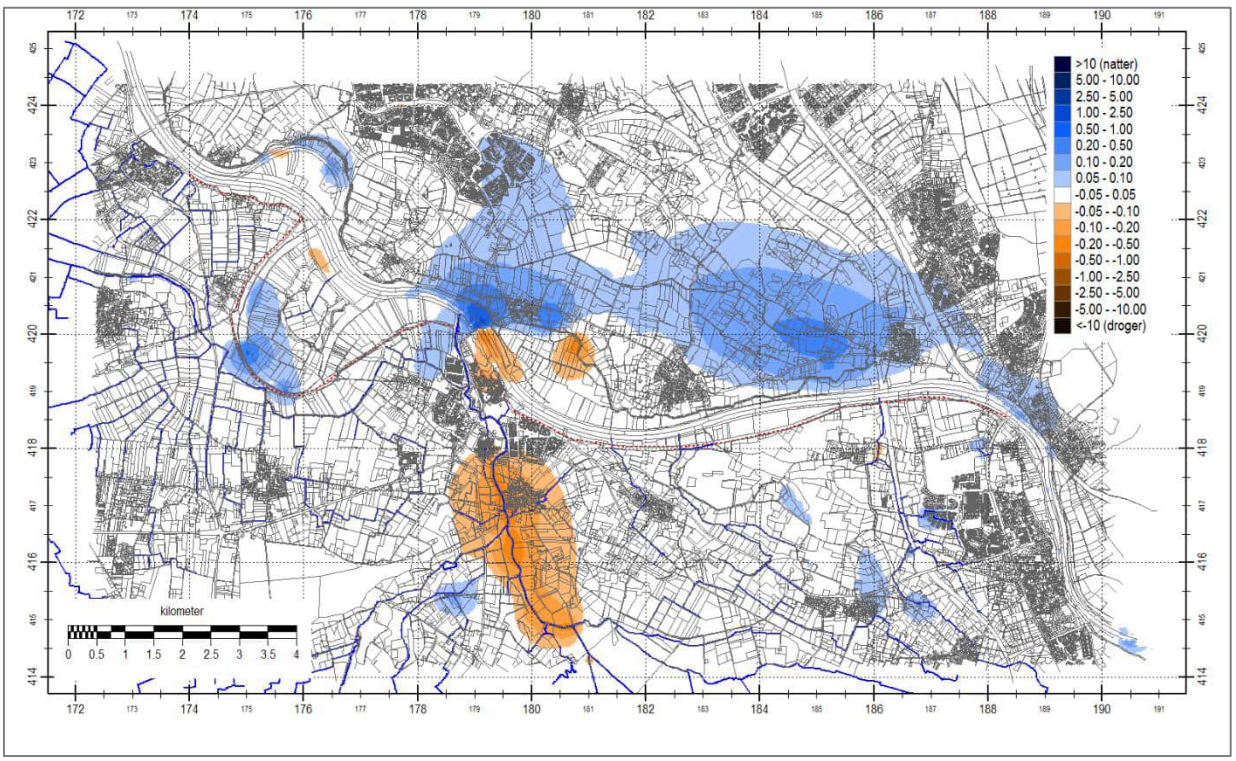
B2.1 Effect van de deklaagcorrectie op de berekende GHG voor laag 1 (freatisch)



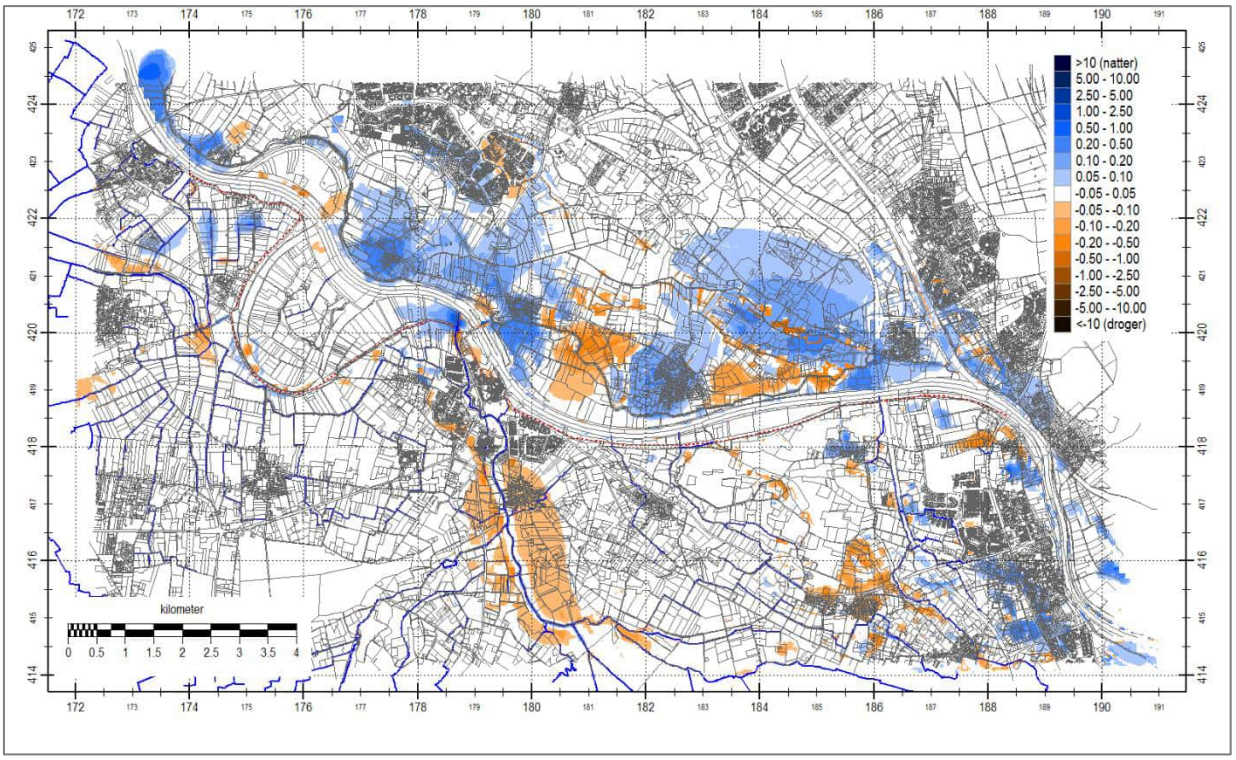
B2.2 Effect van de deklaagcorrectie op de berekende GHG voor laag 4 (watervoerend pakket)



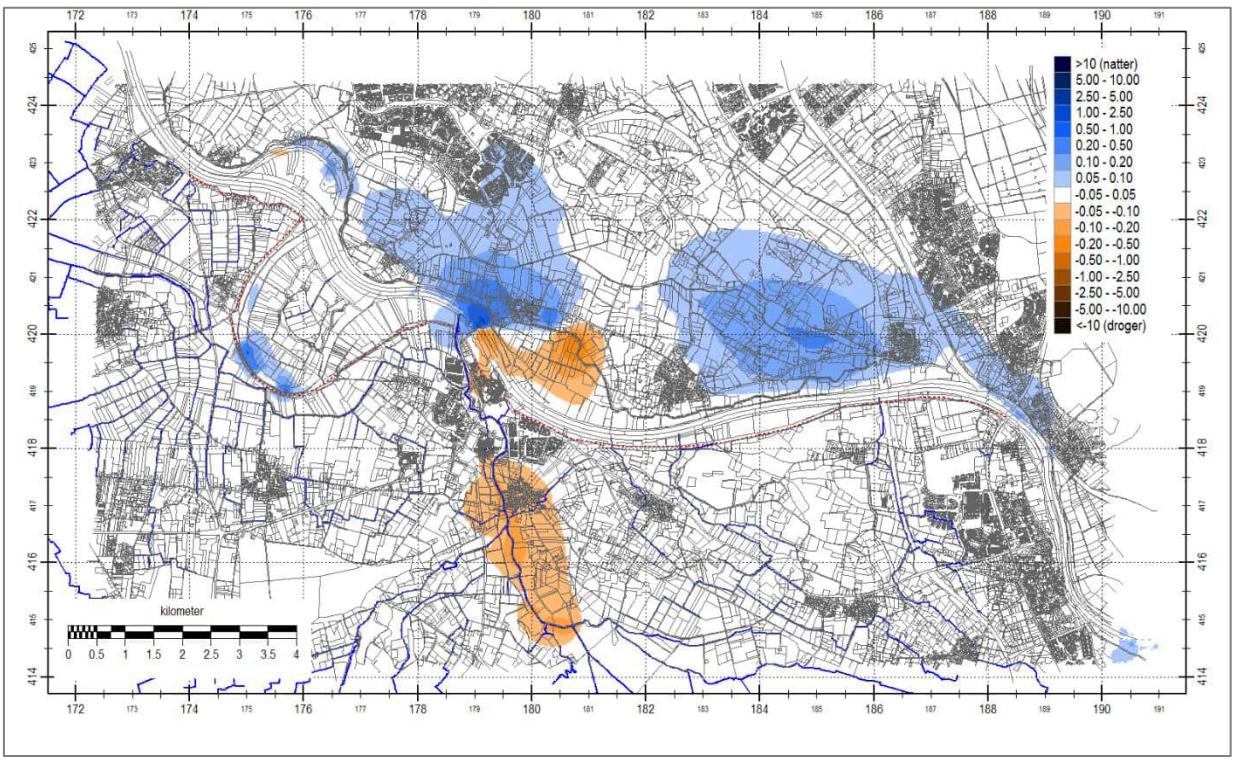
B2.3 Effect van de deklaagcorrectie op de berekende GVG voor laag 1 (freatisch)



B2.4 Effect van de deklaagcorrectie op de berekende GVG voor laag 4 (watervoerend pakket)

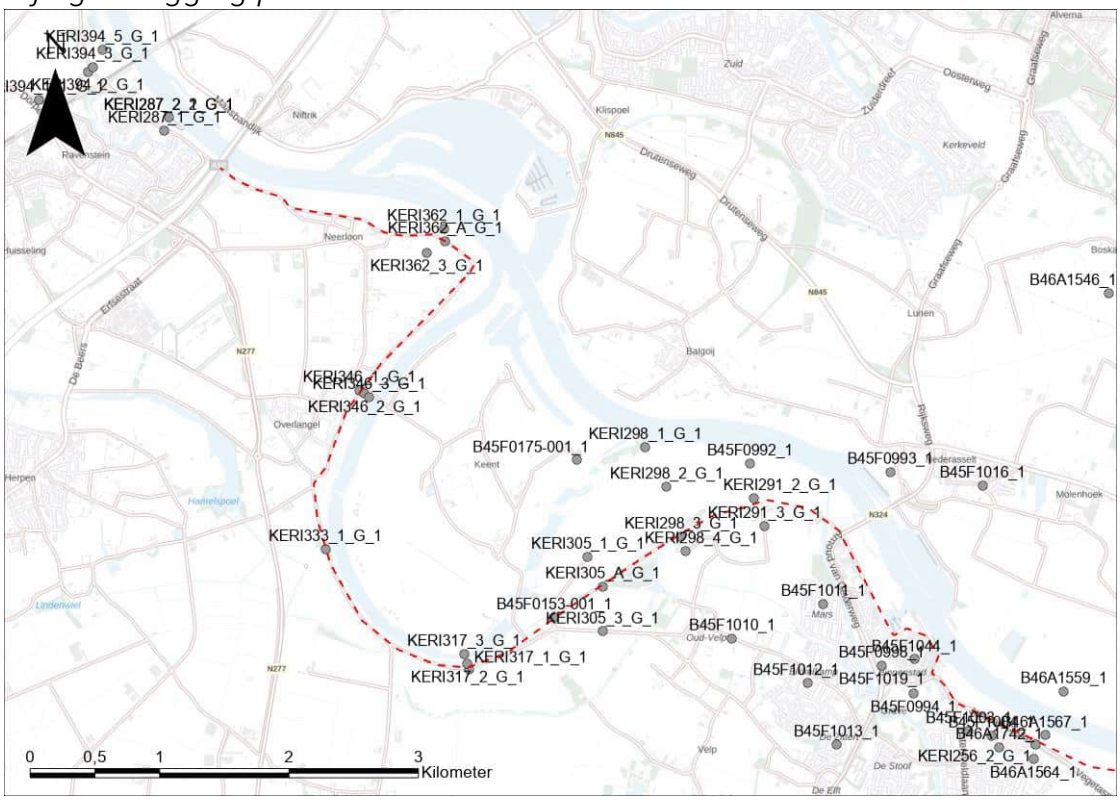


B2.5 Effect van de deklaagcorrectie op de berekende GLG voor laag 1 (freatisch)

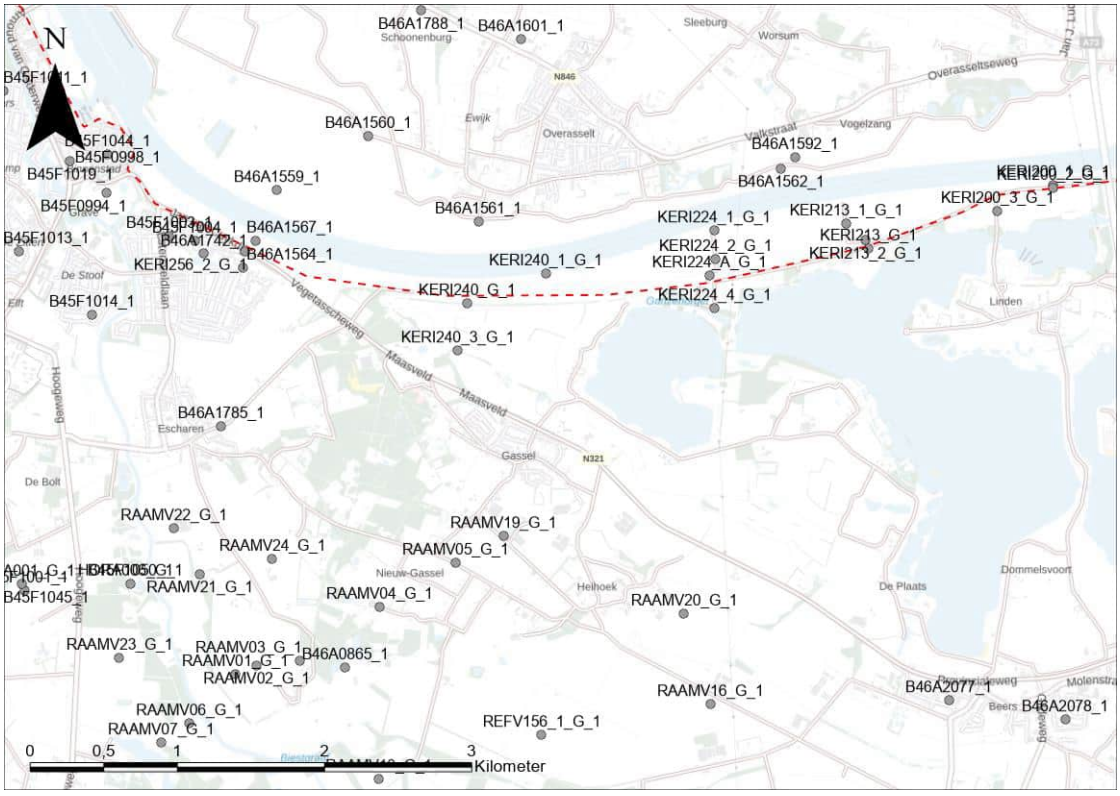


B2.6 Effect van de deklaagcorrectie op de berekende GLG voor laag 4 (watervoerend pakket)

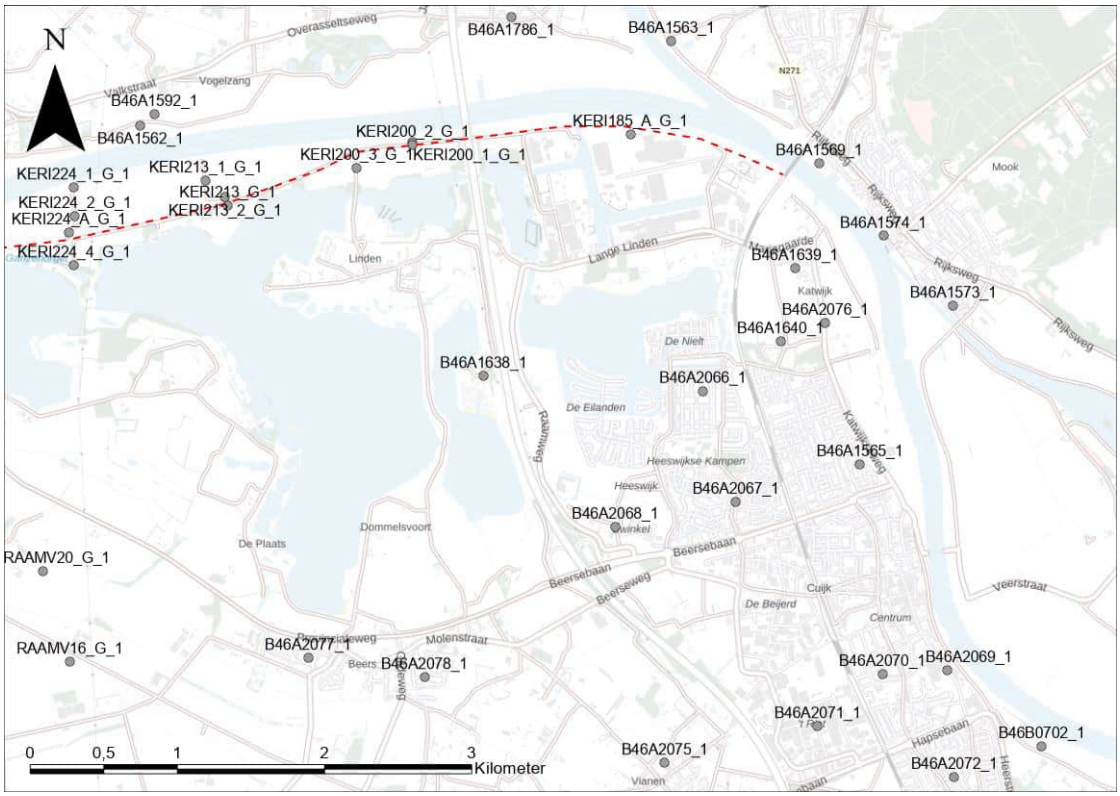
Bijlage 3 Ligging peilbuizen + metadata



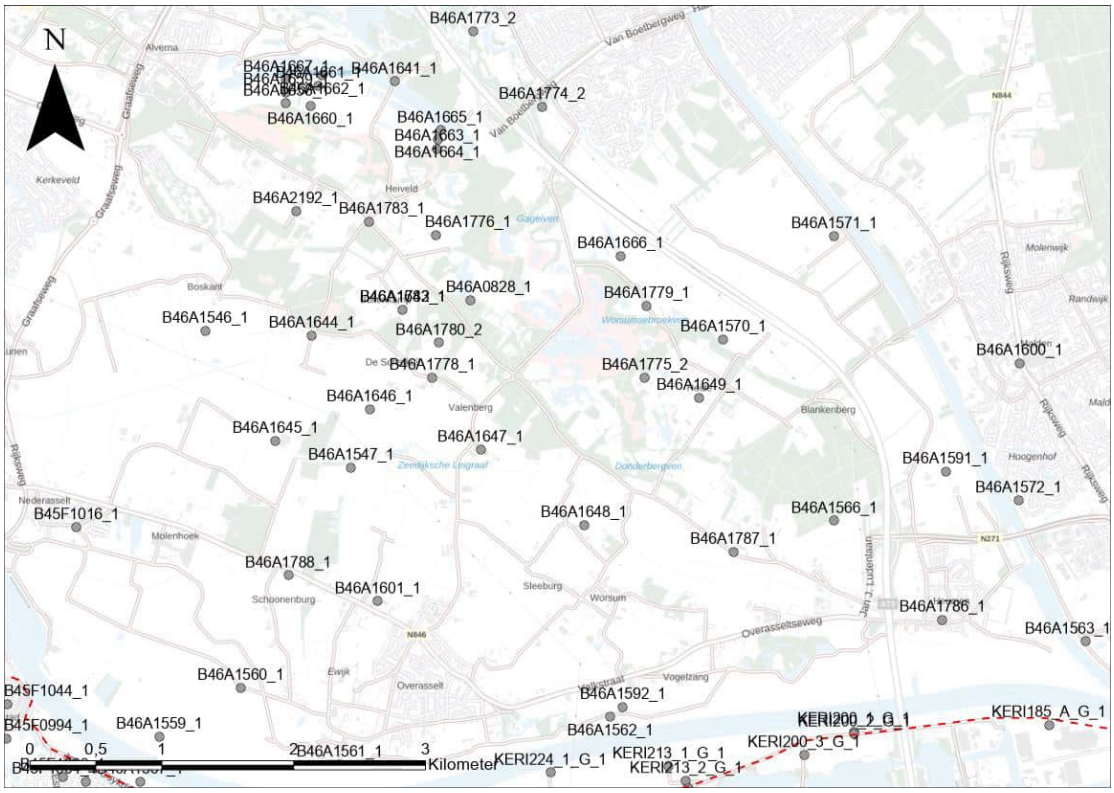
B3.1 Ligging peilbuizen langs het dijktraject Cuijk-Ravenstein



B3.2 Ligging peilbuizen langs het dijktraject Cuijk-Ravenstein



B3.3 Ligging peilbuizen langs het dijktraject Cuijk-Ravenstein



B3.4 Ligging peilbuizen ten noorden van het dijktraject Cuijk-Ravenstein

Metadata validatieset

Peilnbuis ID	X	Y	BKF [m+NAP]	OKF [m+NAP]	MV [m+NAP]	Modellaag (BASIS4)
B40C2844_1	185543	428655	6.35	5.35	9.43	4
B40C2846_1	184824	427180	7.34	6.34	9.74	4
B40C3079_1	188560	427718	-4.23	-5.23	37.77	5
B40C3079_2	188560	427718	-12.8	-13.8	37.77	5
B40C3081_1	188248	428309	-2.94	-3.94	32.06	5
B40C3081_2	188248	428309	-7.46	-8.46	32.06	5
B40C3131_1	187355	426796	0.24	-0.76	30.04	4
B40C3151_1	187950	427666	-14.78	-16.78	34.22	5
B40C3151_2	187950	427666	-25.78	-27.78	34.22	5
B40C3307_1	185840	427559	-24.98	-26.98	11.62	5
B40C3312_1	186071	428286	-25.3	-27.3	10.7	5
B40C3316_1	186407	427464	-15.94	-16.94	23.06	5
B40C3384_1	184671	427257	-3.7	-4.7	9.23	4
B40C3384_2	184671	427257	-16.72	-17.72	9.23	5
B40C3385_1	185583	427278	-3.6	-4.6	15.8	4
B40C3385_2	185583	427278	-16.11	-17.11	15.8	5
B40C3386_1	185318	425440	-2.25	-3.25	11.71	5
B40C3386_2	185318	425440	-14.23	-15.23	11.71	5
B40C3387_1	185911	426260	-4.1	-5.1	21.81	5
B40C3388_1	185188	426923	-2.72	-3.73	18.17	4
B40C3388_2	185188	426923	-13.73	-14.73	18.17	5
B40C3389_1	185305	427497	-4.1	-5.1	9.9	5
B40C3389_2	185305	427497	-16.1	-17.1	9.9	5
B40C3535_1	184428	425315	6.5	5.5	9.69	4
B40C3749_2	187560	426450	-0.21	-0.23	nan	4
B40C3749_3	187560	426450	-34.89	-36.89	nan	5
B40D2280_1	190891	427616	6.04	5.04	10.41	4
B45E0886_1	168136	423717	4.8	4.05	6.19	1
B45E0937_1	165680	424223	7.18	6.18	10.44	0
B45F0992_1	178098	420506	4.67	3.67	8.68	2
B45F0993_1	179182	420440	5.24	4.24	8.04	3
B45F0994_1	179361	418728	7.48	6.48	10.36	2
B45F0998_1	179114	418945	6.6	5.6	8.7	1
B45F1001_1	178811	416024	6.83	6.33	9.5	4
B45F1003_1	179789	418435	nan	3.9	8.71	4
B45F1004_1	179963	418403	nan	4.01	8.91	4
B45F1010_1	177961	419154	6.37	5.37	10.17	4
B45F1011_1	178665	419420	6.41	5.41	8.41	4
B45F1012_1	178548	418806	6.6	5.6	8.8	4
B45F1013_1	178768	418330	6.47	5.47	8.47	4
B45F1014_1	179265	417897	5.18	4.18	8.68	4
B45F1016_1	179895	420332	4.64	3.64	8.73	4
B45F1019_1	179116	418944	5.71	4.71	8.59	1
B45F1044_1	179371	418991	2.3	1.3	10.91	4
B45F1045_1	178791	416067	8.01	7.01	9.21	3
B45F1046_1	178167	415518	9.96	8.96	11.41	1
B45F1047_1	177569	415154	12.36	11.36	14.59	4
B45F1048_1	177386	414491	13.32	12.32	15.72	4
B45F1049_1	176990	414610	12.32	11.32	14.31	5
B45F1050_1	179527	416071	6.09	5.09	8.9	4
B46A0828_1	182882	422055	9.06	8.06	10.45	4
B46A0828_3	182882	422055	7.41	6.41	10.45	4
B46A0865_1	180984	415501	7.08	6.58	8.42	4
B46A0865_2	180984	415501	3.19	2.69	8.42	4
B46A1546_1	180872	421822	3.9	3.4	6.46	4
B46A1547_1	181979	420783	4.44	3.94	7.17	4
B46A1559_1	180523	418745	5.97	4.97	9.65	2
B46A1560_1	181141	419115	6.29	5.29	9.16	1
B46A1561_1	181889	418531	6.45	5.45	9.24	4
B46A1562_1	183945	418894	6.17	5.17	9.05	3
B46A1563_1	187552	419466	6.94	5.94	11.19	4

B46A1564_1	180289	418218	8.07	7.07	8.94	3
B46A1565_1	188831	416591	7.54	6.54	10.57	4
B46A1566_1	185644	420381	7.35	6.35	9.99	4
B46A1567_1	180378	418404	5.77	4.77	9.78	1
B46A1568_1	189475	413705	7.03	6.03	11.03	4
B46A1569_1	188555	418635	6.48	5.48	8.88	3
B46A1570_1	184803	421758	6.65	5.65	9.01	4
B46A1571_1	185644	422539	5.66	4.66	8.34	4
B46A1572_1	187042	420535	7.33	6.33	10.64	4
B46A1573_1	189466	417668	8.54	7.54	11.34	4
B46A1574_1	188992	418143	6.33	5.33	9.37	0
B46A1591_1	186489	420756	6.22	5.22	8.73	4
B46A1592_1	184040	418970	5.75	4.75	9.21	3
B46A1600_1	187051	421578	6.03	5.03	11.67	4
B46A1601_1	182180	419771	7.05	6.05	9.28	4
B46A1604_1	185198	412928	7.85	6.85	10.15	4
B46A1638_1	186276	417191	7.57	6.57	9.97	3
B46A1639_1	188391	417922	5.8	4.8	10.6	4
B46A1640_1	188293	417425	6.52	5.52	10.71	4
B46A1641_1	182307	423713	5.25	4.25	7.53	4
B46A1643_1	182370	421982	5.28	4.28	6.77	4
B46A1644_1	181680	421786	3.69	2.69	6.34	4
B46A1645_1	181404	420986	4.6	3.6	7.19	4
B46A1646_1	182120	421227	4.66	3.66	7.15	4
B46A1647_1	182961	420919	5.52	4.52	8.75	4
B46A1648_1	183745	420349	6.53	5.53	9.44	4
B46A1649_1	184622	421314	6.78	5.78	9.55	4
B46A1658_1	181486	423546	6.54	4.54	7.38	4
B46A1659_1	181485	423631	6.98	4.98	7.27	4
B46A1660_1	181670	423530	6.98	4.98	7.15	4
B46A1661_1	181730	423680	5.79	4.79	7.15	4
B46A1662_1	181760	423760	5.15	4.15	7.21	4
B46A1663_1	182633	423204	6.74	5.74	8.53	4
B46A1664_1	182634	423277	6.41	5.41	7.37	4
B46A1665_1	182656	423343	5.84	4.84	7.22	4
B46A1666_1	184023	422390	7.51	6.51	7.69	4
B46A1667_1	181486	423728	5.45	3.45	6.98	4
B46A1742_1	180023	418313	nan	4.45	9.29	4
B46A1772_1	182238	424943	4.81	3.81	7.66	4
B46A1772_2	182238	424943	-1.34	-2.34	7.66	4
B46A1773_2	182903	424092	-2.09	-3.09	6.92	4
B46A1774_2	183427	423522	-0.34	-1.34	8.61	4
B46A1775_2	184207	421466	7.22	6.22	10.82	4
B46A1776_1	182623	422549	6.67	5.67	9.27	4
B46A1778_1	182595	421467	6.29	5.29	8.39	4
B46A1779_1	184223	422010	9.3	8.3	10.19	4
B46A1779_2	184223	422010	8.01	7.01	10.19	4
B46A1780_2	182644	421731	6.56	5.56	8.54	4
B46A1782_1	182371	421983	5.81	4.81	7.83	4
B46A1783_1	182111	422651	6.18	5.18	8.32	4
B46A1785_1	180142	417142	5.86	4.86	9.77	4
B46A1786_1	186464	419632	7.62	6.62	11.44	4
B46A1787_1	184879	420145	5.38	4.38	10.49	4
B46A1788_1	181502	419967	5.12	4.12	8.25	4
B46A2066_1	187765	417090	6.32	5.32	9.99	4
B46A2067_1	187989	416336	7.75	6.75	10.53	4
B46A2068_1	187171	416166	7.53	6.53	10.32	4
B46A2069_1	189424	415194	7.31	6.31	12.02	4
B46A2070_1	188985	415167	8.7	7.7	11.07	4
B46A2071_1	188544	414812	7.95	6.95	10.93	4
B46A2072_1	189473	414469	8.01	7.01	12.1	4
B46A2073_1	188692	414337	9.42	8.42	11.87	4

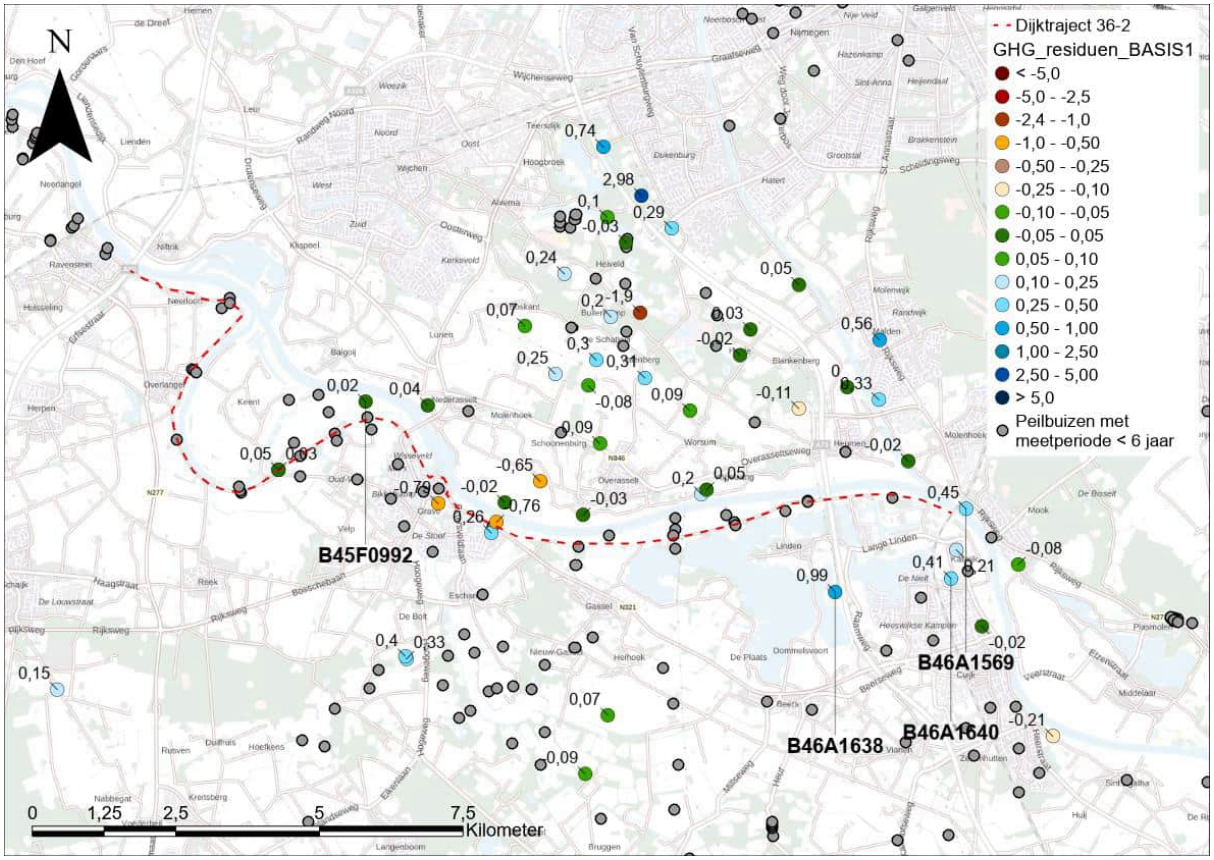
B46A2074_1	189826	414029	8.39	7.39	12.07	4
B46A2075_1	187507	414563	8.44	7.44	11.15	4
B46A2076_1	188596	417551	8	7	11.47	2
B46A2077_1	185085	415276	7.46	6.46	10.13	4
B46A2078_1	185875	415145	7.68	6.68	10.36	4
B46A2181_2	189805	424158	-4.15	-5.15	nan	4
B46A2192_1	181560	422730	-4.15	-5.15	8.19	4
B46B0702_1	190066	414676	7.94	6.94	10.84	4
B46B0703_1	192767	413885	7.1	6.1	9.84	4
B46B0705_1	192488	416644	9.65	8.65	12.9	4
B46B0720_1	192242	416712	11.62	11.32	12.33	4
B46B0721_1	192193	416732	11.9	11.4	12.77	4
B46B0722_1	192121	416743	10.97	10.47	13.53	4
B46B0723_1	192168	416678	11.62	10.82	13.12	4
B46B0734_1	192490	421058	30.2	28.2	37.3	4
B46B0738_1	192766	420330	28.99	27.99	31.88	4
B46B0742_1	192120	416744	12.77	12.47	13.53	3
B46B0744_1	192186	416708	11.93	11.63	12.62	4
B46B0745_1	192181	416708	10.11	9.81	12.61	4
B46B0746_1	191089	420963	25.25	23.25	53.97	4
B46B1048_1	191582	423232	40.18	38.18	86.18	4
B46B1048_2	191582	423232	28.18	26.18	86.18	4
B46B1048_3	191582	423232	4.18	2.18	86.18	4
B46B1058_1	191361	413908	8.73	7.73	12.41	4
B46B1316_1	192245	416664	12.16	11.16	12.61	4
B46B1317_1	192244	416664	10.66	9.66	12.96	4
B45F0153-002_	176585	419315	-0.663	-1.663	8.702	4
B45F0153-001_	176585	419315	1.792	0.792	8.692	4
B45F0175-001_	176759	420530	-1.683	-2.683	12.249	4
B45F0175-002_	176759	420530	-18.987	-19.987	12.249	5
B45F0175-003_	176759	420530	-37.179	-38.179	12.249	5
B45F0175-004_	176759	420530	-52.689	-53.689	12.249	5
B45F0175-005_	176759	420530	-85.529	-86.529	12.249	5
B46B0747-001_	193516	413172	8.686	7.686	10.626	4
B46B0747-002_	193515	413171	5.559	4.559	10.539	4
DEDI001_G_1	172312	425001	3.842	2.842	7.392	4
DEDI002_G_1	172351	425104	3.785	2.785	7.335	4
DEDI003_G_1	172365	425135	2.771	1.771	8.601	4
DEDI004_G_1	172378	425176	4.889	3.889	8.889	1
DEDI005_G_1	170949	425596	3.375	2.375	7.845	1
DEDI006_G_1	170886	425439	5.032	5.032	6.832	1
DEDI007_G_1	170932	425552	5.033	4.033	8.823	1
DEDI008_G_1	170922	425531	4.262	3.262	8.392	1
DEDI009_G_1	170041	425748	3.824	2.824	7.224	1
DEDI010_G_1	170102	425905	4.665	3.665	8.435	1
DEDI011_G_1	170078	425874	3.901	2.901	8.231	1
DEDI012_G_1	170077	425841	3.64	2.64	8.73	1
HORA001_G_1	178791	416067	8.009	7.009	9.889	3
HORA006_G_1	179527	416071	6.941	5.941	9.451	4
HORA015_G_1	178326	415828	8.659	7.659	11.499	4
KERI185_A_G_1	187273	418834	7.09	6.09	10.515	1
KERI200_1_G_1	185793	418783	8.737	7.737	10.539	2
KERI200_2_G_1	185795	418762	8.786	7.786	10.47	3
KERI200_3_G_1	185415	418603	4.896	3.896	10.287	4
KERI213_1_G_1	184388	418520	5.786	4.786	9.694	4
KERI213_2_G_1	184521	418407	6.662	5.662	9.949	4
KERI213_G_1	184539	418348	6.108	5.108	9.277	4
KERI224_1_G_1	183491	418471	4.271	3.271	9.579	4
KERI224_2_G_1	183500	418279	4.168	3.16	9.498	4
KERI224_4_G_1	183494	417942	5.493	4.493	8.819	4
KERI224_A_G_1	183458	418165	3.887	2.887	12.827	4
KERI240_1_G_1	182347	418179	7.442	6.442	9.633	3

KERI240_3_G_1	181748	417654	4.251	3.251	11.555	4
KERI240_G_1	181812	417976	4.488	3.488	9.025	4
KERI256_2_G_1	180307	418330	3.867	2.867	9.118	4
KERI287_1_G_1	173574	423075	4.509	3.509	7.26	1
KERI287_2_1_G	173606	423177	3.75	2.75	8.14	1
KERI287_2_2_G	173606	423177	5.137	4.137	8.14	0
KERI291_2_G_1	178126	420236	4.659	3.659	8.897	4
KERI291_3_G_1	178210	420020	3.04	2.04	8.378	4
KERI298_1_G_1	177288	420629	4.7	3.7	6.922	4
KERI298_2_G_1	177455	420324	5.108	4.108	8.838	4
KERI298_3_G_1	177566	419940	3.592	2.592	8.992	4
KERI298_4_G_1	177598	419825	3.908	2.908	8.021	4
KERI305_1_G_1	176846	419782	4.758	3.758	9.073	4
KERI305_3_G_1	176959	419207	4.267	3.267	8.433	4
KERI305_A_G_1	176960	419555	1.966	0.966	11.91	4
KERI317_1_G_1	175927	418911	5.869	4.869	8.903	4
KERI317_2_G_1	175917	418959	3.436	2.436	6.622	4
KERI317_3_G_1	175888	419033	3.224	2.224	6.419	1
KERI333_1_G_1	174817	419841	4.569	3.569	8.646	4
KERI346_1_G_1	175079	421072	5.002	4.002	8.561	4
KERI346_2_G_1	175121	421045	3.599	2.599	7.014	4
KERI346_3_G_1	175155	421016	3.39	2.39	6.802	4
KERI362_1_G_1	175733	422317	4.683	3.683	9.158	3
KERI362_3_G_1	175600	422134	4.509	3.509	7.053	1
KERI362_A_G_1	175743	422220	1.735	0.735	11.773	4
KERI394_1_1_G	172605	423313	5.457	4.457	7.078	1
KERI394_1_2_G	172605	423312	4.248	3.248	7.078	1
KERI394_2_G_1	172981	423532	3.831	2.831	8.266	3
KERI394_3_G_1	173018	423570	6.05	5.05	9.093	3
KERI394_5_G_1	173093	423700	4.013	3.013	7.103	3
KERI409_1_1_G	172137	424733	5.022	4.022	6.664	1
KERI409_1_2_G	172137	424732	3.799	2.799	6.664	4
KERI417_1_G_1	171957	425290	3.514	2.514	6.93	4
KERI417_2_G_1	171936	425409	4.014	3.014	7.5	4
KERI417_3_G_1	171953	425498	2.371	1.371	7.52	4
KERI444_1_G_1	169535	426050	2.271	1.271	6.819	1
KERI444_2_G_1	169518	426160	4.295	3.295	7.345	1
KERI444_3_G_1	169633	426411	4.154	3.154	7.183	1
KERI458_2_1_G	170658	425376	4.956	3.956	6.336	1
KERI458_2_2_G	170659	425375	3.805	2.805	6.336	1
KERI470_1_G_1	168509	424795	2.758	1.758	7	4
KERI470_2_G_1	168540	424872	-0.338	-0.338	5.39	4
KERI470_3_G_1	168573	424937	2.812	1.812	5.28	4
KERI471_1_G_1	168712	425455	3.439	2.439	8.102	1
KERI492_1_G_1	167334	426273	4.433	3.433	9.43	1
KERI492_2_G_1	167438	426351	2.899	1.899	7.22	4
KERI492_3_G_1	167425	426425	3.268	2.268	7.05	4
KERI516_1_1_G	166947	425998	5.142	4.142	6.602	1
KERI516_1_2_G	166947	425999	3.59	2.59	6.602	1
KERI517_1_G_1	166865	424766	2.254	1.254	6.16	4
KERI517_2_G_1	166739	424835	1.078	0.078	5.62	4
KERI517_3_G_1	166627	424824	1.525	1.525	5.96	4
KERI519_1_1_G	167037	424648	4.734	3.734	6.33	1
KERI519_1_2_G	167037	424648	3.167	2.167	6.33	2
KERI519_2_G_1	166009	425227	2.759	1.759	7.368	1
LAAR001_G_1	185182	413080	8.591	7.591	11.121	3
LAAR002_G_1	185184	413121	8.664	7.664	11.234	3
LAAR004_G_1	185184	413146	8.655	7.655	11.195	3
LAAR005_G_1	185177	413184	8.708	7.708	11.188	3
LAAR008_G_1	188256	412948	9.739	8.739	11.109	3
LAAR009_G_1	188355	412230	8.555	7.555	12.105	4
LAAR010_G_1	187364	412865	8.389	7.389	11.488	4

RAAMV01_G_1	180237	415455	6.977	5.977	10.767	4
RAAMV02_G_1	180383	415516	7.011	6.011	10.911	4
RAAMV03_G_1	180674	415546	7.148	6.148	10.108	4
RAAMV04_G_1	181218	415911	7.613	6.613	10.593	4
RAAMV05_G_1	181733	416212	6.708	5.708	9.668	4
RAAMV06_G_1	179926	415119	6.725	5.725	9.705	4
RAAMV07_G_1	179734	414989	7.506	6.506	10.466	4
RAAMV09_G_1	180649	414544	7.113	6.113	10.063	4
RAAMV10_G_1	181214	414744	7.281	6.281	9.841	4
RAAMV11_G_1	183716	412178	7.225	6.225	9.695	4
RAAMV12_G_1	182195	413238	7.462	6.462	10.412	4
RAAMV13_G_1	184932	411765	7.808	6.806	10.551	4
RAAMV14_G_1	183478	413402	7.33	6.33	9.99	4
RAAMV15_G_1	183542	414177	7.582	6.582	10.392	4
RAAMV16_G_1	183464	415249	7.283	6.283	9.948	4
RAAMV17_G_1	181156	414175	7.629	6.629	9.149	1
RAAMV18_G_1	183733	412548	7.847	6.847	10.807	4
RAAMV19_G_1	182059	416393	6.636	5.636	9.596	4
RAAMV20_G_1	183287	415867	6.81	5.81	9.61	4
RAAMV21_G_1	179998	416136	6.259	5.259	9.269	4
RAAMV22_G_1	179822	416446	5.163	4.163	9.683	4
RAAMV23_G_1	179451	415566	6.987	5.987	9.847	4
RAAMV24_G_1	180490	416240	6.864	5.864	9.694	4
REFV156_1_G_	182319	415040	7.493	6.493	9.773	4
TONG002_G_1	181926	414019	6.719	5.719	10.149	4
VILT014_G_1	192271	410102	6.806	5.806	11.397	4
VILT102_G_1	192187	410579	9.739	8.739	11.709	4
VILT104_G_1	192260	410212	9.417	8.417	11.958	4
VILT111_G_1	192621	410033	9.35	8.35	11.9	4
B45E0579-001_	168924	415177	14.496	13.496	17.641	4
B45F0667-001_	172730	415490	15.146	14.146	17.256	4
MAAS002_G_1	170679	413992	16.666	15.666	18.606	4
MAAS010_G_1	167998	413516	14.77	13.77	15.955	3
BOVO002_G_1	174578	410705	18.368	17.386	21.006	4
BOVO003_G_1	177267	411515	15.702	14.702	17.952	4
KARL002_G_1	169901	411895	16.499	15.499	18.499	4
KARL003_G_1	169977	411972	16.946	15.946	18.196	4
KARL004_G_1	170023	411948	17	16	18.5	4
GAHU001_G_1	177094	413192	13.99	12.99	17.12	4
STEE006_G_1	162364	413374	5.026	4.026	6.706	3
STEE007_G_1	162364	413375	5.089	4.089	6.309	3
STEE009_G_1	162365	413399	5.343	4.343	6.393	3
STEE010_G_1	162340	413399	5.286	4.286	6.396	3
STEE001_G_1	162467	413413	5.232	4.232	6.482	3

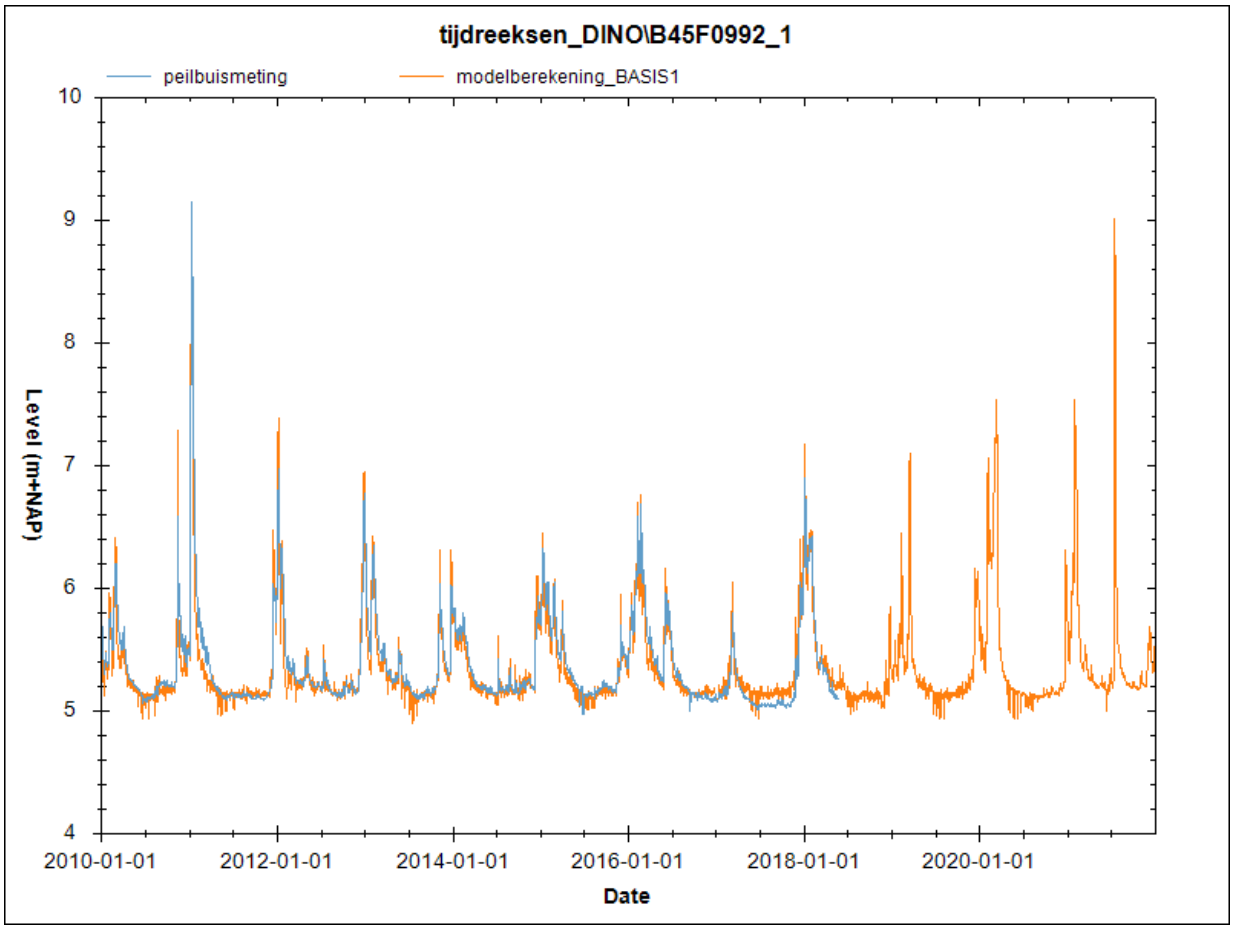
Bijlage 4 IJkresultaten uitgangsmodel

In Figuur B4.1 zijn de modelafwijkingen tussen de gemeten GHG en de met het uitgangsmodel berekende GHG-waarden weergegeven. In bijlage 5 zijn de modelafwijkingen per modellaag (1 t/m 4) opgenomen, inclusief de GVG- en GLG-modelafwijkingen. Een modelafwijking kleiner dan 0,05 m wordt als niet-significant beschouwd.



Figuur B4.1 Afwijking [m] tussen de gemeten GHG-waarden en de berekende GHG met modelvariant BASIS1 (zonder de deklaagaanpassingen) voor de peilbuizen in modellagen 1 t/m 4 (deklaag, tussenzandlaag en watervoerende pakket)

Uit de analyse van de modelafwijkingen blijkt dat het uitgangsmodel op meerdere locaties langs het dijktraject goed in staat is om de GxG-waarden goed te simuleren (afwijking < 0,10 m). Over het algemeen zijn de modelafwijkingen dicht langs de Maas klein (< 0,10 m). Dit blijkt bijvoorbeeld uit peilbuis B45F0992 (zie Figuur B4.1). Hieruit kan opgemaakt worden dat de Maas-rivierstanden langs het grootste deel van het dijktraject goed in het model zijn verwerkt.



Figuur B4.2 Gemeten (in blauw) en berekende (rood) stijghoogten ter plaatse van peilbuis B45F0992. De modelberekening is uitgevoerd met modelvariant BASIS1 (zonder de deklaagaanpassingen).

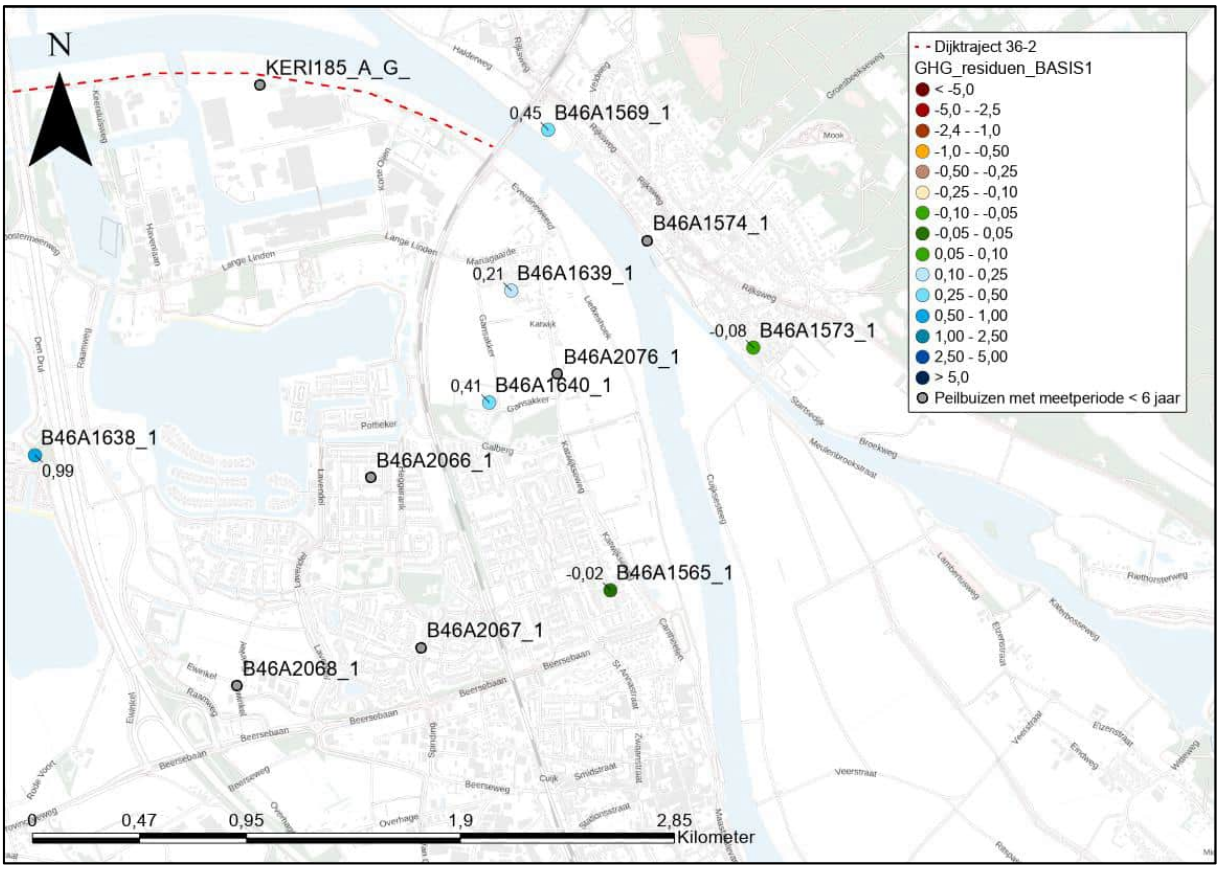
De meetperiode van meerdere peilbuizen langs het dijktraject is te kort om nauwkeurig een GxG-waarde te bepalen. Voor deze peilbuizen is een visuele controle uitgevoerd in hoeverre de gemeten reeksen overeenkomen met de modelberekeningen. Uit deze analyse blijkt dat in veel gevallen de berekende stijghoogten ter plaatse van de peilbuizen langs het dijktraject voldoende overeenkomen met de meetreeksen. De peilbuizen en peilbuisclusters waarvoor dit niet het geval is zijn hieronder in meer detail beschreven.

Peilbuizen in Grave

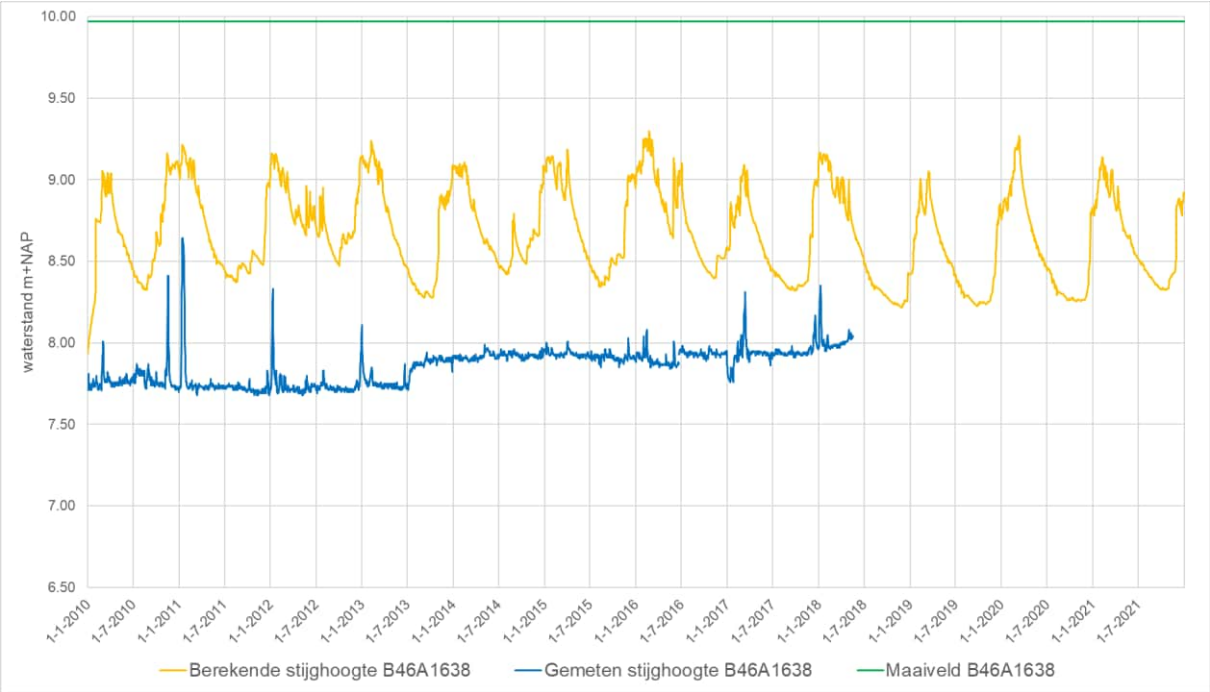
De modelafwijkingen in en rondom het stedelijk gebied van Grave zijn over het algemeen groter. Het is echter bekend dat grondwaterstanden binnen stedelijk gebied moeilijk te simuleren zijn in een regionaal grondwatermodel.

Peilbuizen rondom Cuijk

Het model lijkt rondom Cuijk in het westelijk deel van het dijktraject hogere stijghoogten te berekenden dan gemeten (zie Figuur B4.3). De oorzaak hiervoor is verschillend. Zo zijn er aanwijzingen dat de stijghoogten ter plaatse van peilbuis B46A1638 kunstmatig verlaagd worden door een bemaling. Dit is te zien aan het diepe peil onder maaiveld en de zeer beperkte fluctuatie in de stijghoogte in Figuur B4.4.



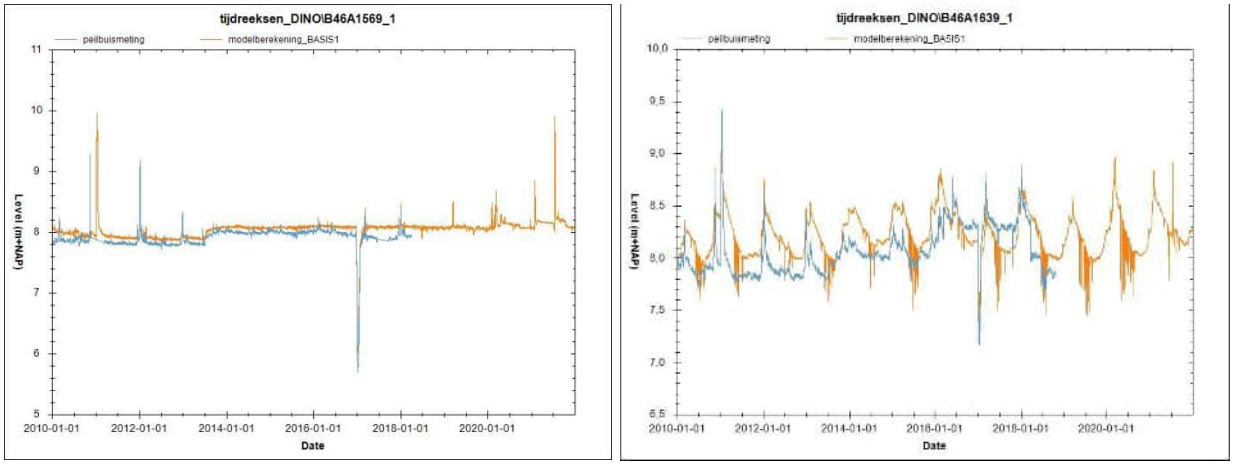
Figuur B4.3 Ligging van de peilbuizen ten noorden van Cuijk, inclusief de GHG-modelafwijkingen van het originele model (BASIS1)



Figuur B4.4 Gemeten en berekende stijghoogte ter plaatse van peilbuis B46A1638 uit figuur B3.3

Verder is de modelafwijking van de GHG in peilbuizen B46A1569 en B46A1639 groot (0,45 m) terwijl uit de tijdreeksen blijkt dat het model wel in staat is de stijghoogten enigszins juist te simuleren (zie Figuur B4.5). De GHG-afwijking is relatief groot omdat de peilbuismetingen een aantal recente hoogwatermomenten niet bevat, terwijl deze wel in de modelberekeningen zitten.

Daarnaast blijken de stijghoogten ter plaatse van peilbuis B46A1639 minder snel uit te zakken in droge jaren vergeleken met de metingen (zie Figuur B3.5). Dit kan meerdere oorzaken hebben, zoals een te laag doorlaatvermogen van het watervoerende pakket. Bij een hoger doorlaatvermogen is de drainerende werking van de Maas groter en zakken de stijghoogten sneller uit. Daarnaast ligt er een volkstuinvereniging dichtbij deze peilbuis. Mogelijk wordt hier grondwater onttrokken, terwijl dit niet in het model verwerkt is. Het berekende verloop bij stijging van de stijghoogte en de maximale stijghoogtewaarde lijken overigens wel goed overeen te komen met de metingen.

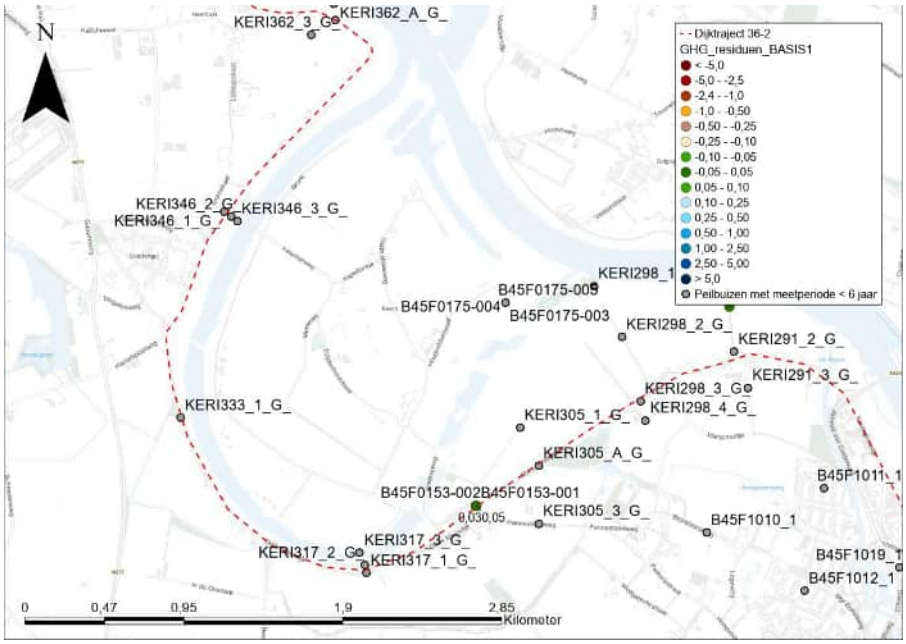


Figuur B4.5 Gemeten en berekende stijghoogte ter plaatse van peilbuis B46A1569 en B46A1639 uit figuur B3.3

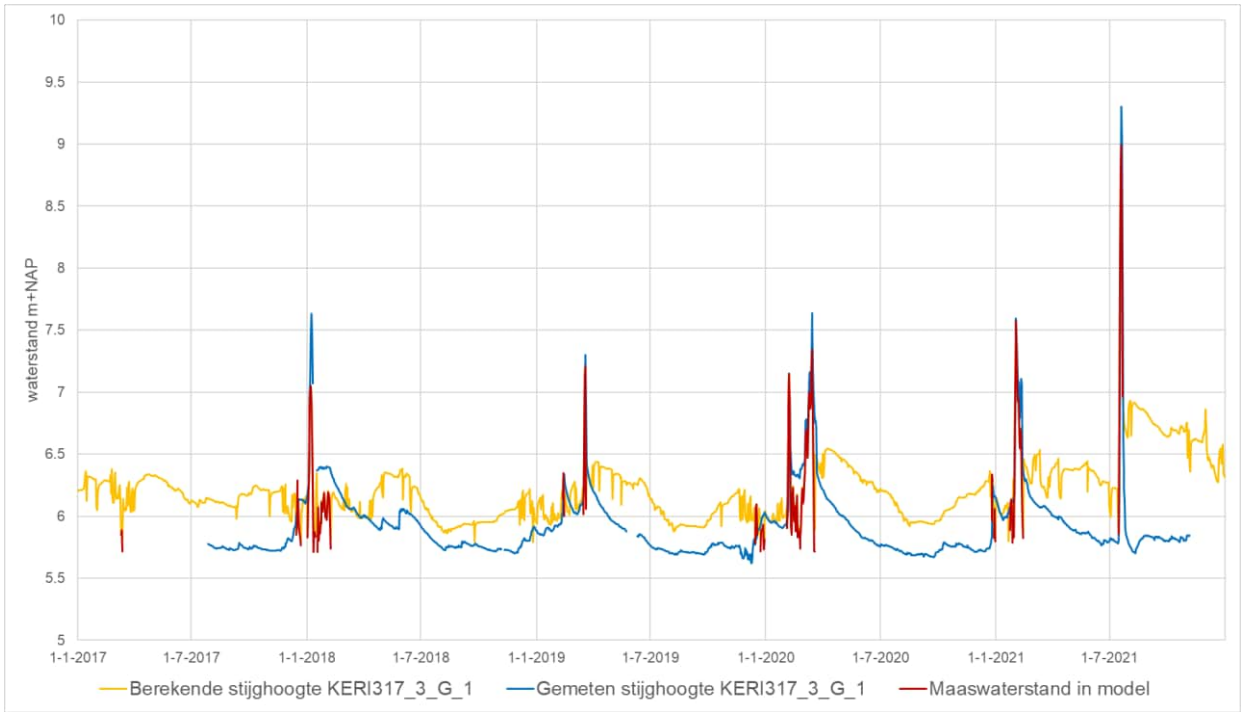
Peilbuizen langs oude Maasmeander bij Keent

In Figuur B4.7 zijn de gemeten- en berekende stijghoogten inclusief het Maaswaterpeil in de verlaten meandergeul ter hoogte van de peilbuisraai KERI317 weergegeven. In deze figuur valt op dat de metingen en berekeningen uit de pas gaan lopen zodra er geen waterstand meer actief is in de meandergeul in het model[3]. Vanaf dit moment wordt het grondwater alleen nog afgevoerd door wegzijging en grondwaterstroming naar de omgeving. In de praktijk stroomt het grondwater sneller weg dan in de berekeningen. De oorzaak bleek de berging van water op maaiveld in MetaSWAP te zijn. Dit is opgelost door de OLF-module te gebruiken (zie hoofdstuk 4).

[3] In het model inundeert de oude Maasmeander afhankelijk van het waterpeil in de Maas. Dit is geschematiseerd via de ISG-package, waarin onder andere een inundatievlak, waterbodemhoogte, peil en een intredeweerstand opgegeven worden.



Figuur B4.6 Ligging van peilbuizen langs de verlaten Maasmeander bij Keent

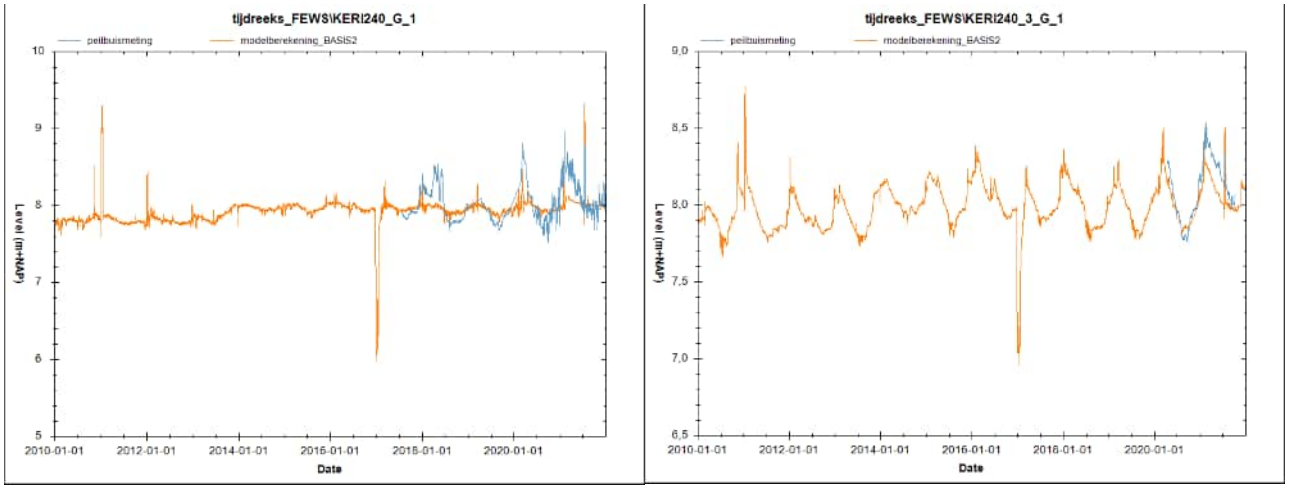


Figuur B4.7 Gemeten- en berekende stijghoogtereeksen van peilbuis KERI317_3_G_1, inclusief de Maaswaterstanden ter hoogte van de peilbuis uit het geohydrologisch model.

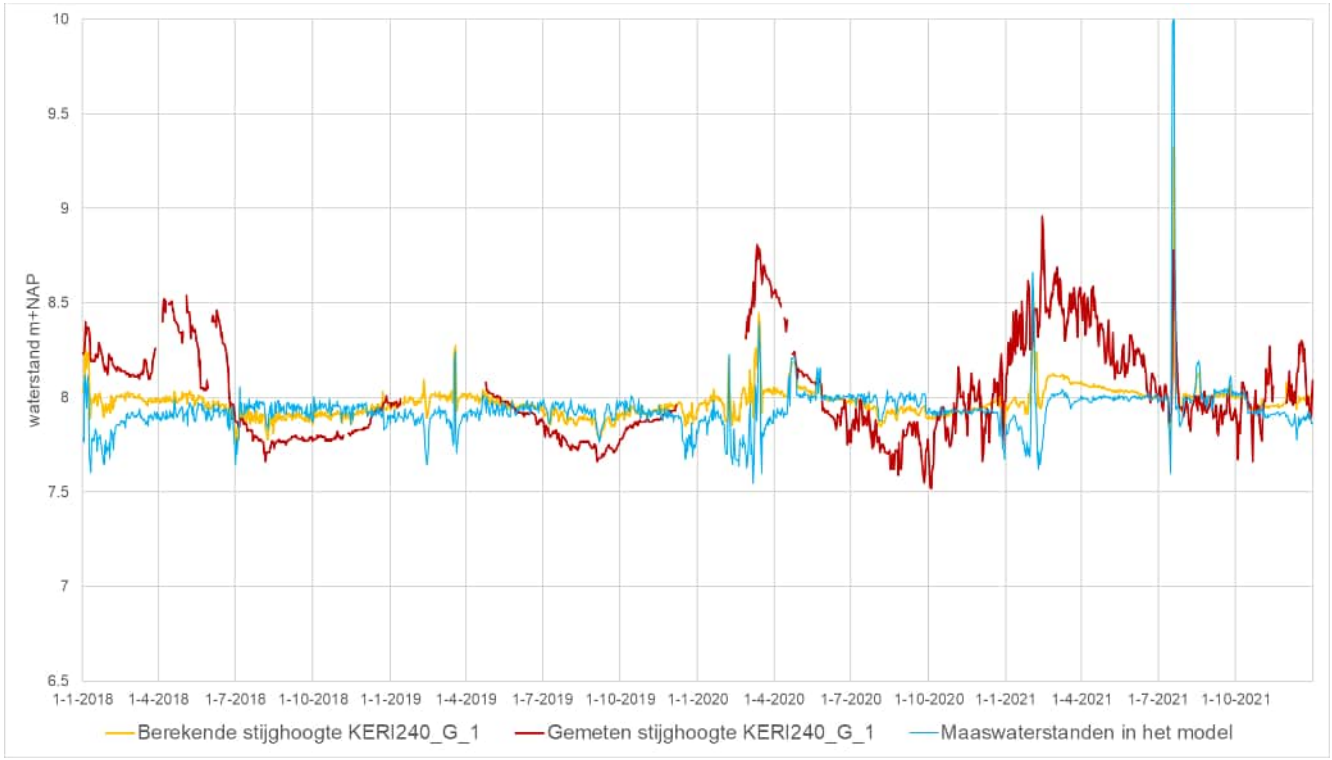
Peilbuis KERI240_G_1

In Figuur B4.8 zijn de berekende en gemeten stijghoogten ter plaatse van peilbuizen KERI240_G_1 en KERI240_3_G_1 weergegeven. De filters van beide peilbuizen liggen in het eerste watervoerend pakket onder de deklaag. Peilbuis KERI240_G_1, links in Figuur B4.8, ligt langs de binnenteen van de dijk en peilbuis KERI240_3_G_1 ligt circa 300 m verder van de dijk richting binnendijks gebied. In de figuur is te zien dat de berekende stijghoogtefluctuatie in peilbuis KERI240_G_1 kleiner is dan de gemeten fluctuatie. In peilbuis KERI240_3_G_1 komen de metingen beter overeen met de berekeningen.

In Figuur B4.9 zijn de Maaswaterstanden ter hoogte van de peilbuis uit het model weergegeven samen met de berekende en gemeten stijghoogten. Uit de figuur blijkt dat de stijghoogte in de praktijk veel sterker fluctueert. De stijghoogte stijgt eerder, tot een hoger niveau en daalt langzamer vergeleken met de Maaswaterstanden. De oorzaak hierachter is niet duidelijk. Mogelijk bevindt het filter van de peilbuis zich in een lokale slecht doorlatende laag. Er zijn echter geen ondergrondgegevens van de exacte locatie van de peilbuis beschikbaar om dit te bevestigen.



Figuur B4.8 Gemeten- en berekende stijghoogtereeksen. Links: ter plaatse van peilbuis KERI240_1_G_1. Rechts: ter plaatse van peilbuis KERI240_3_G_1.

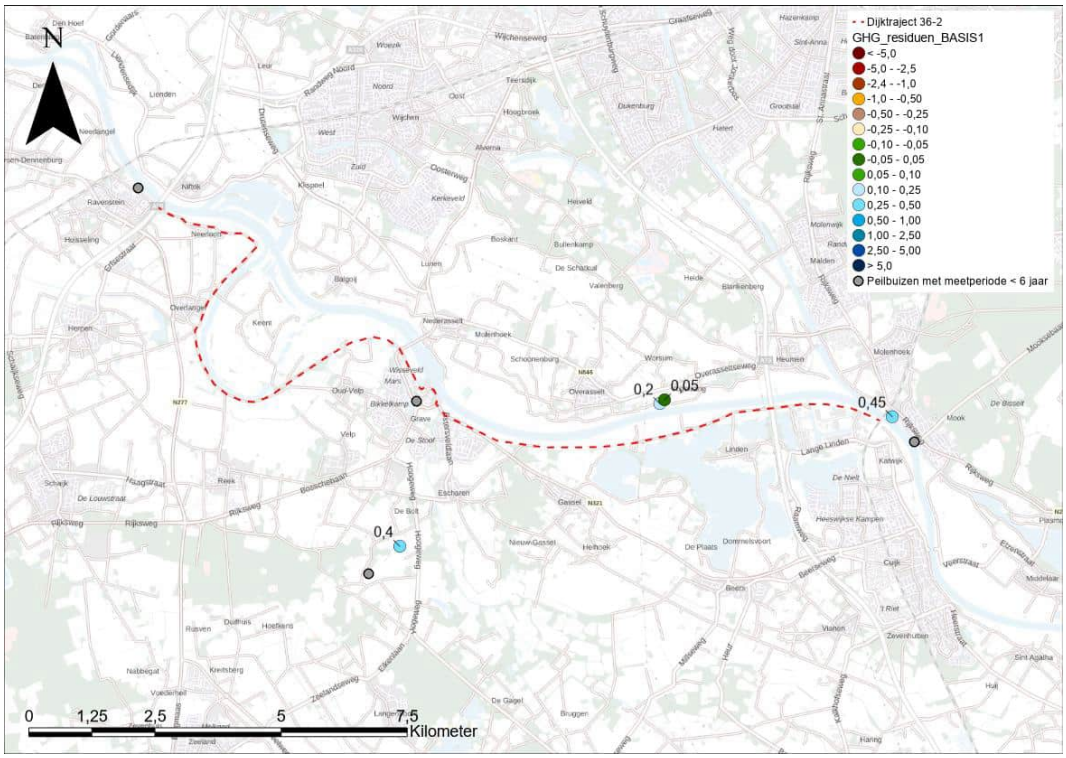


Figuur B4.9 Gemeten- en berekende stijghoogtereeksen van peilbuis KERI240_G_1, inclusief de Maaswaterstanden ter hoogte van de peilbuis uit het geohydrologisch model

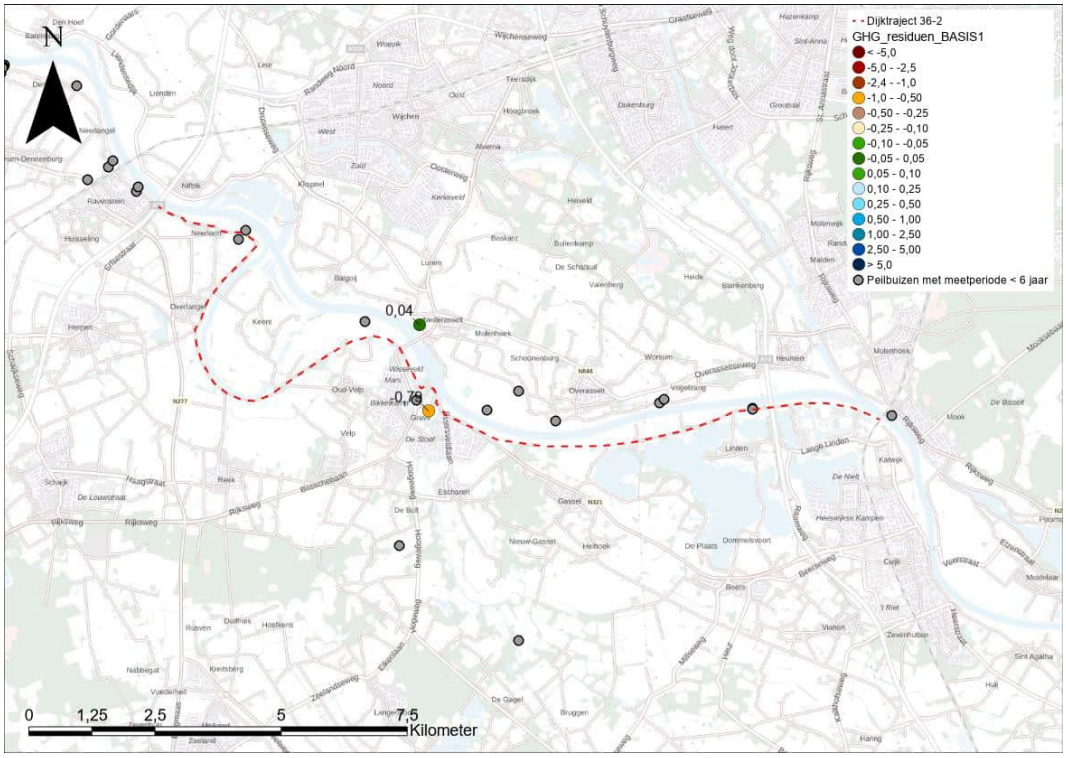
Bijlage 5 Modelresiduen

CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m

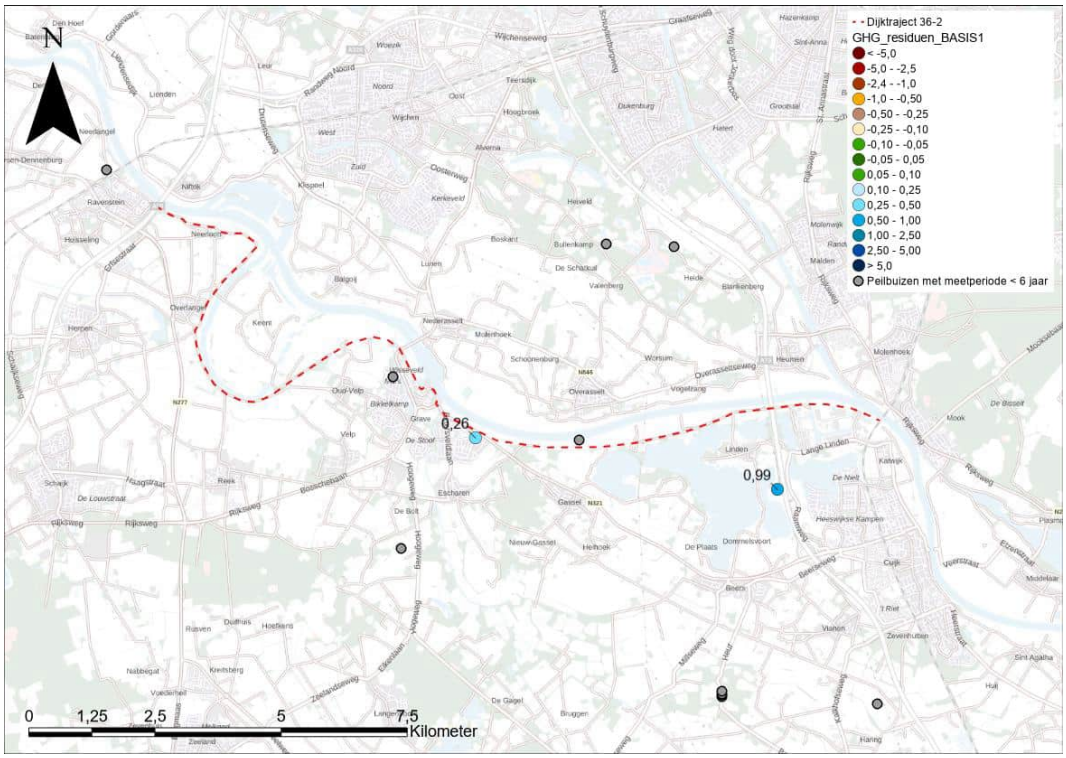
GHG



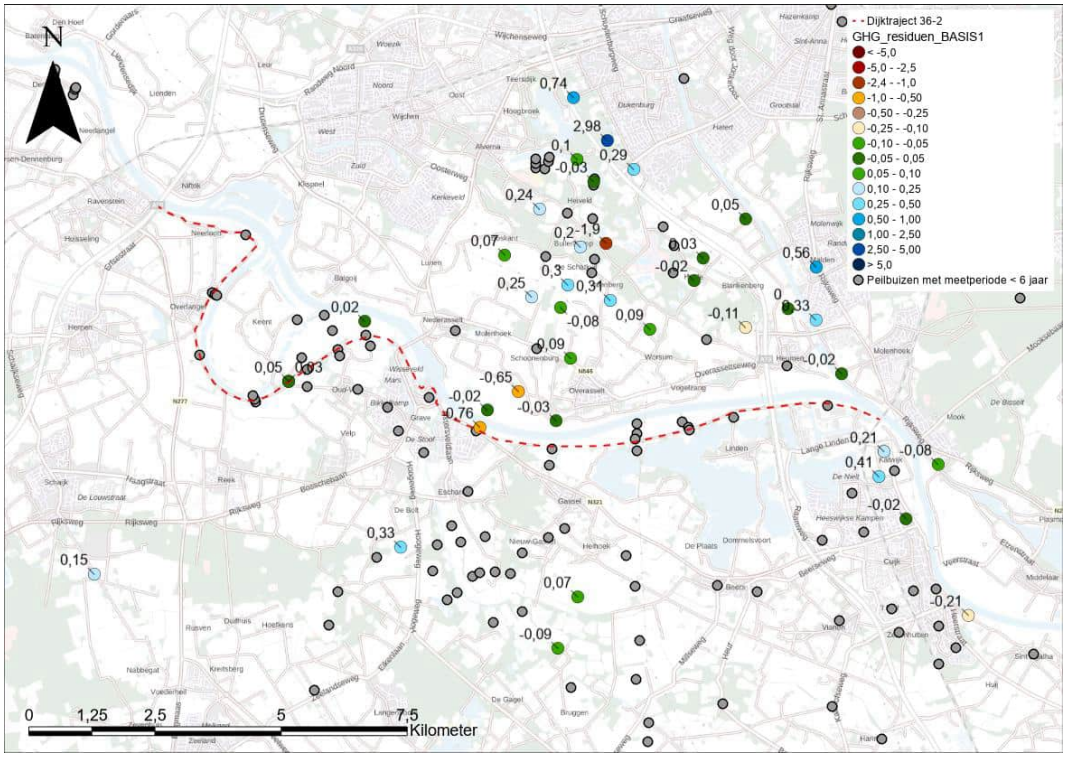
B5.1 GHG-modelresiduen [m] van laag 1 modelvariant CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m



B5.2 GHG-modelresiduen [m] van laag 2 modelvariant CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m

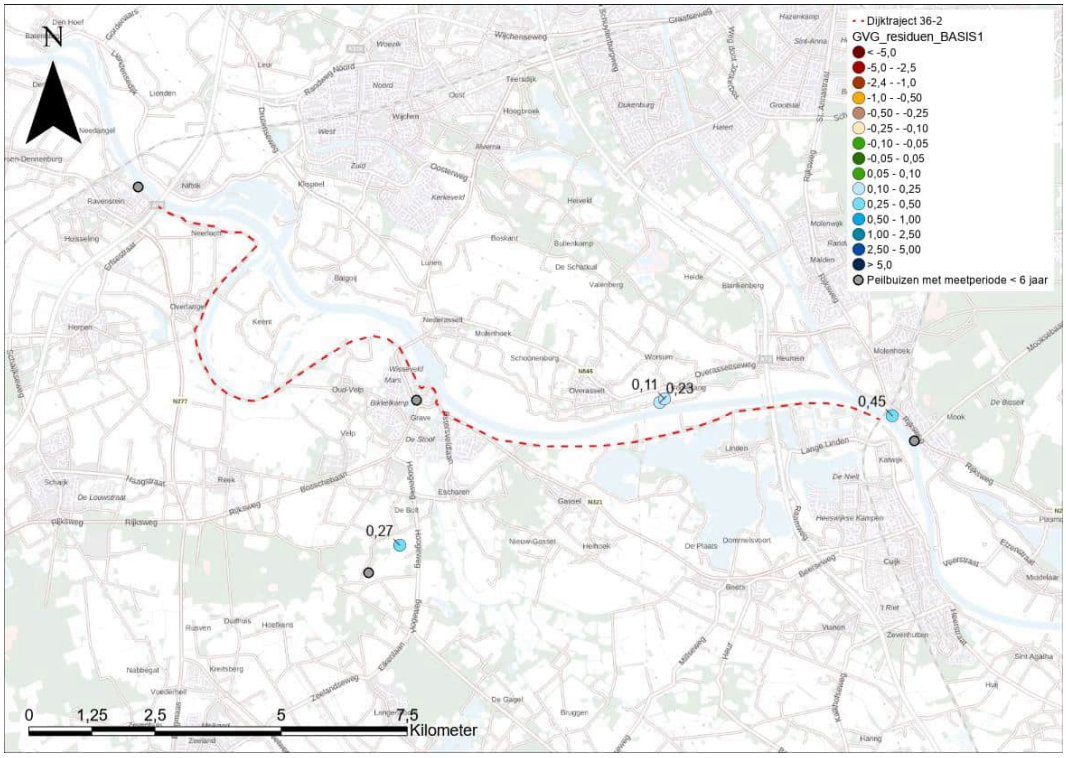


B5.3 GHG-modelresiduen [m] van laag 3 modelvariant CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m

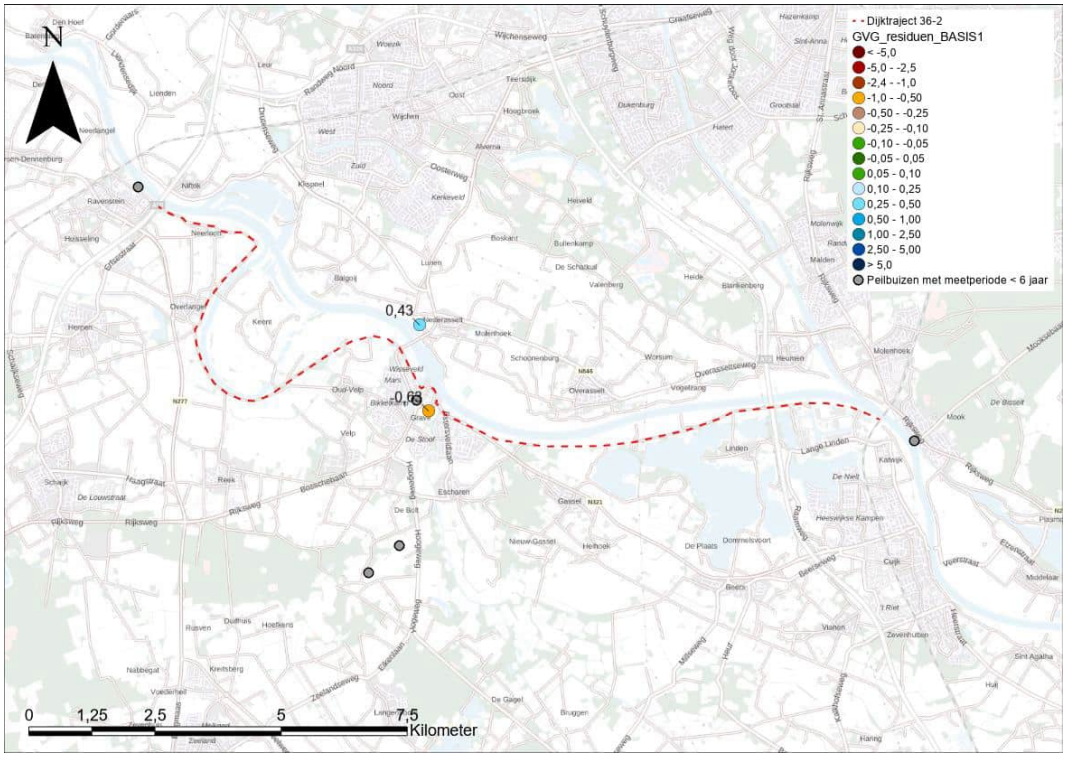


B5.4 GHG-modelresiduen [m] van laag 4 modelvariant CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m

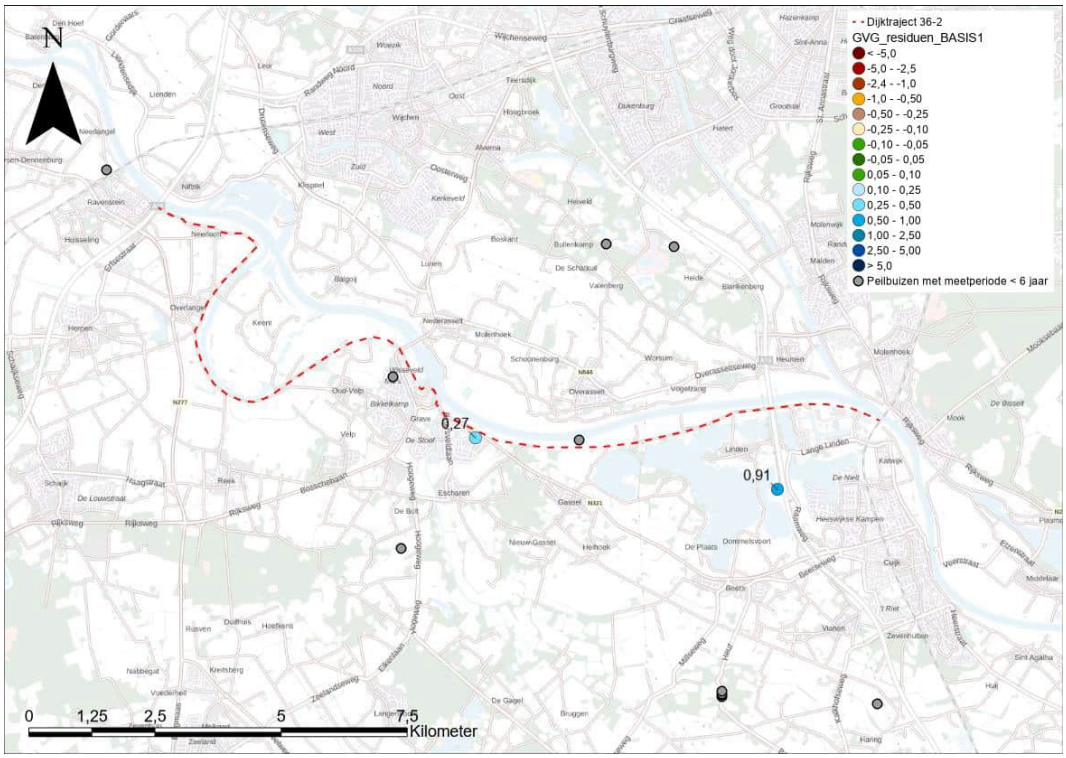
GVG



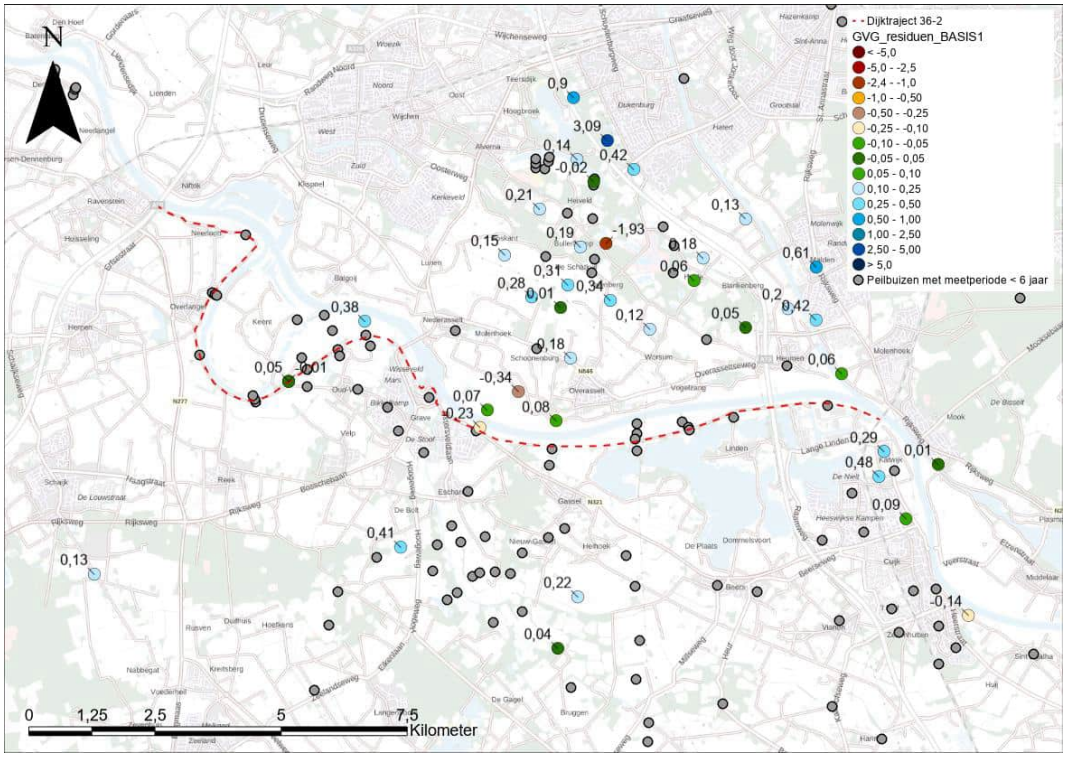
B5.5 GVG-modelresiduen [m] van laag 1 modelvariant CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m



B5.6 GVG-modelresiduen [m] van laag 2 modelvariant CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m

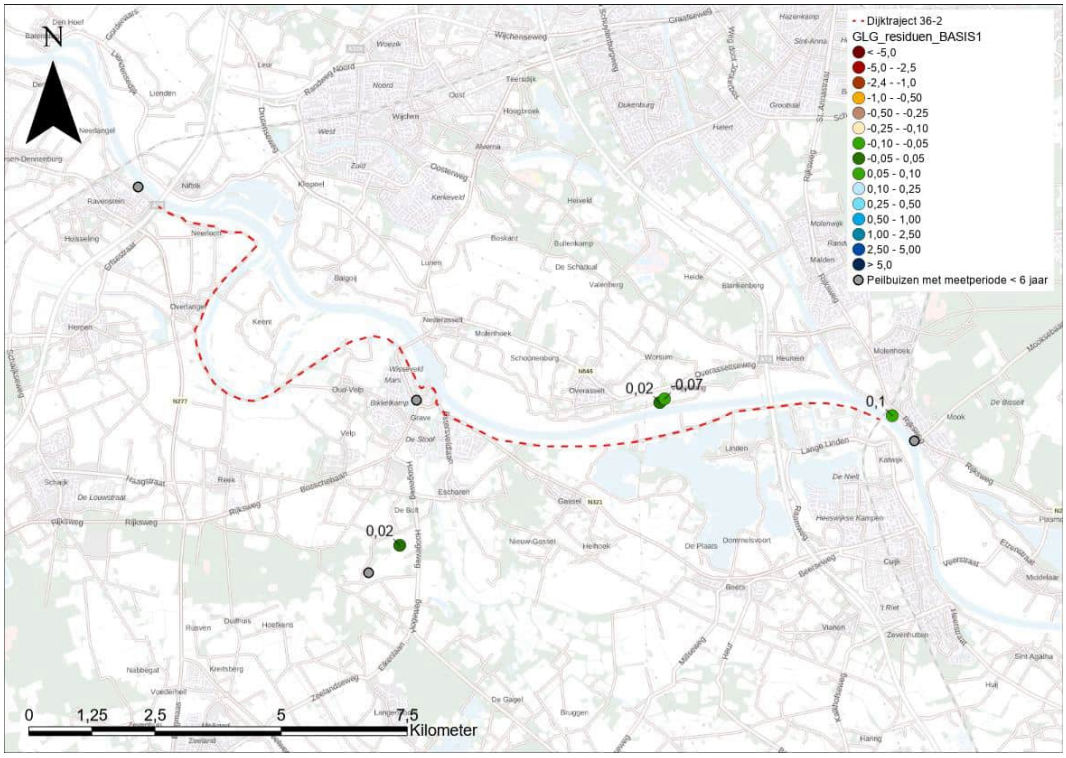


B5.7 GVG-modelresiduen [m] van laag 3 modelvariant CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m

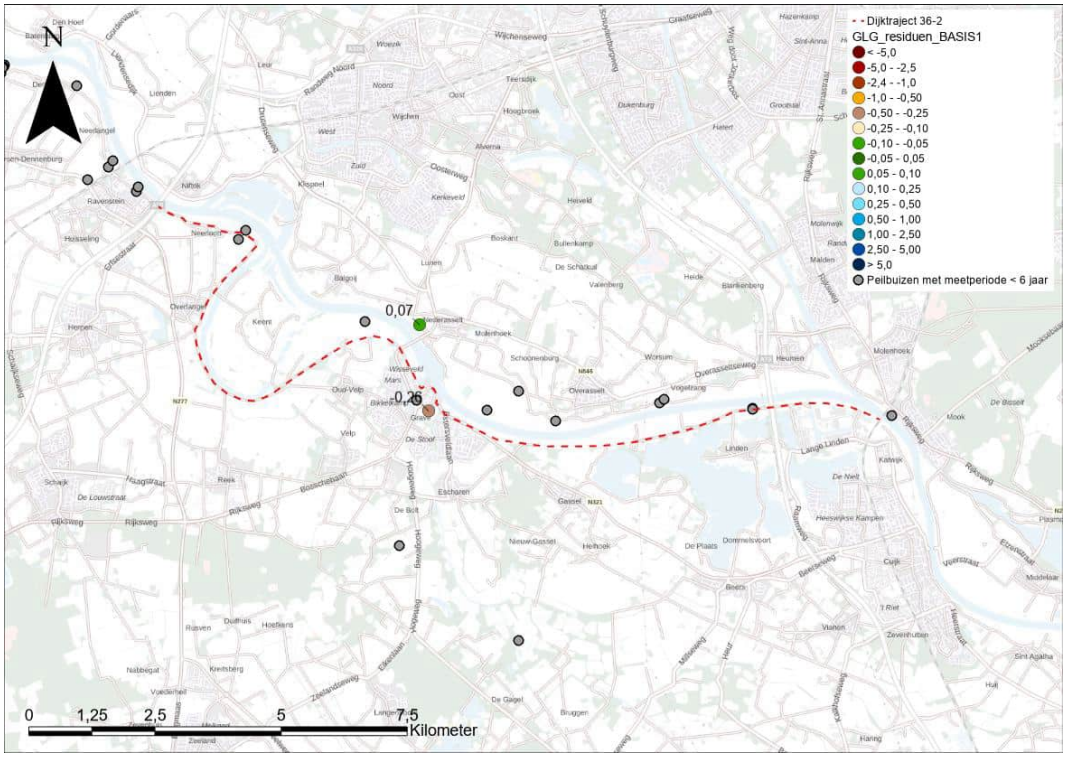


B5.8 GVG-modelresiduen [m] van laag 4 modelvariant CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m

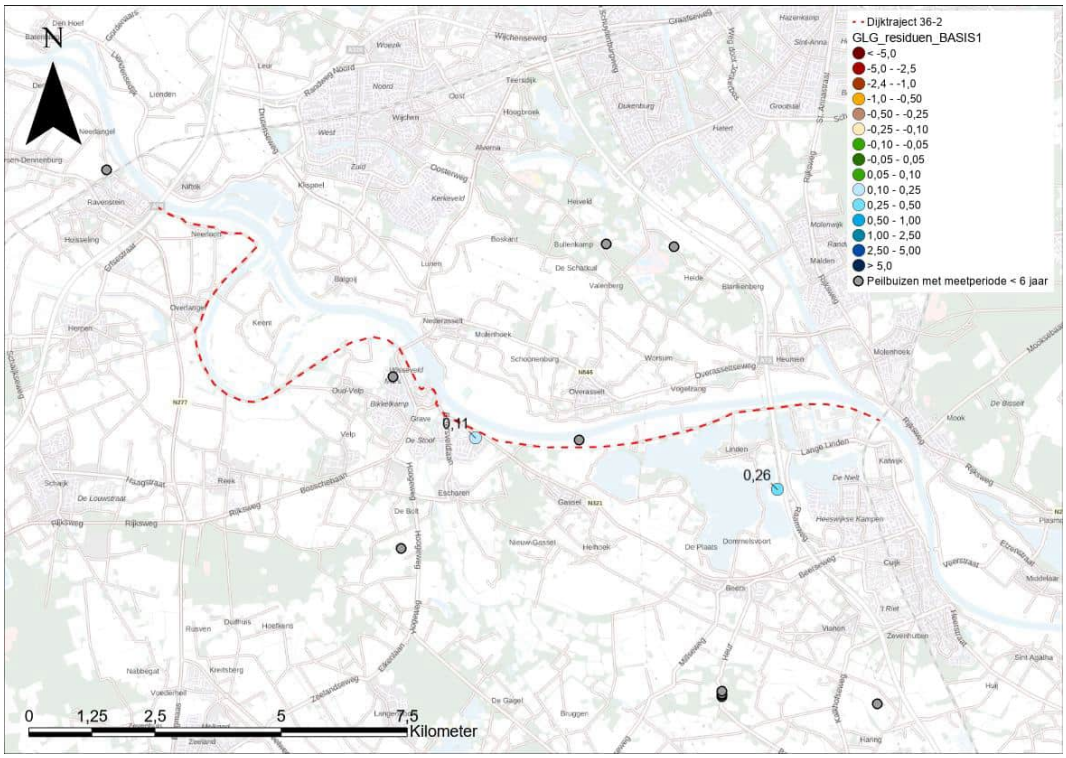
GLG



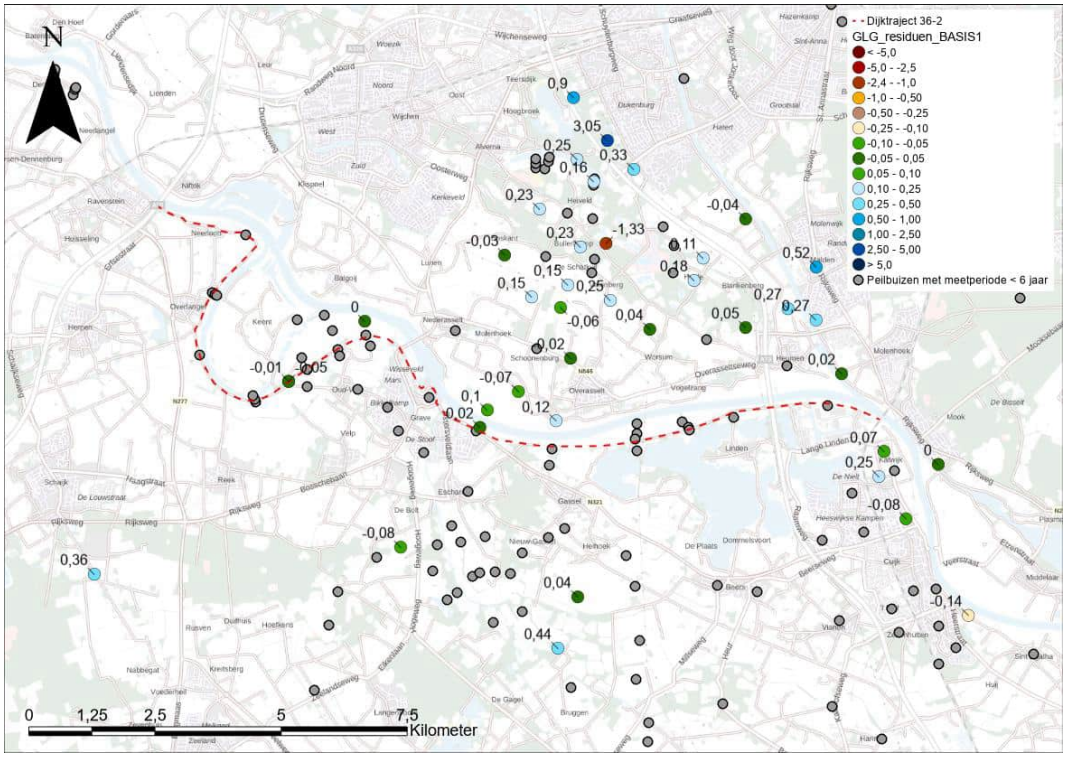
B5.9 GLG-modelresiduen [m] van laag 1 modelvariant CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m



B5.10 GLG-modelresiduen [m] van laag 2 modelvariant CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m



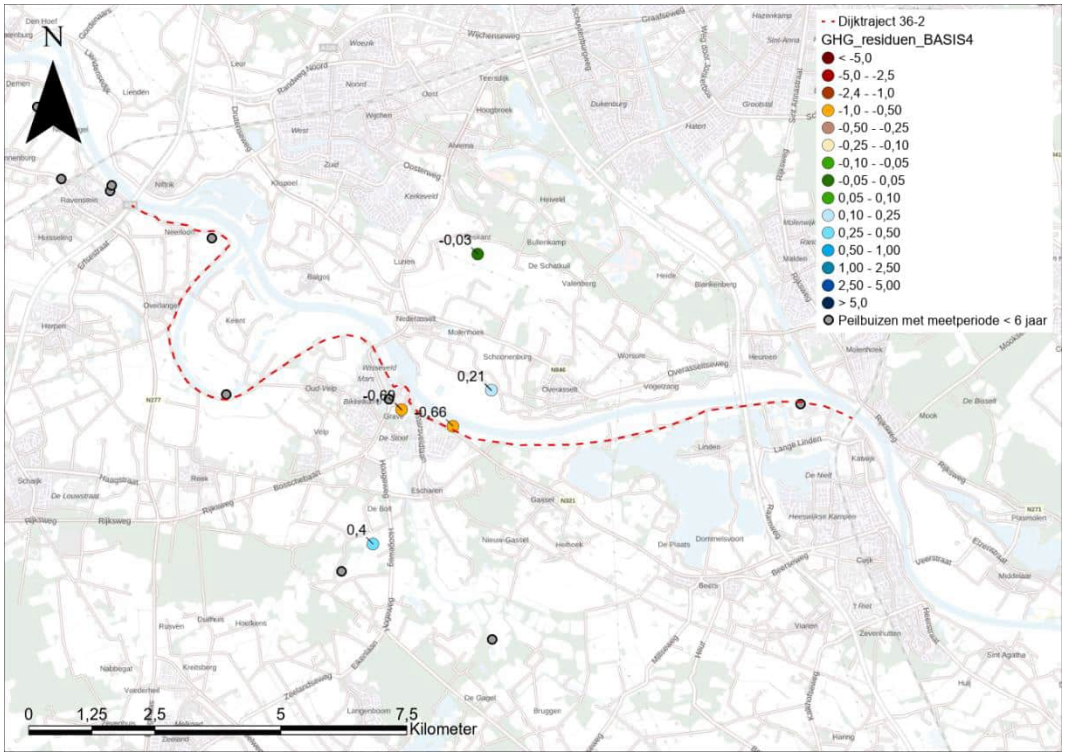
B5.11 GLG-modelresiduen [m] van laag 3 modelvariant CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m



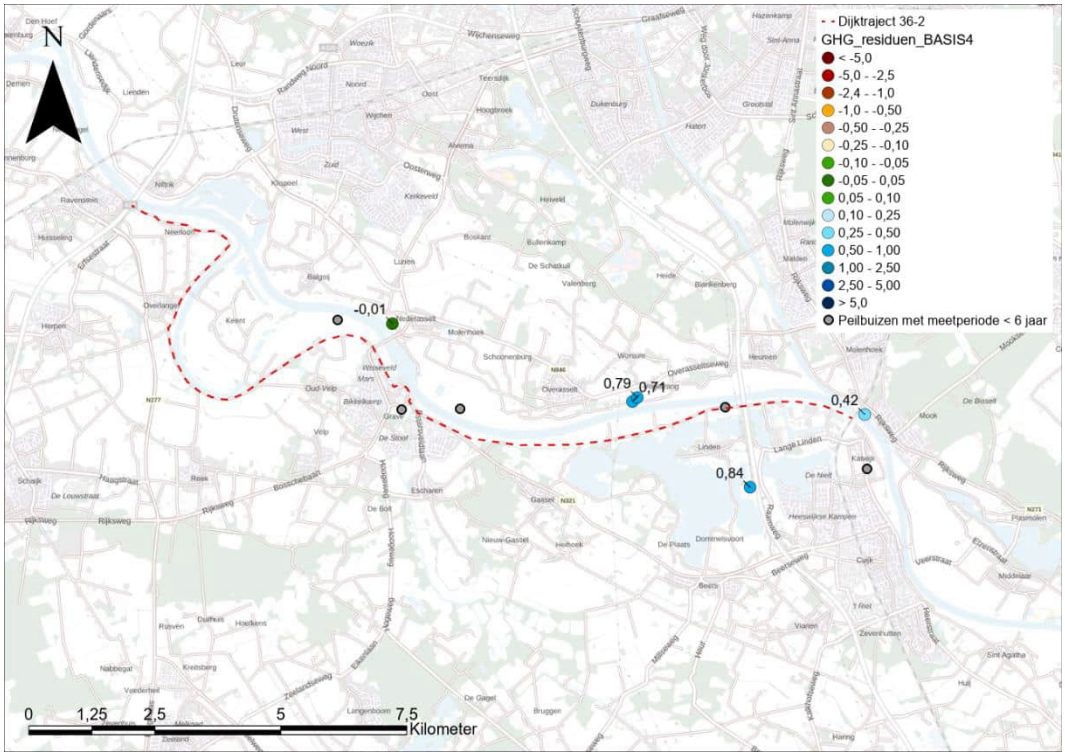
B5.12 GLG-modelresiduen [m] van laag 4 modelvariant CURA_BASIS1_BAS_NSTAT_2010-2021_25m

CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m

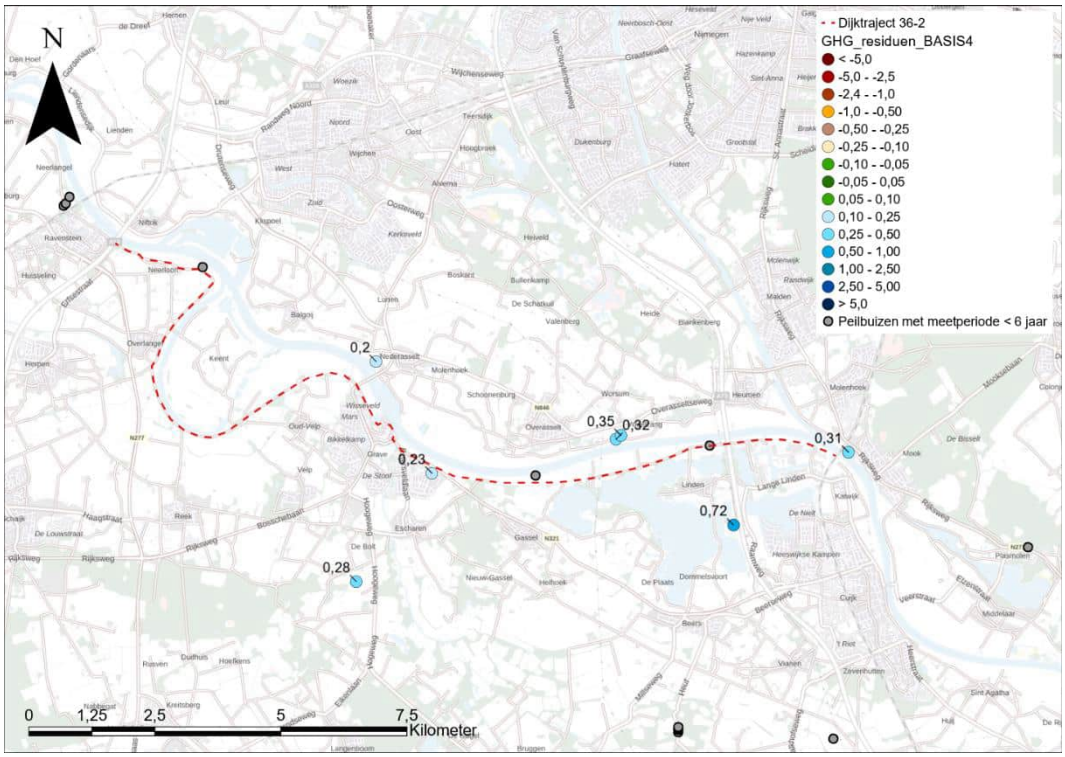
GHG



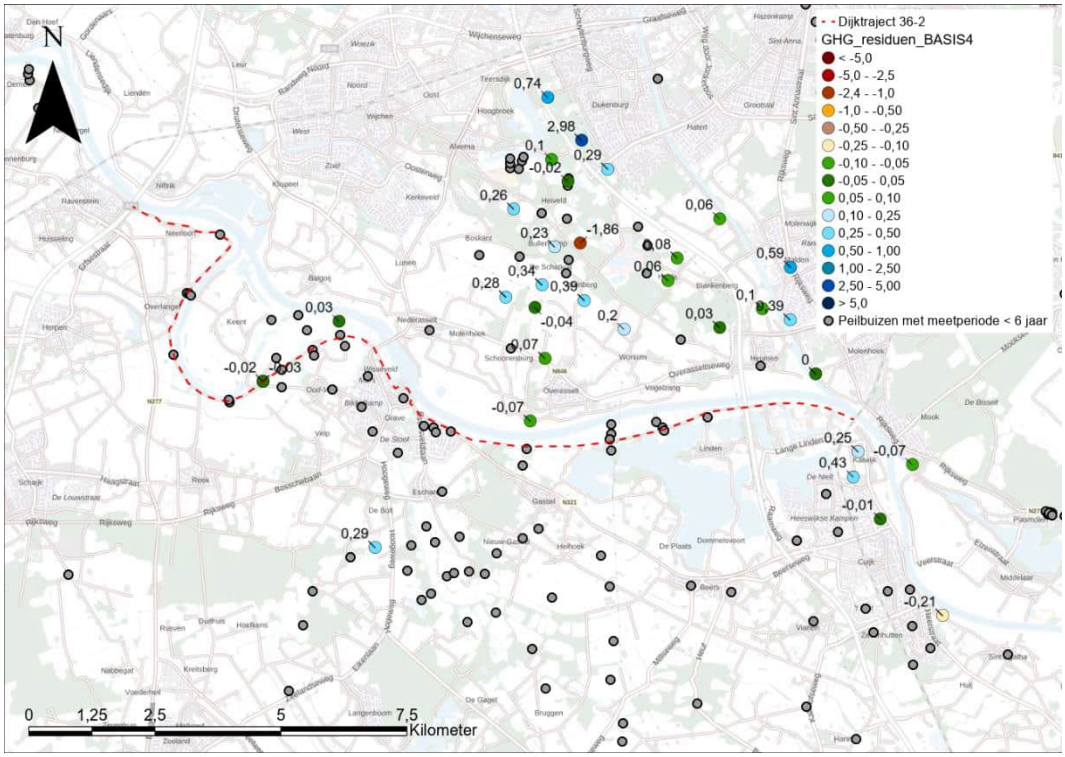
B5.13 GHG-modelresiduen [m] van laag 1 modelvariant CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m



B5.14 GHG-modelresiduen [m] van laag 2 modelvariant CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m

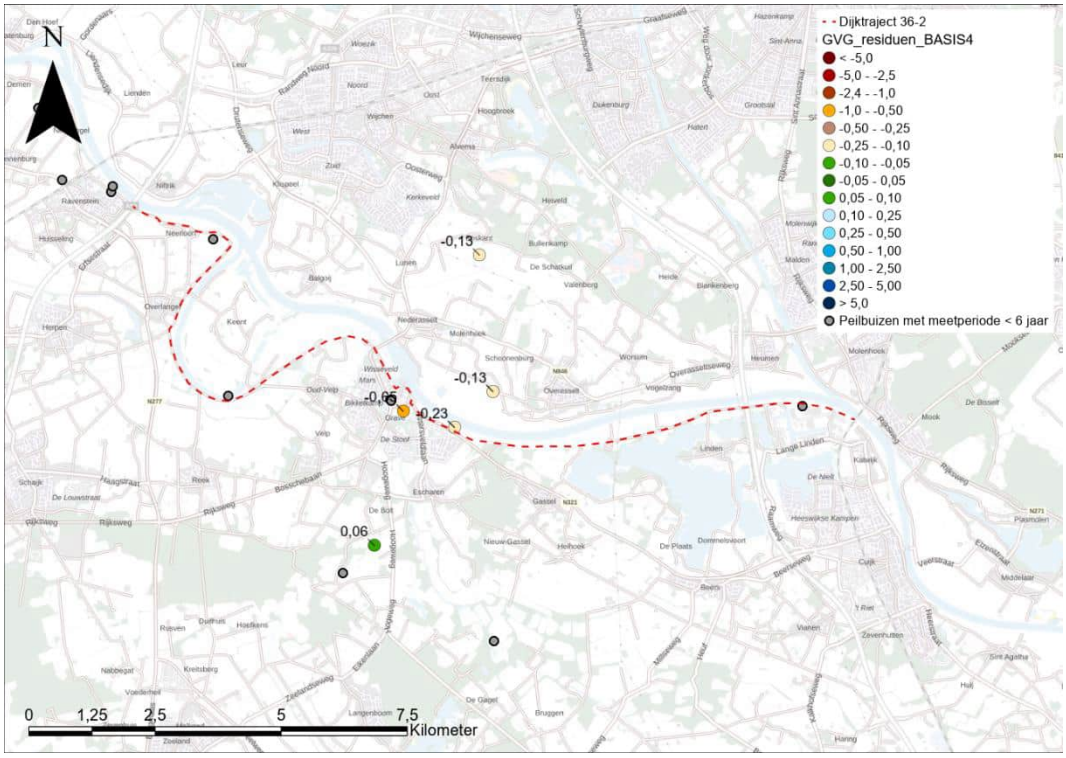


B5.15 GHG-modelresiduen [m] van laag 3 modelvariant CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m

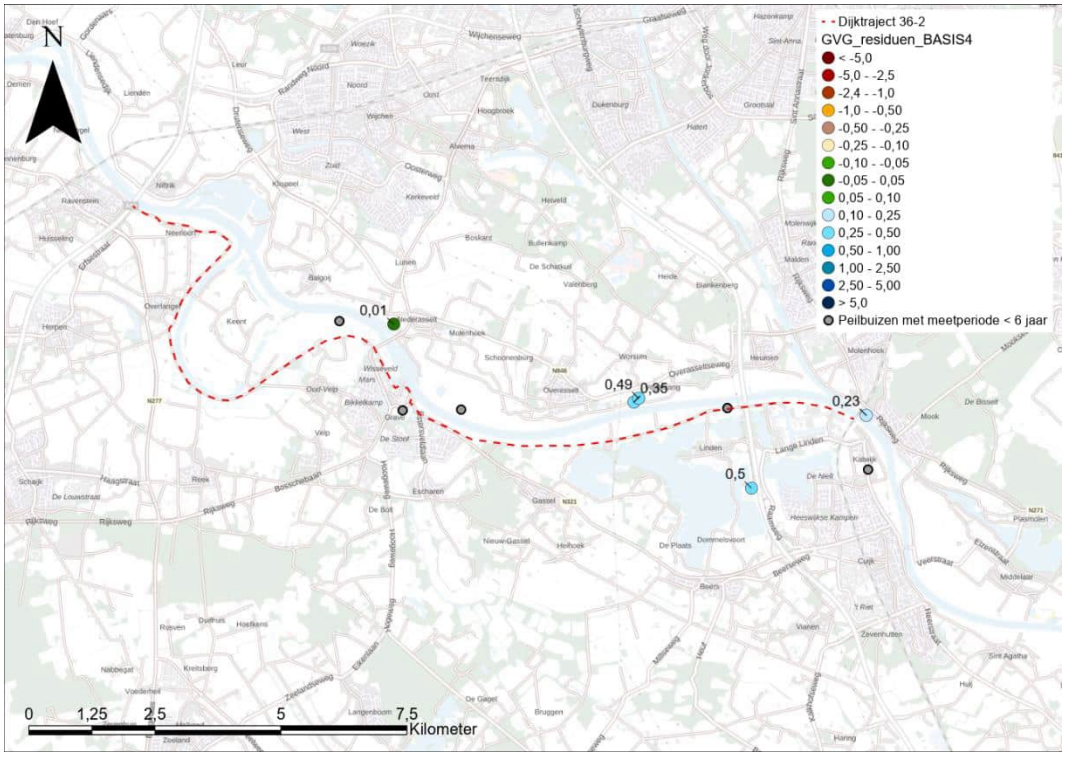


B5.16 GHG-modelresiduen [m] van laag 4 modelvariant CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m

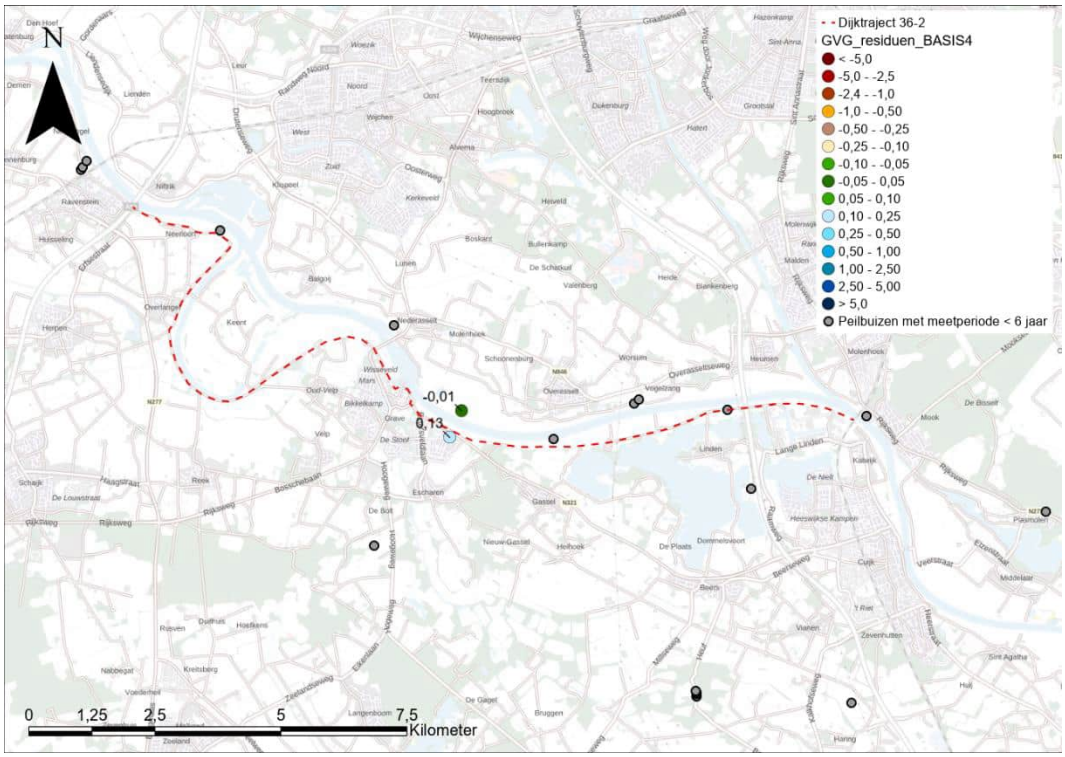
GVG



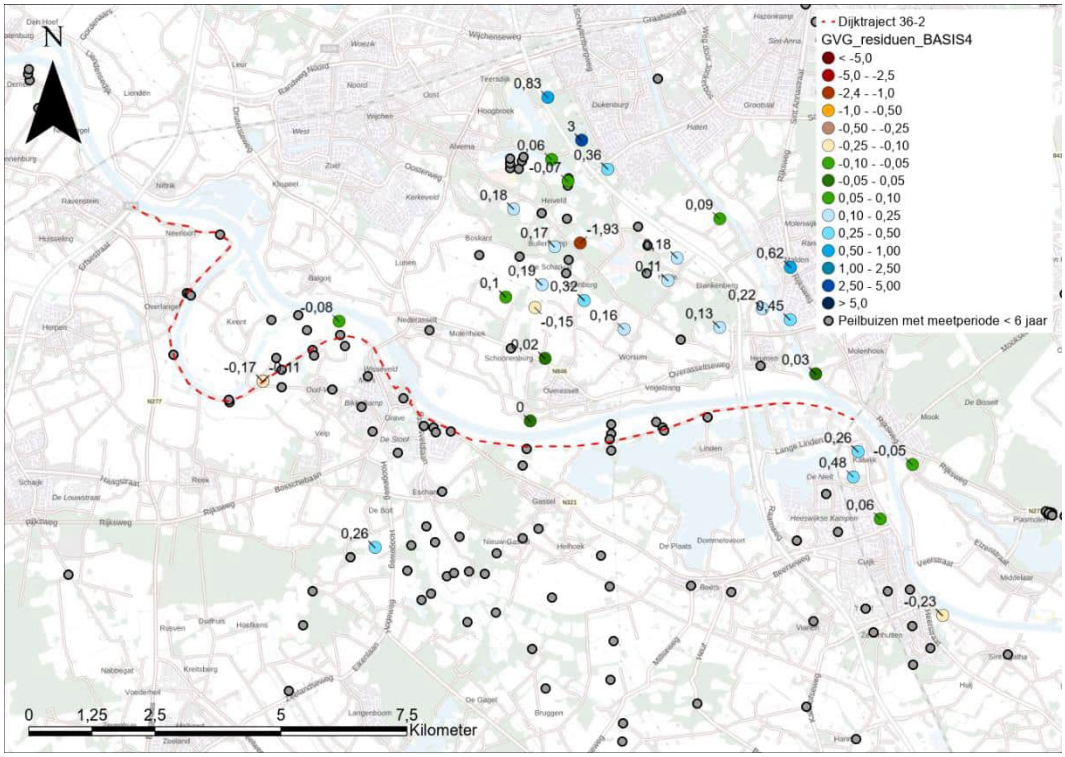
B5.17 GVG-modelresiduen [m] van laag 1 modelvariant CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m



B5.18 GVG-modelresiduen [m] van laag 2 modelvariant CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m

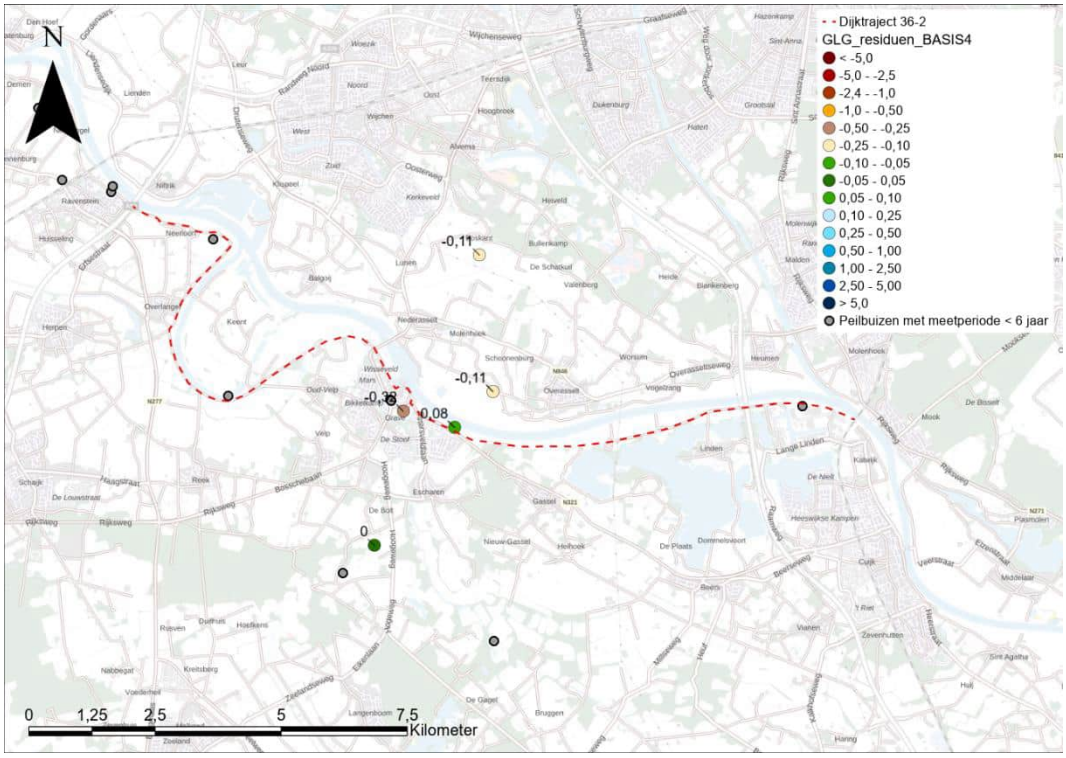


B5.19 GVG-modelresiduen [m] van laag 3 modelvariant CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m

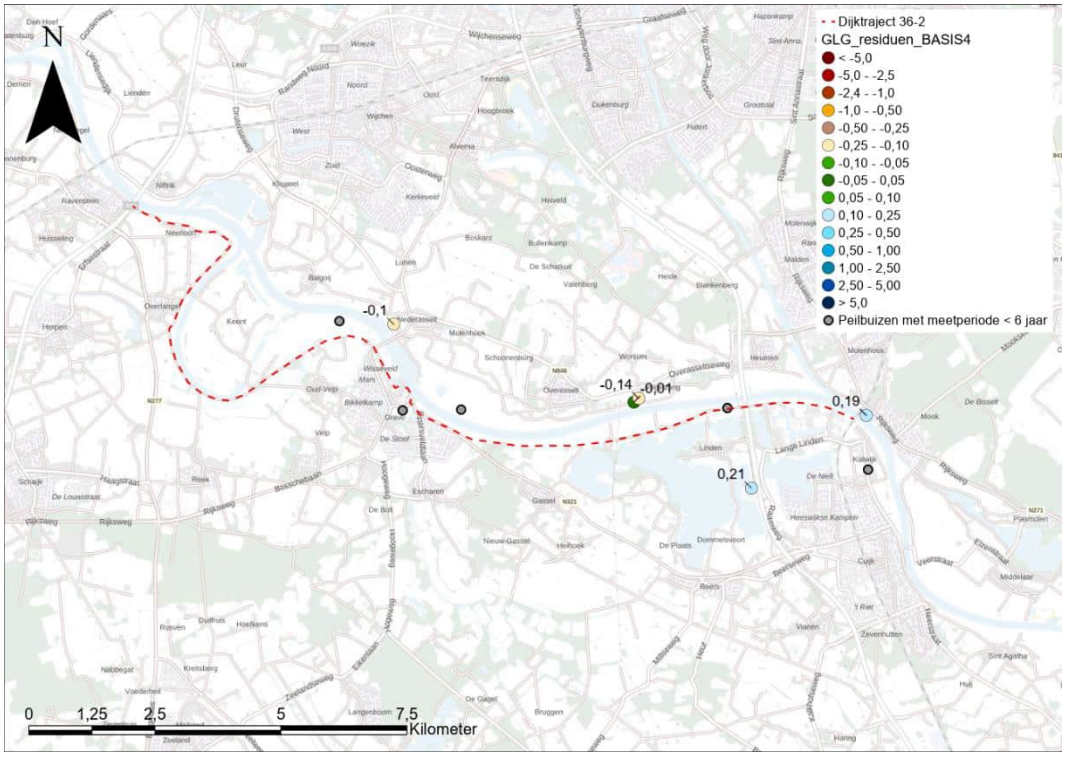


B5.20 GVG-modelresiduen [m] van laag 4 modelvariant CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m

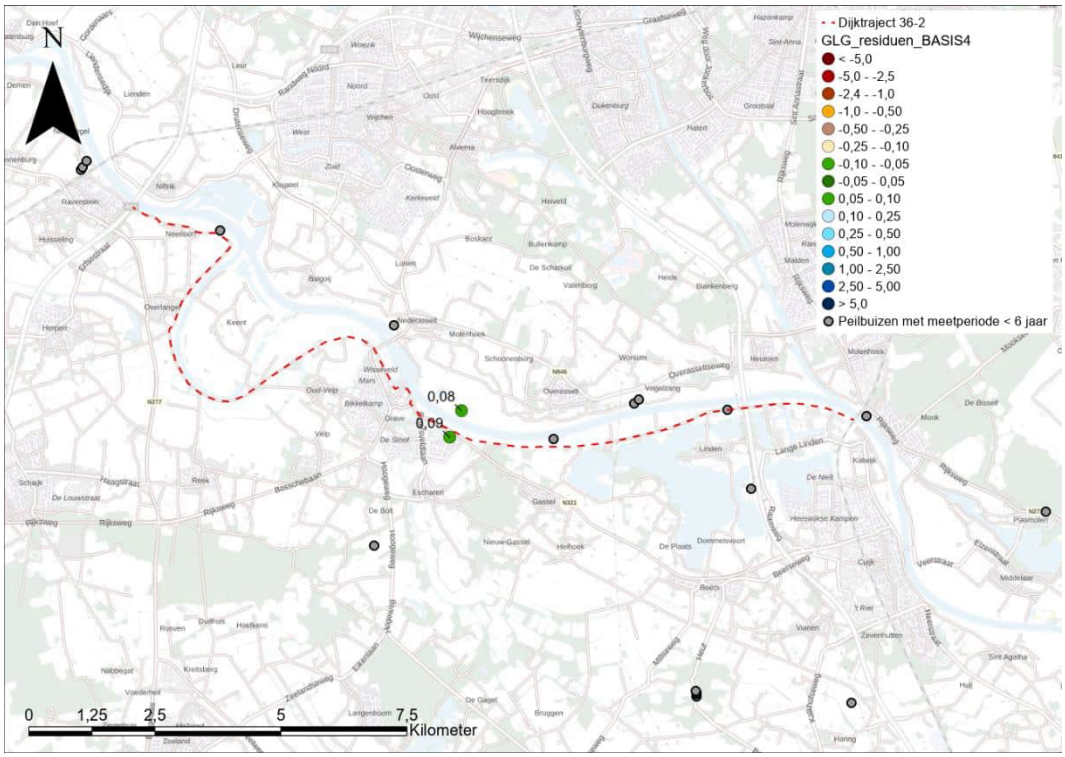
GLG



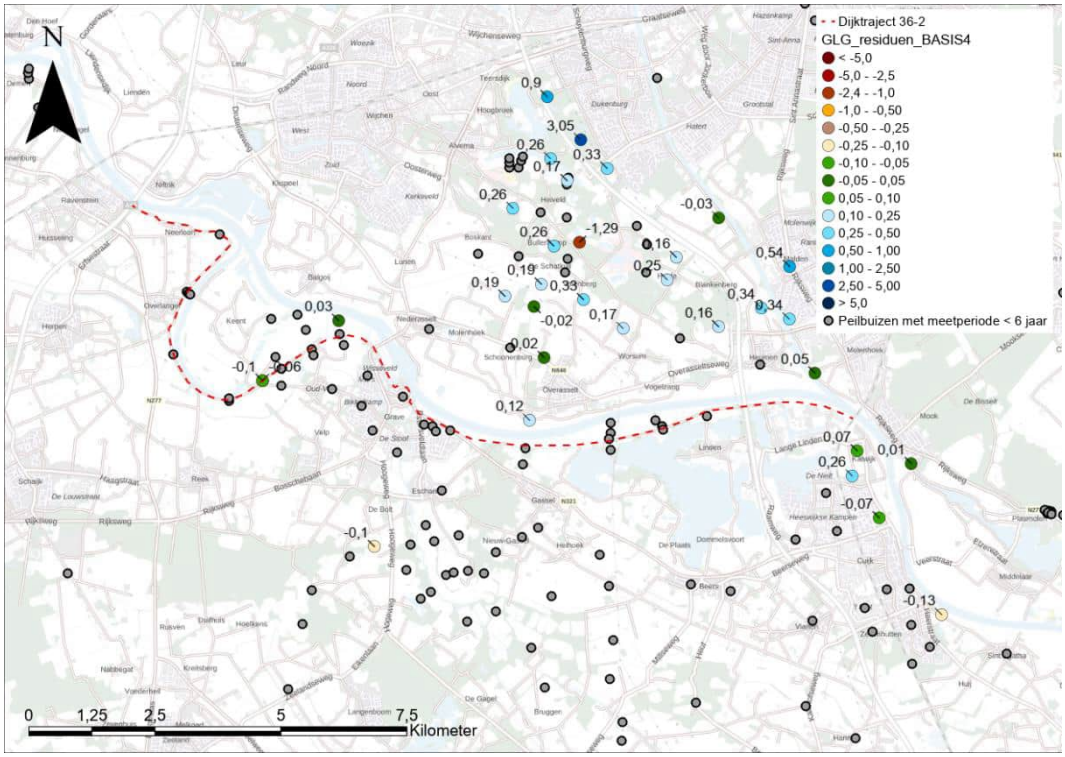
B5.21 GLG-modelresiduen [m] van laag 1 modelvariant CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m



B5.22 GLG-modelresiduen [m] van laag 2 modelvariant CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m

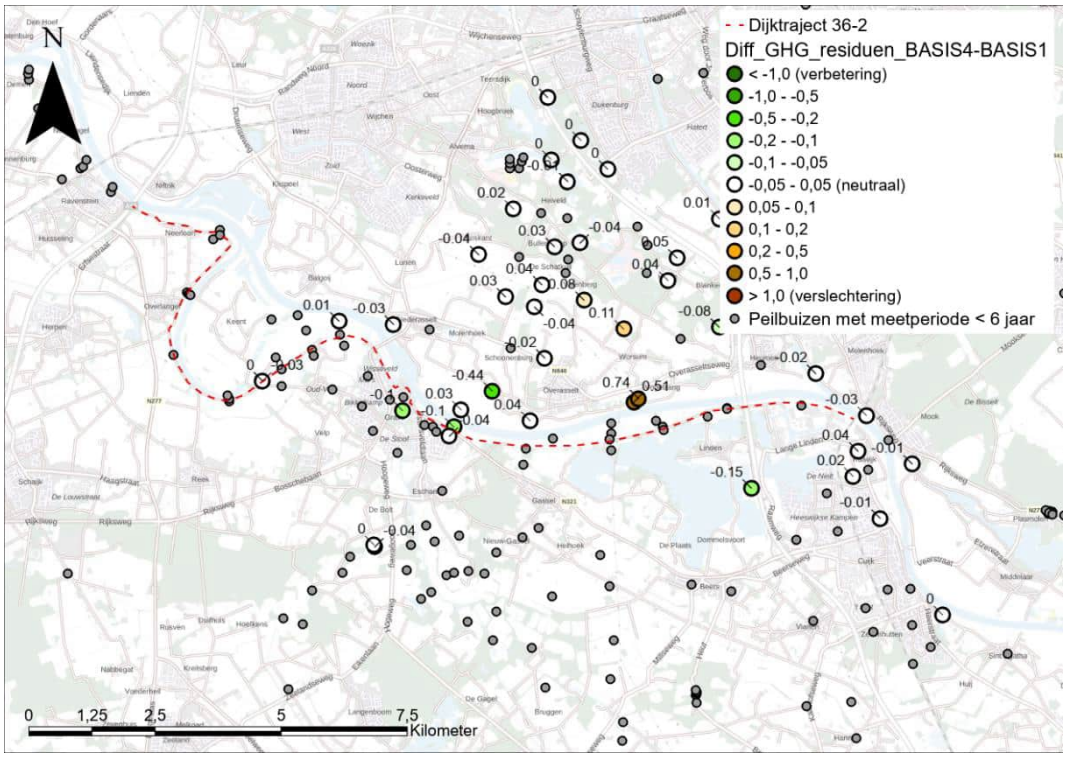


B5.23 GLG-modelresiduen [m] van laag 3 modelvariant CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m

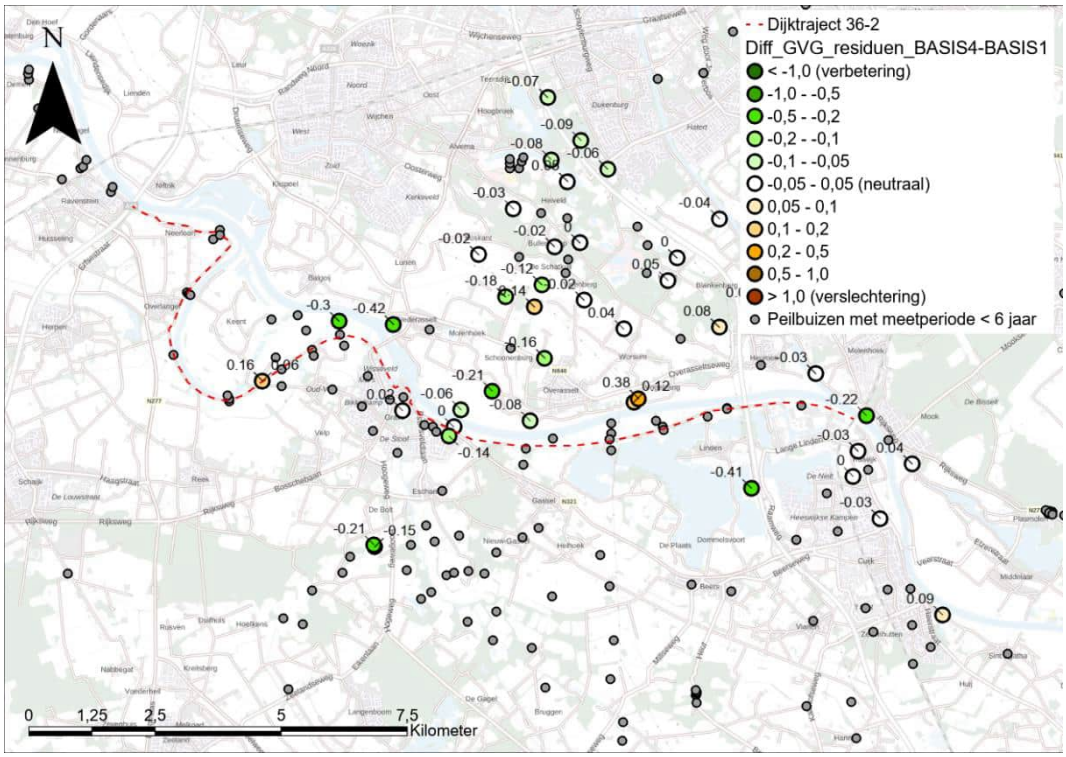


B5.24 GLG-modelresiduen [m] van laag 4 modelvariant CURA_BASIS4_BAS3_NSTAT_2010-2021_25m

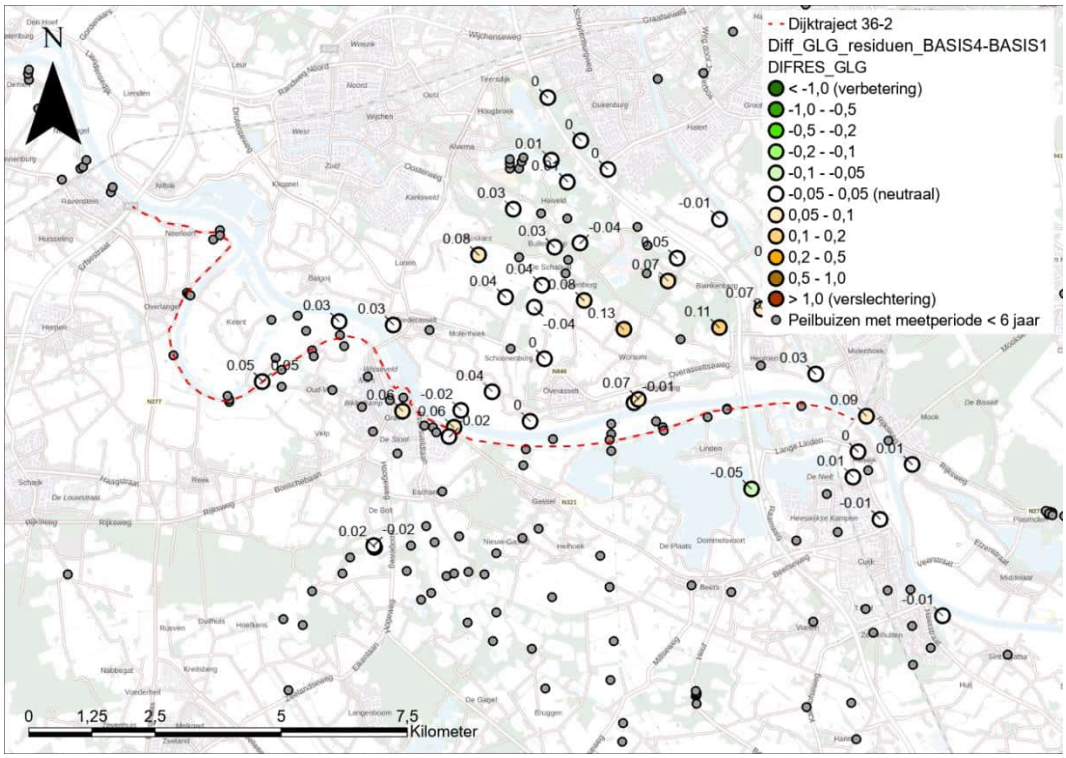
Verschillen tussen modelresiduen BASIS1 en BASIS4



B5.25 Verschil [m] tussen de GHG-modelresiduen in modellagen 1 t/m 4 tussen modelvarianten BASIS1 en BASIS4

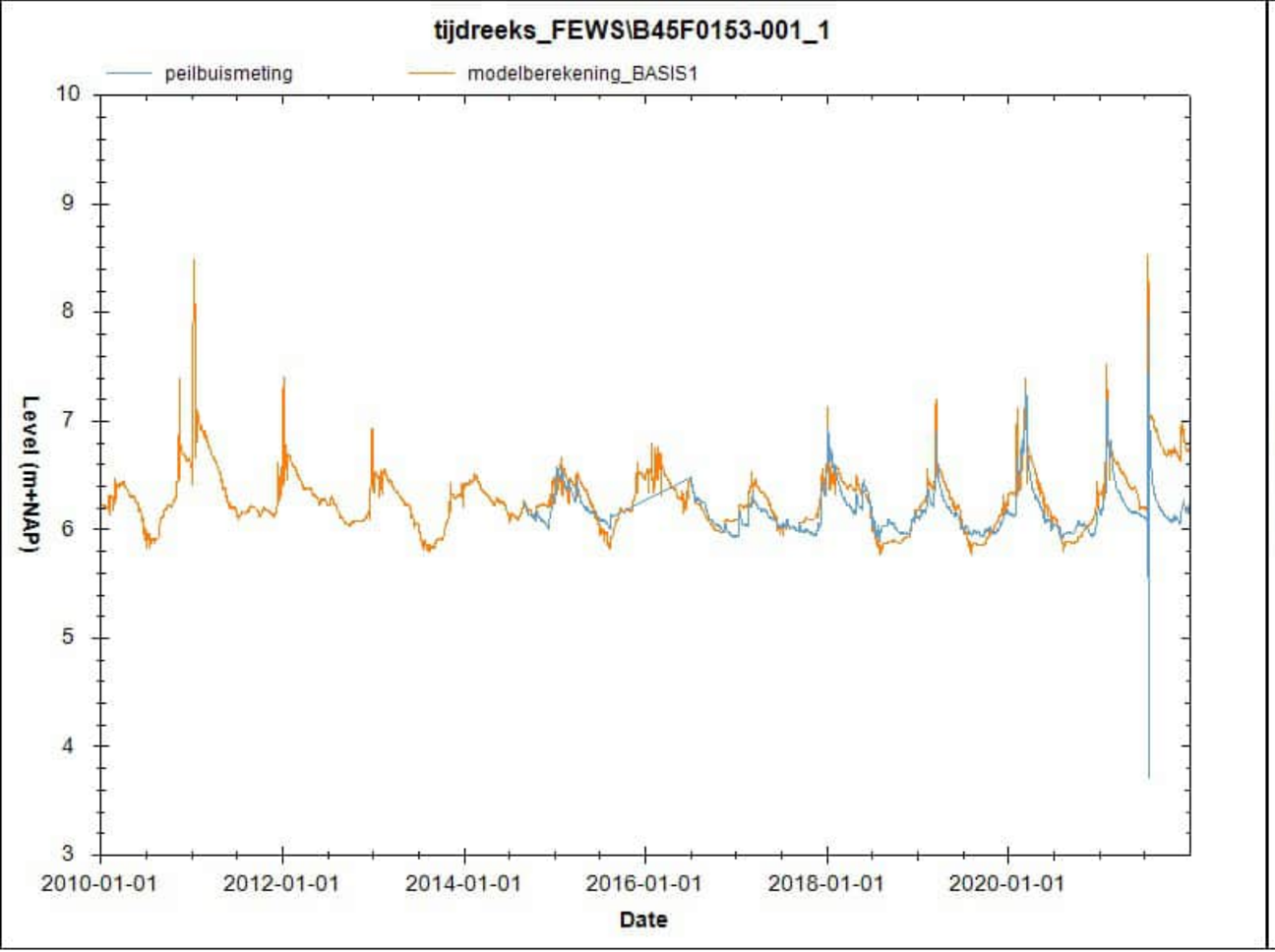


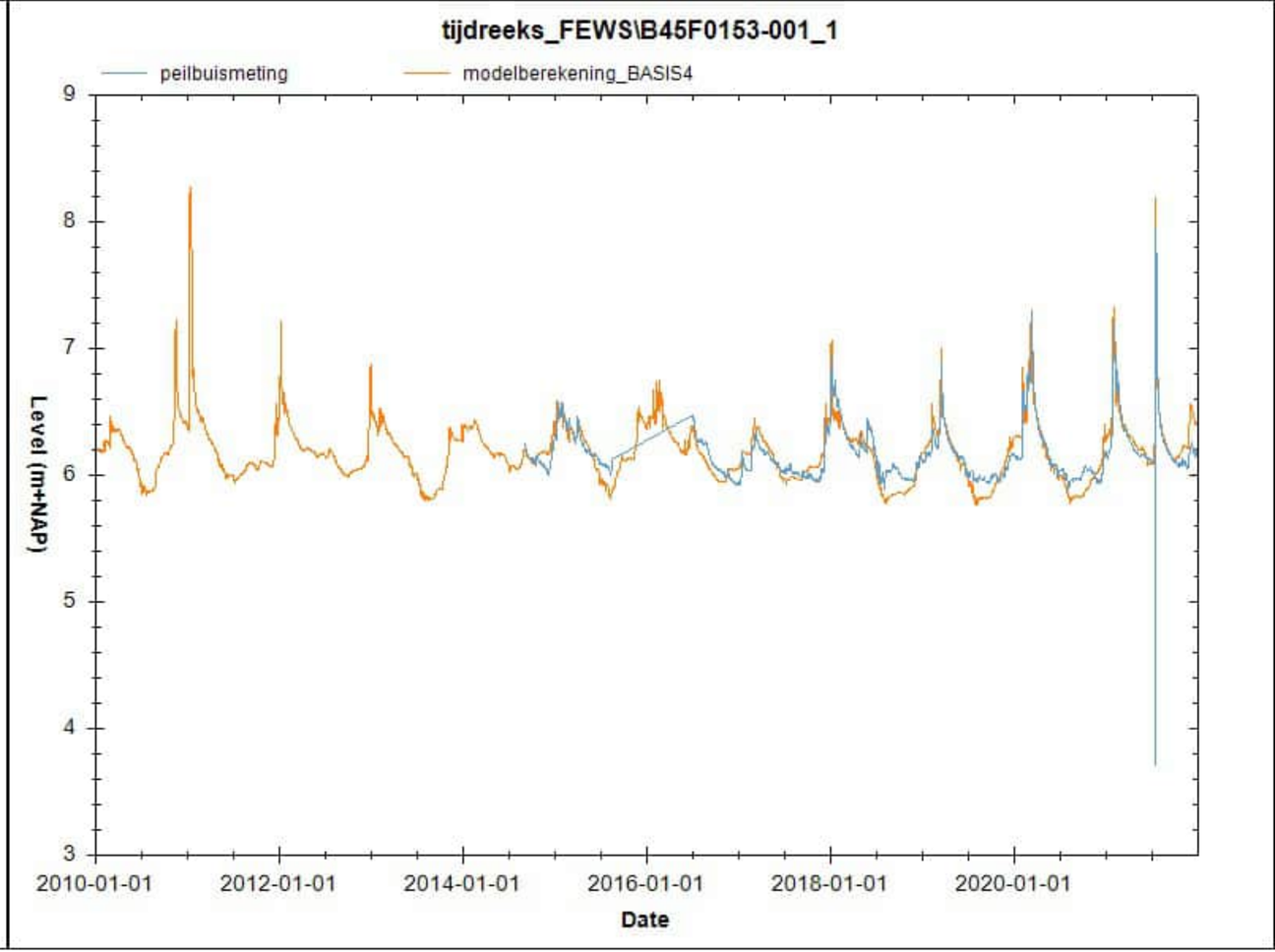
B5.26 Verschil [m] tussen de GVG-modelresiduen in modellagen 1 t/m 4 tussen modelvarianten BASIS1 en BASIS4



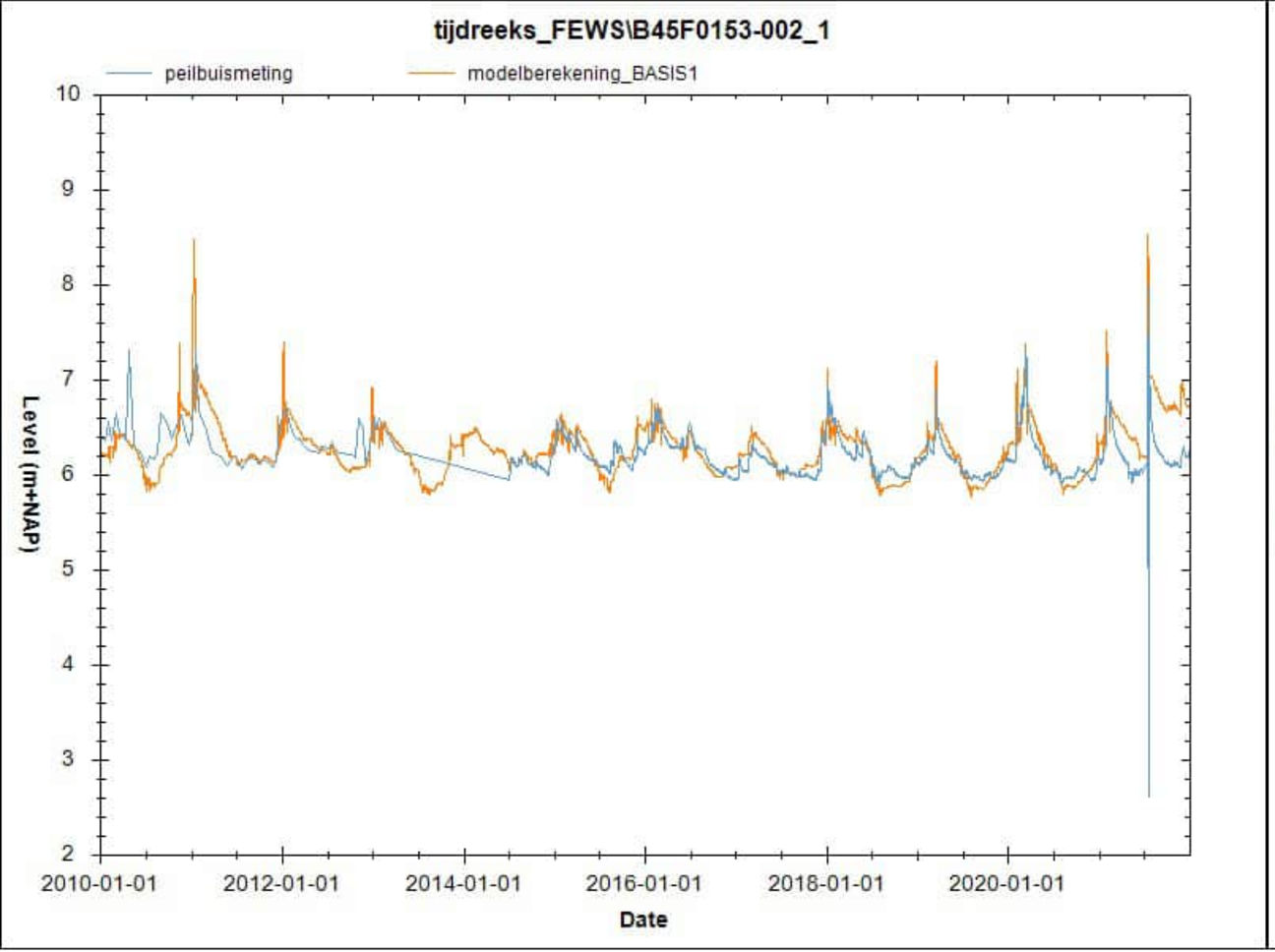
B5.27 Verschil [m] tussen de GLG-modelresiduen in modellagen 1 t/m 4 tussen modelvarianten BASIS1 en BASIS4

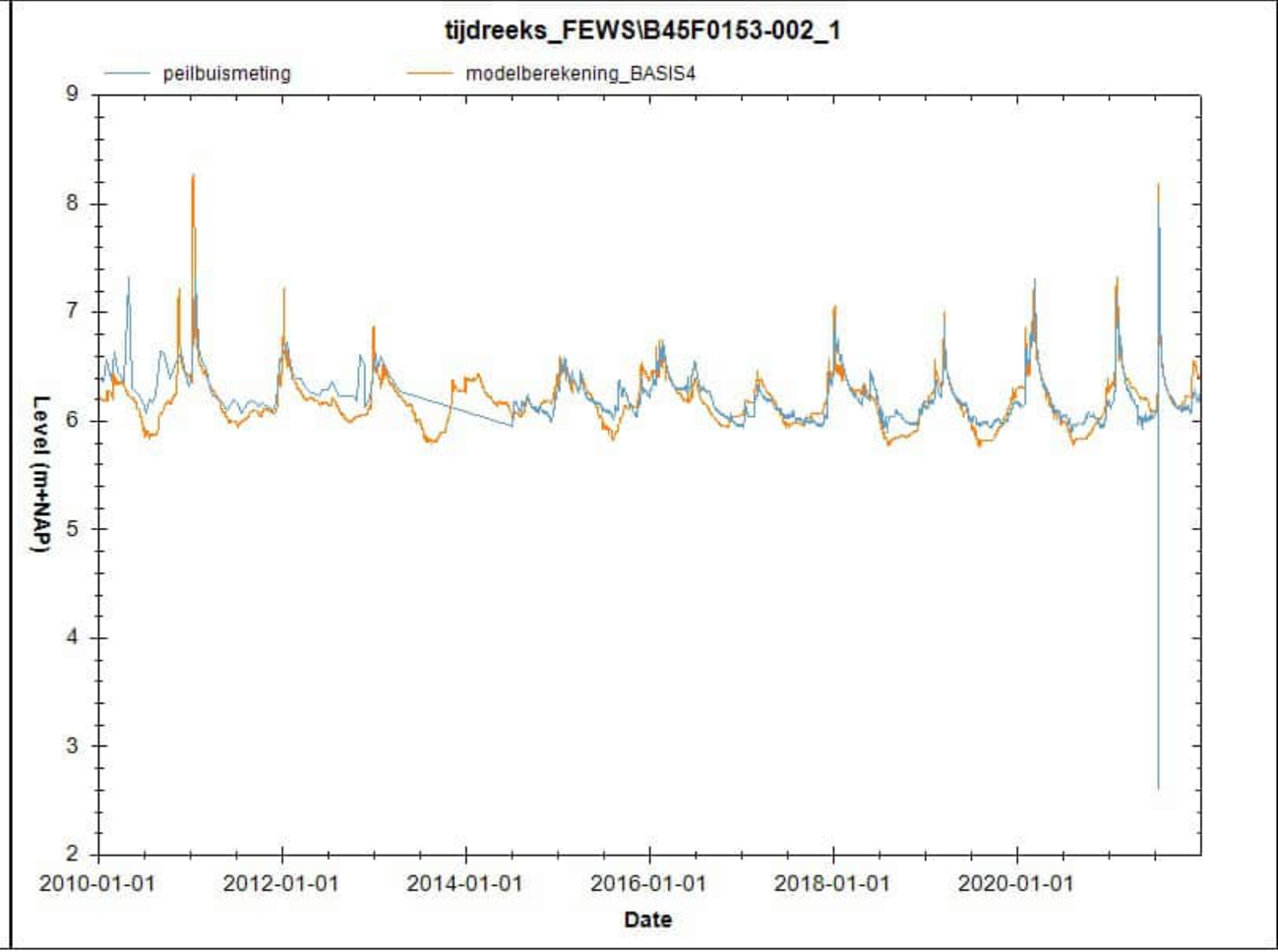
Bijlage 5 Gemeten- en berekende stijghoogtereeksen



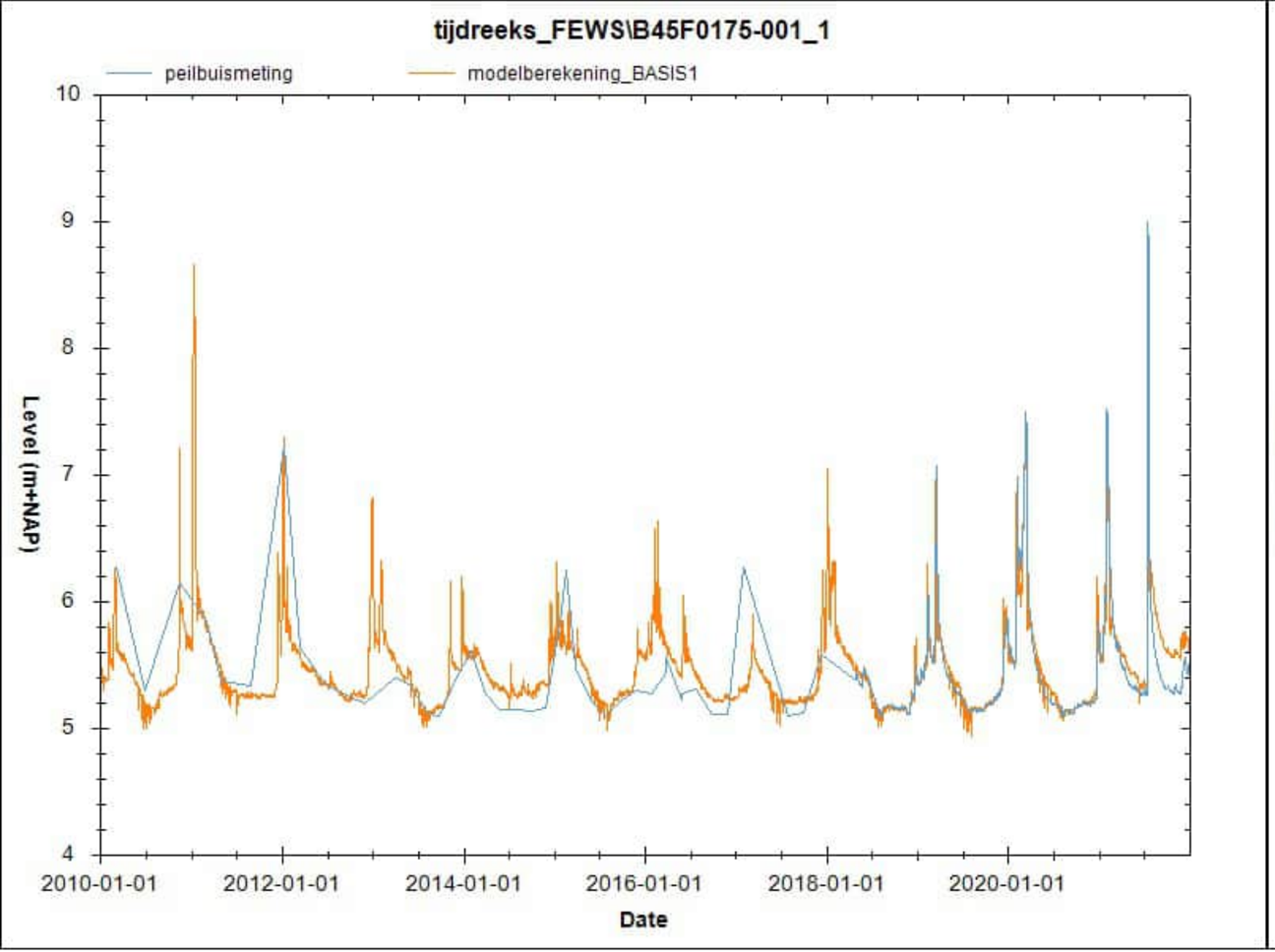


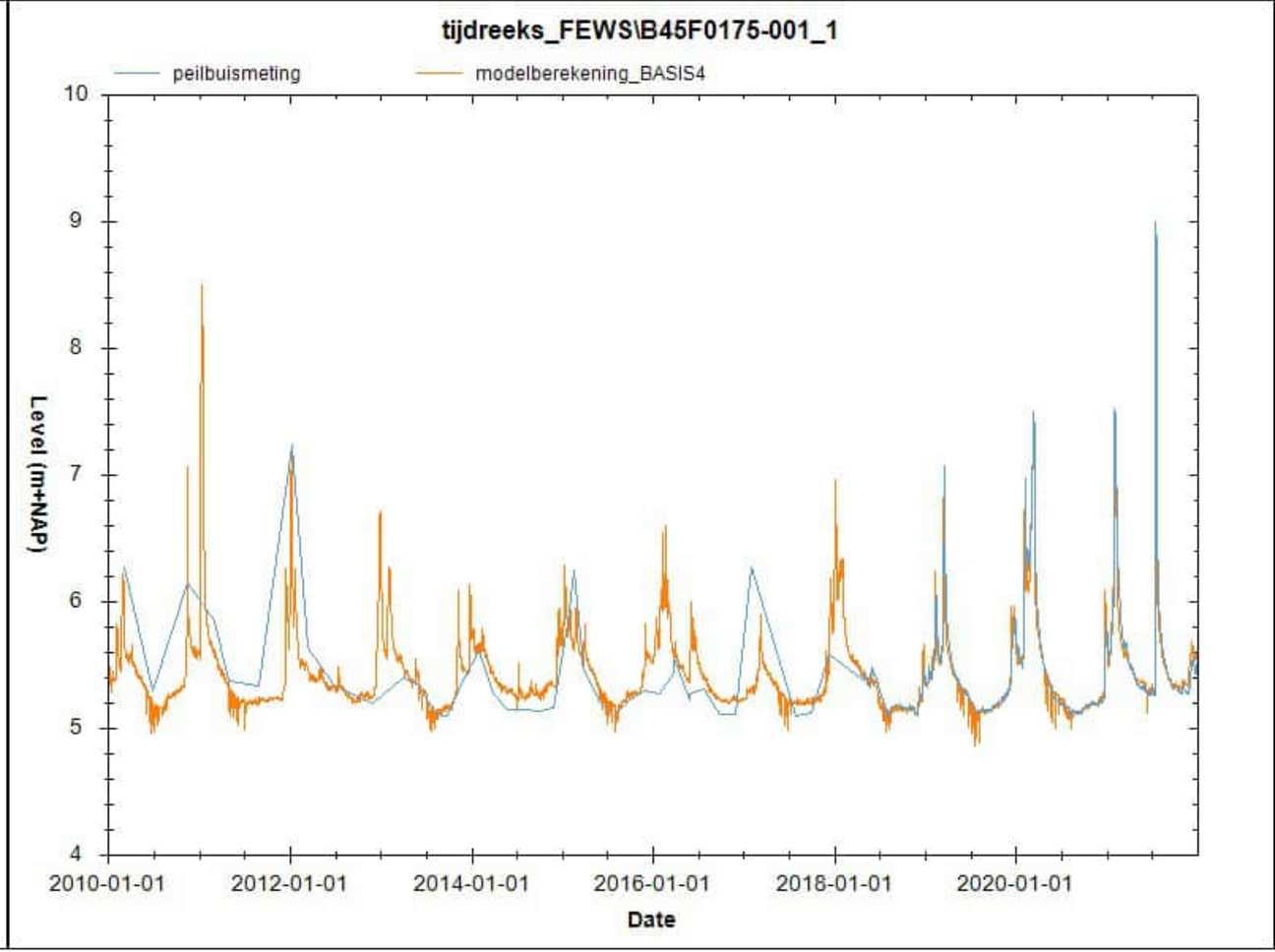
B1.1 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



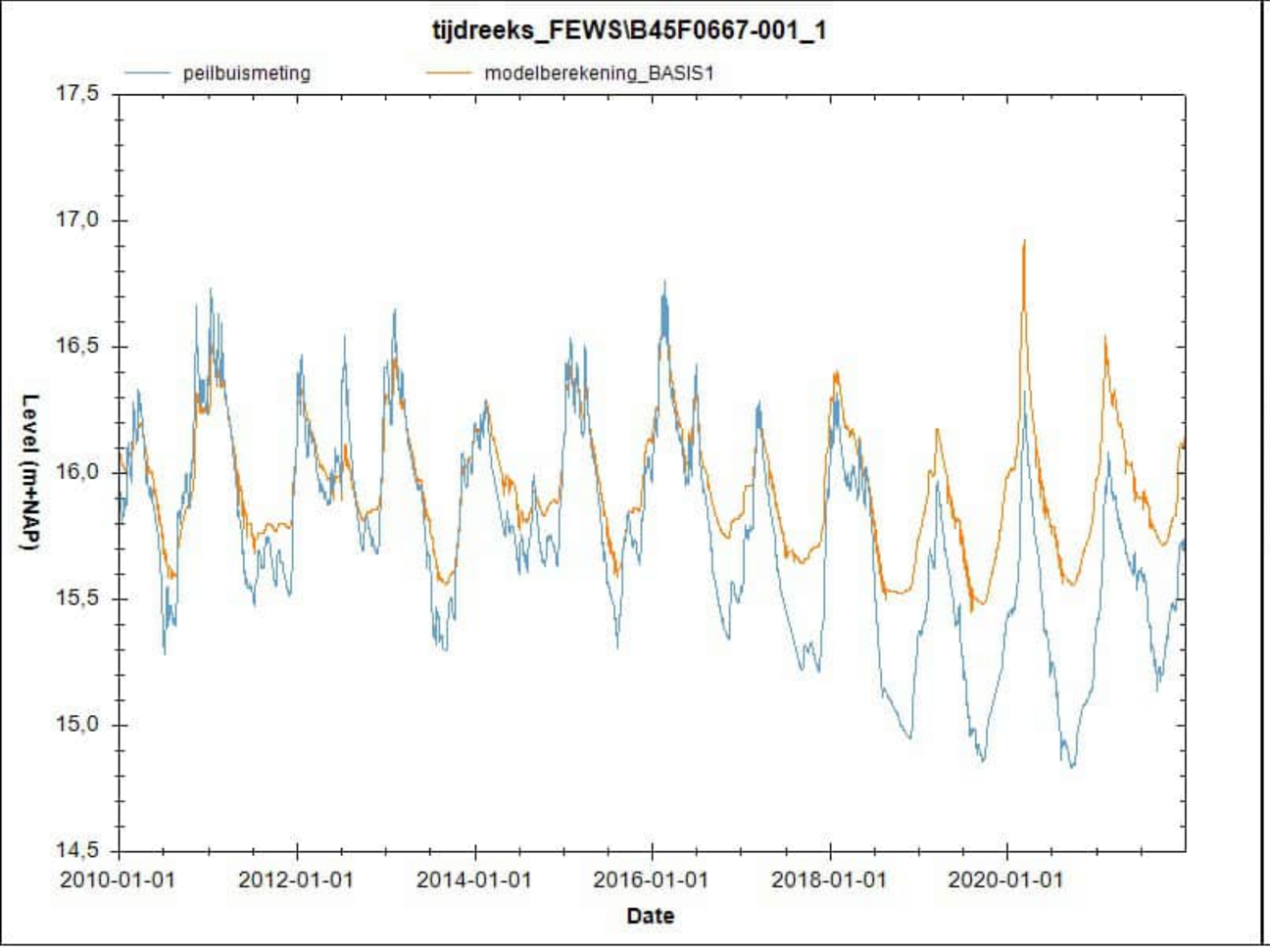


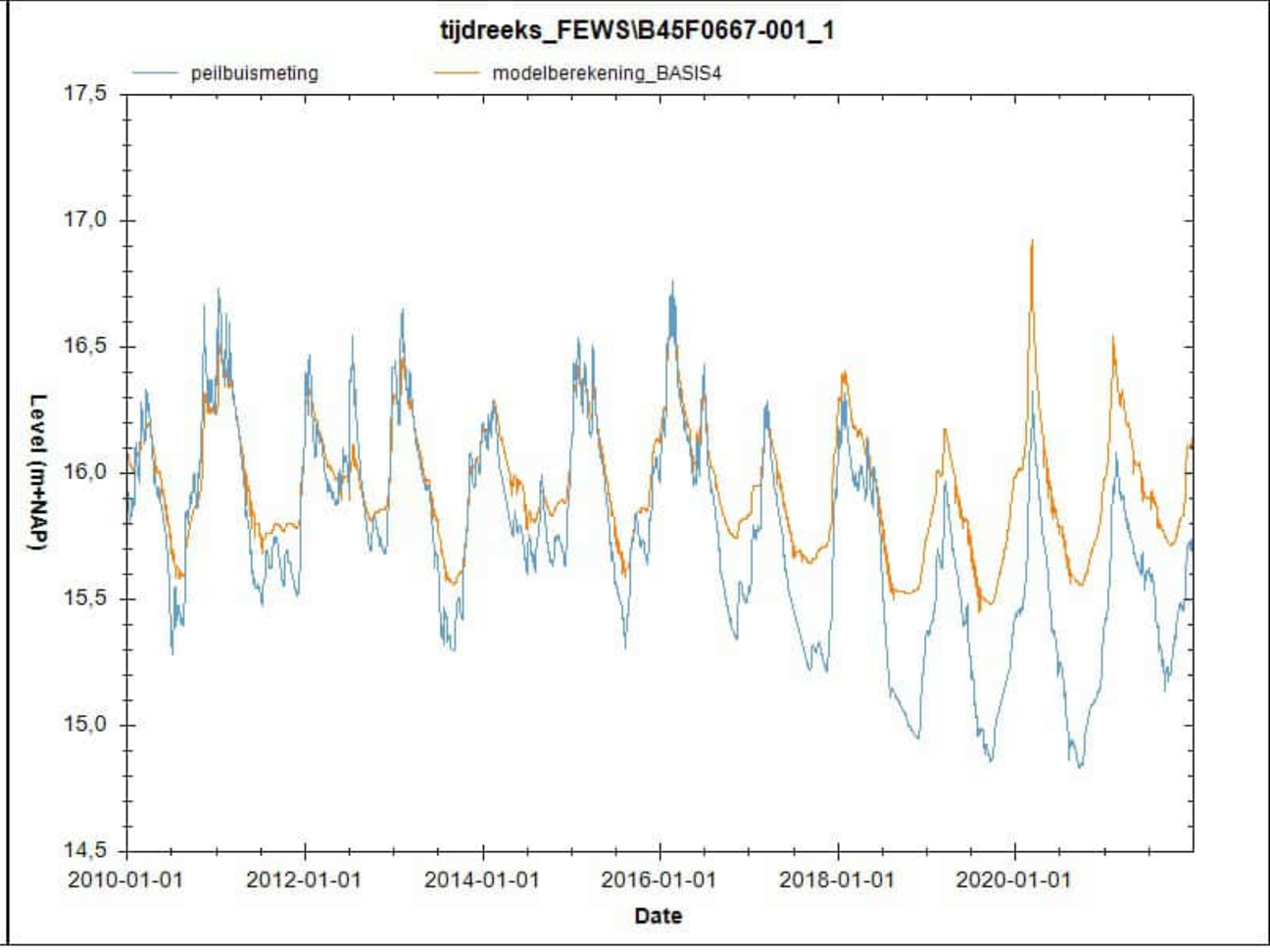
B1.2 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



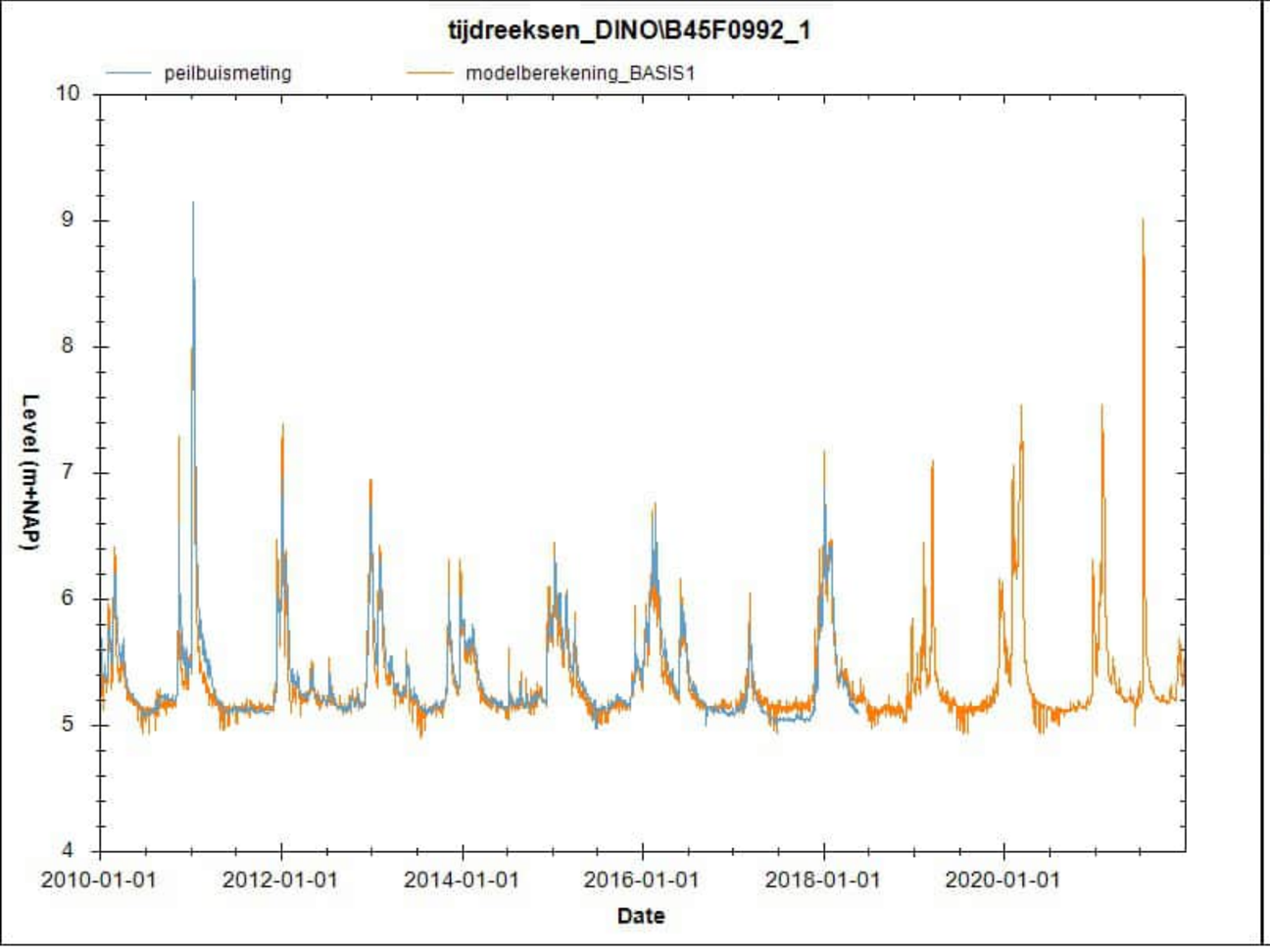


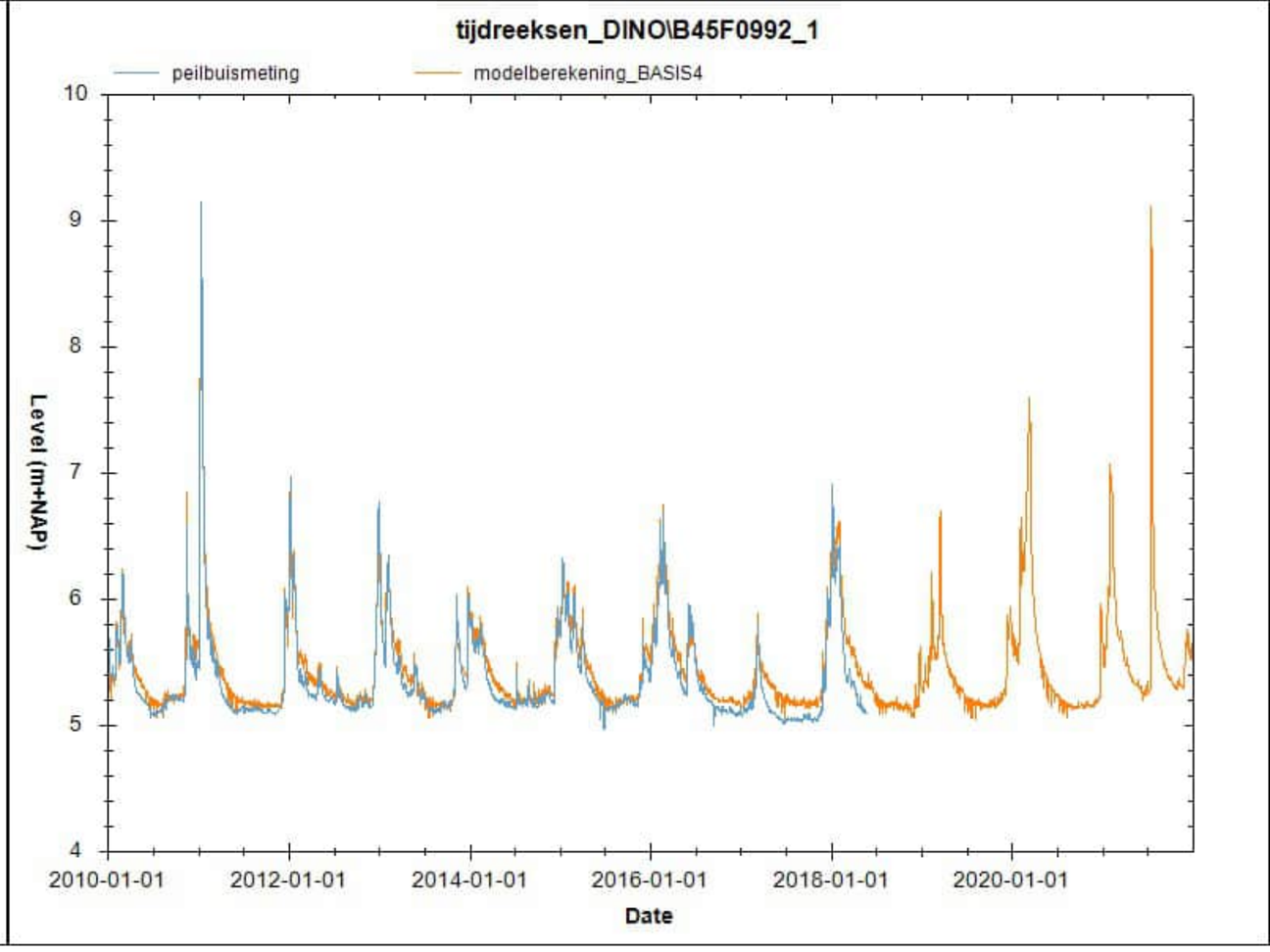
B1.3 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



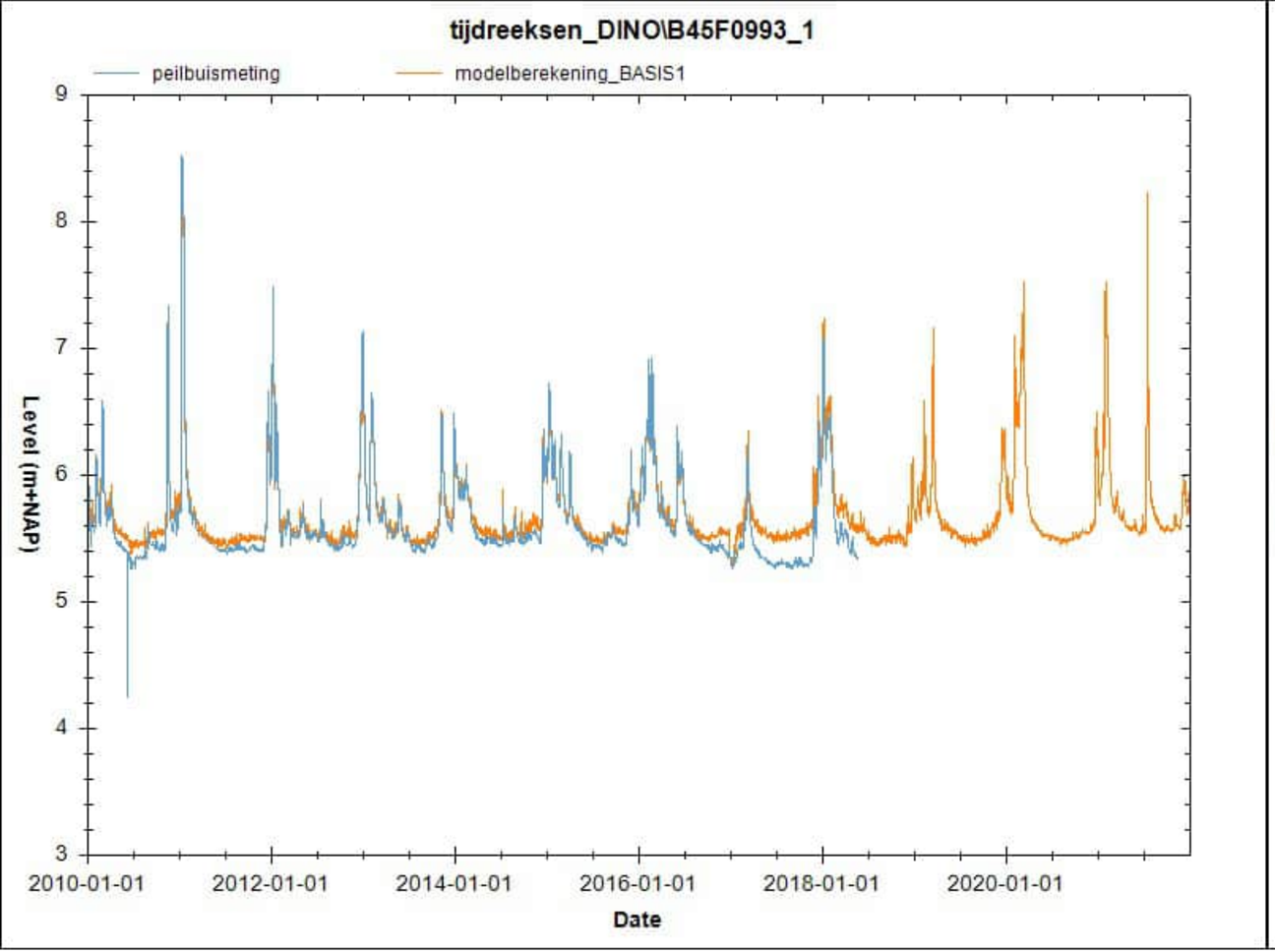


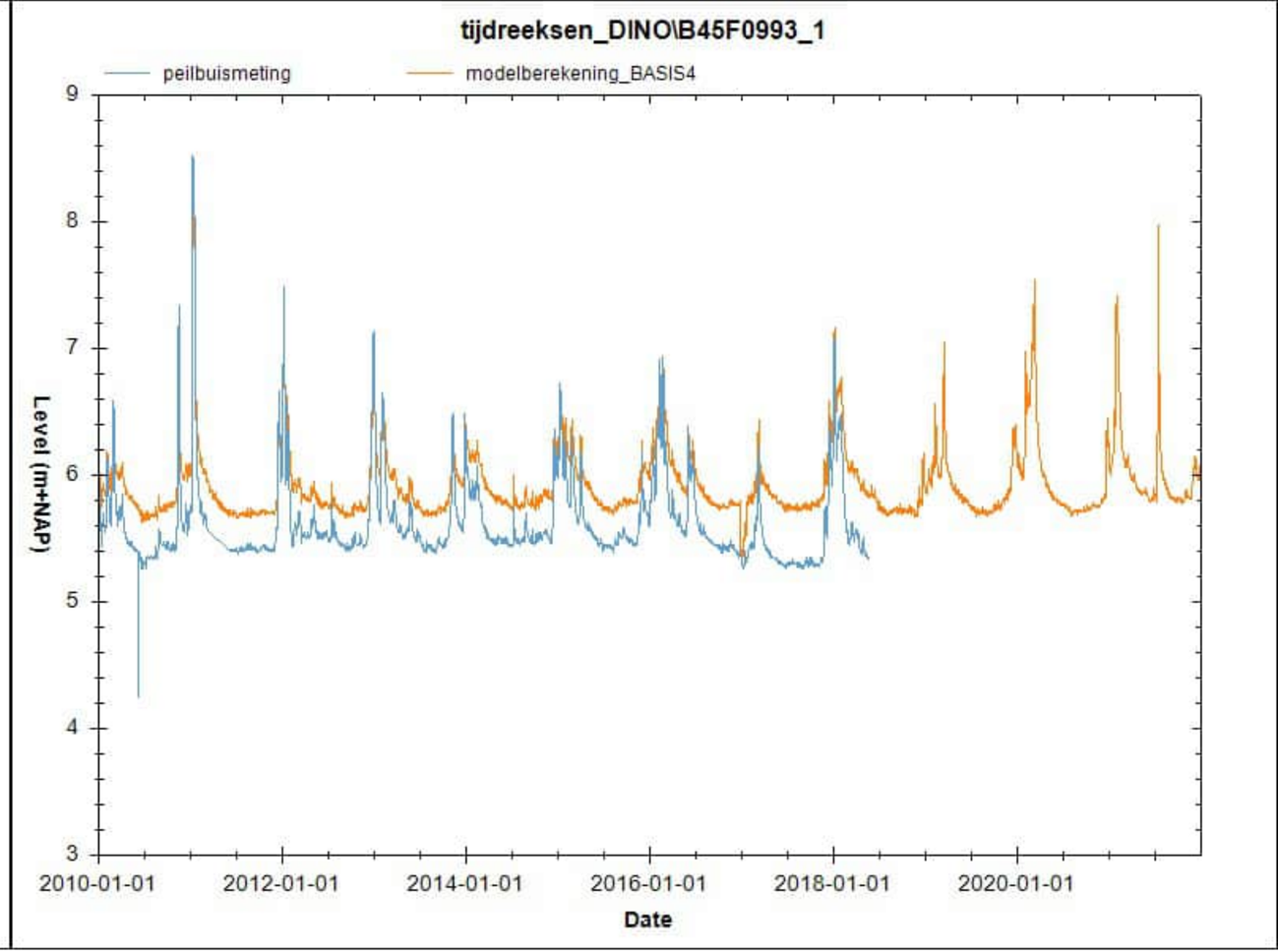
B1.4 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



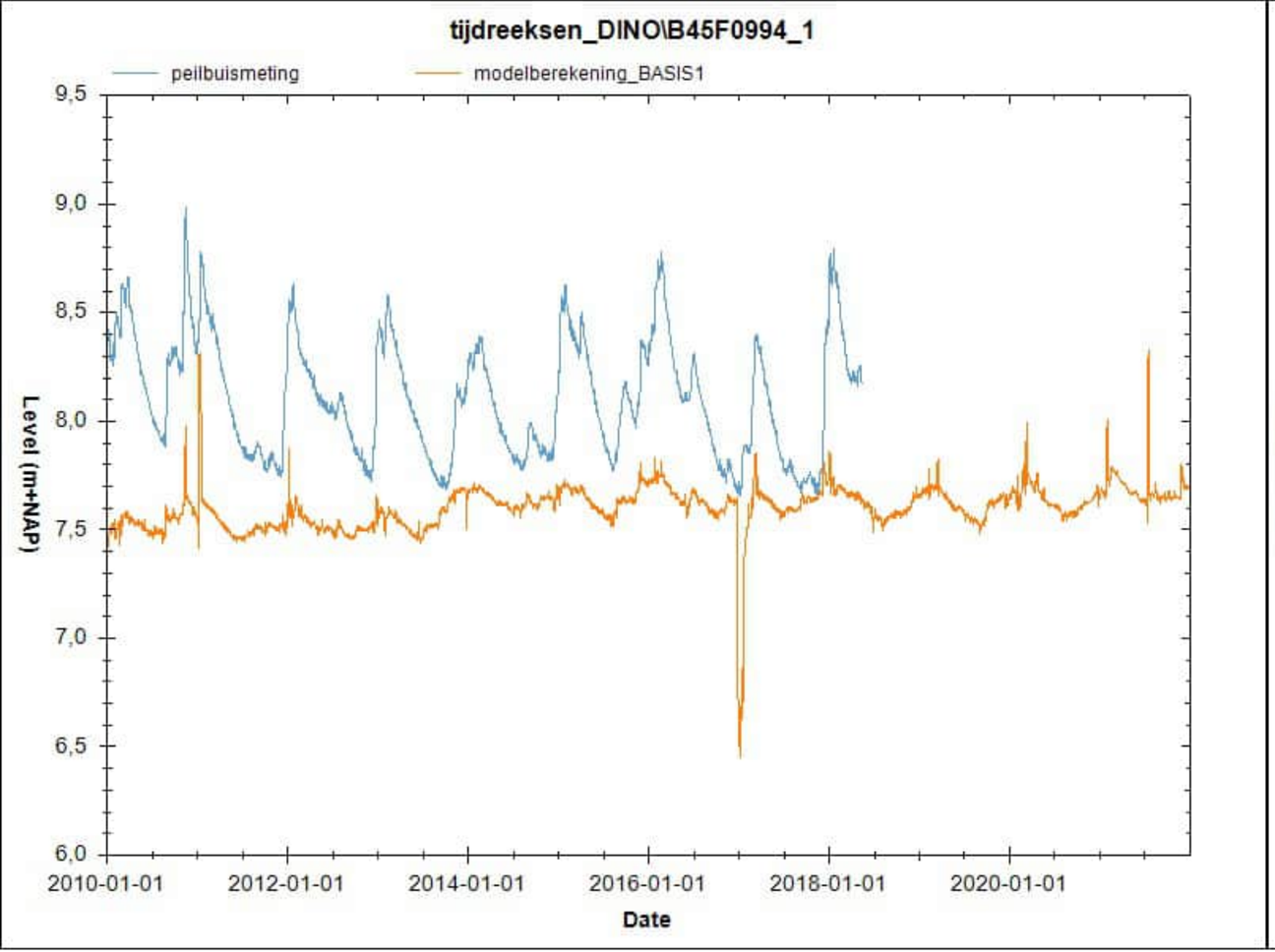


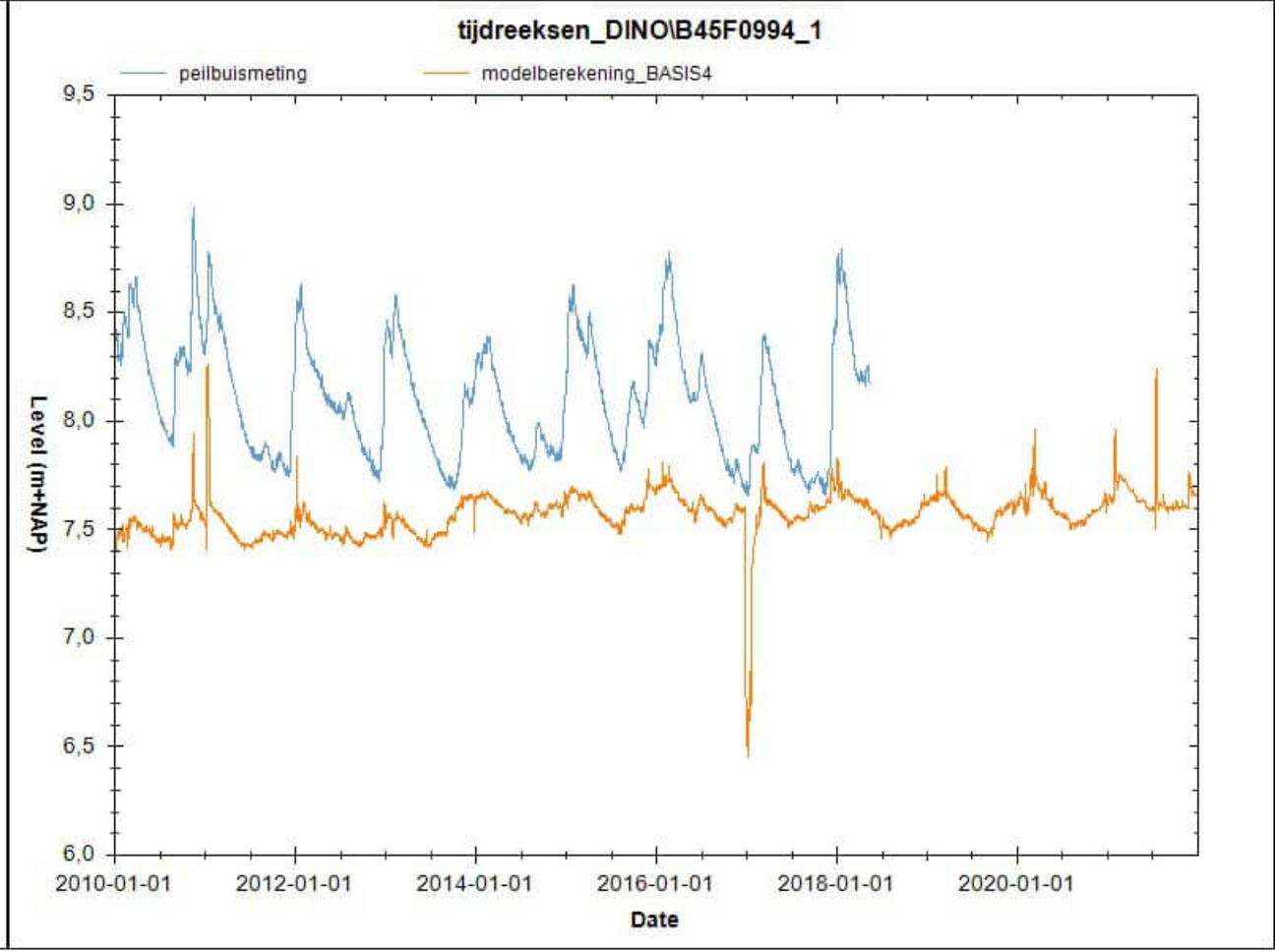
B1.5 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



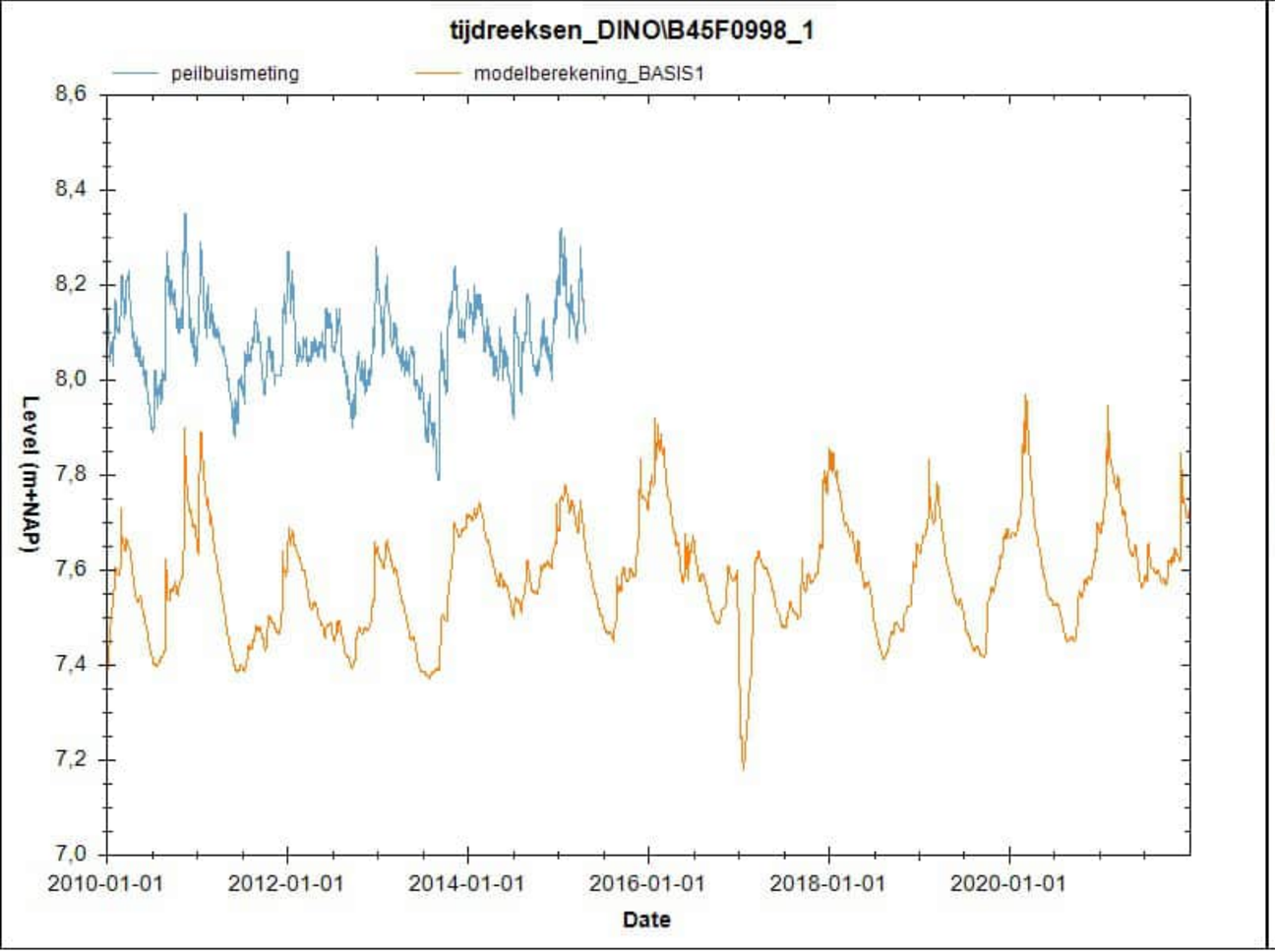


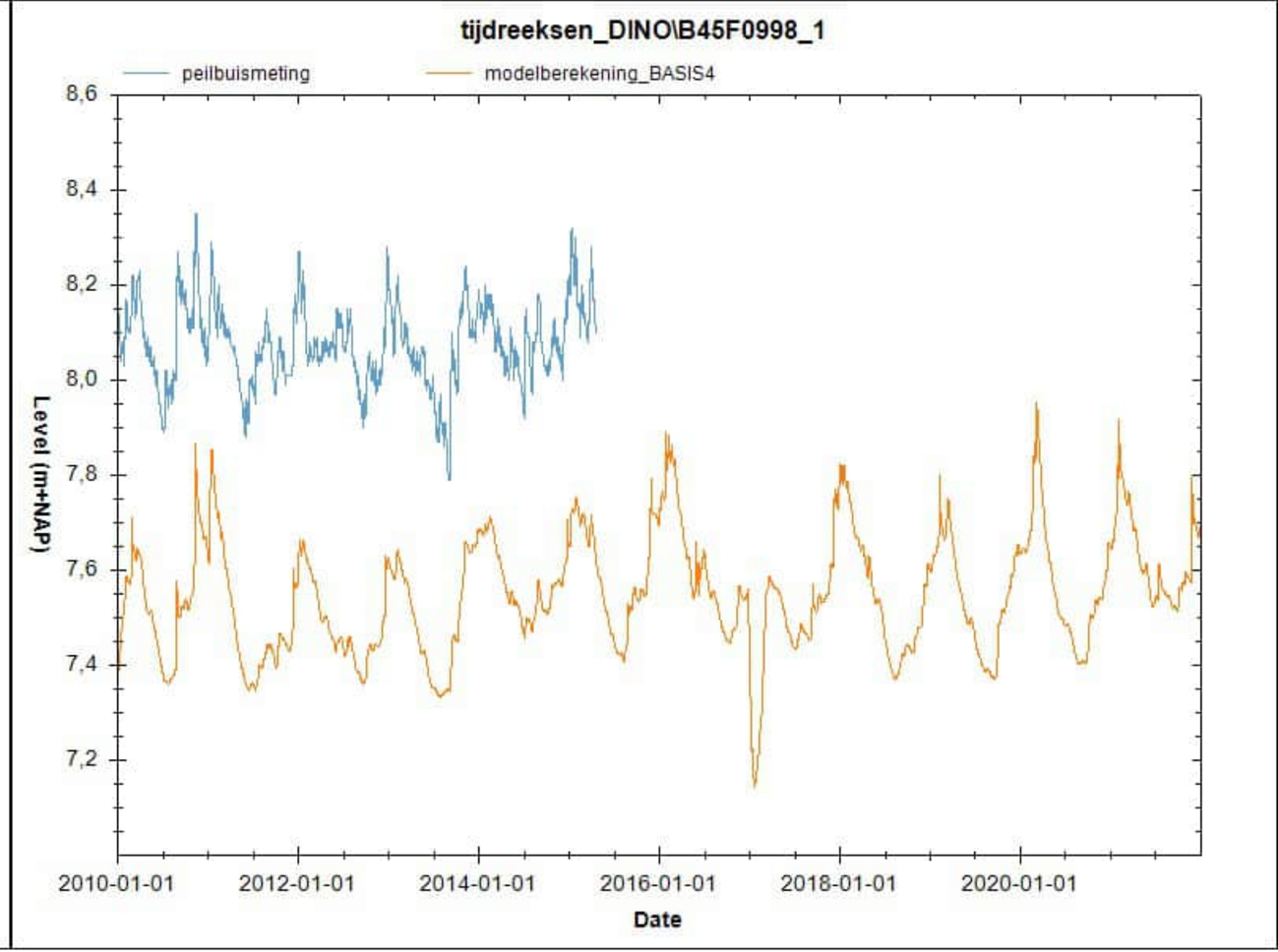
B1.6 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



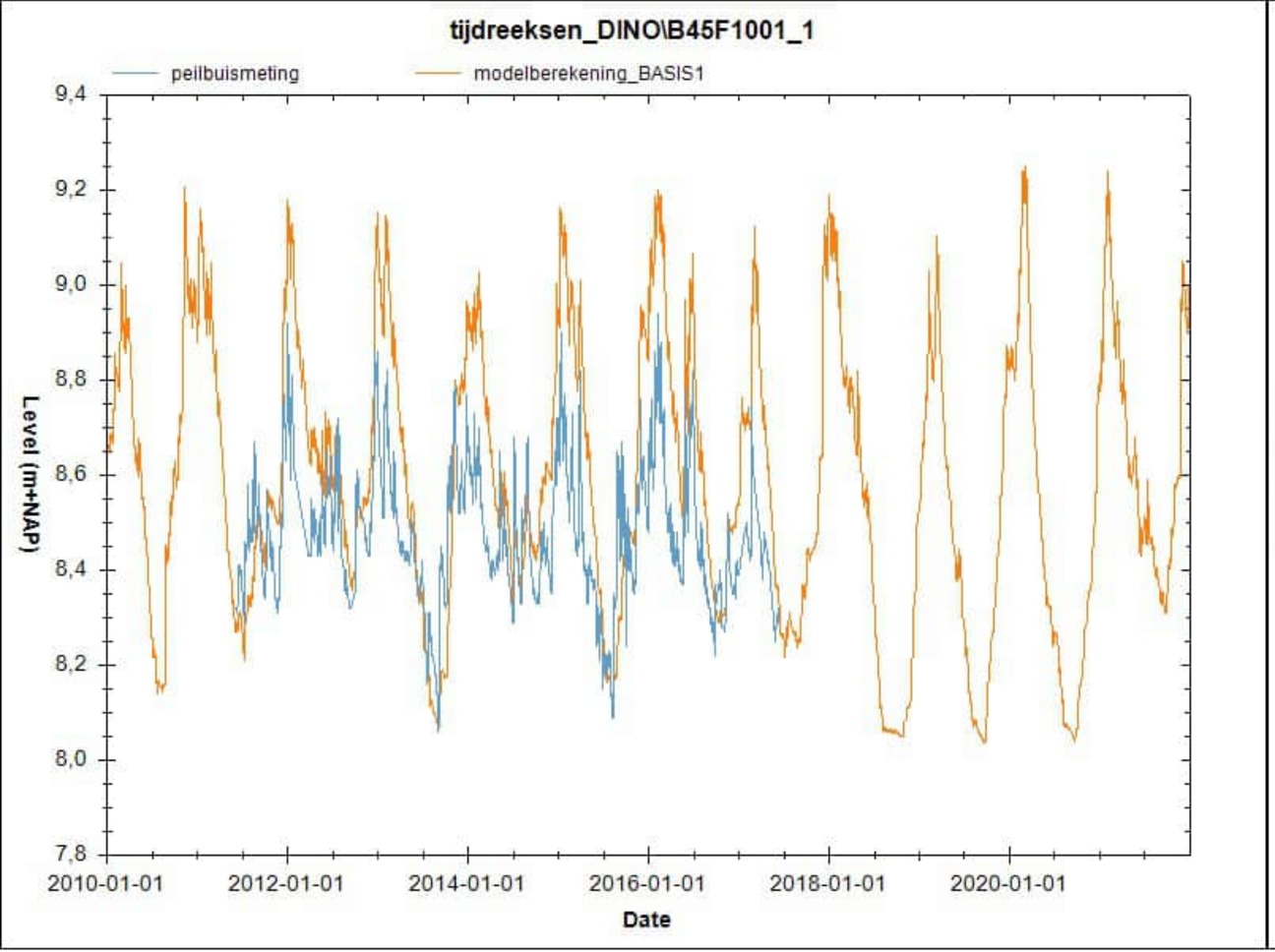


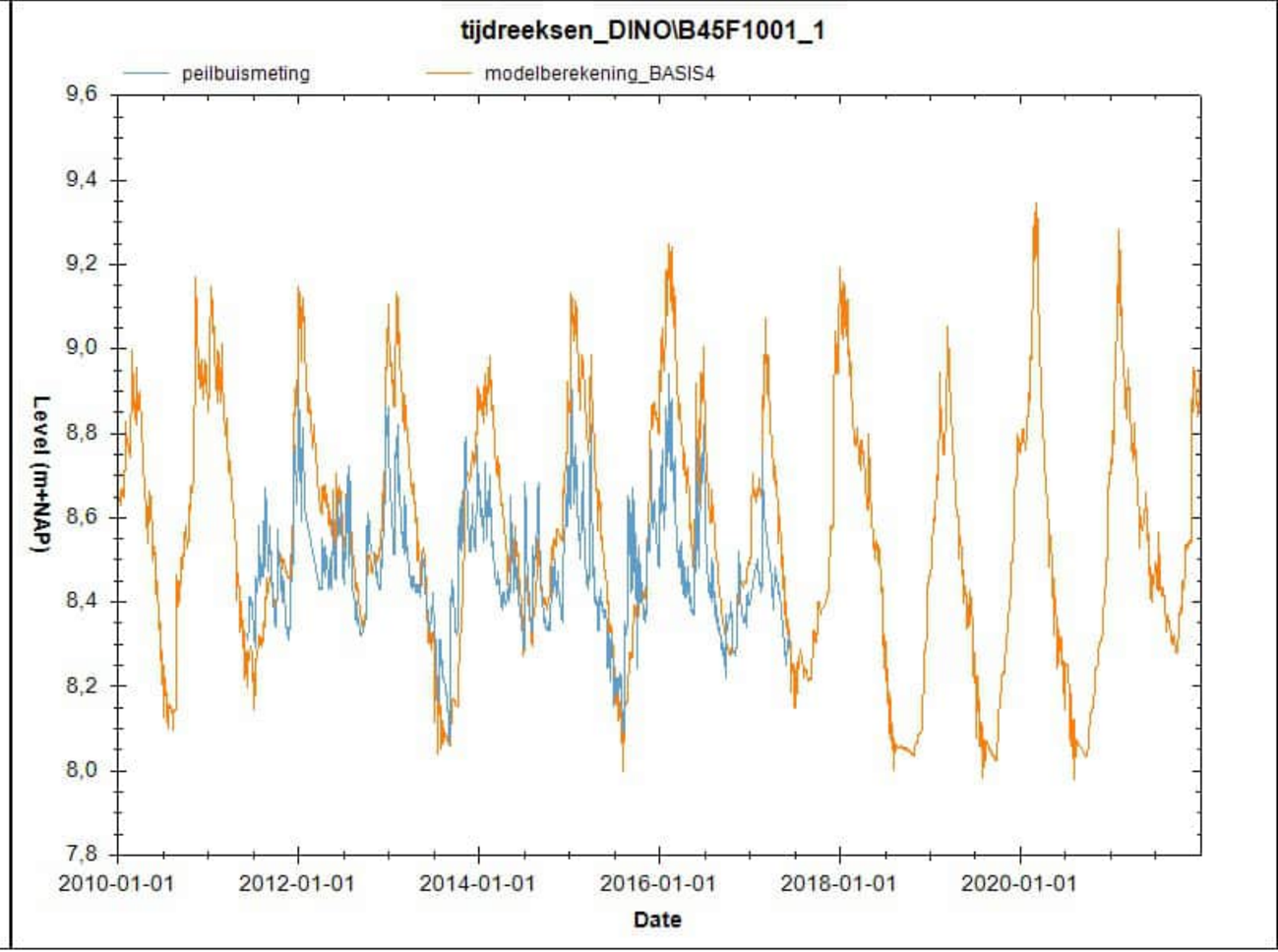
B1.7 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



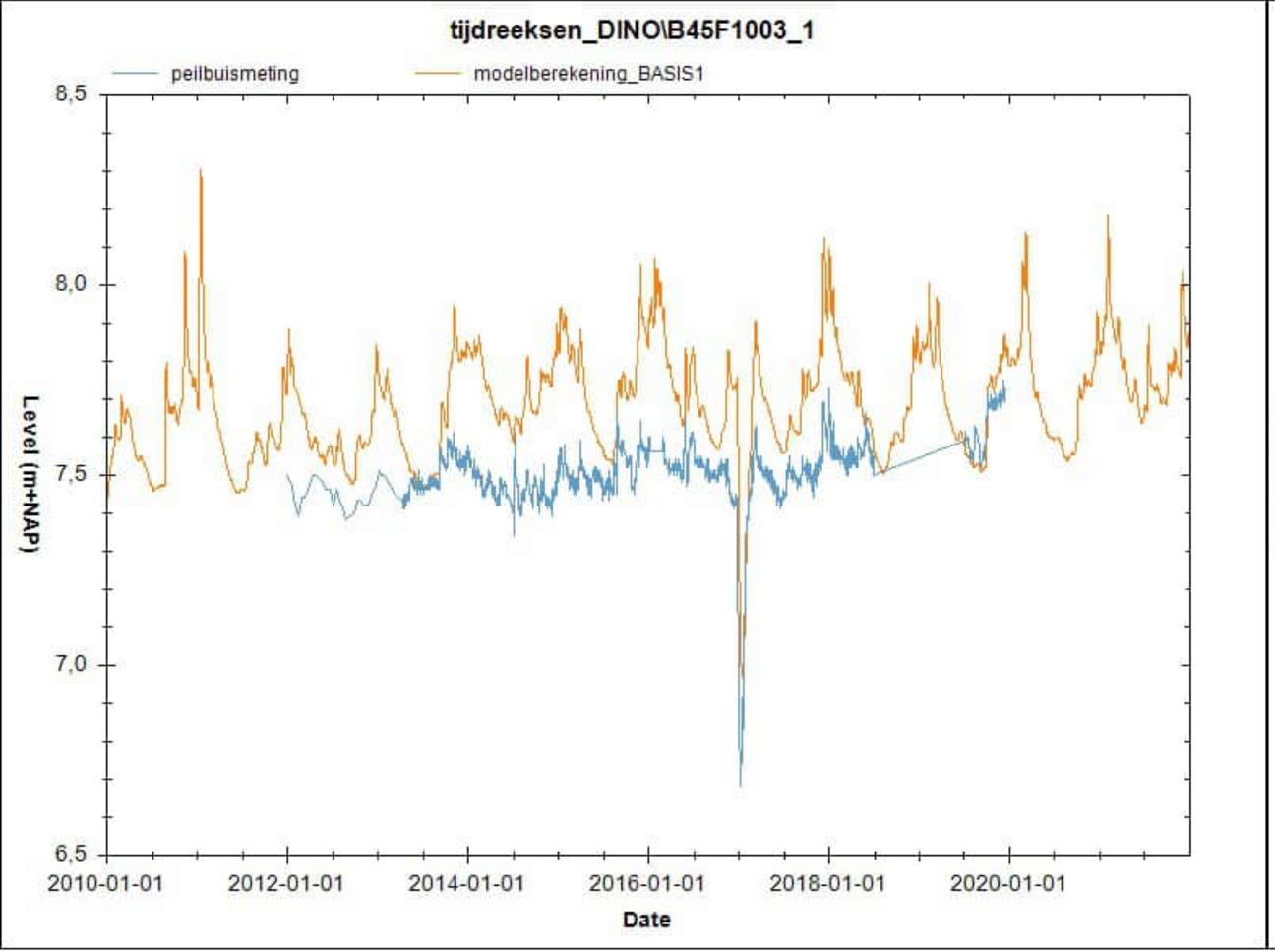


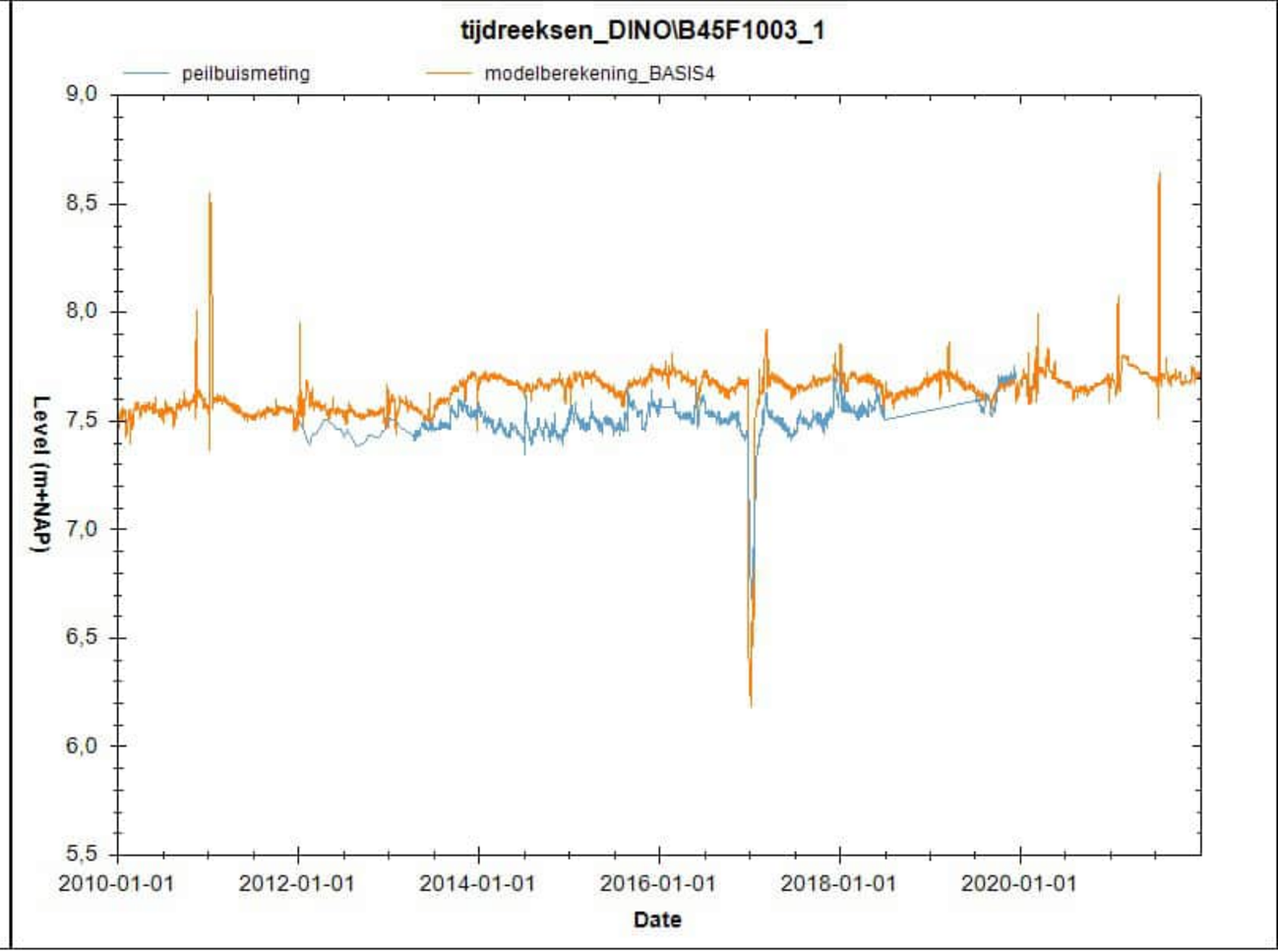
B1.8 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



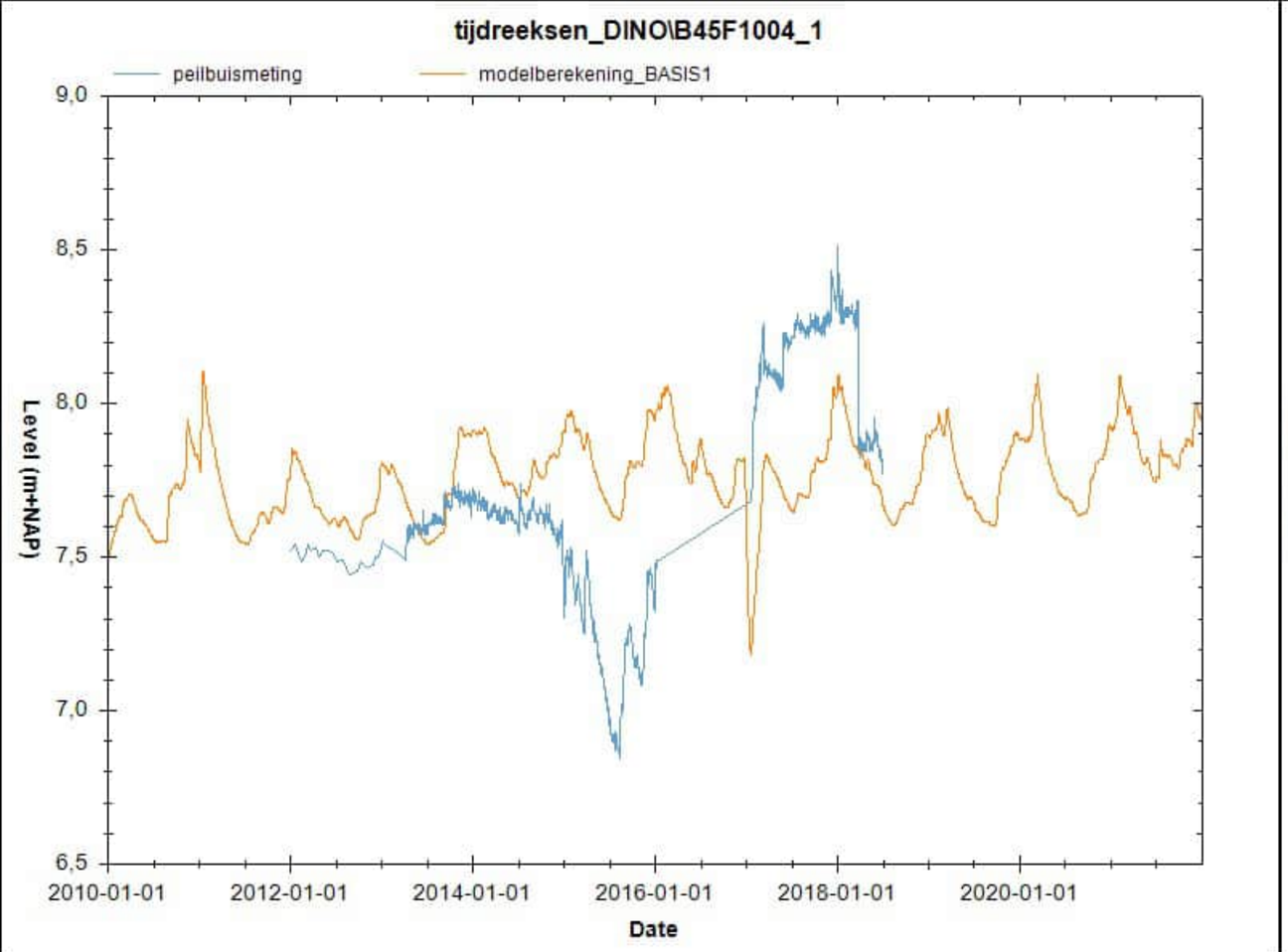


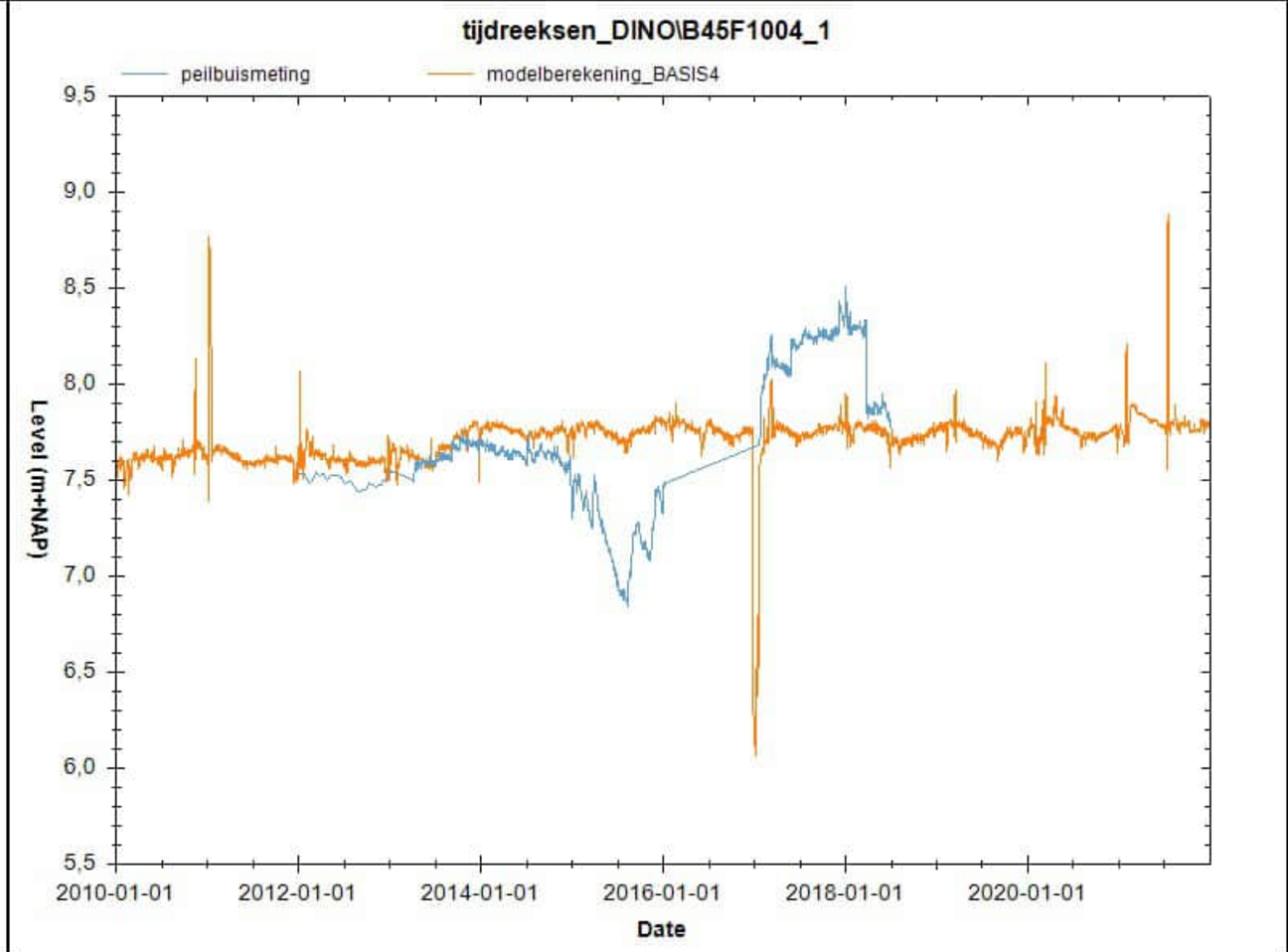
B1.9 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



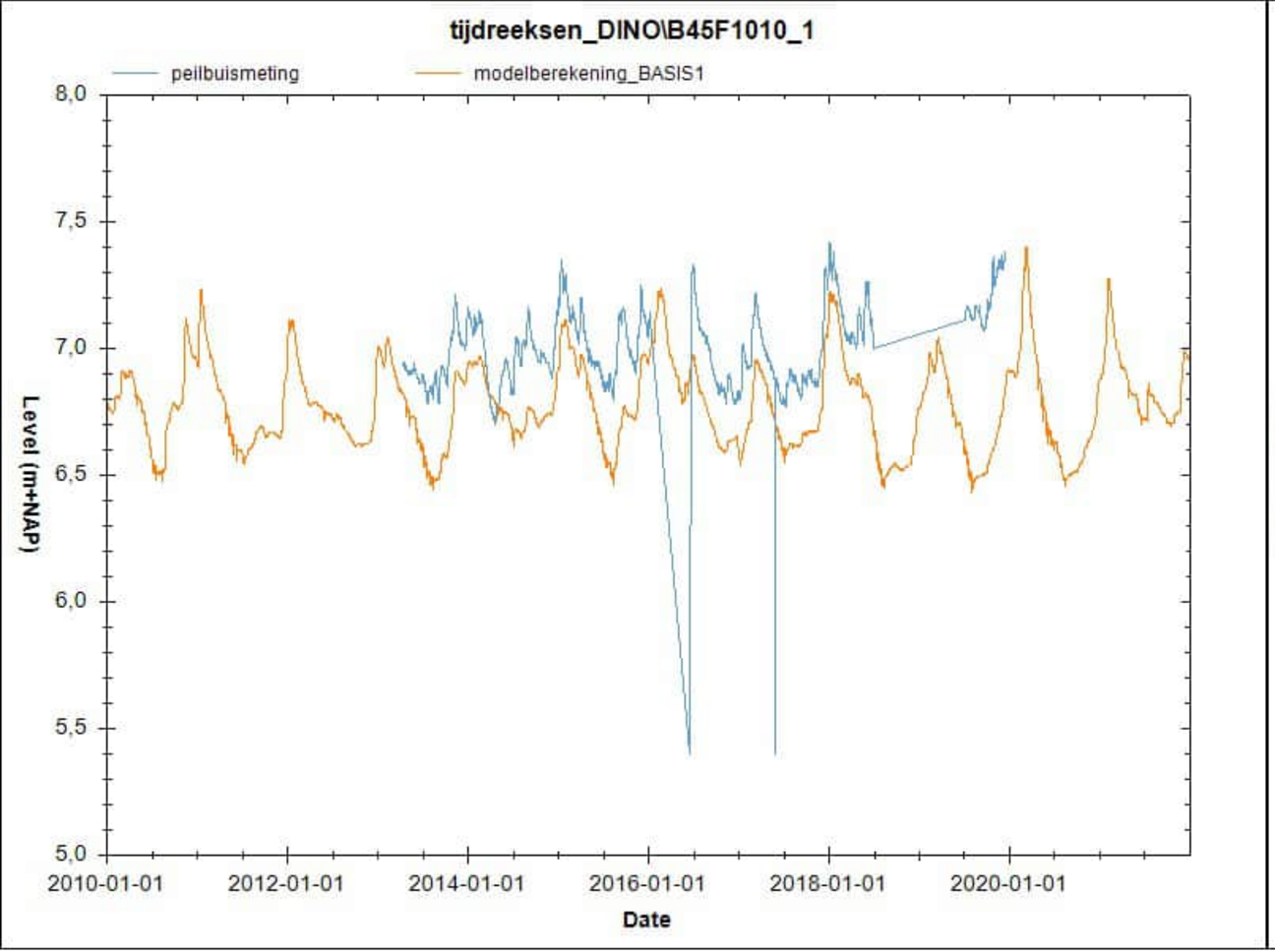


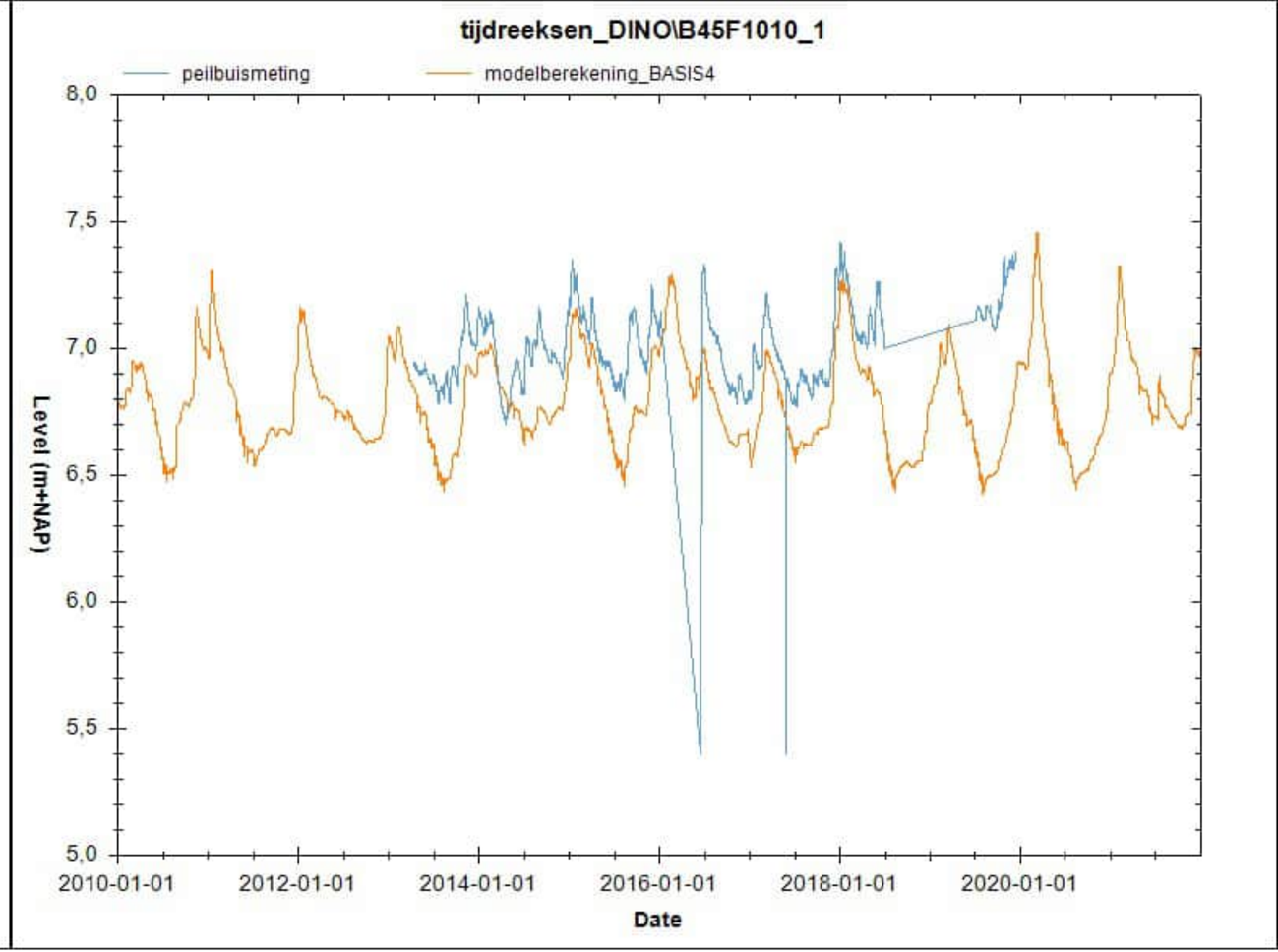
B1.10 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



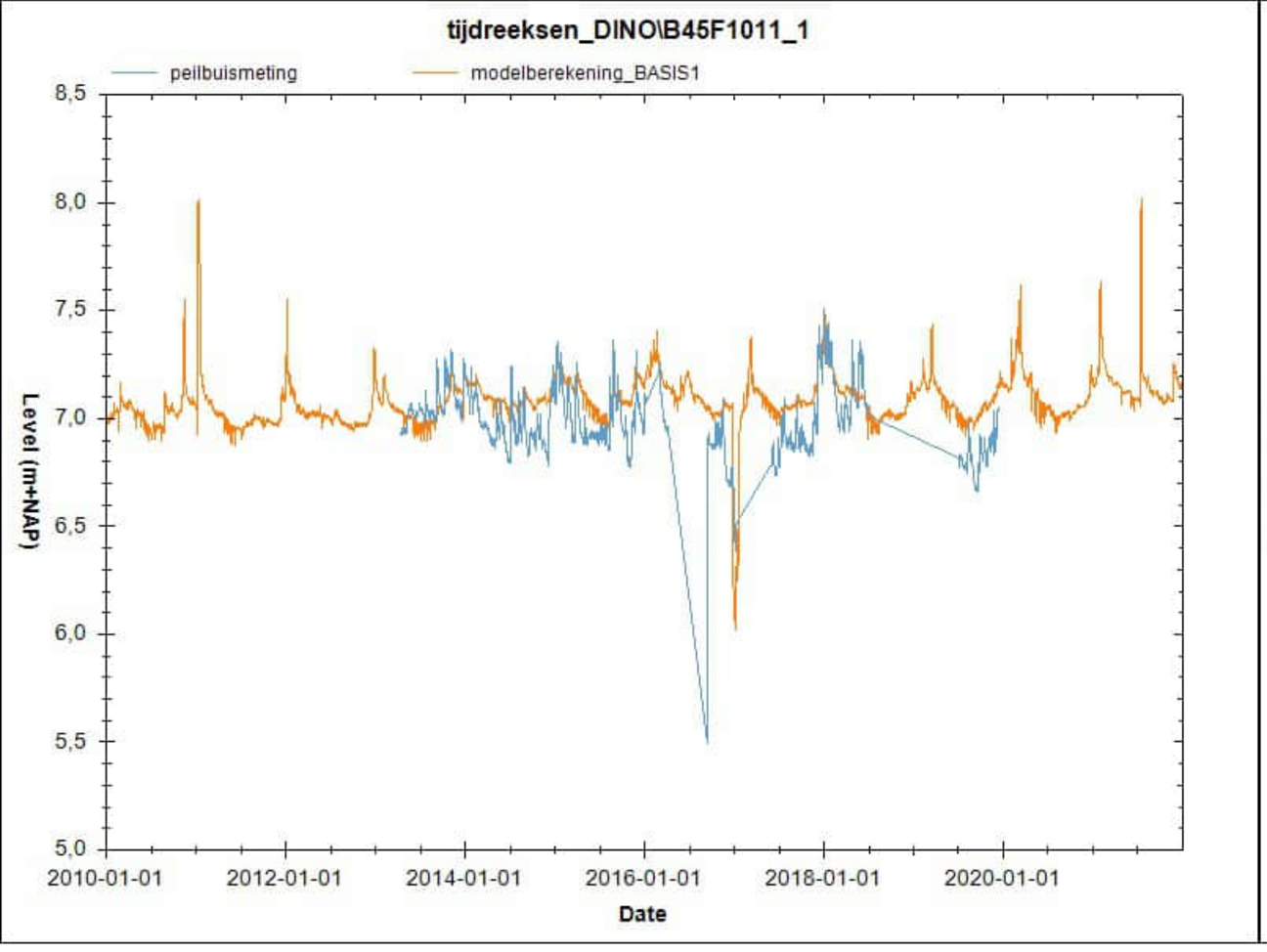


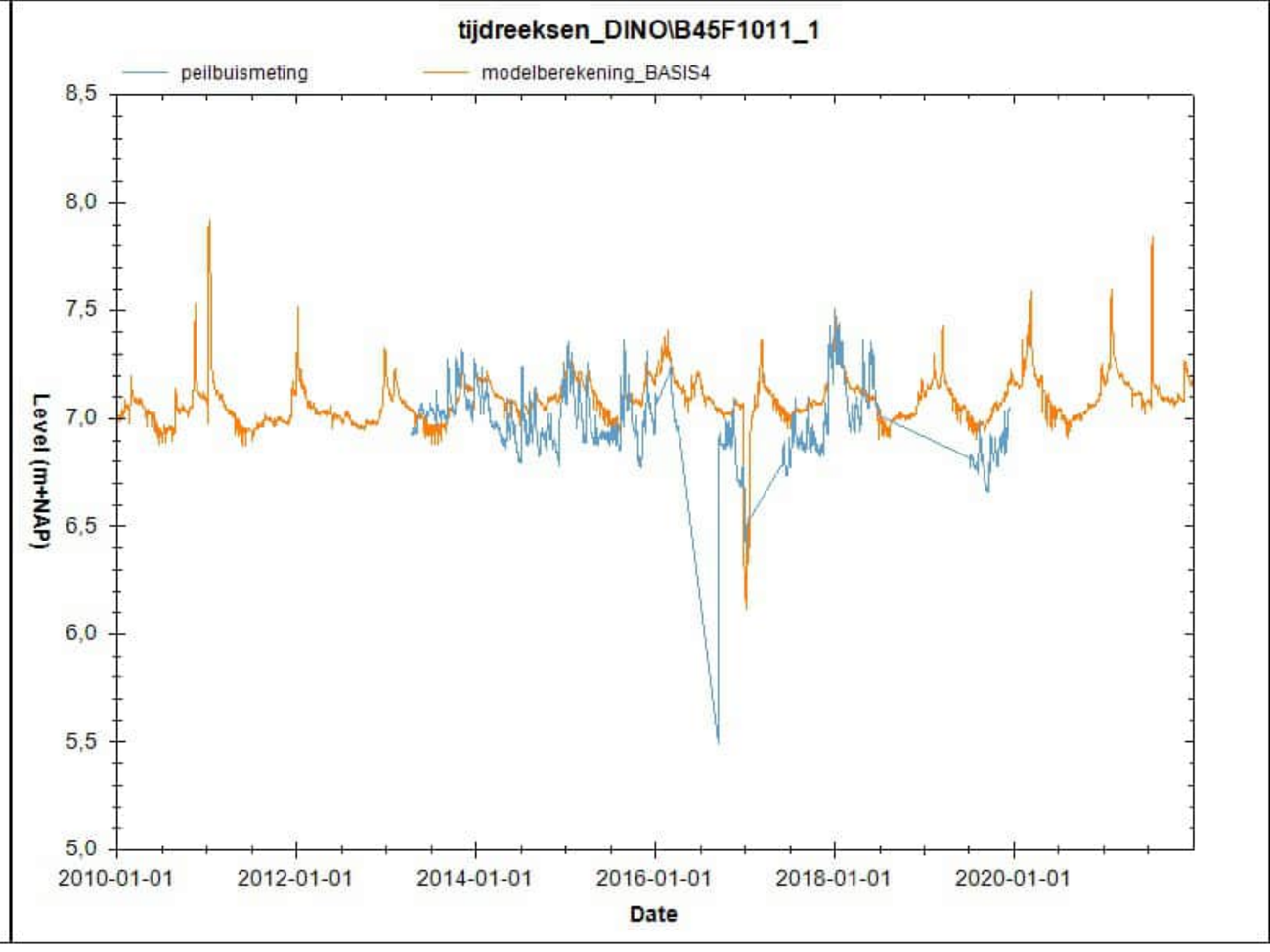
B1.11 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



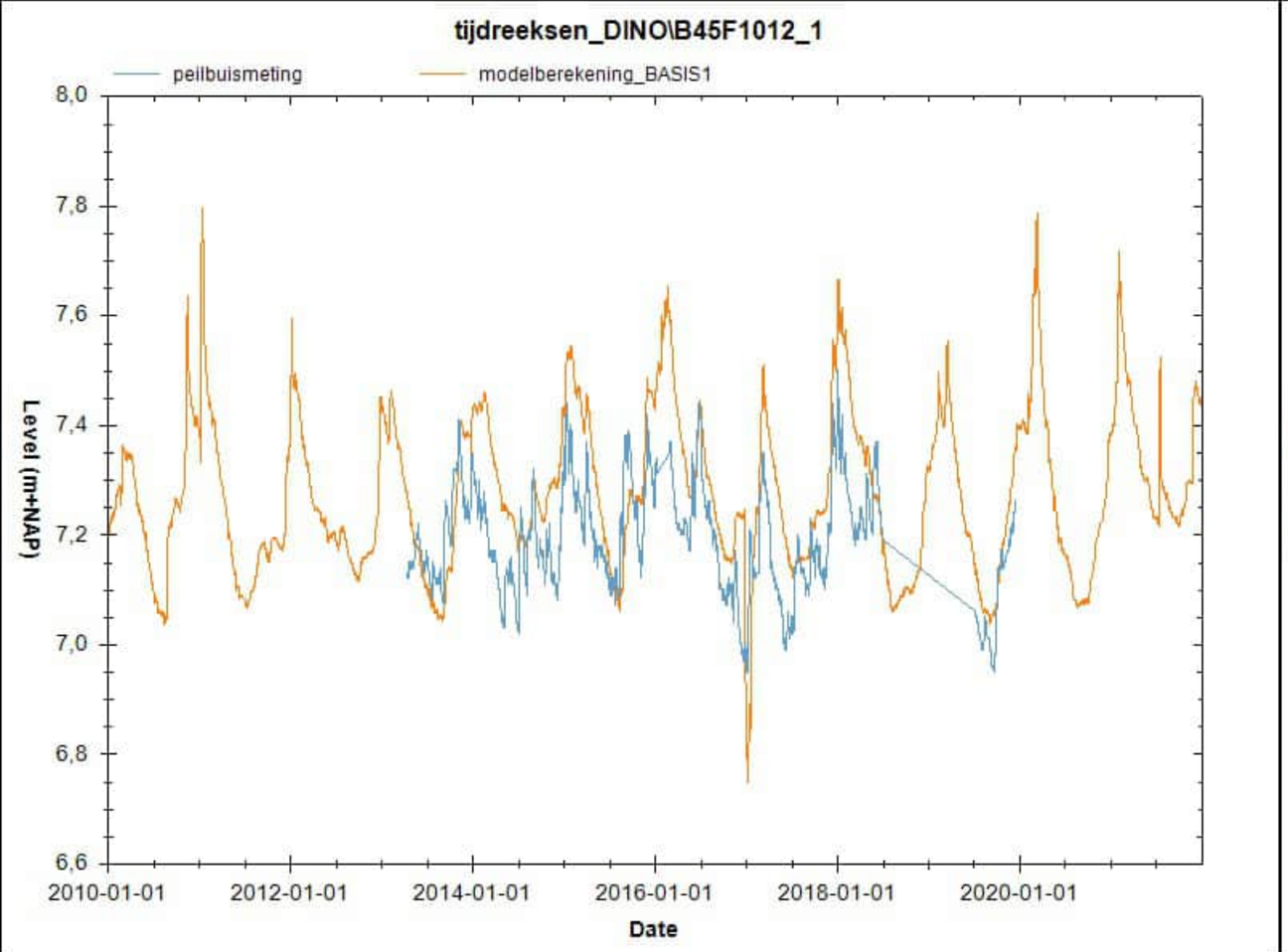


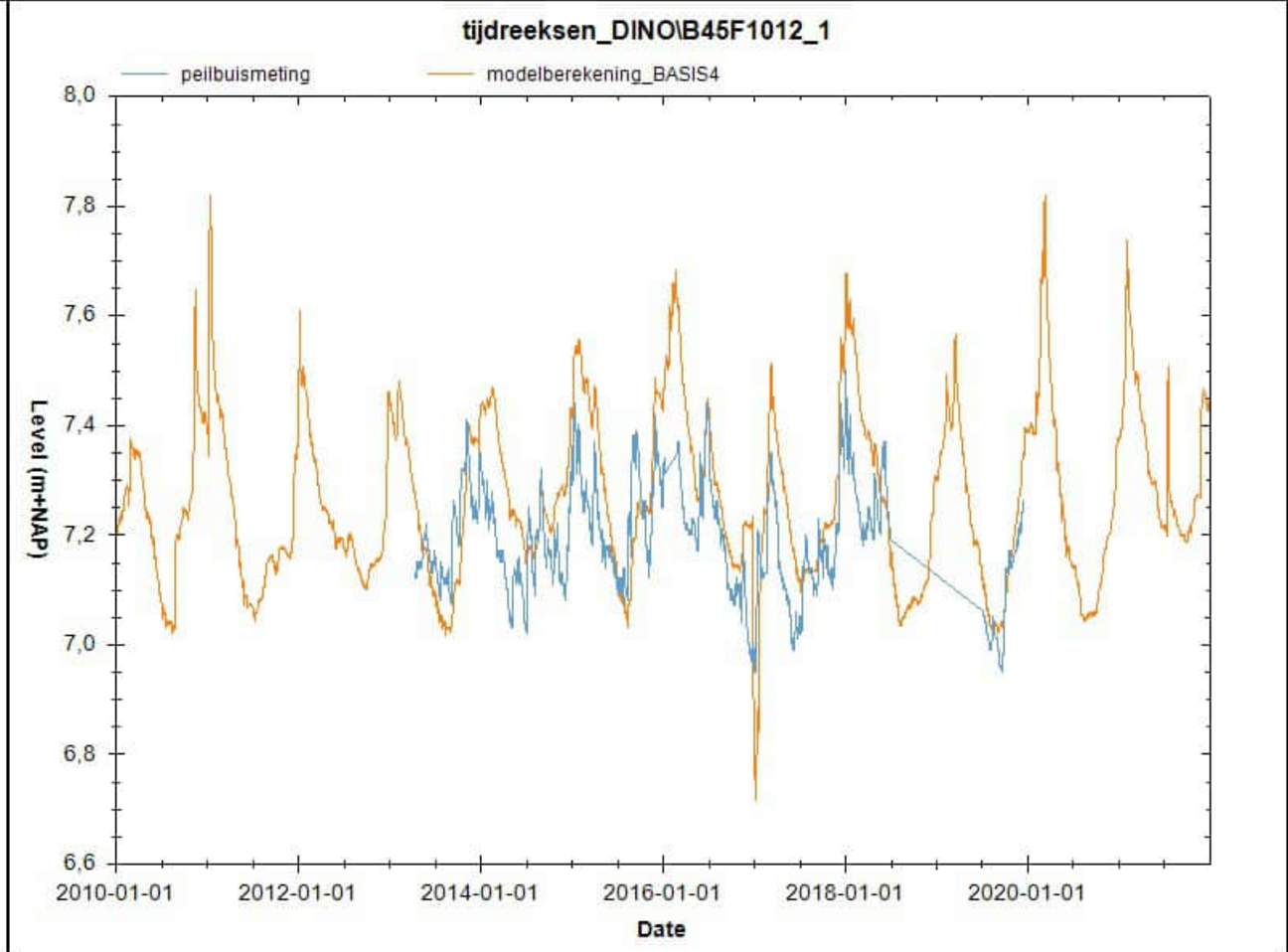
B1.12 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



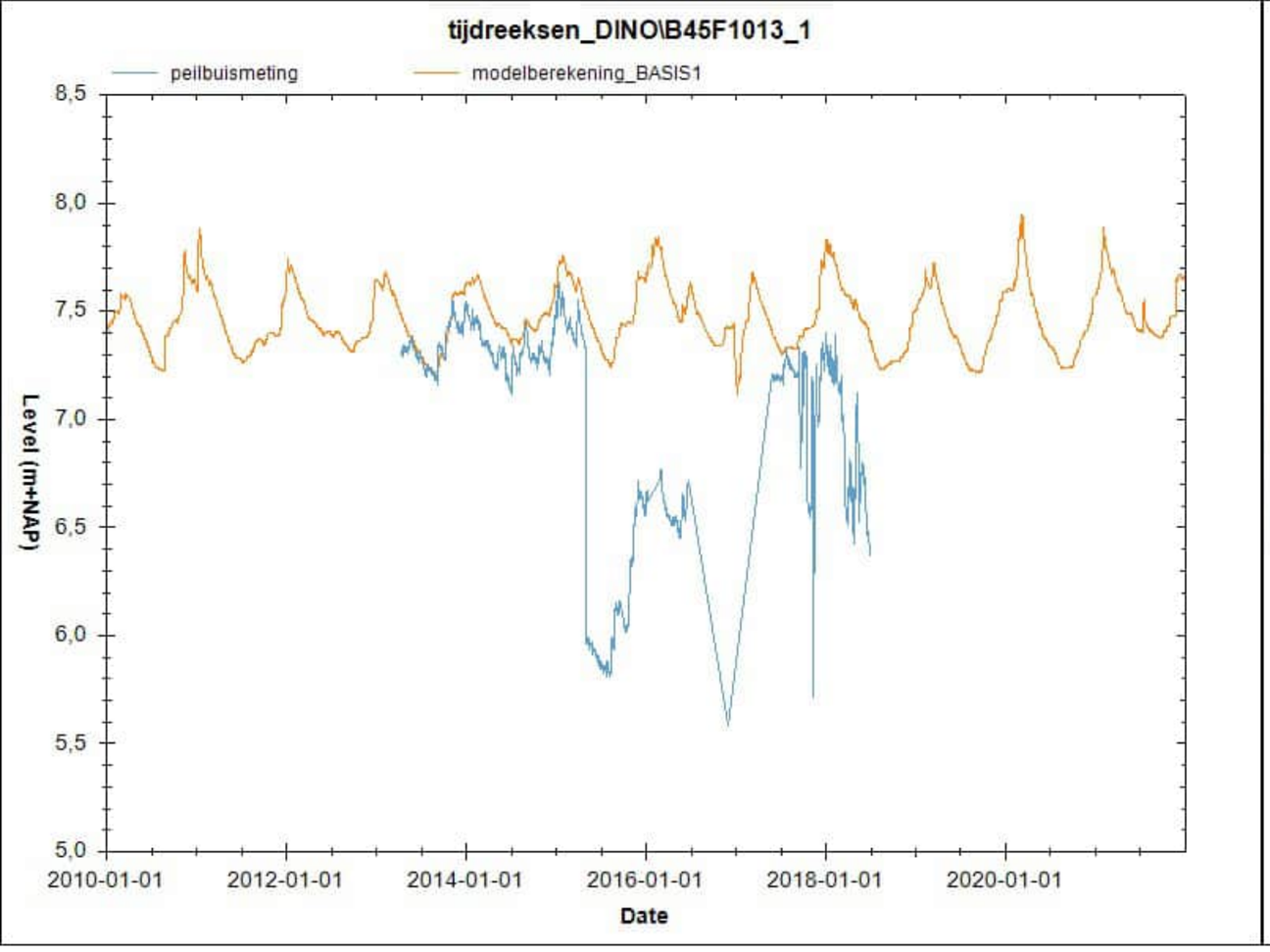


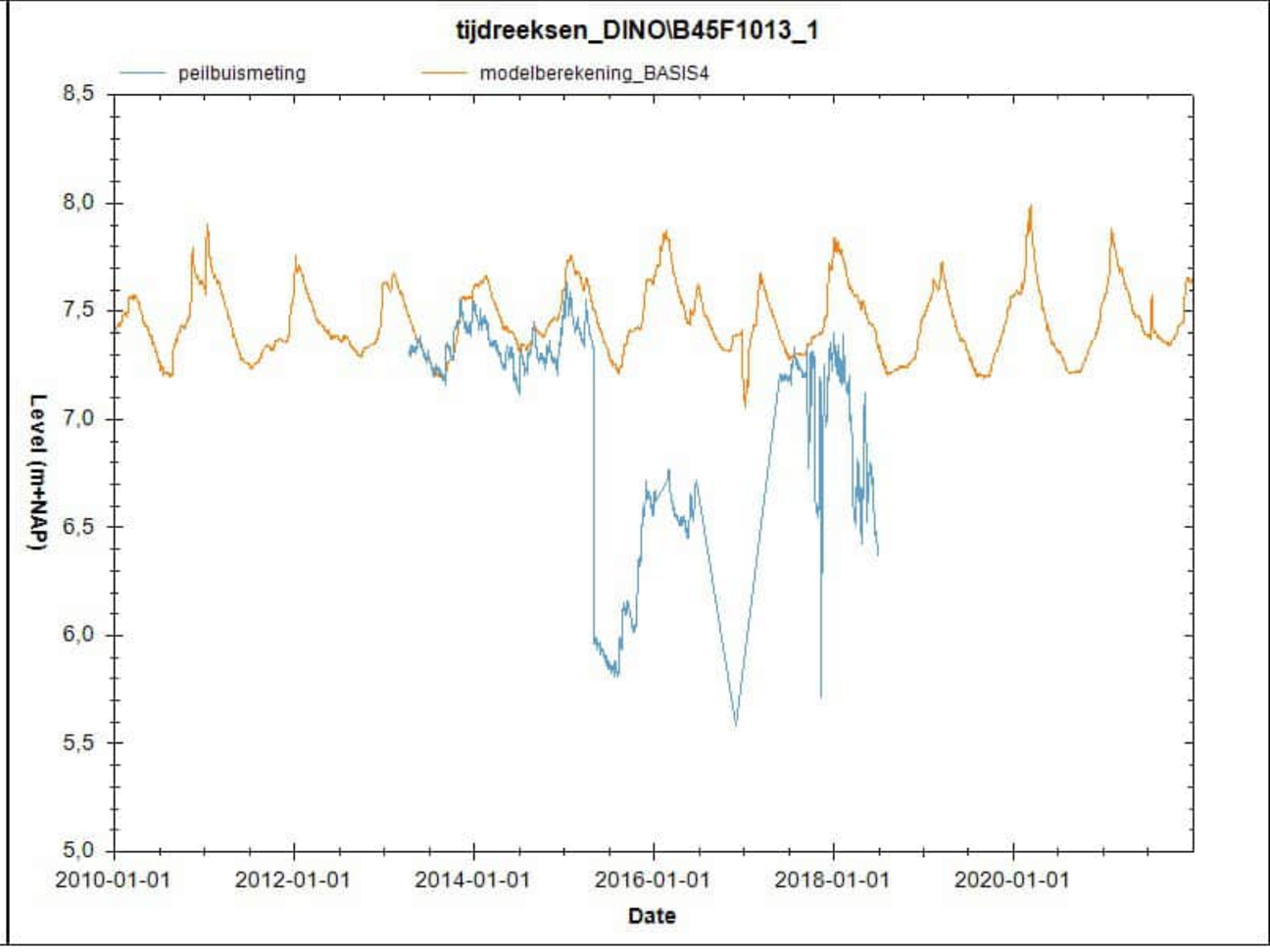
B1.13 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



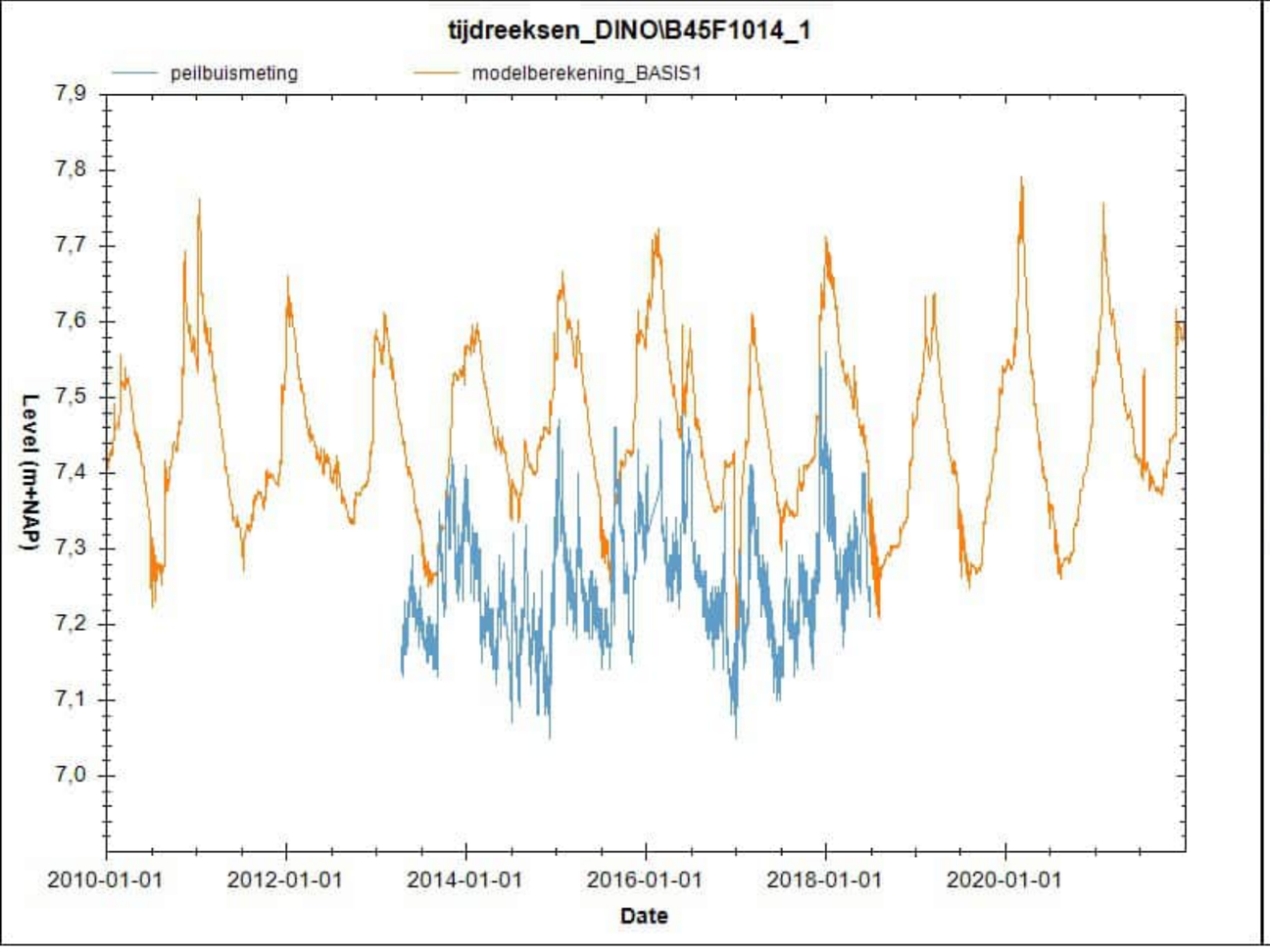


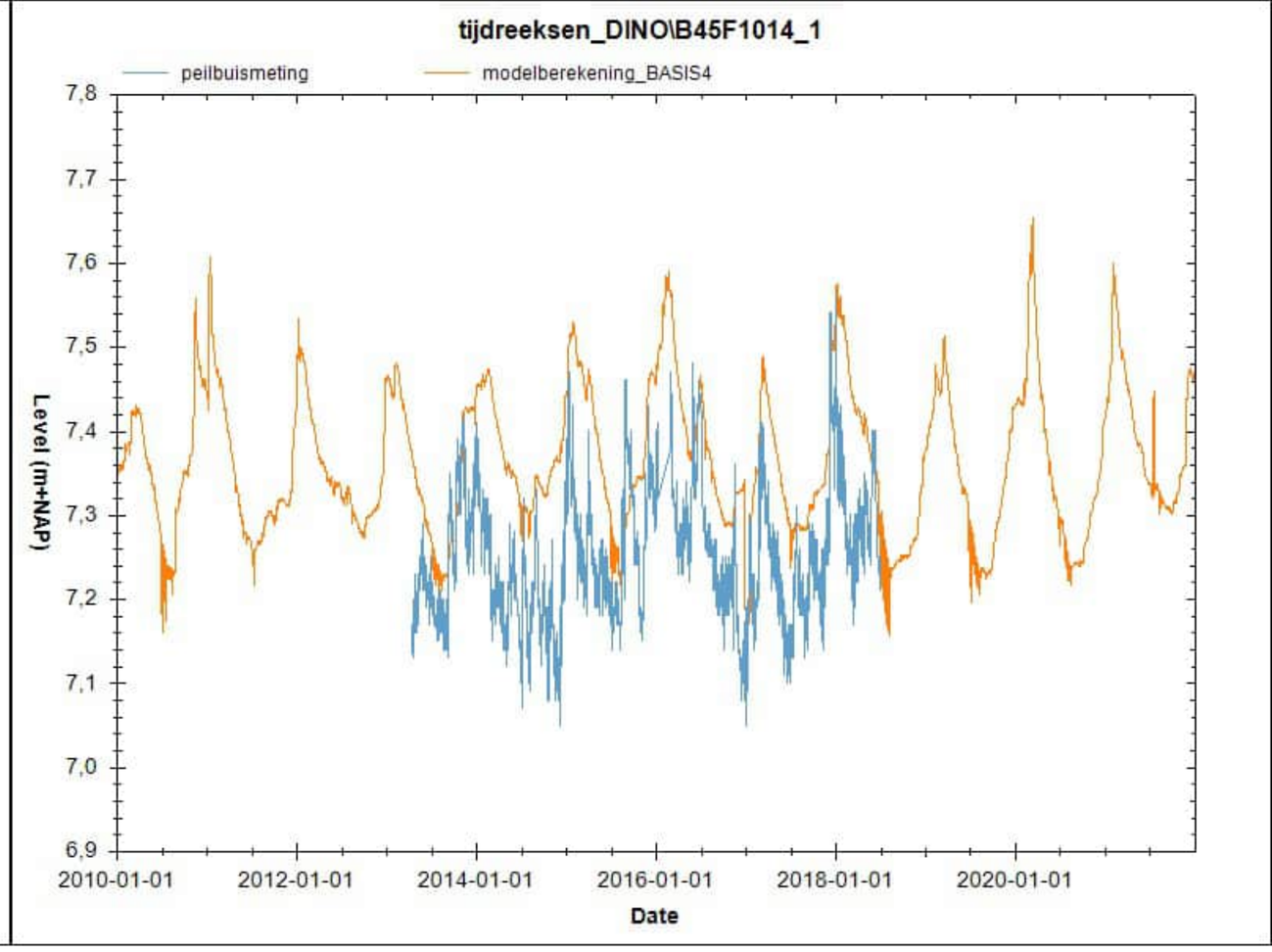
B1.14 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



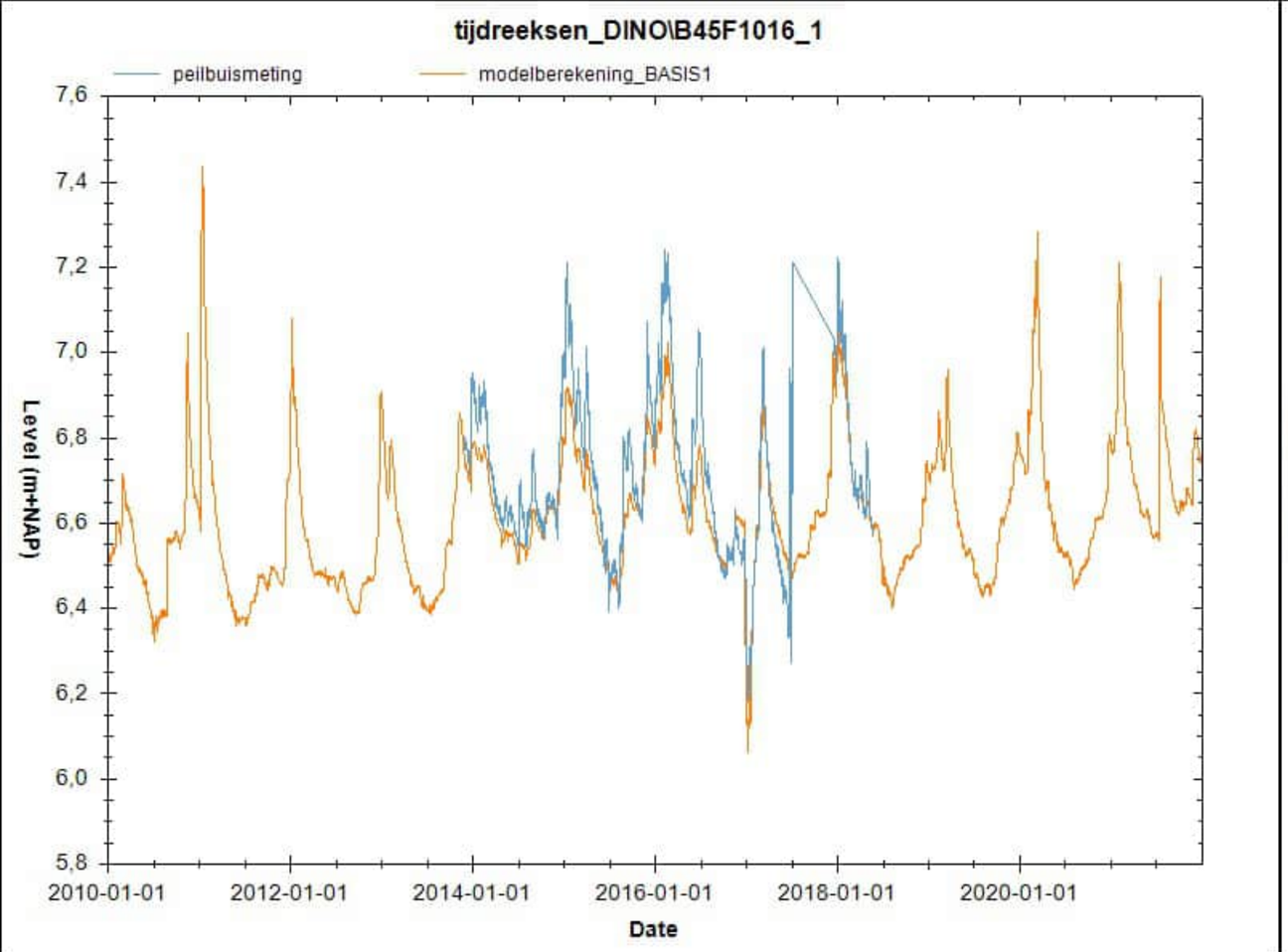


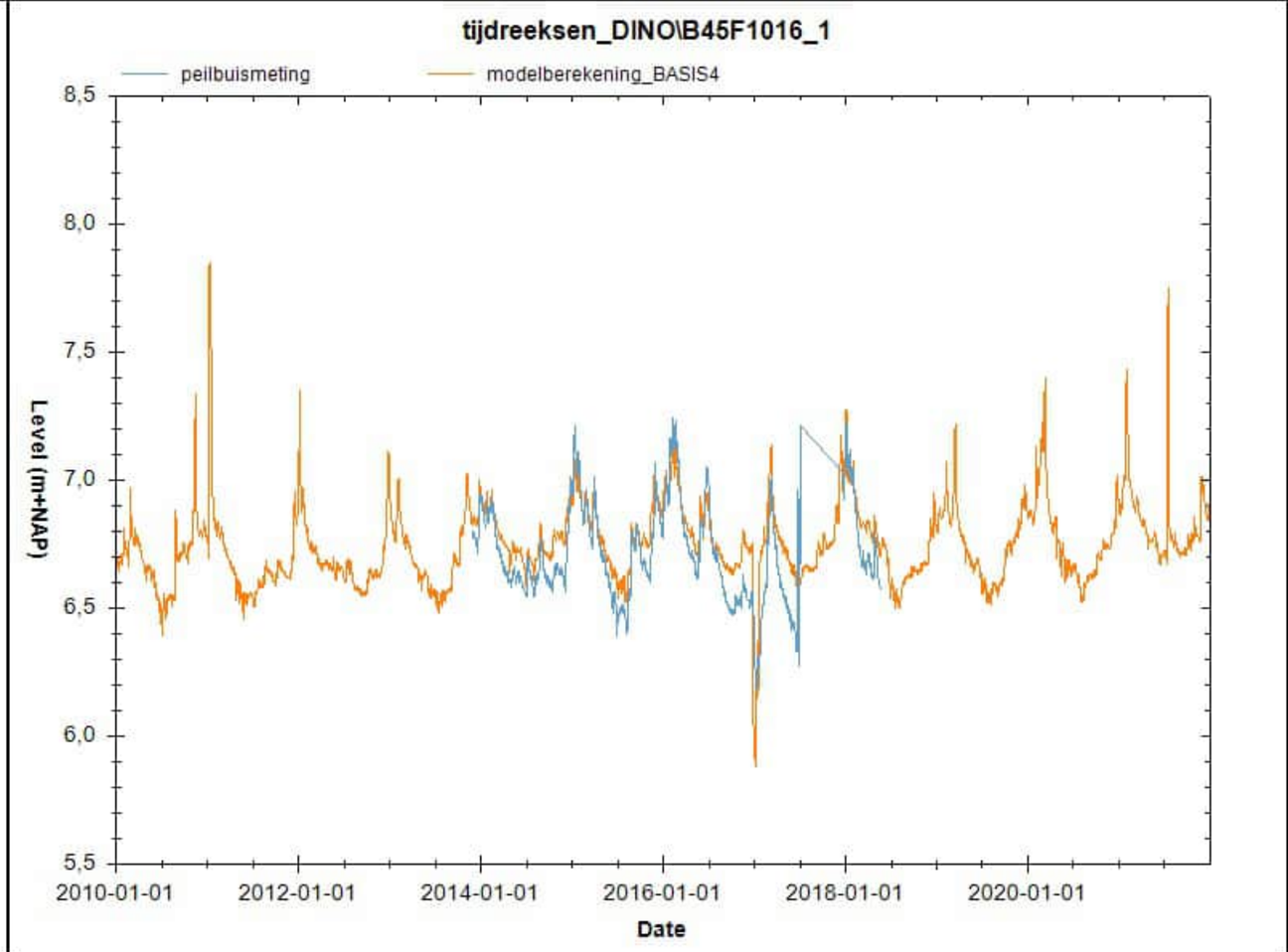
B1.15 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



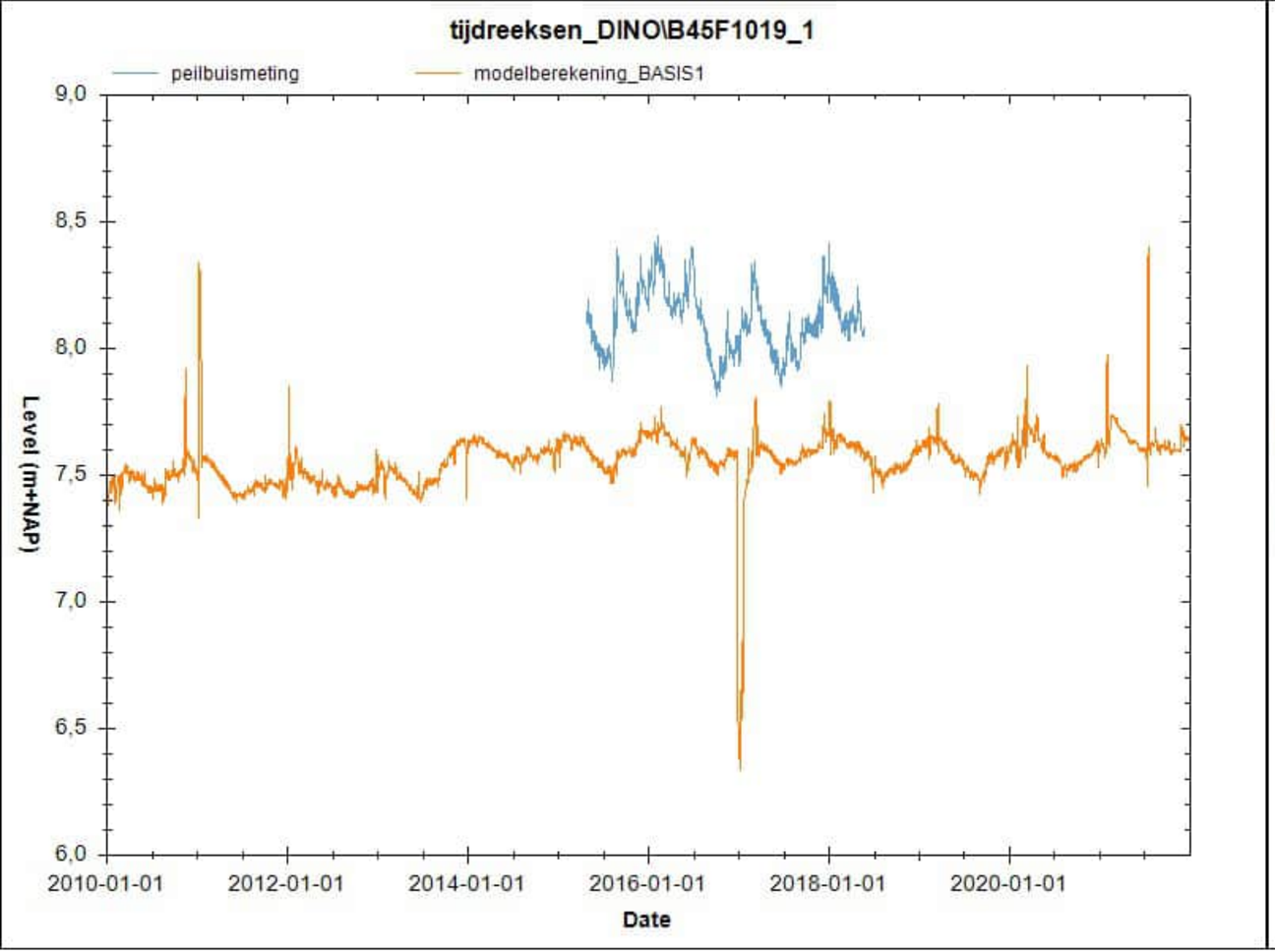


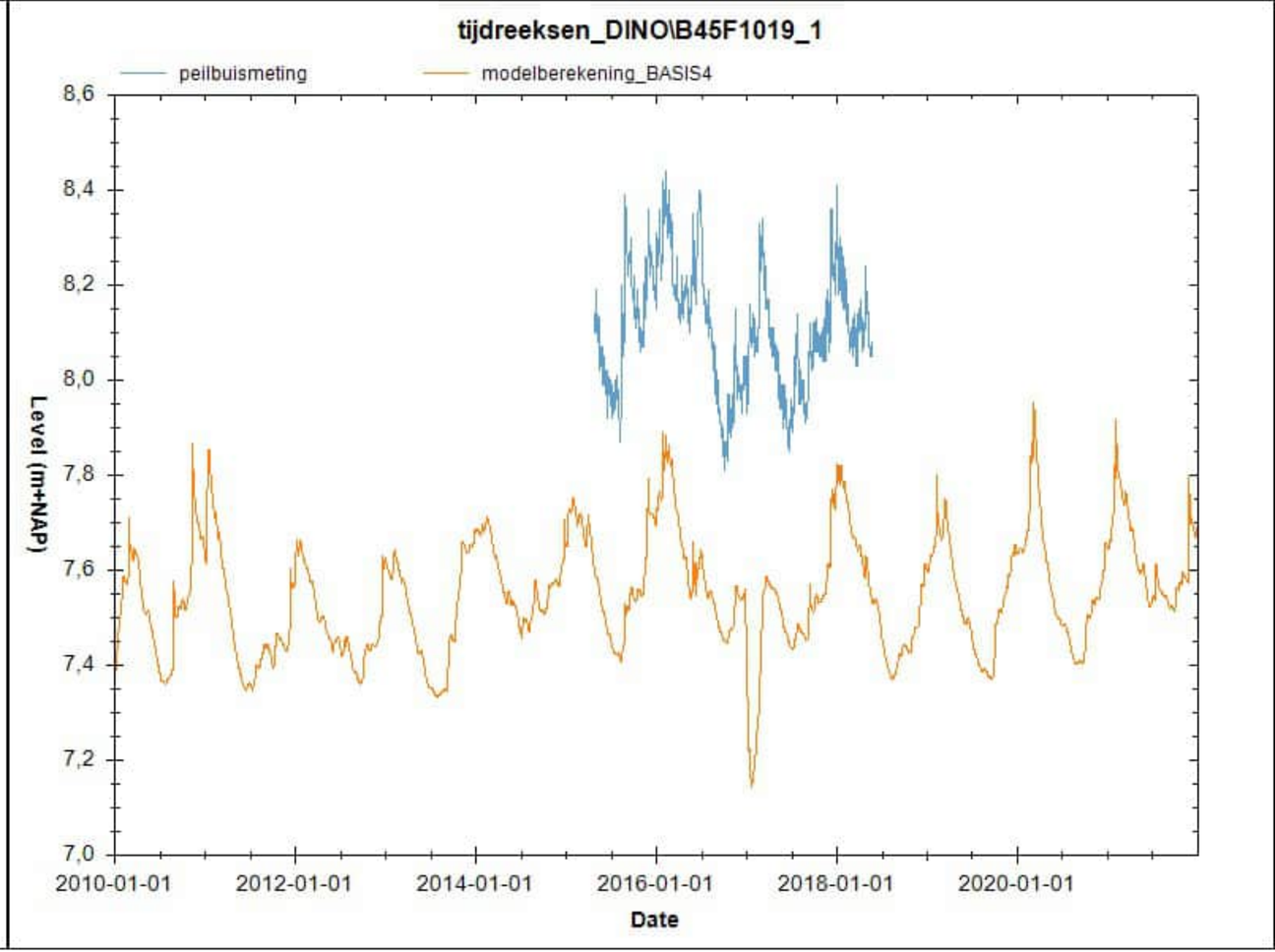
B1.16 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



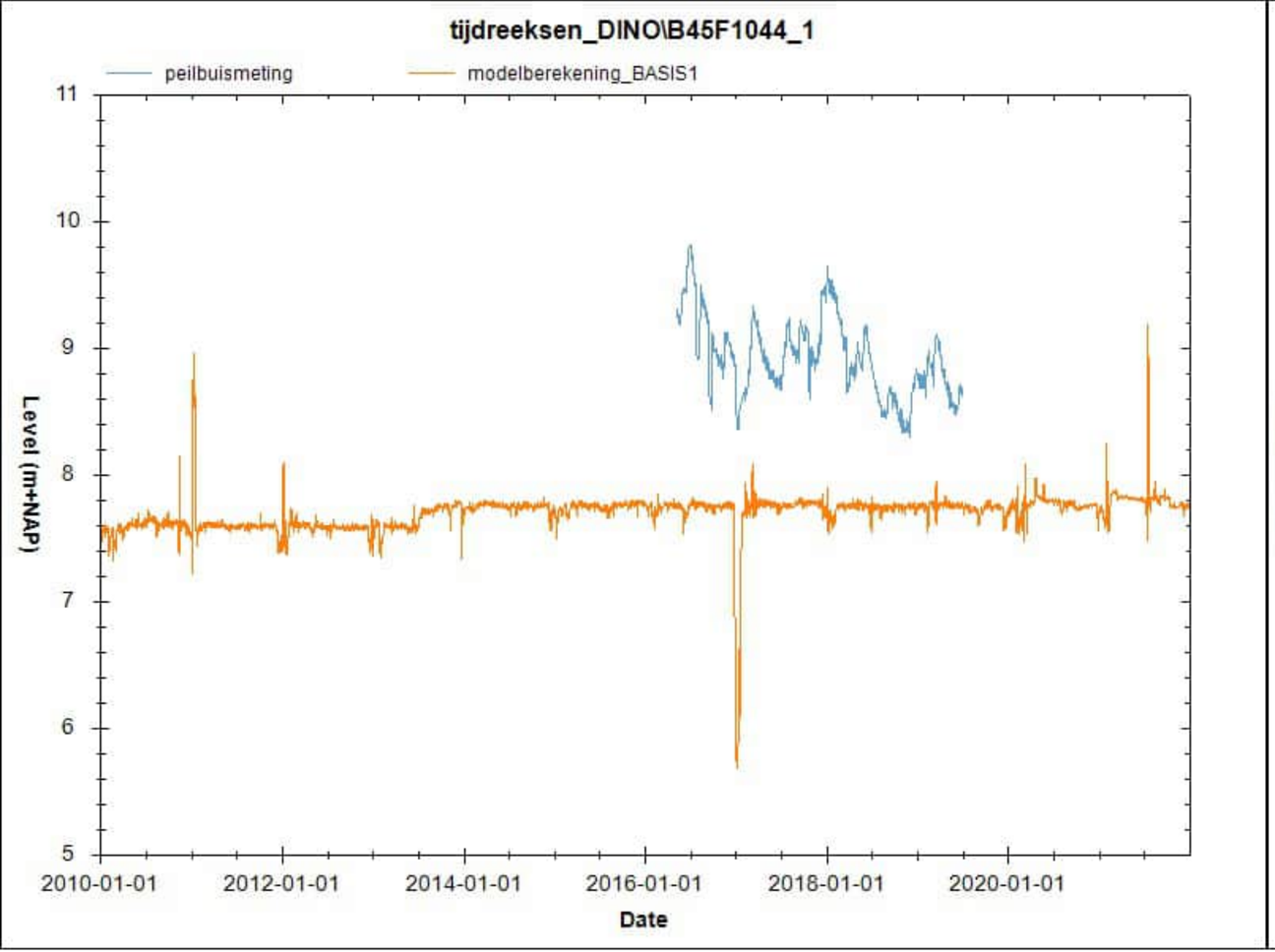


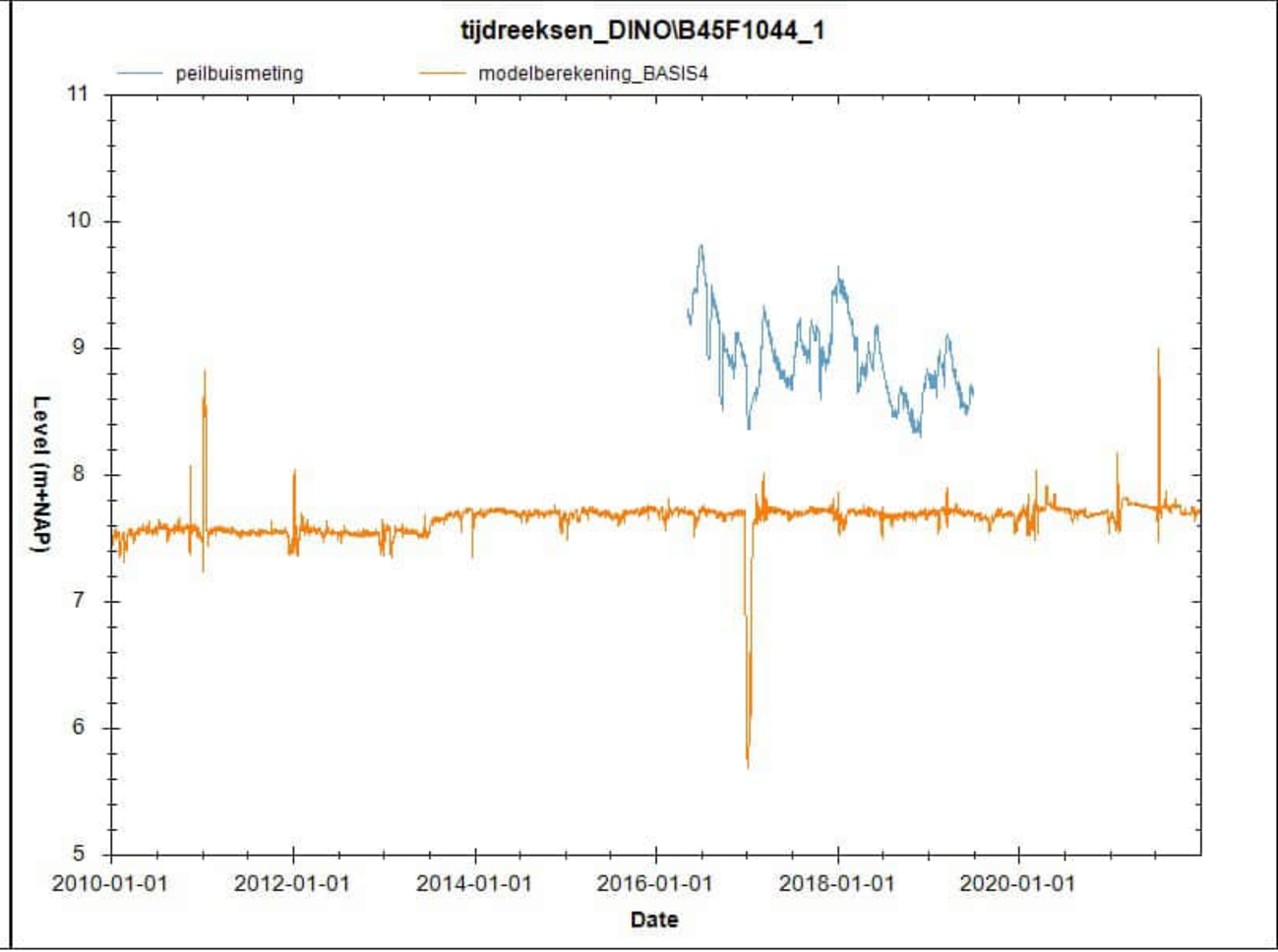
B1.17 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



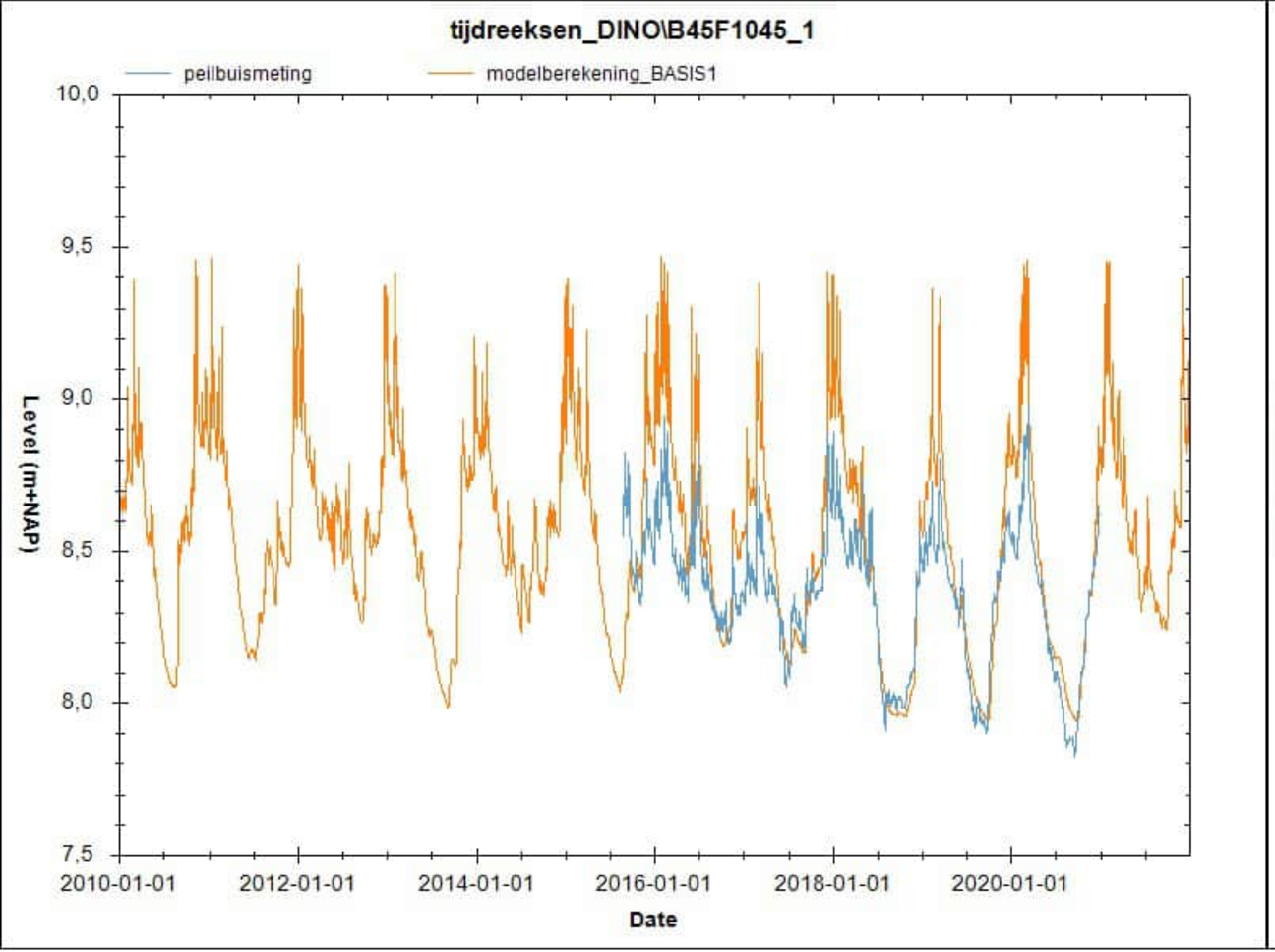


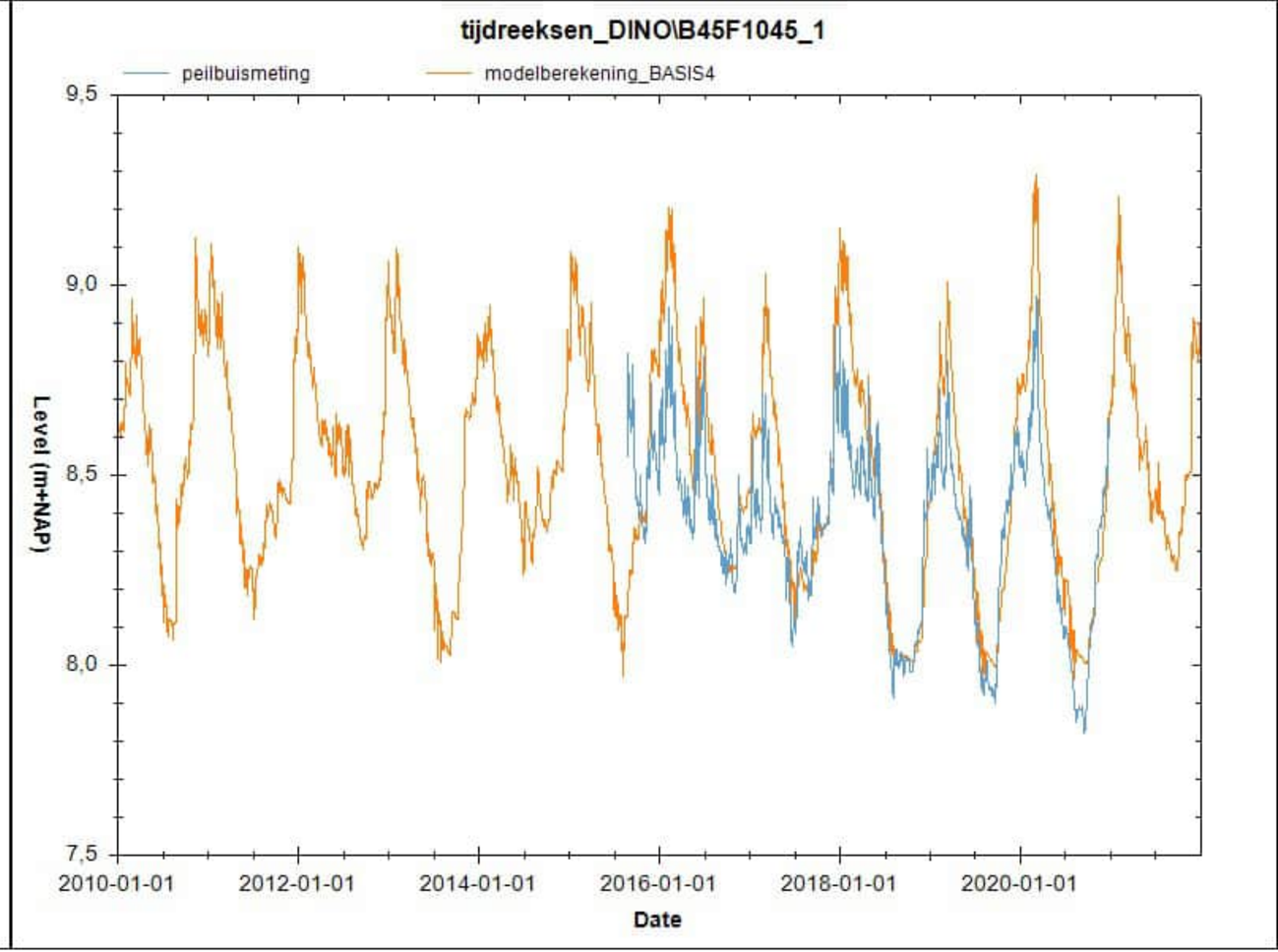
B1.18 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



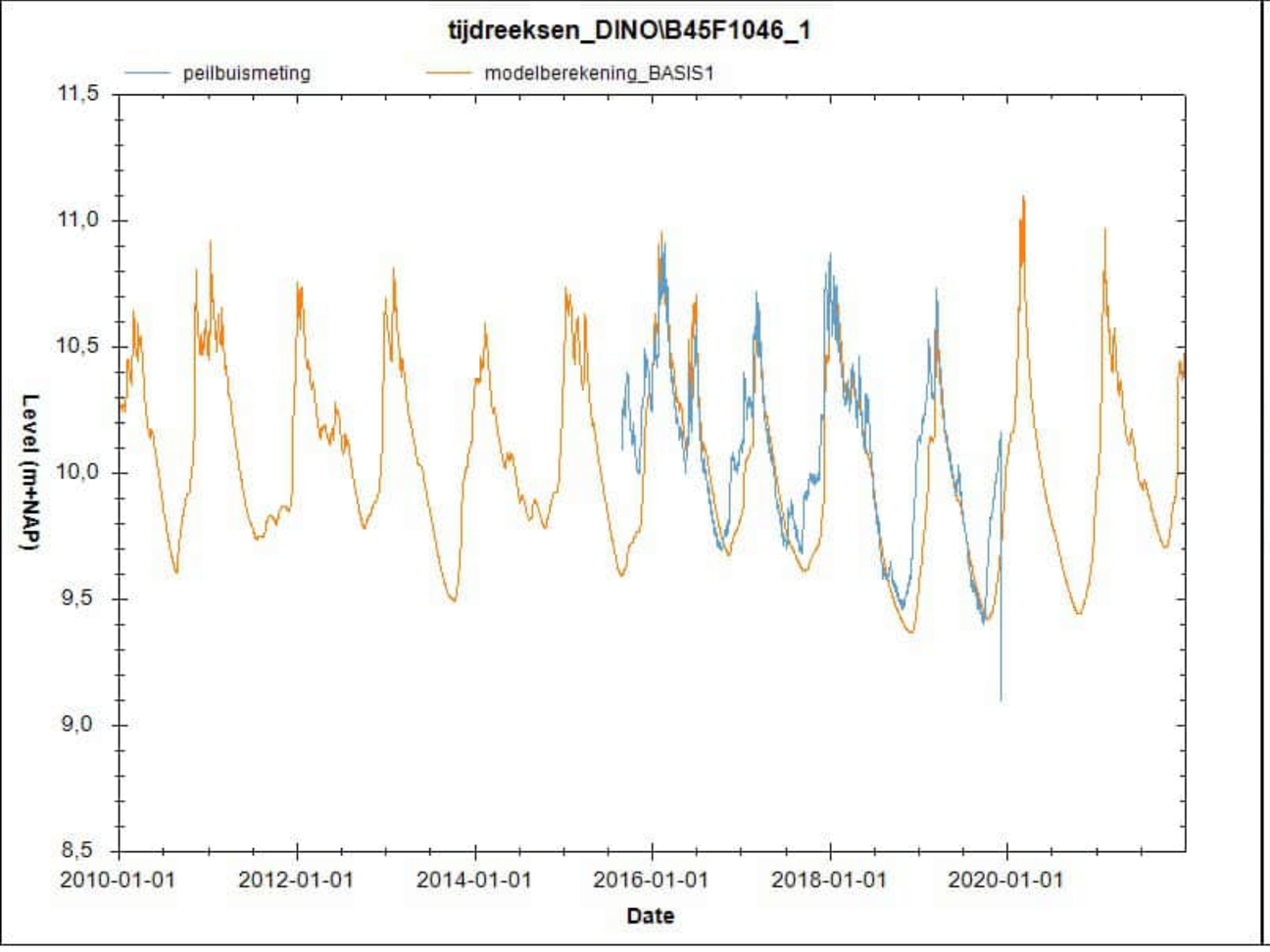


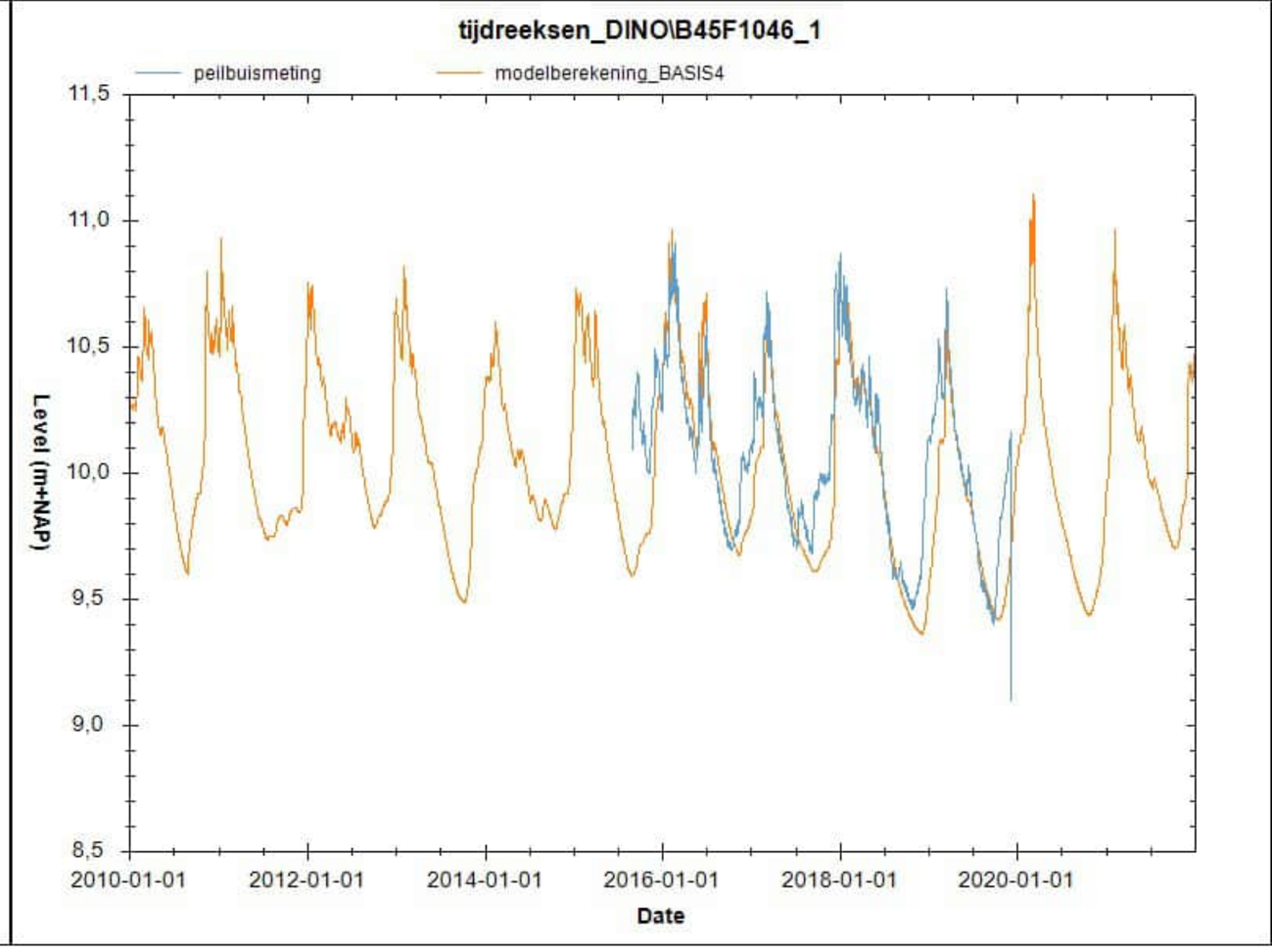
B1.19 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



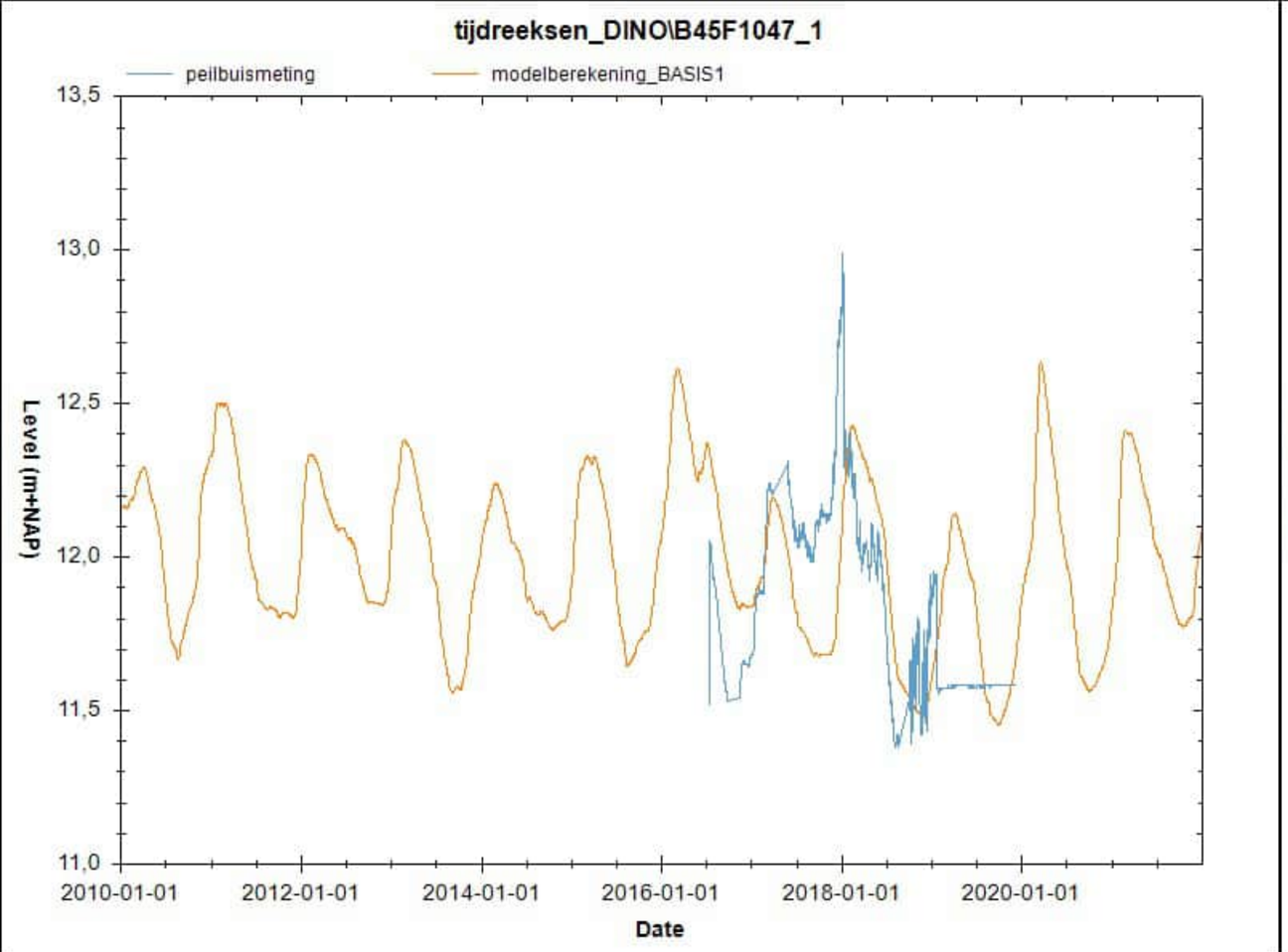


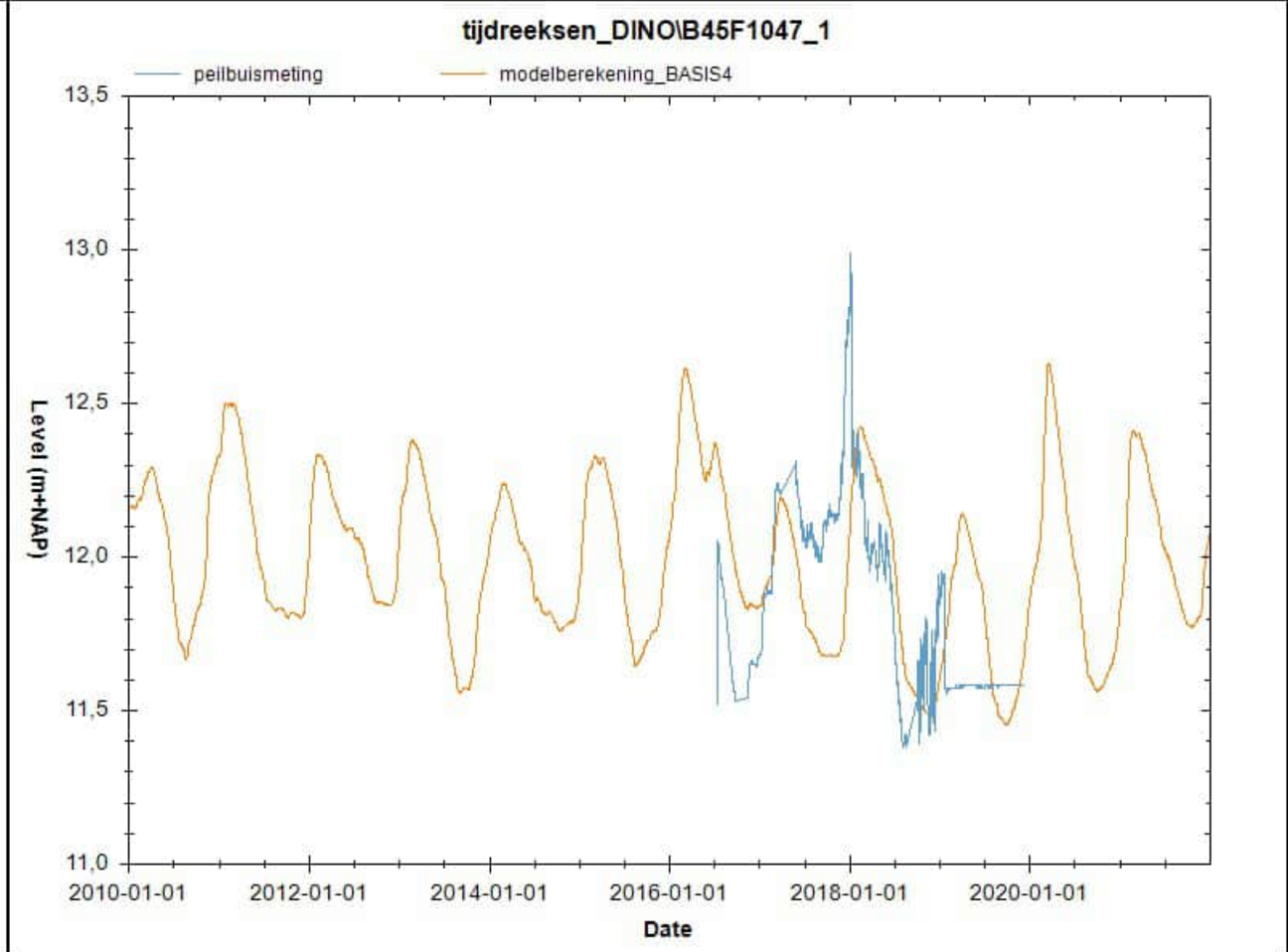
B1.20 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



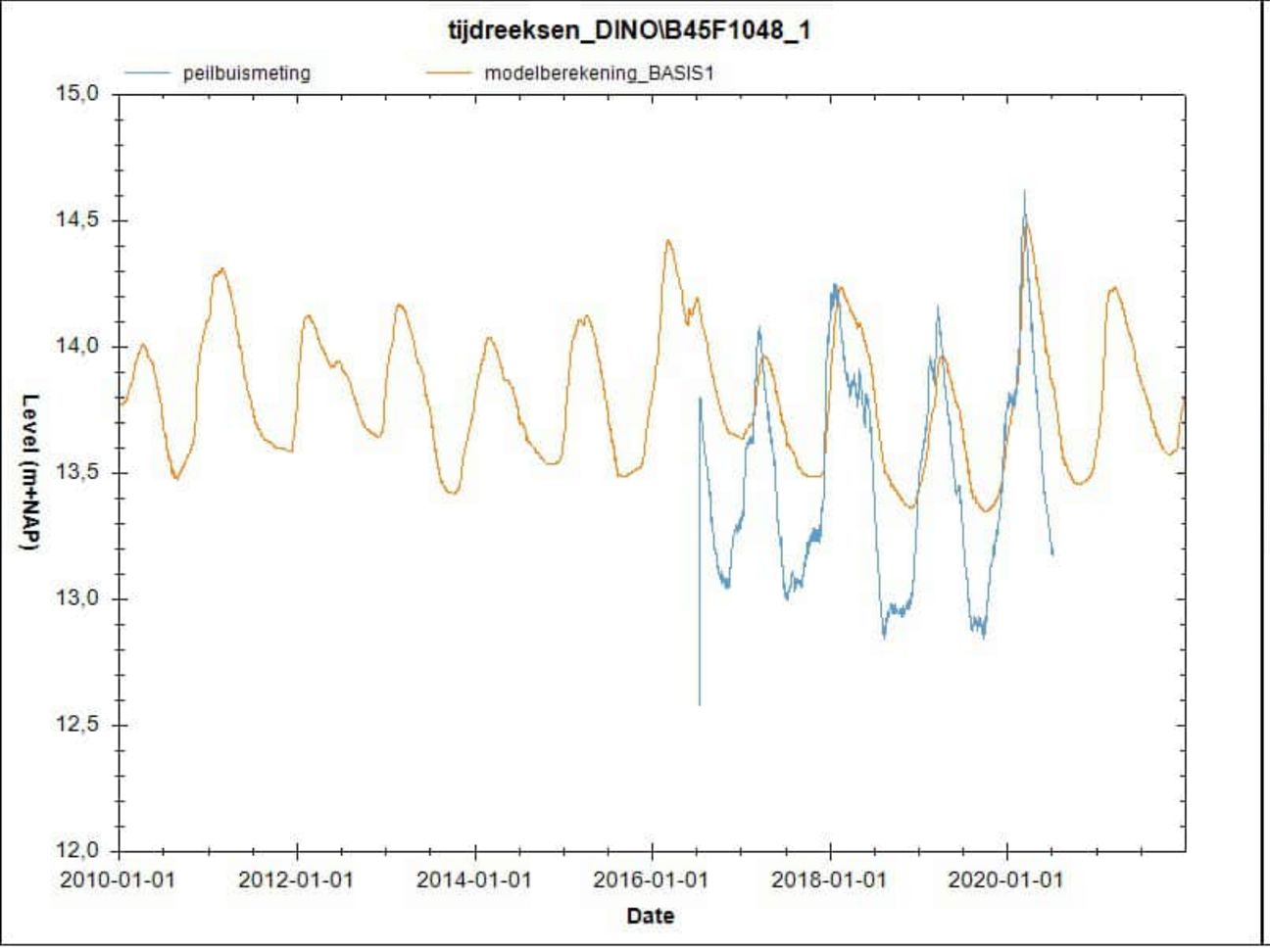


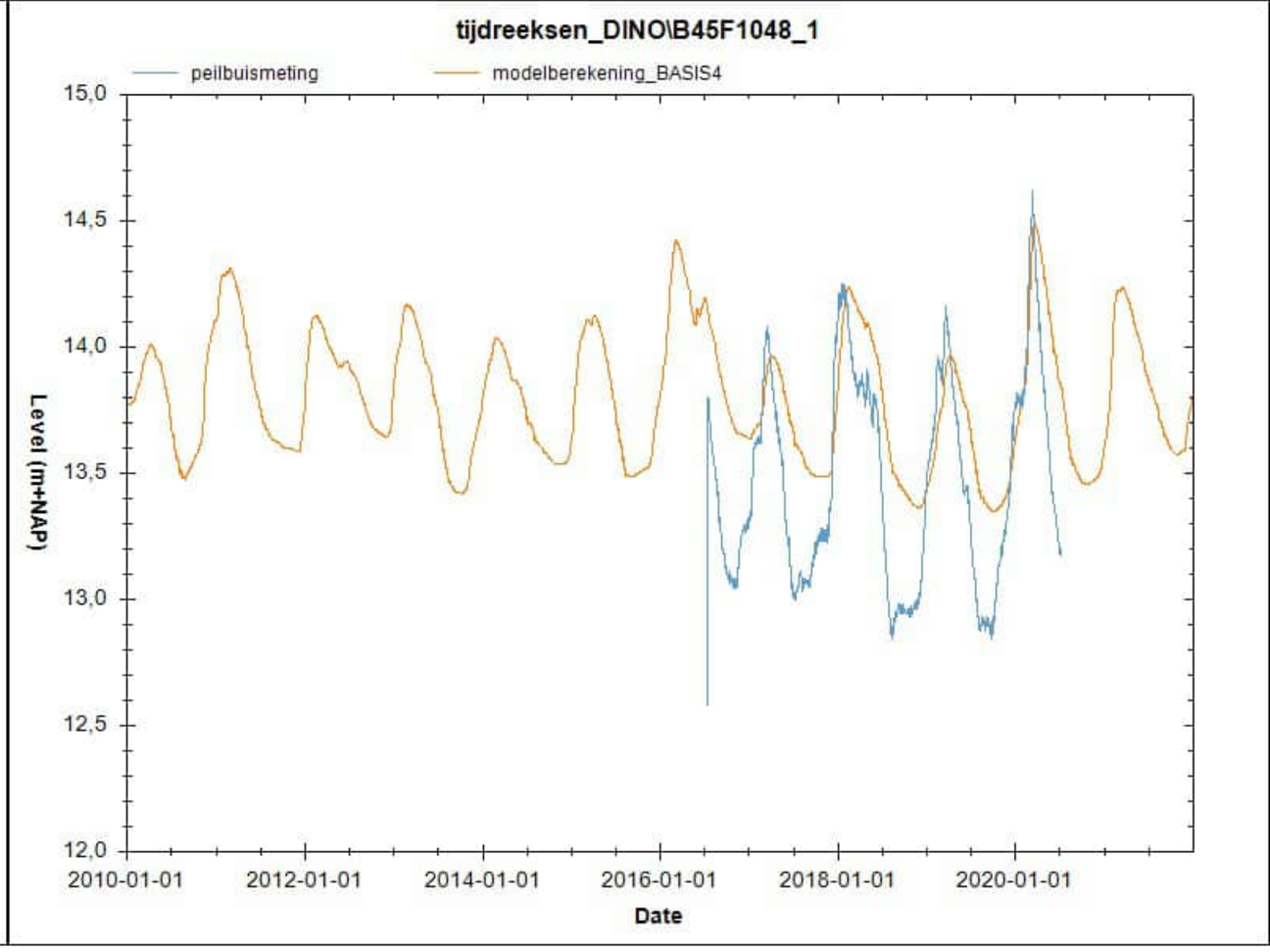
B1.21 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



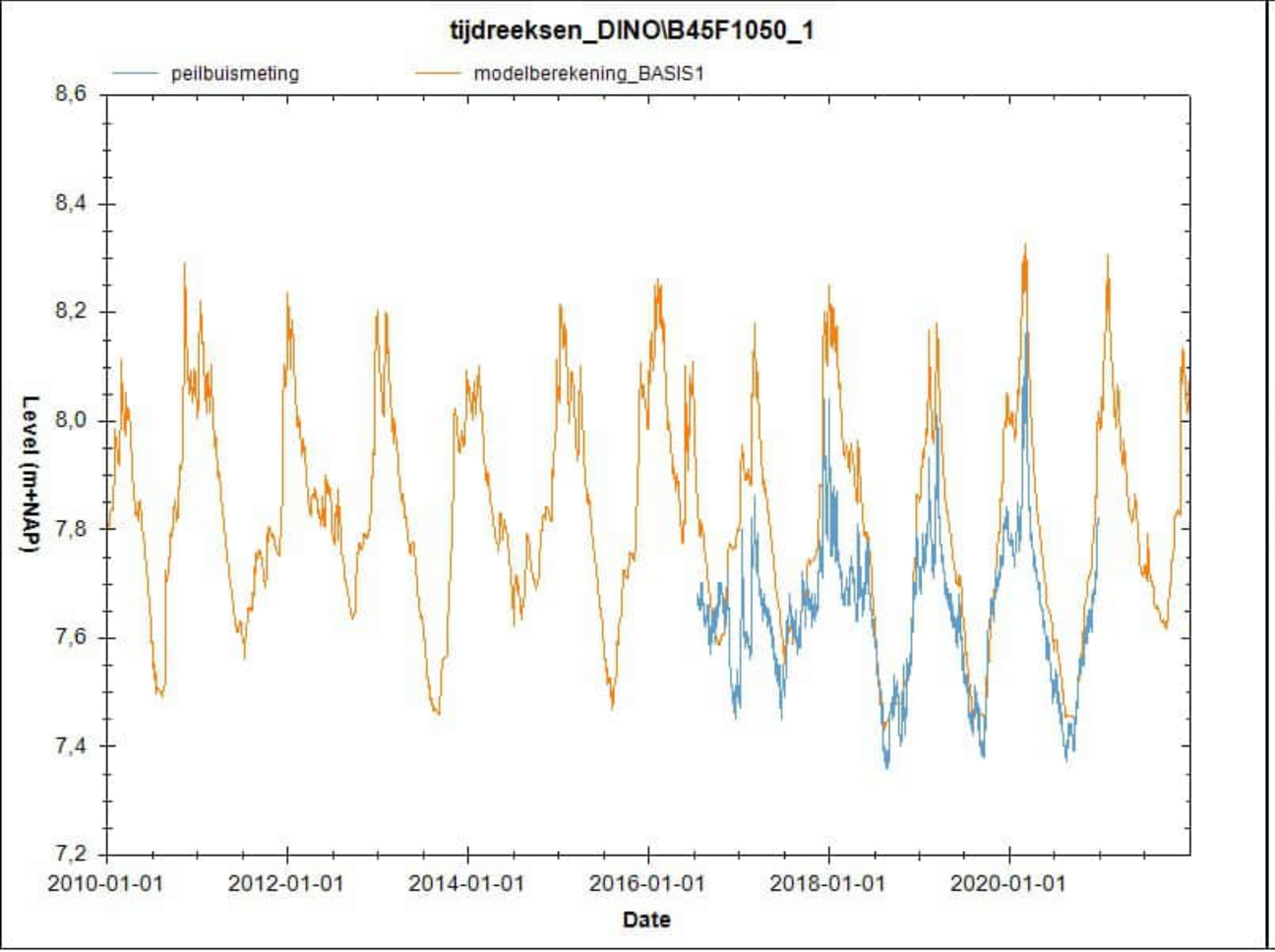


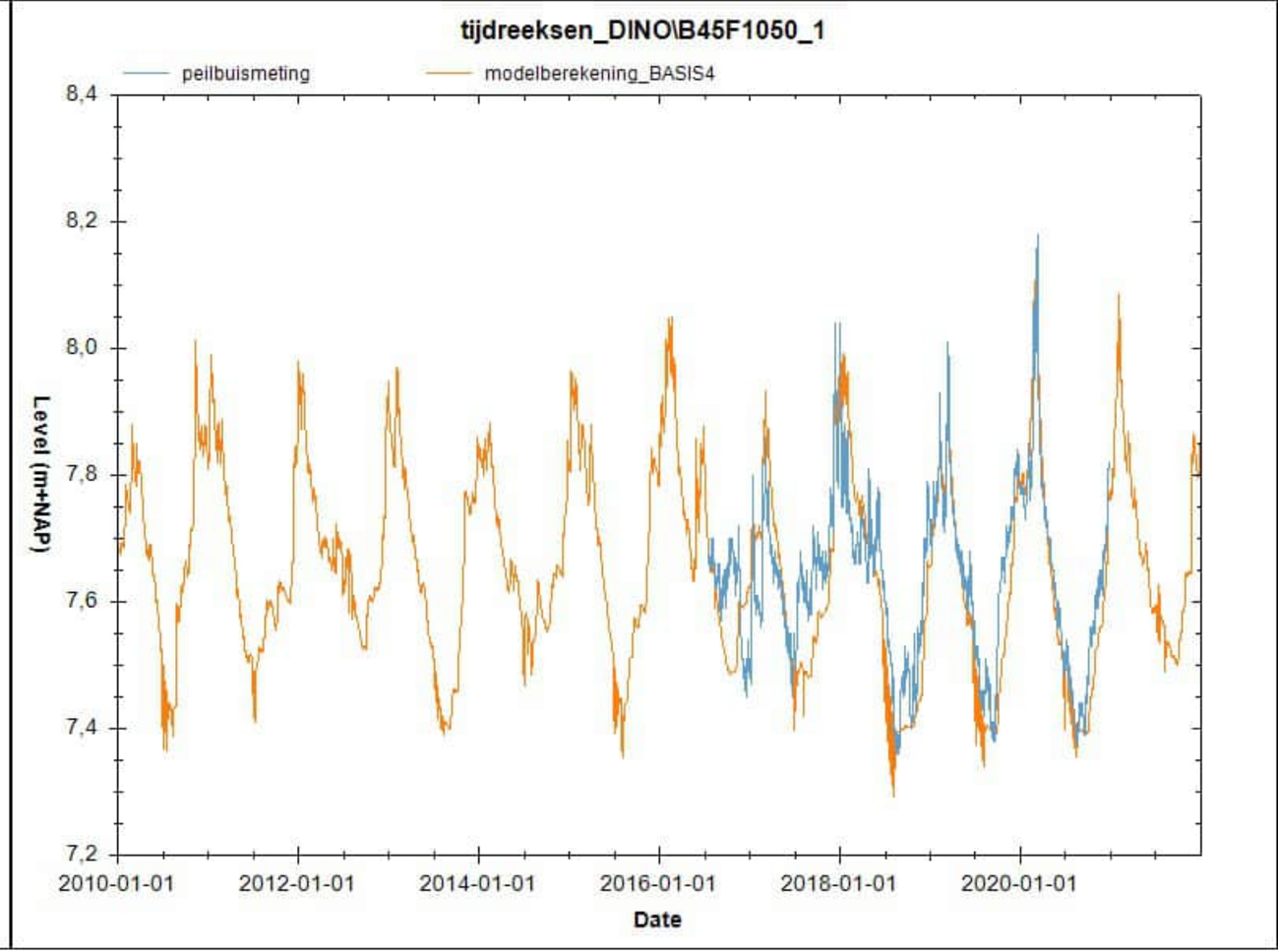
B1.22 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



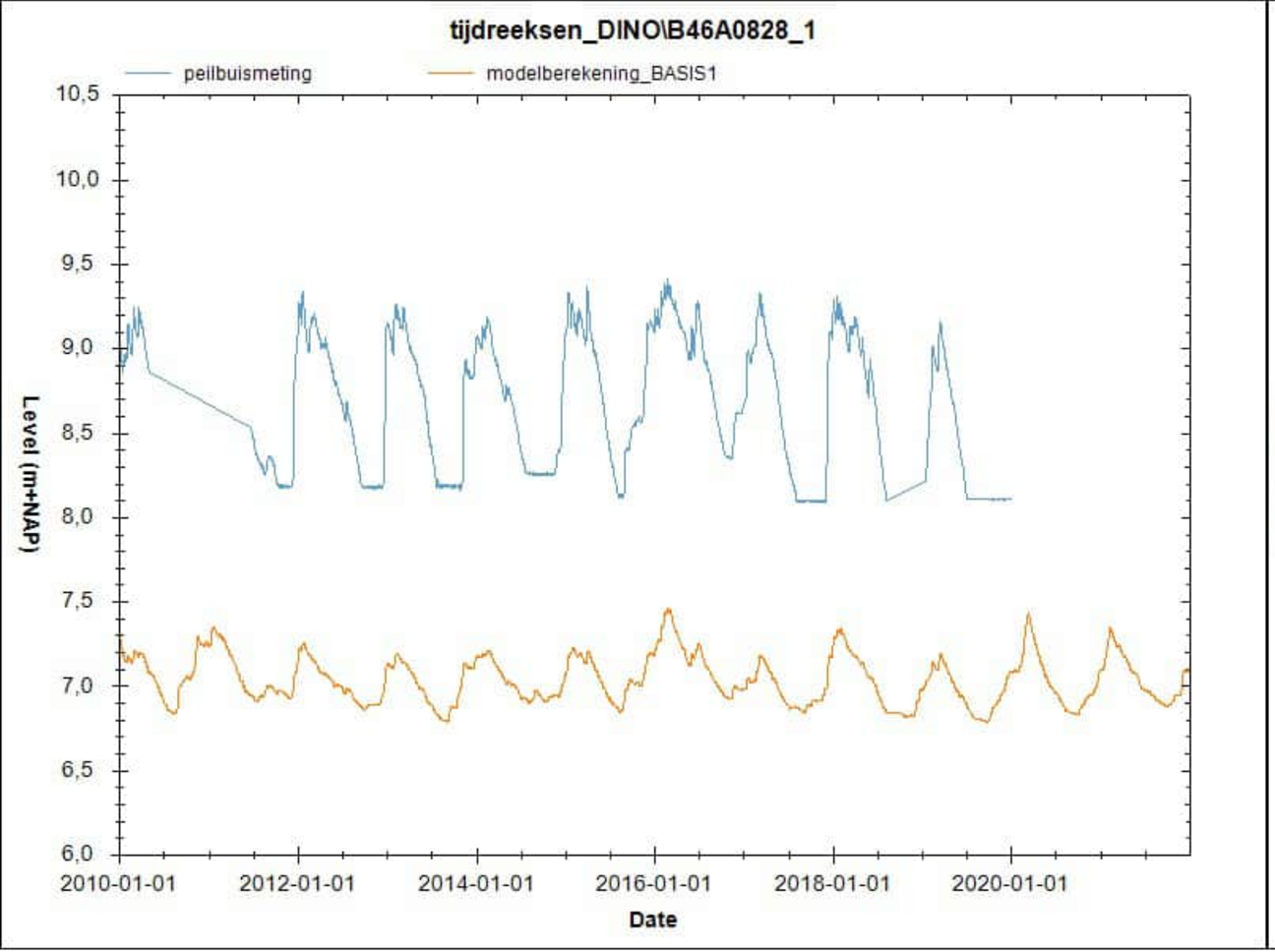


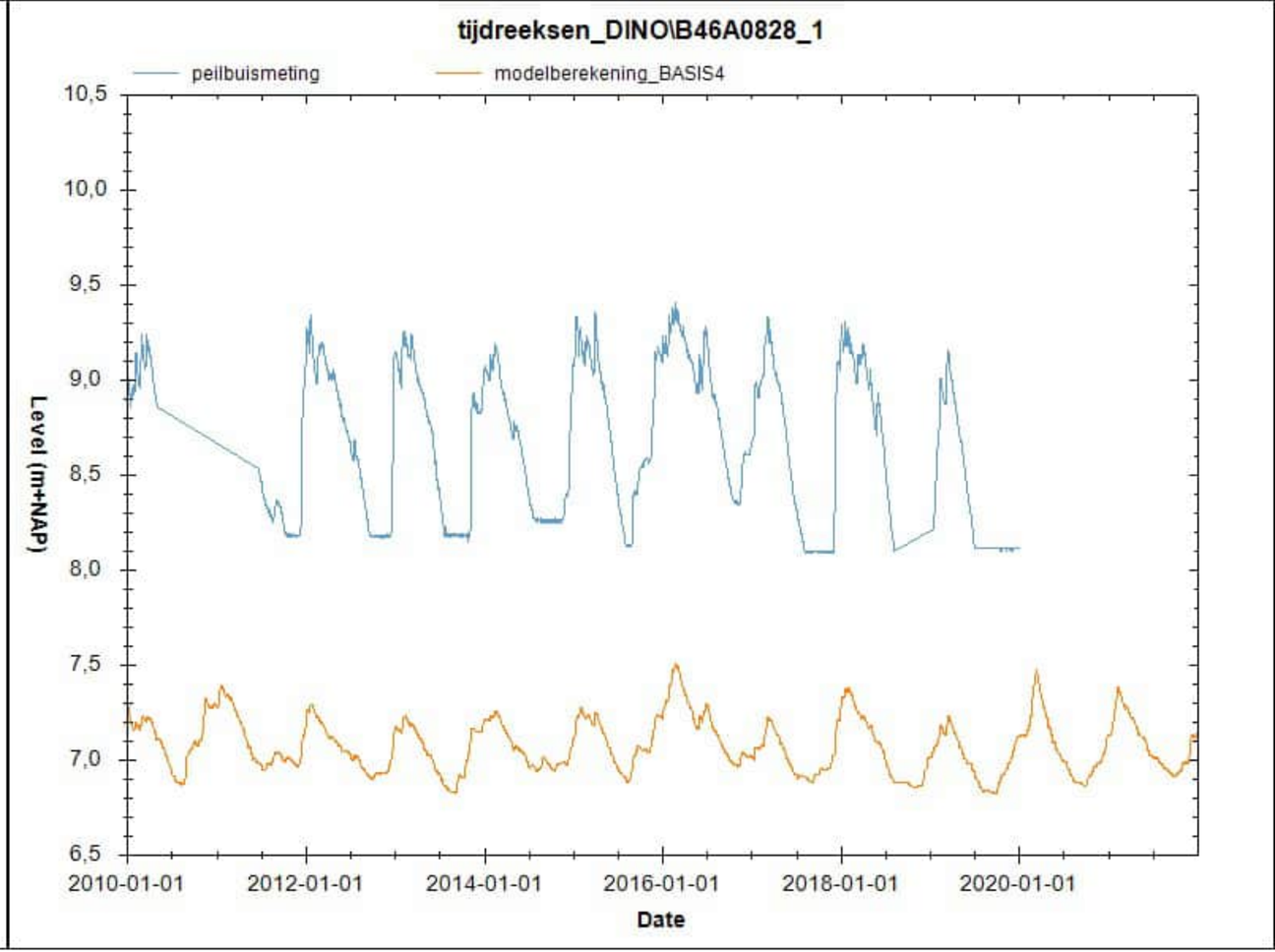
B1.23 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



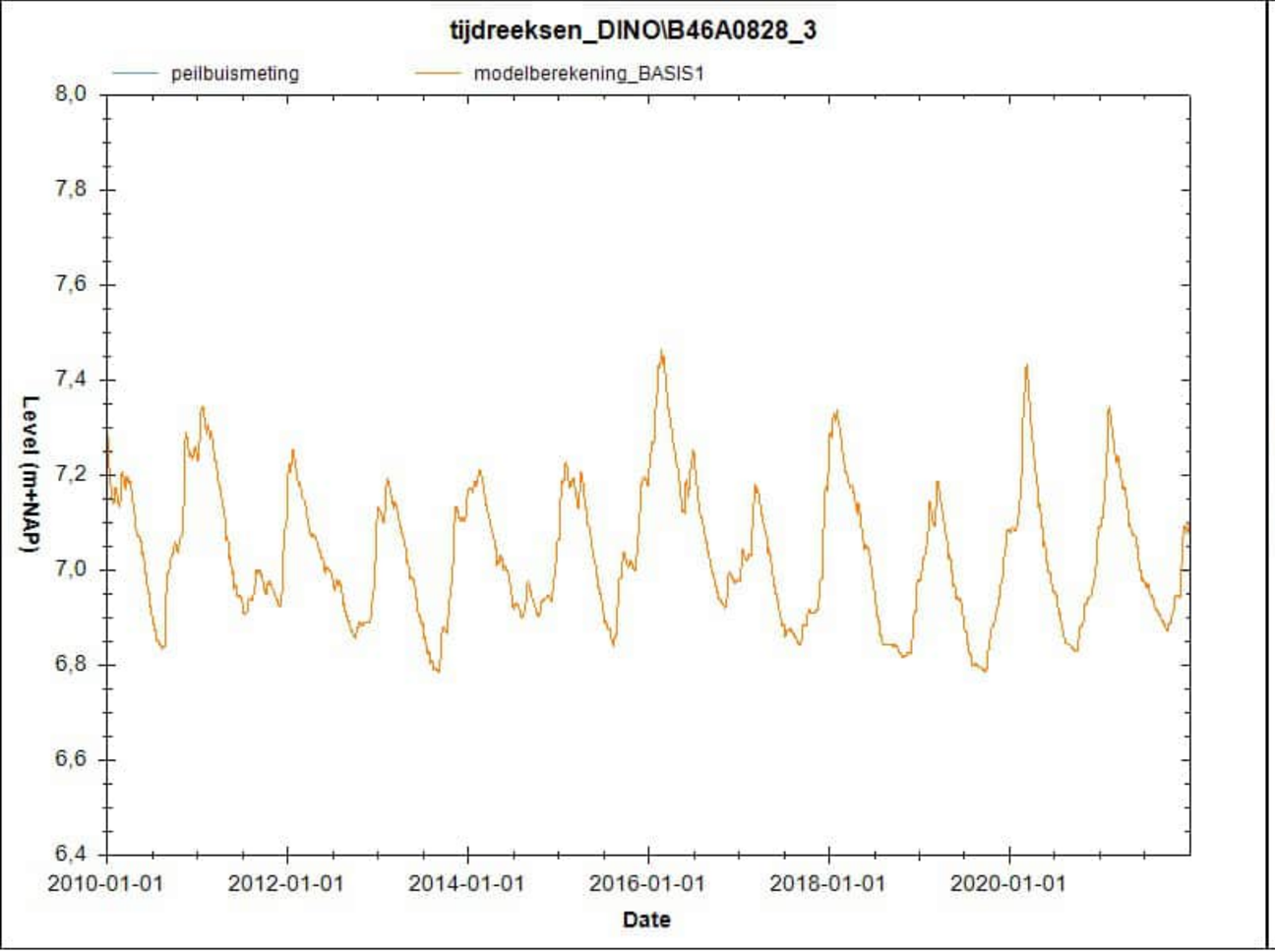


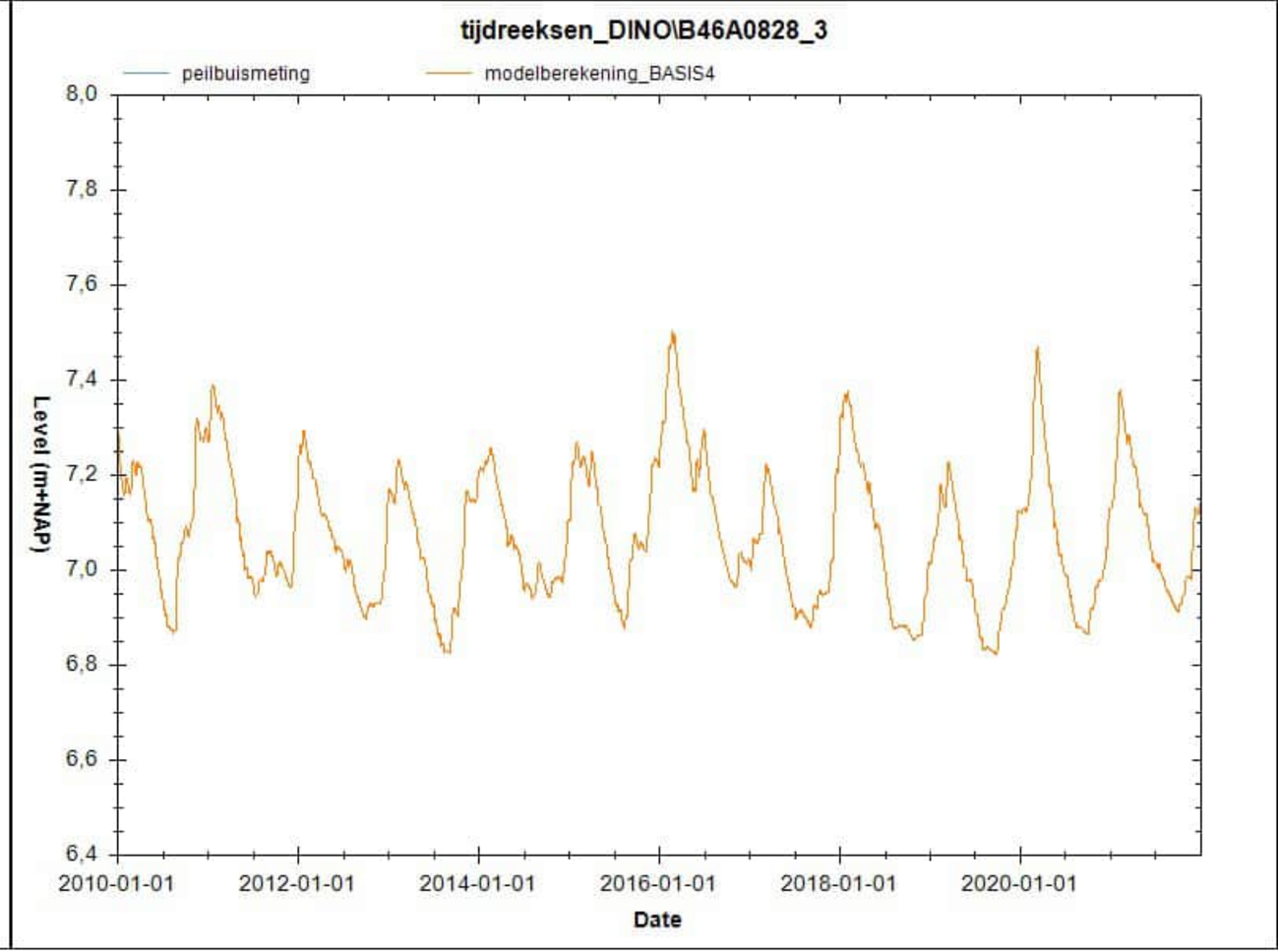
B1.24 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



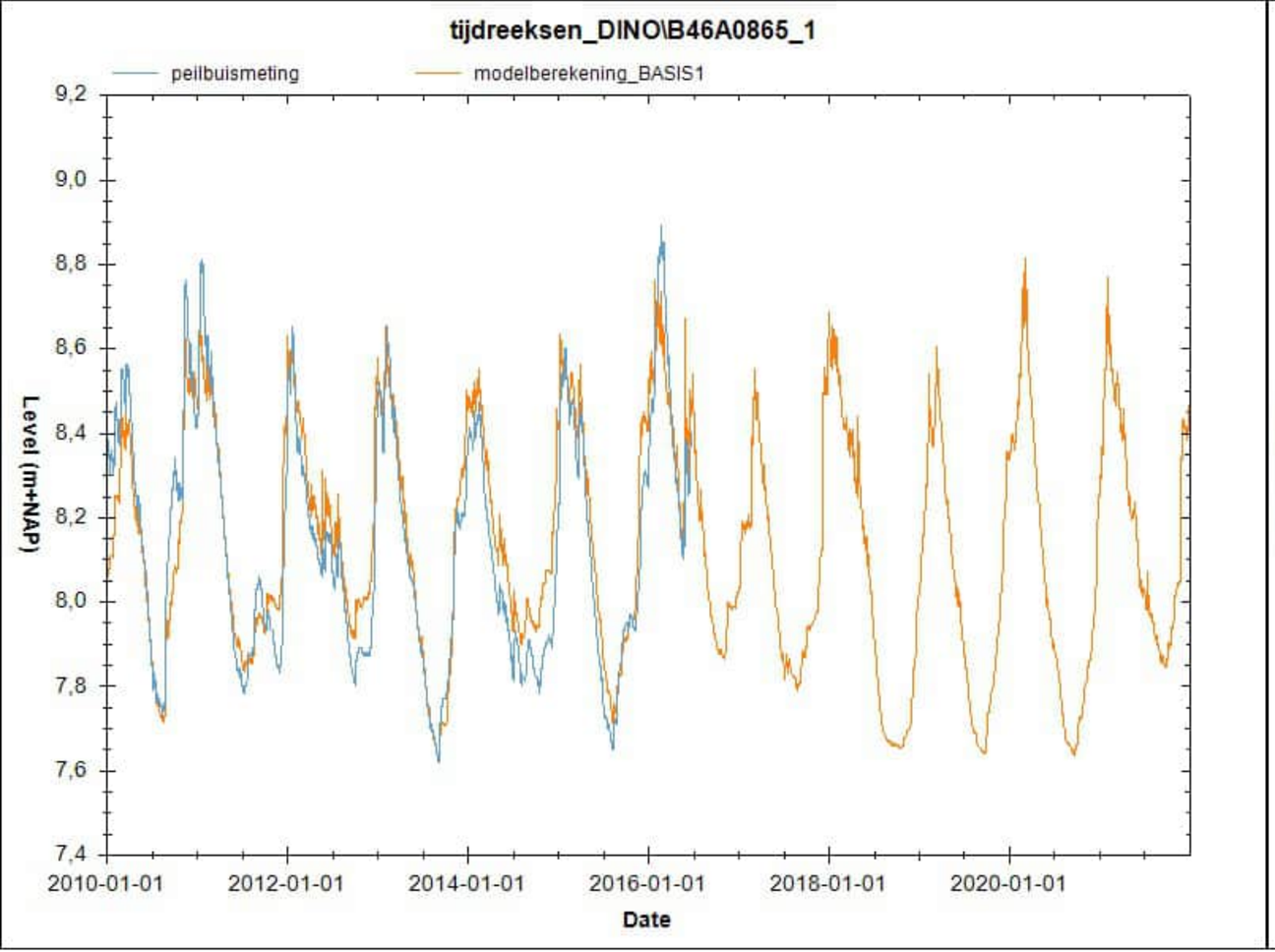


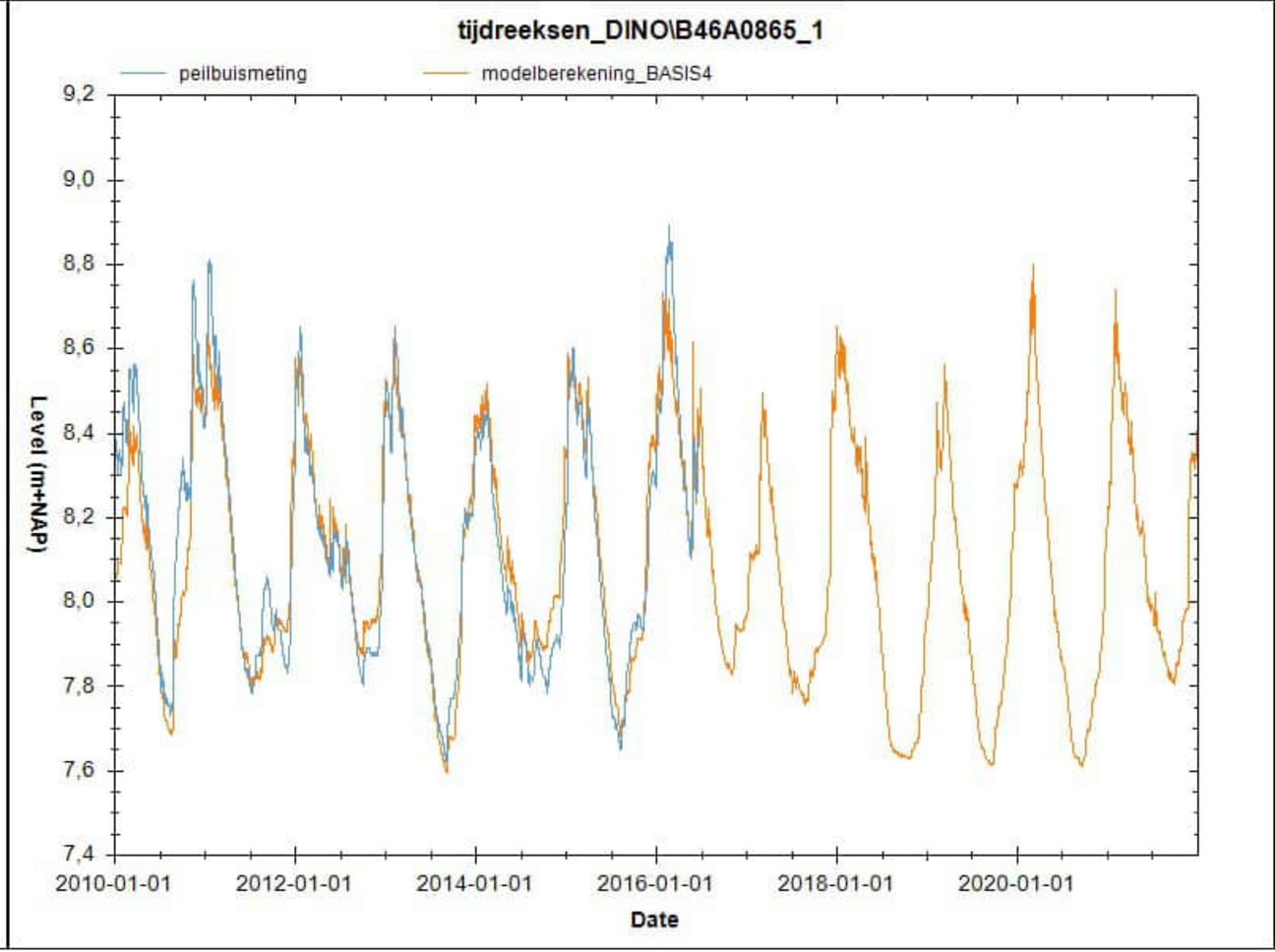
B1.25 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



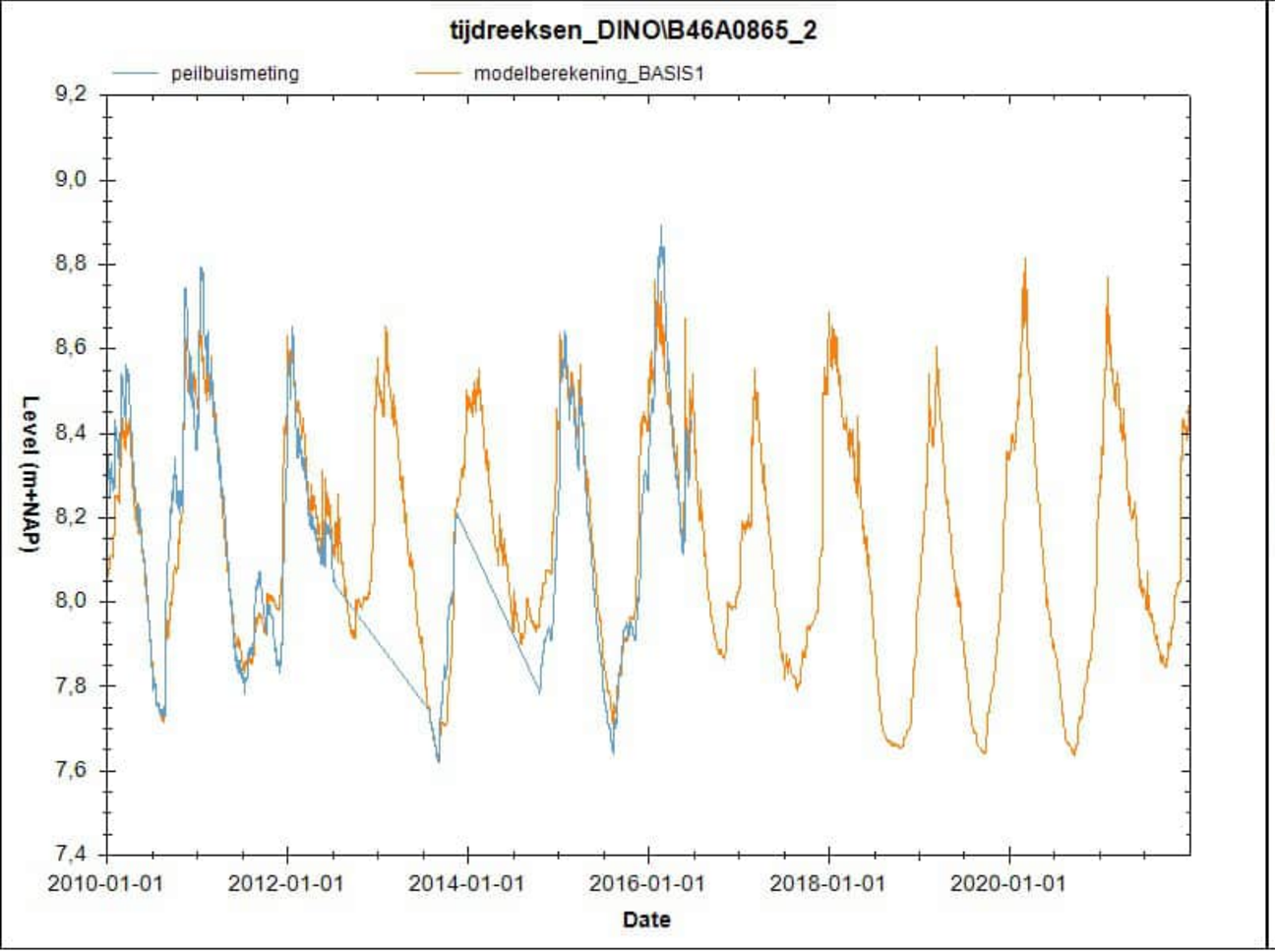


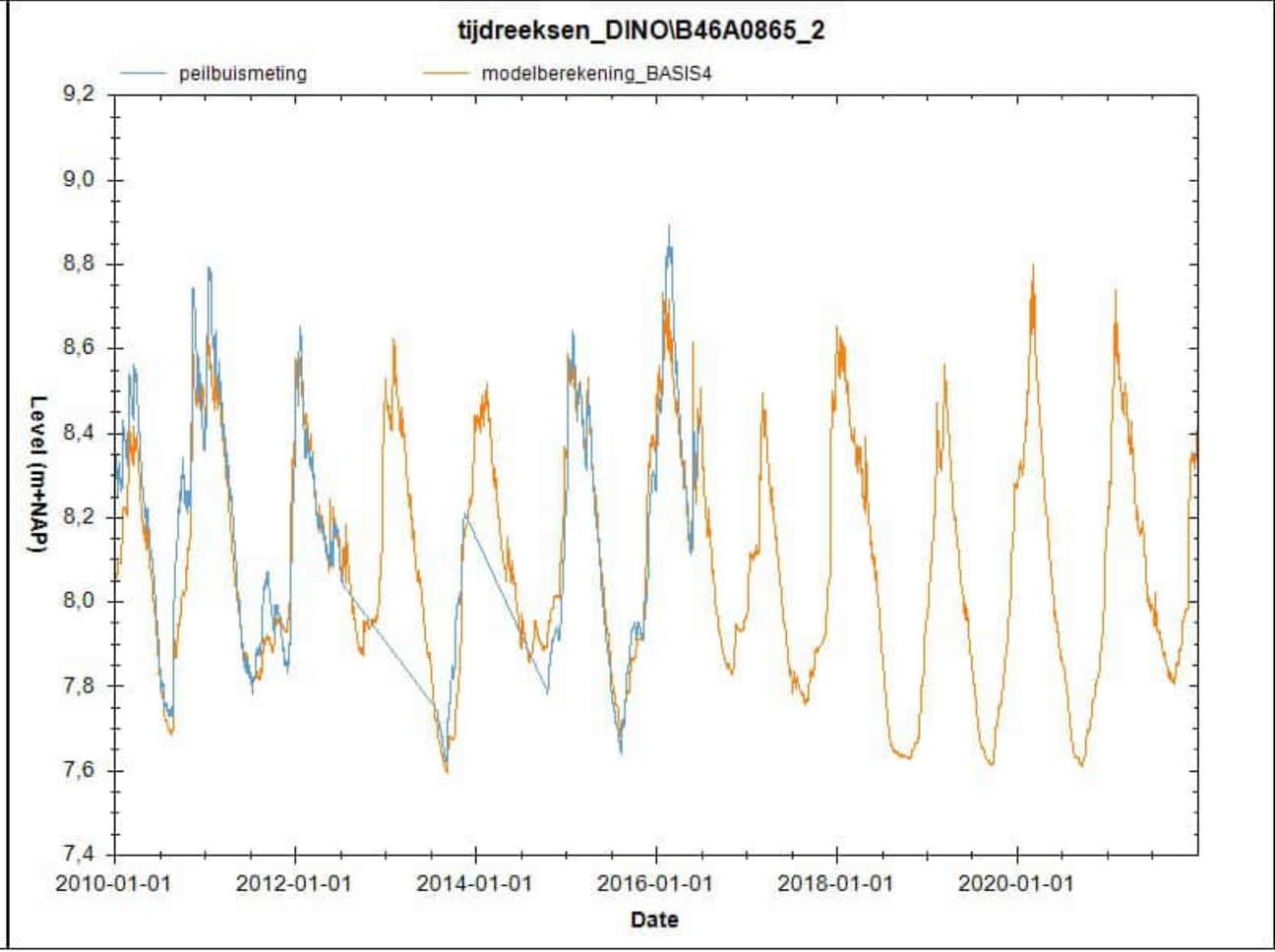
B1.26 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



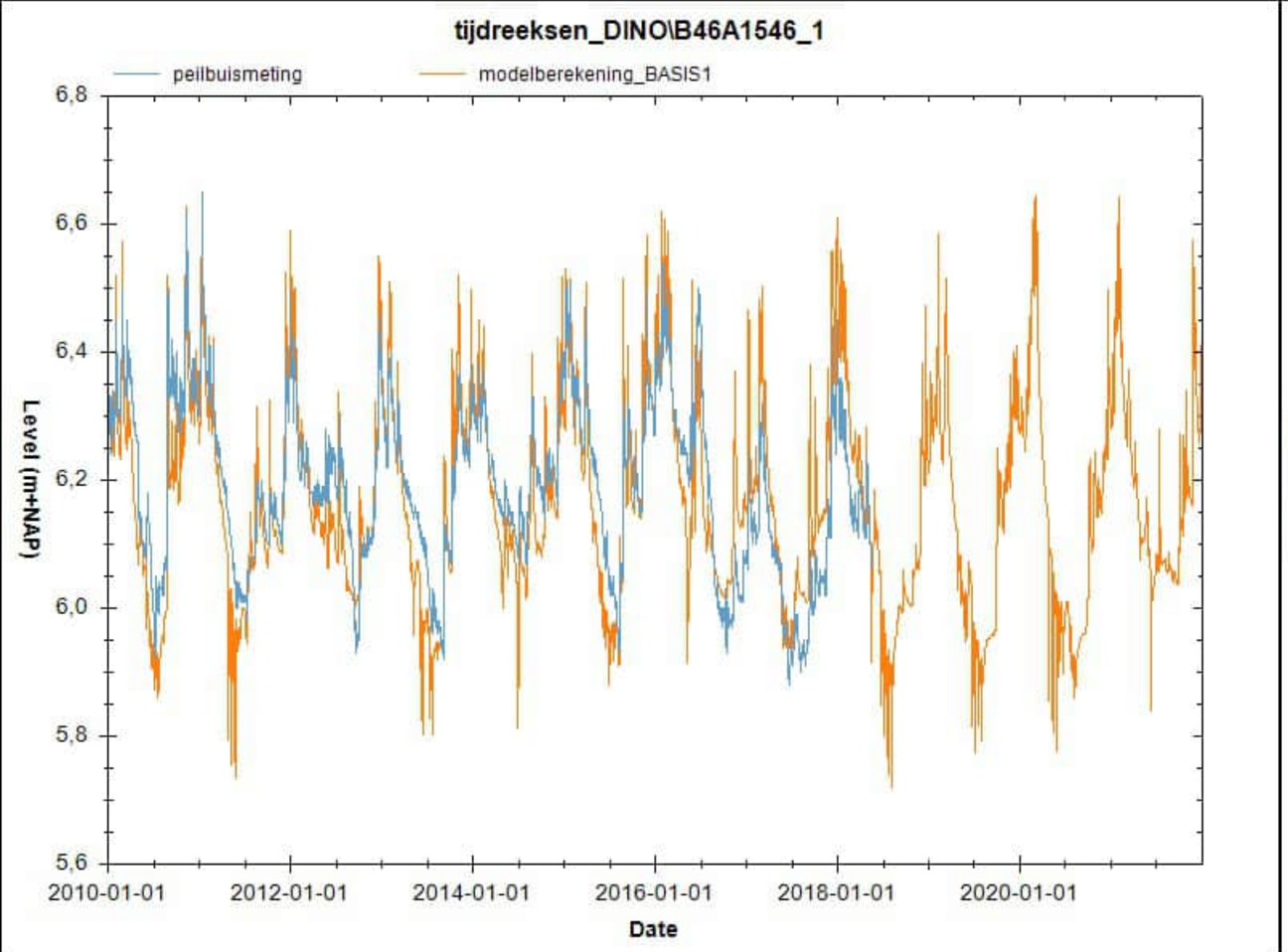


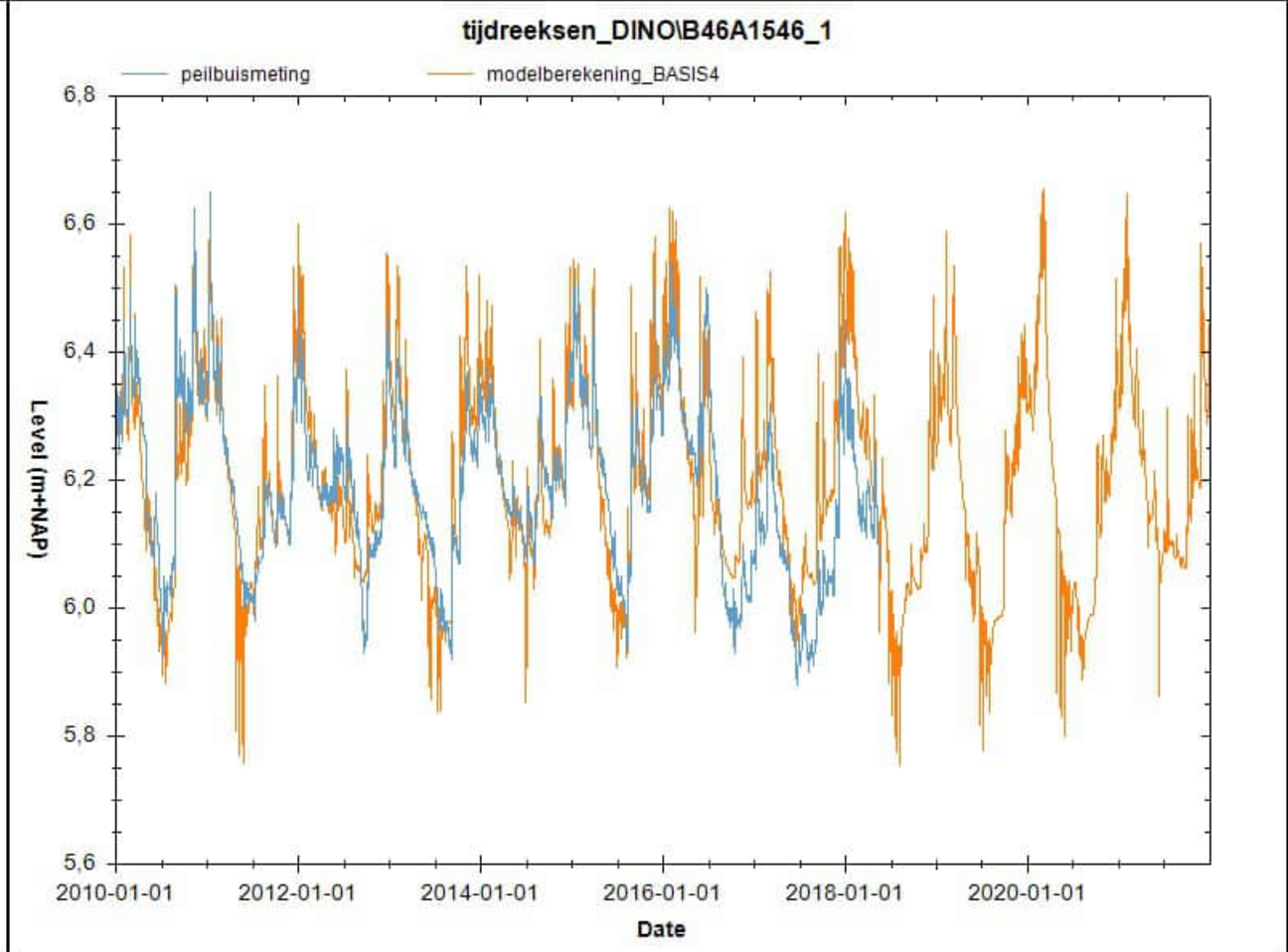
B1.27 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



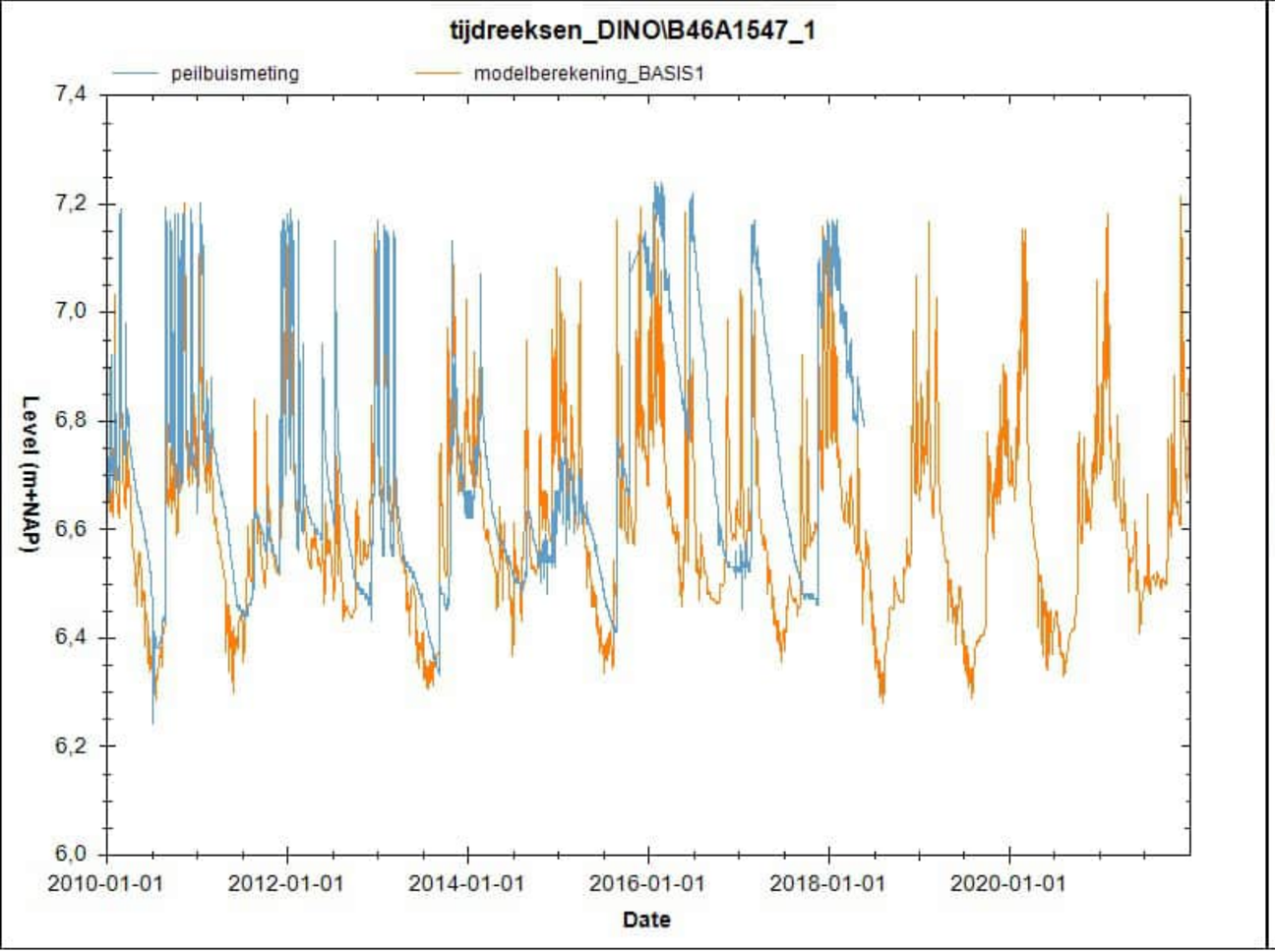


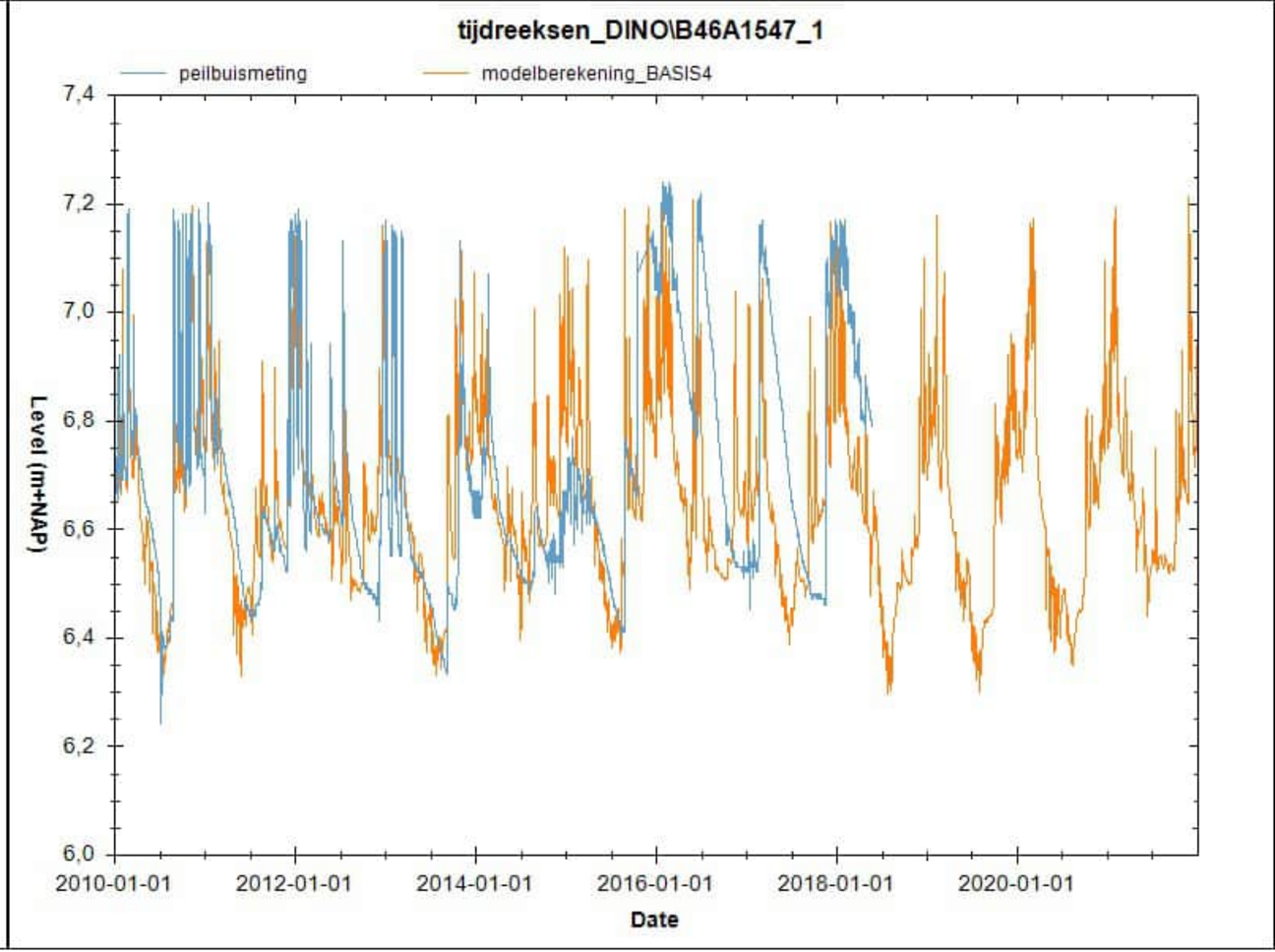
B1.28 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



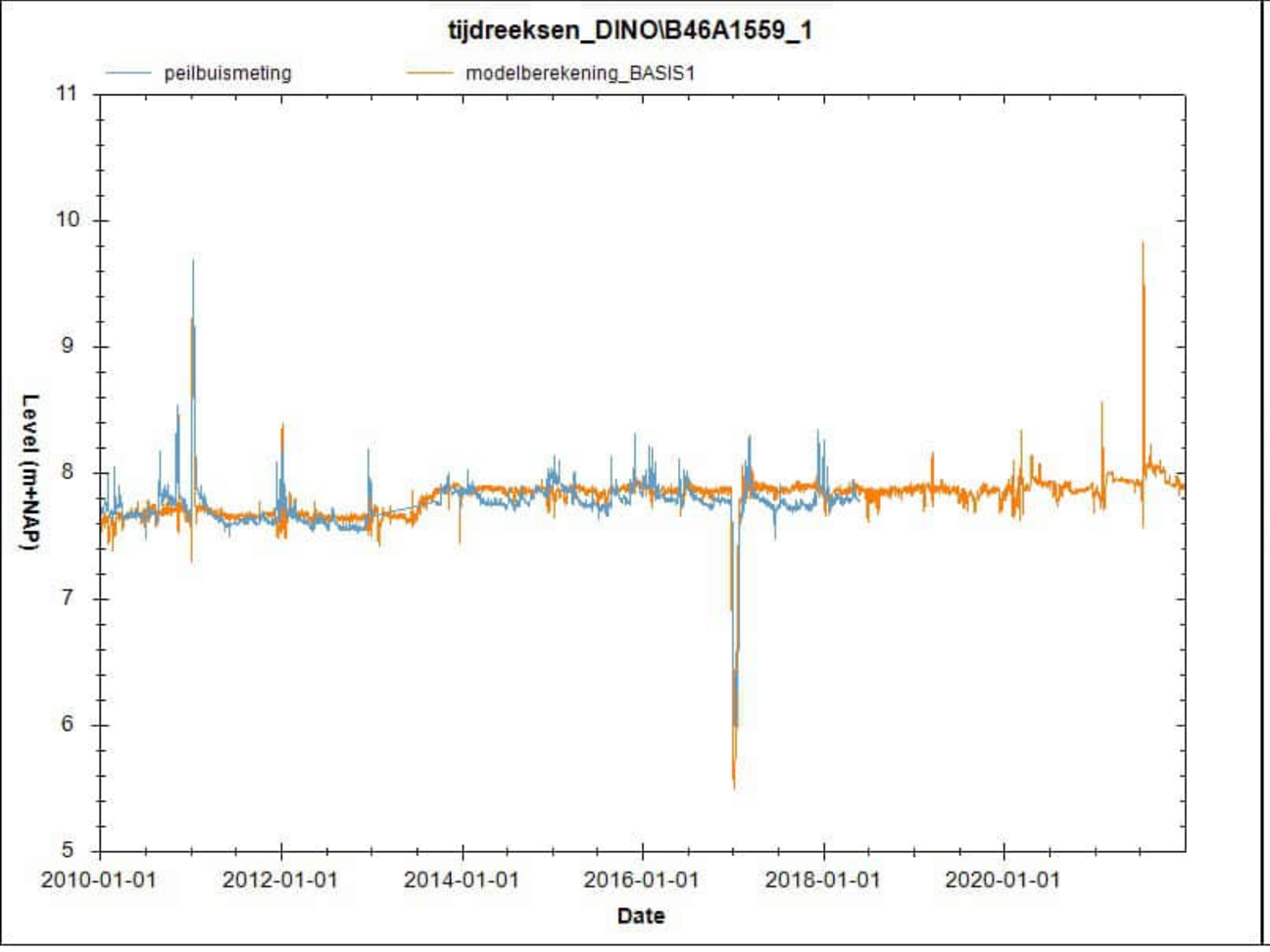


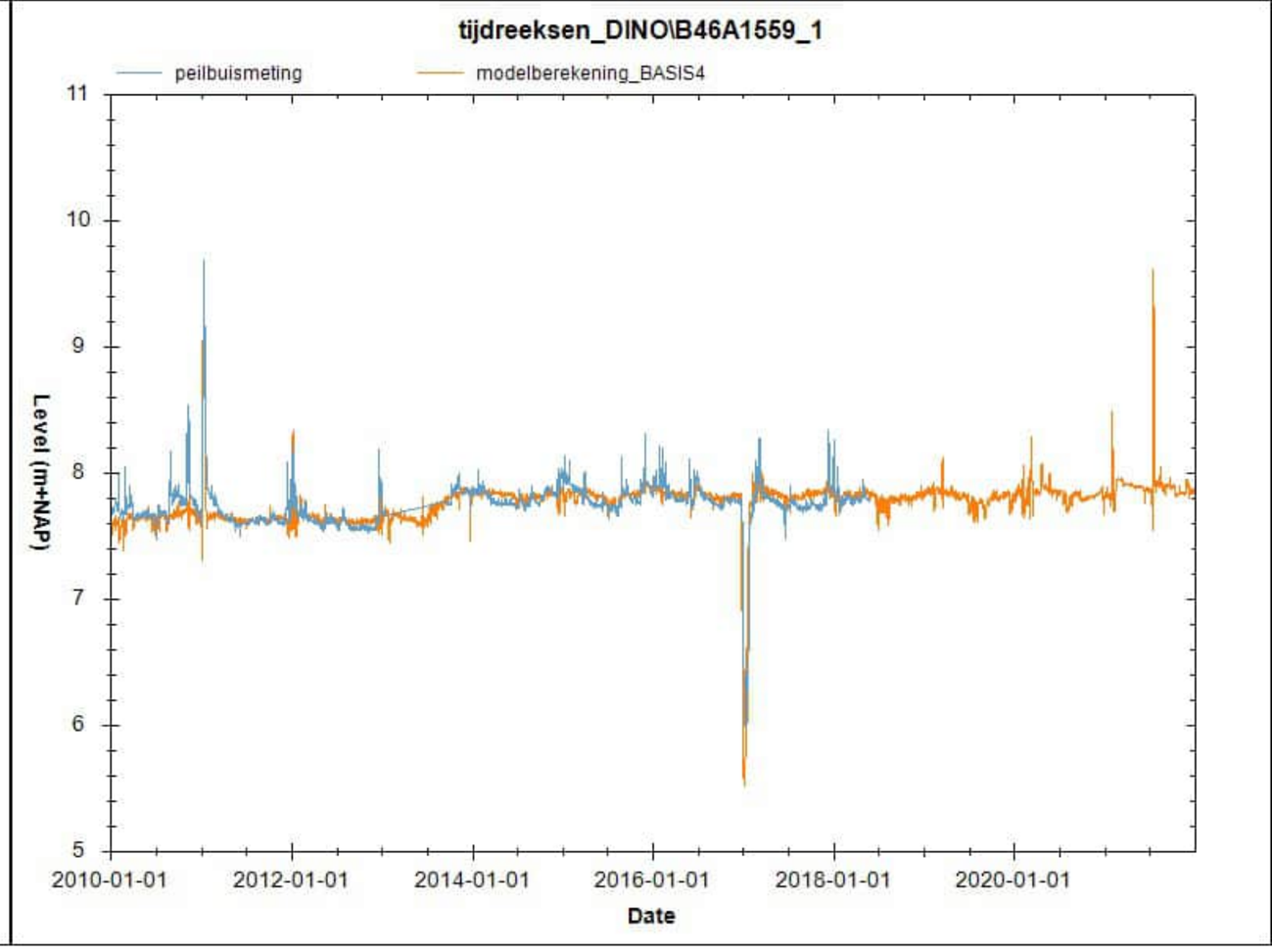
B1.29 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



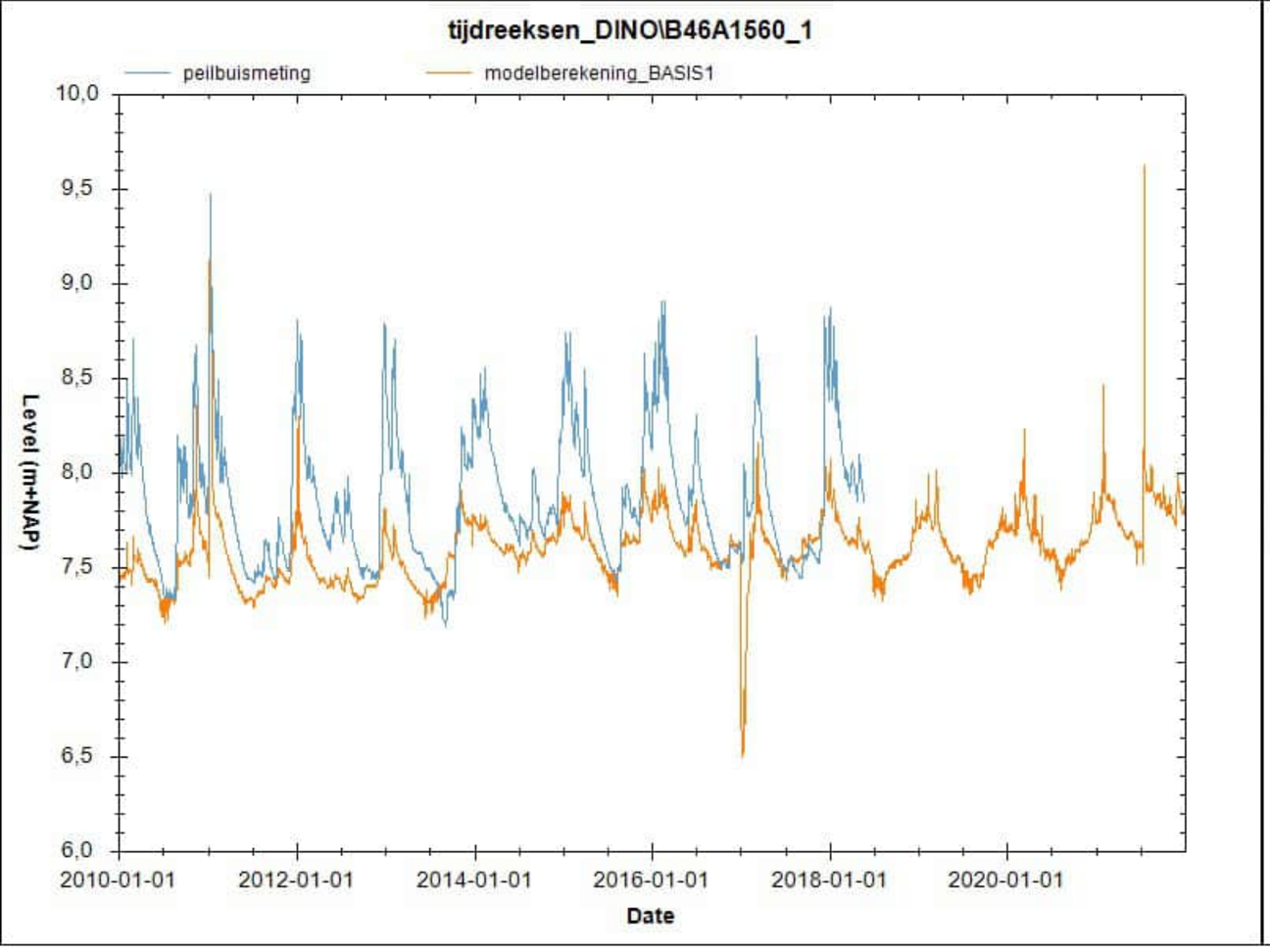


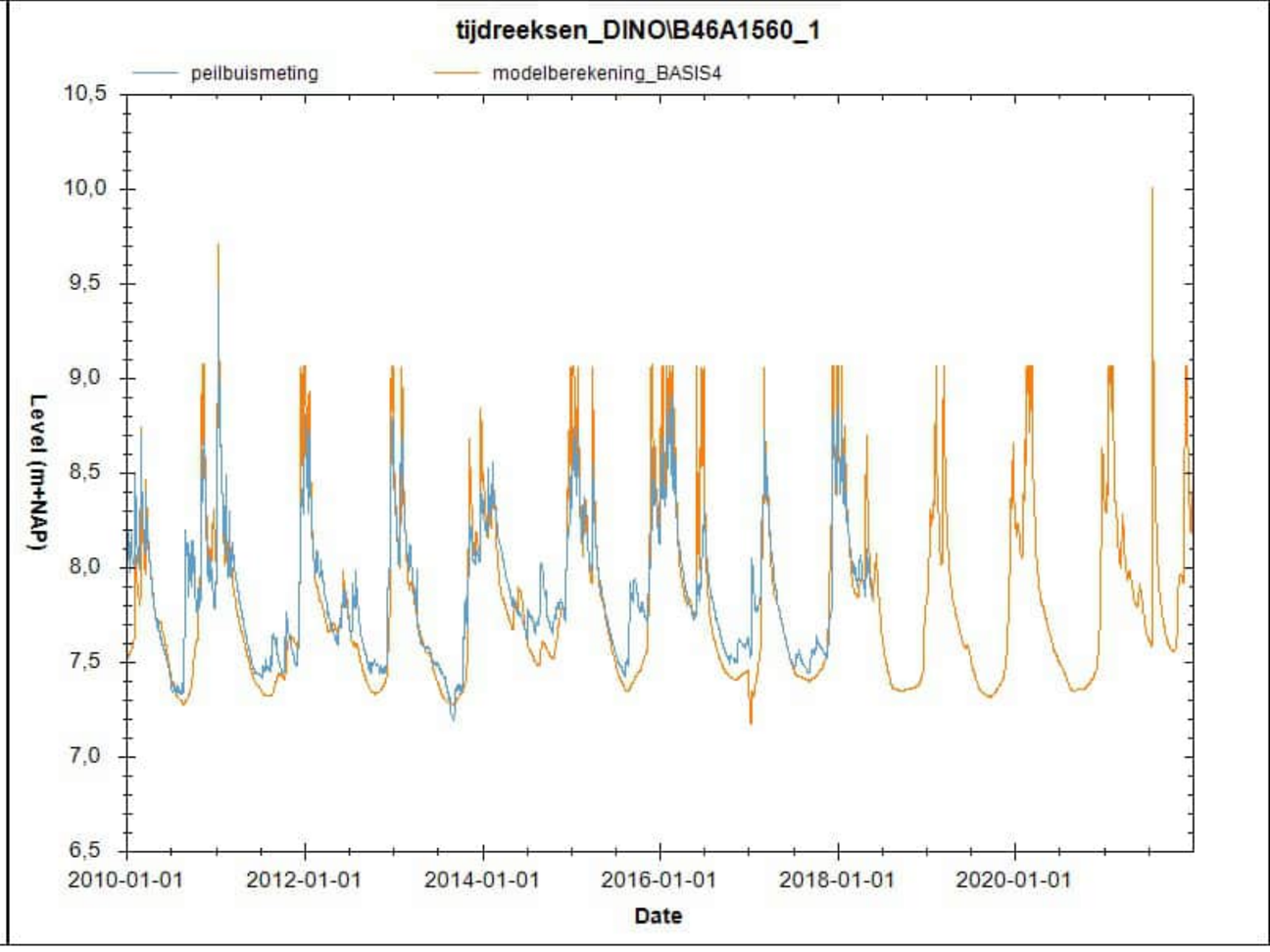
B1.30 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



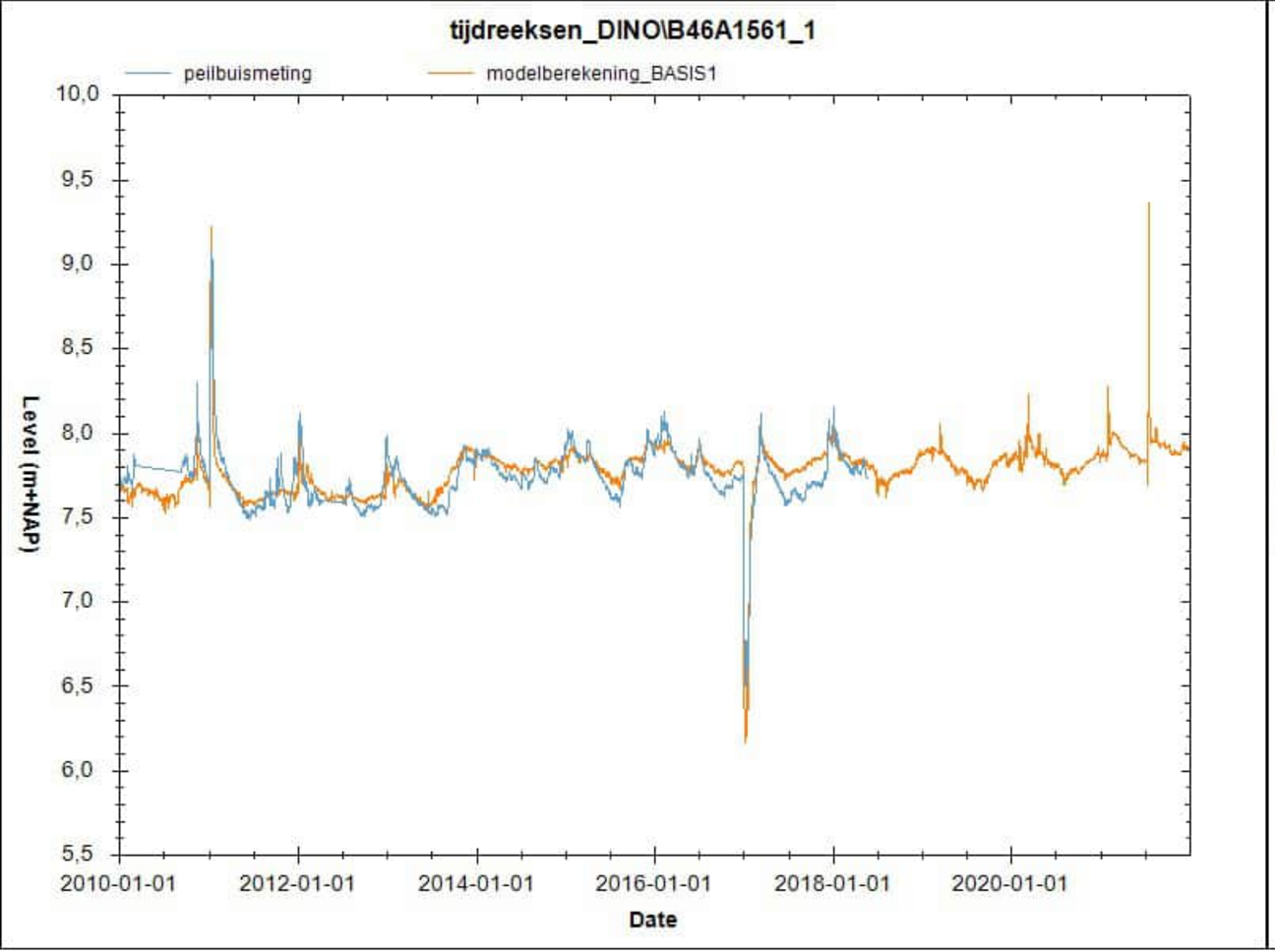


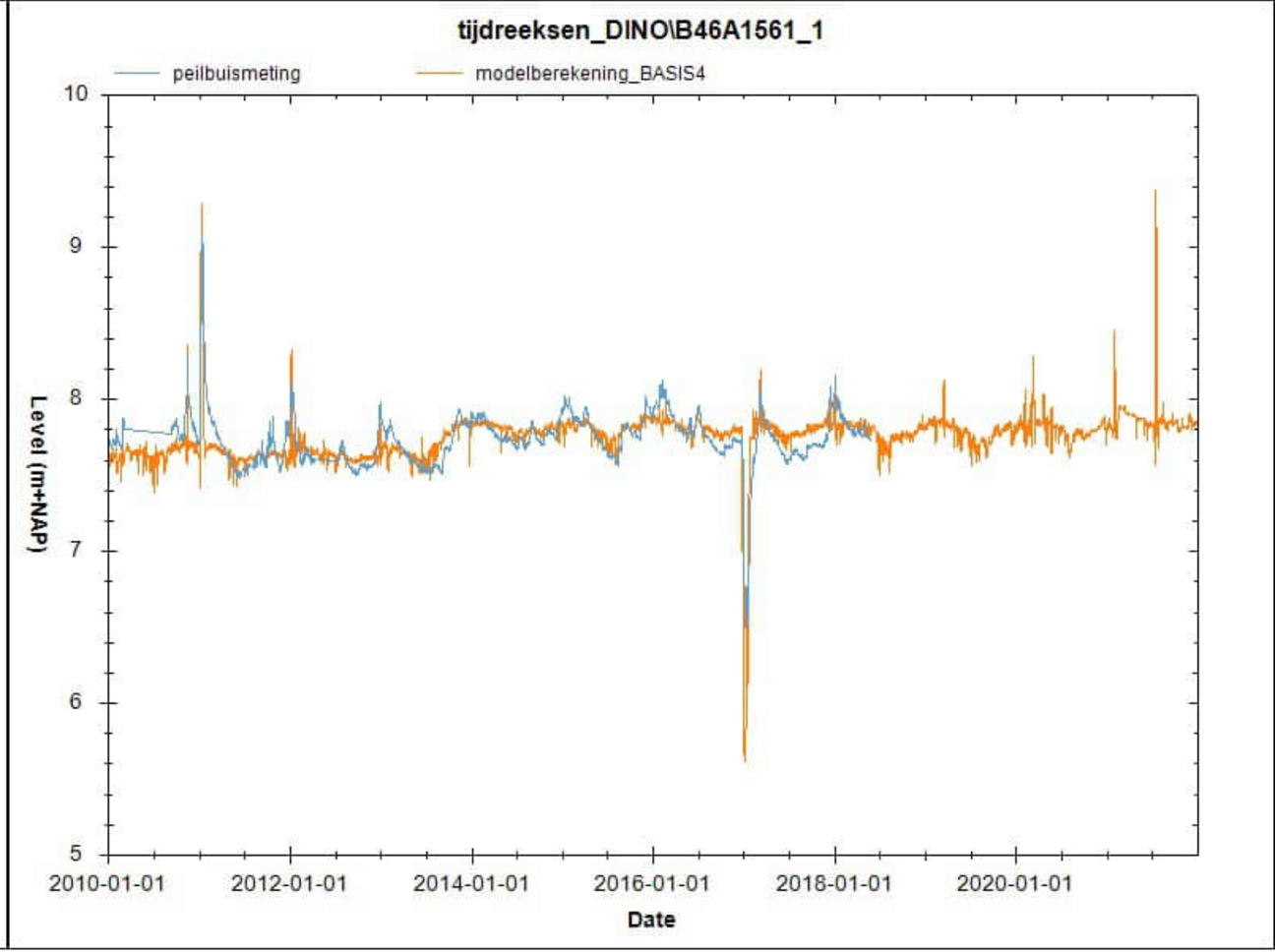
B1.31 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



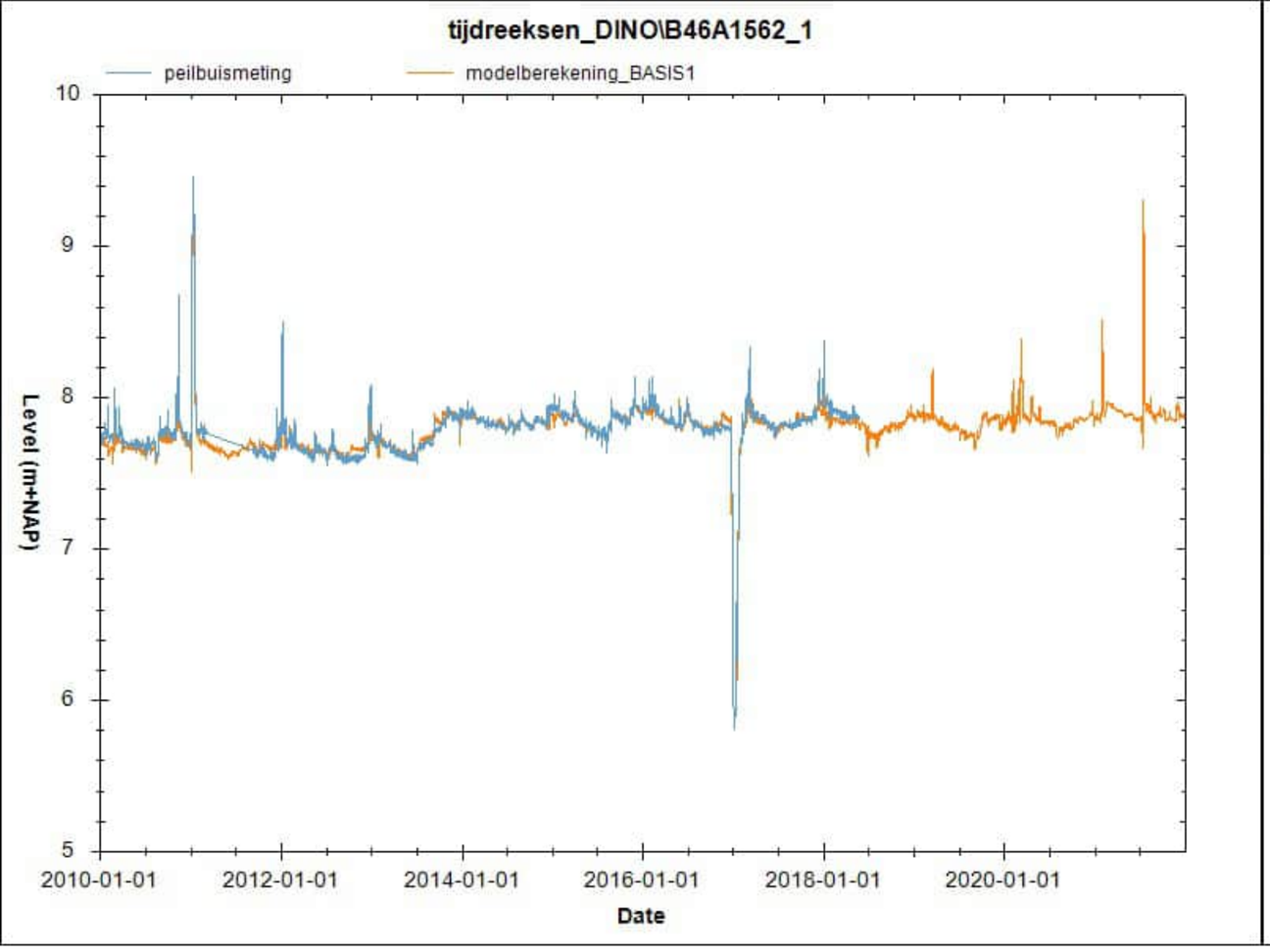


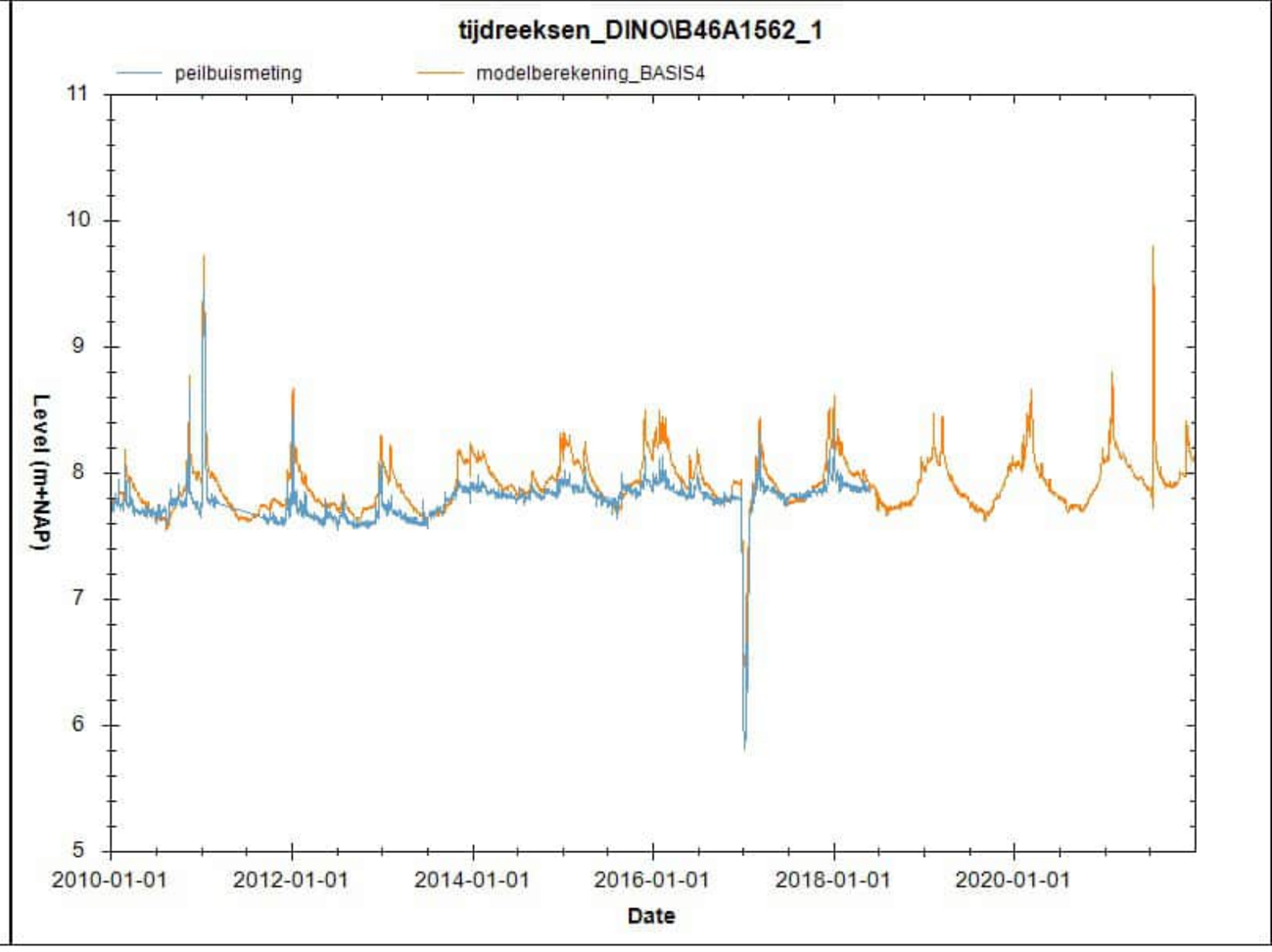
B1.32 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



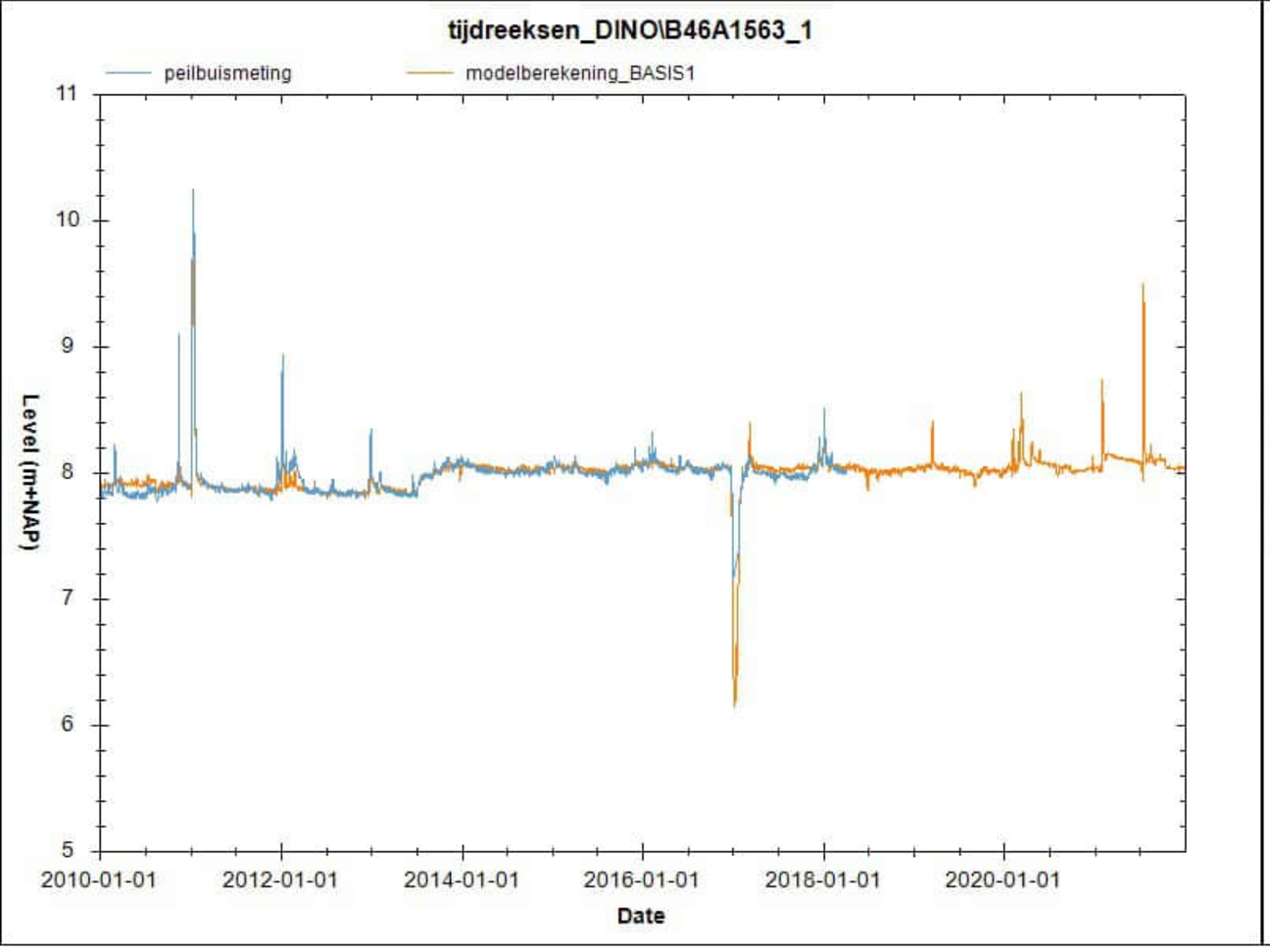


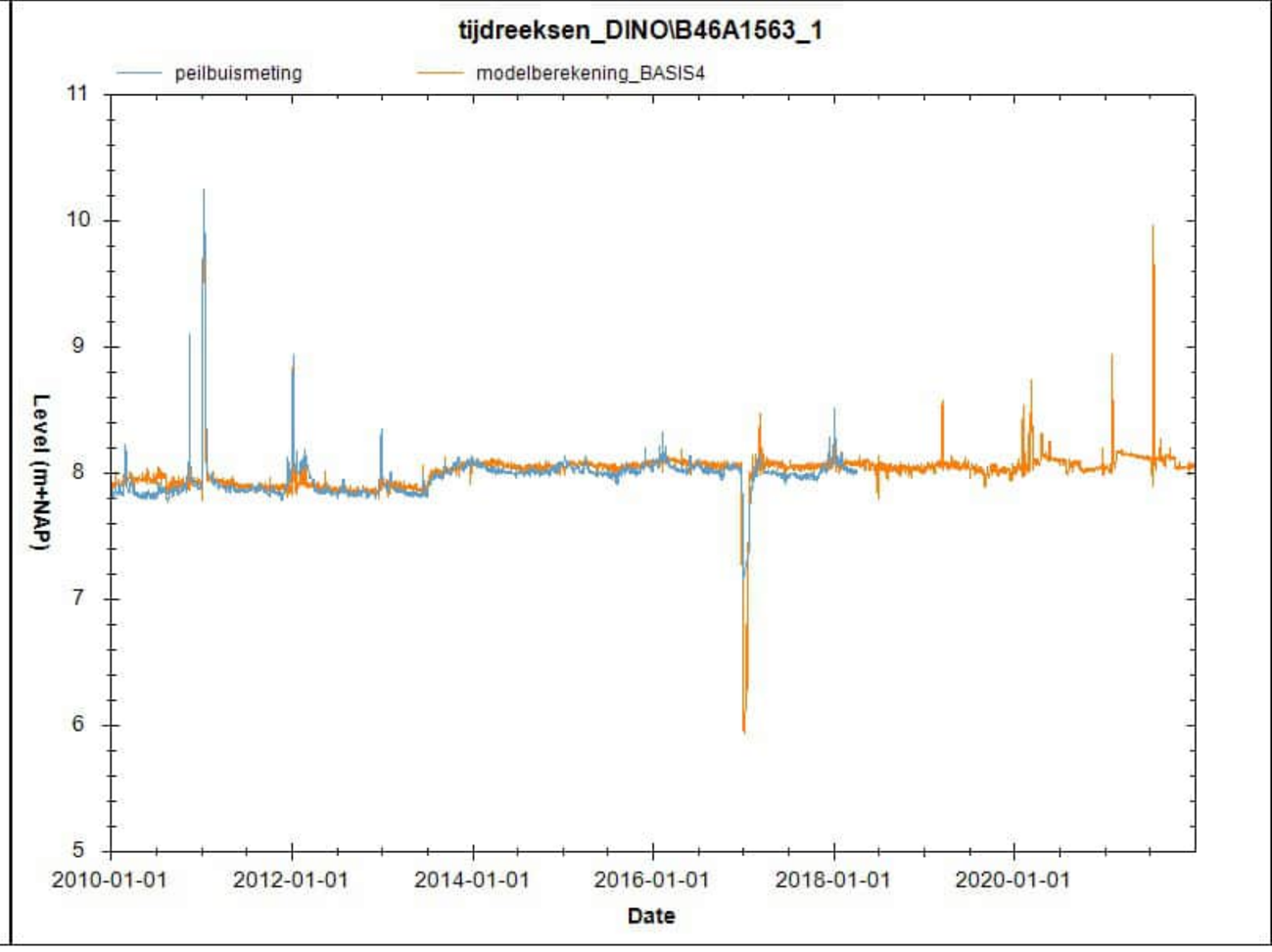
B1.33 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



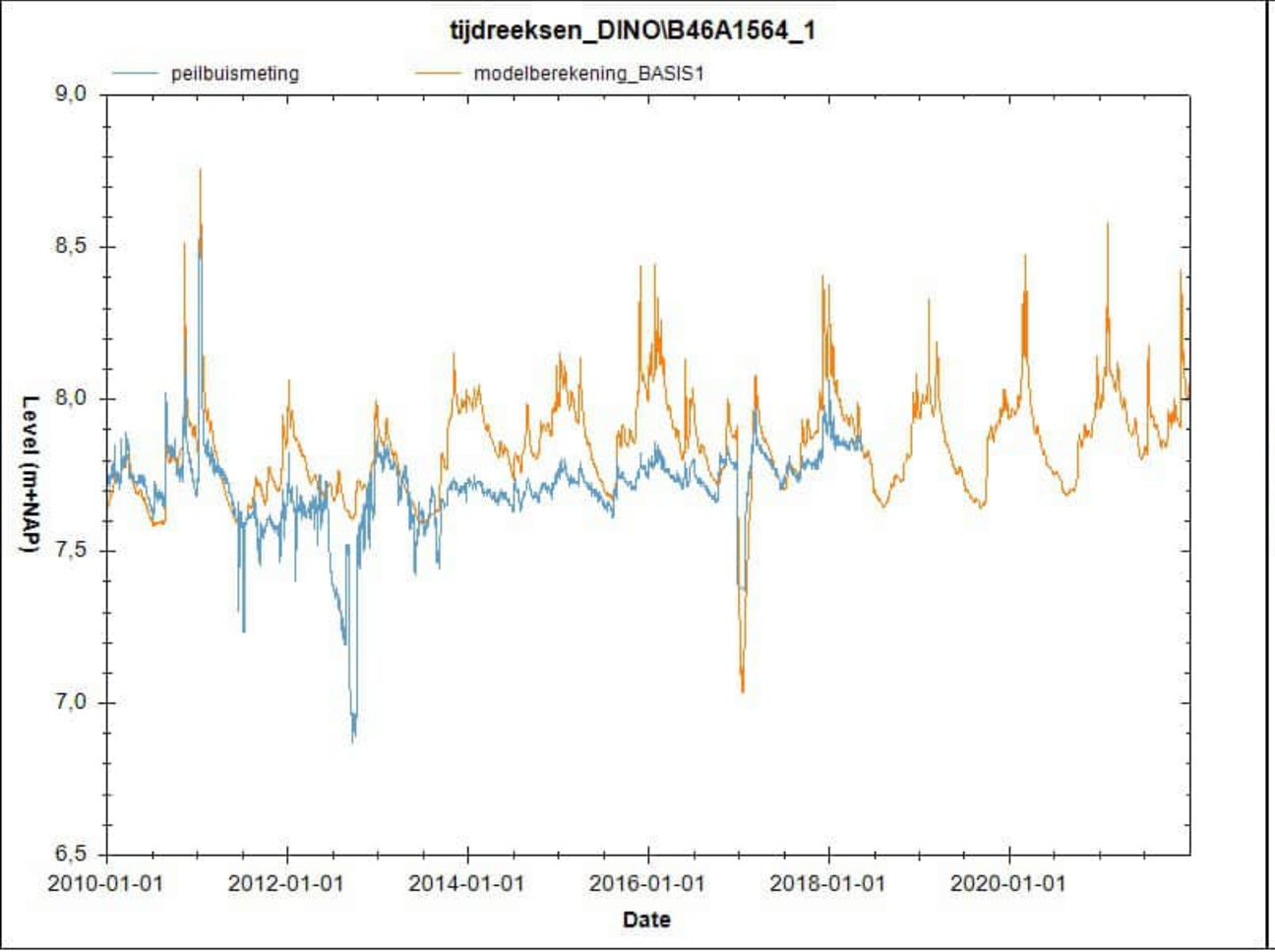


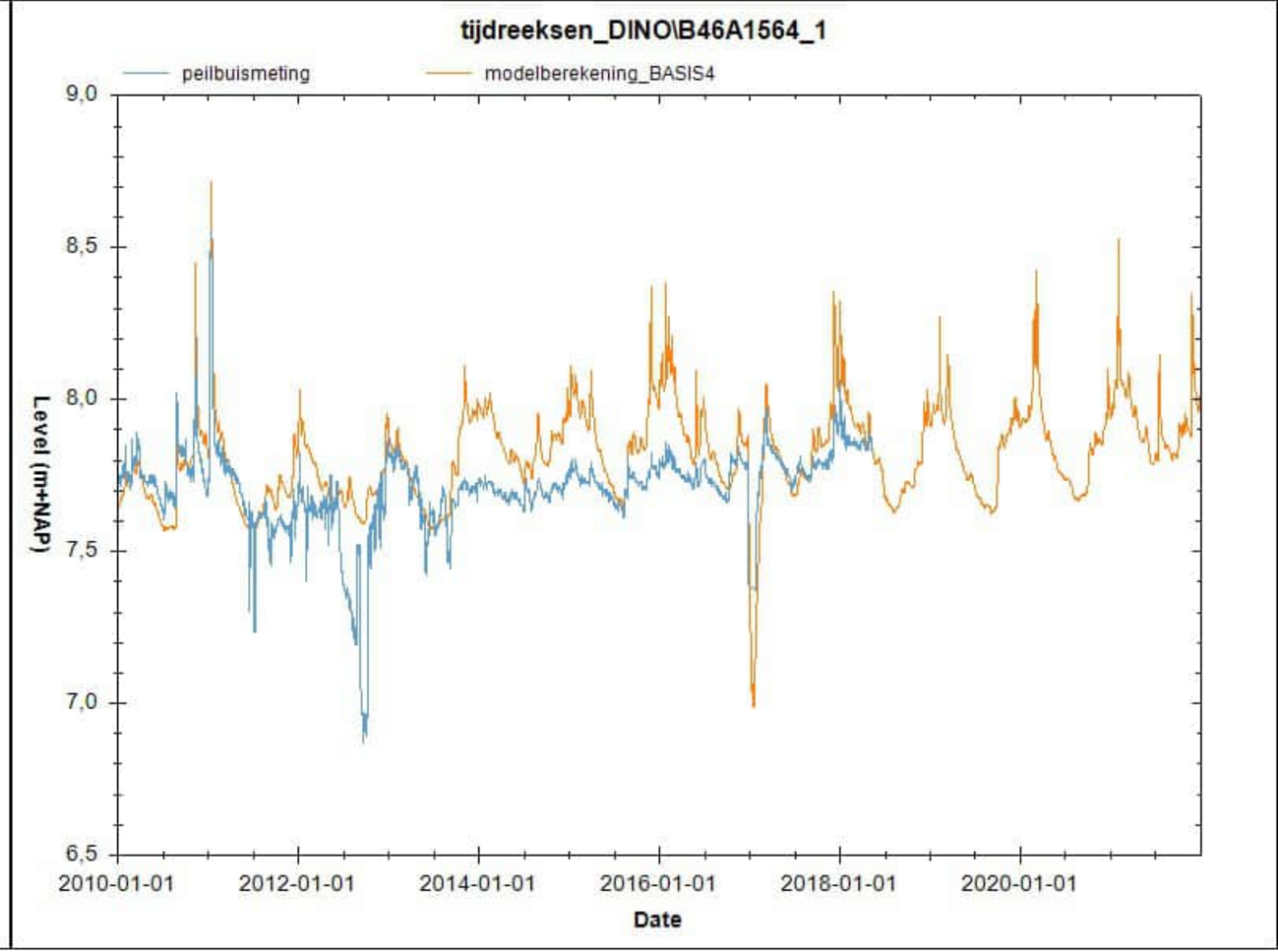
B1.34 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



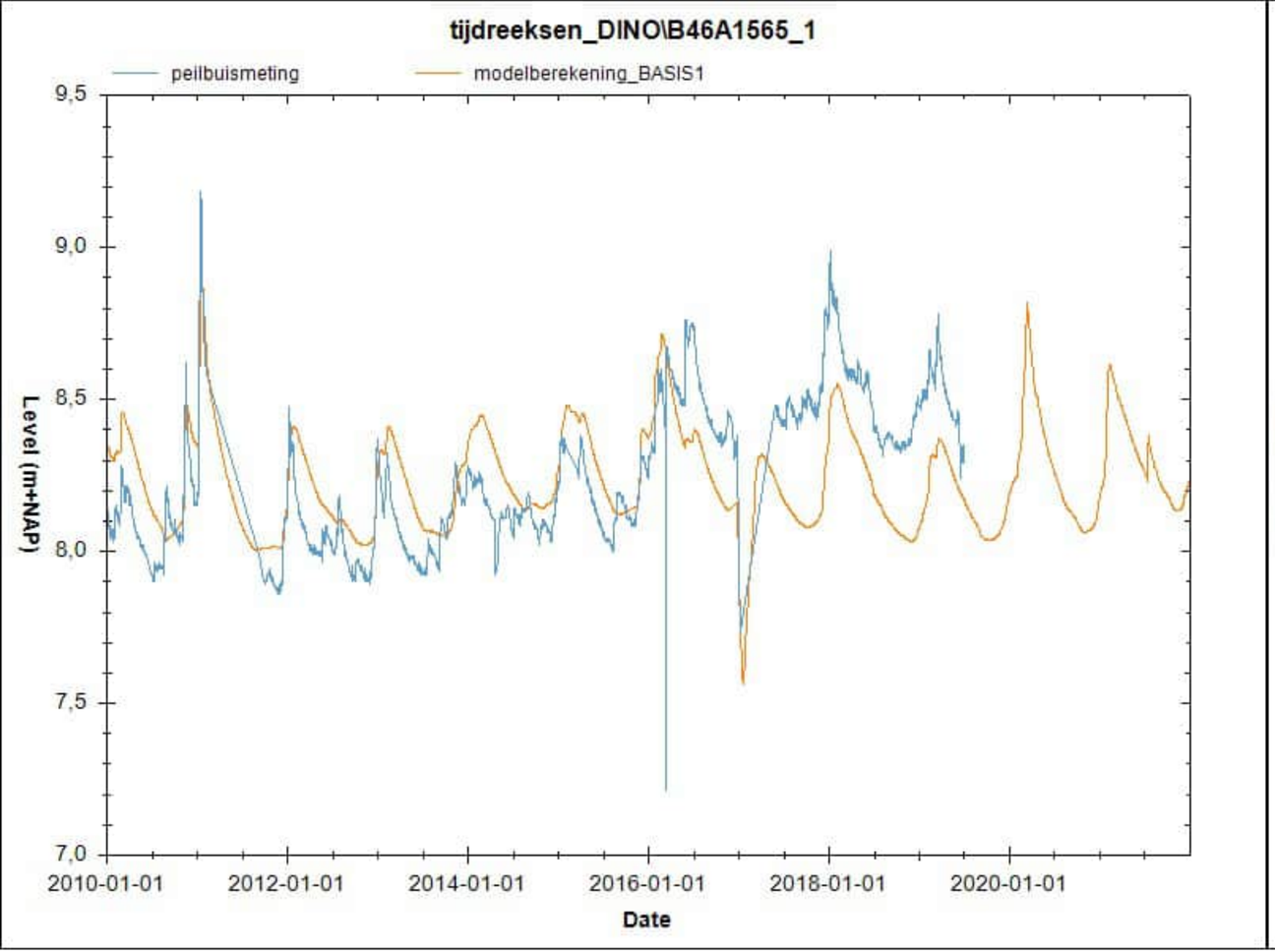


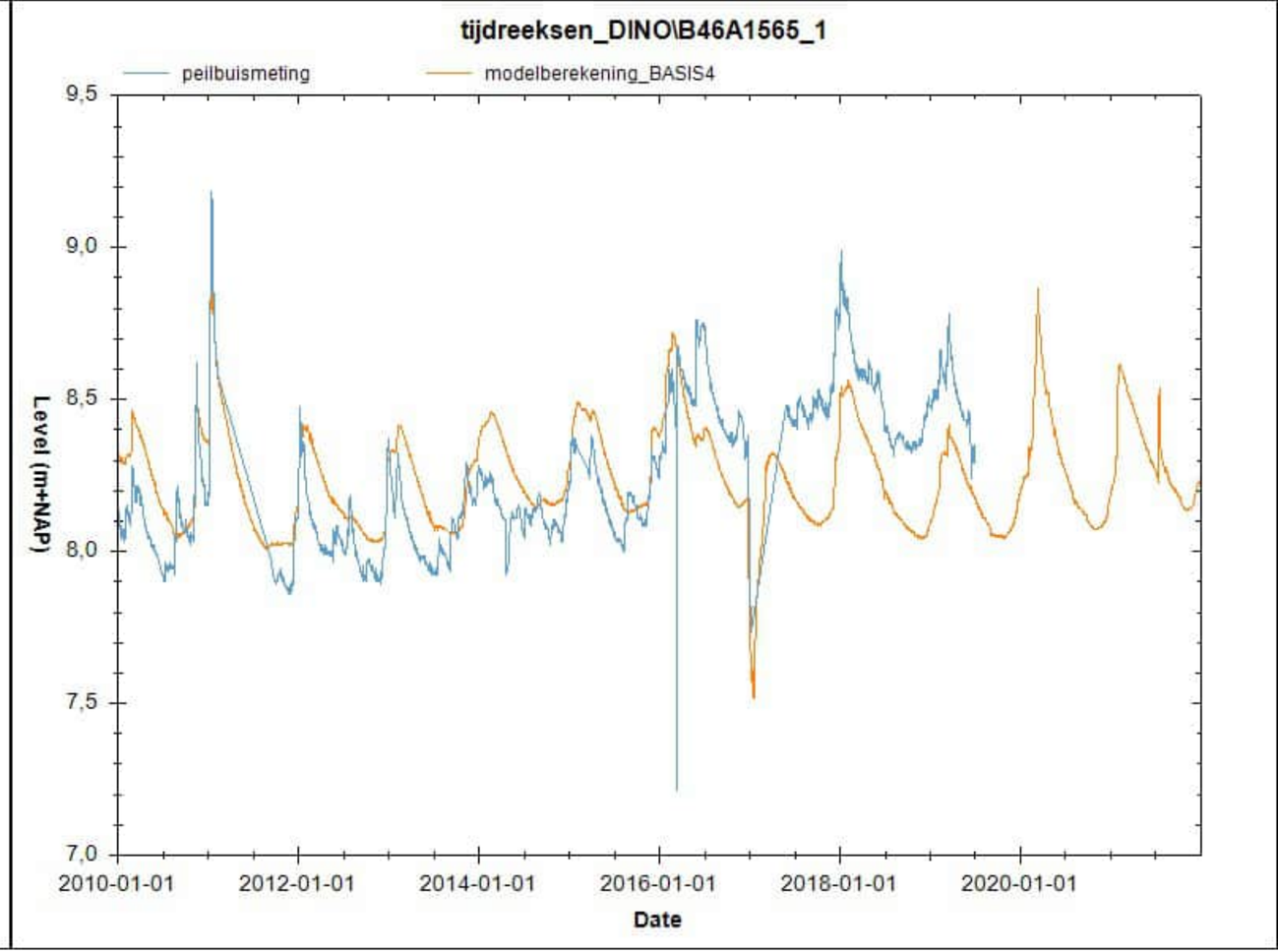
B1.35 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



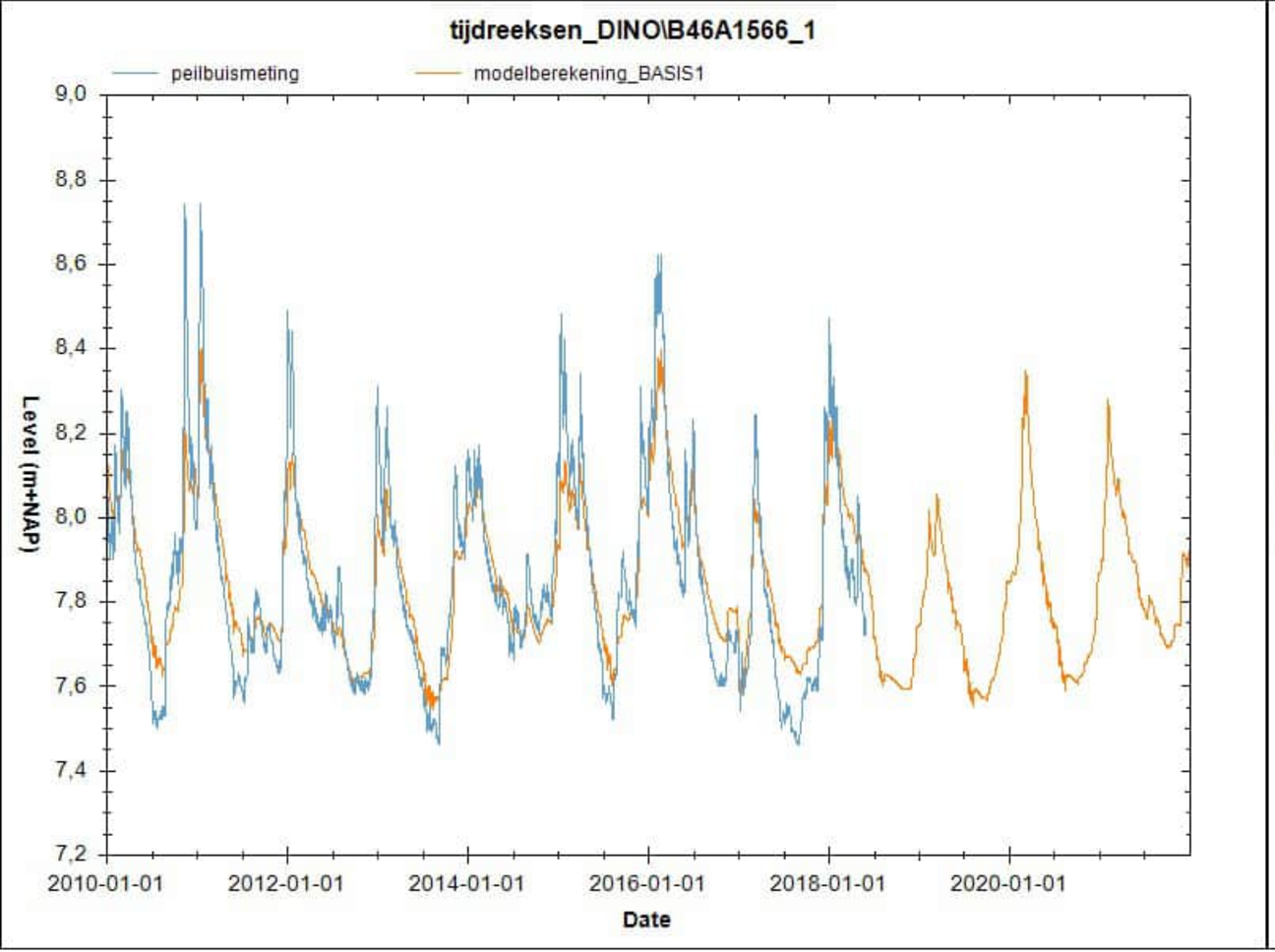


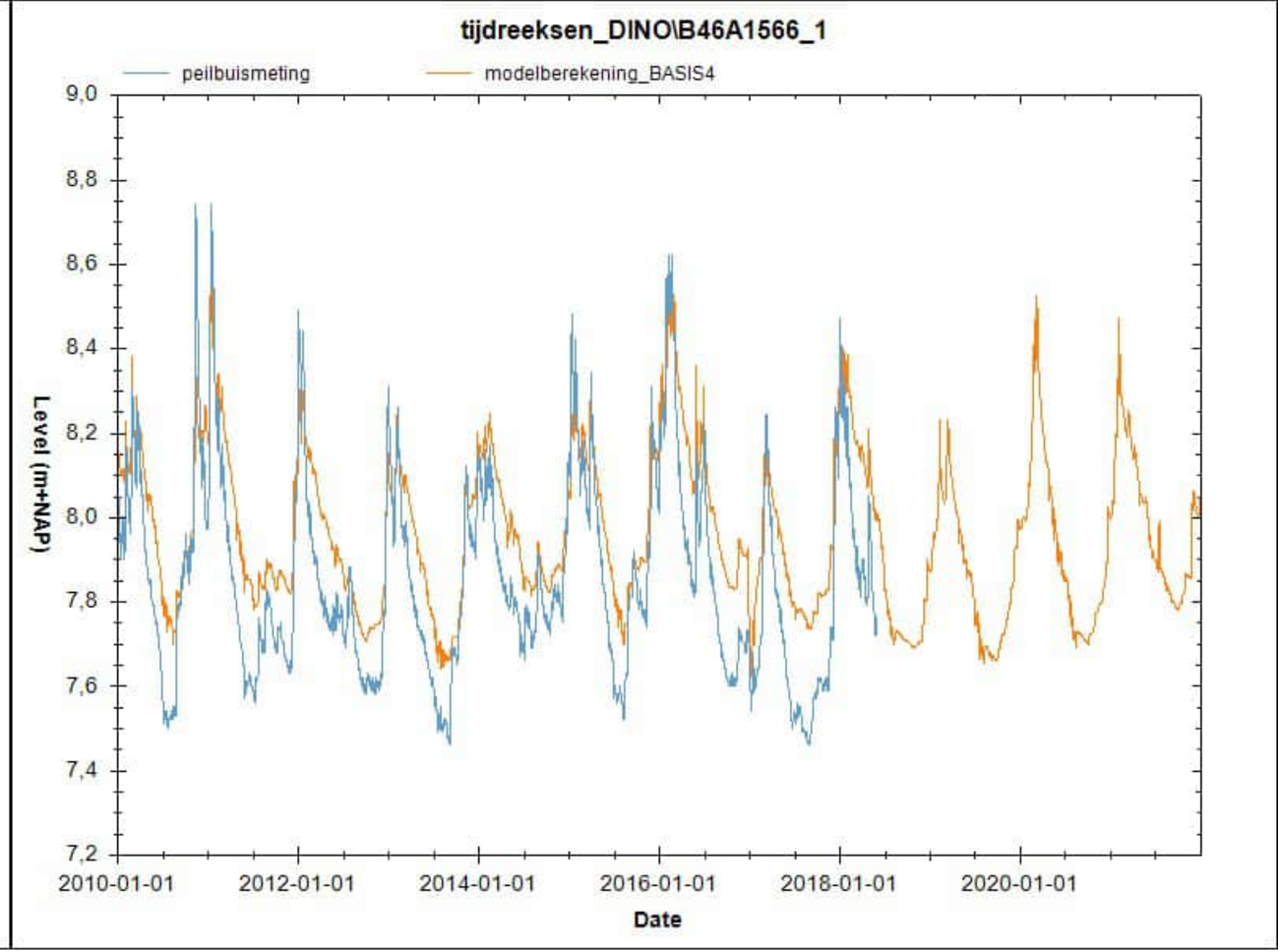
B1.36 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



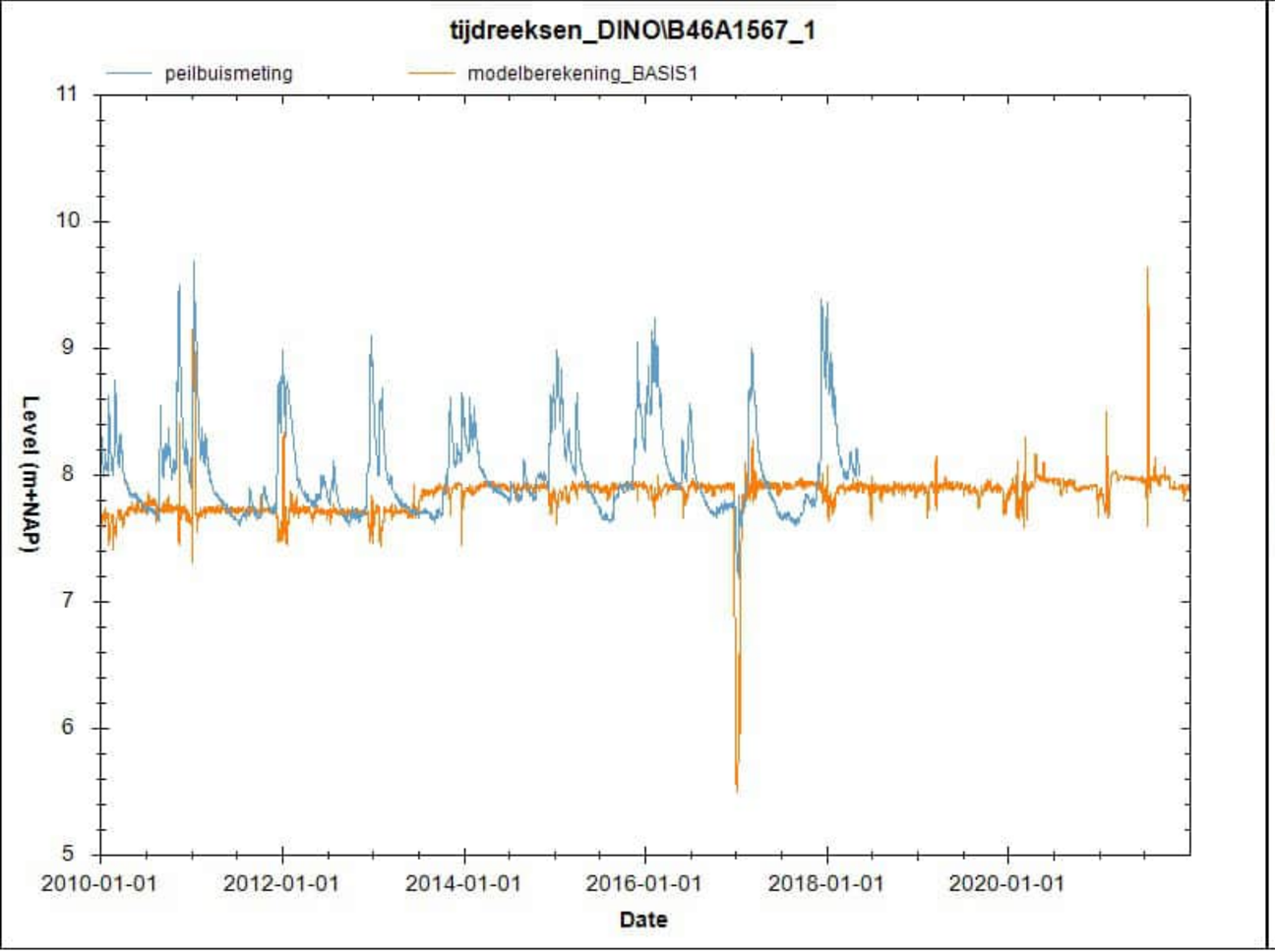


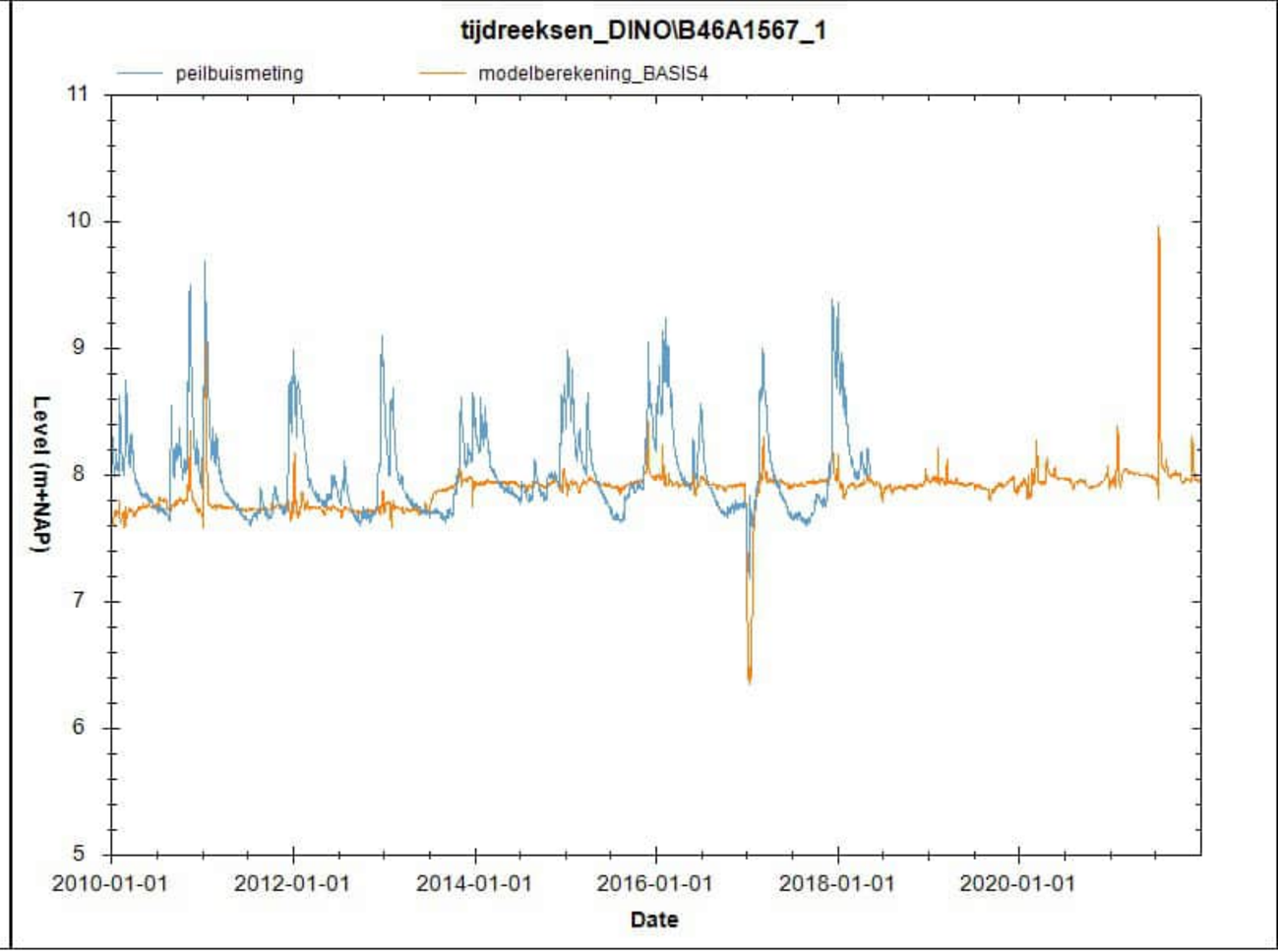
B1.37 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



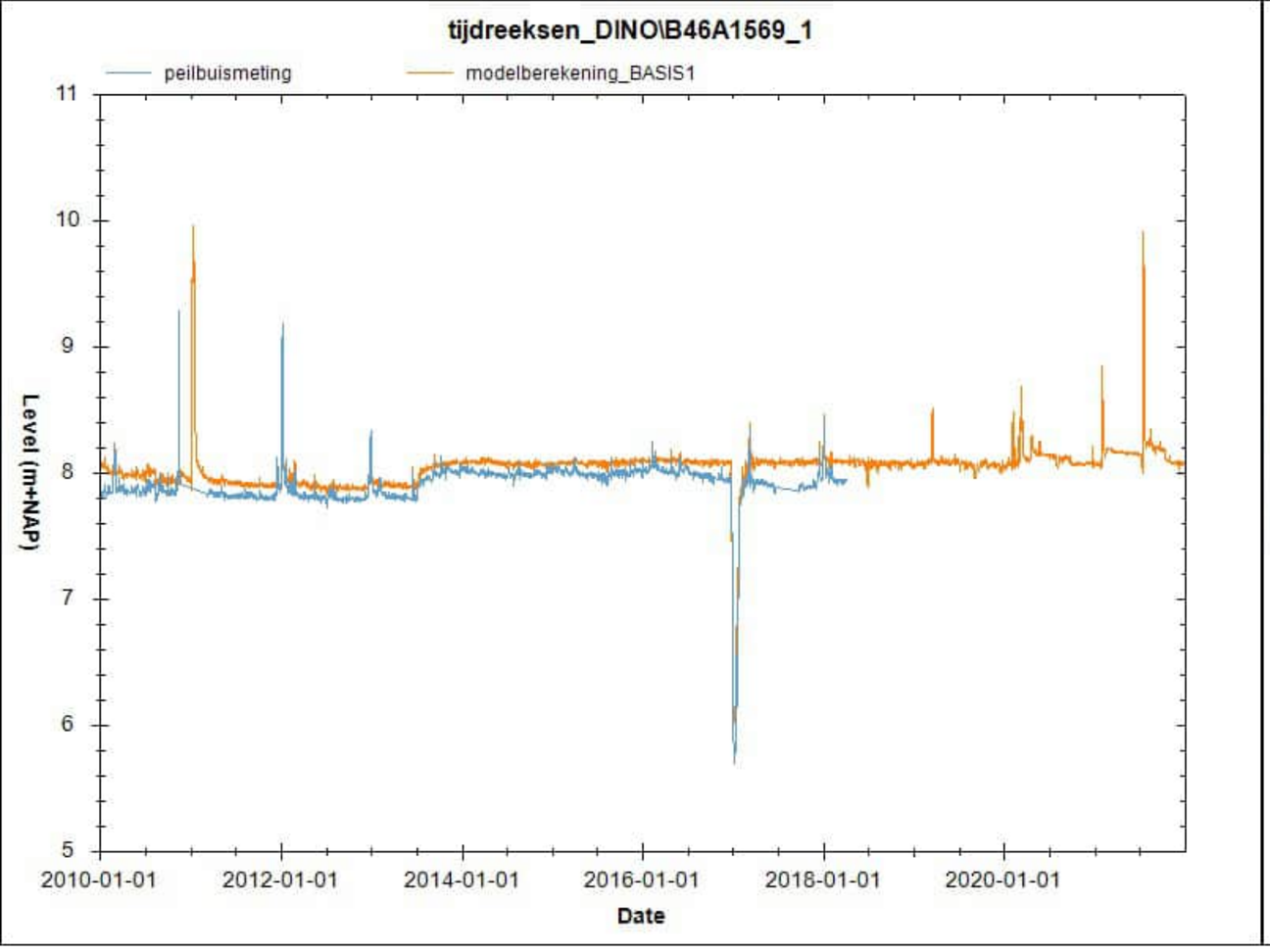


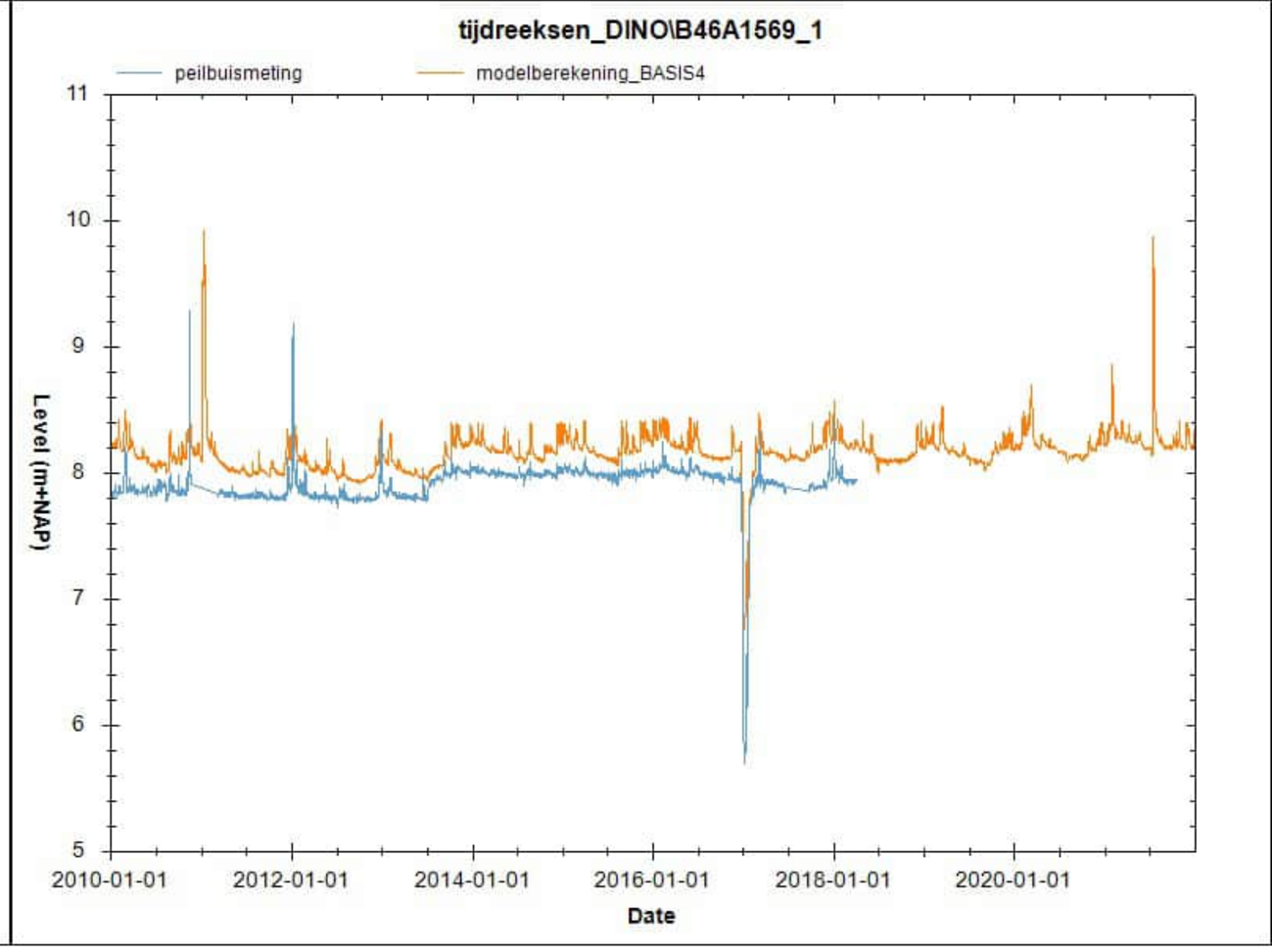
B1.38 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



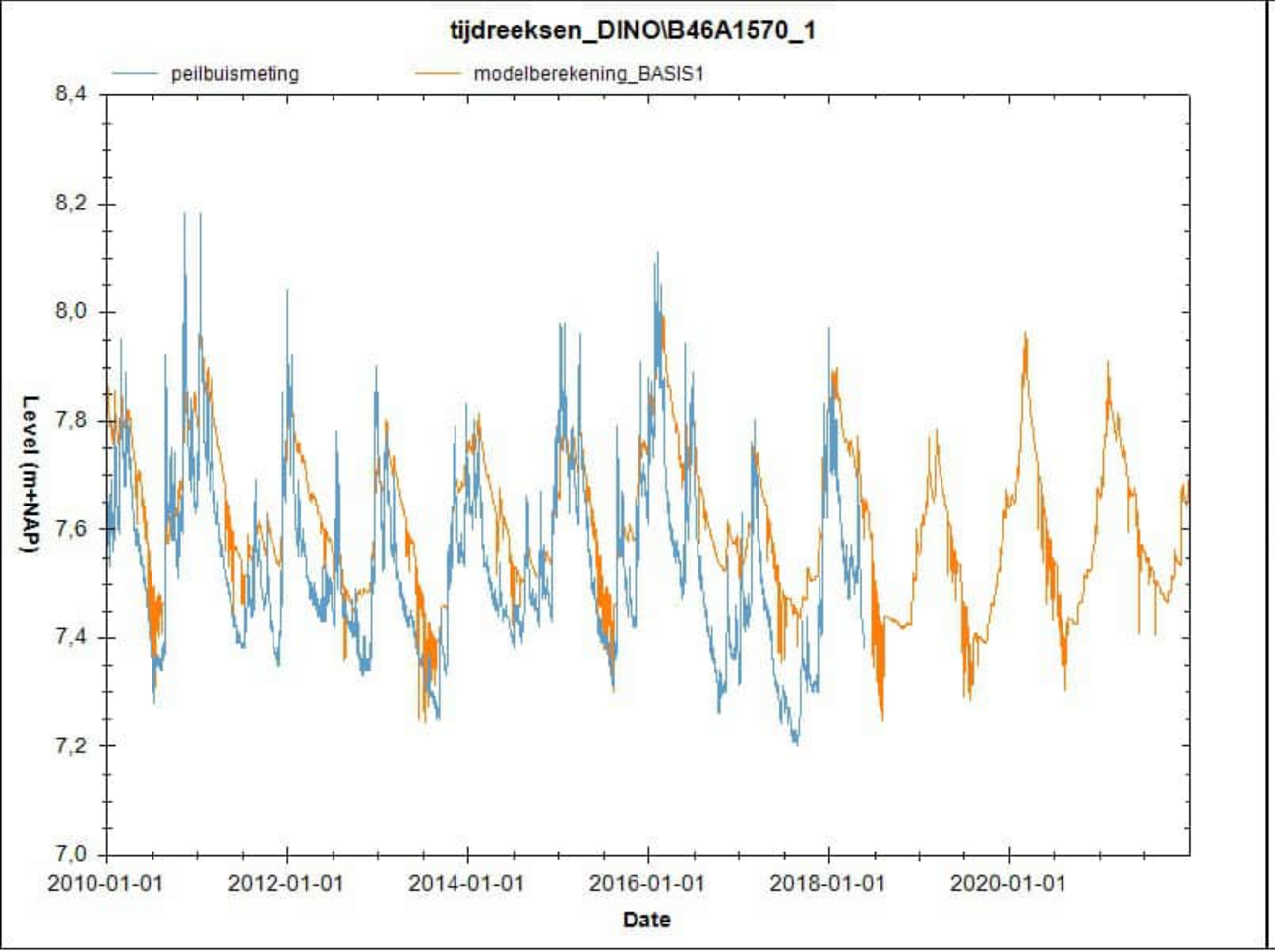


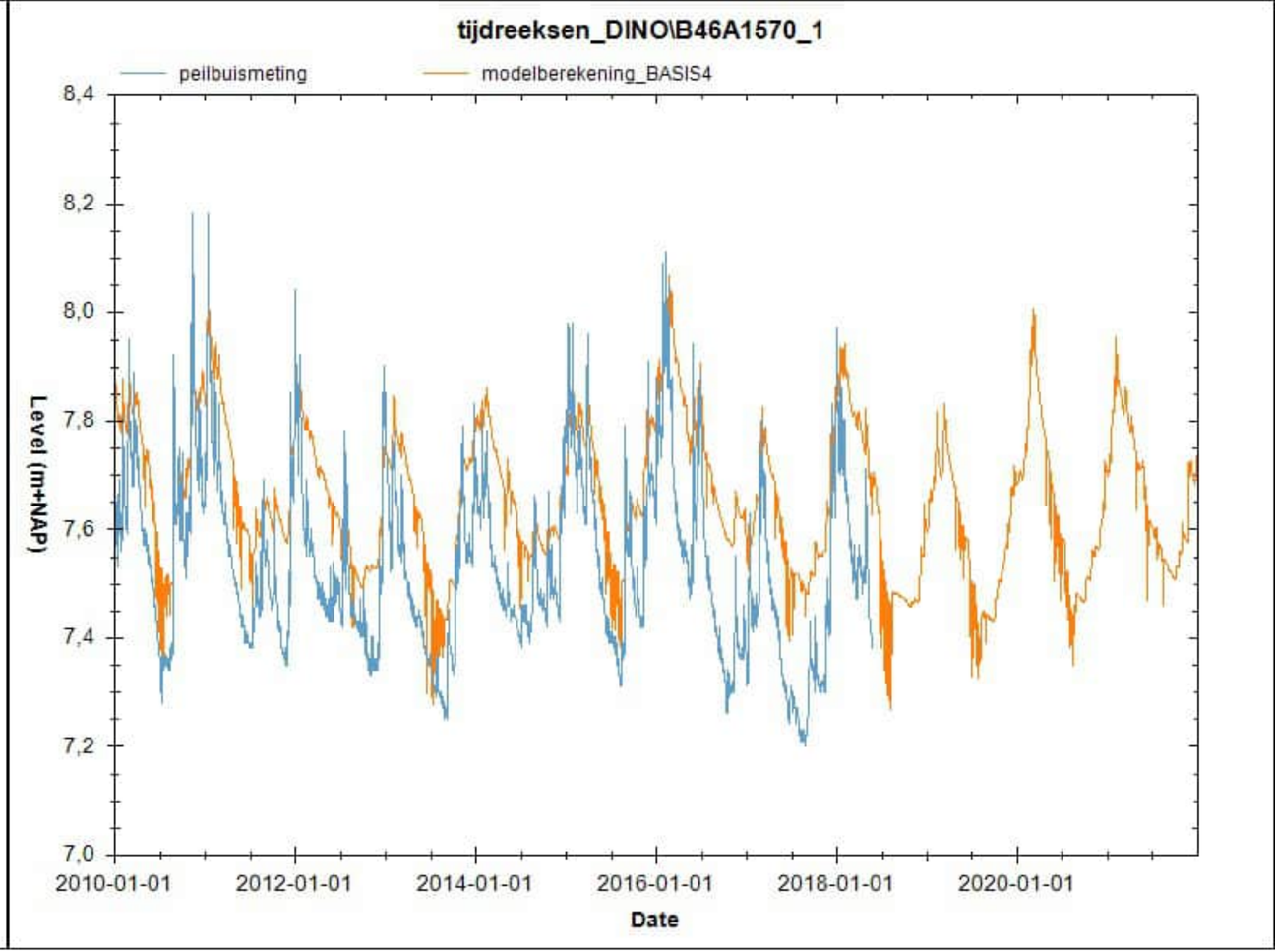
B1.39 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



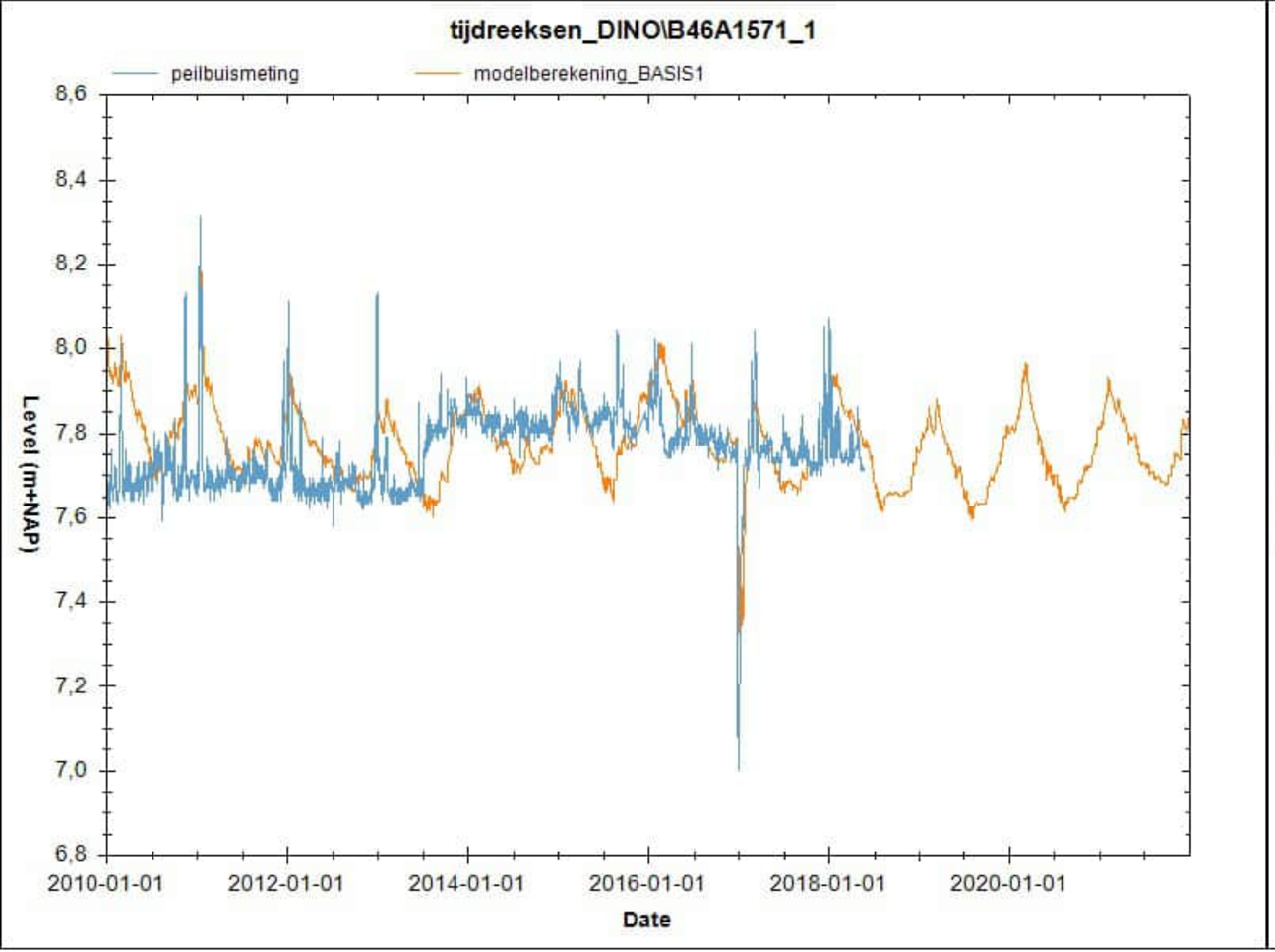


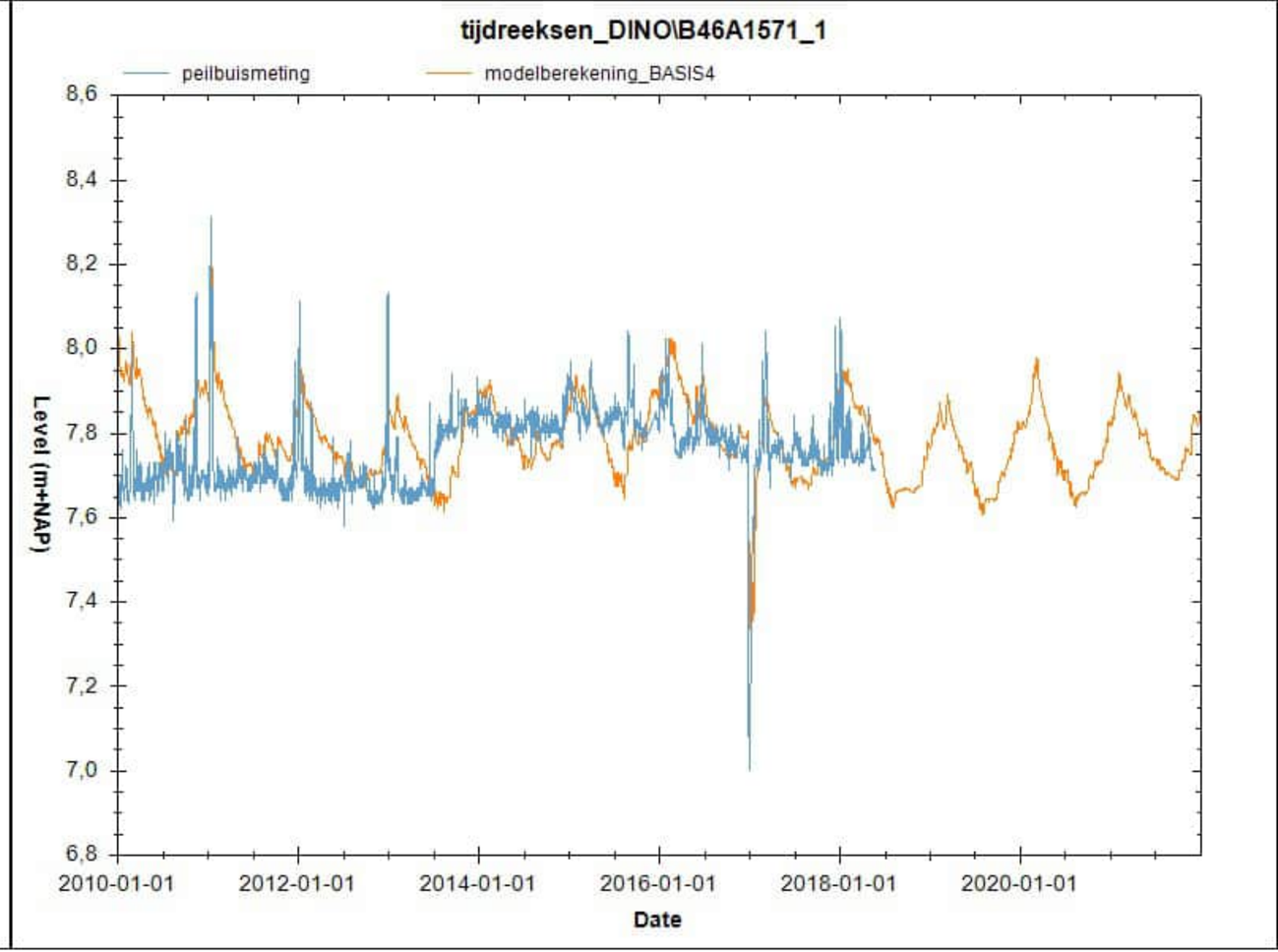
B1.40 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



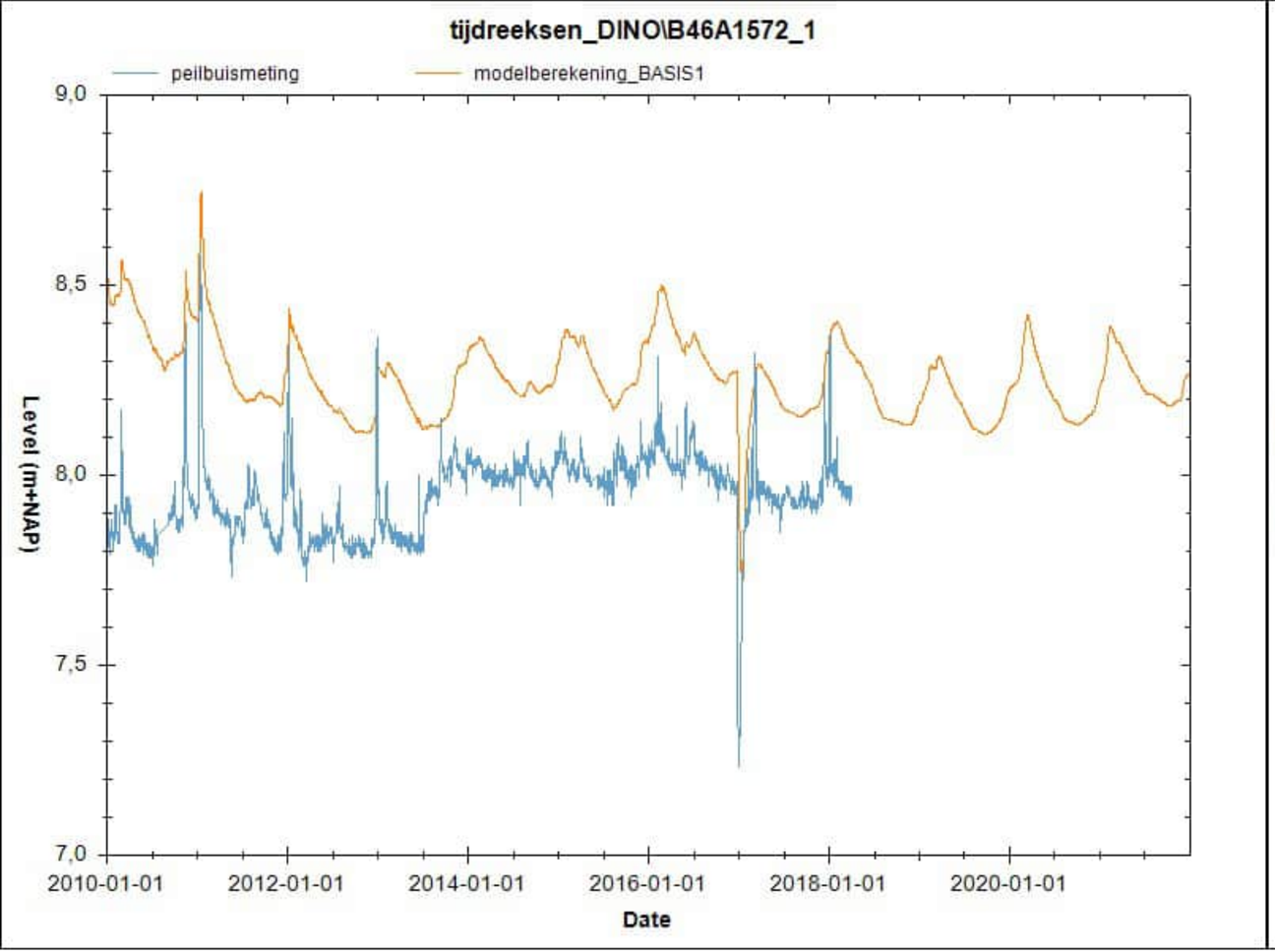


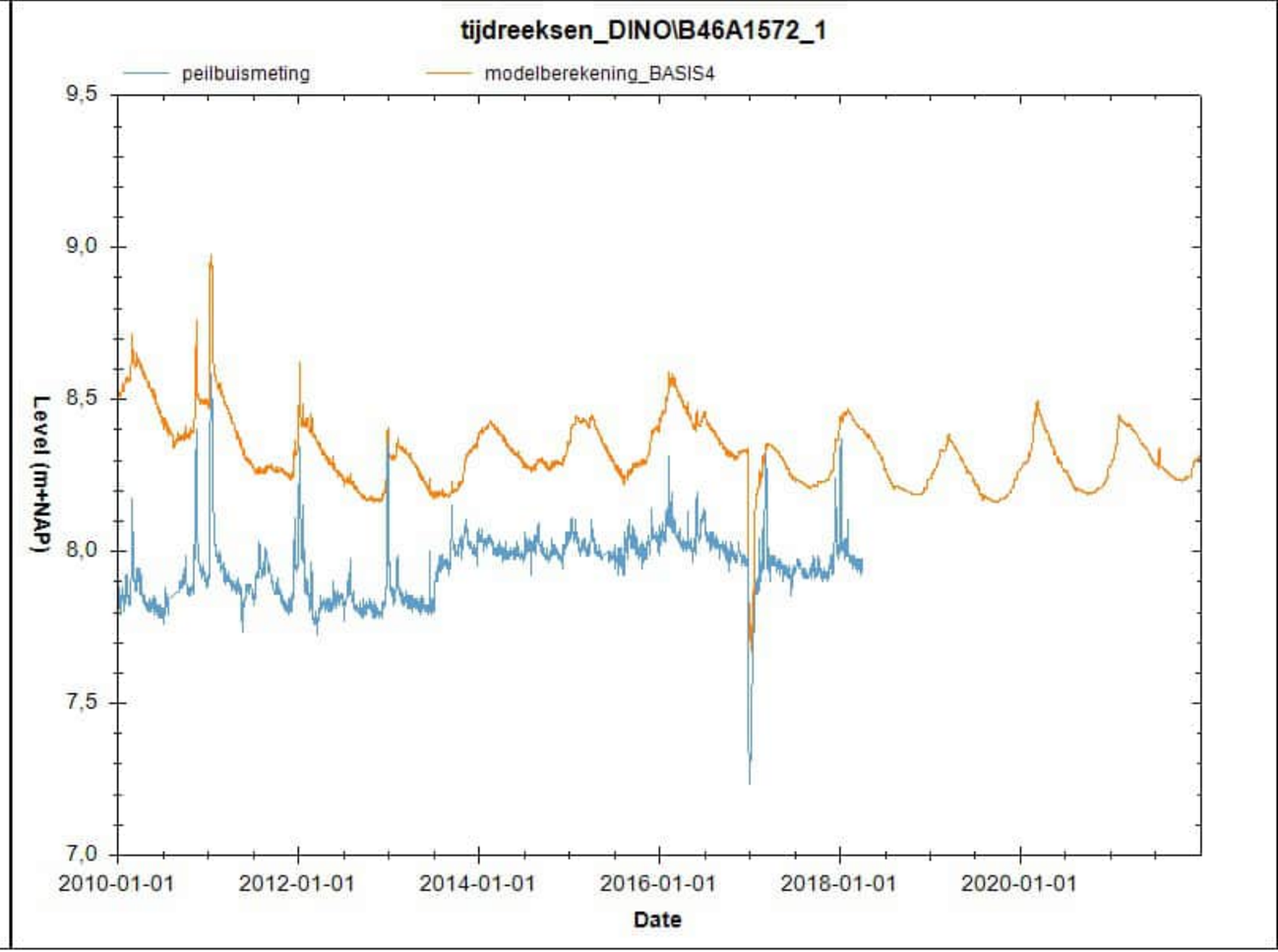
B1.41 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



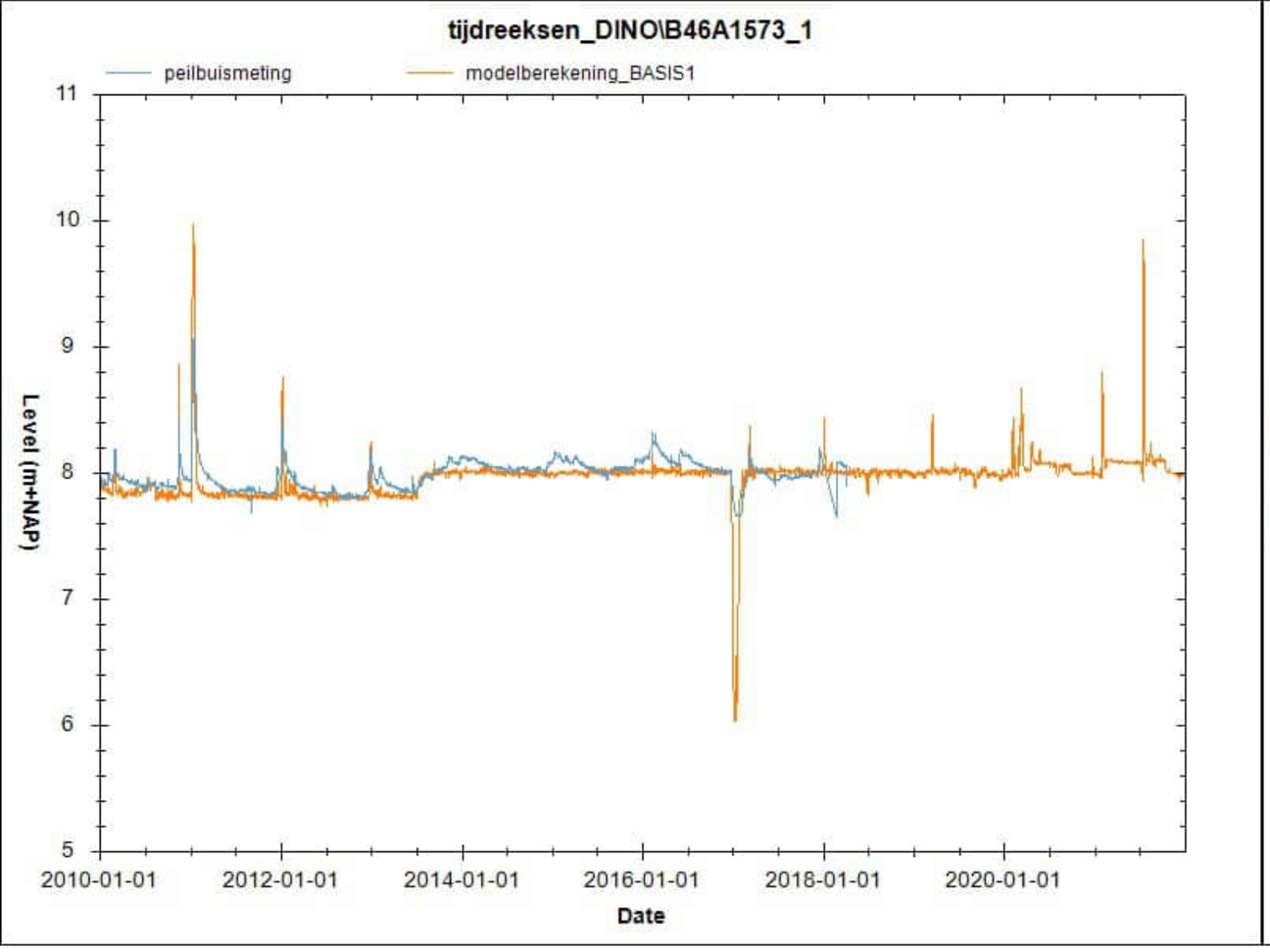


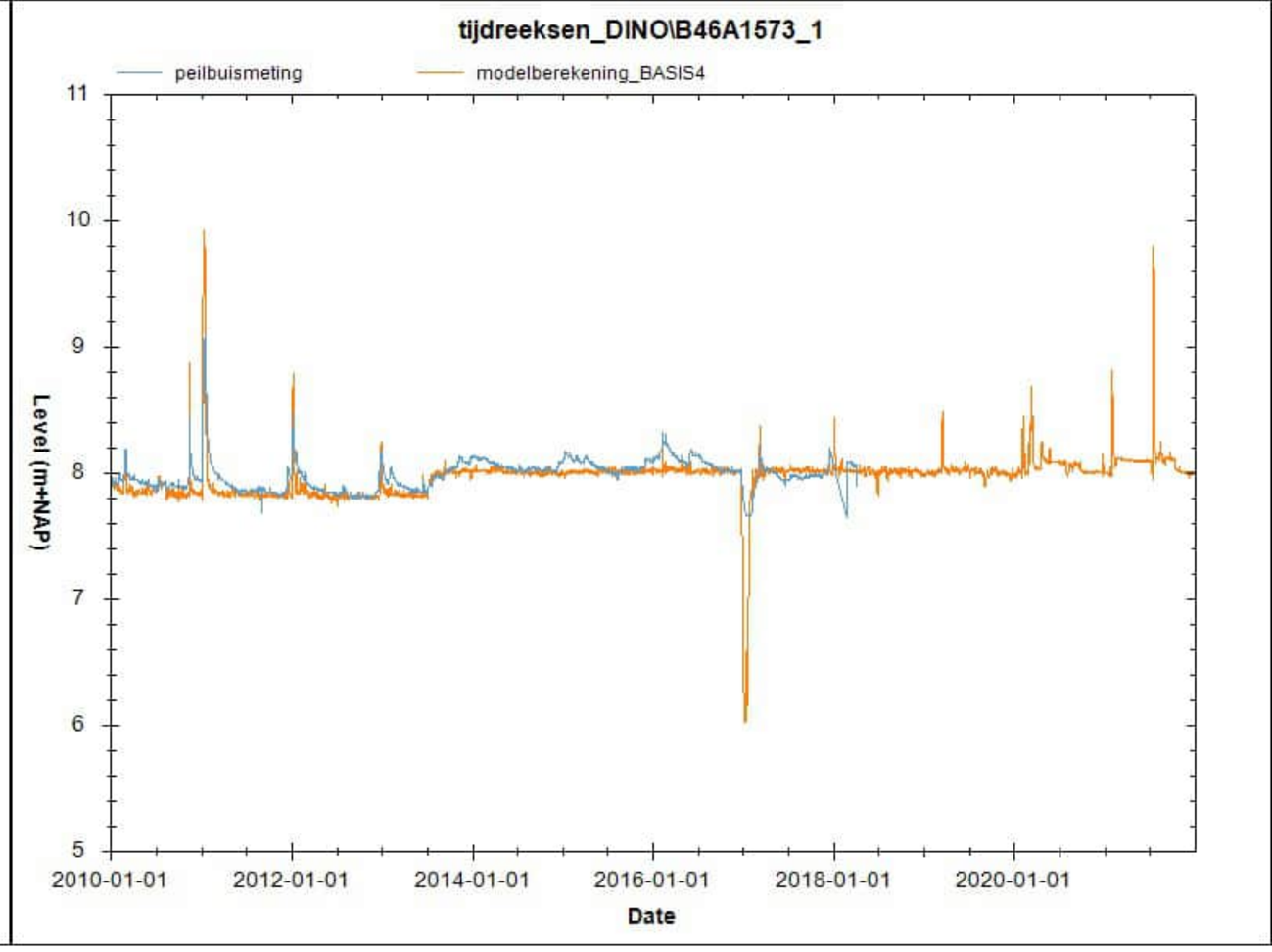
B1.42 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



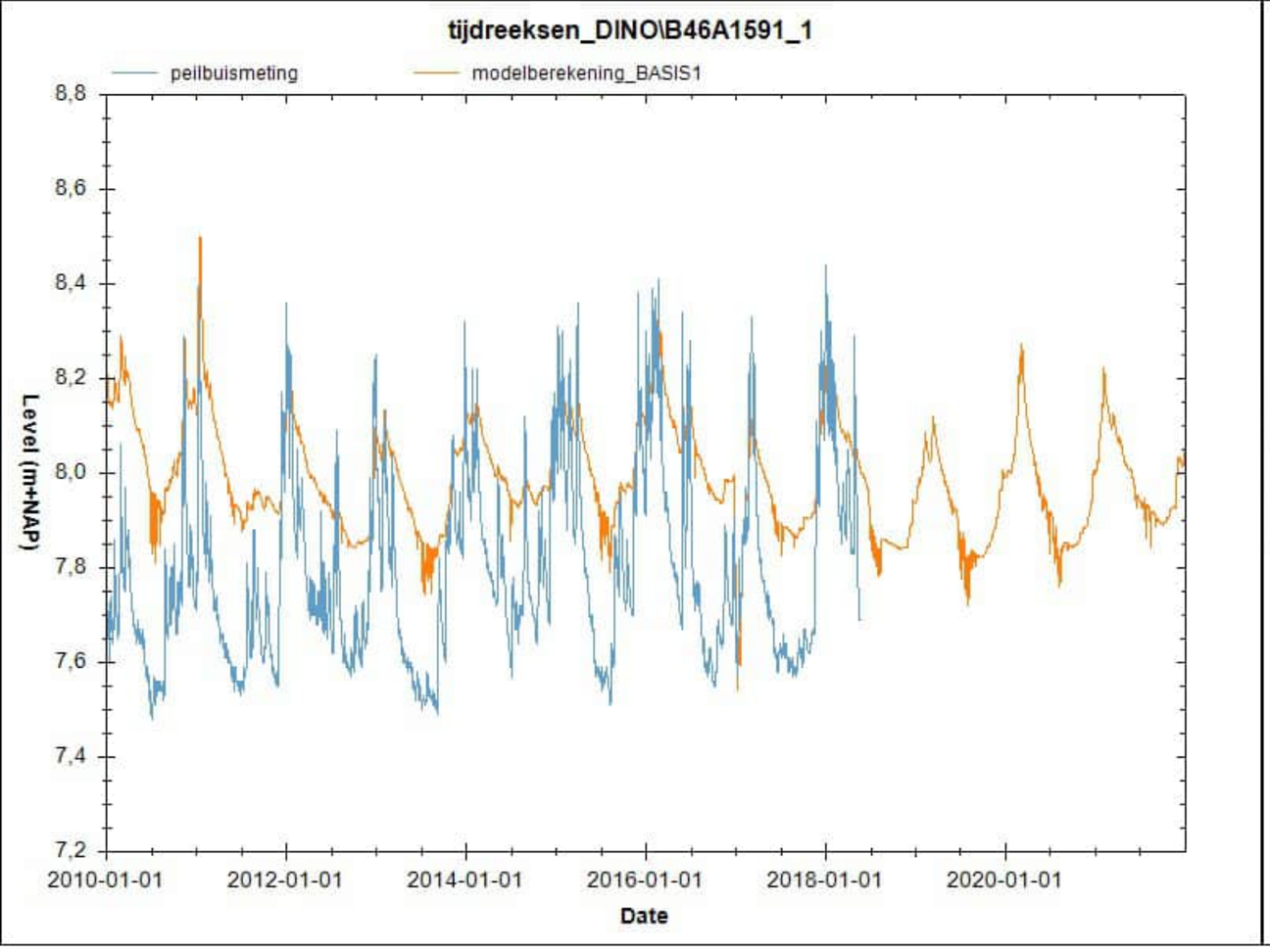


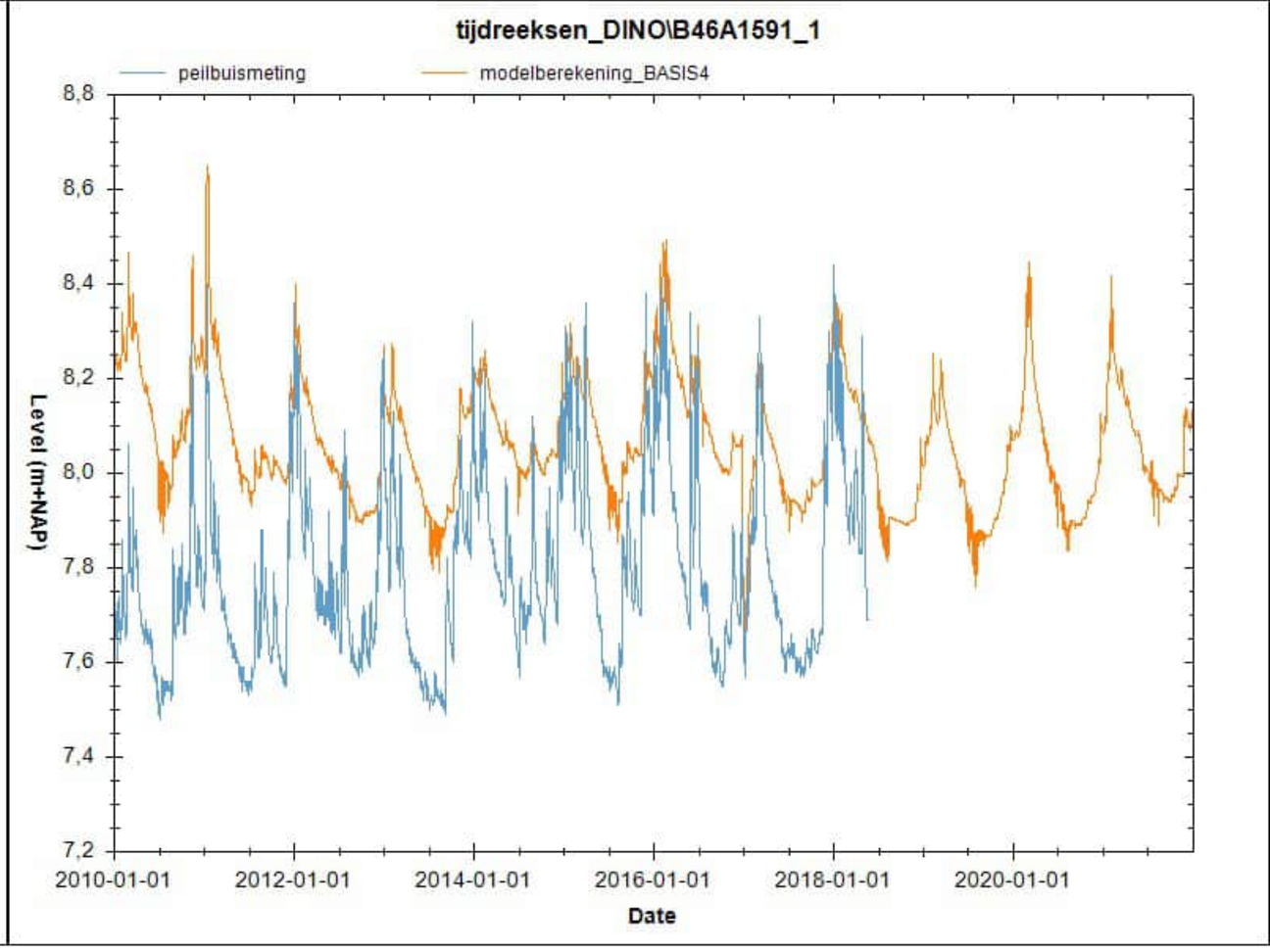
B1.43 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



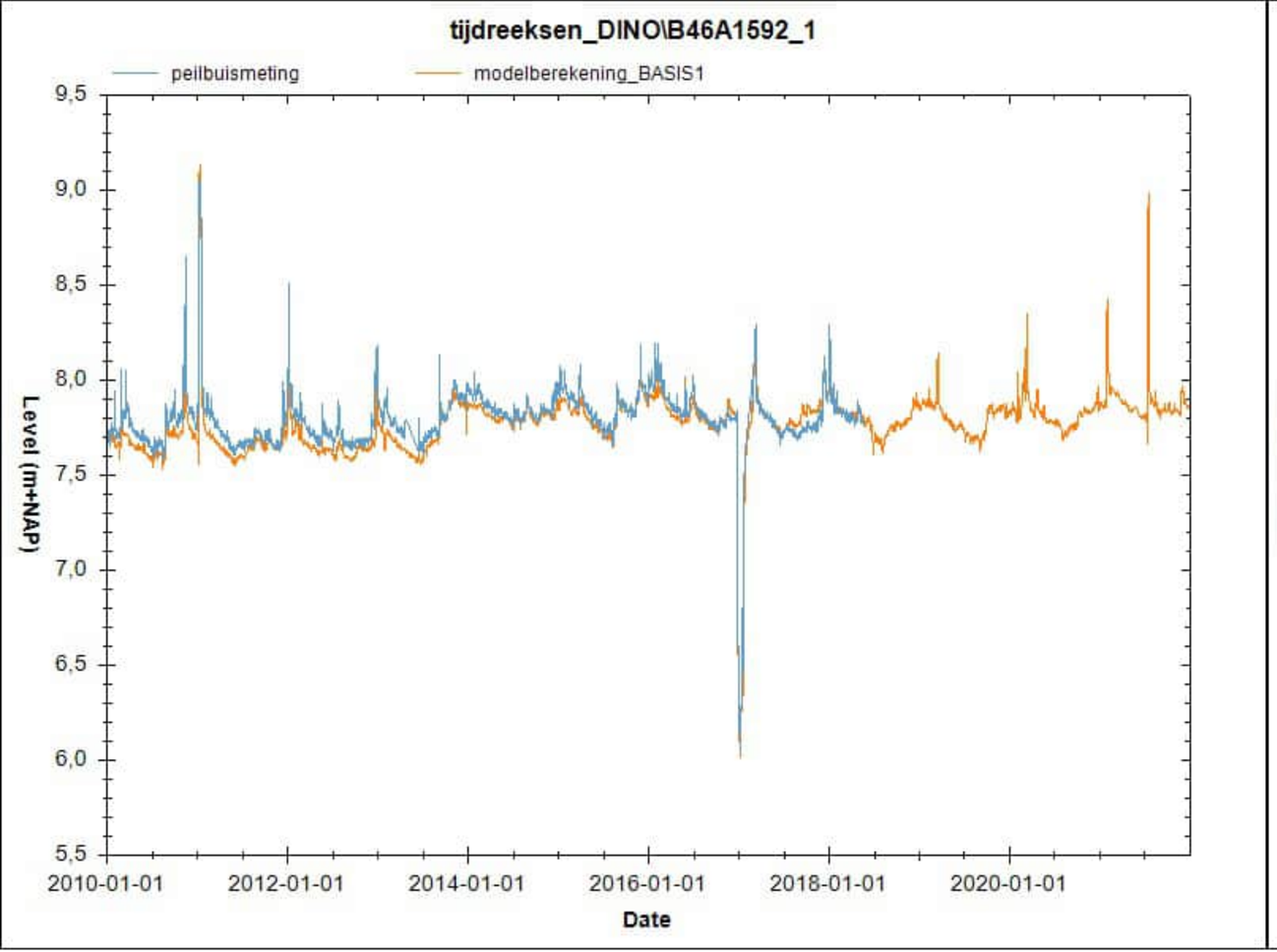


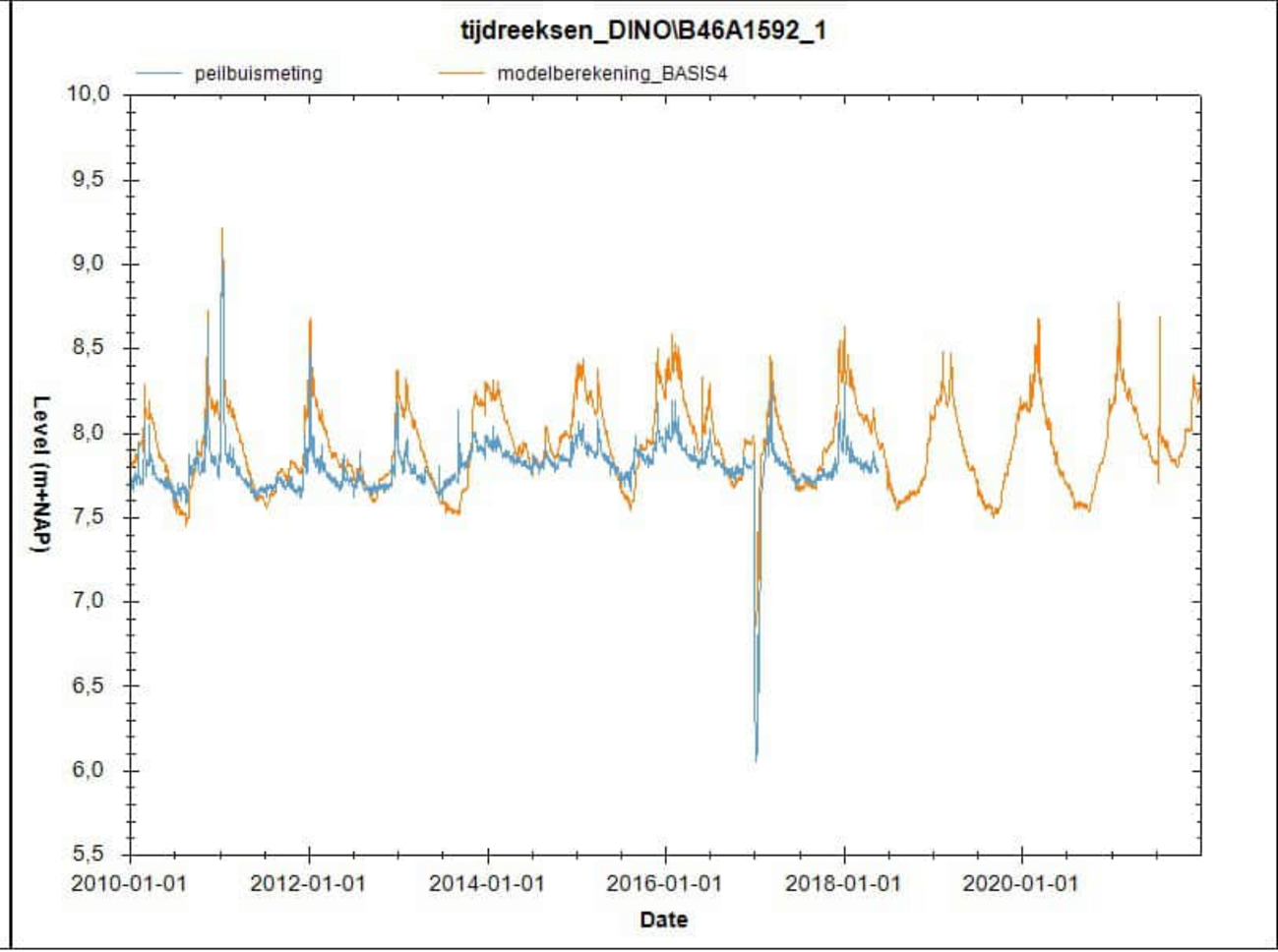
B1.44 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



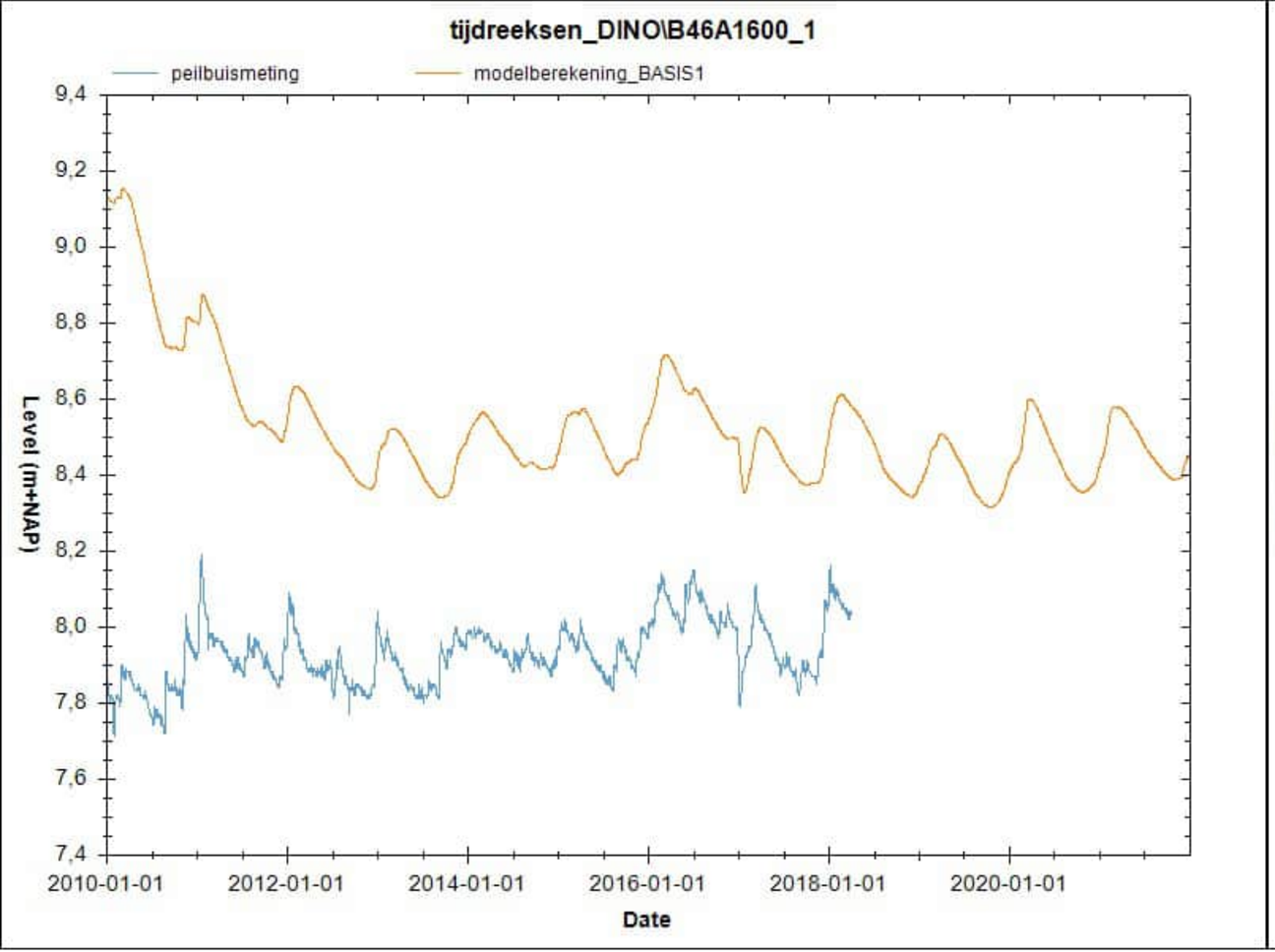


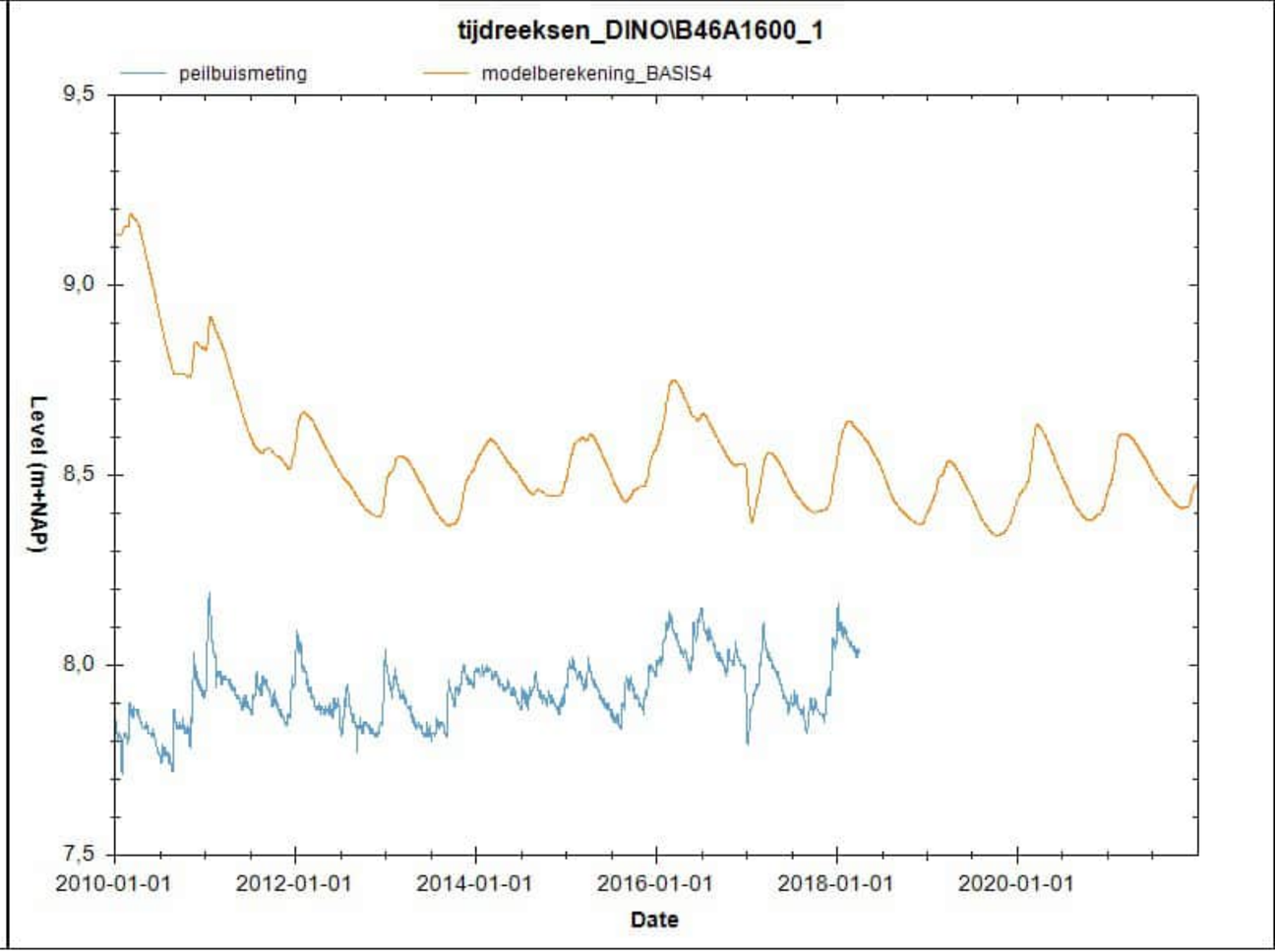
B1.45 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



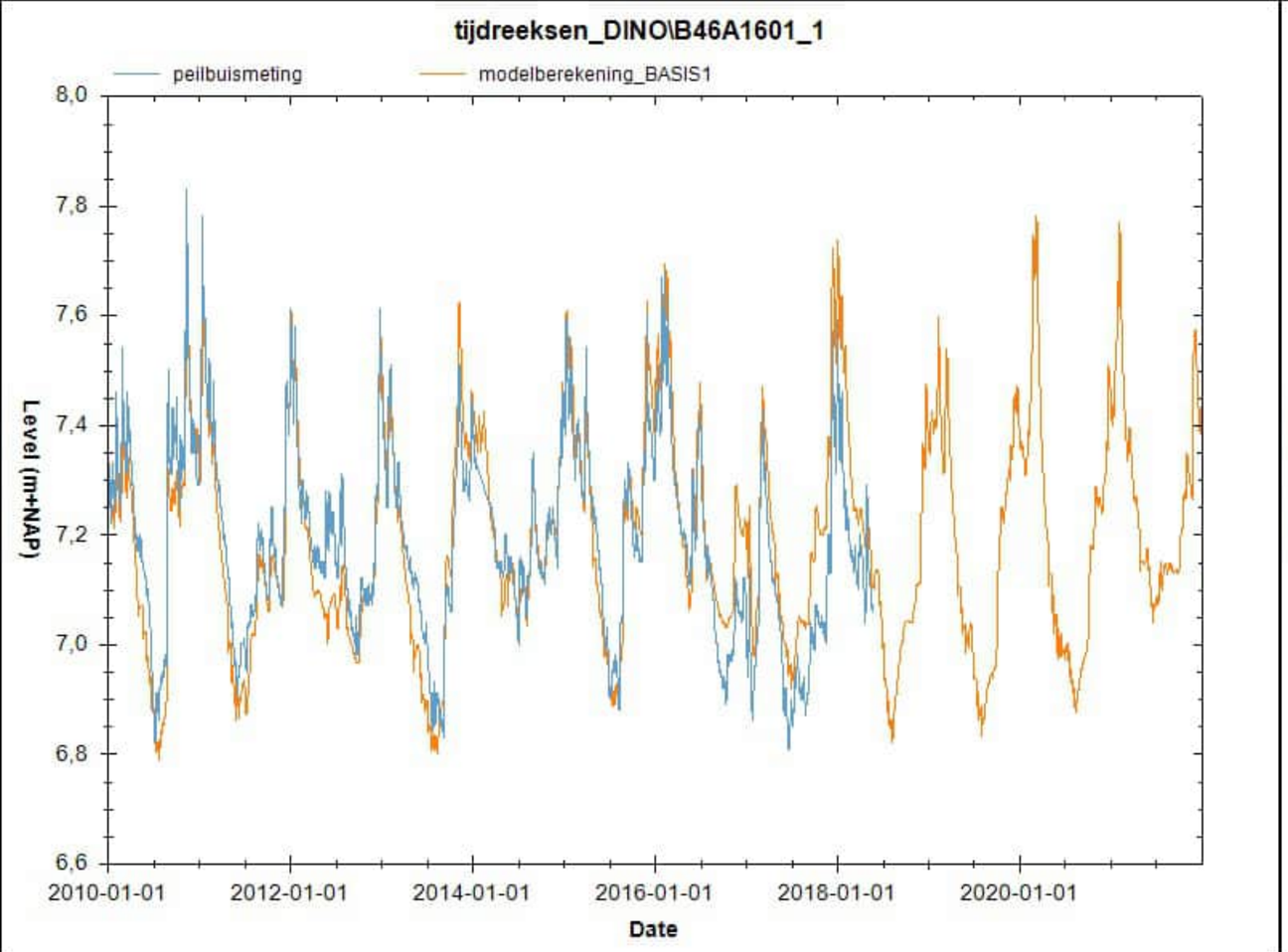


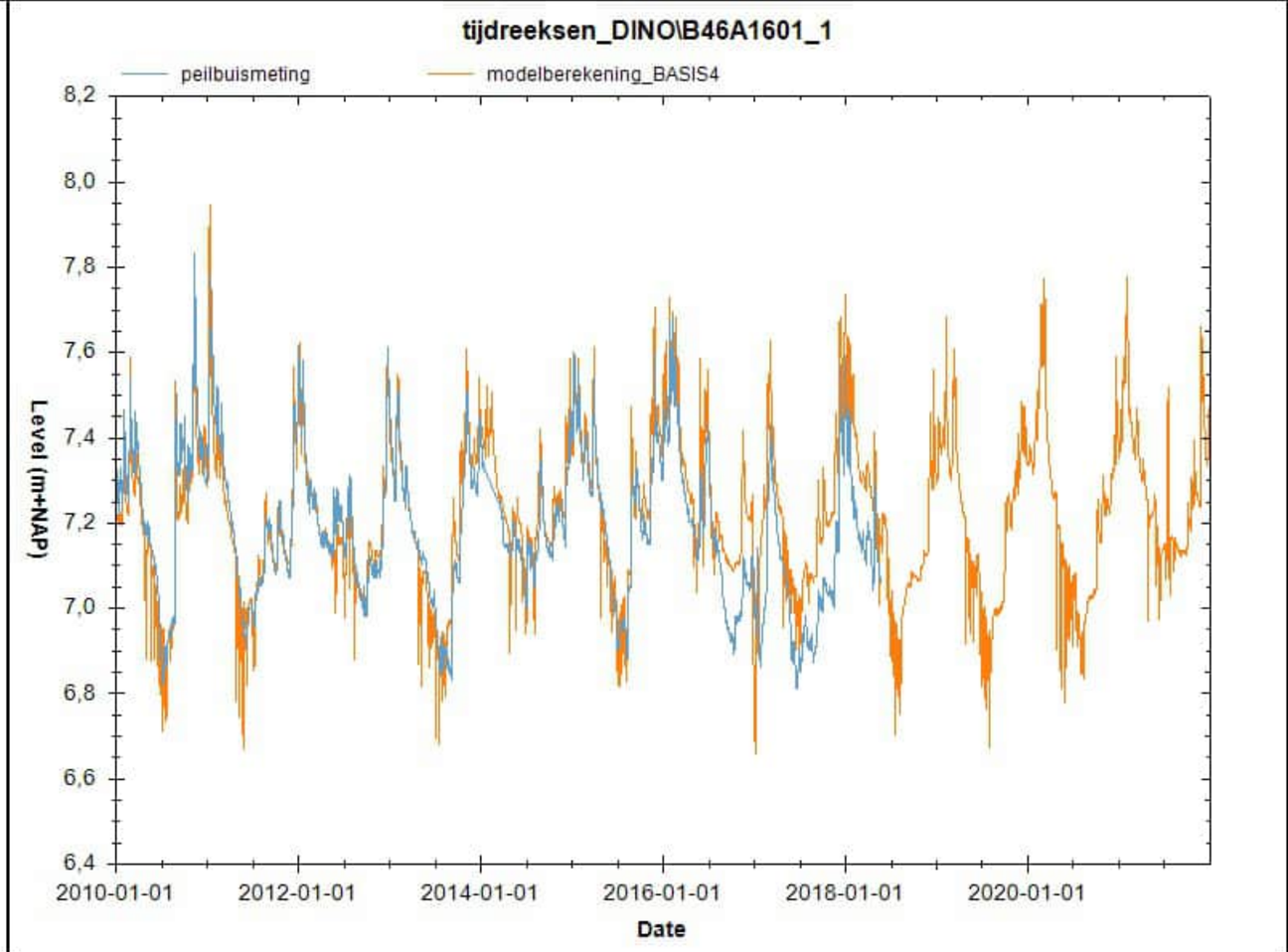
B1.46 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



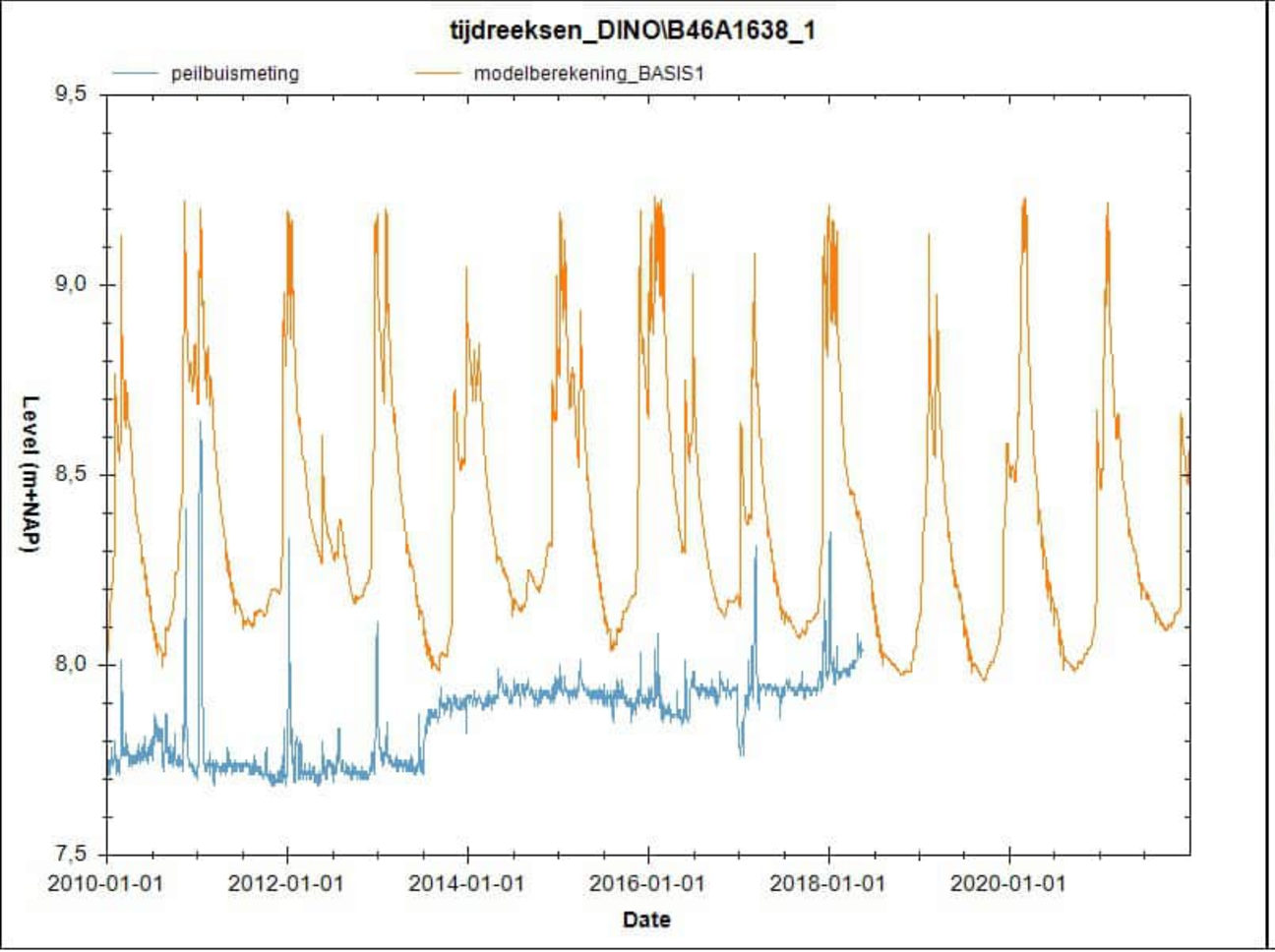


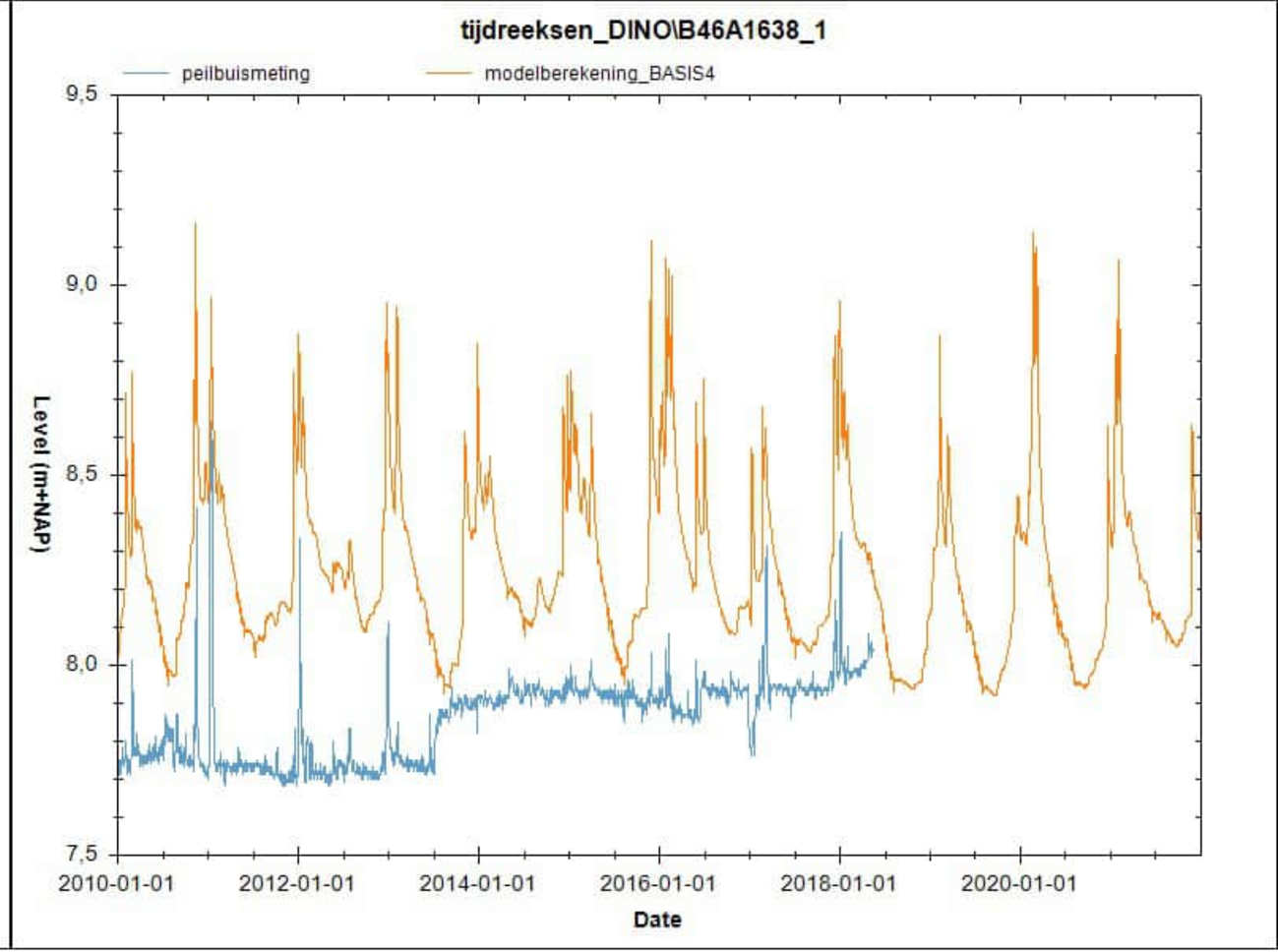
B1.47 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



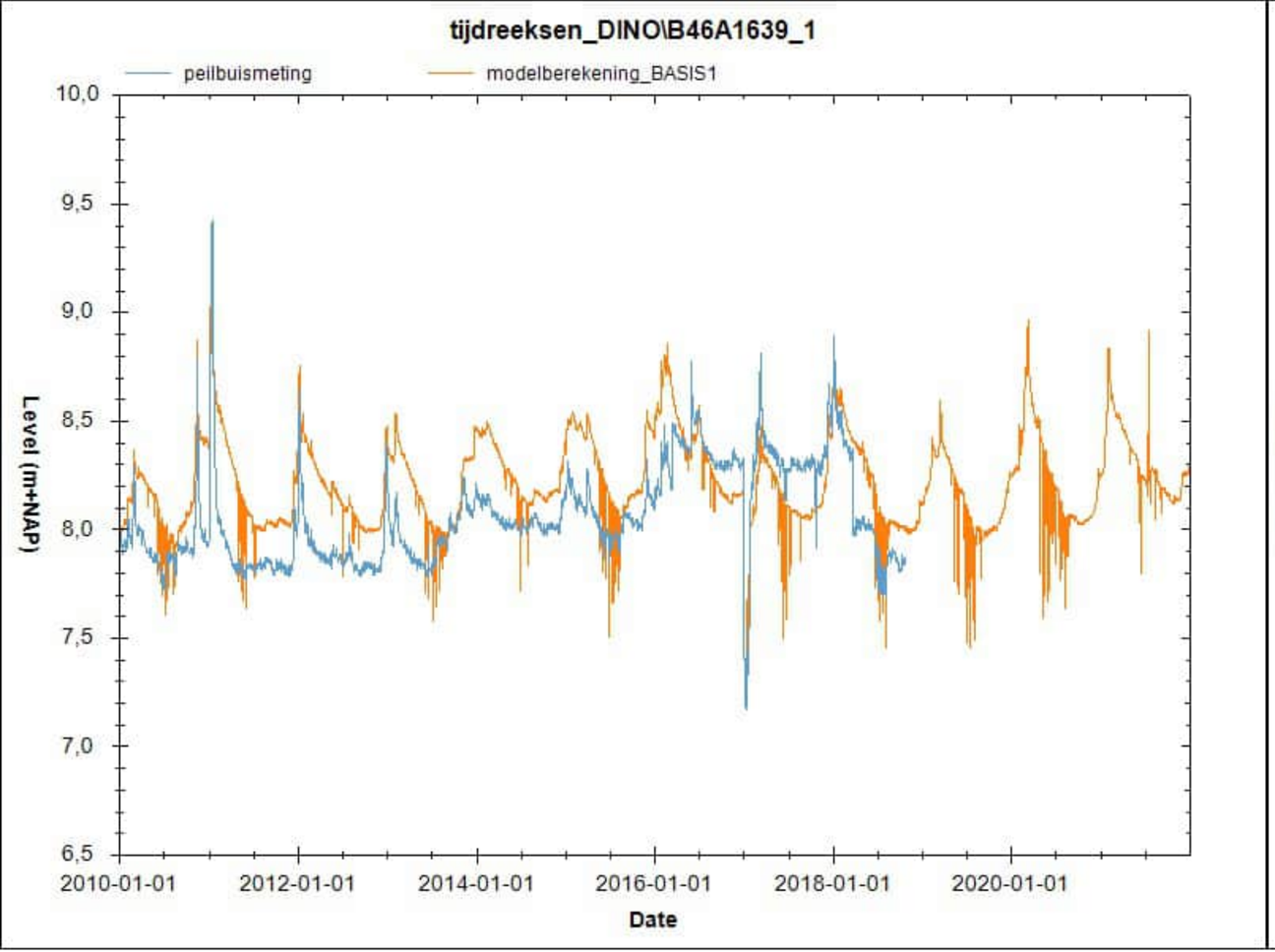


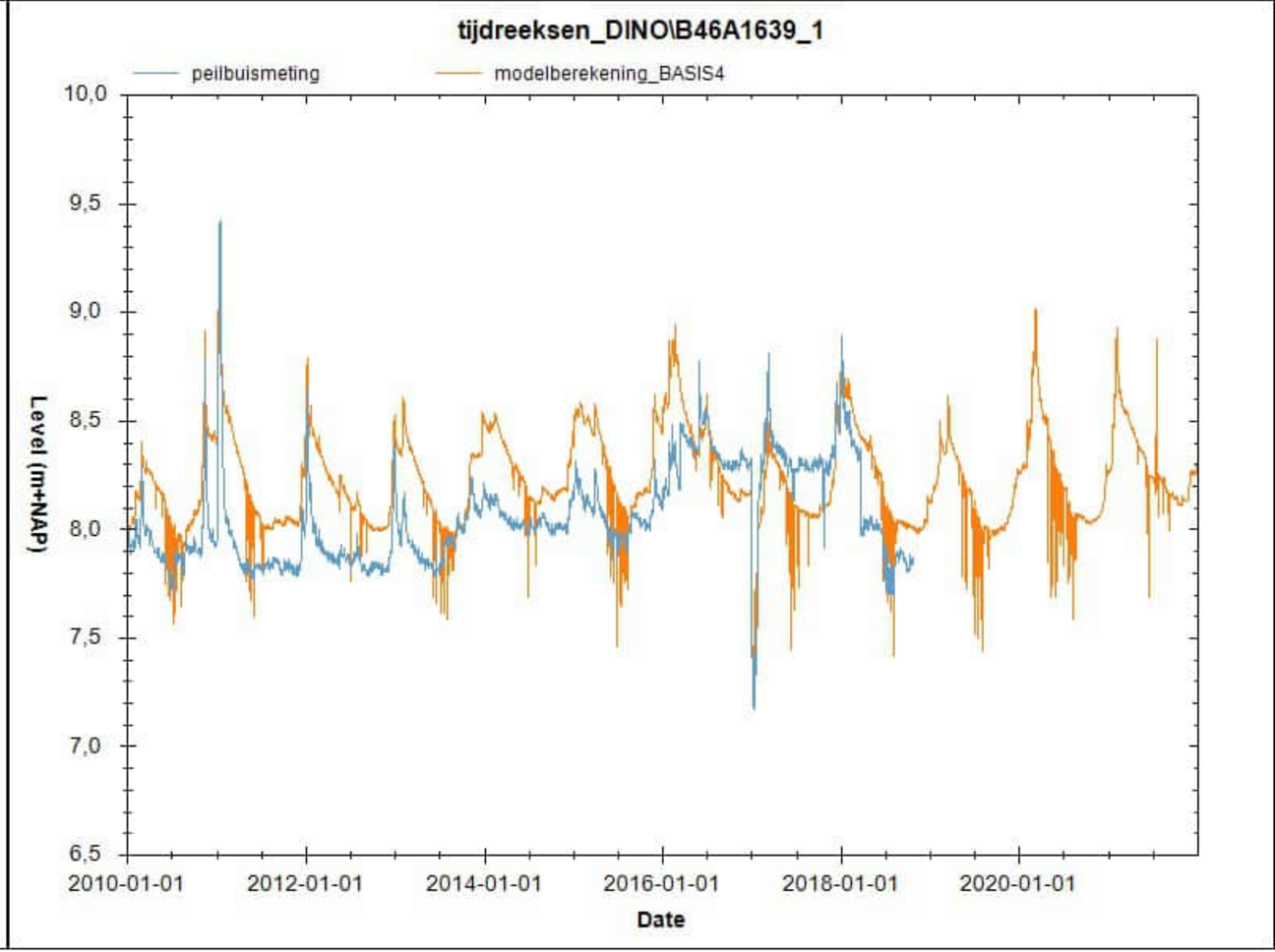
B1.48 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



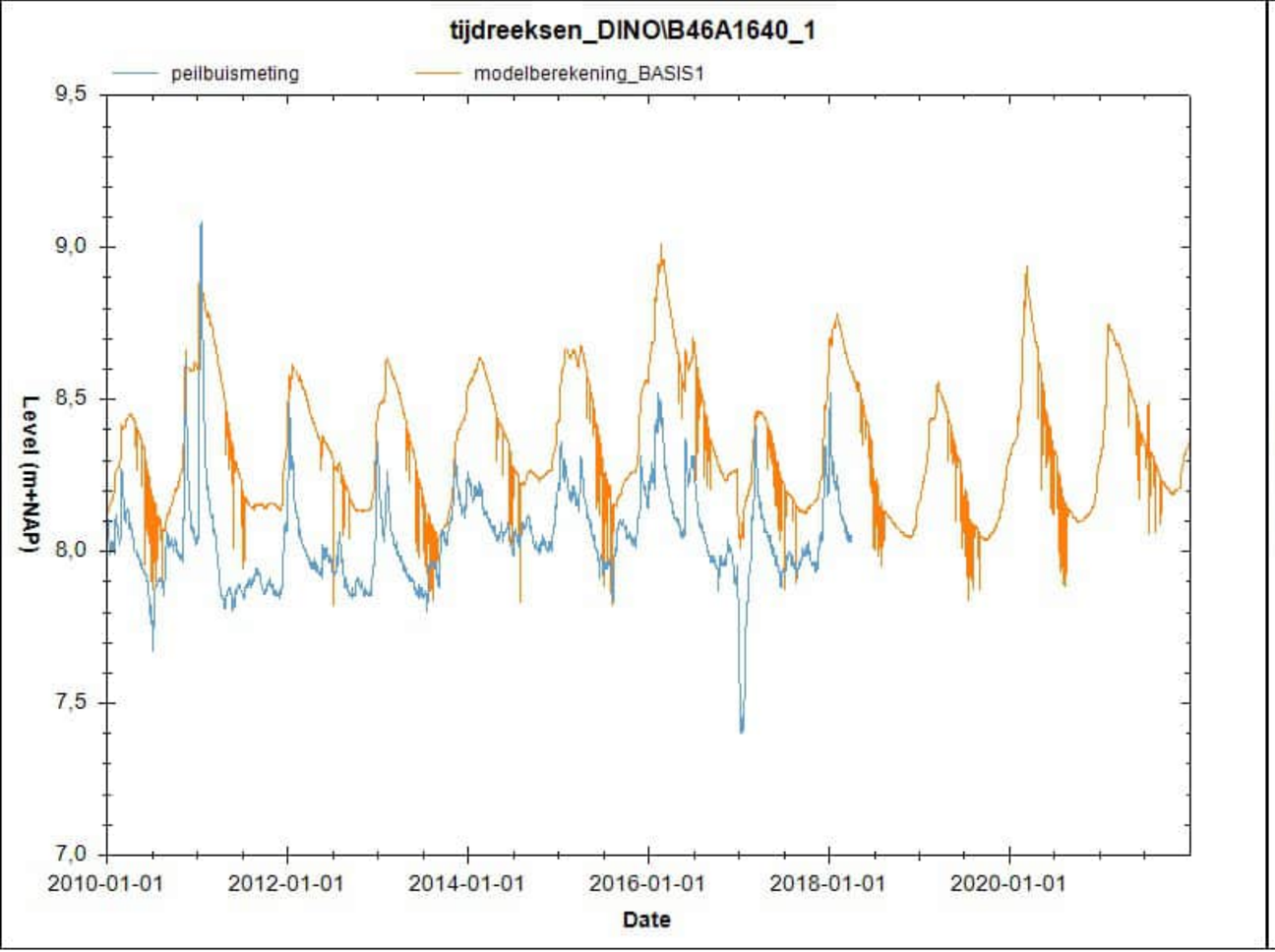


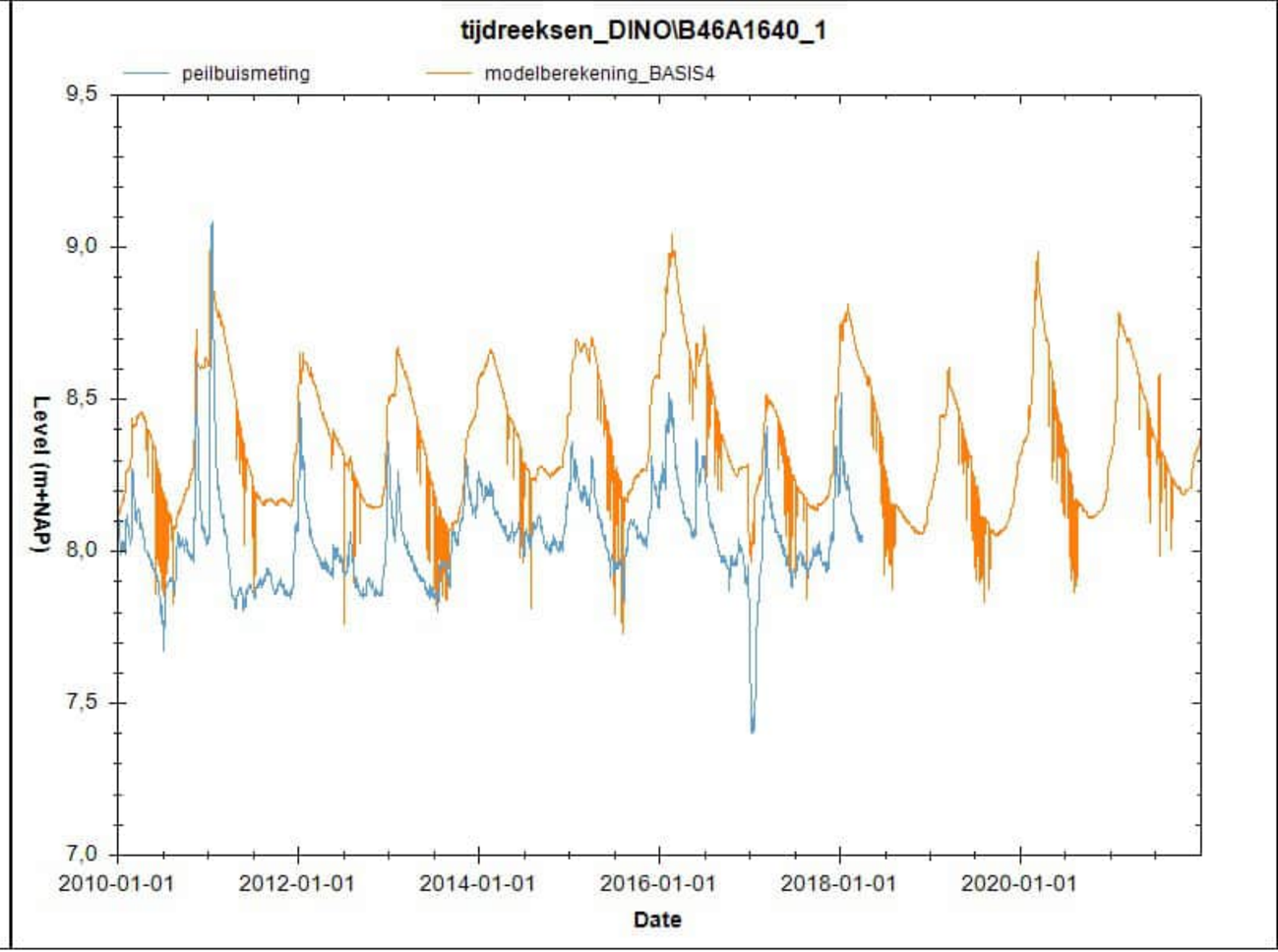
B1.49 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



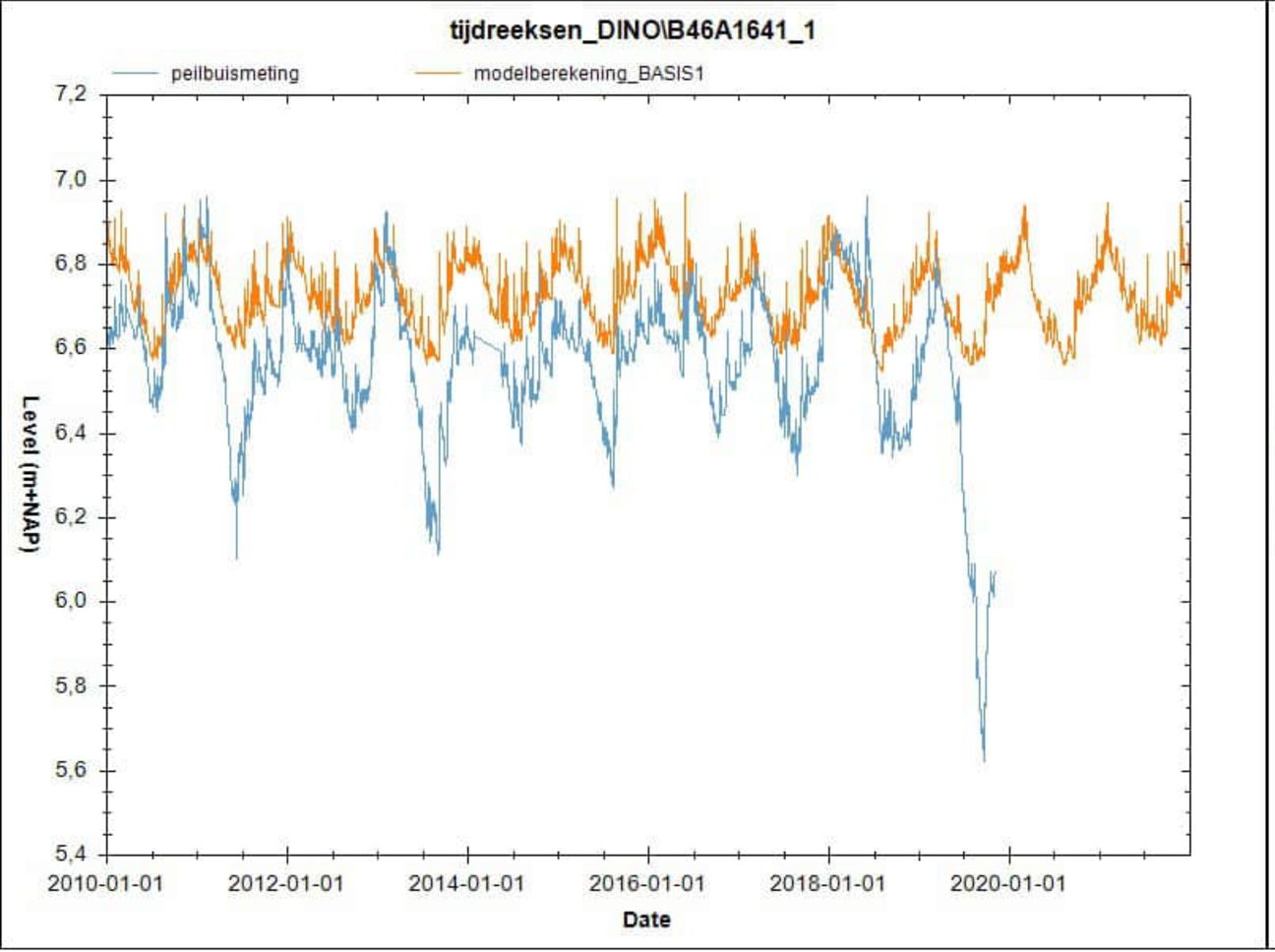


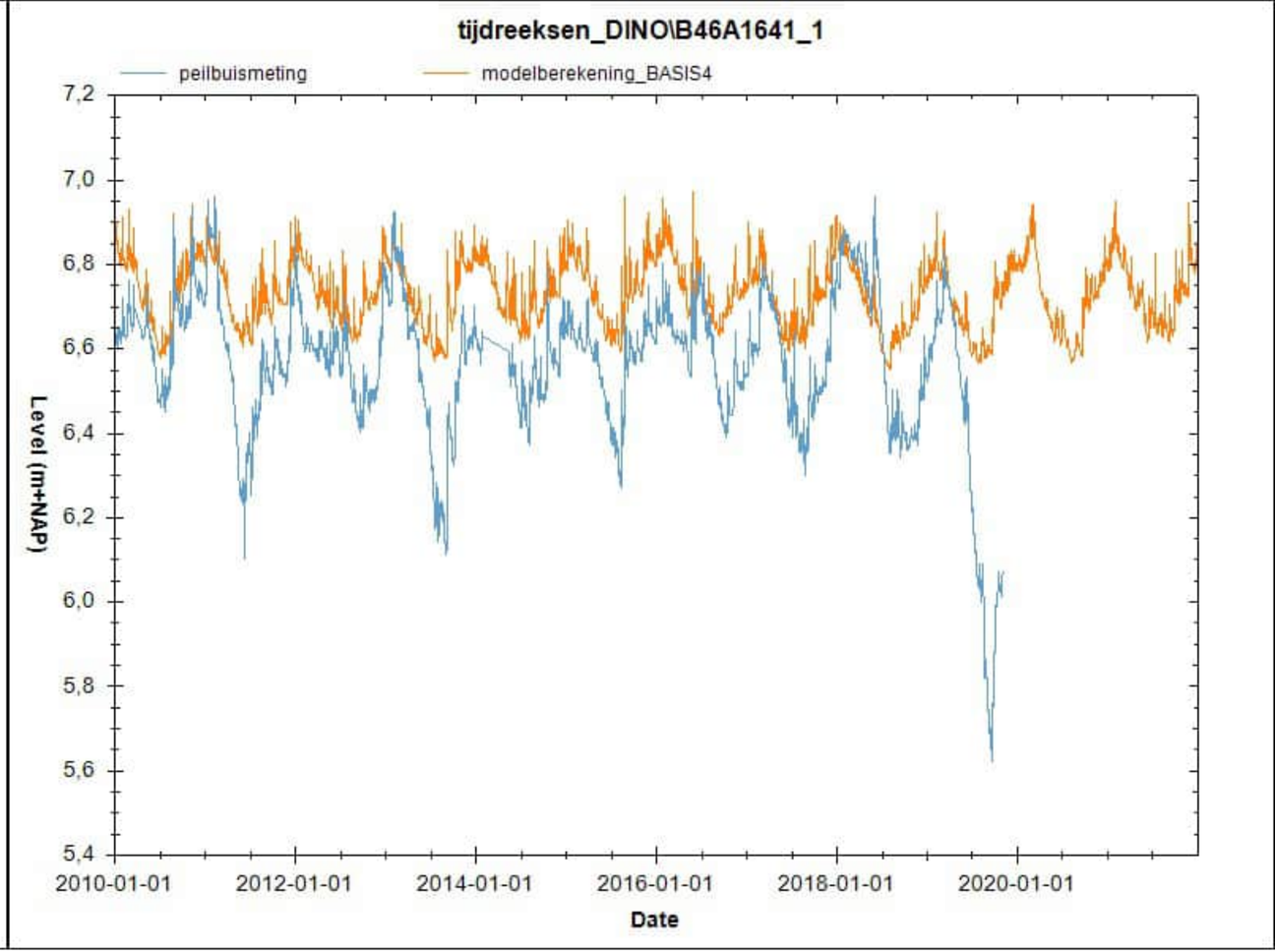
B1.50 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



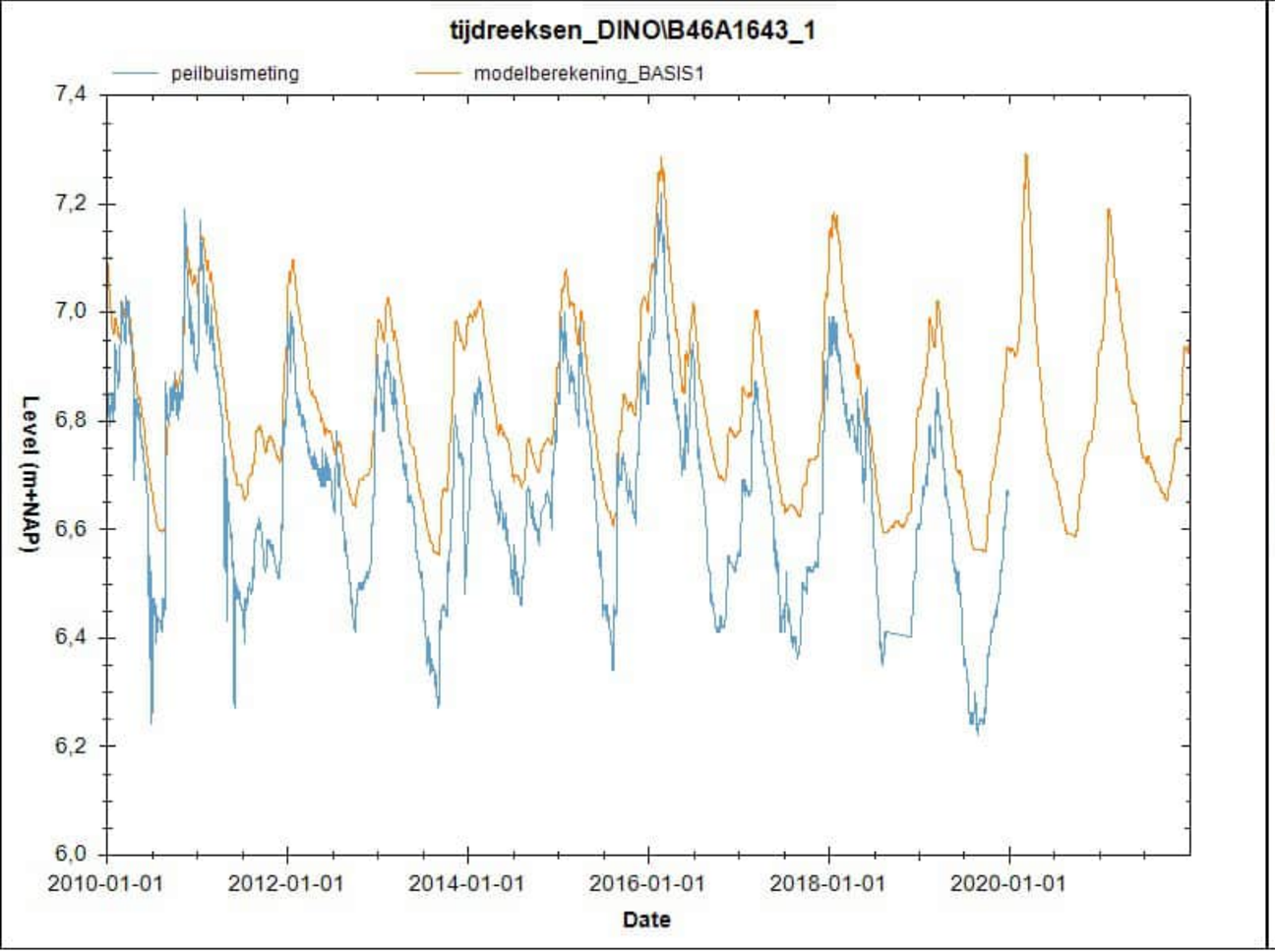


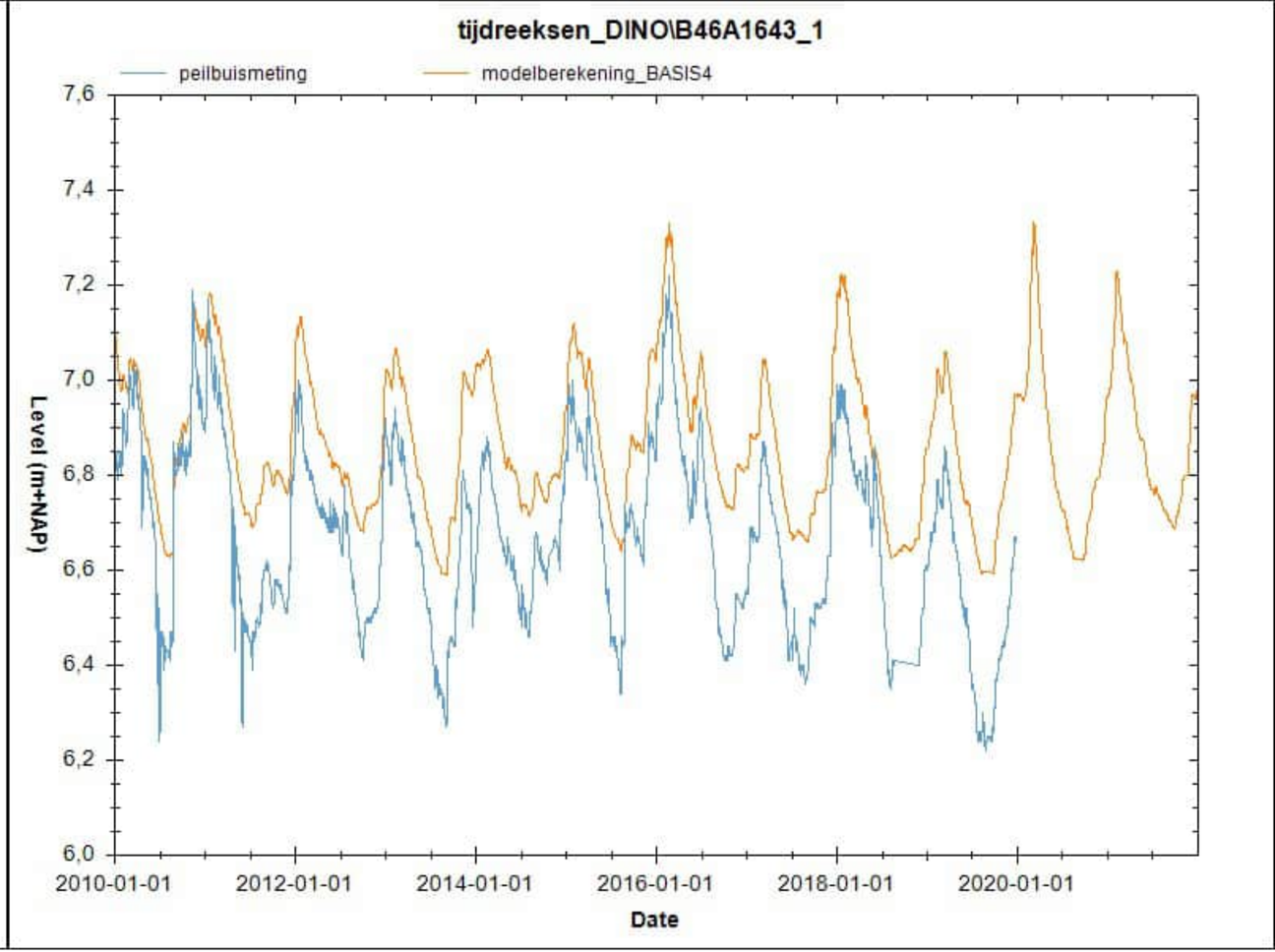
B1.51 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



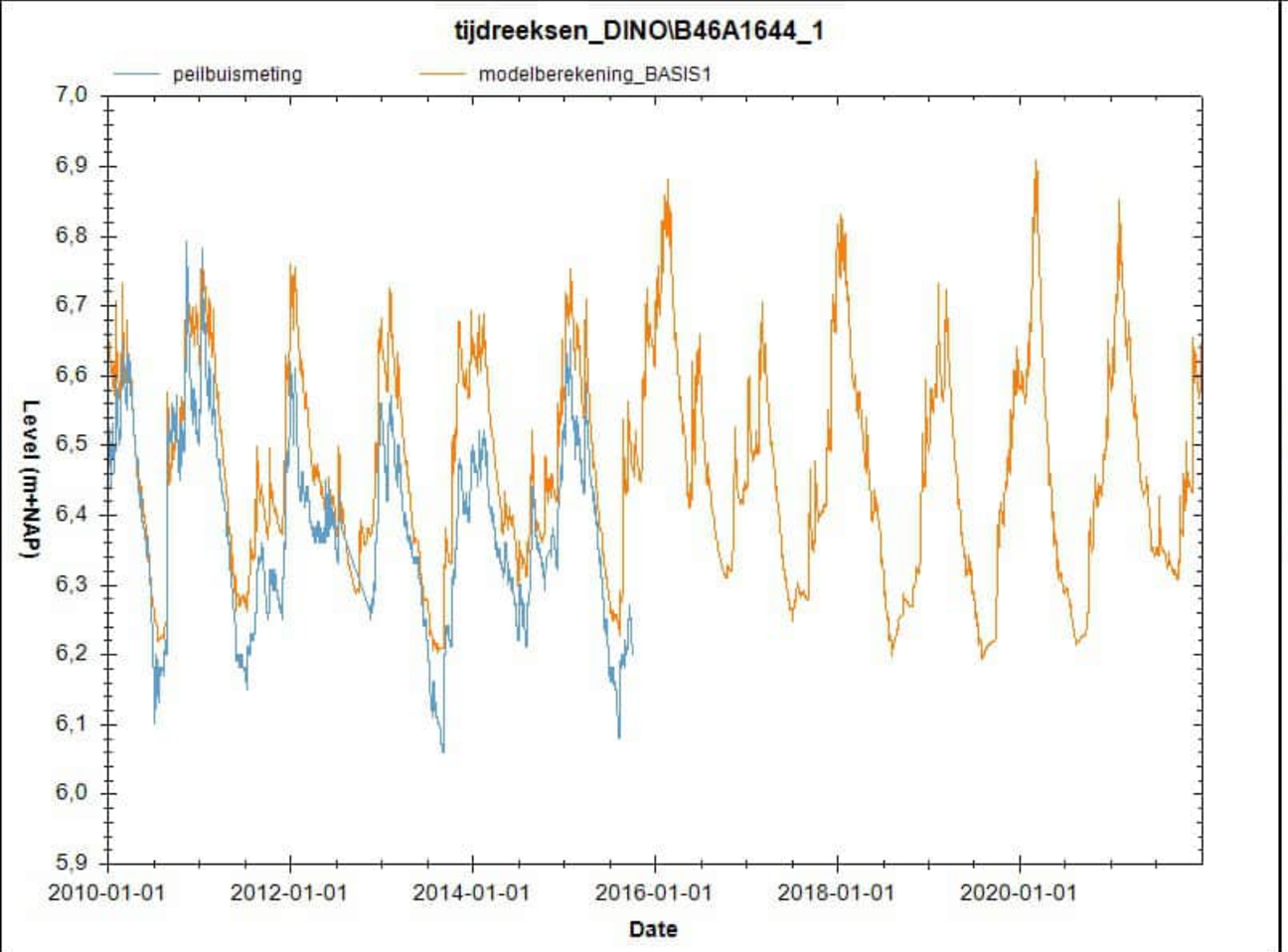


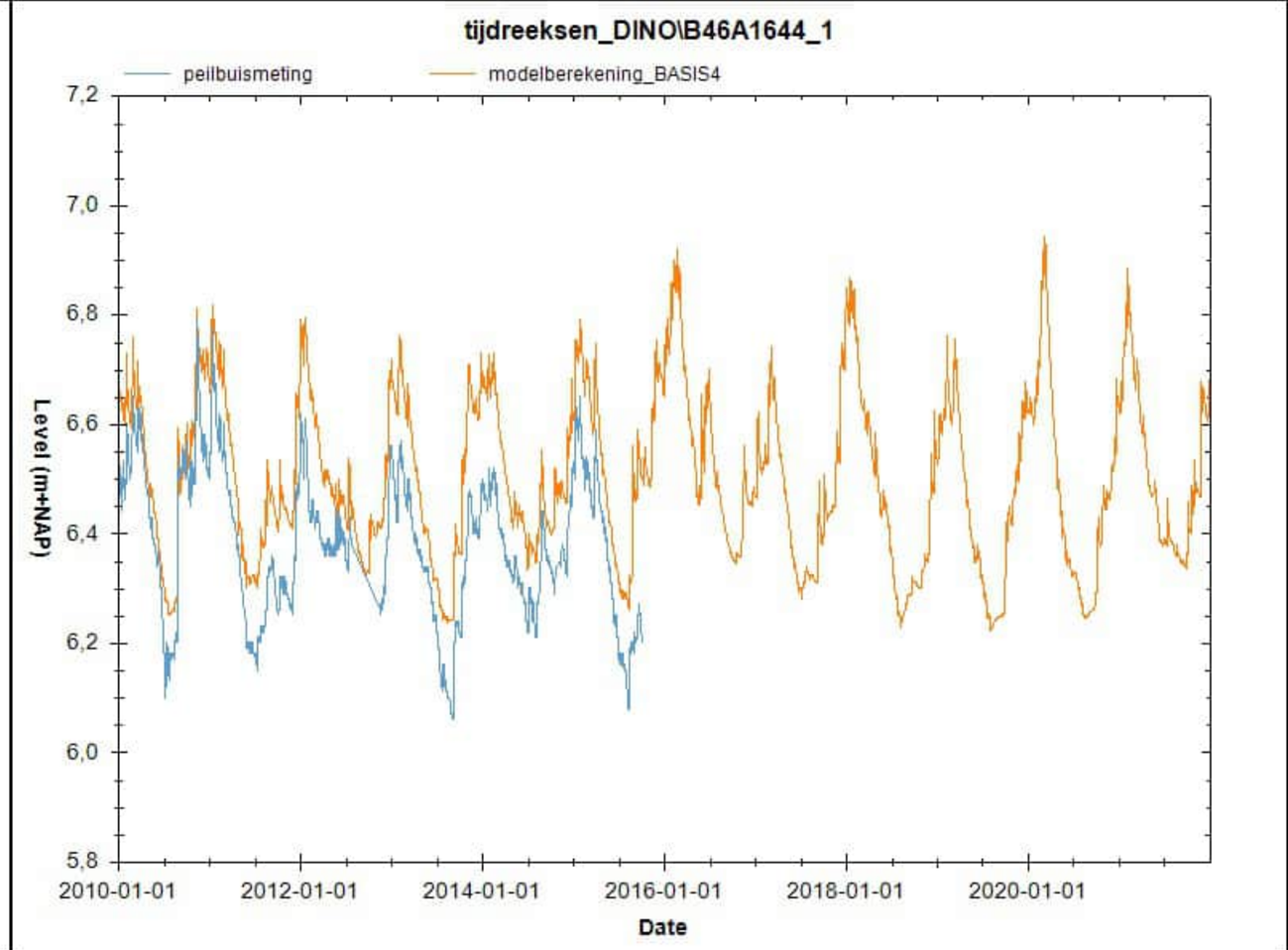
B1.52 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



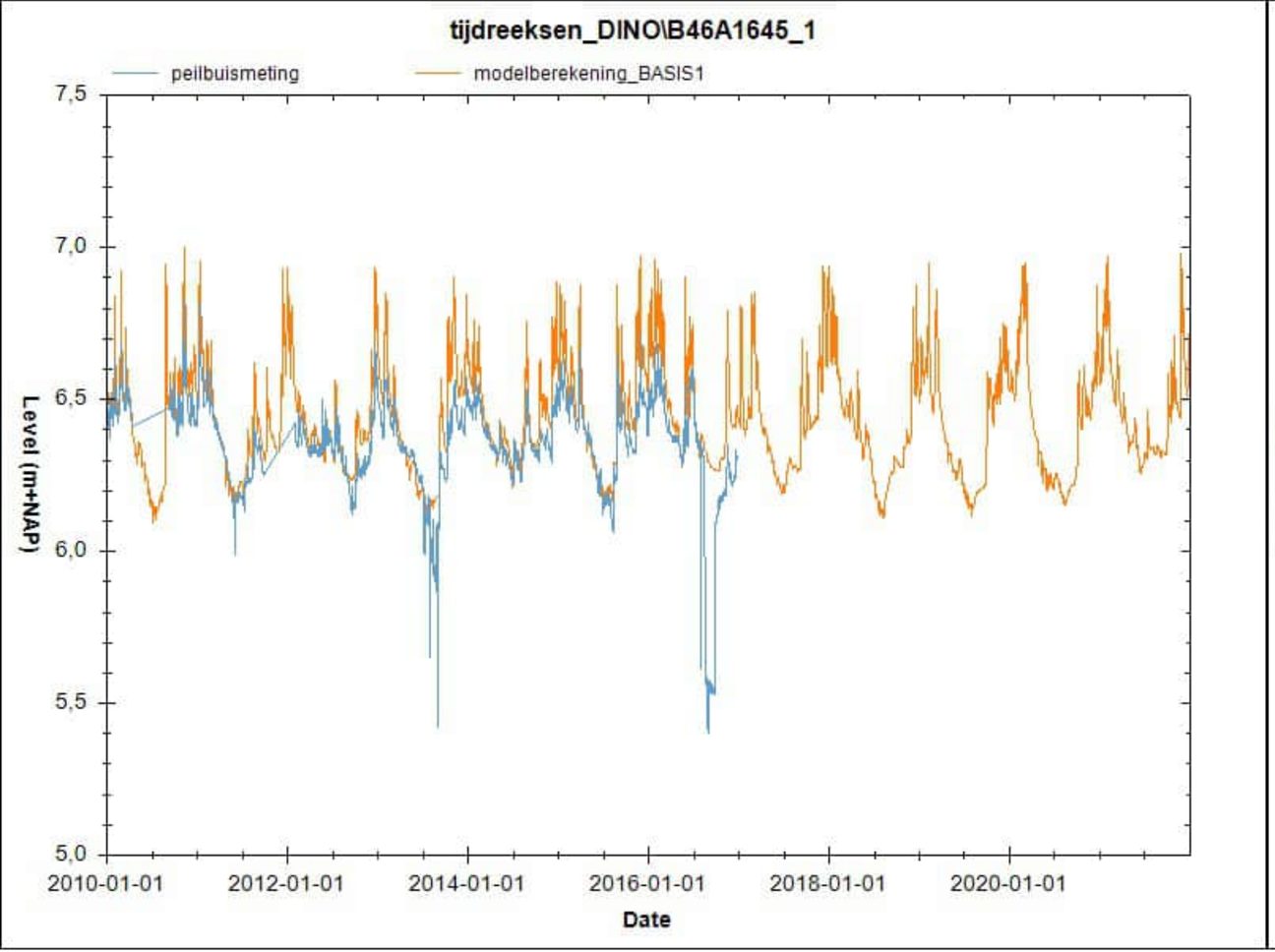


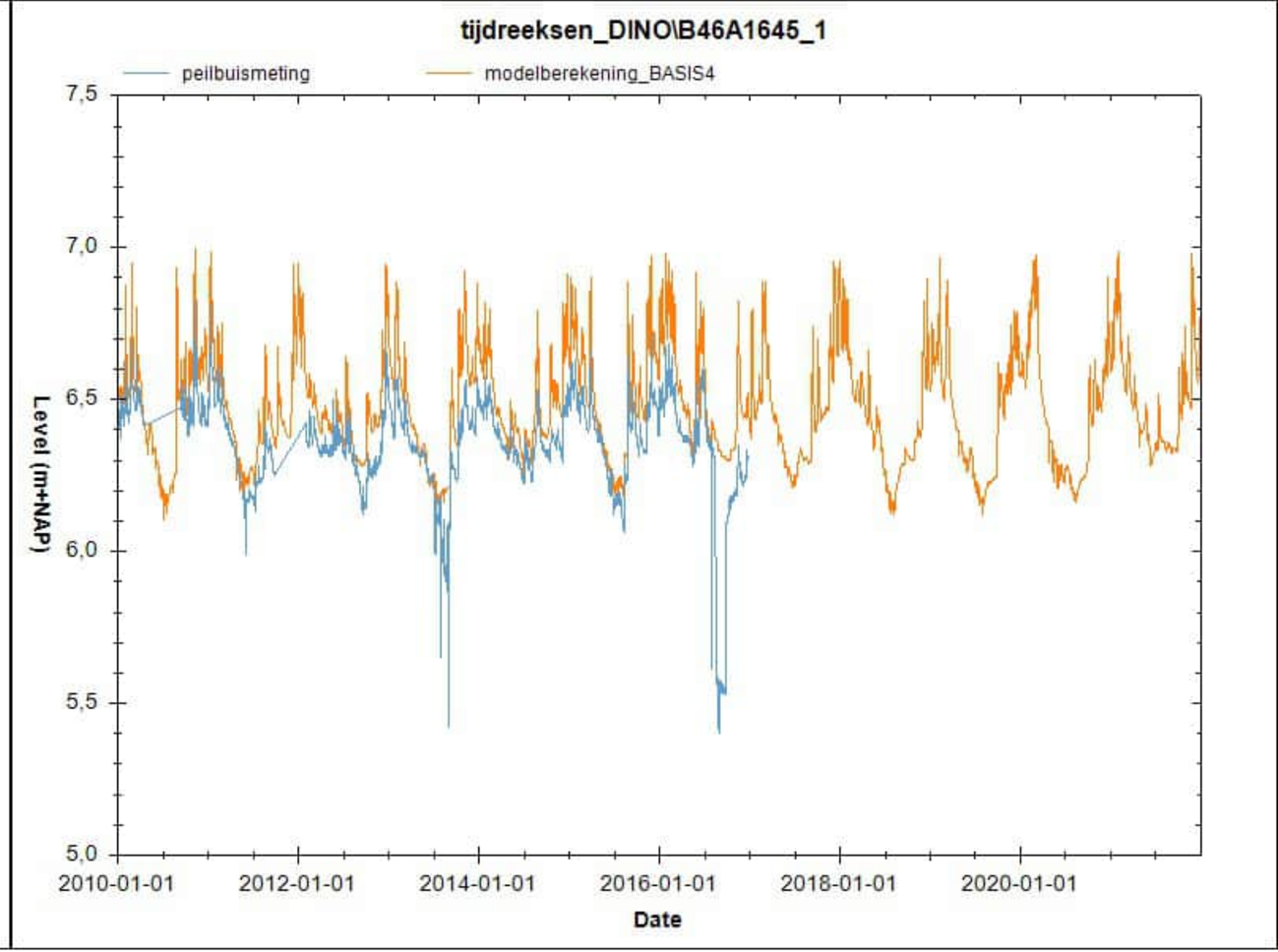
B1.53 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



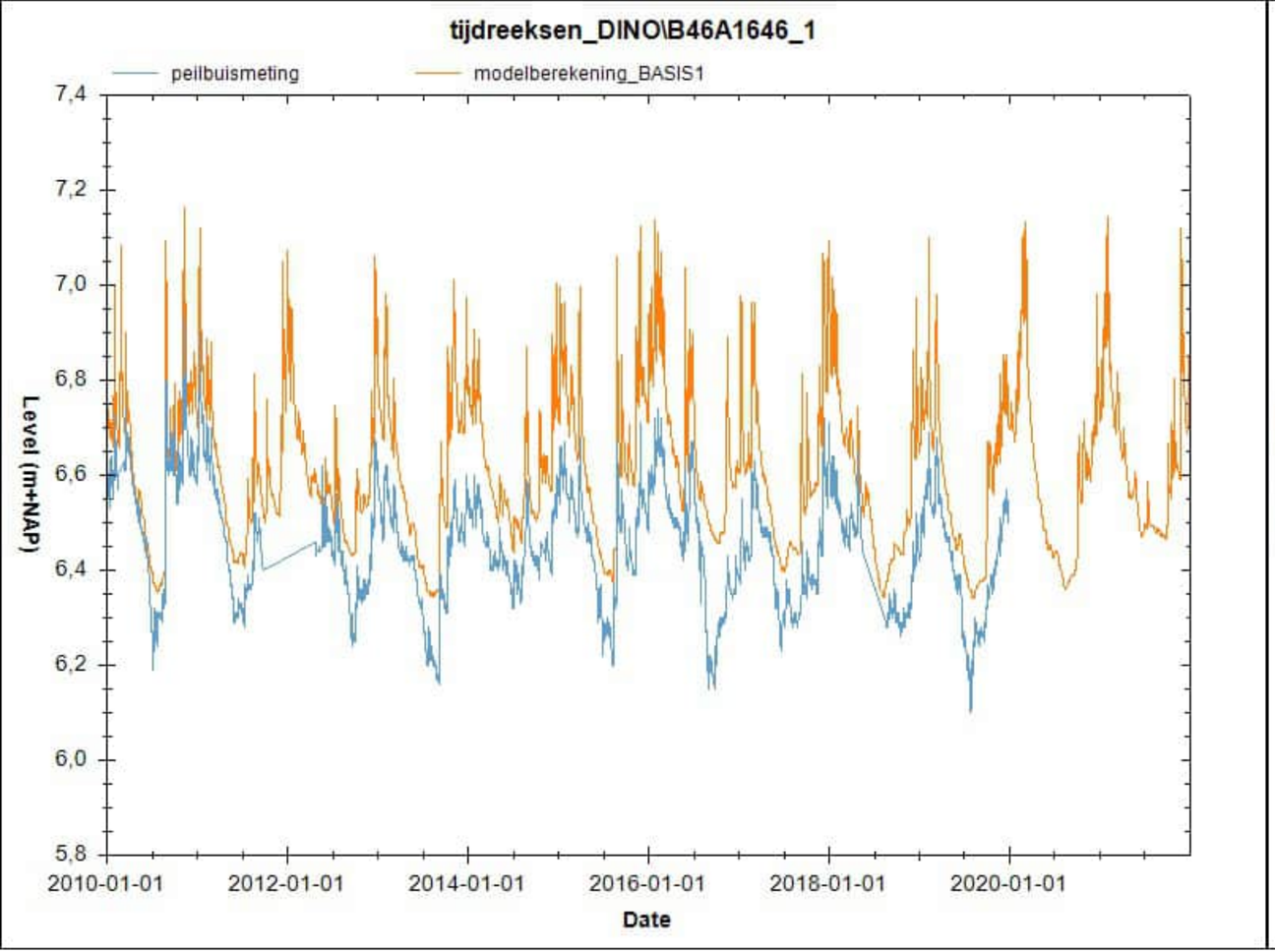


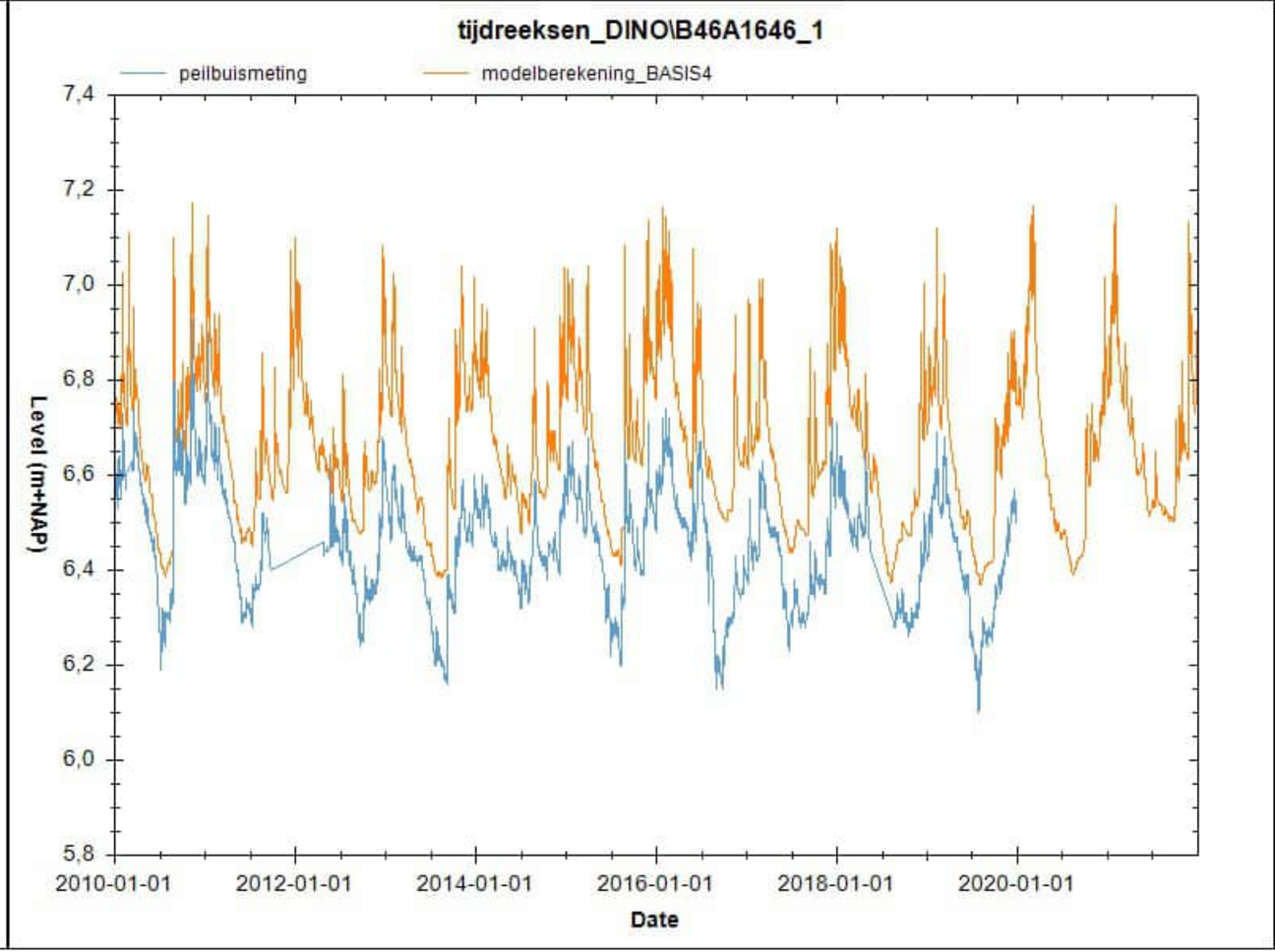
B1.54 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



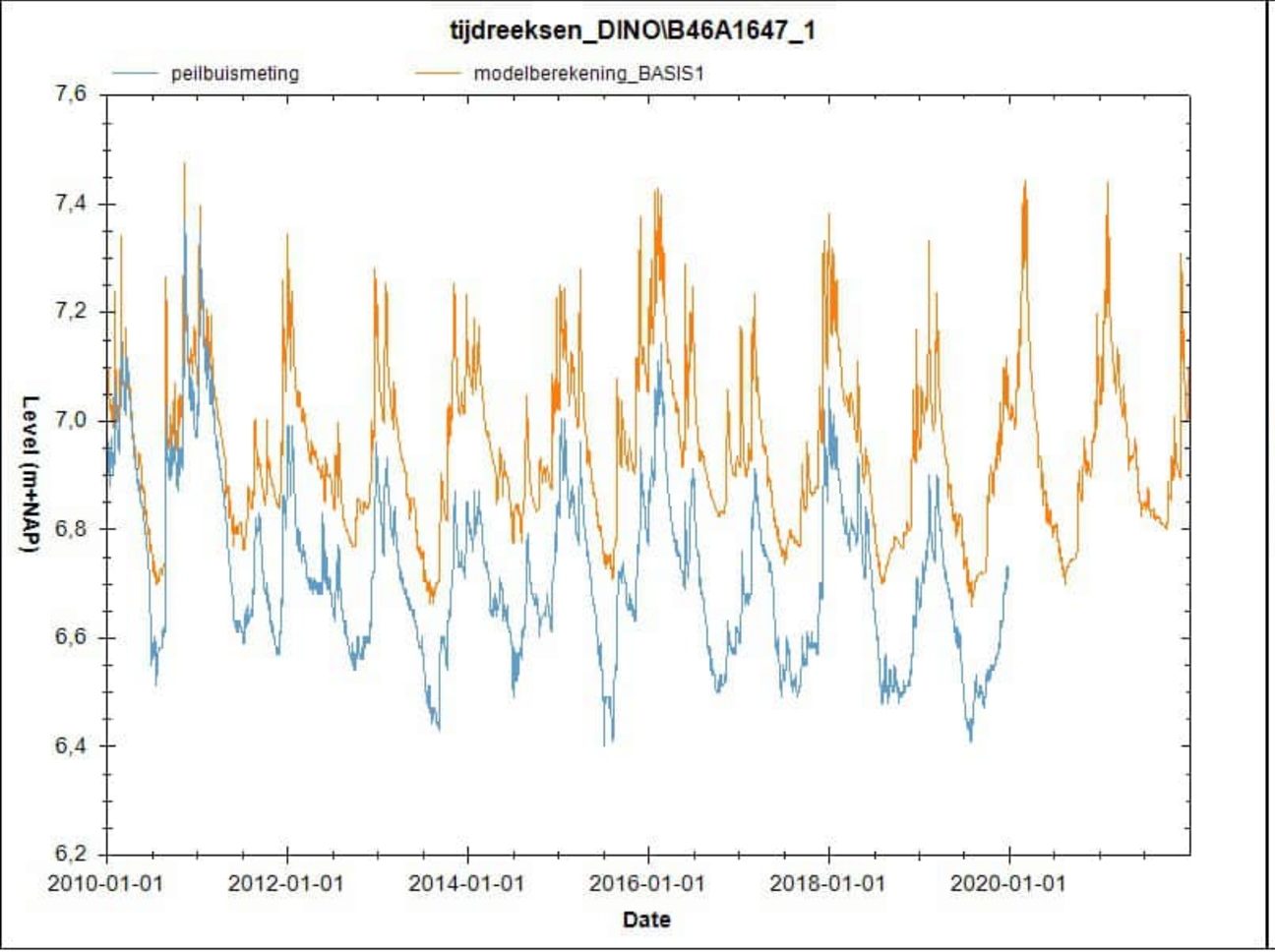


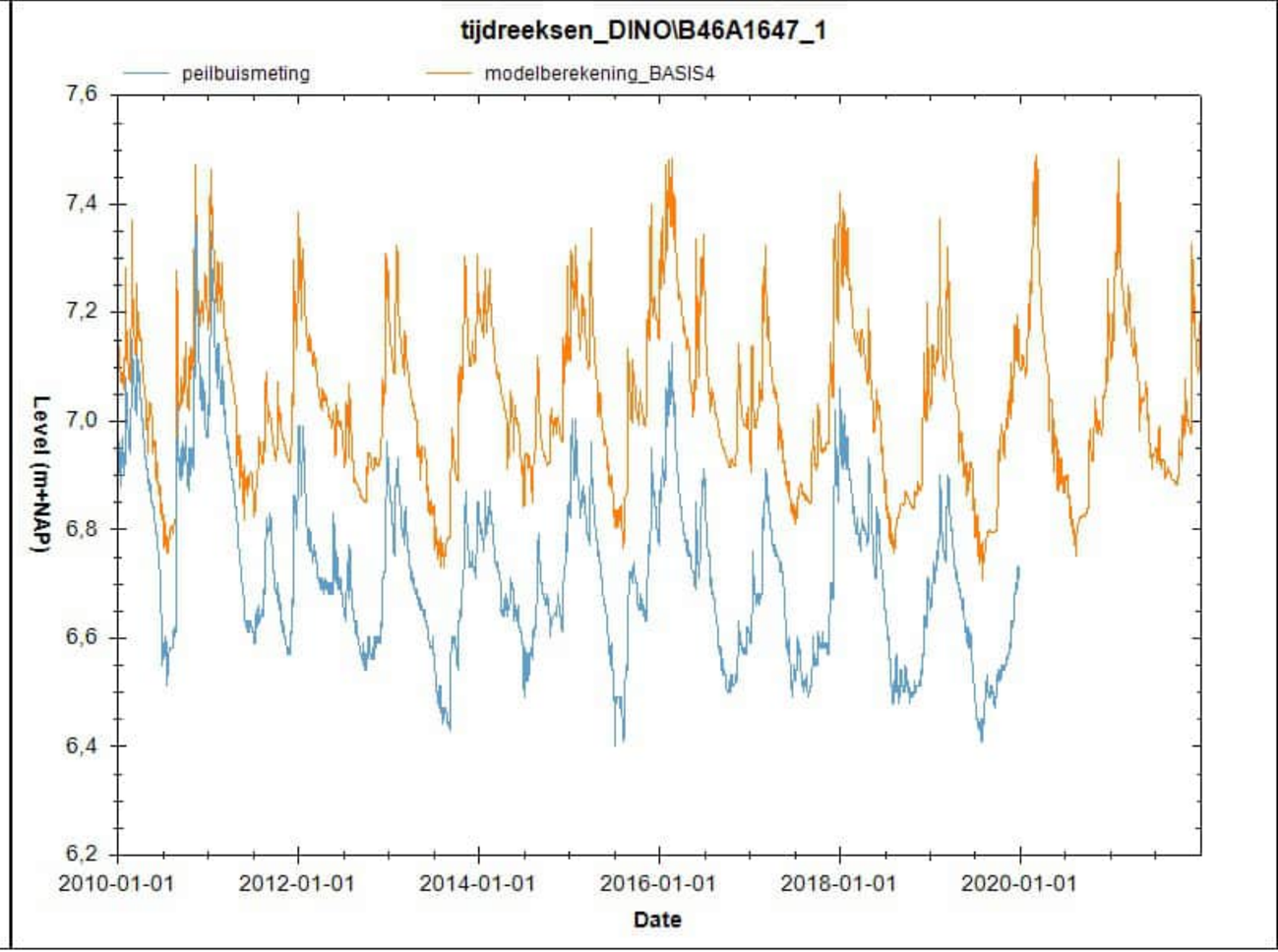
B1.55 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



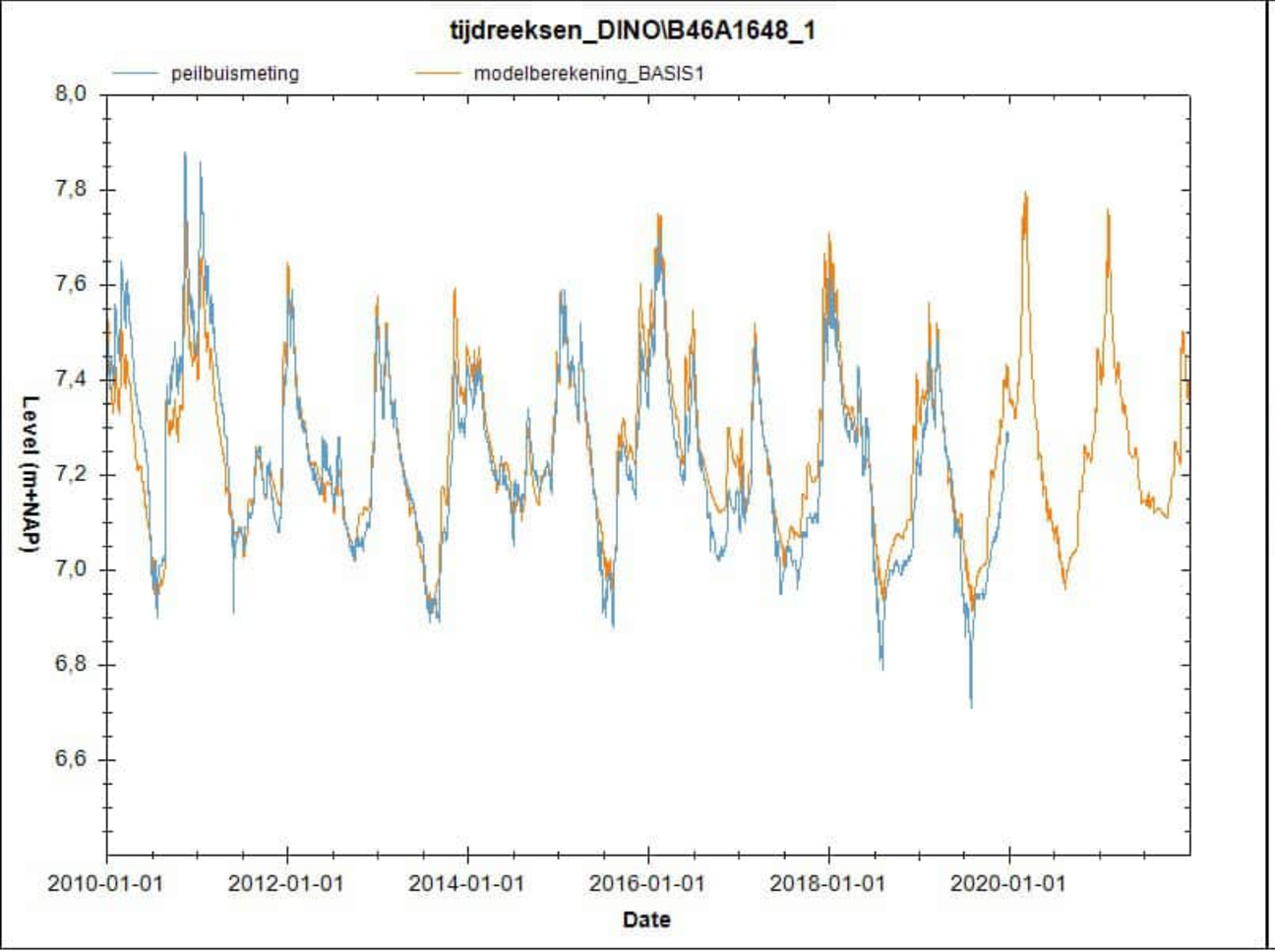


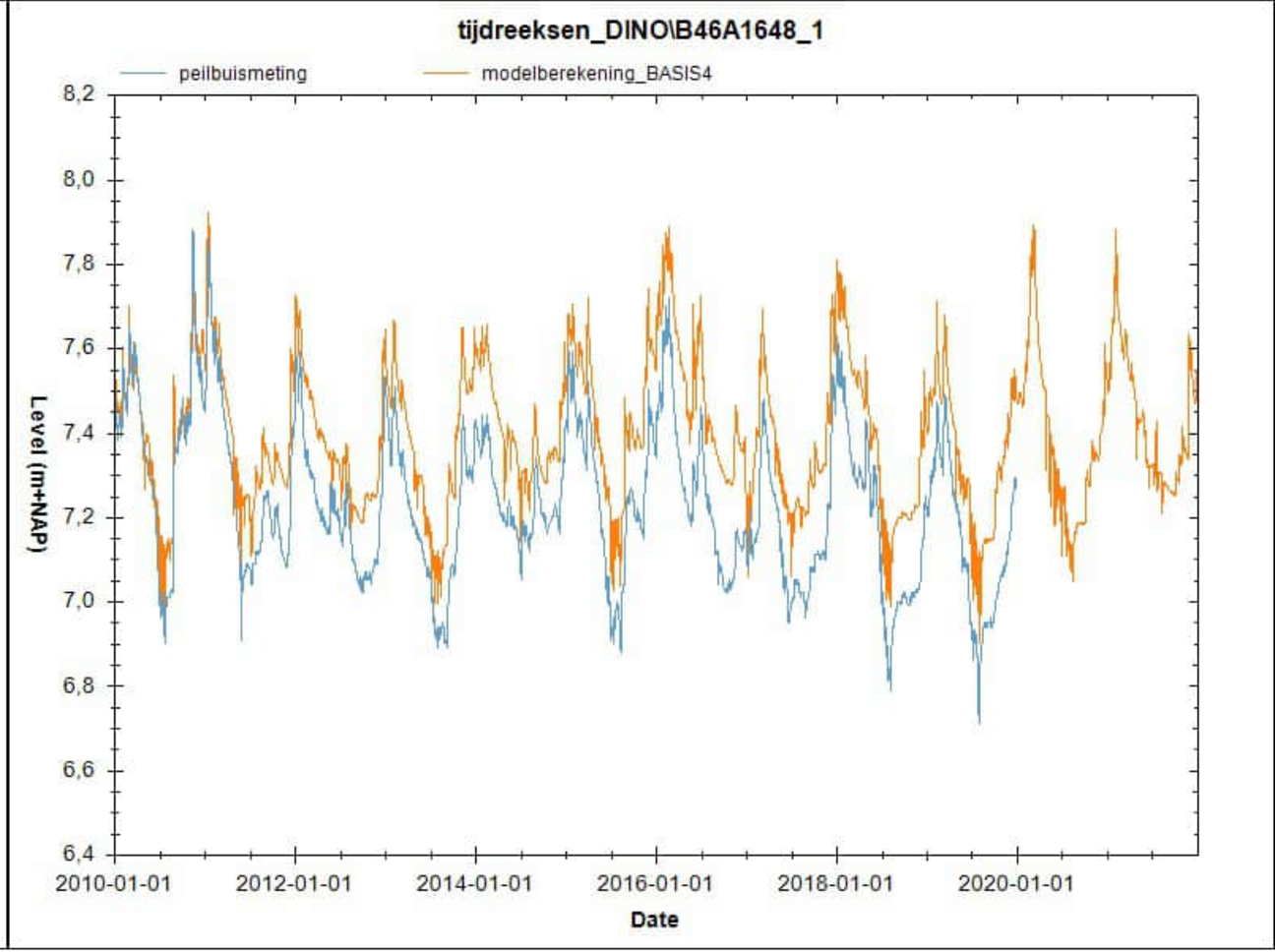
B1.56 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



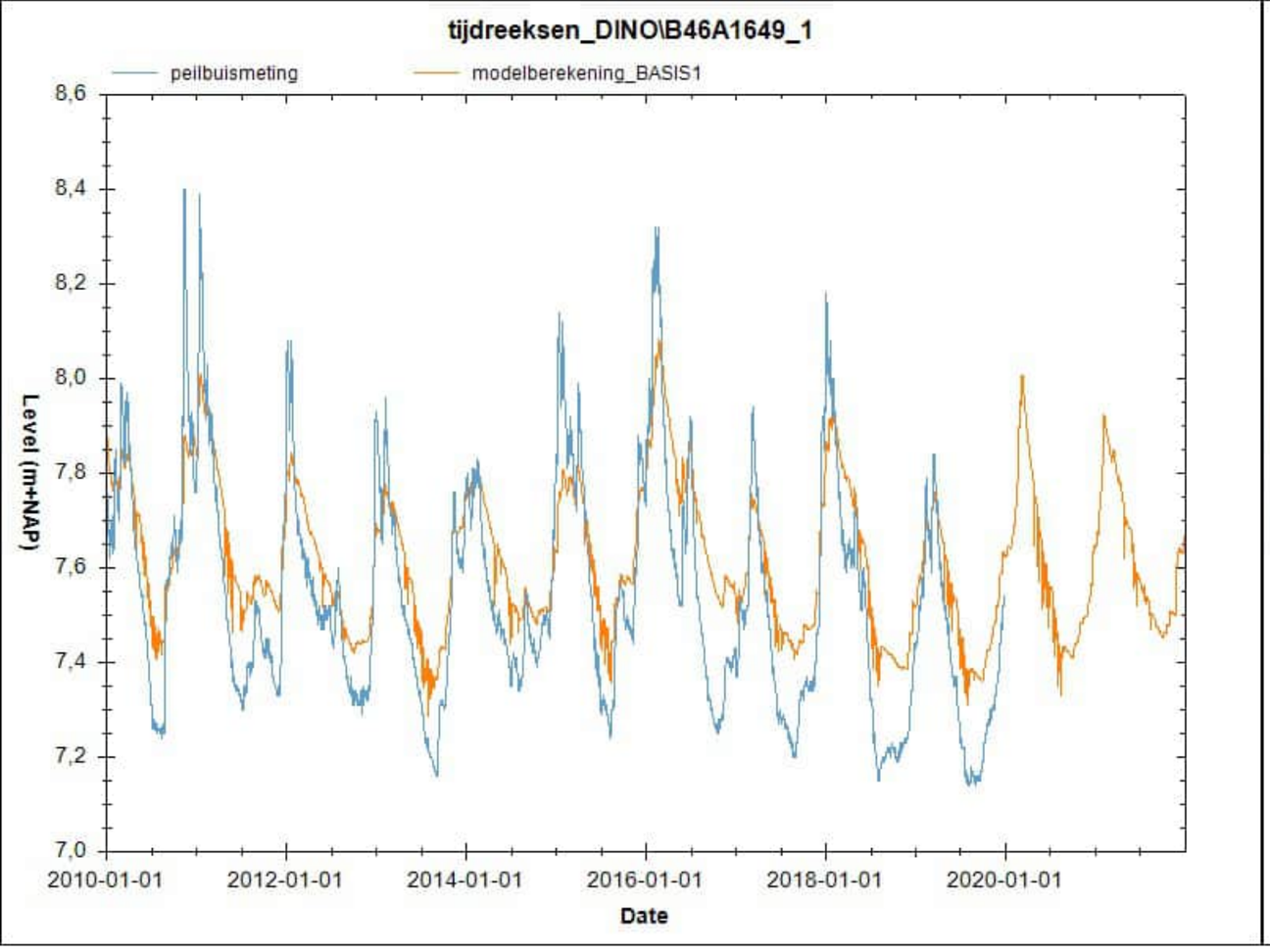


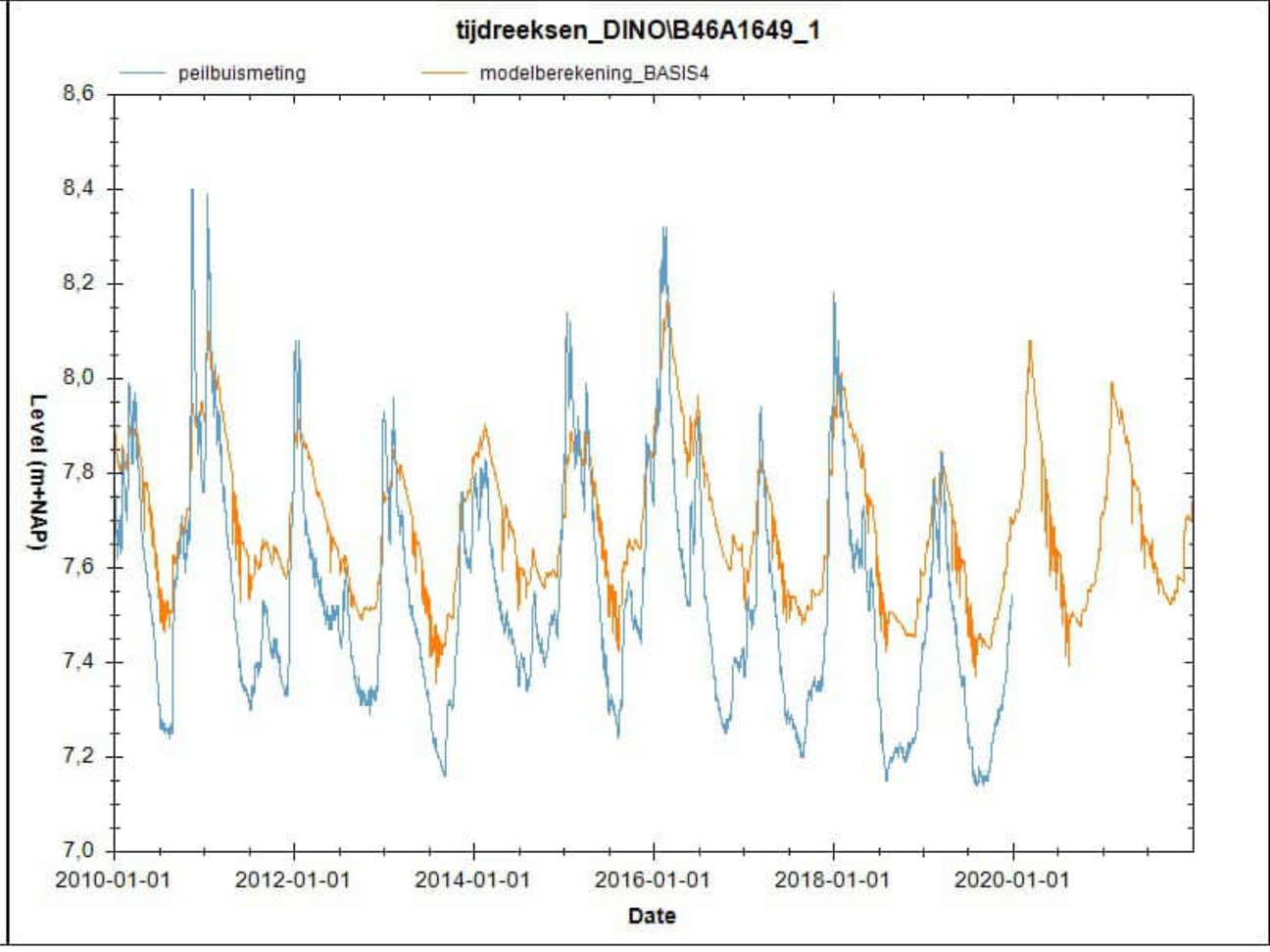
B1.57 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



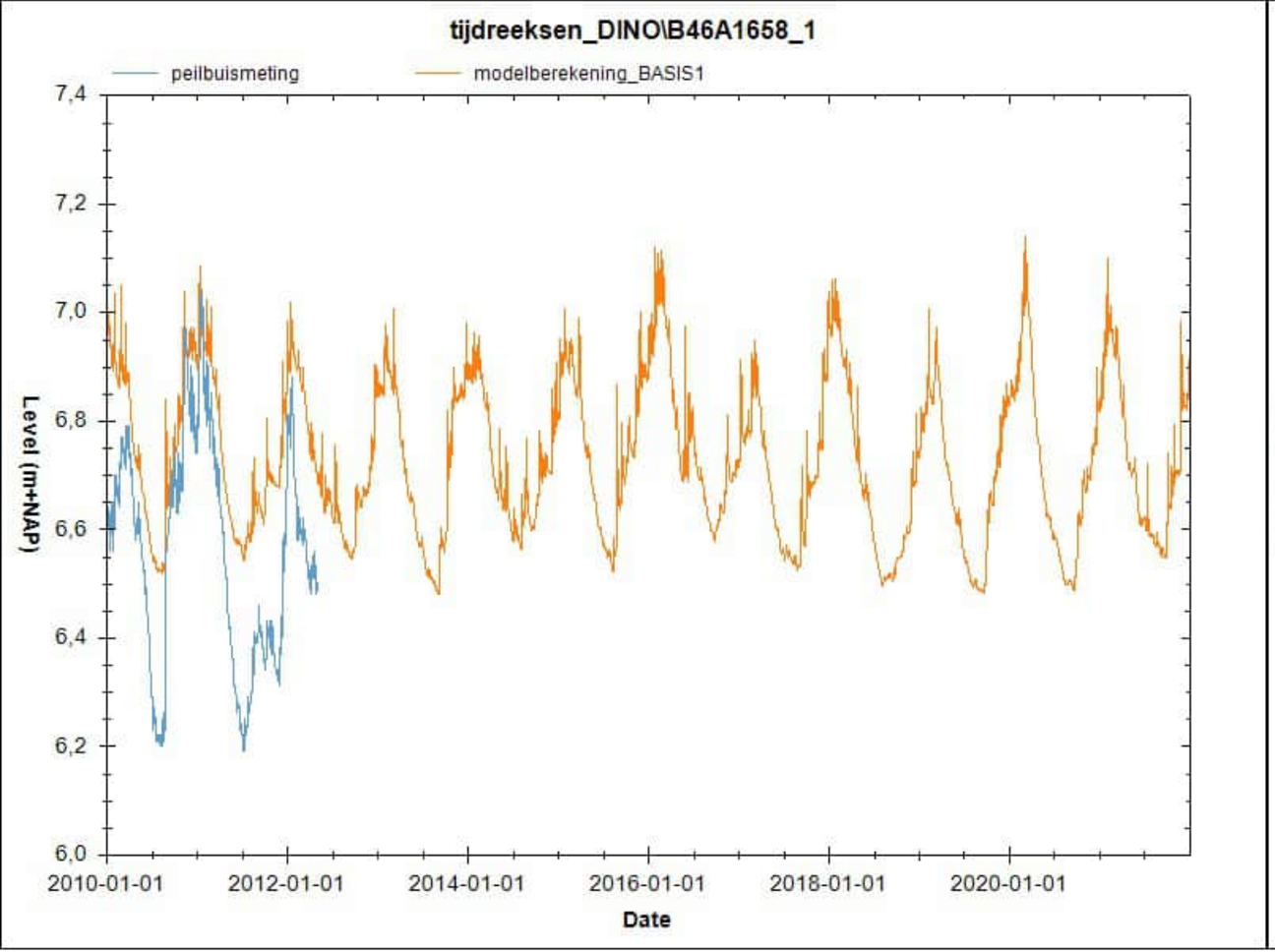


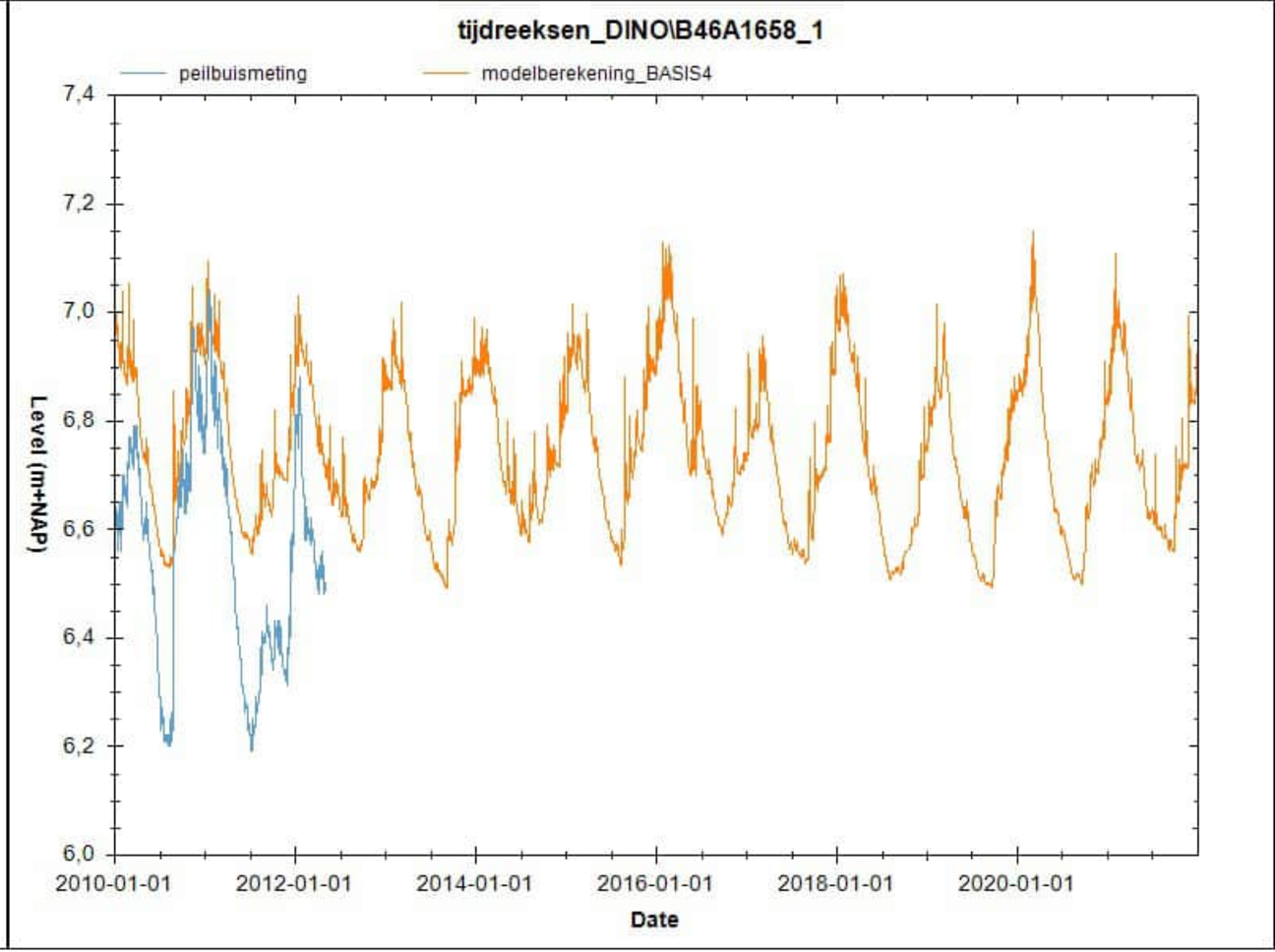
B1.58 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



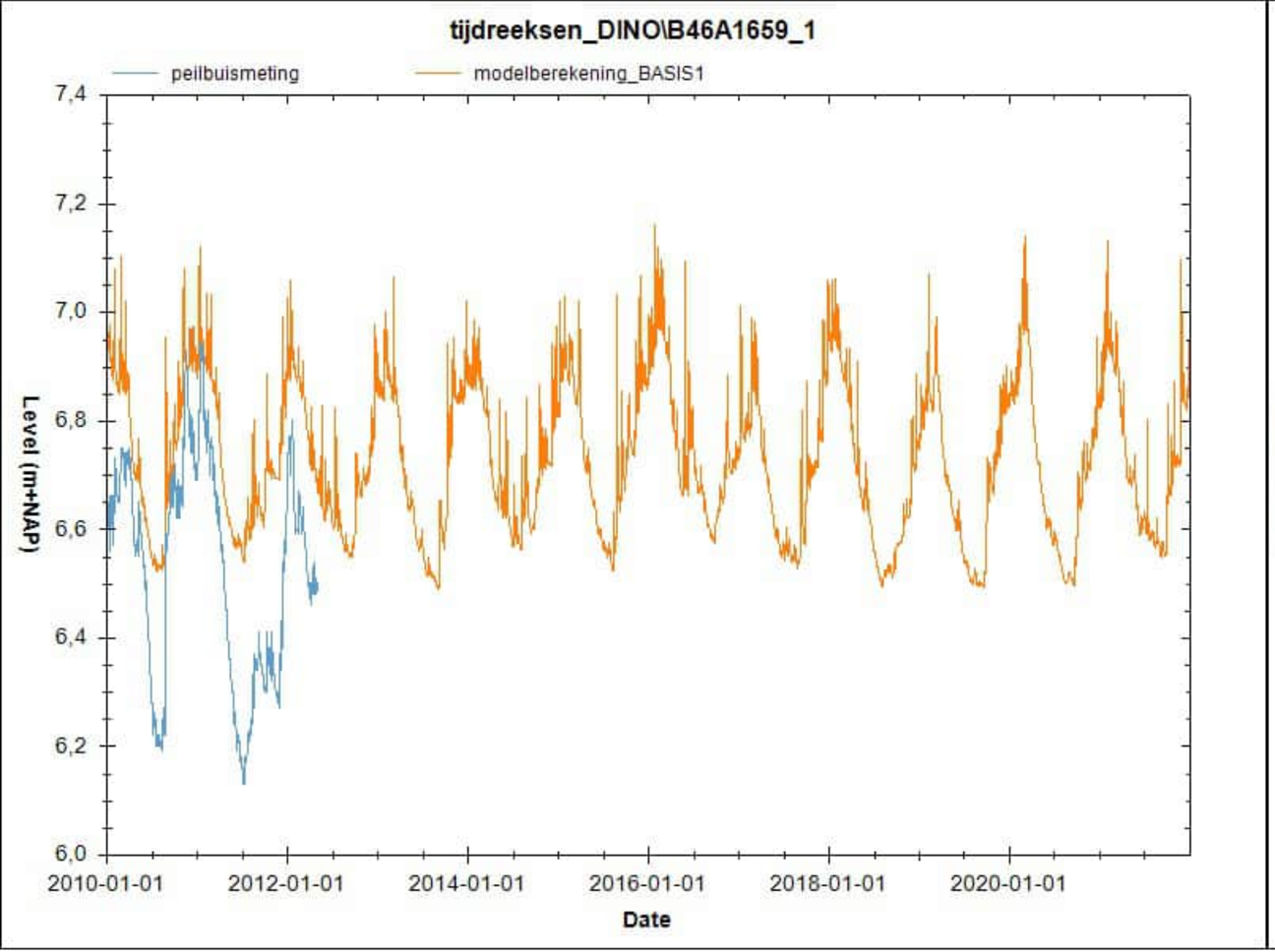


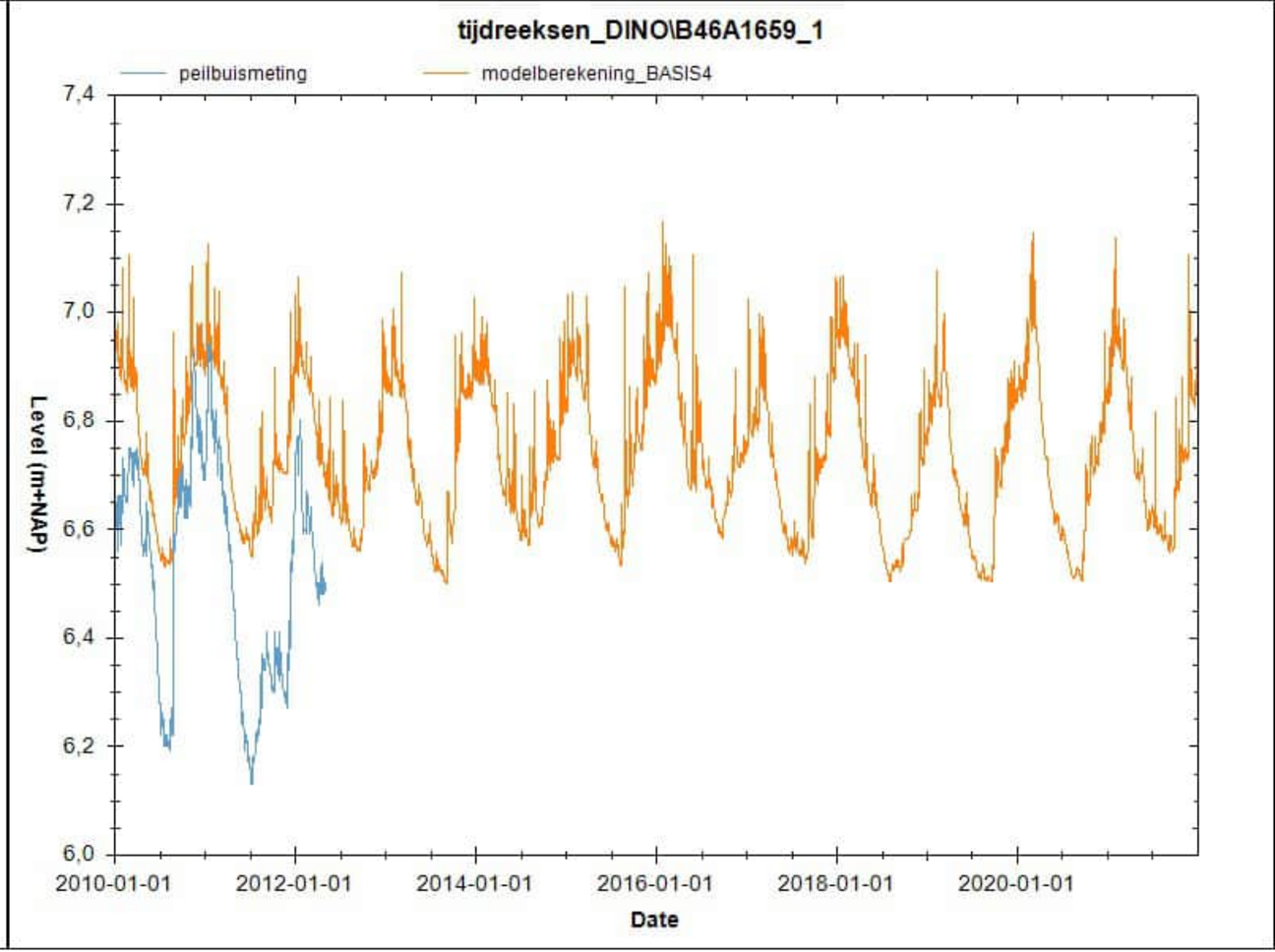
B1.59 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



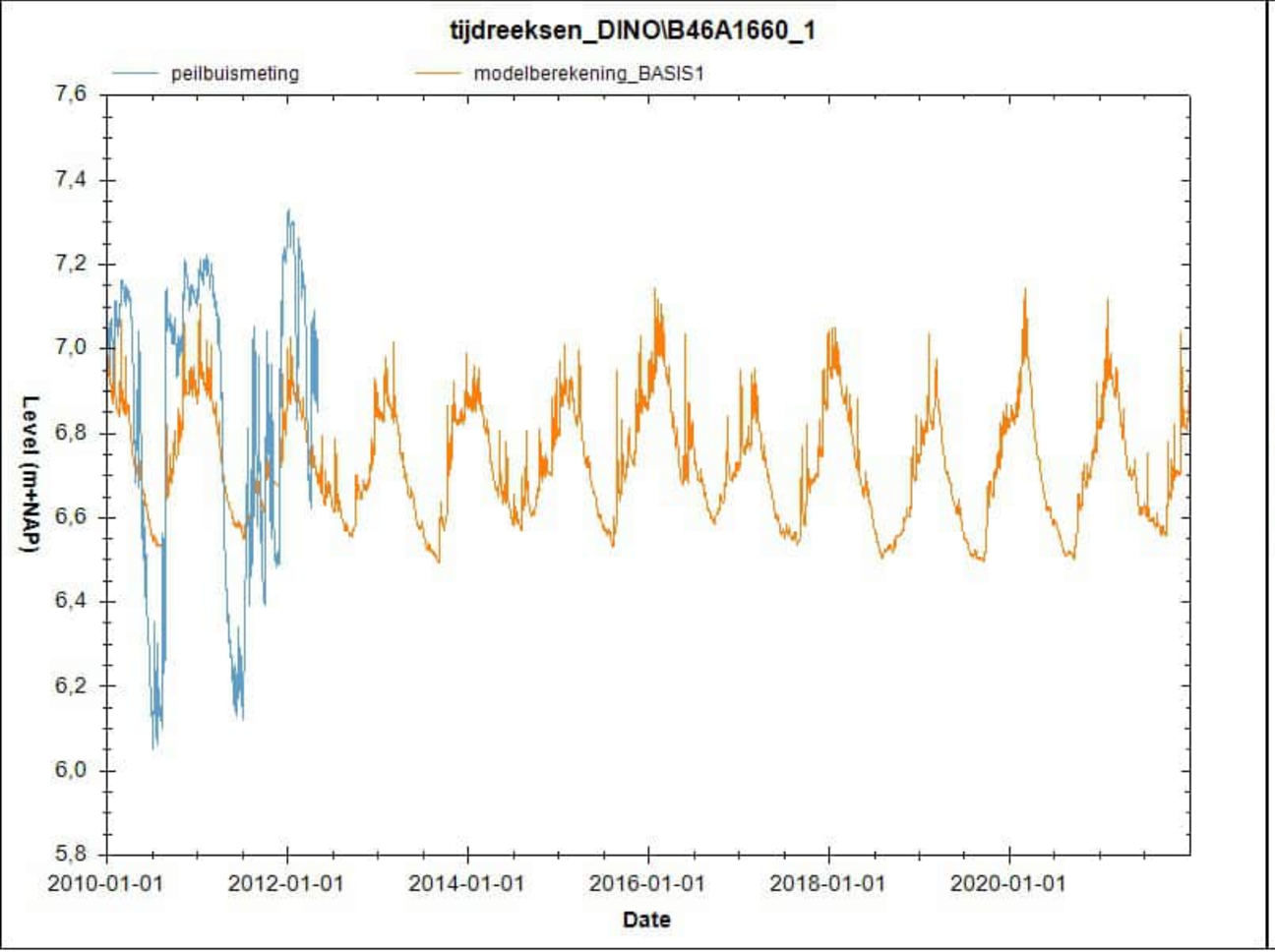


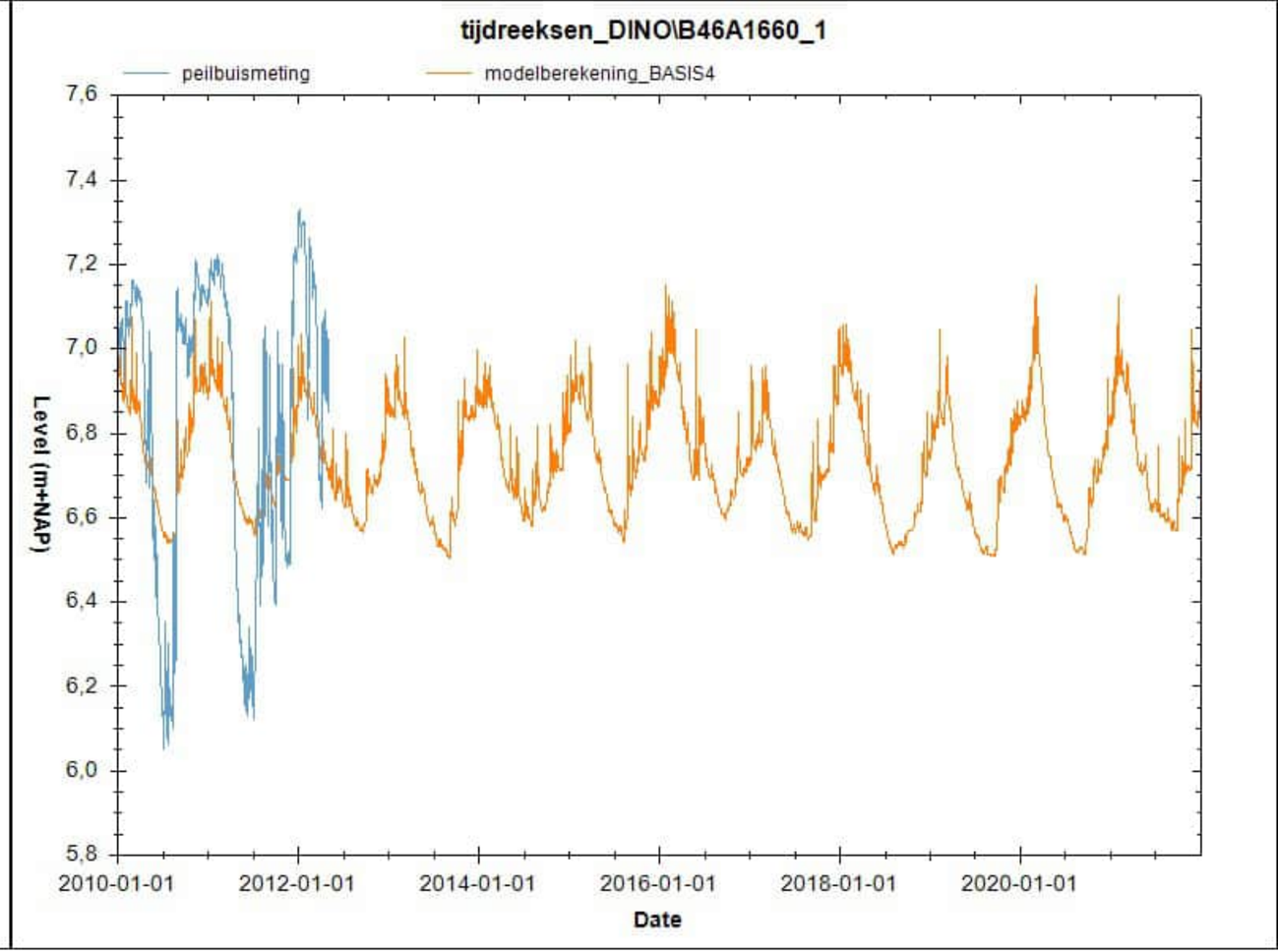
B1.60 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



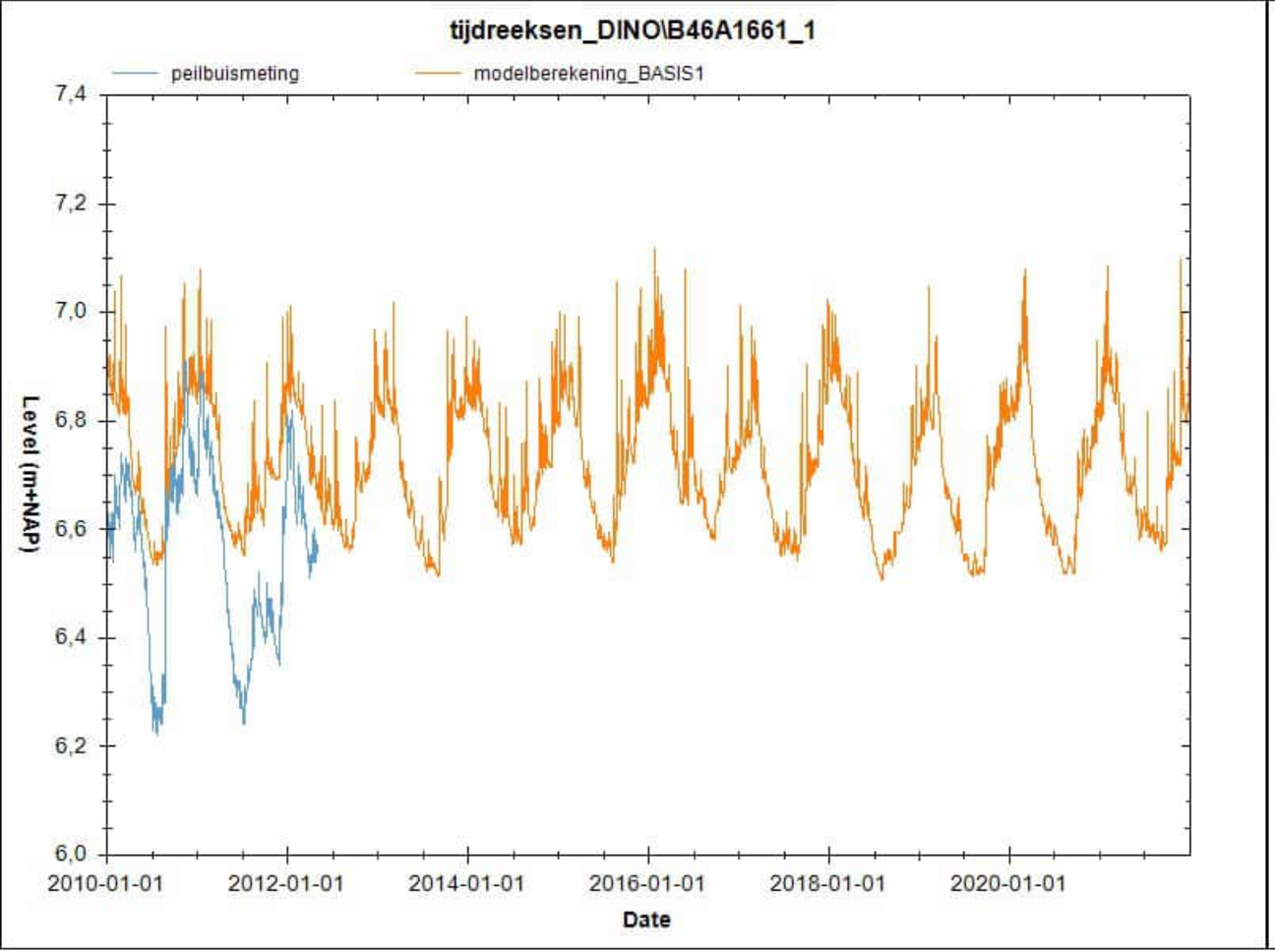


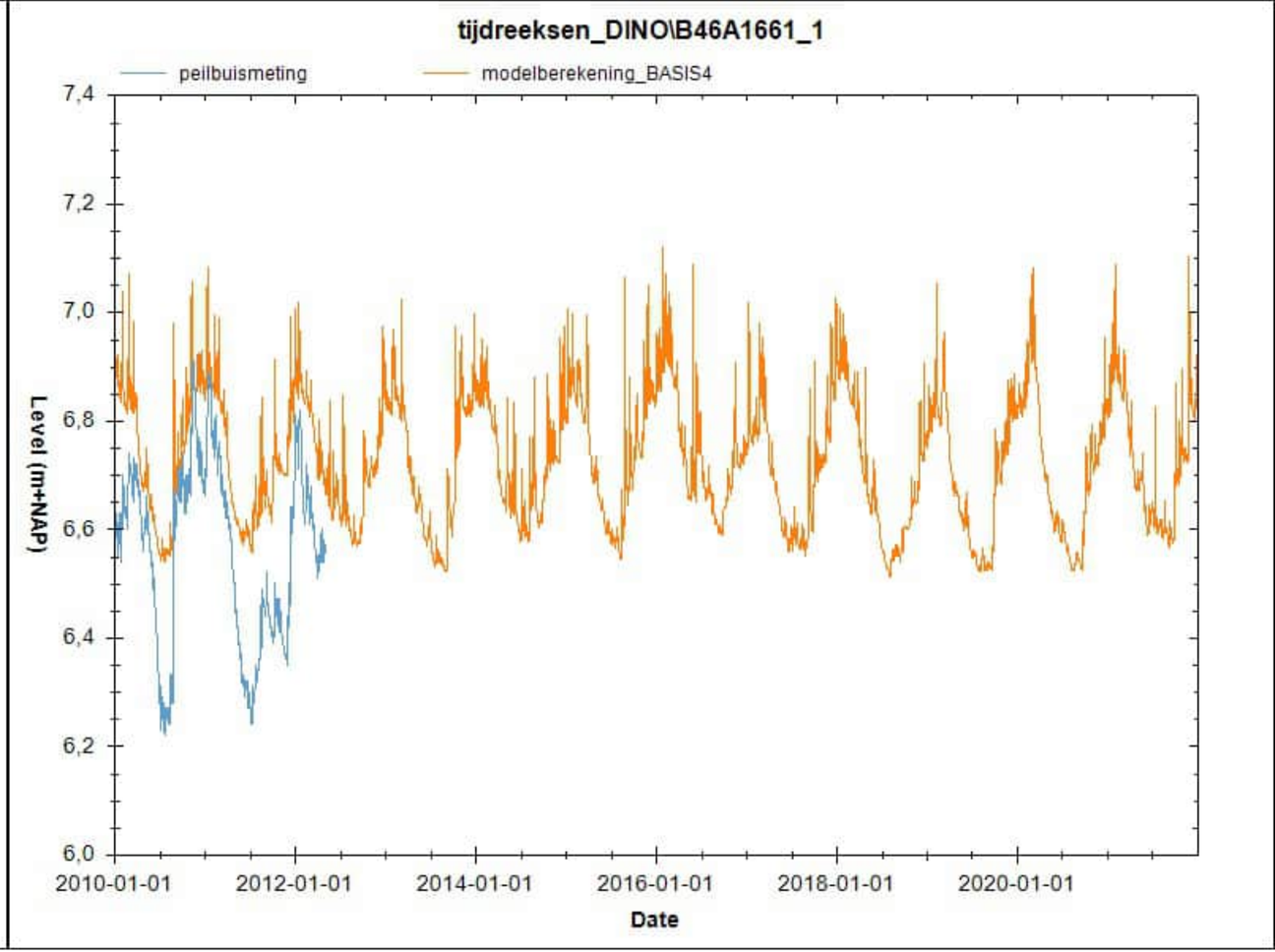
B1.61 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



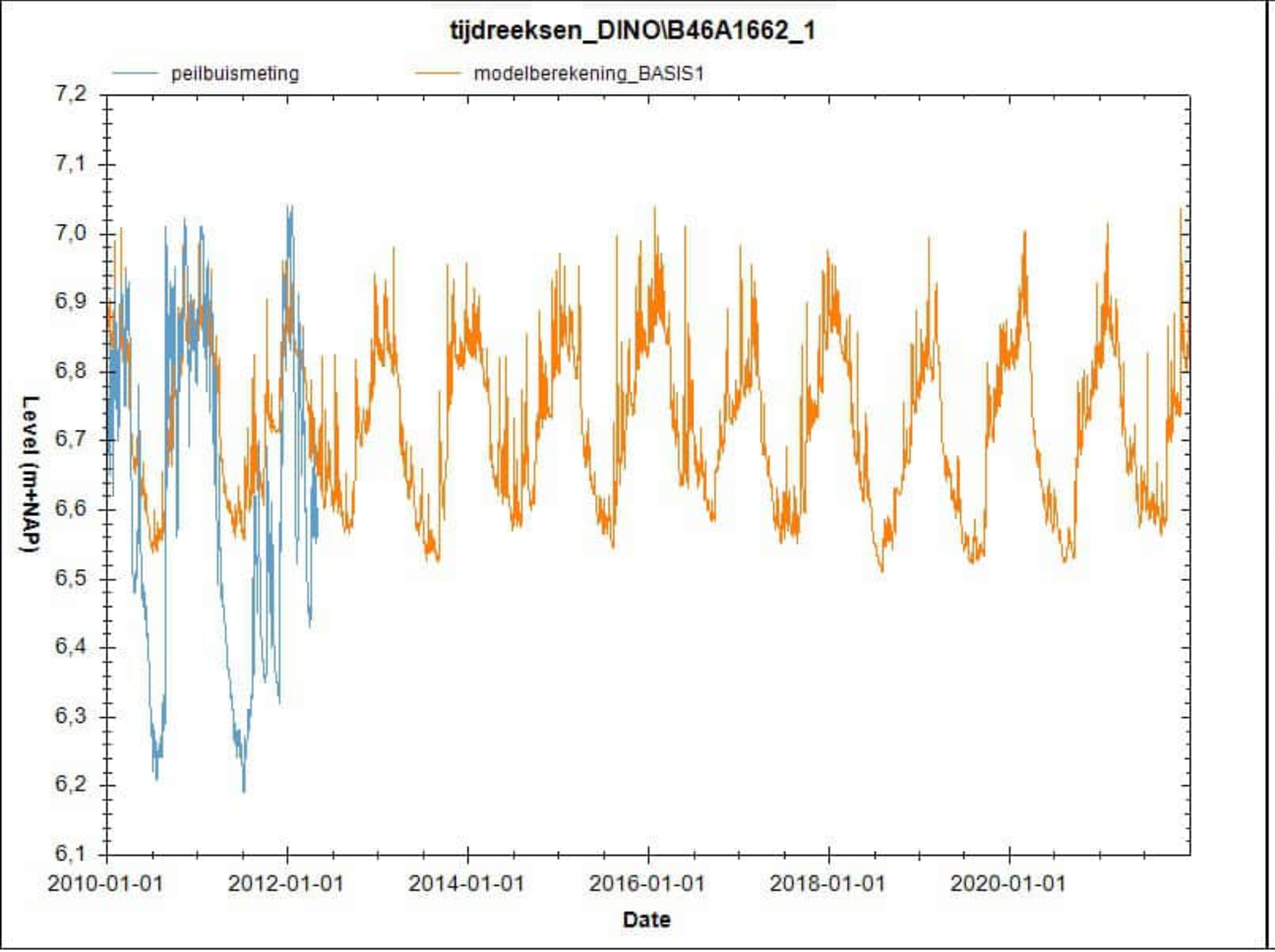


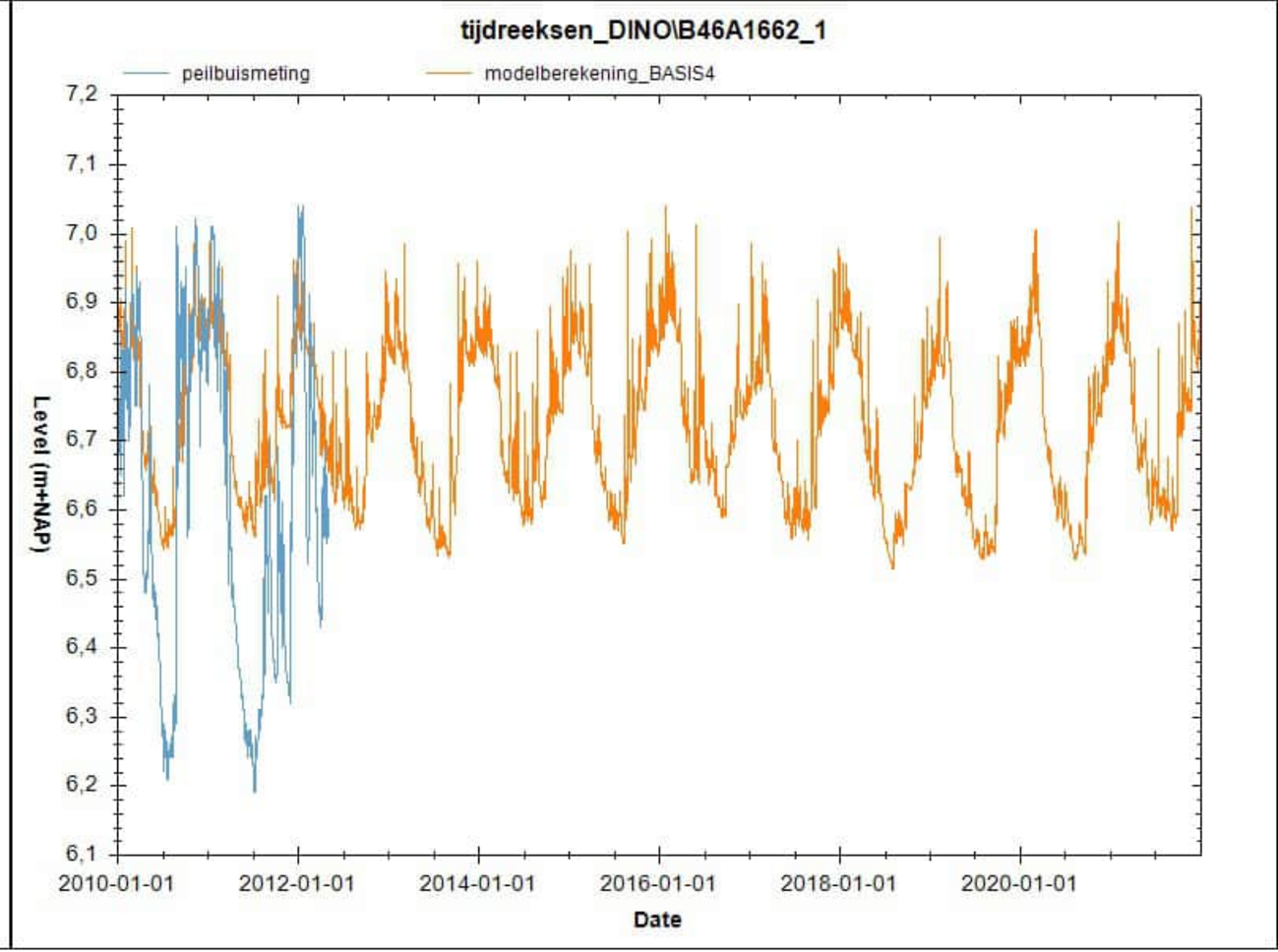
B1.62 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



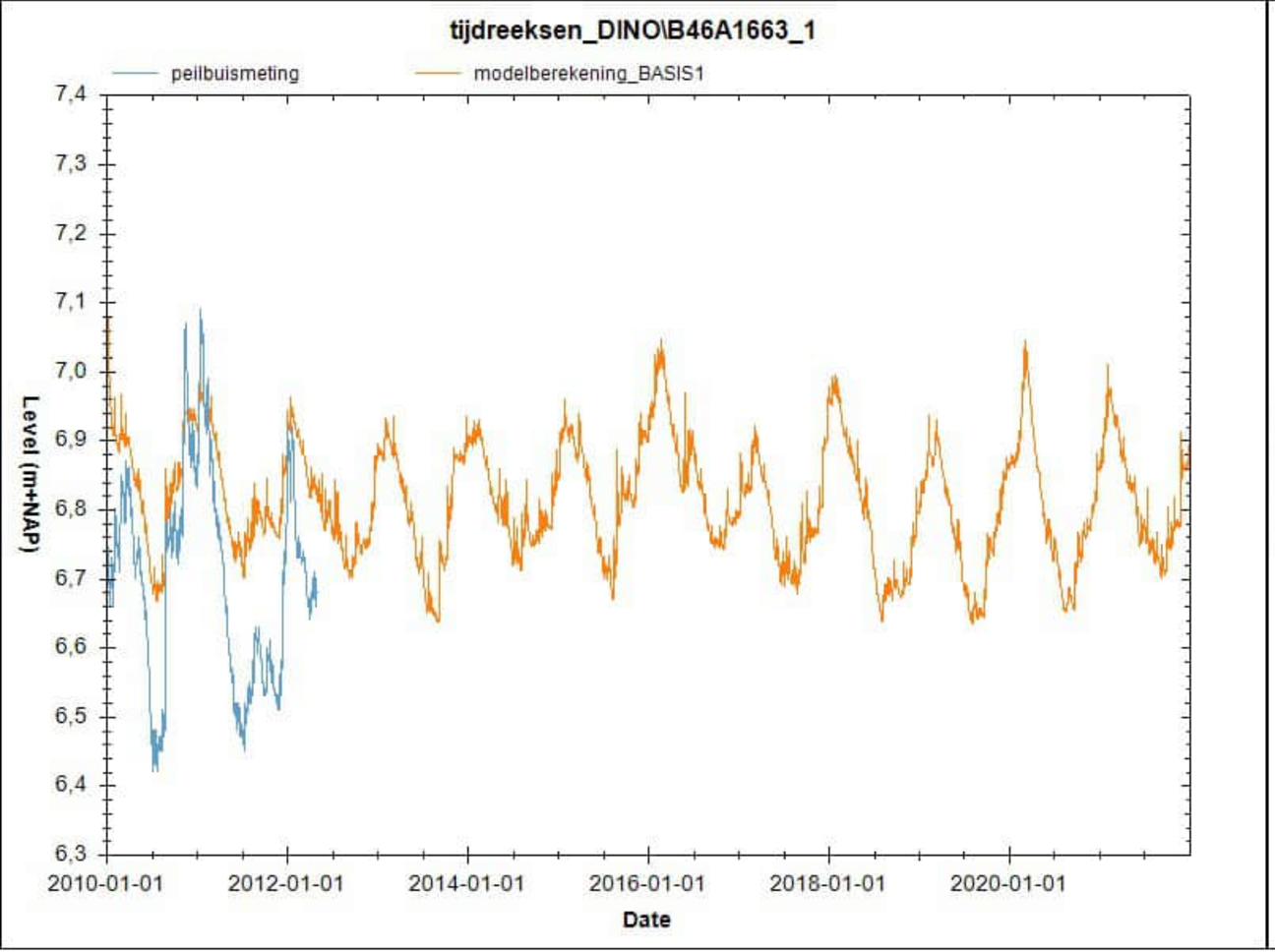


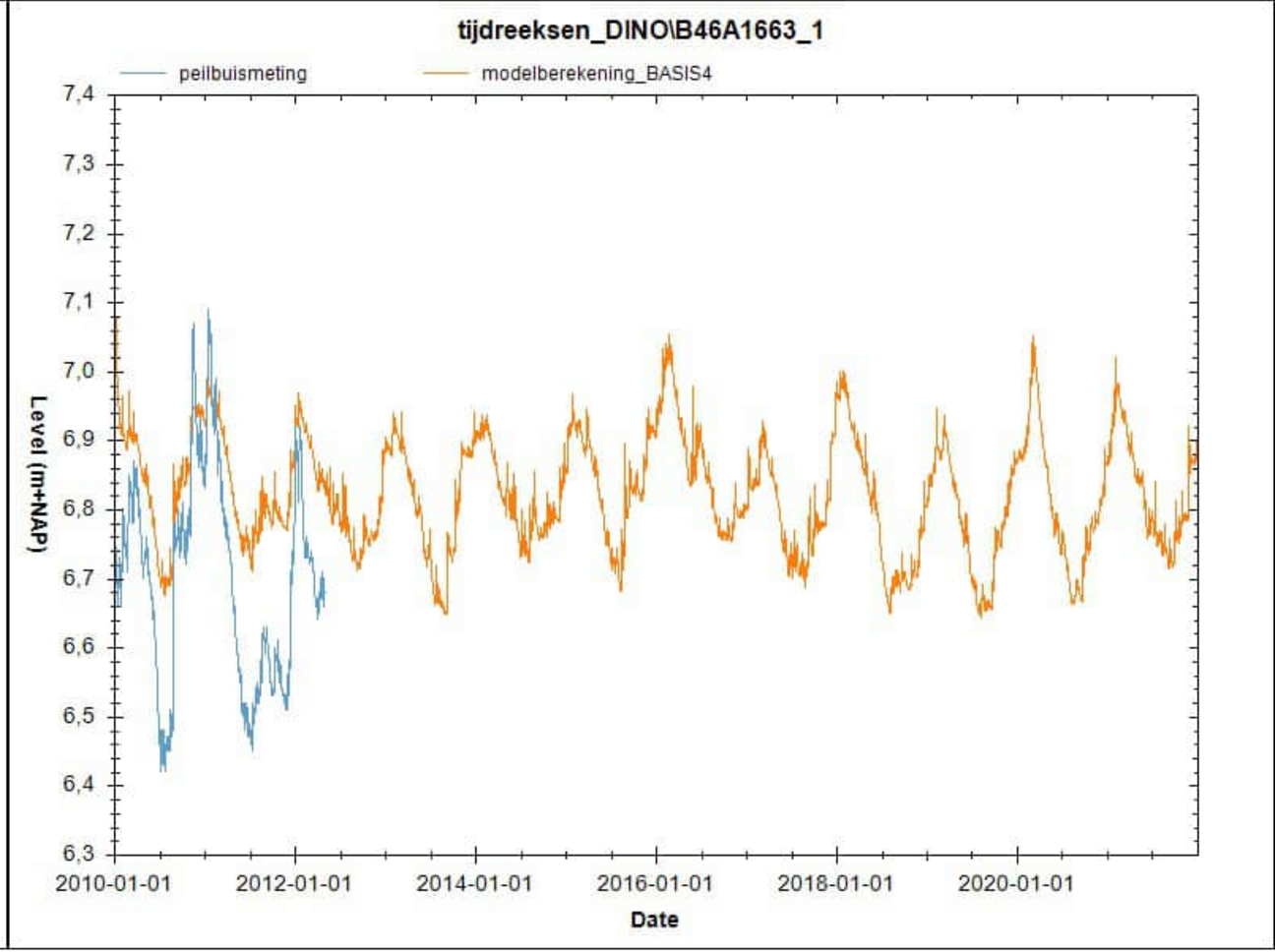
B1.63 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



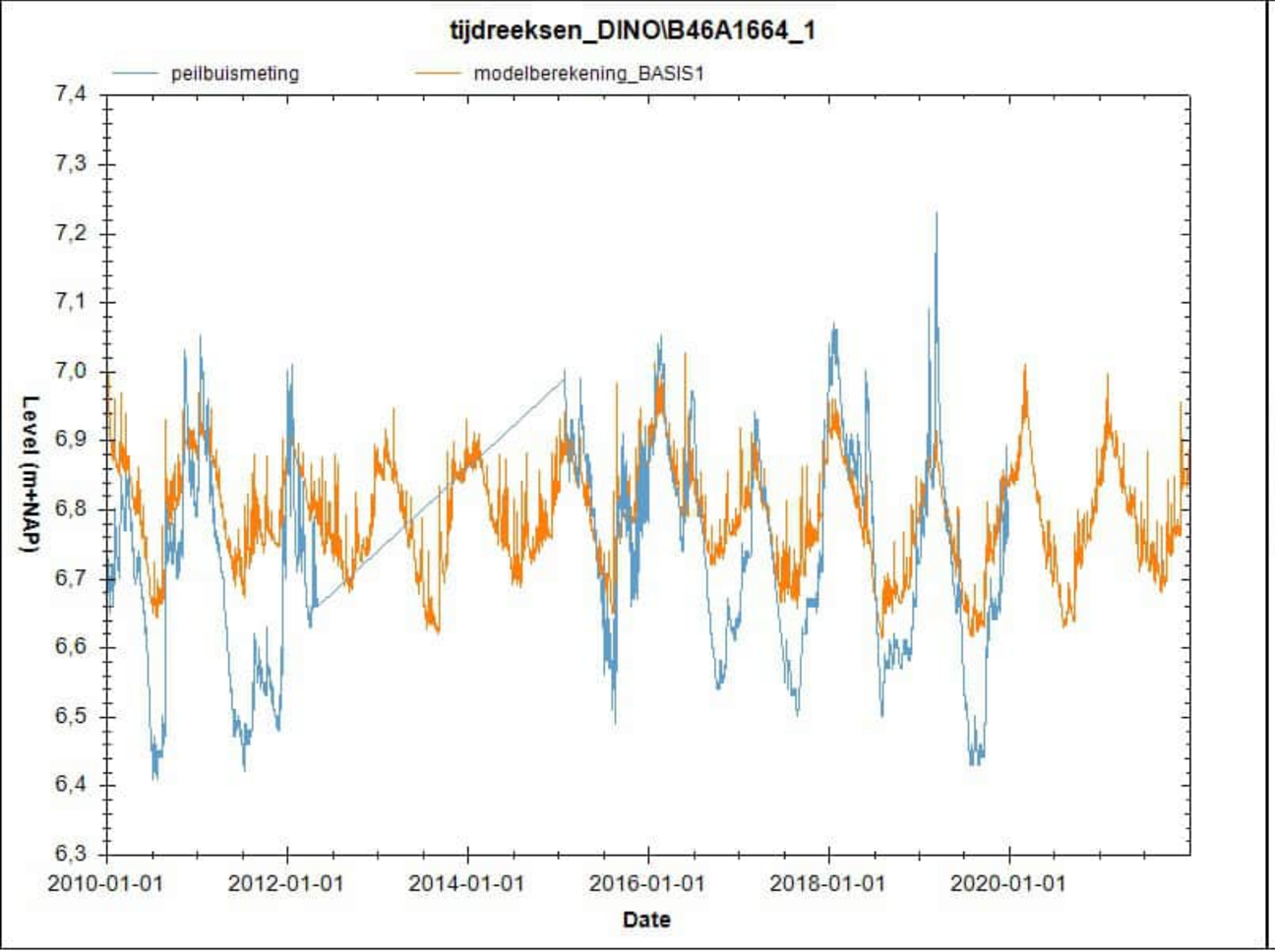


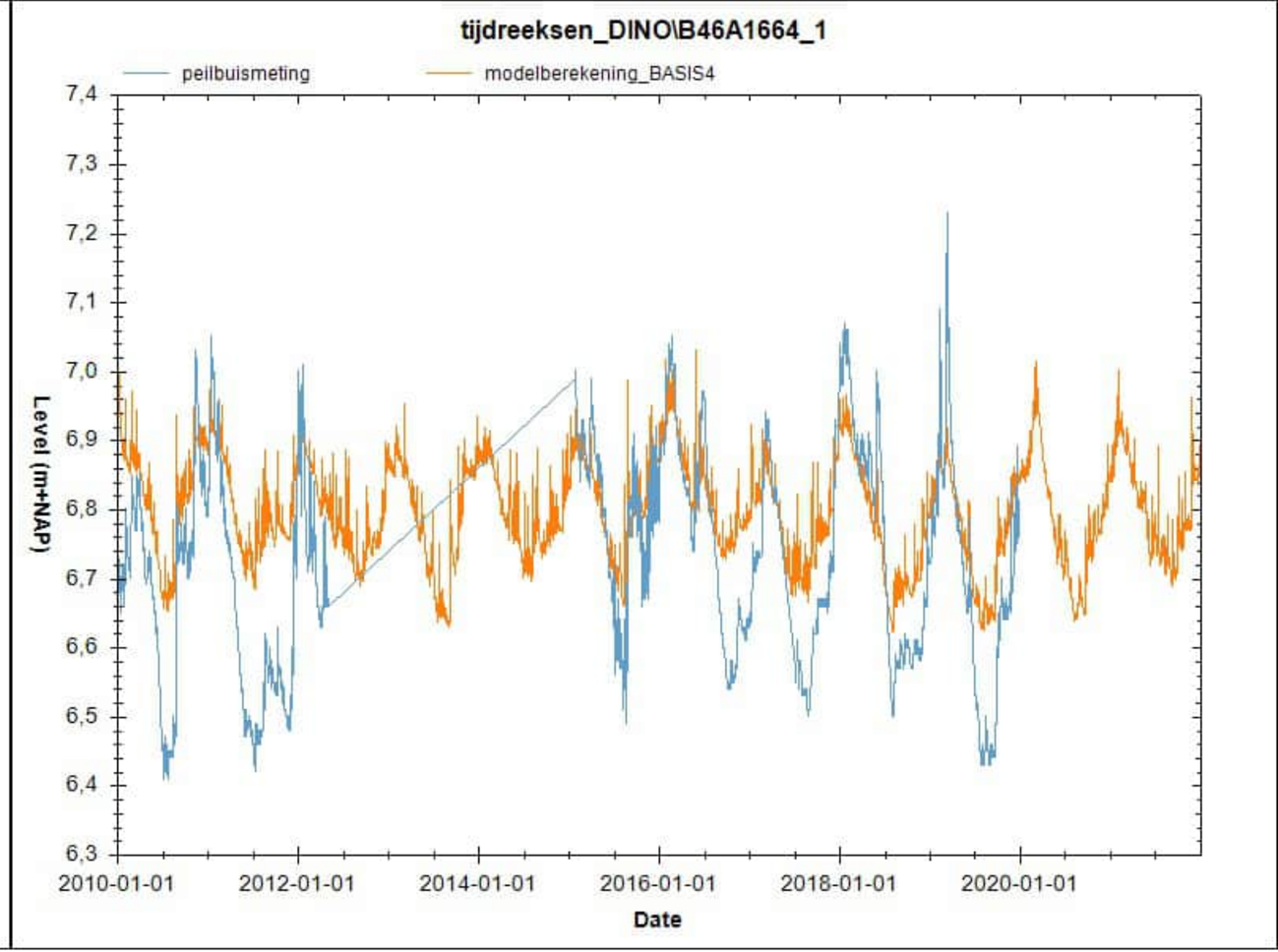
B1.64 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



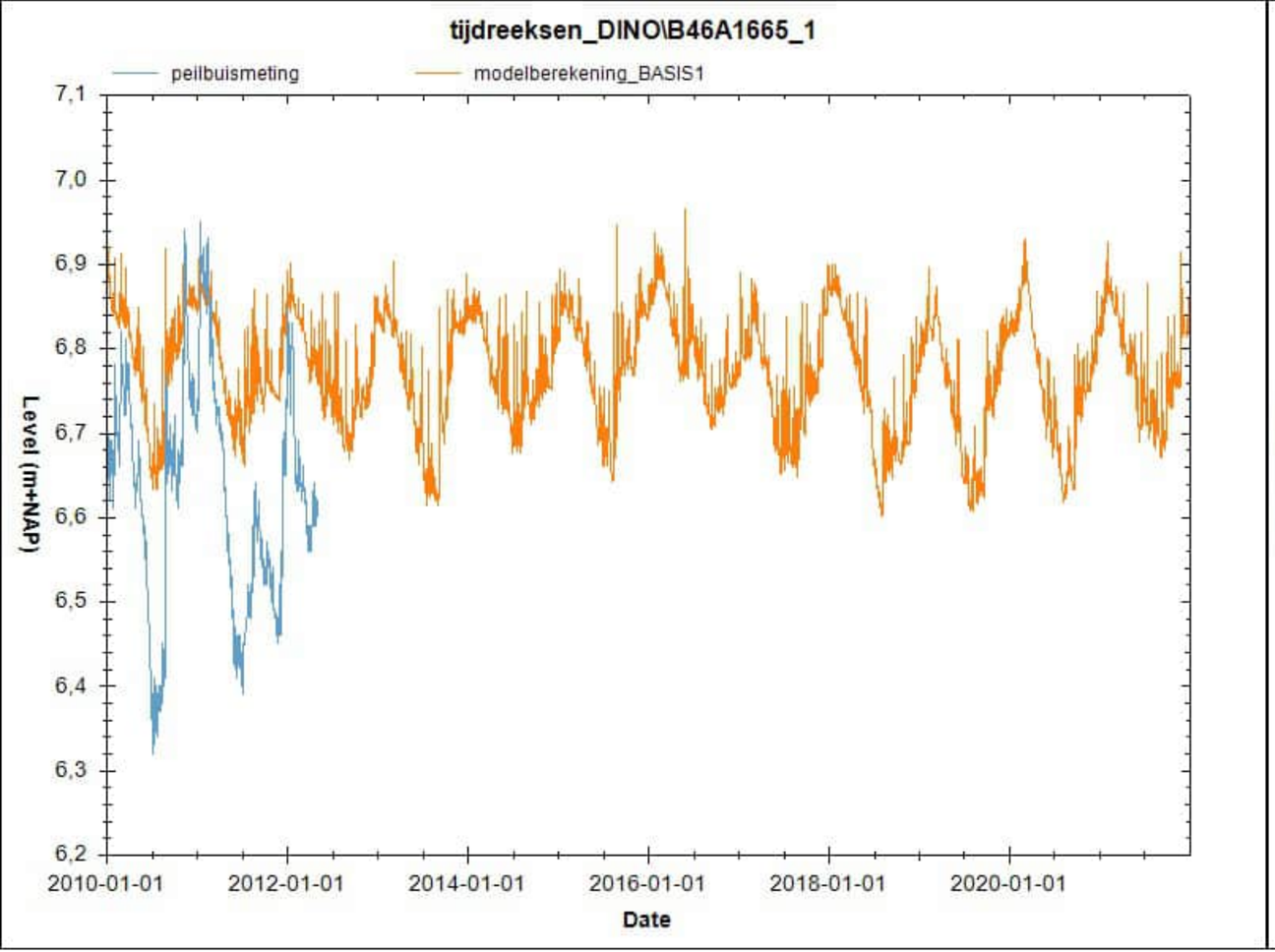


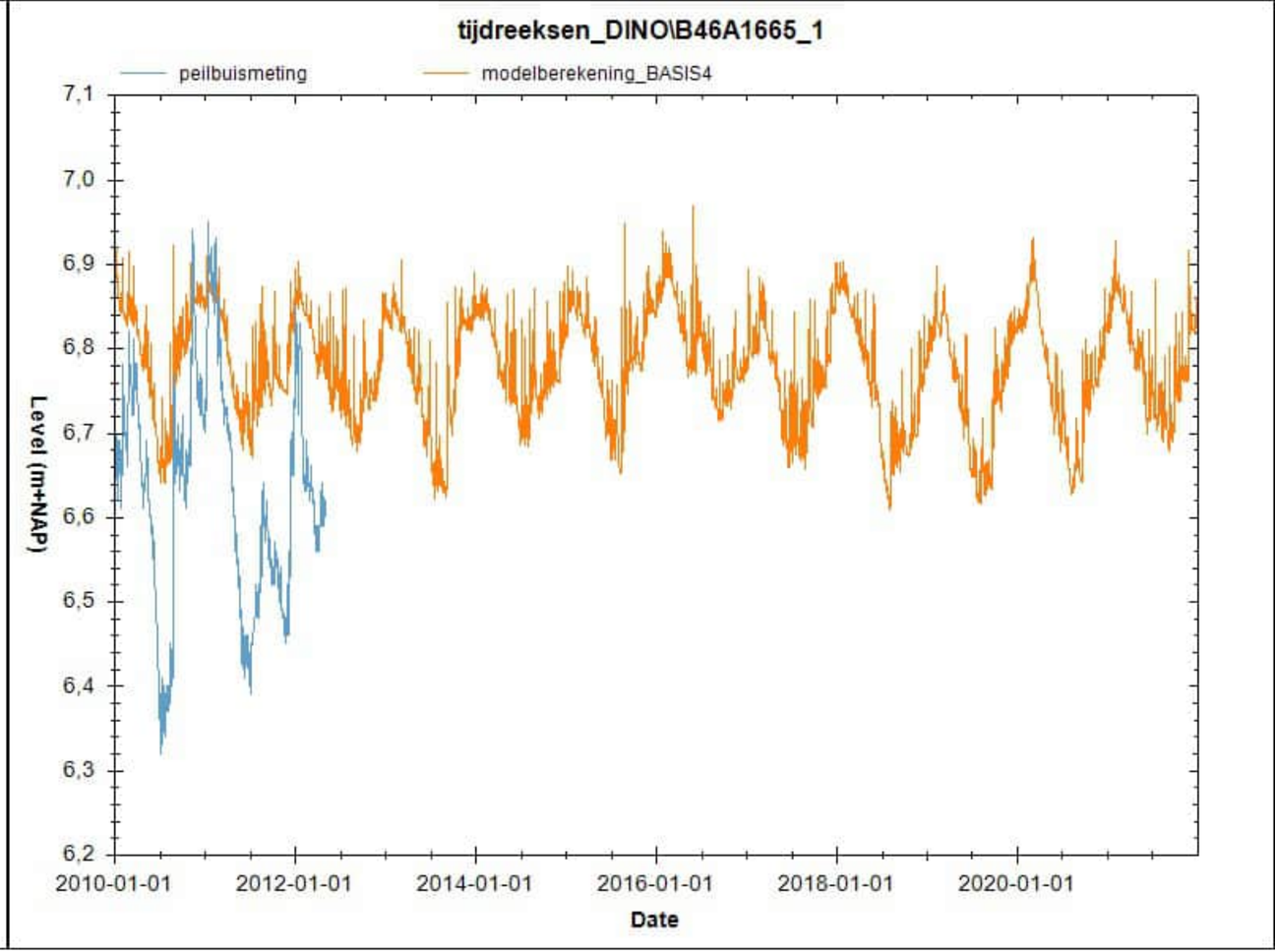
B1.65 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



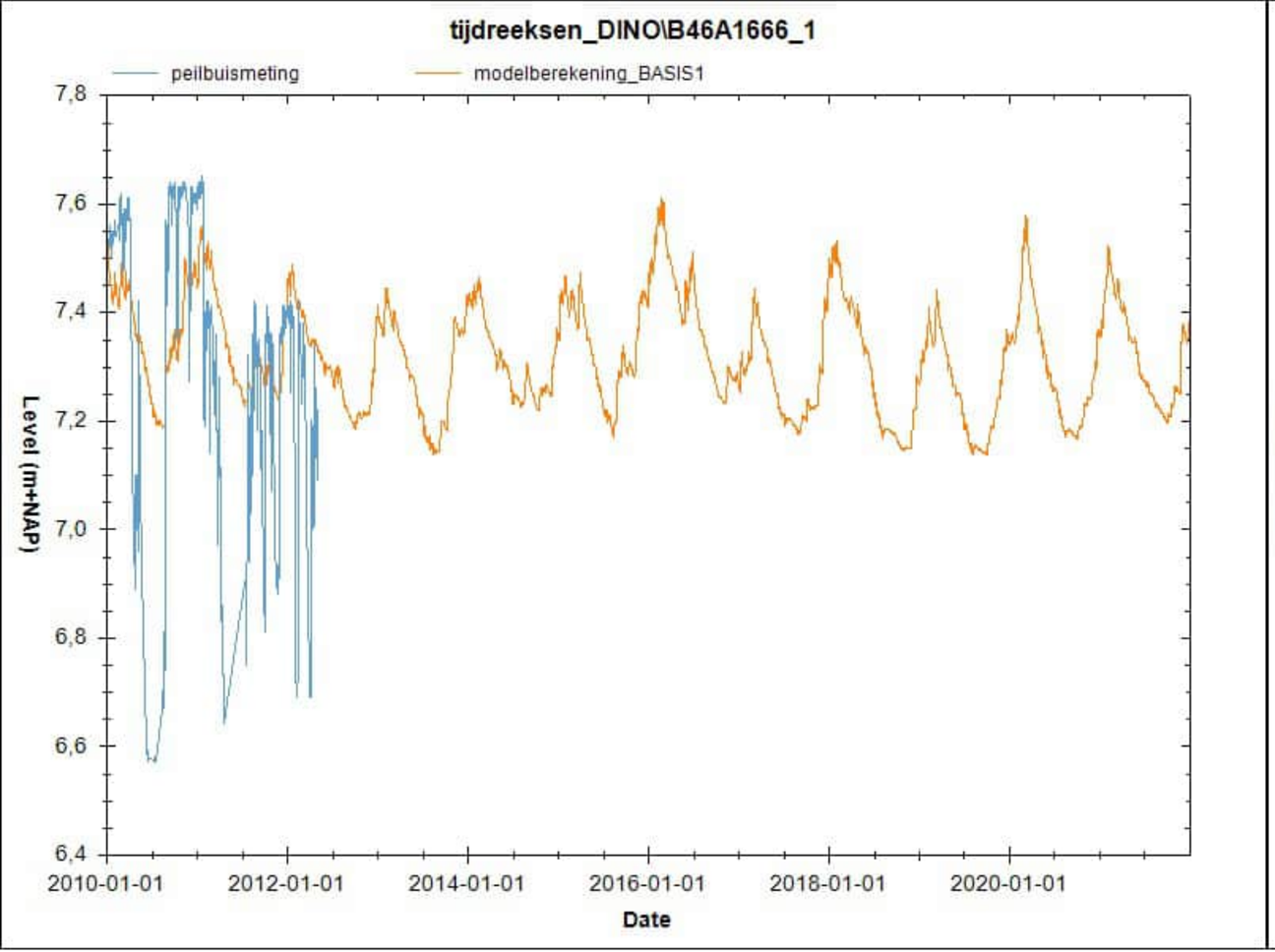


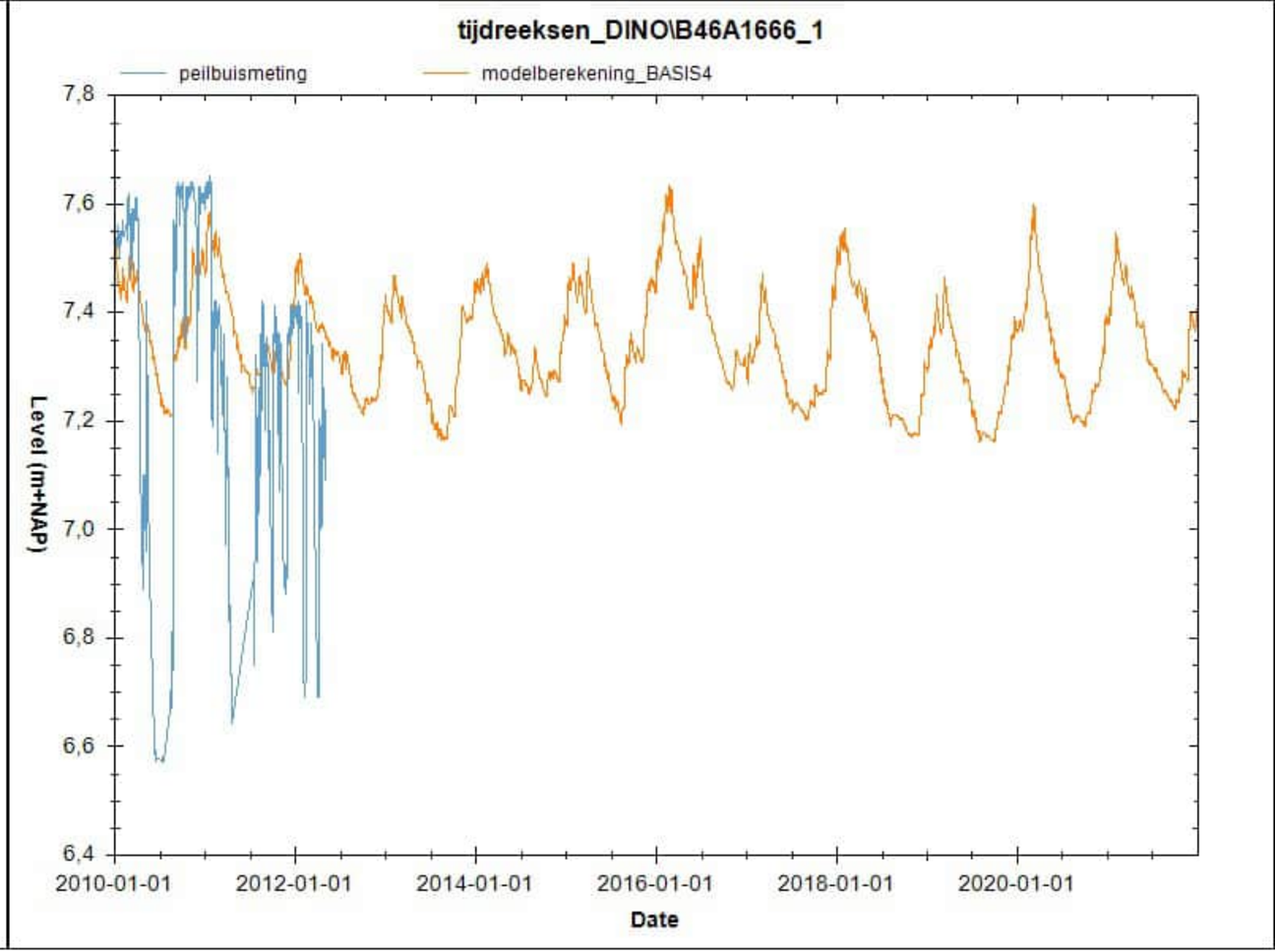
B1.66 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



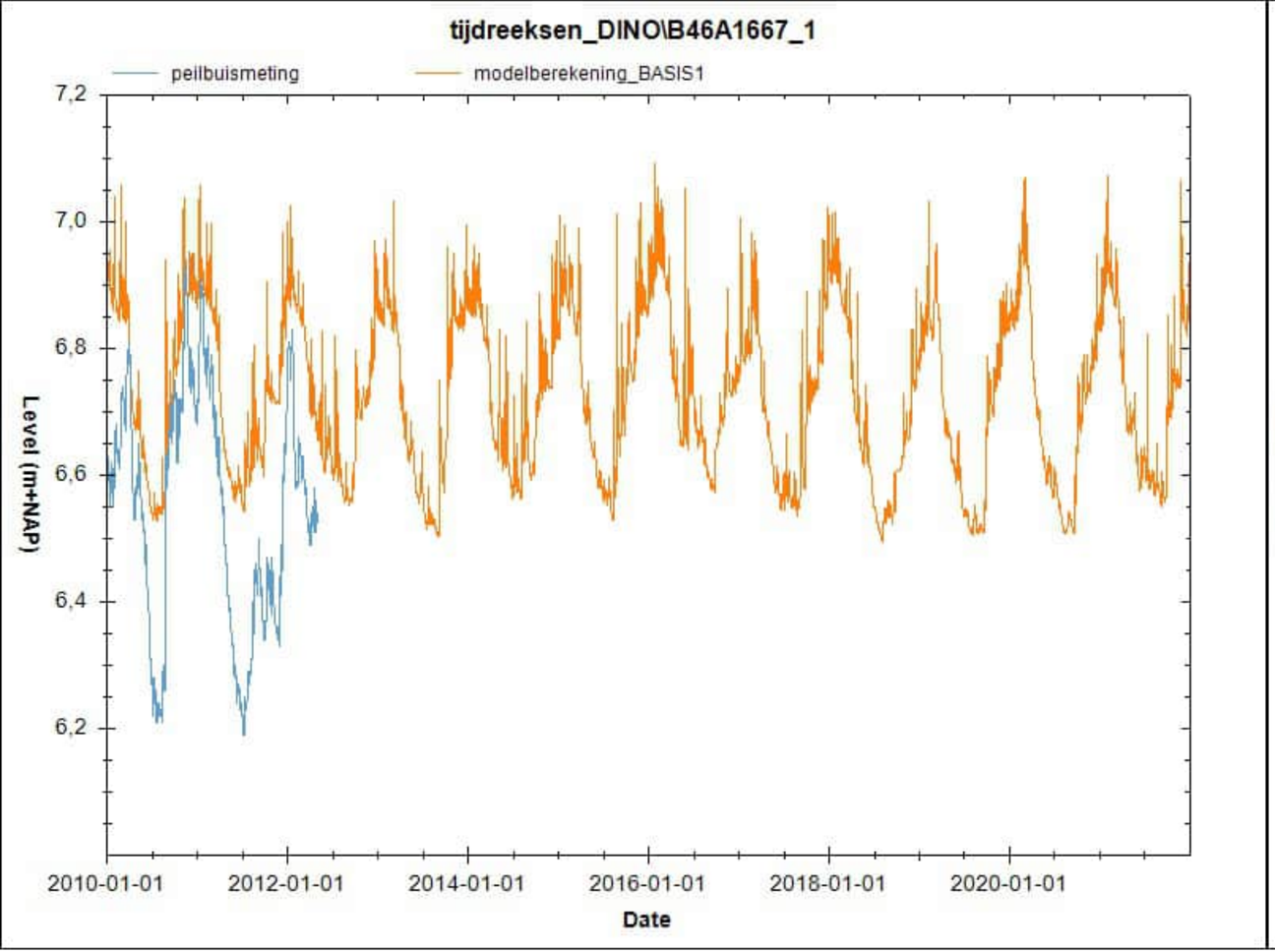


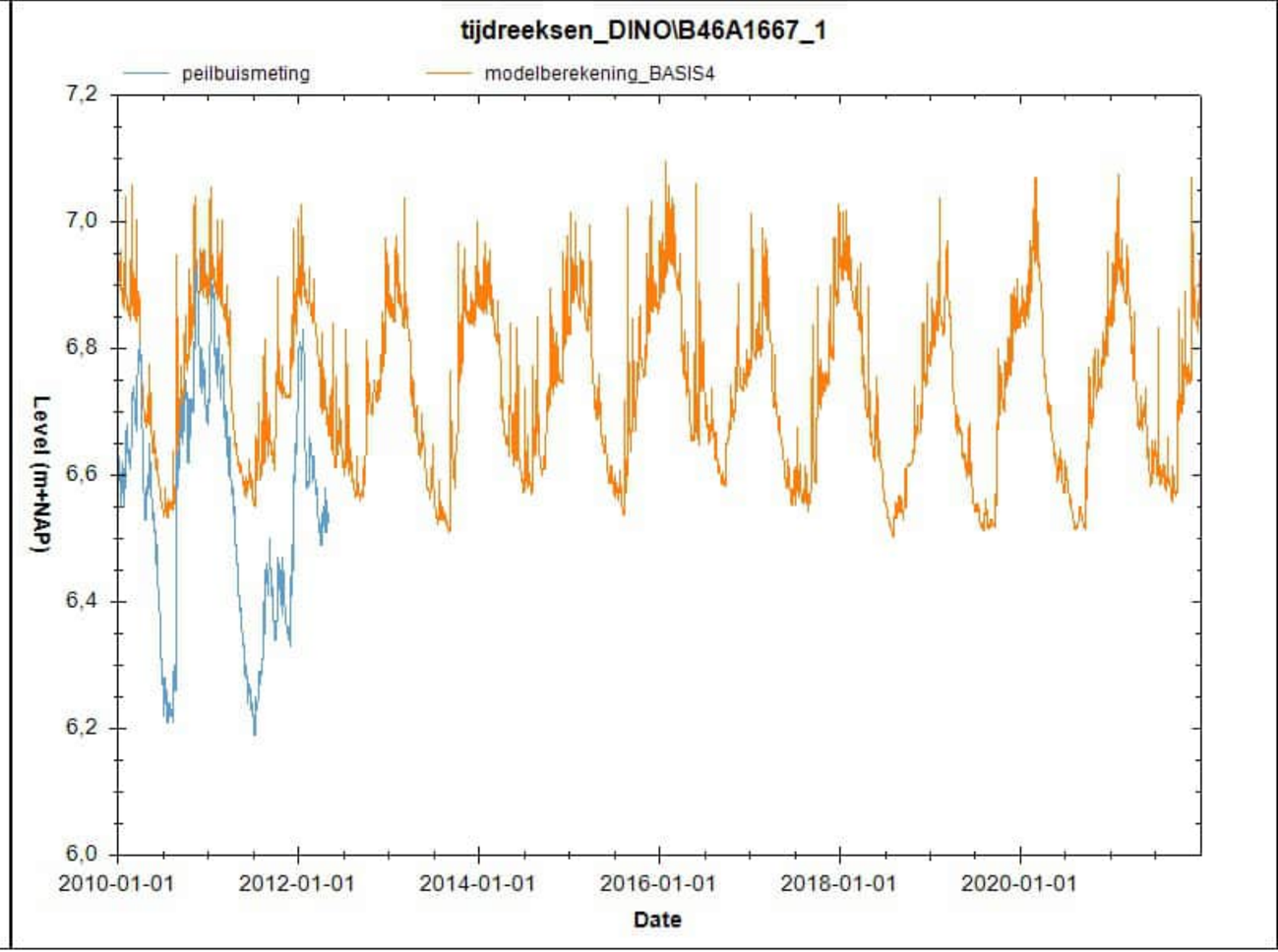
B1.67 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



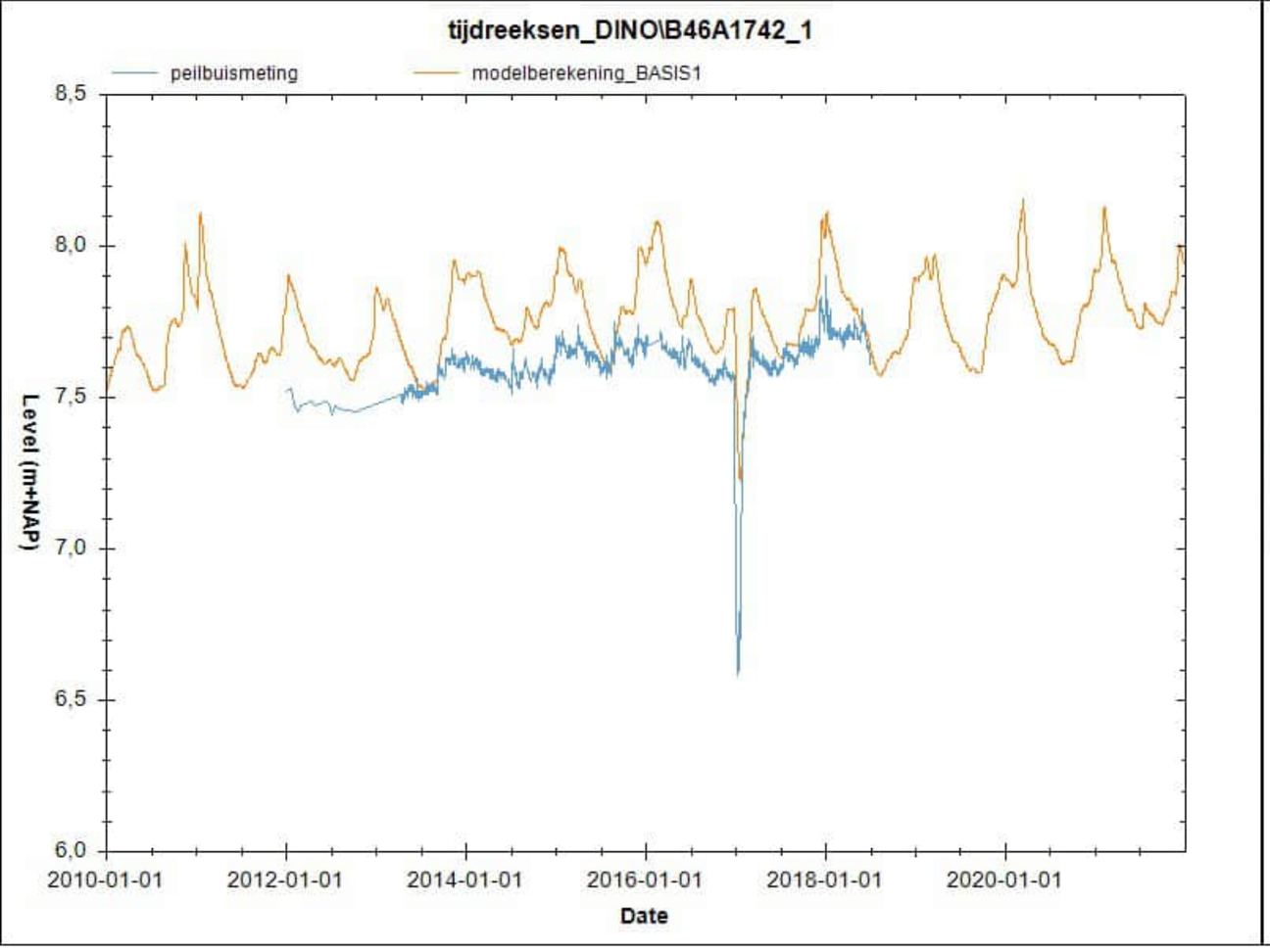


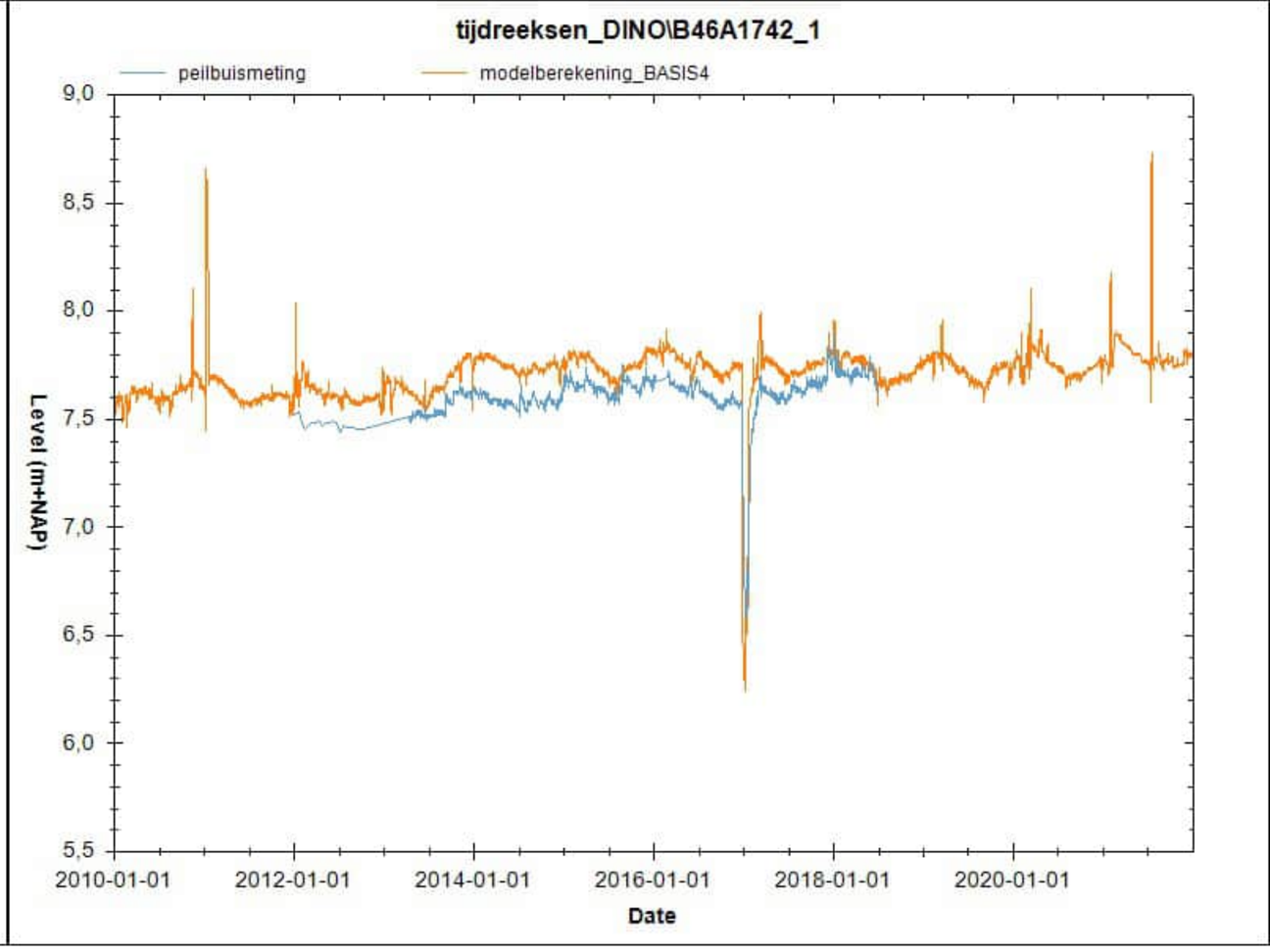
B1.68 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



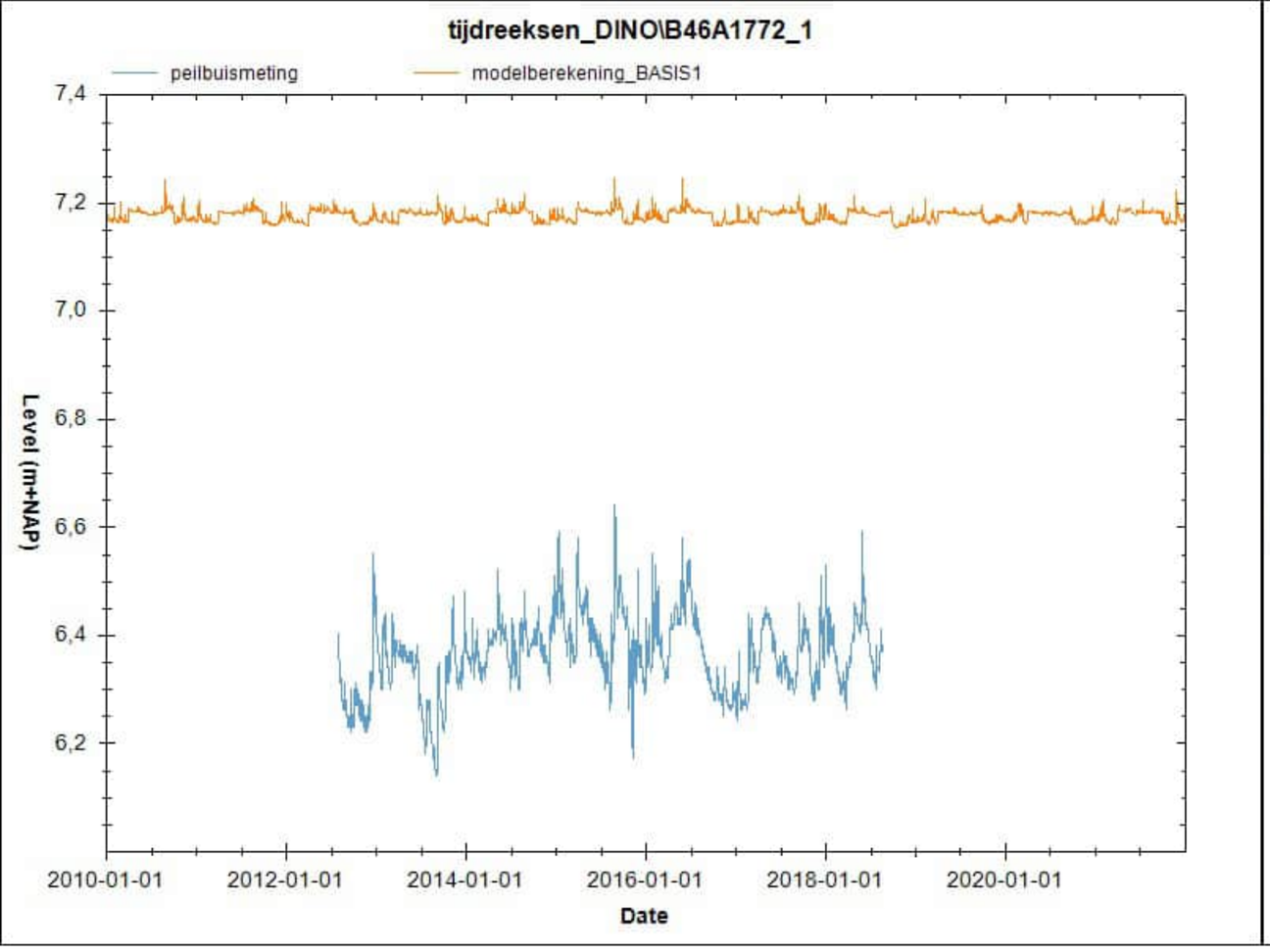


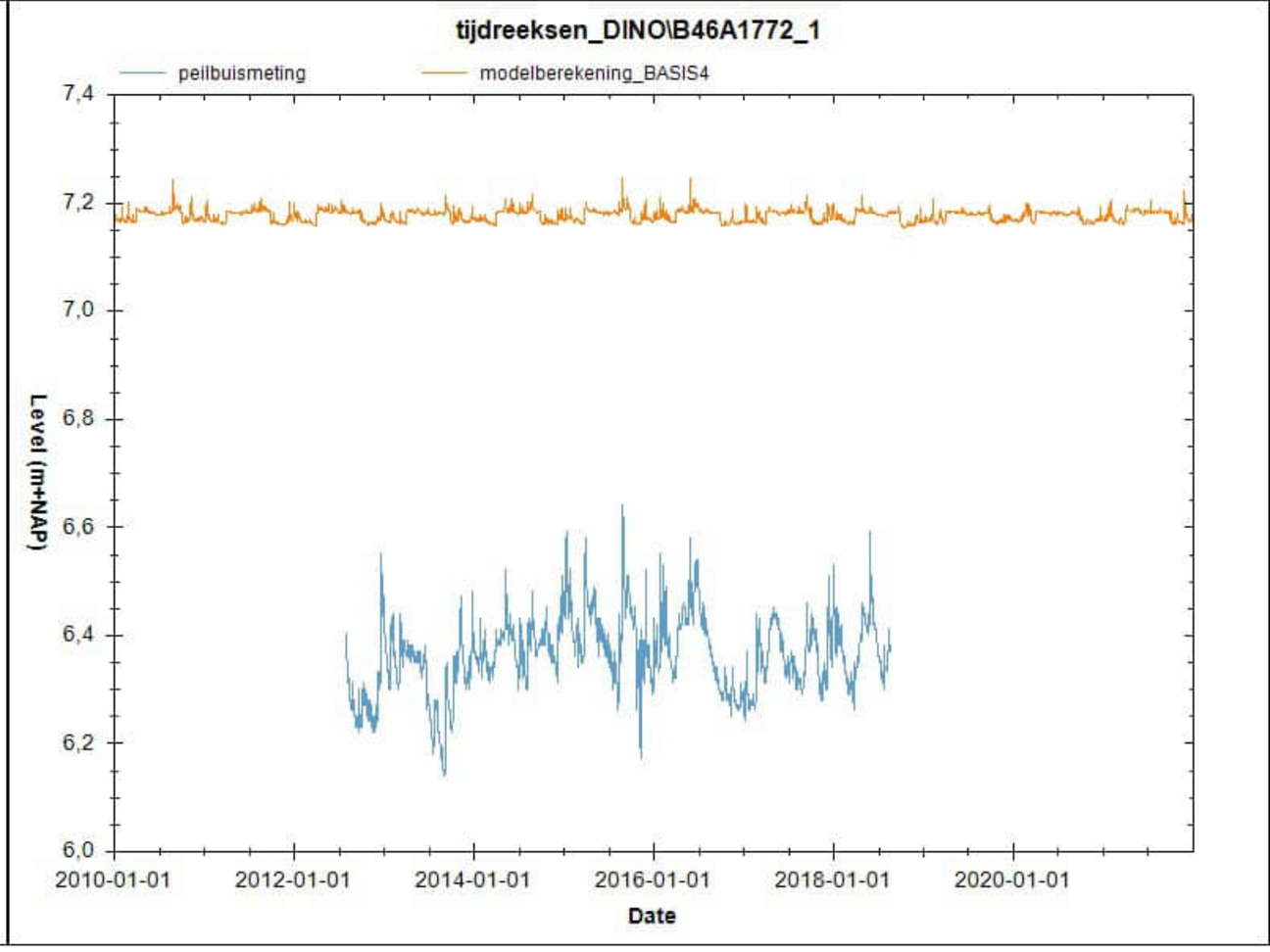
B1.69 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



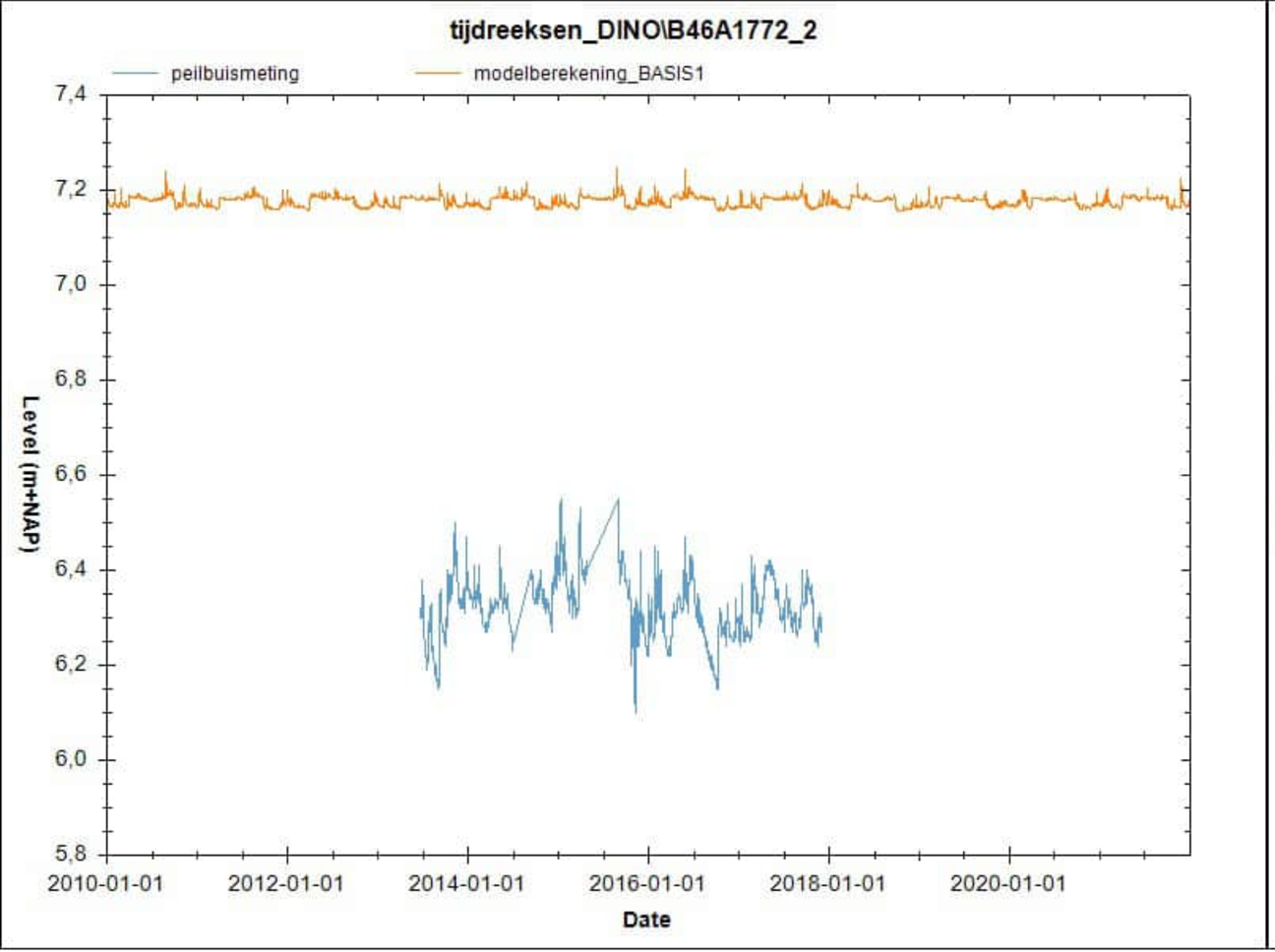


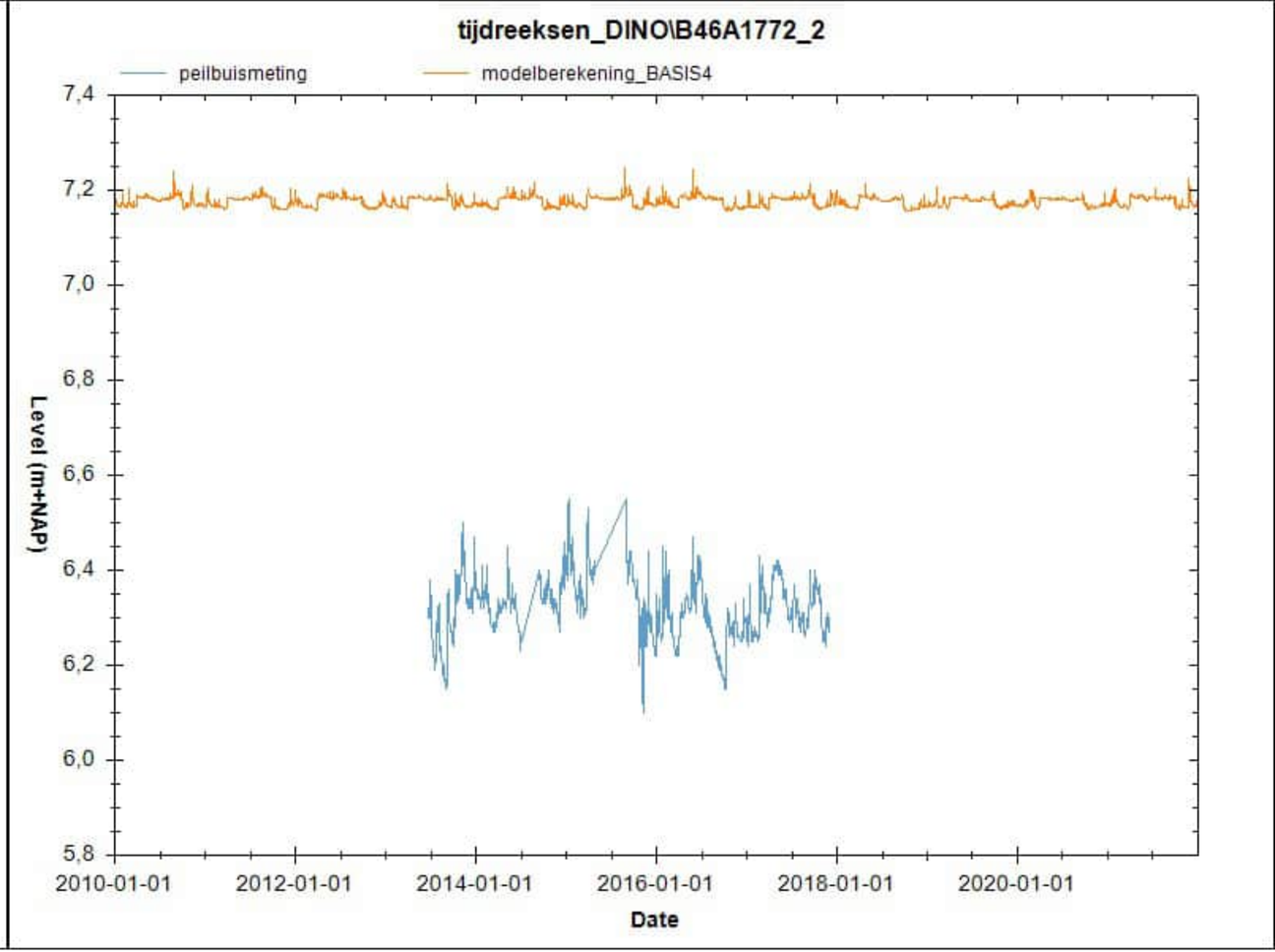
B1.70 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



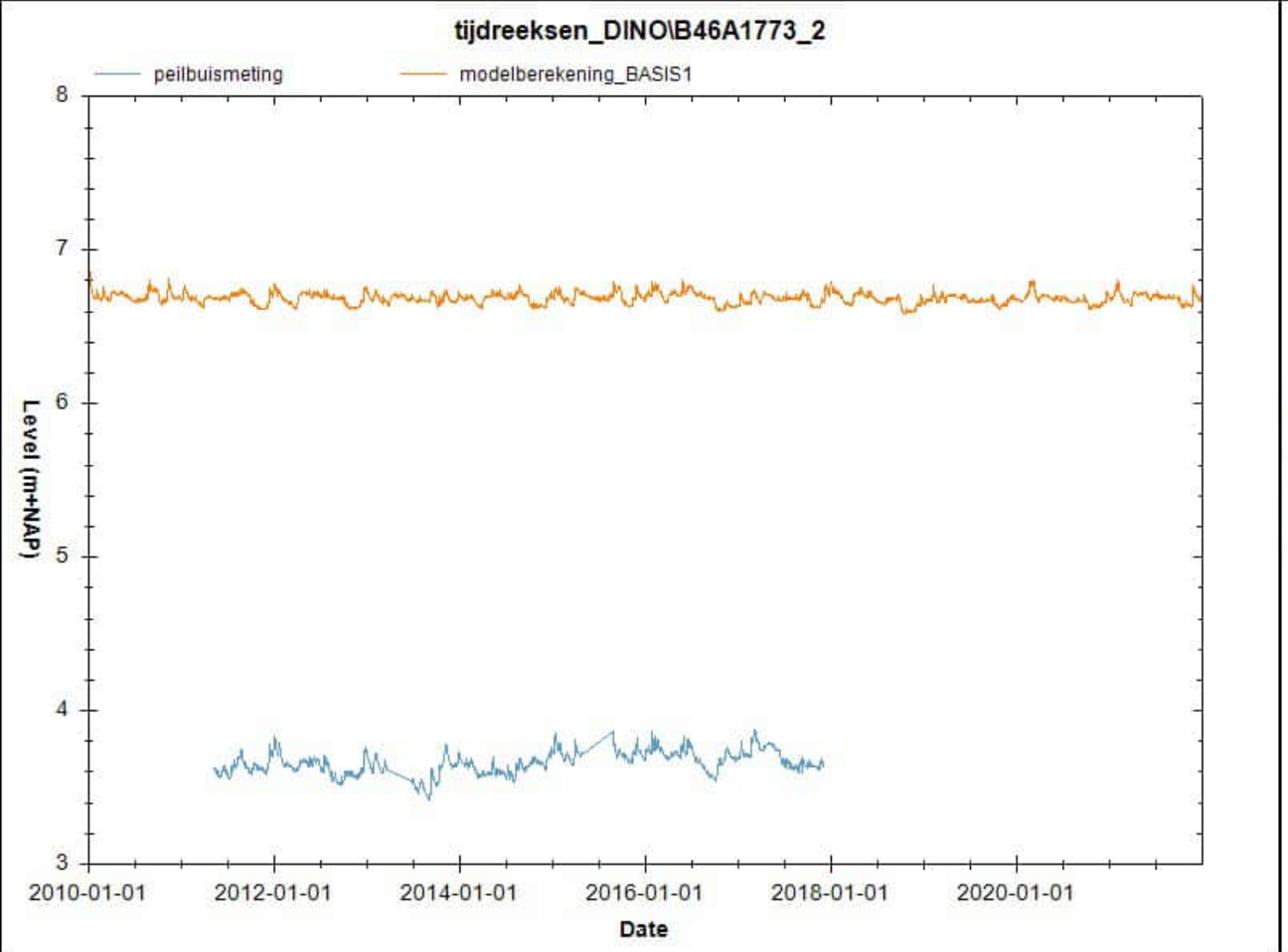


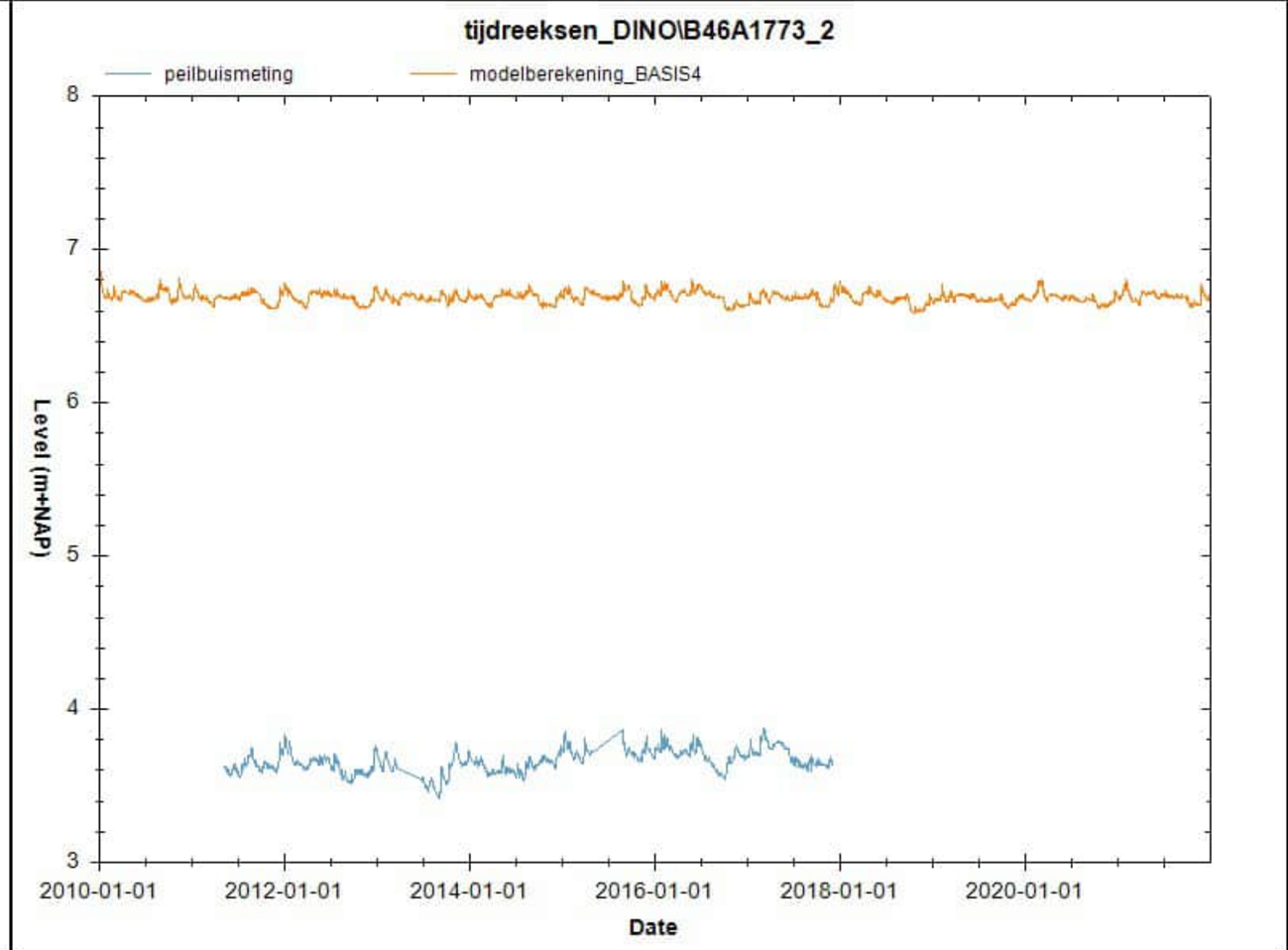
B1.71 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



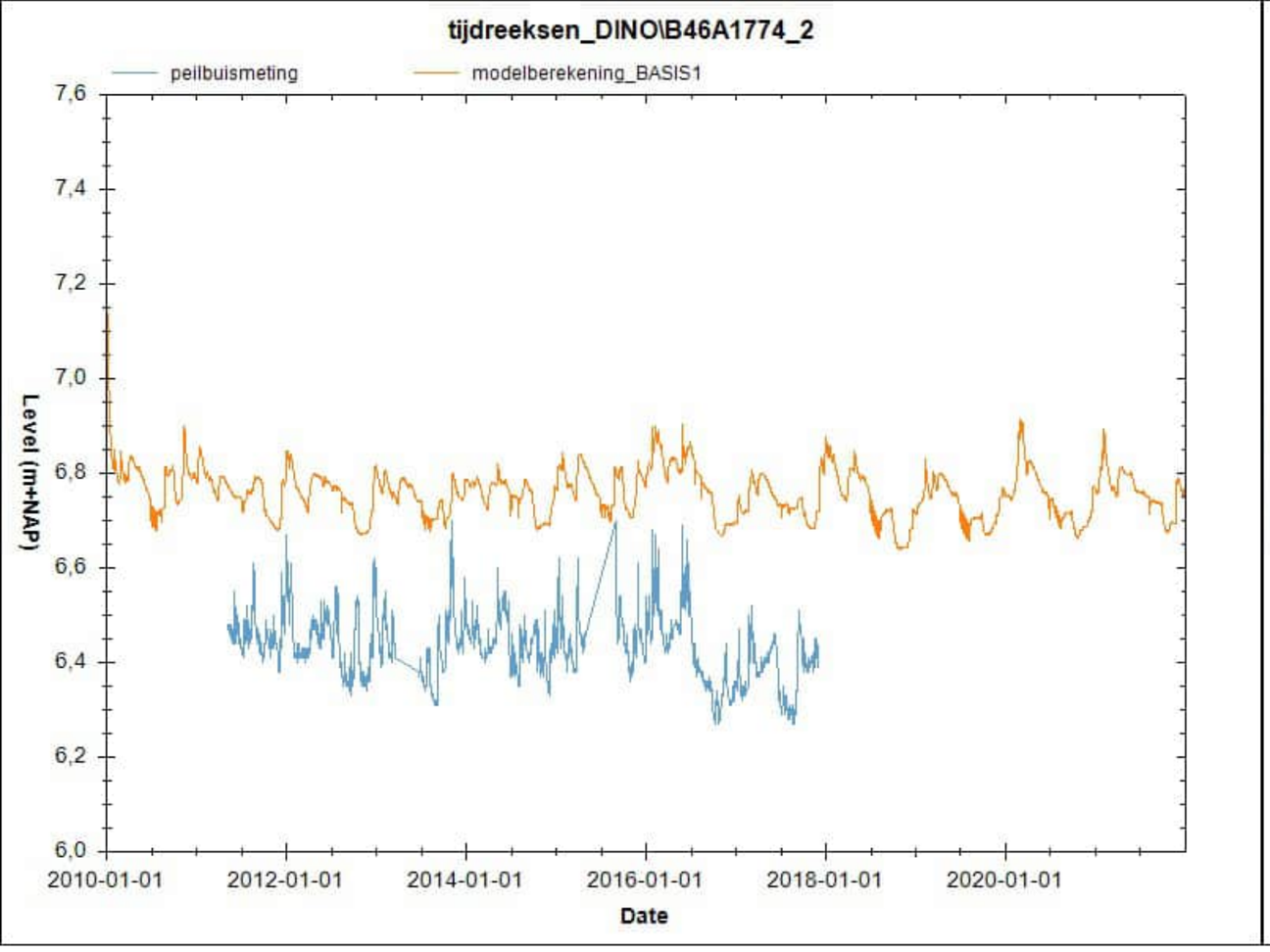


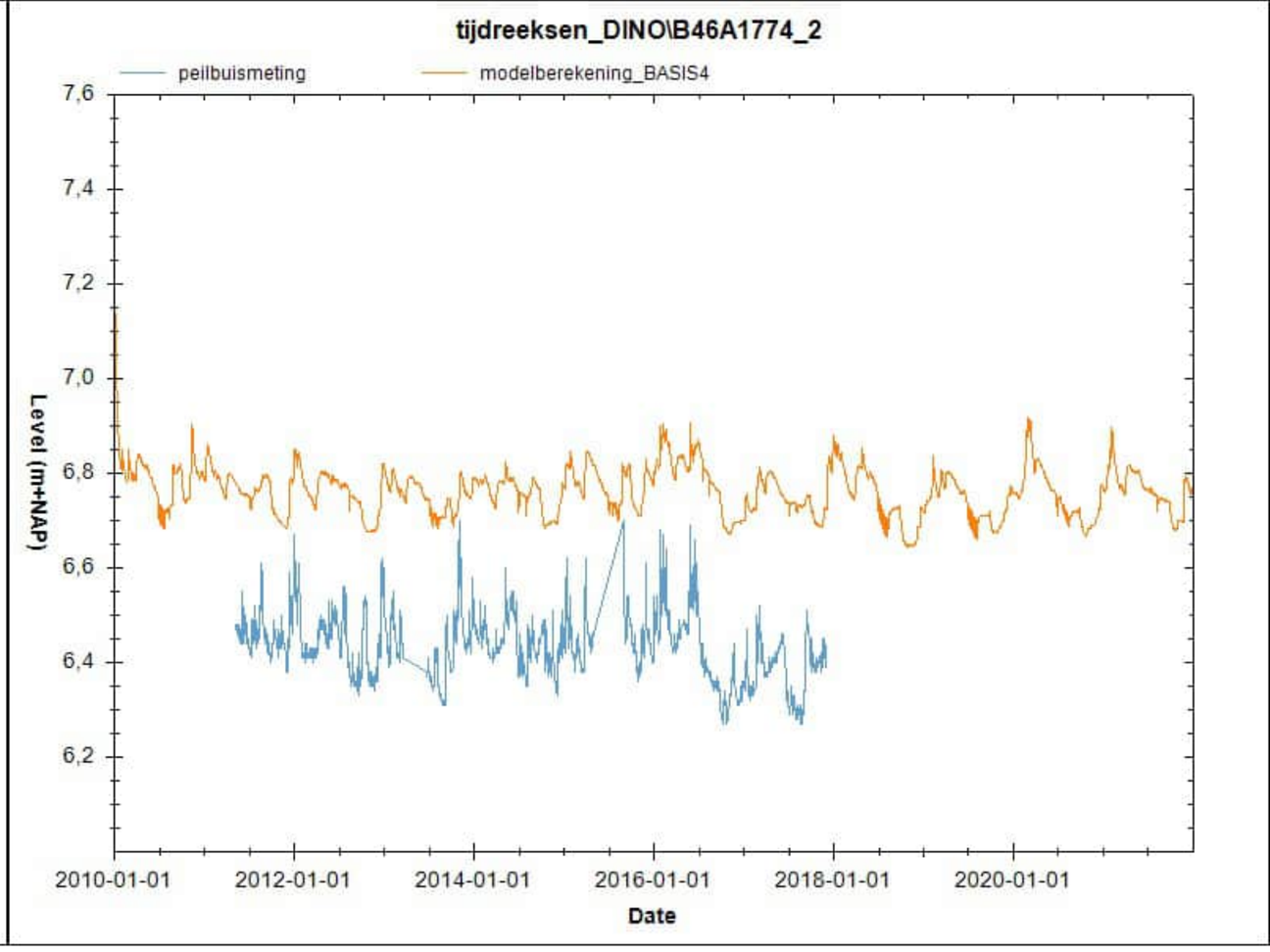
B1.72 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



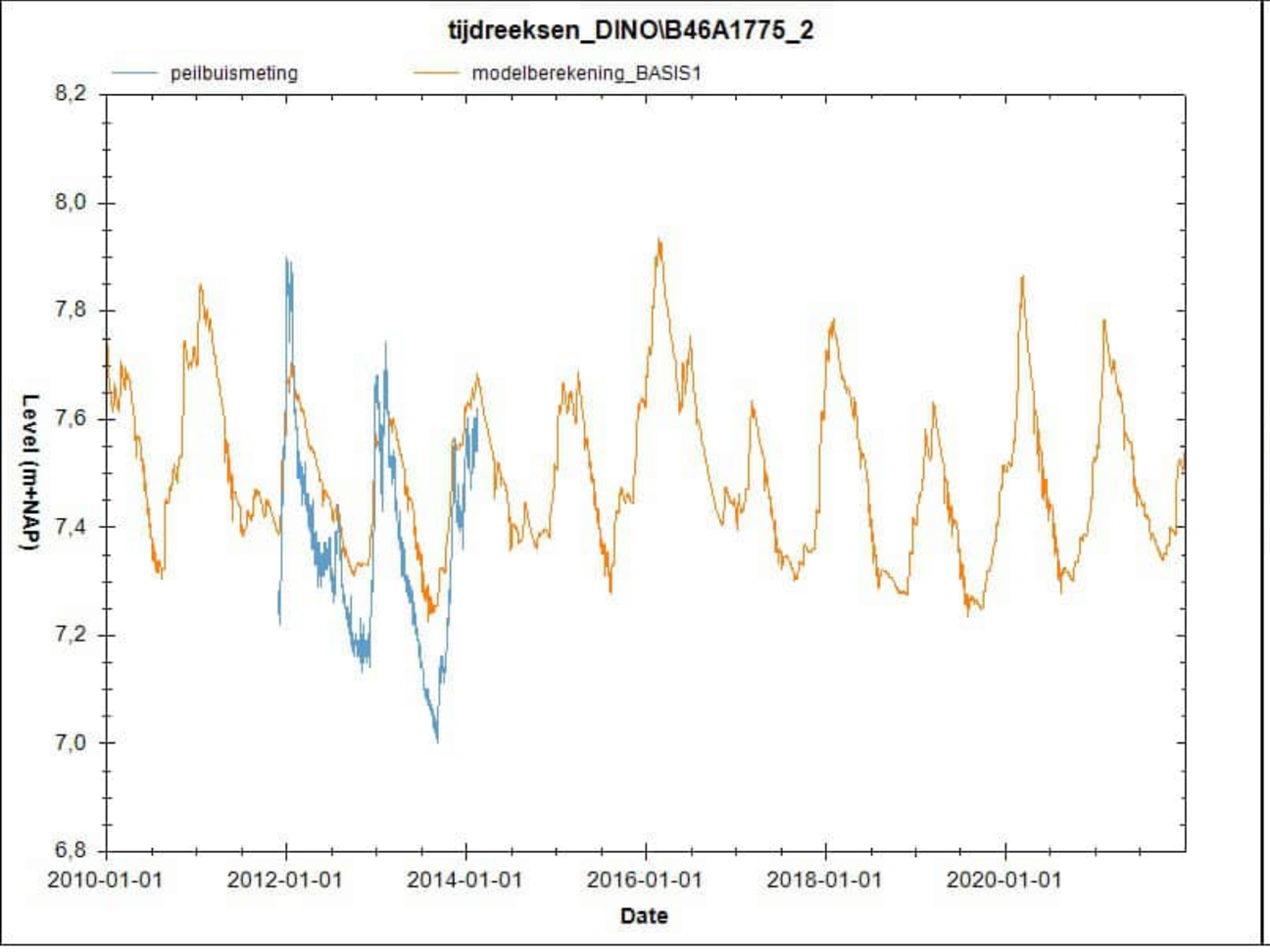


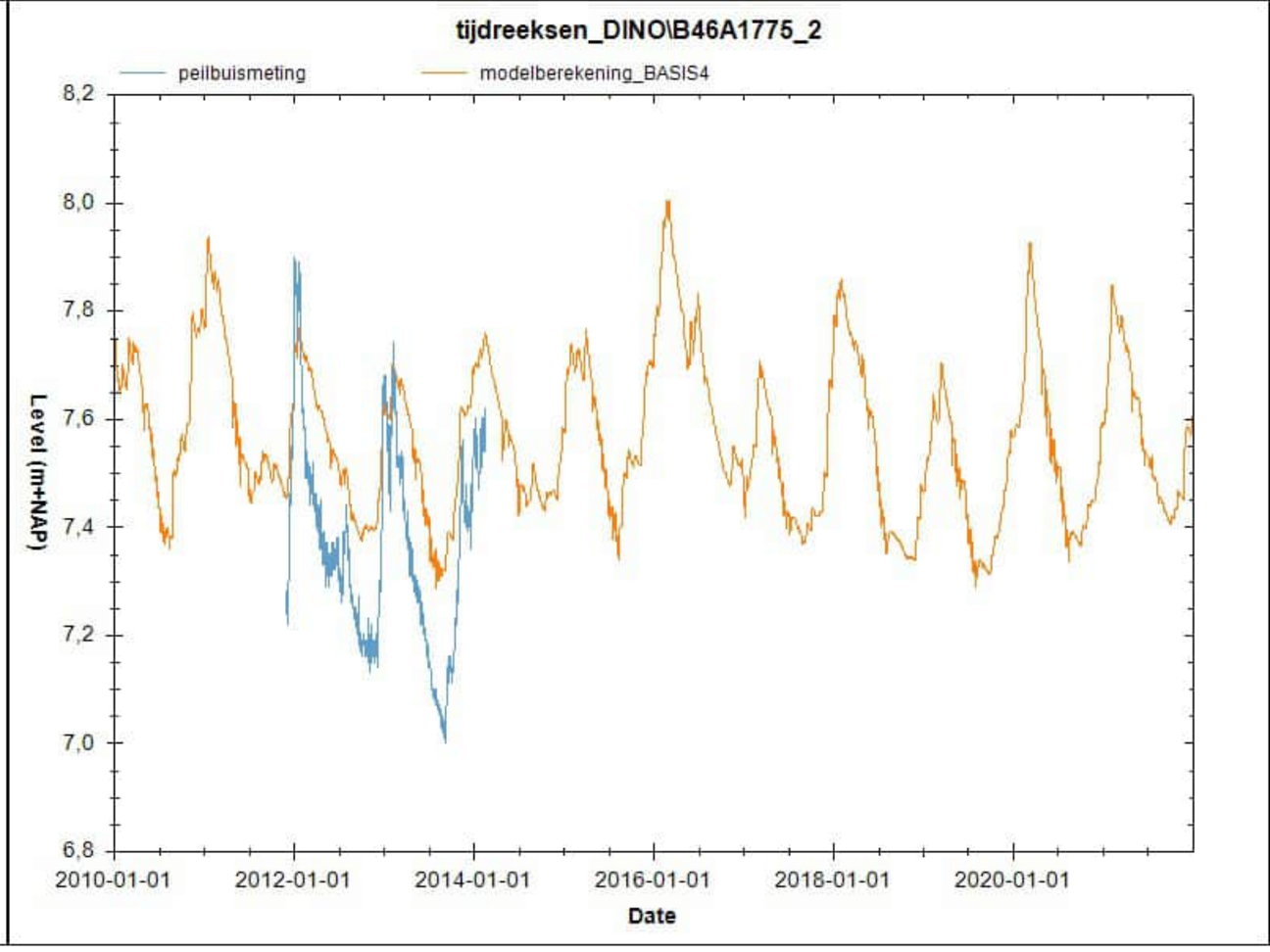
B1.73 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



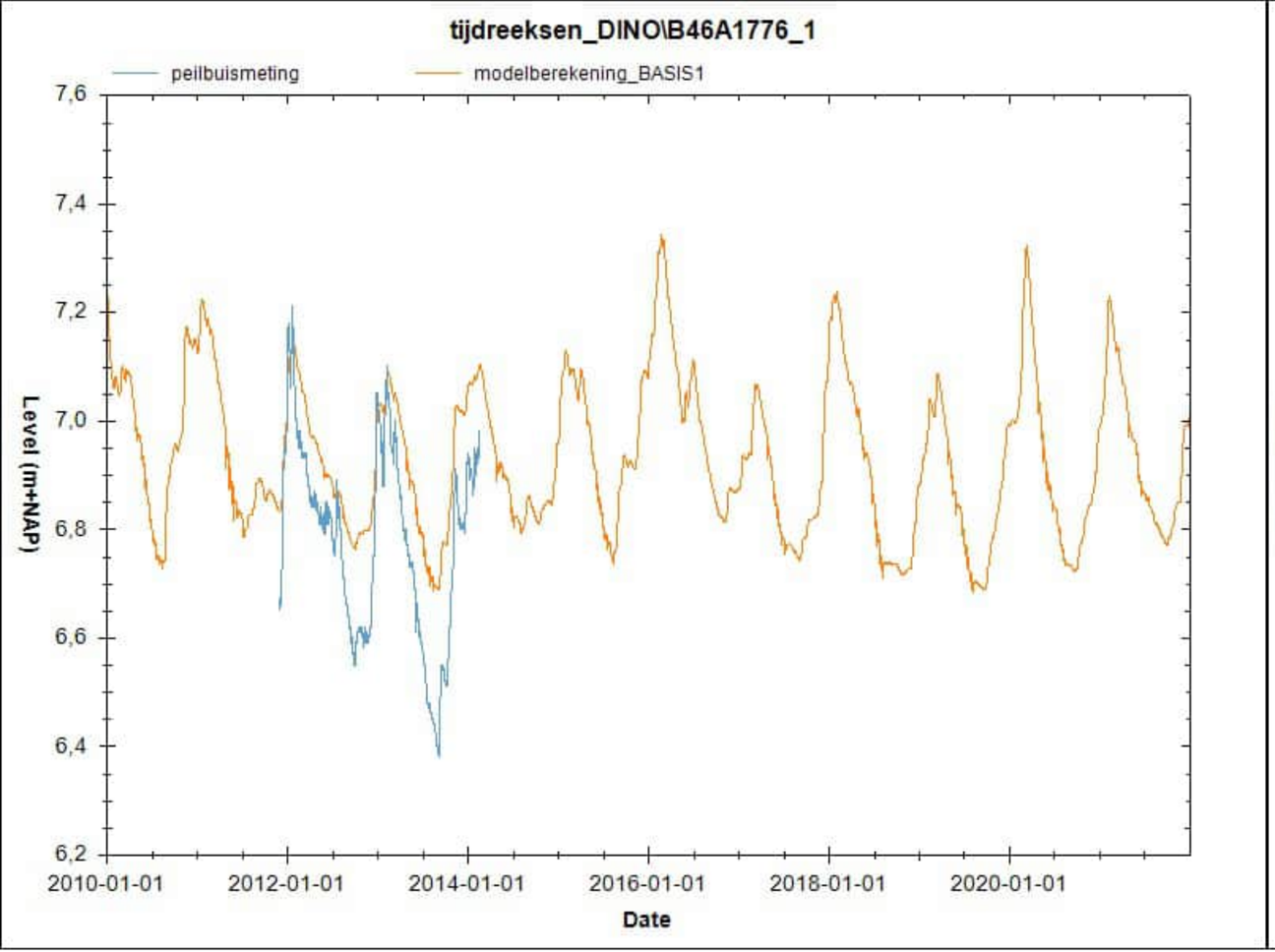


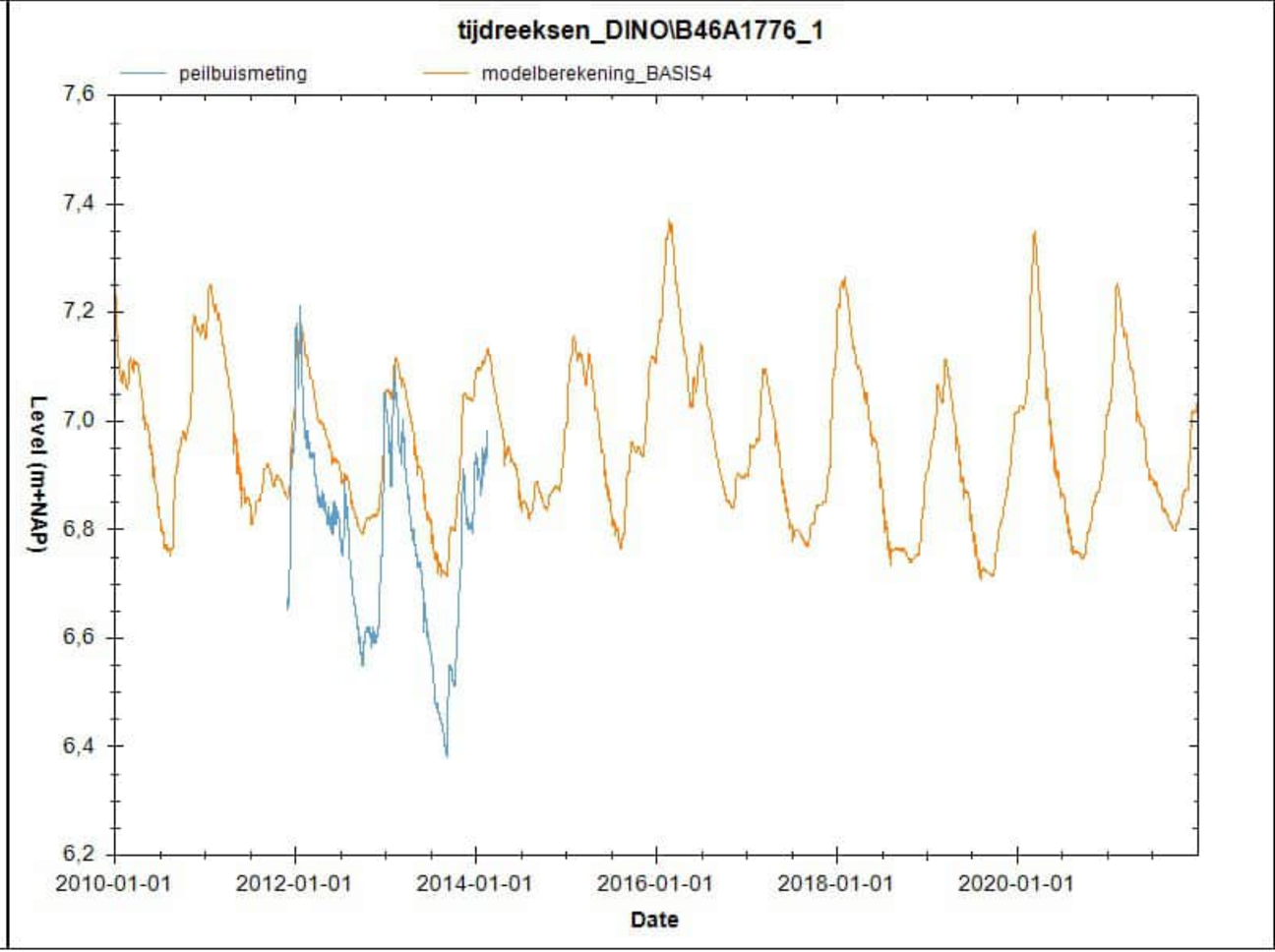
B1.74 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



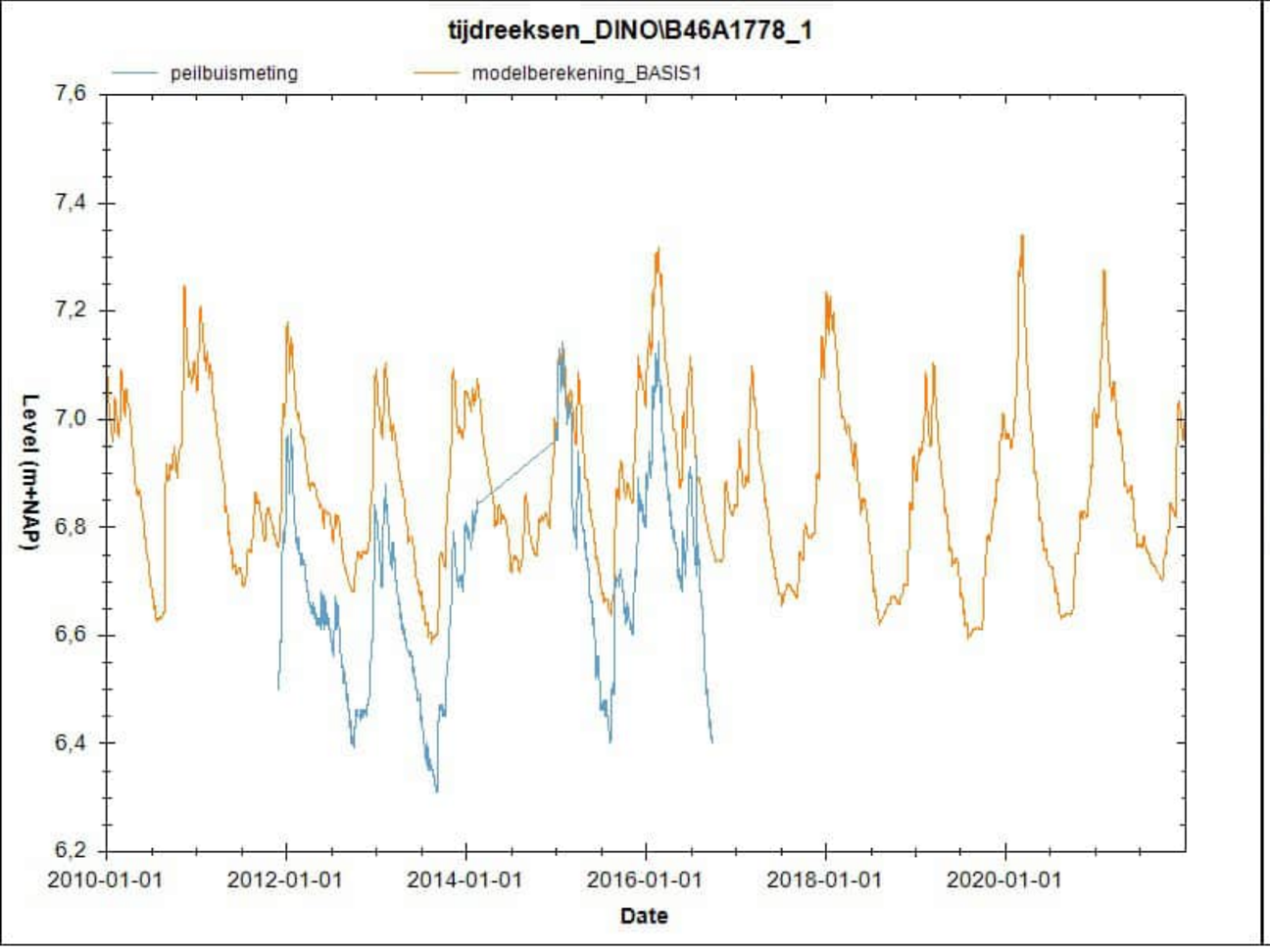


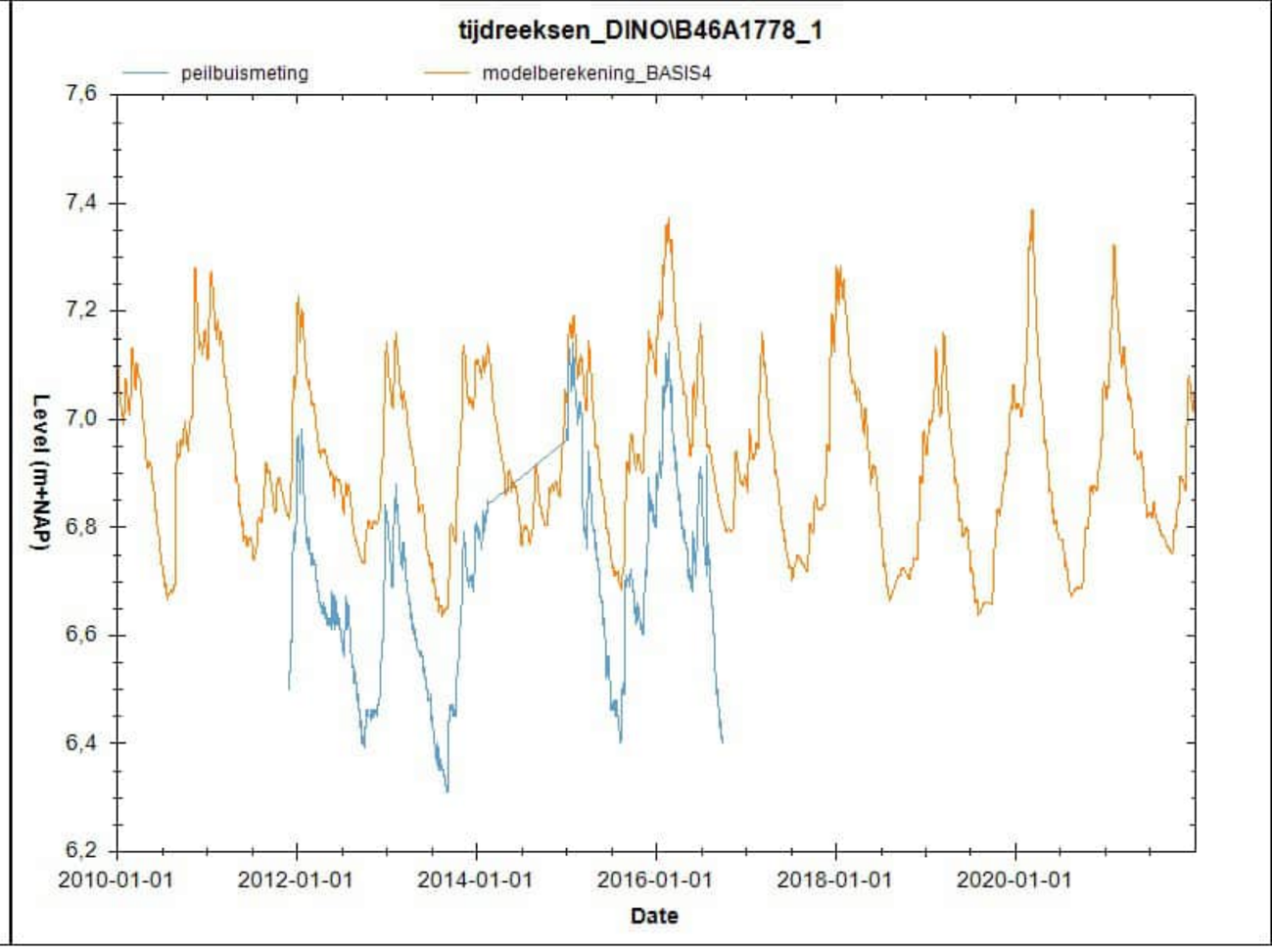
B1.75 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



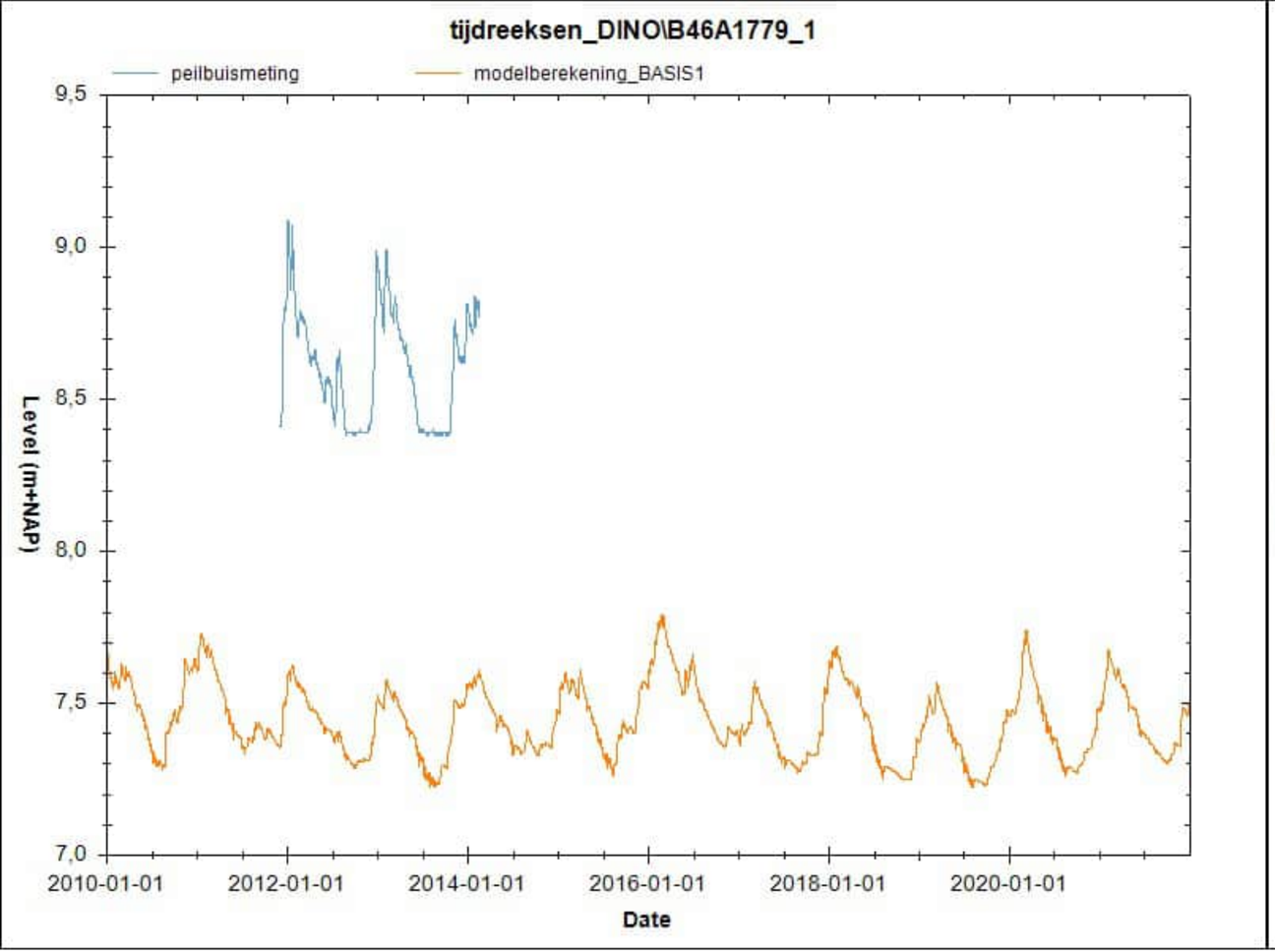


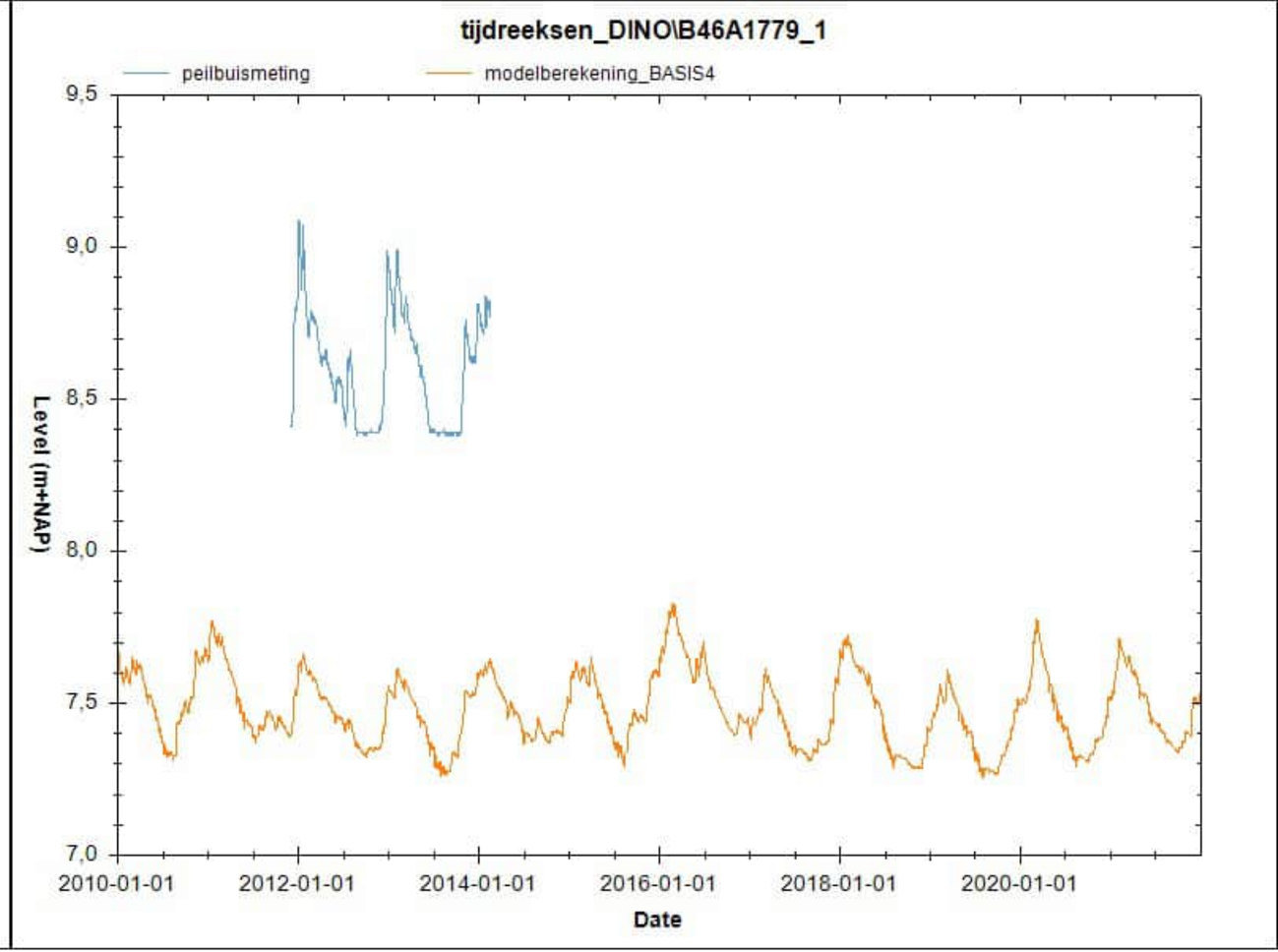
B1.76 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



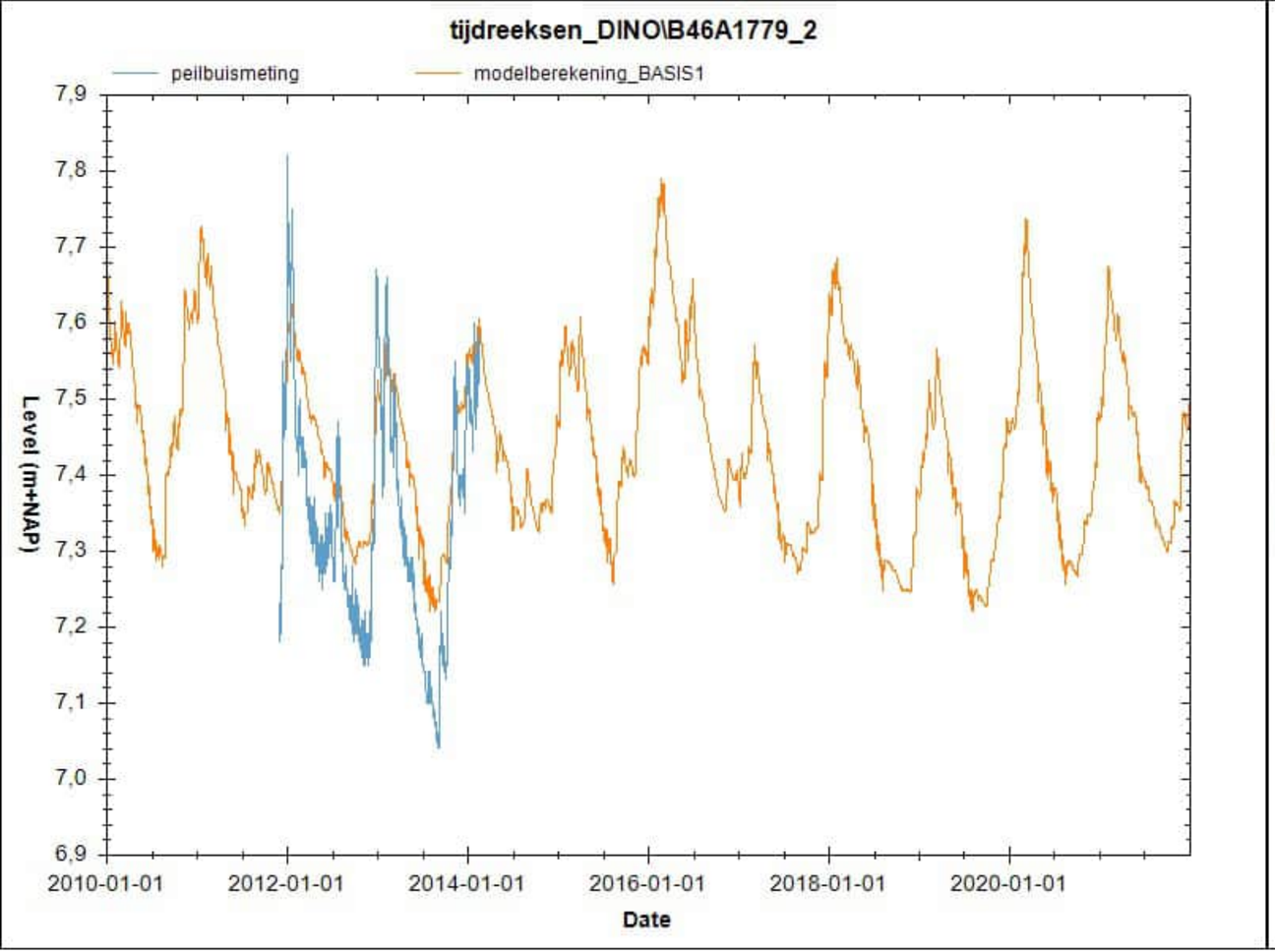


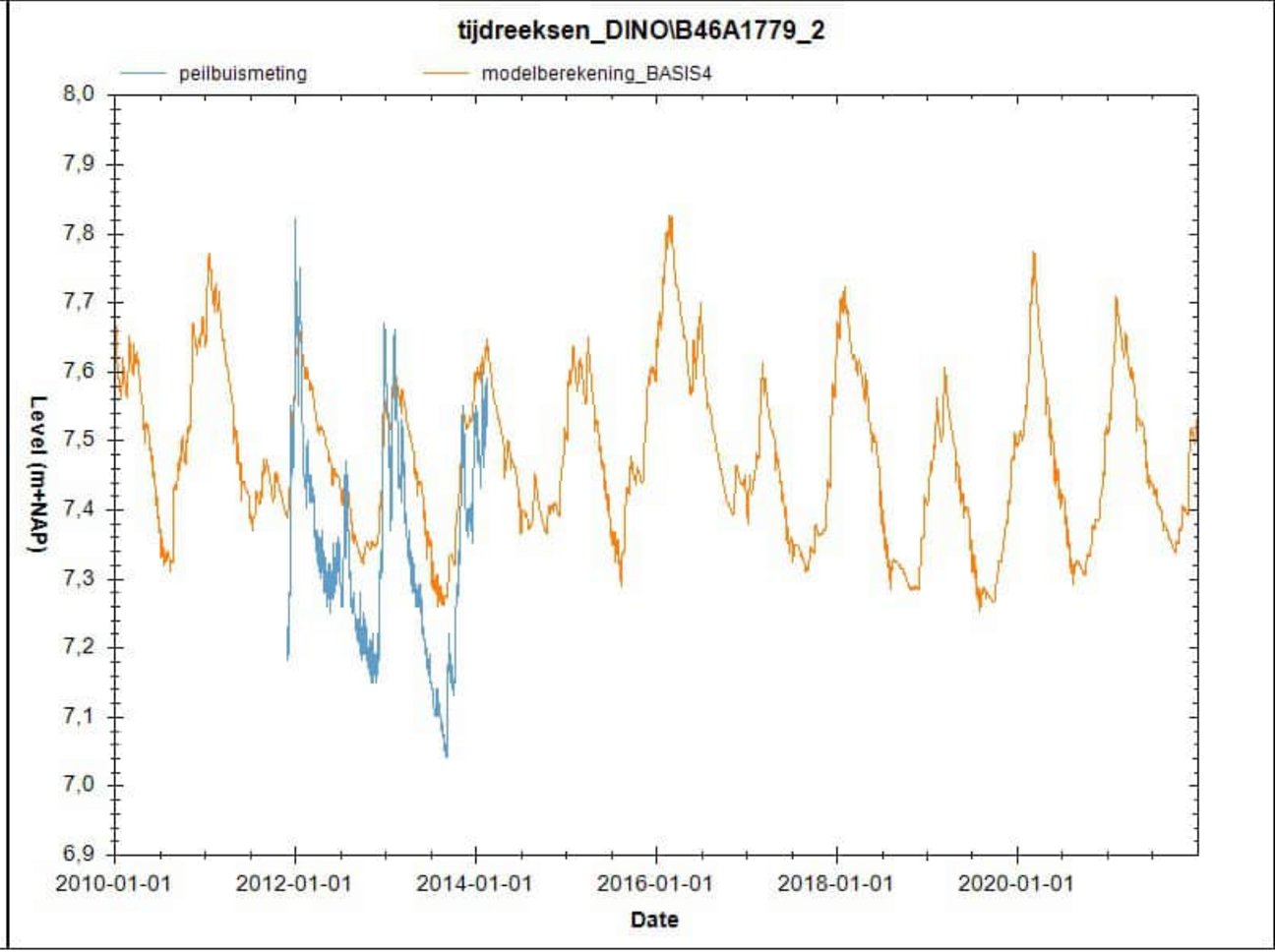
B1.77 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



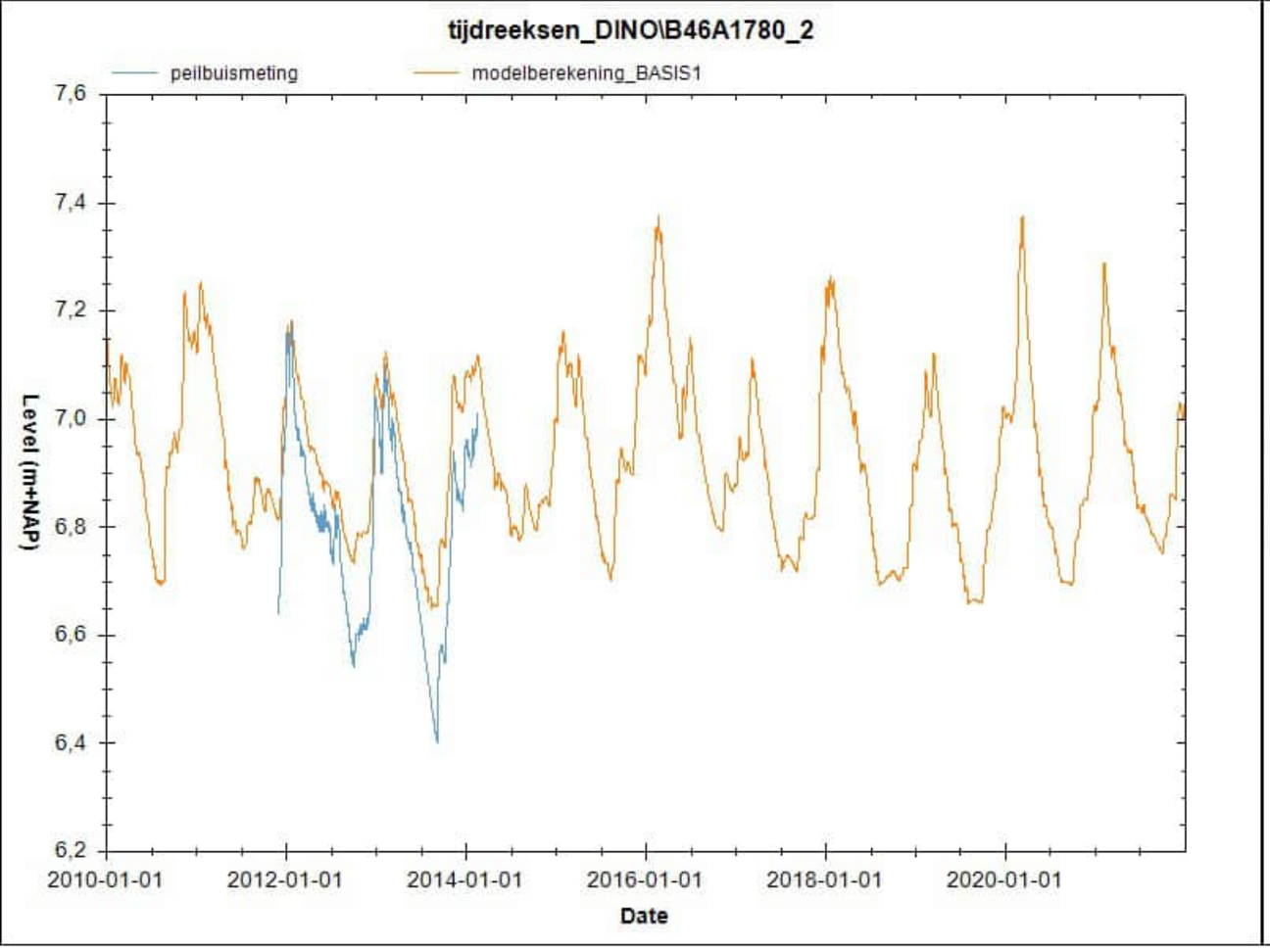


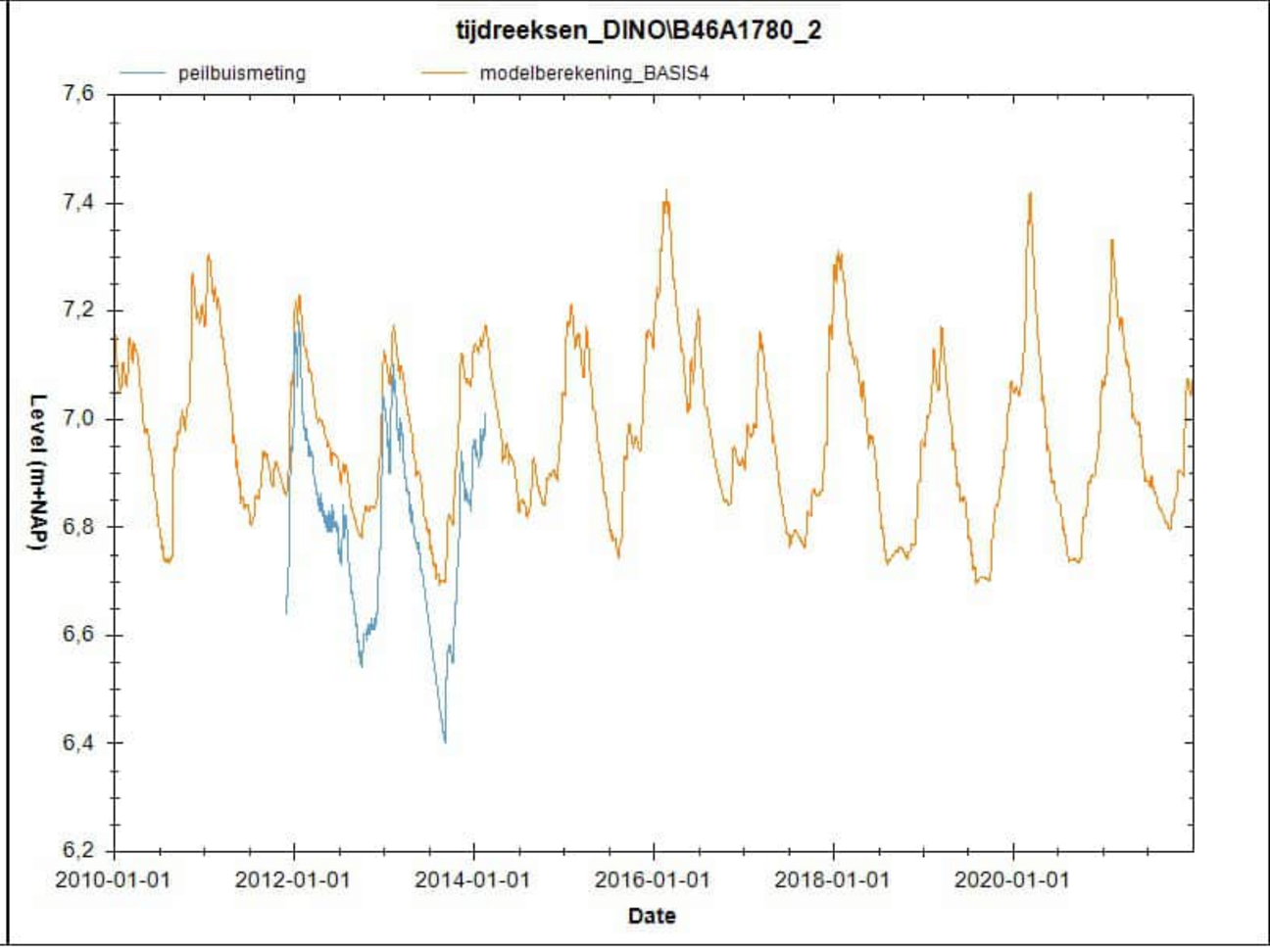
B1.78 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



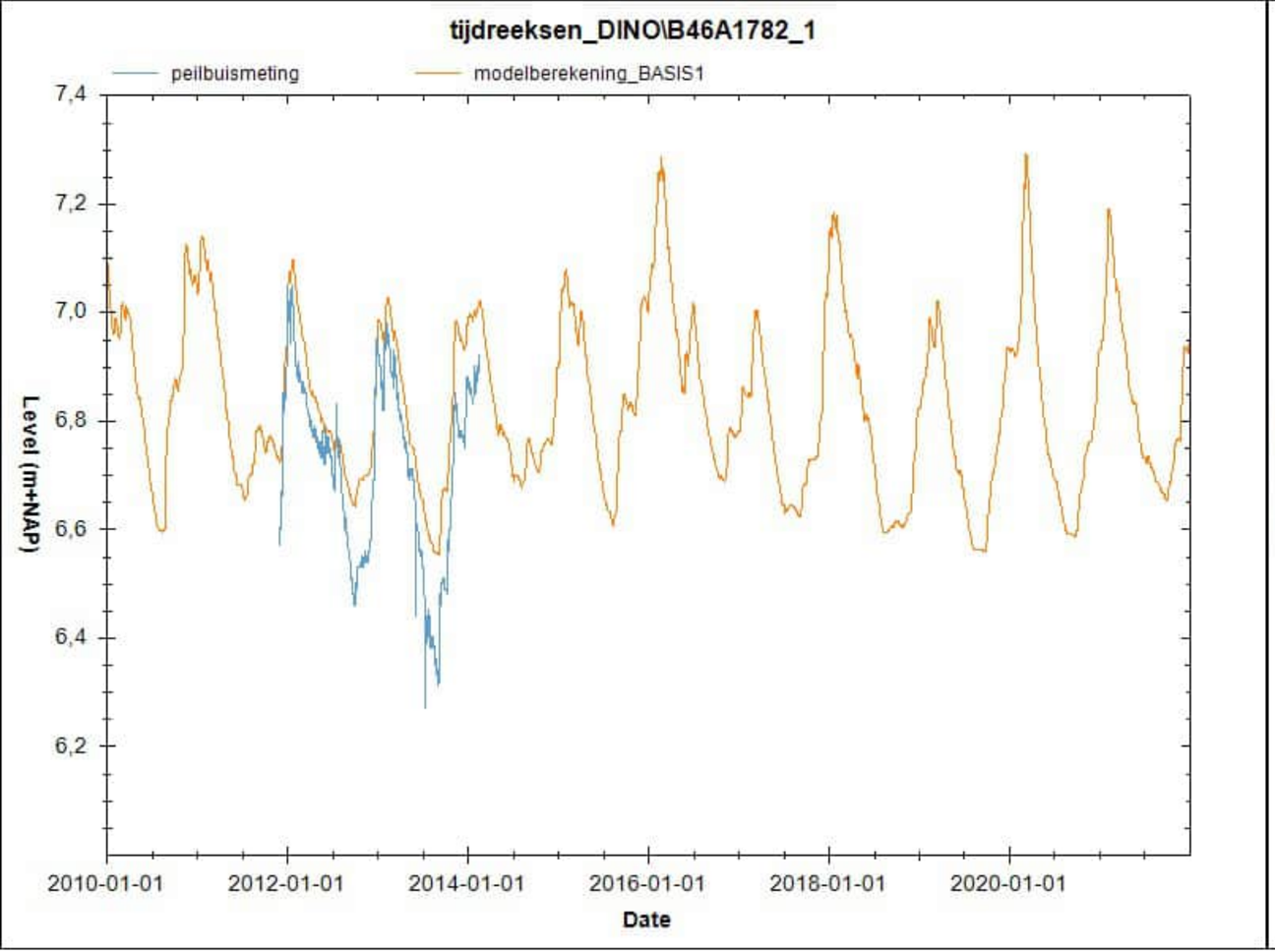


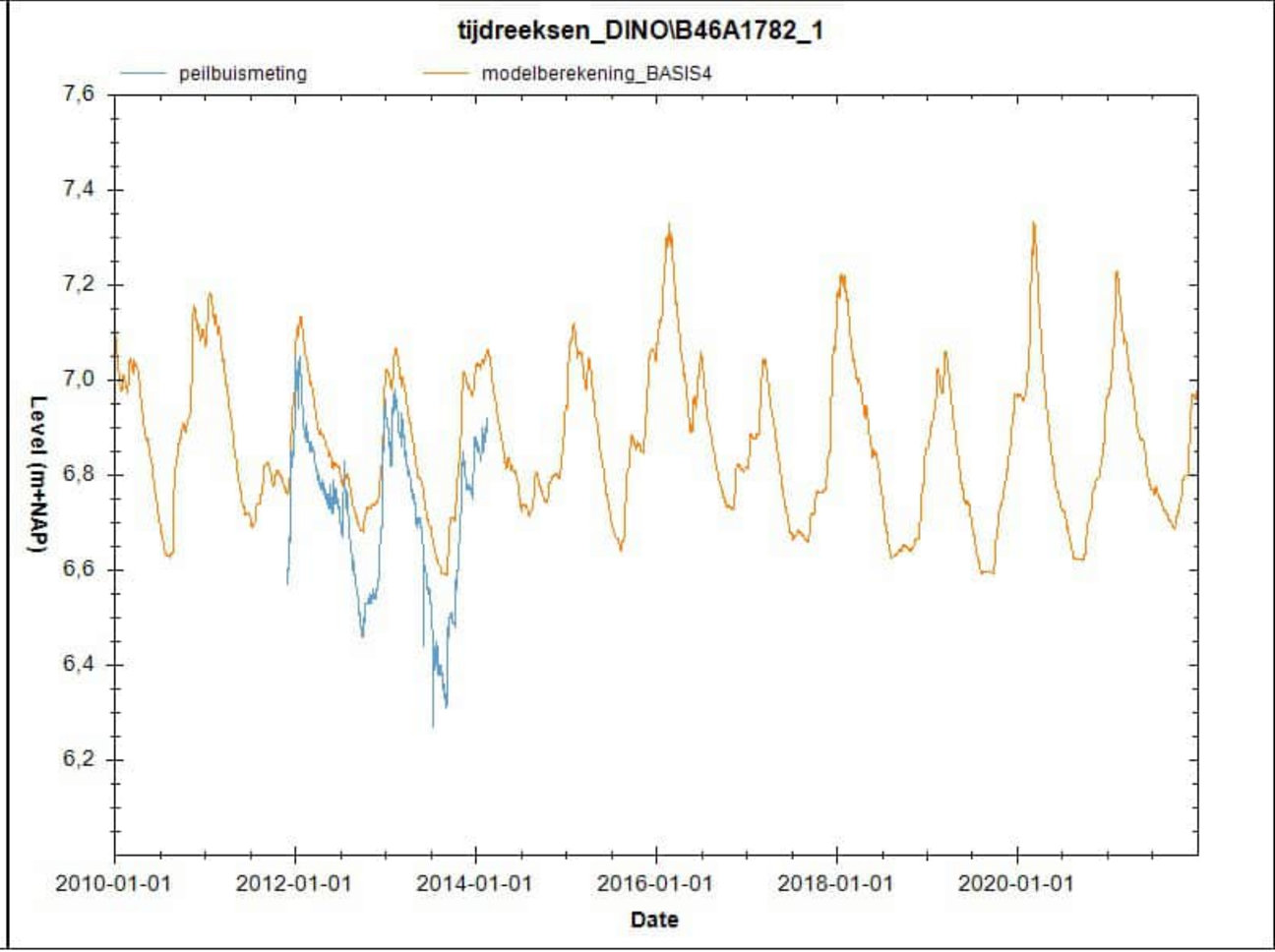
B1.79 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



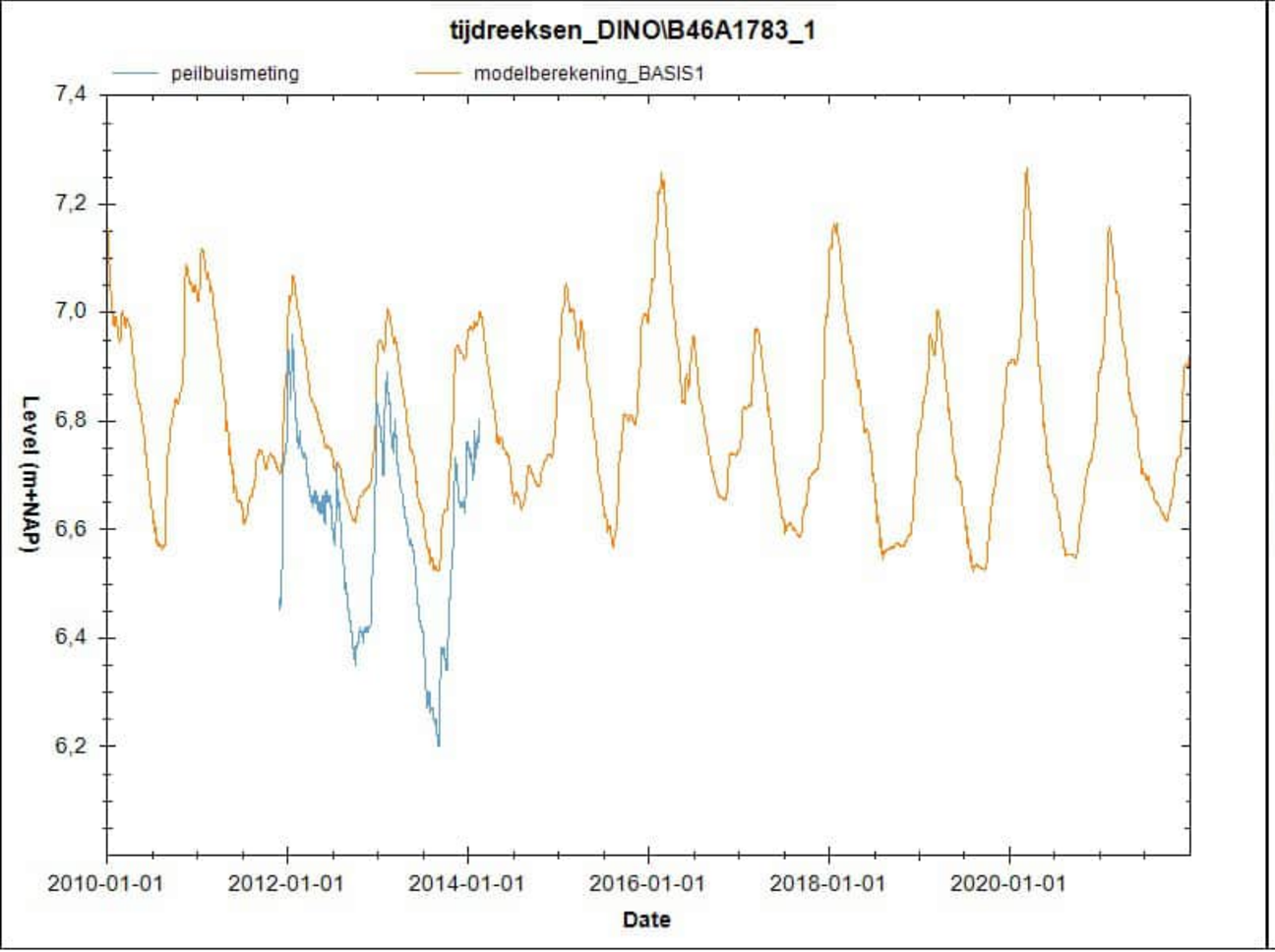


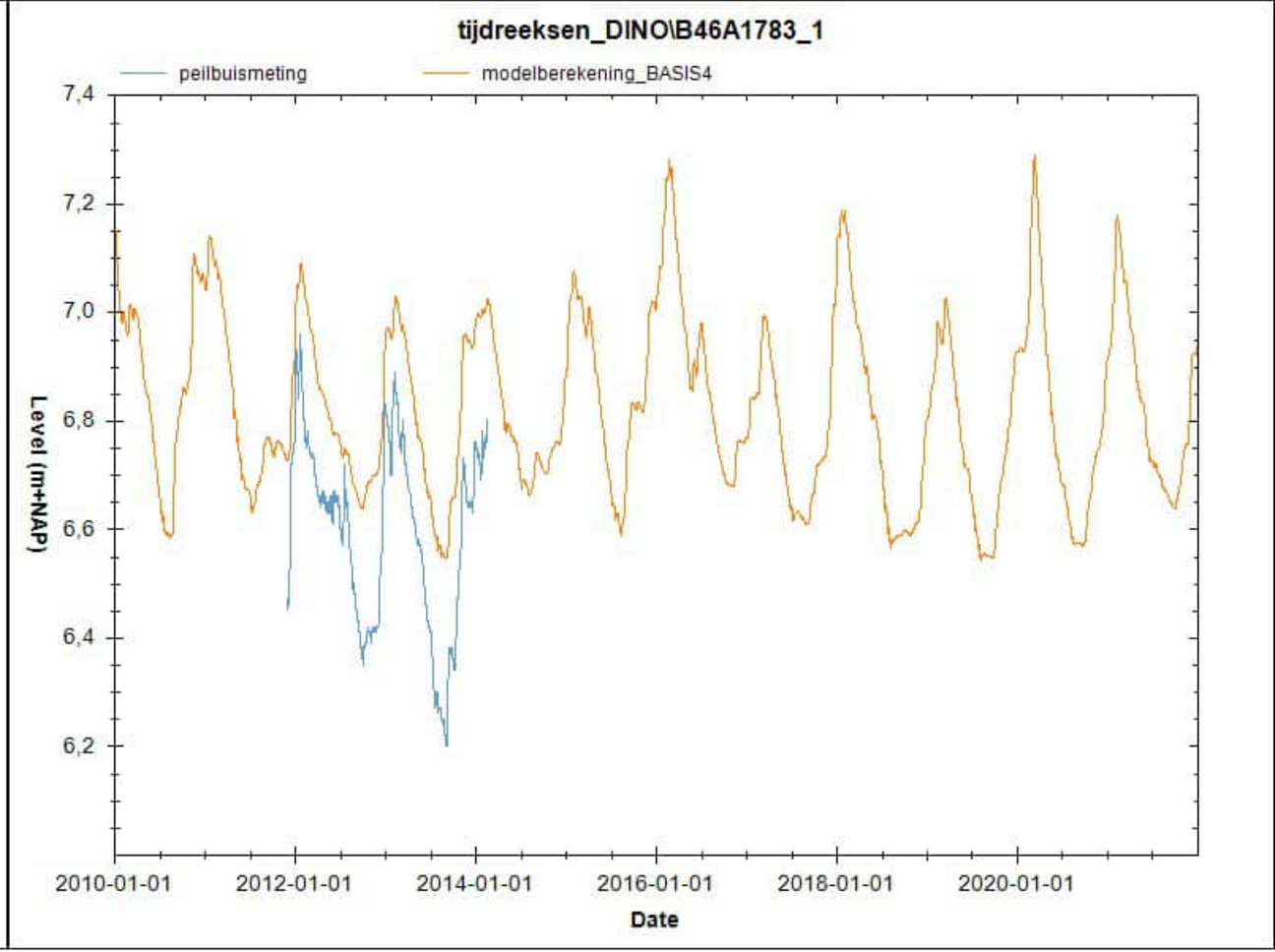
B1.80 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



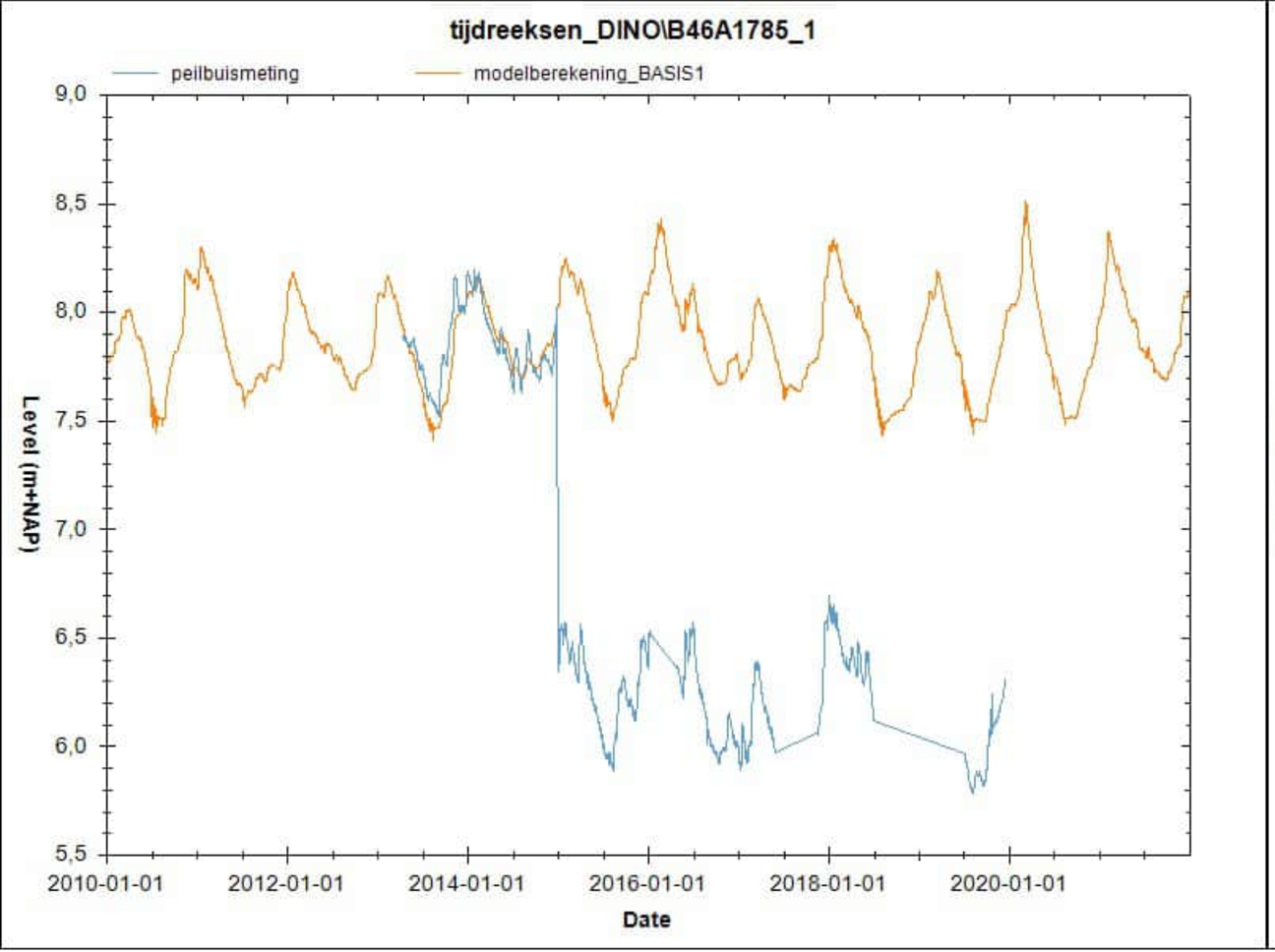


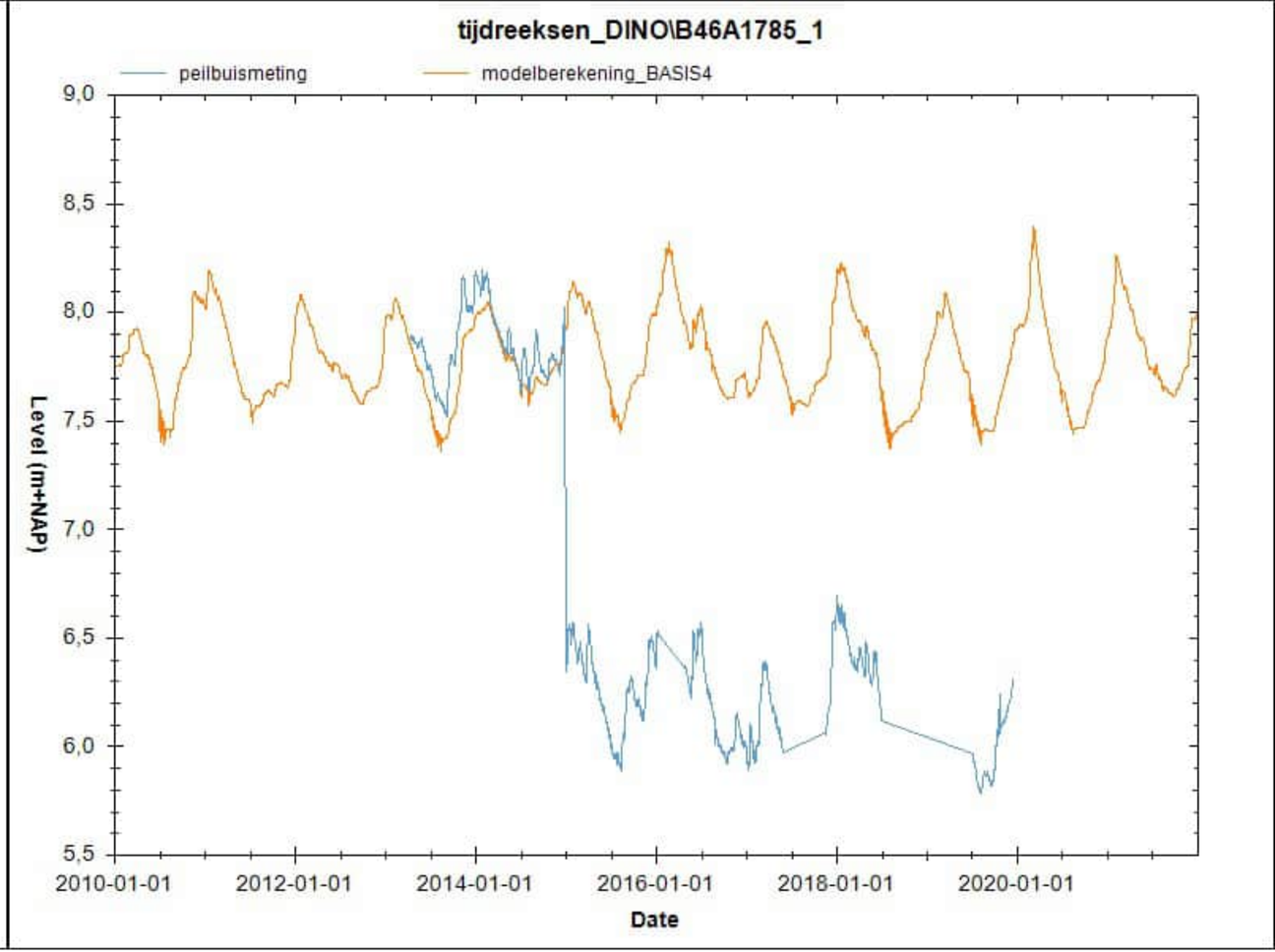
B1.81 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



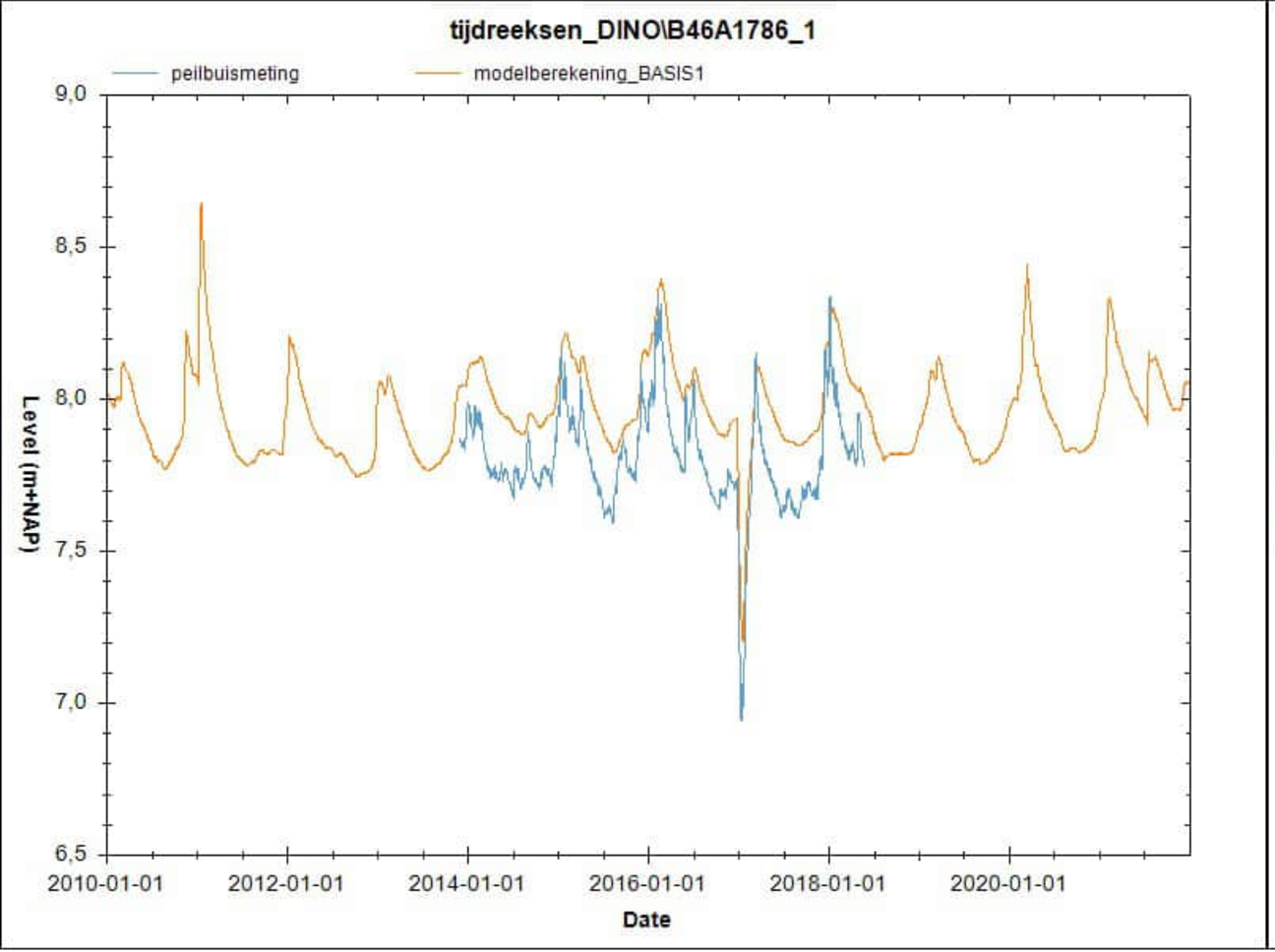


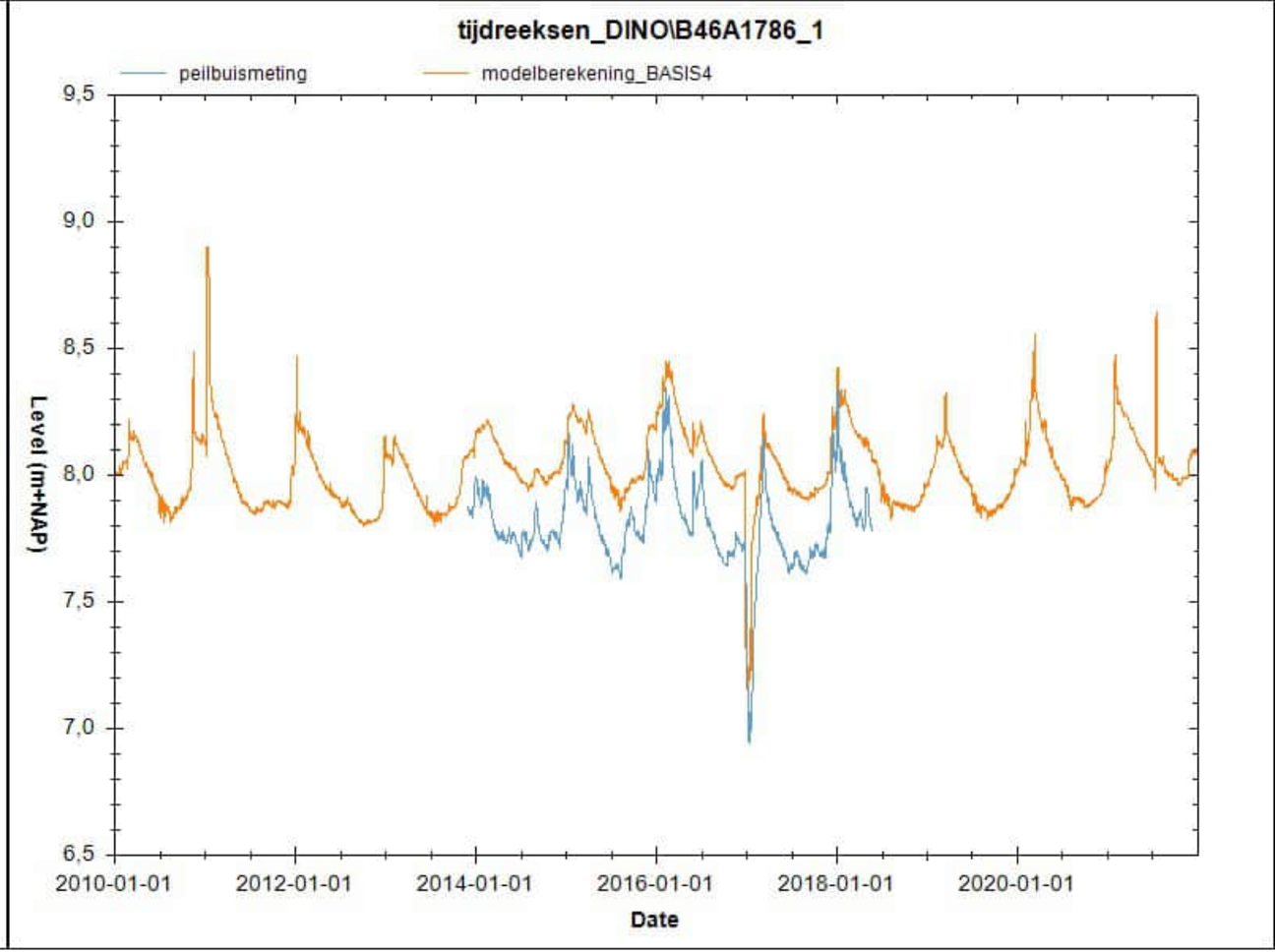
B1.82 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



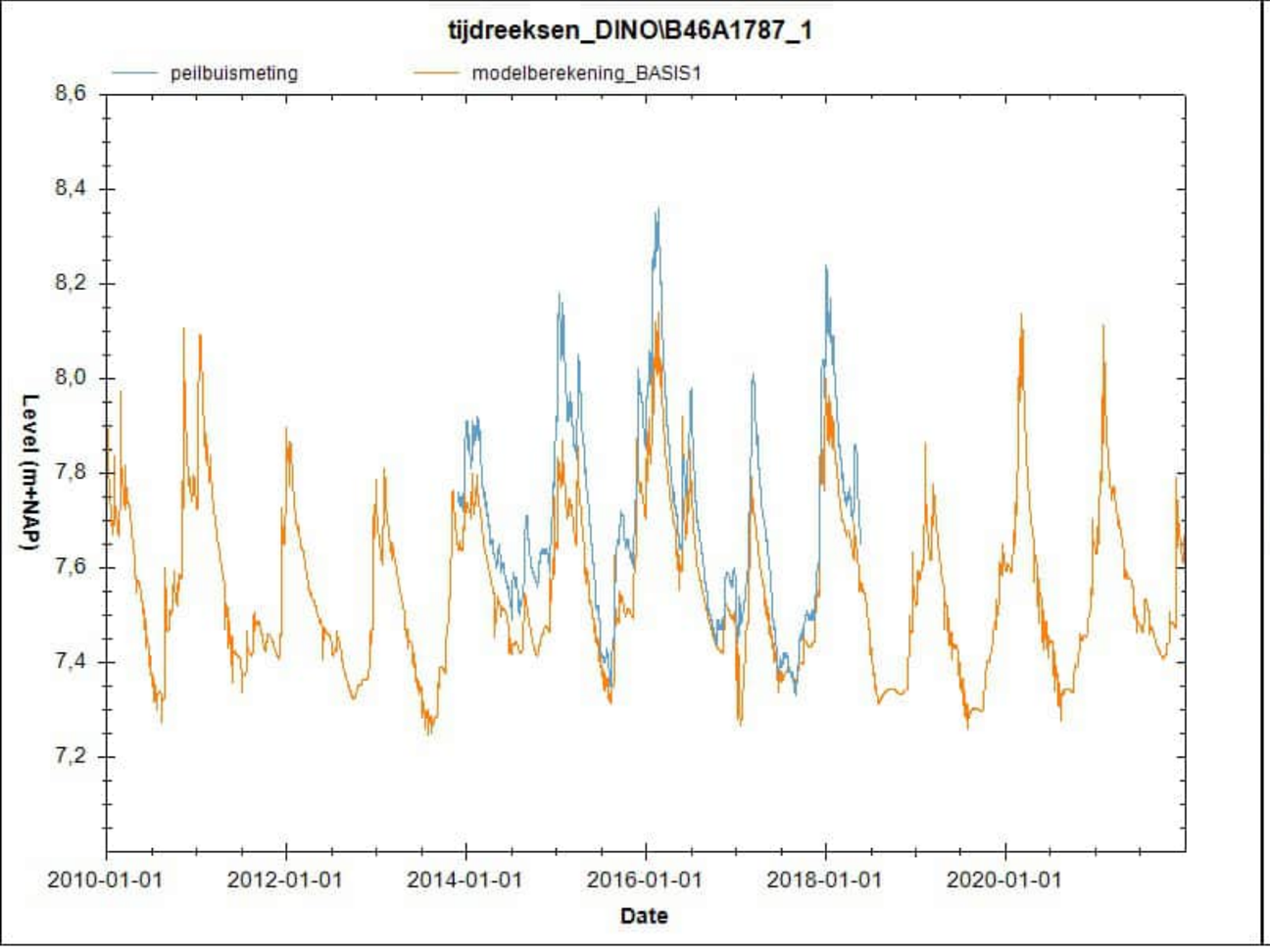


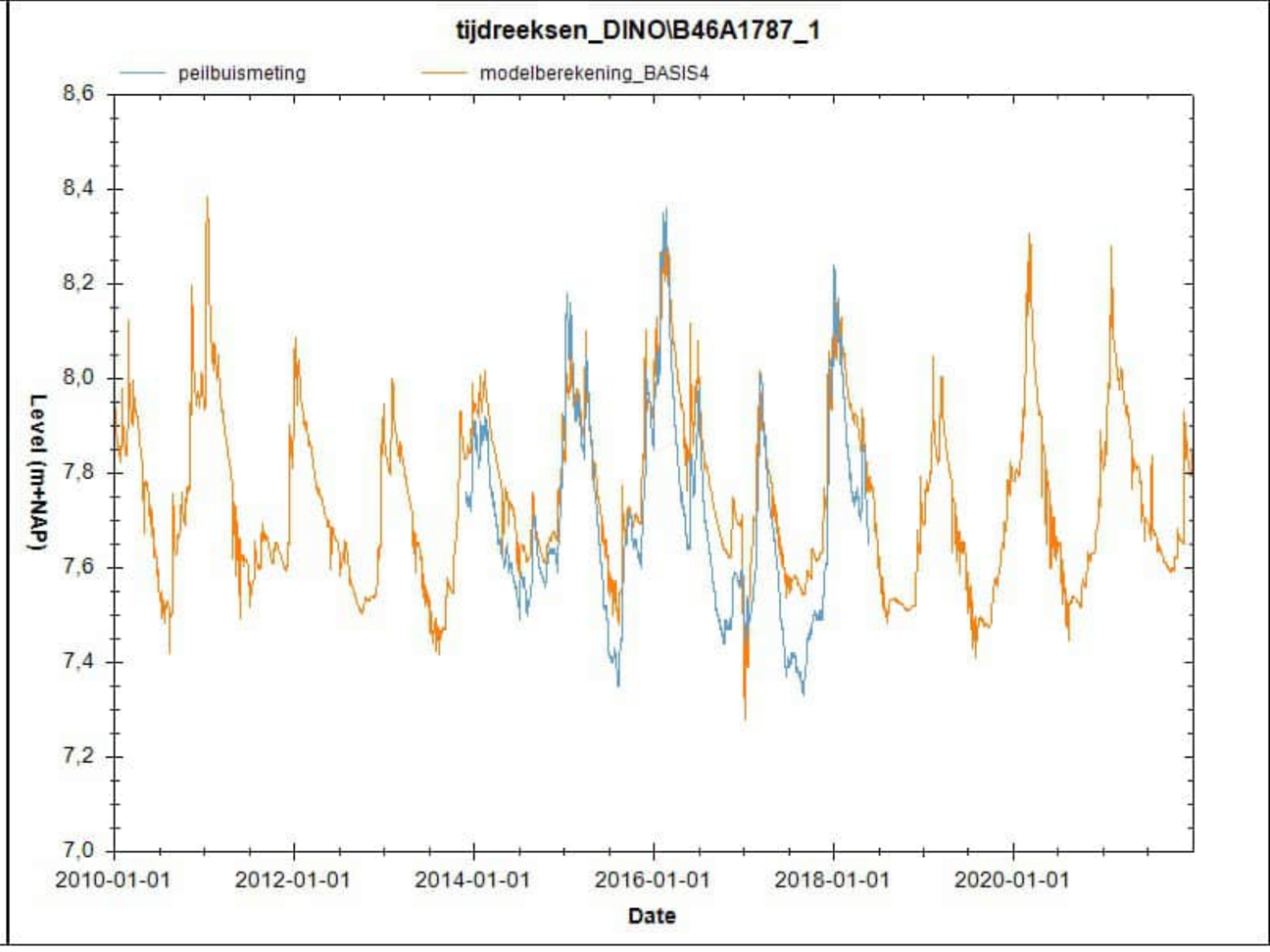
B1.83 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



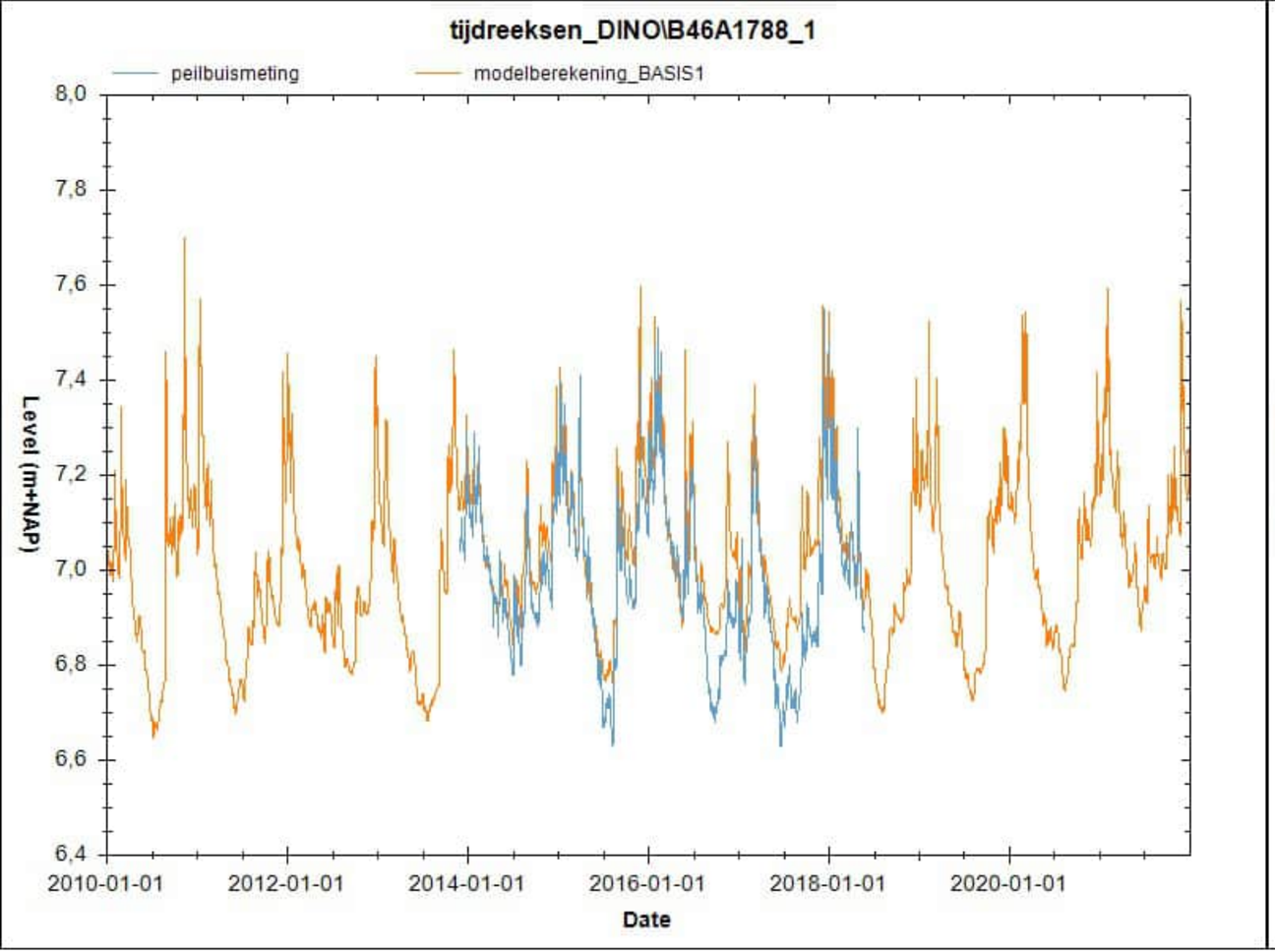


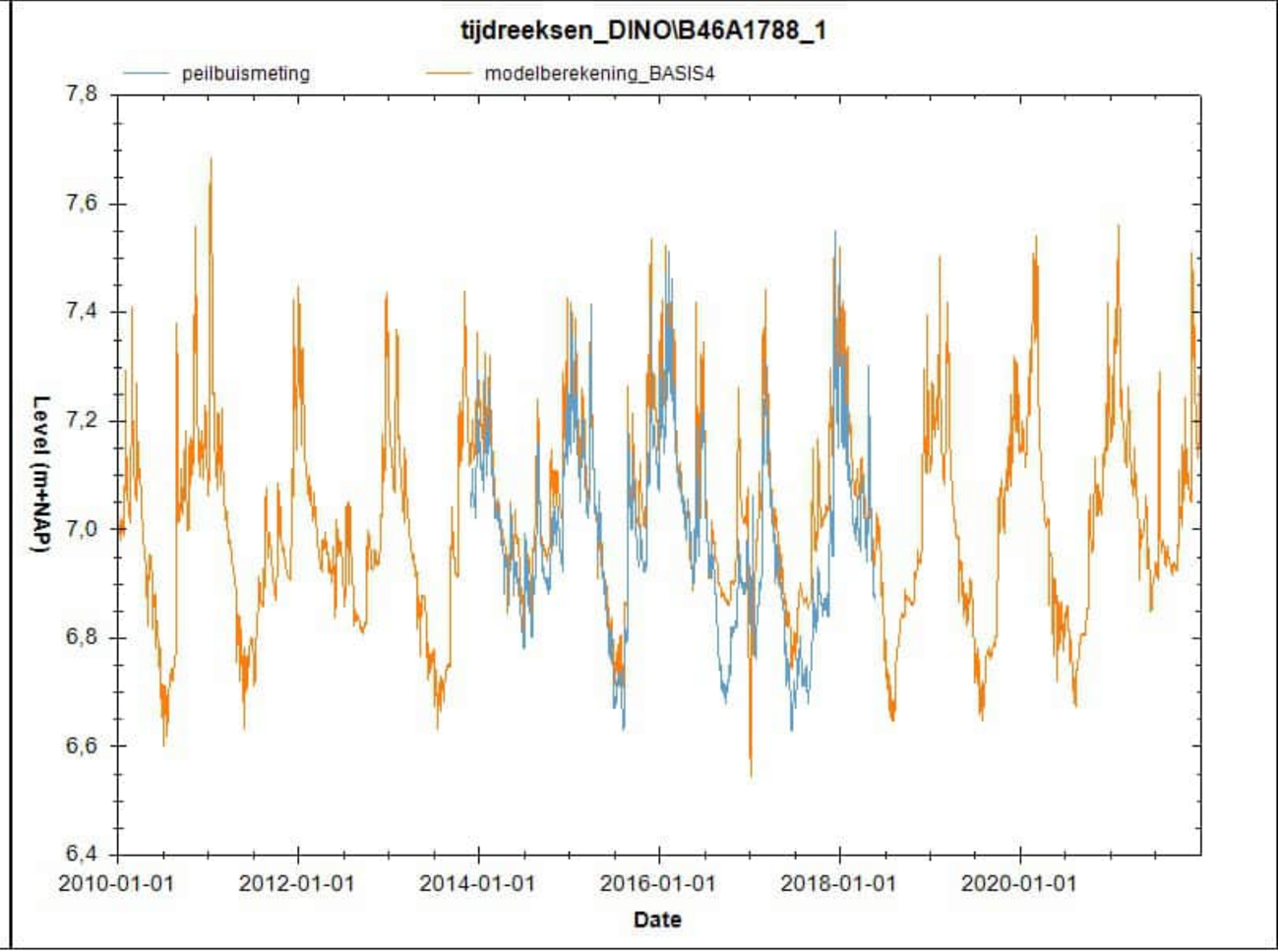
B1.84 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



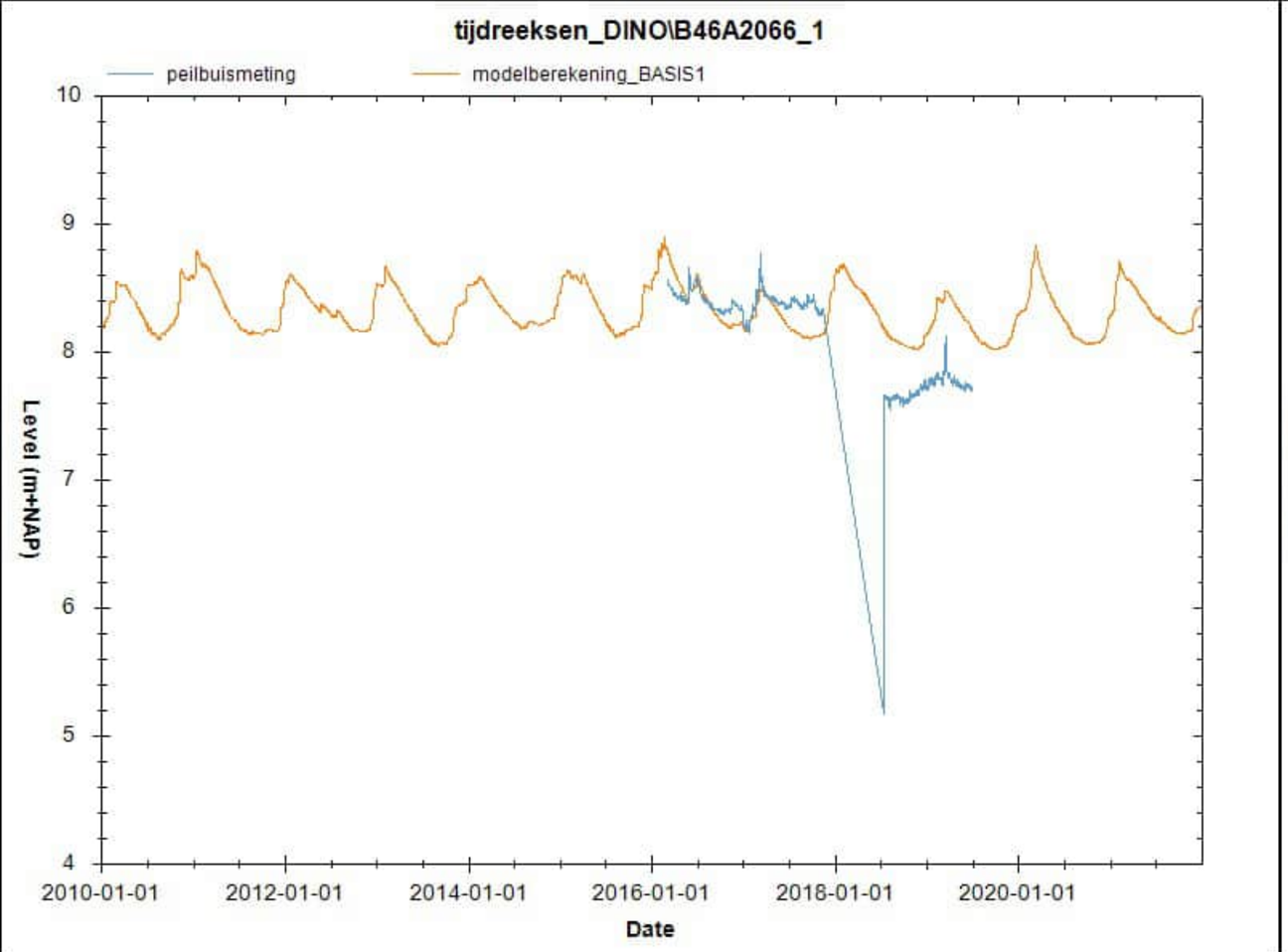


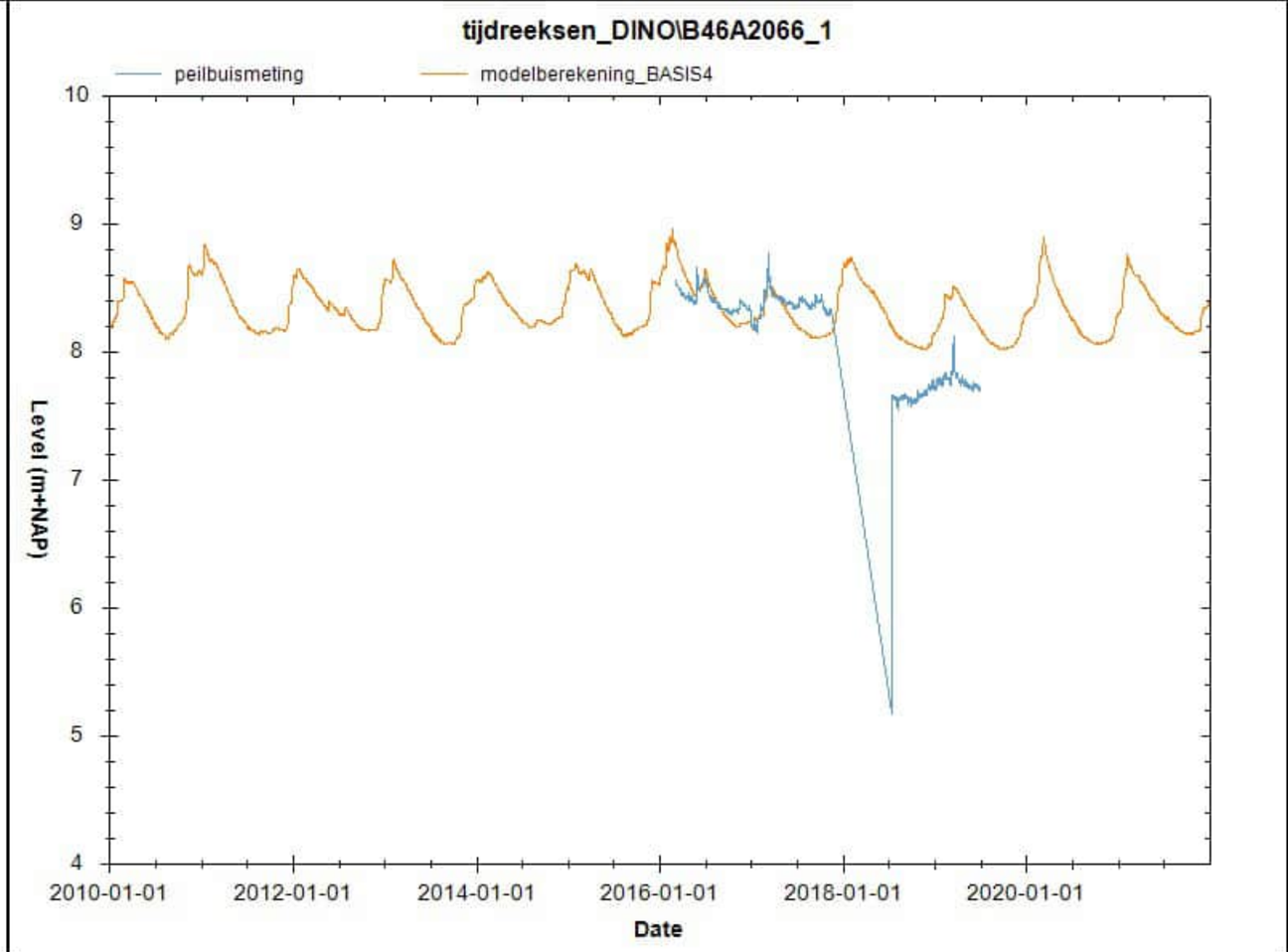
B1.85 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



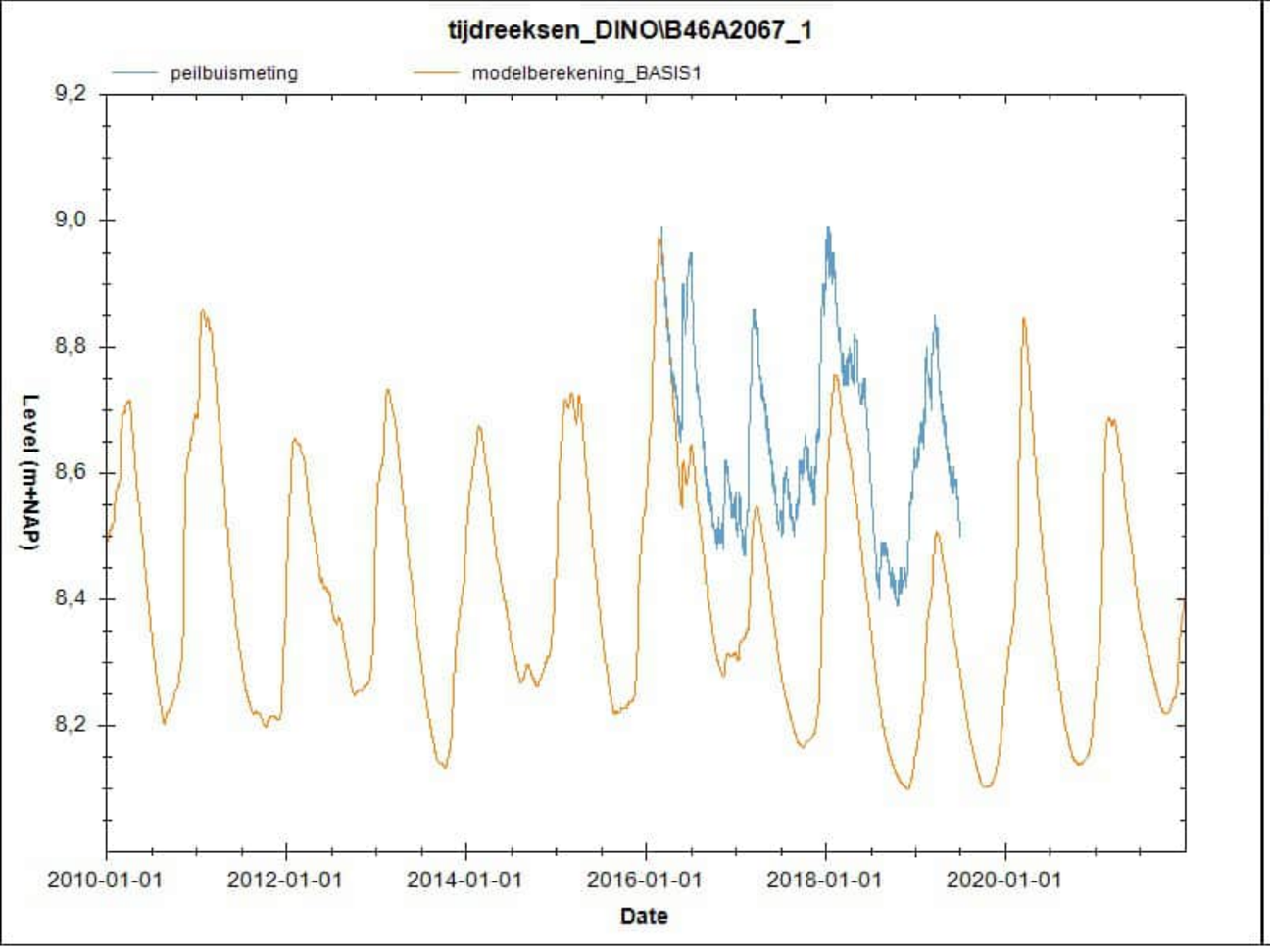


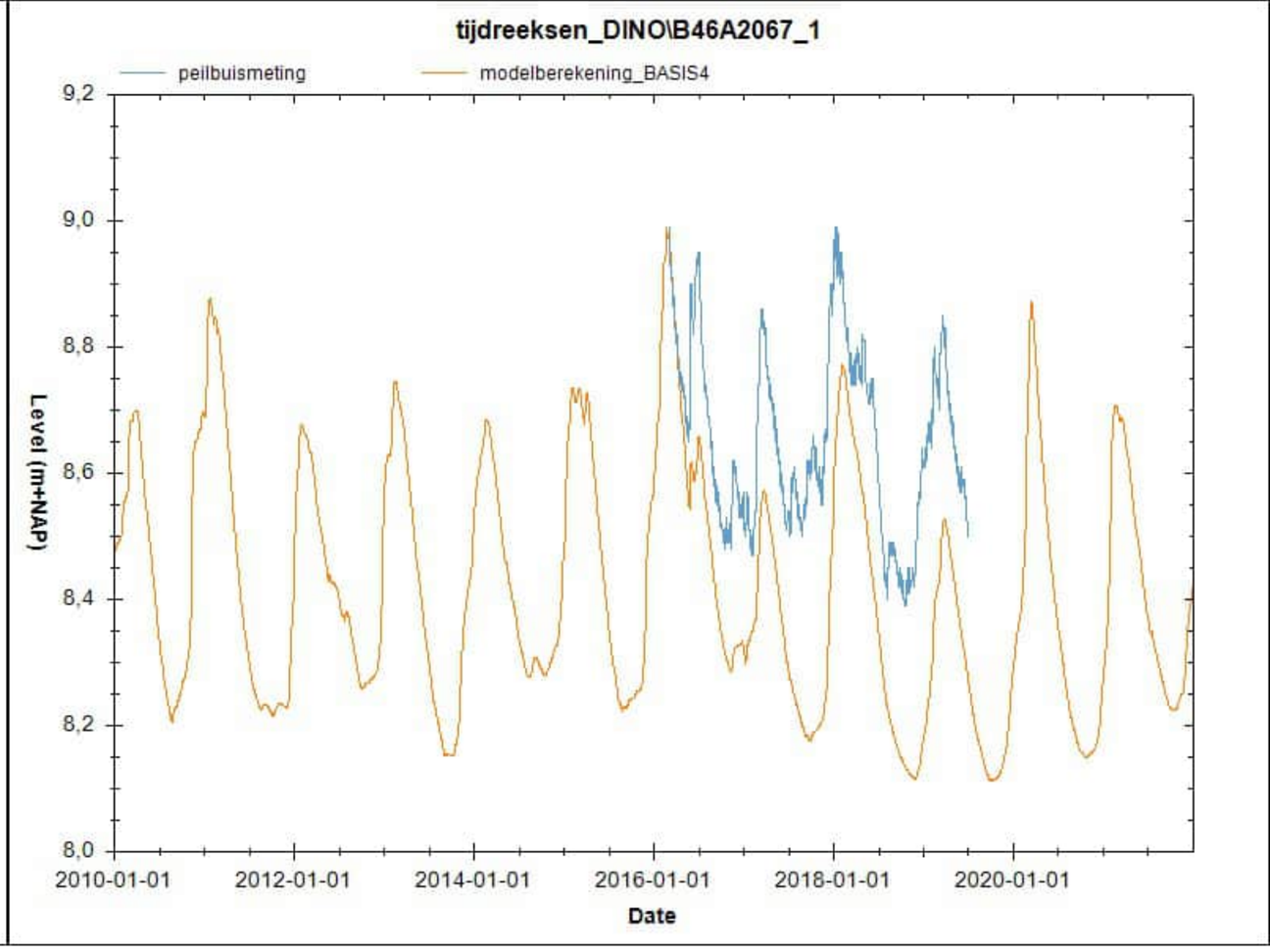
B1.86 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



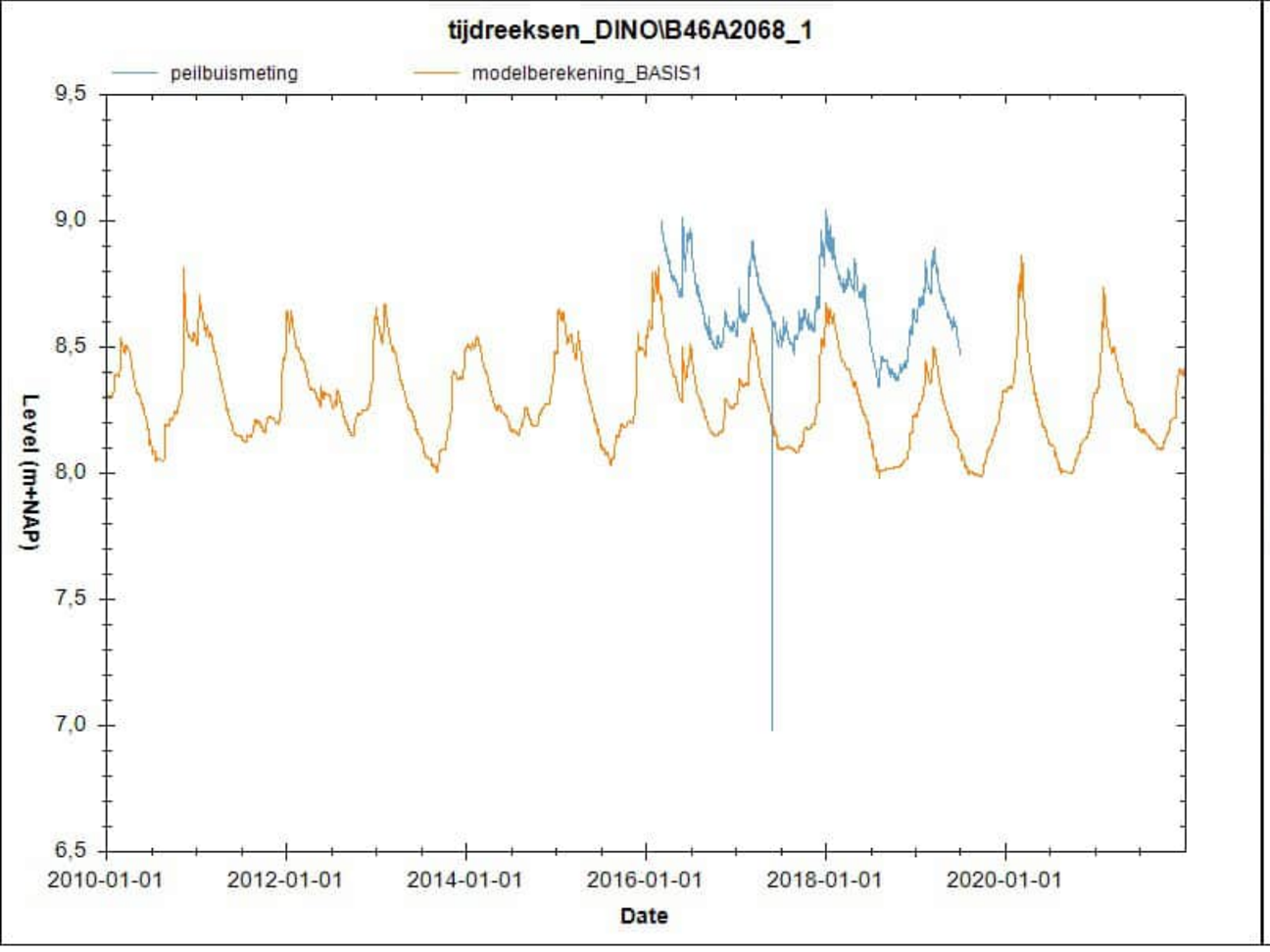


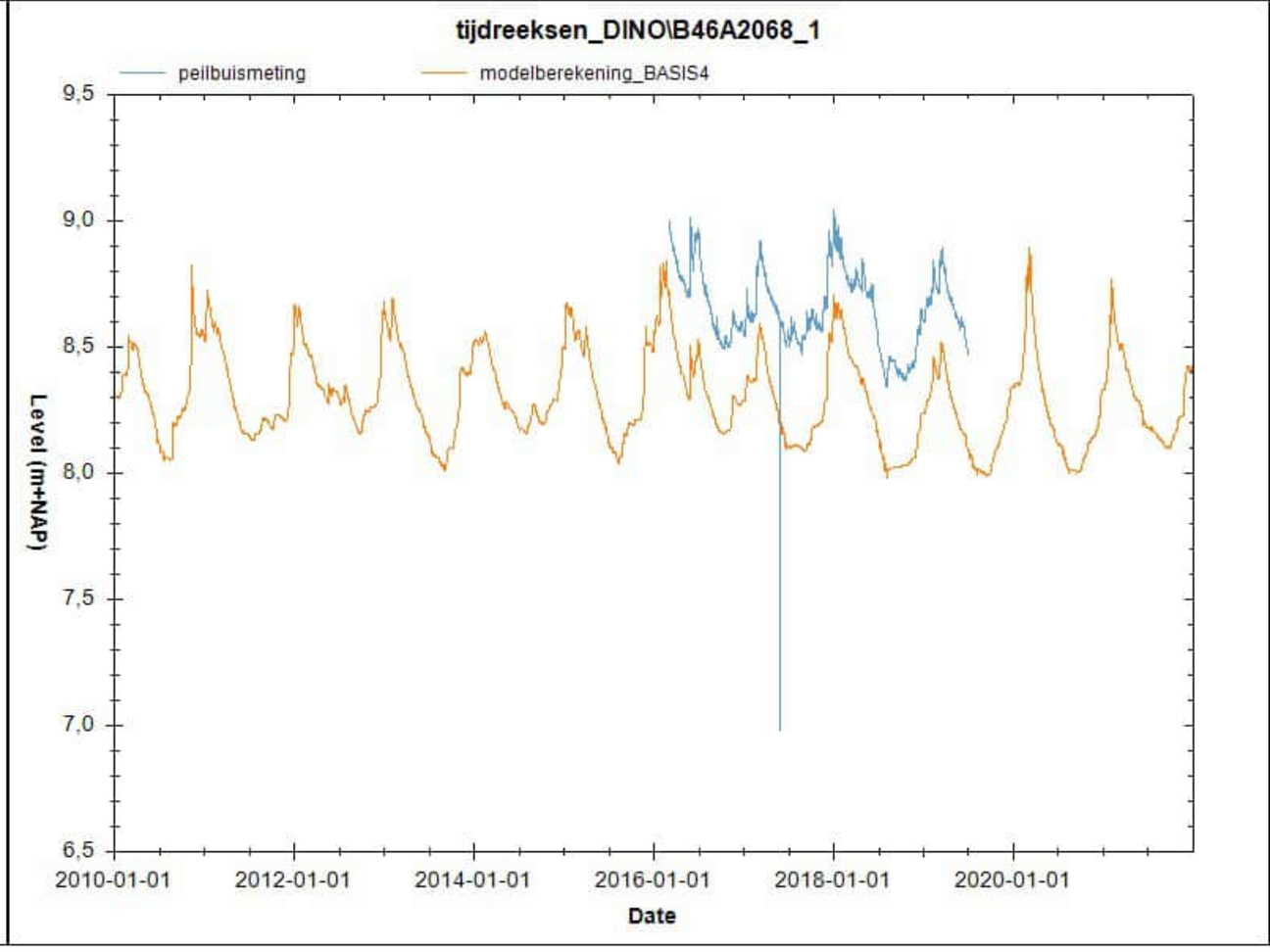
B1.87 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



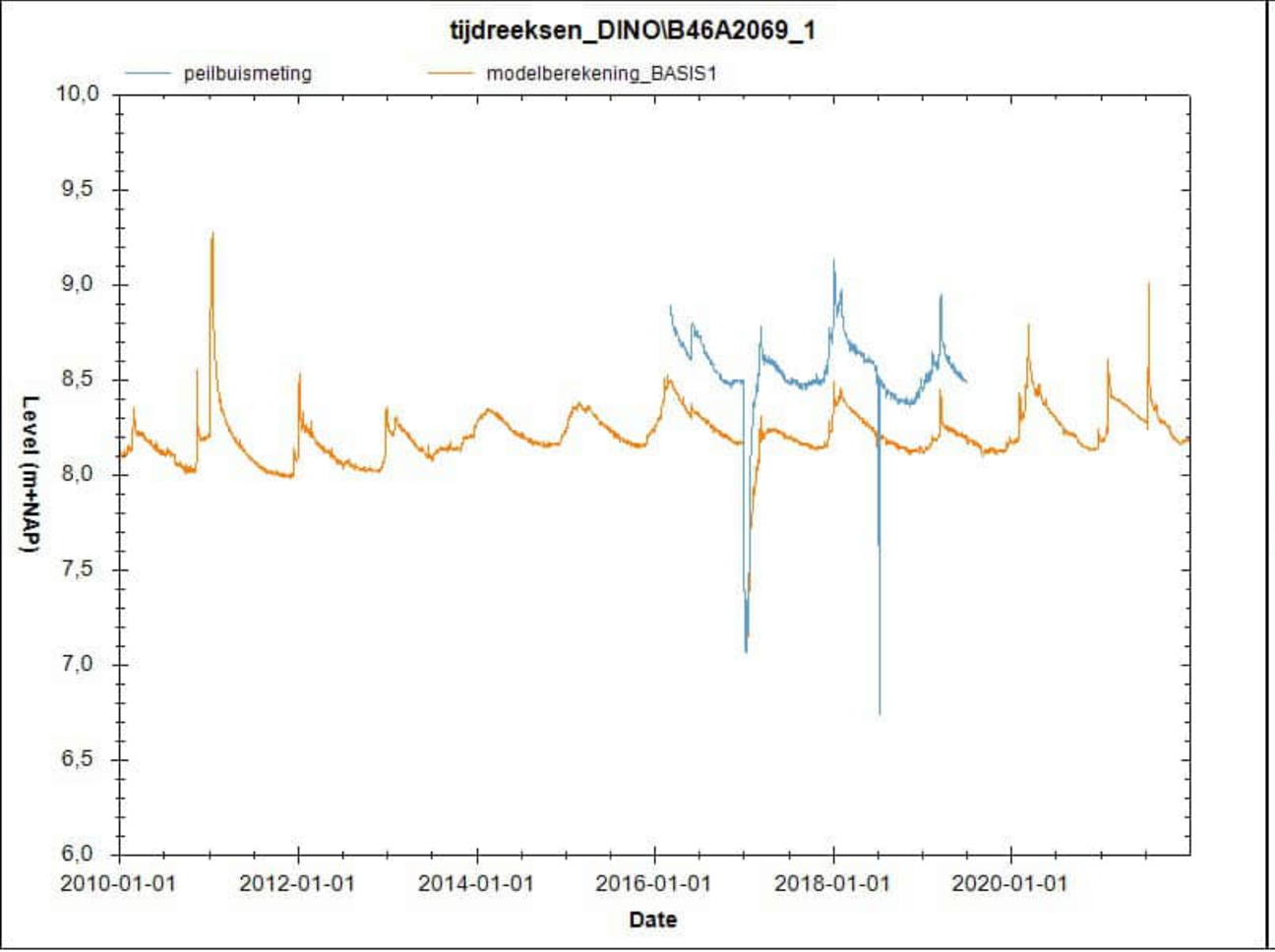


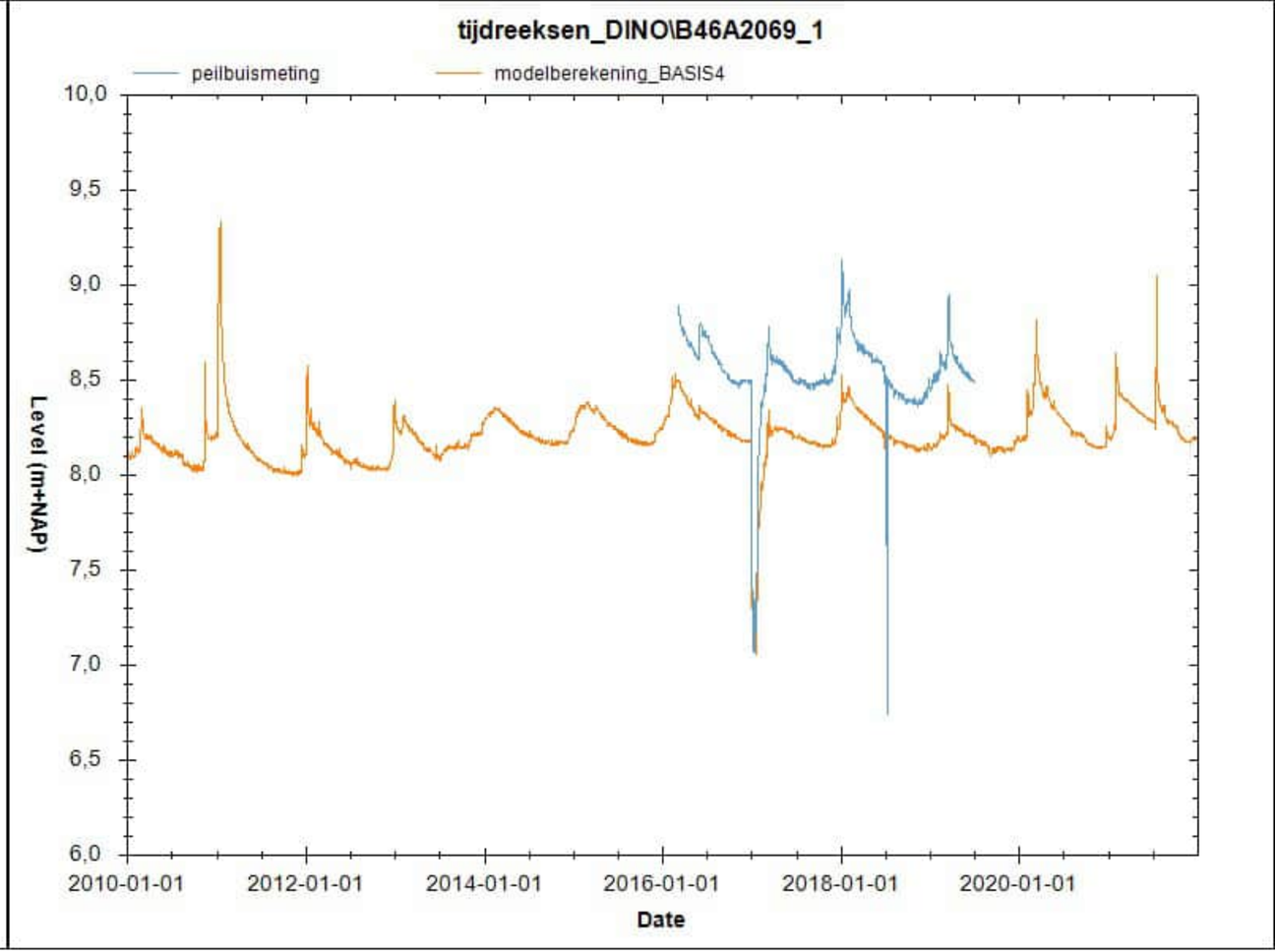
B1.88 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



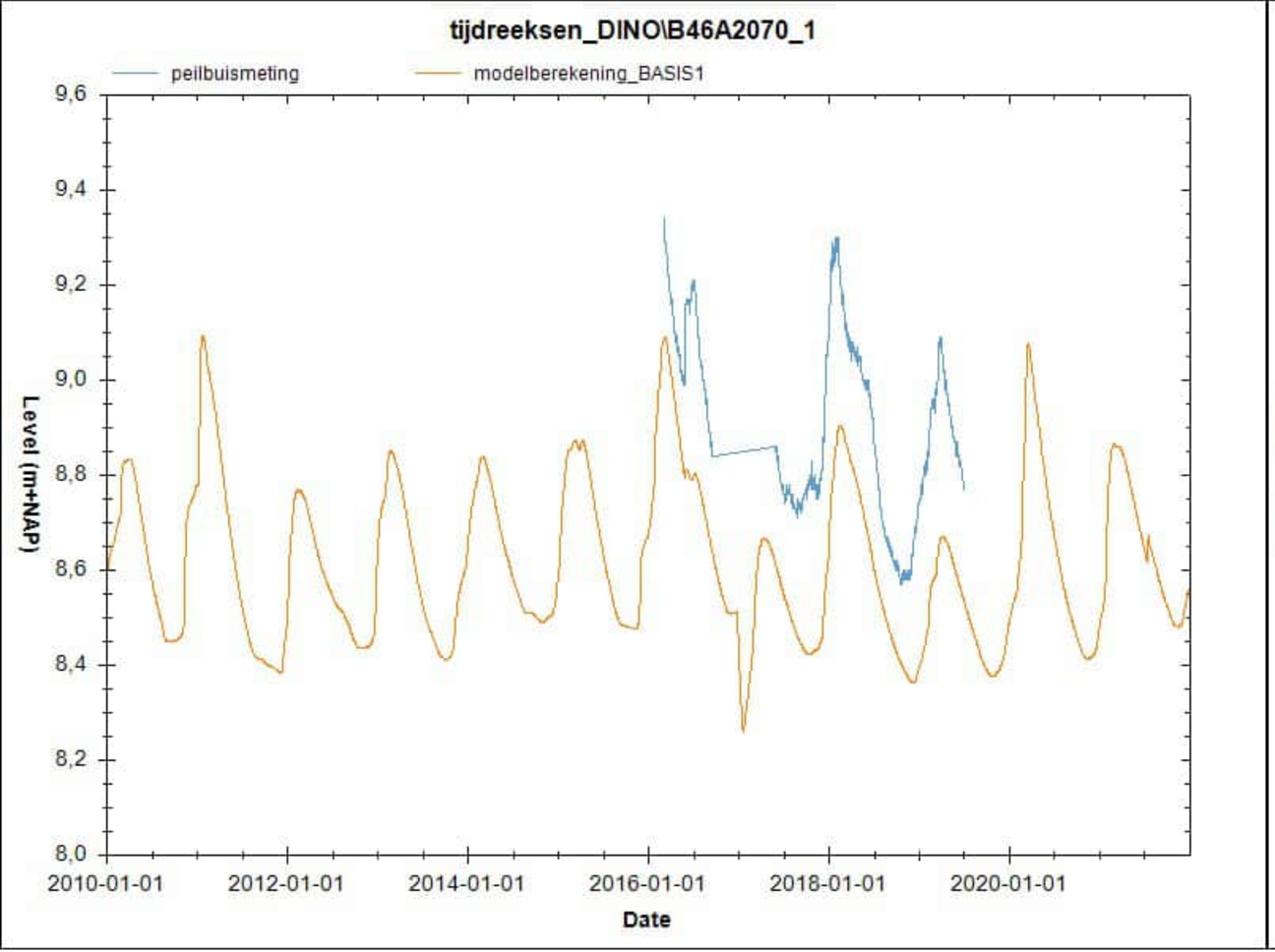


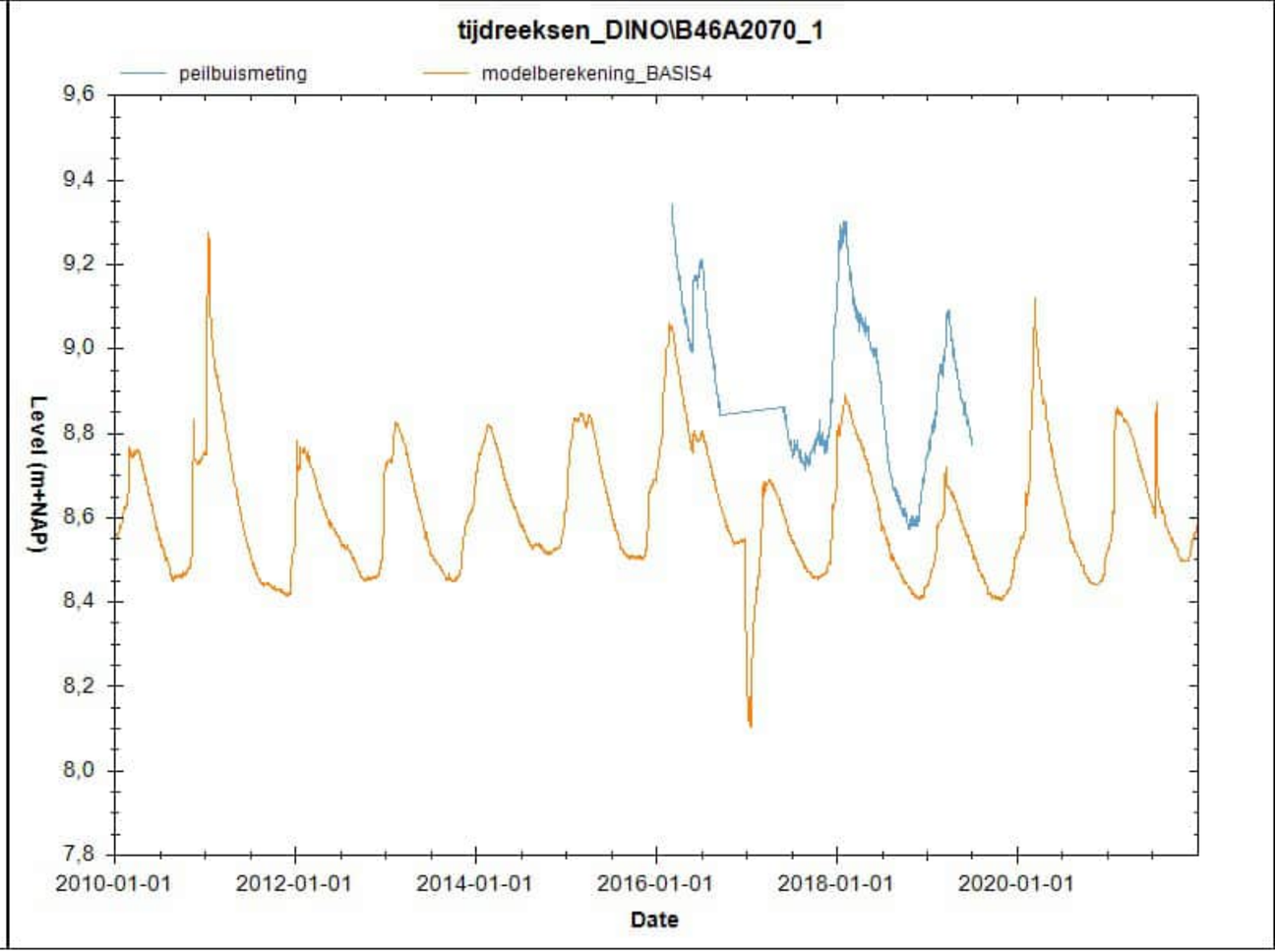
B1.89 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



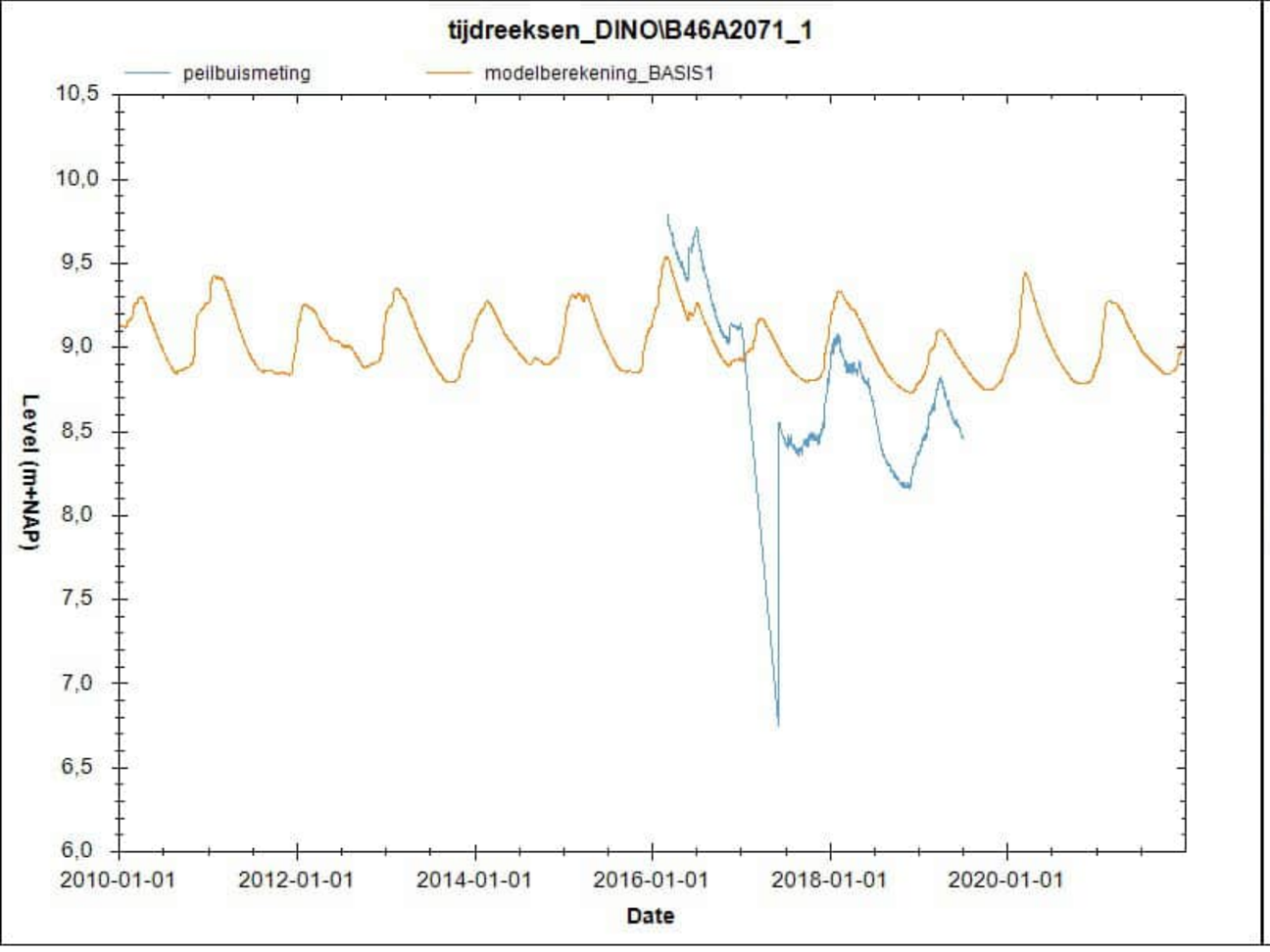


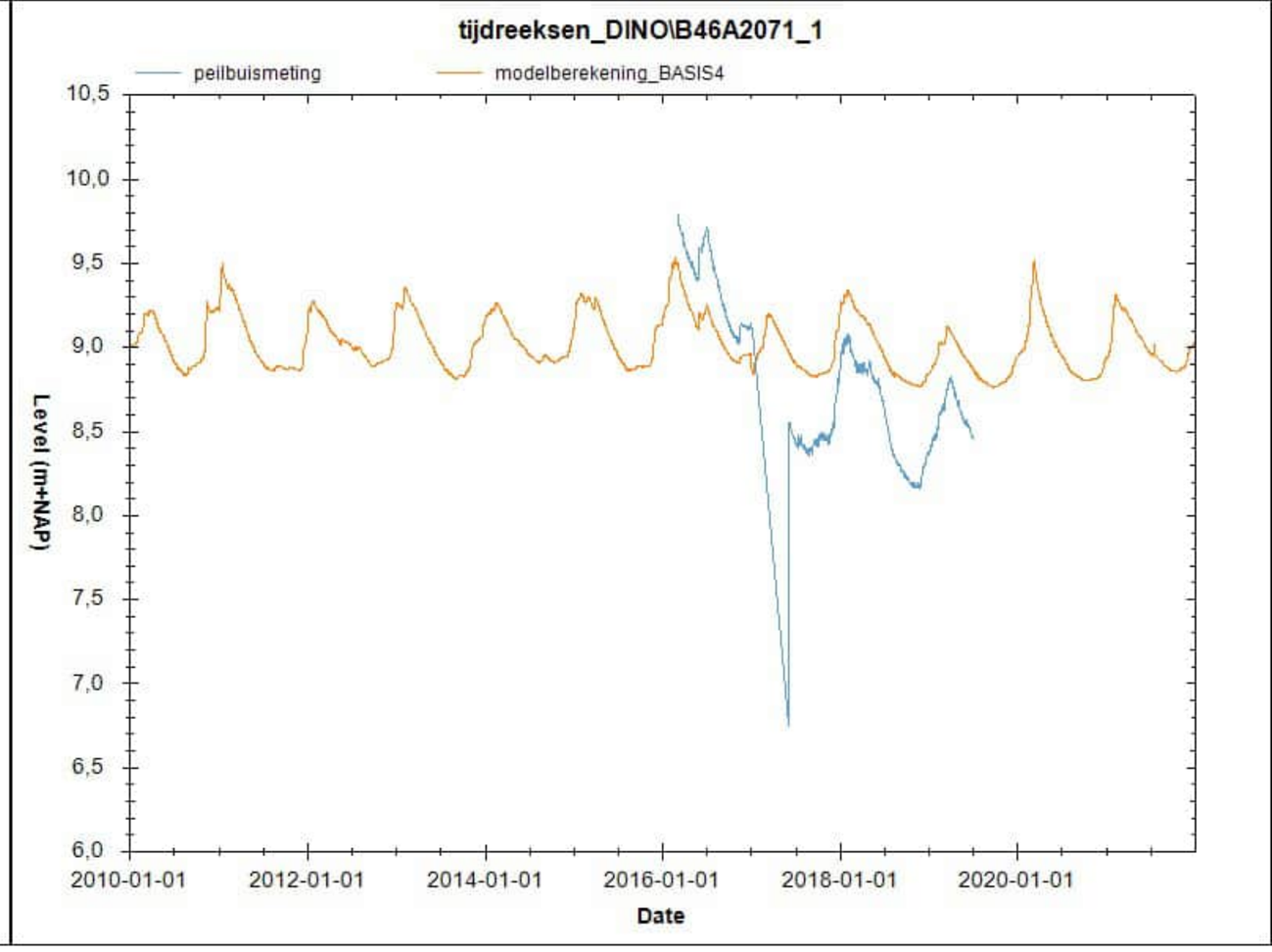
B1.90 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



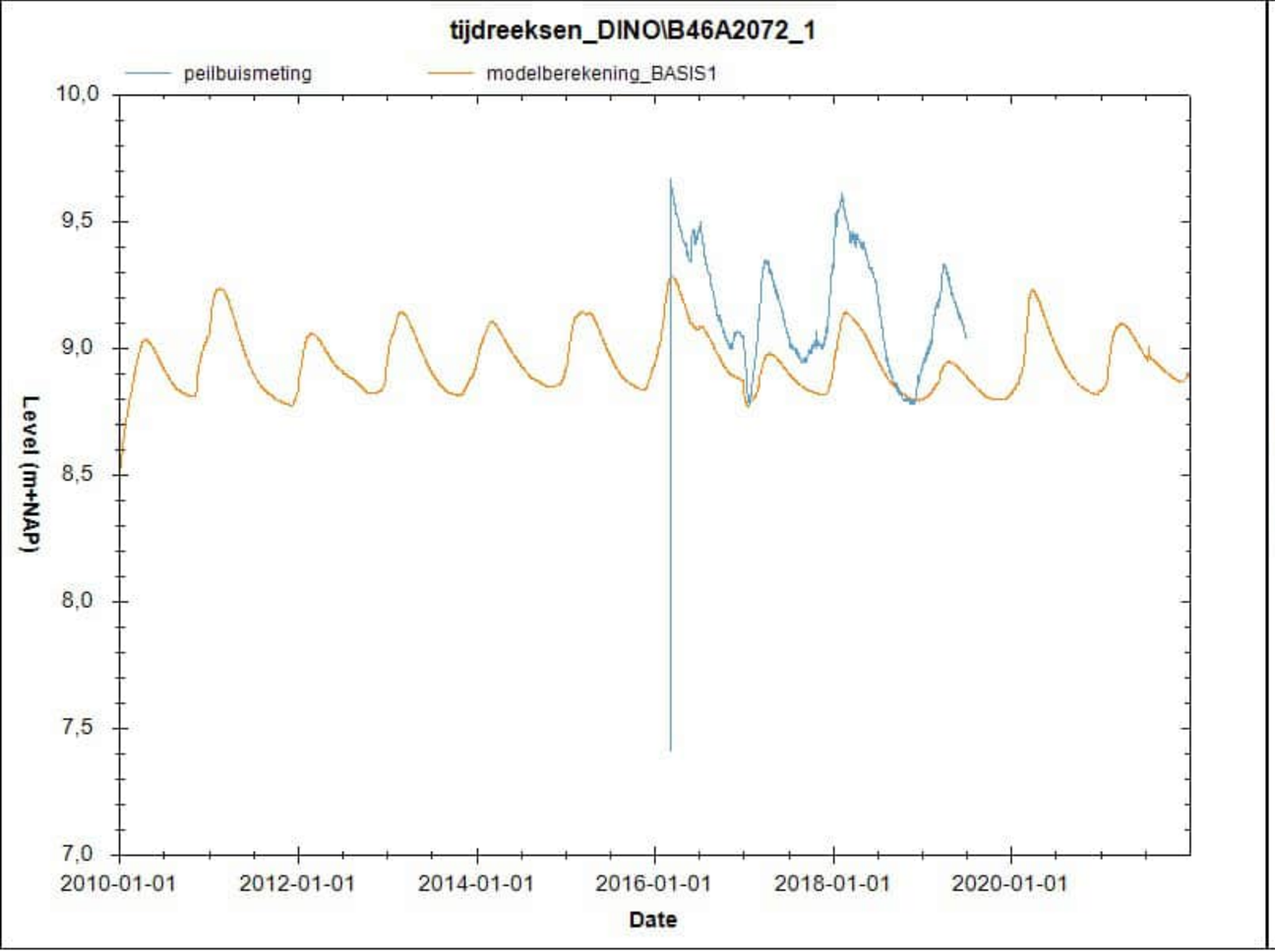


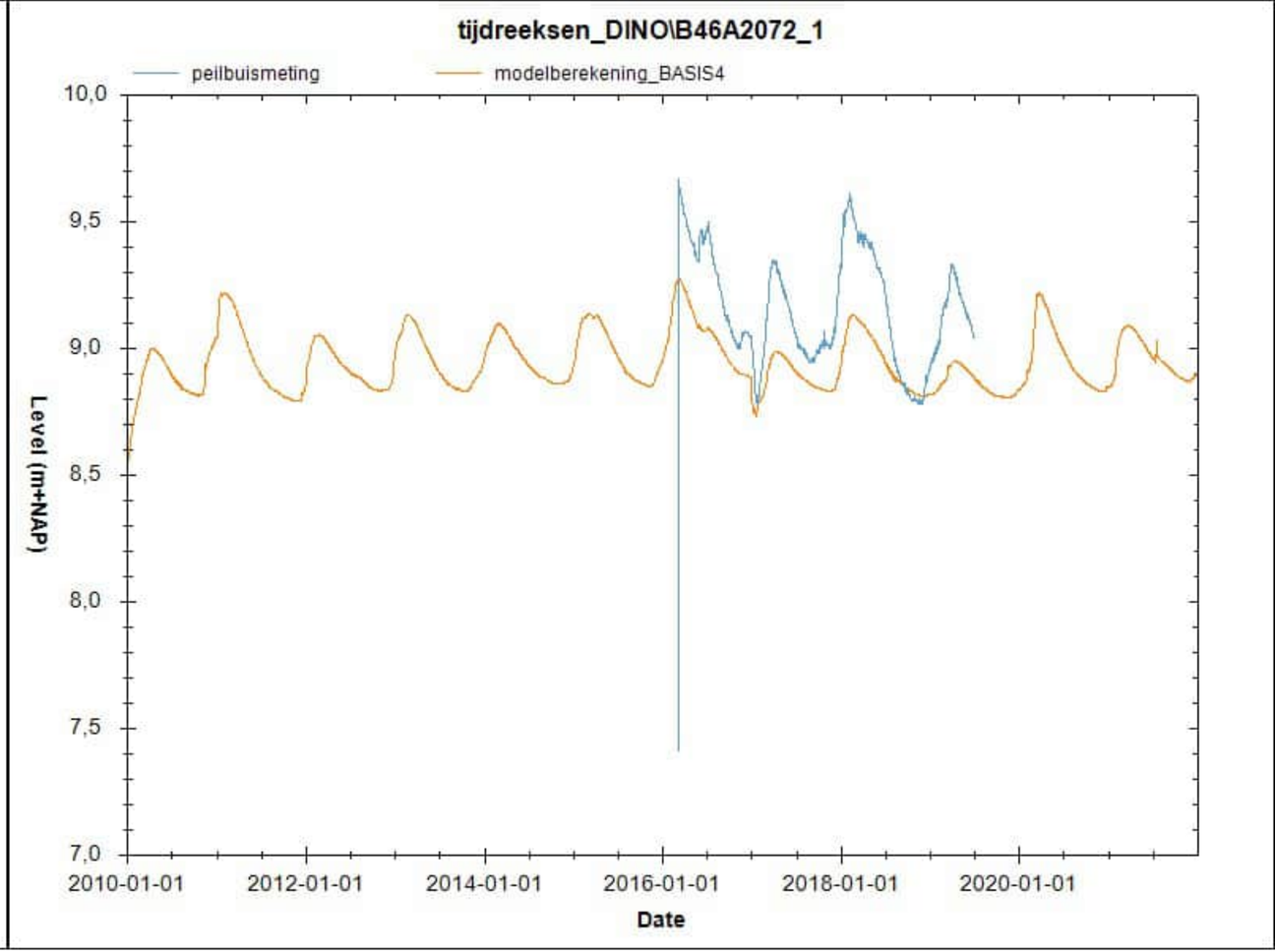
B1.91 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



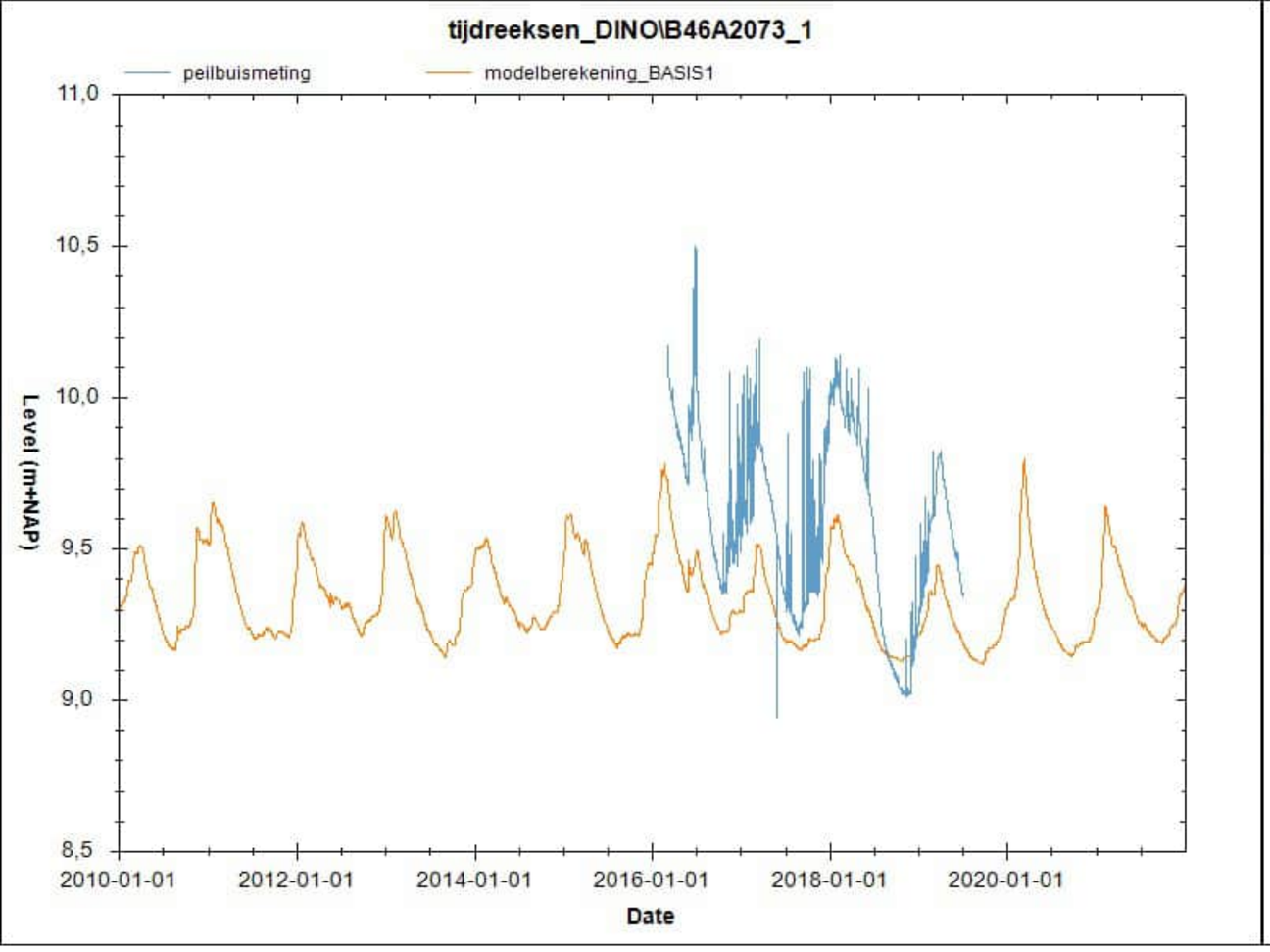


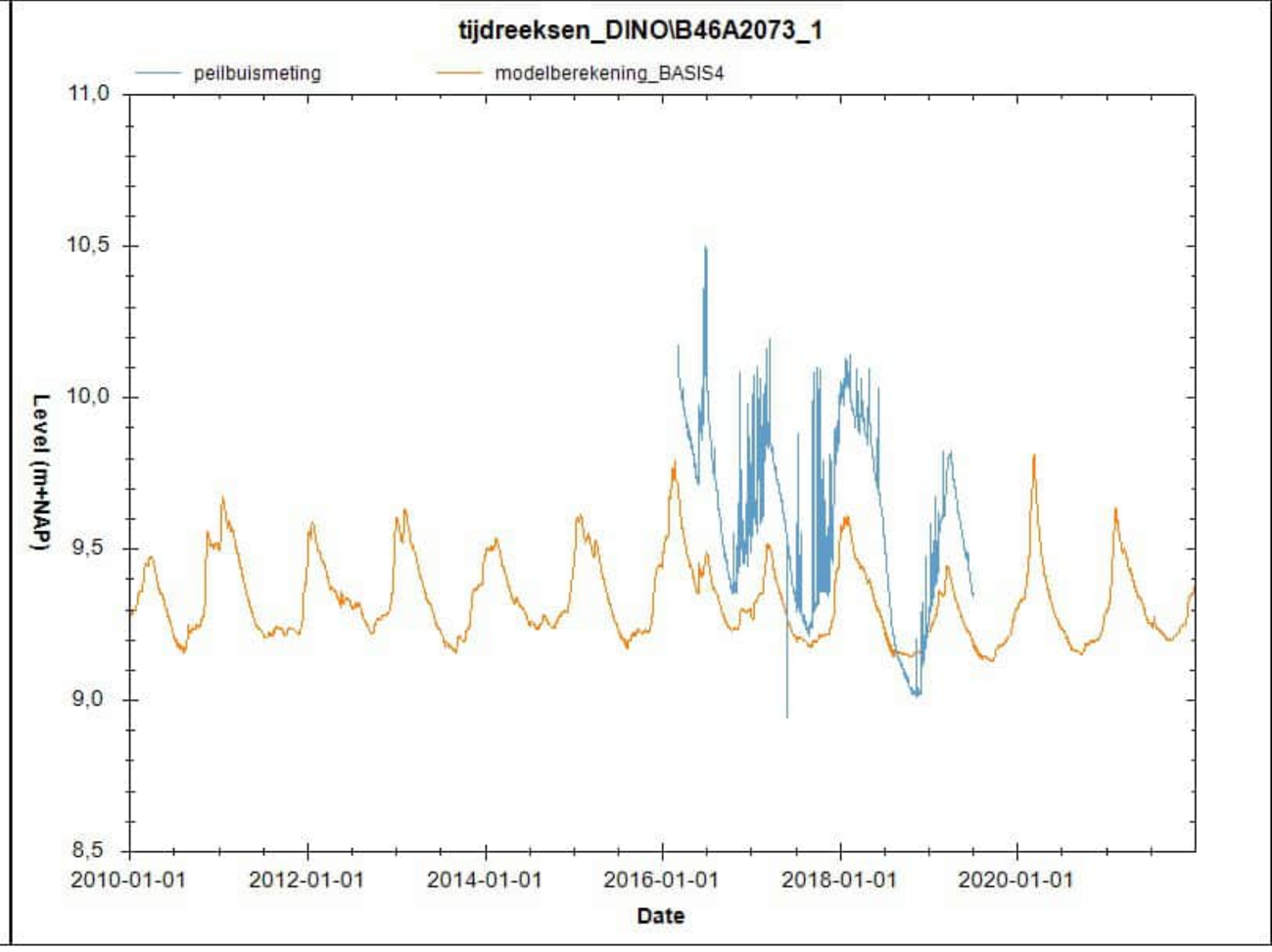
B1.92 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



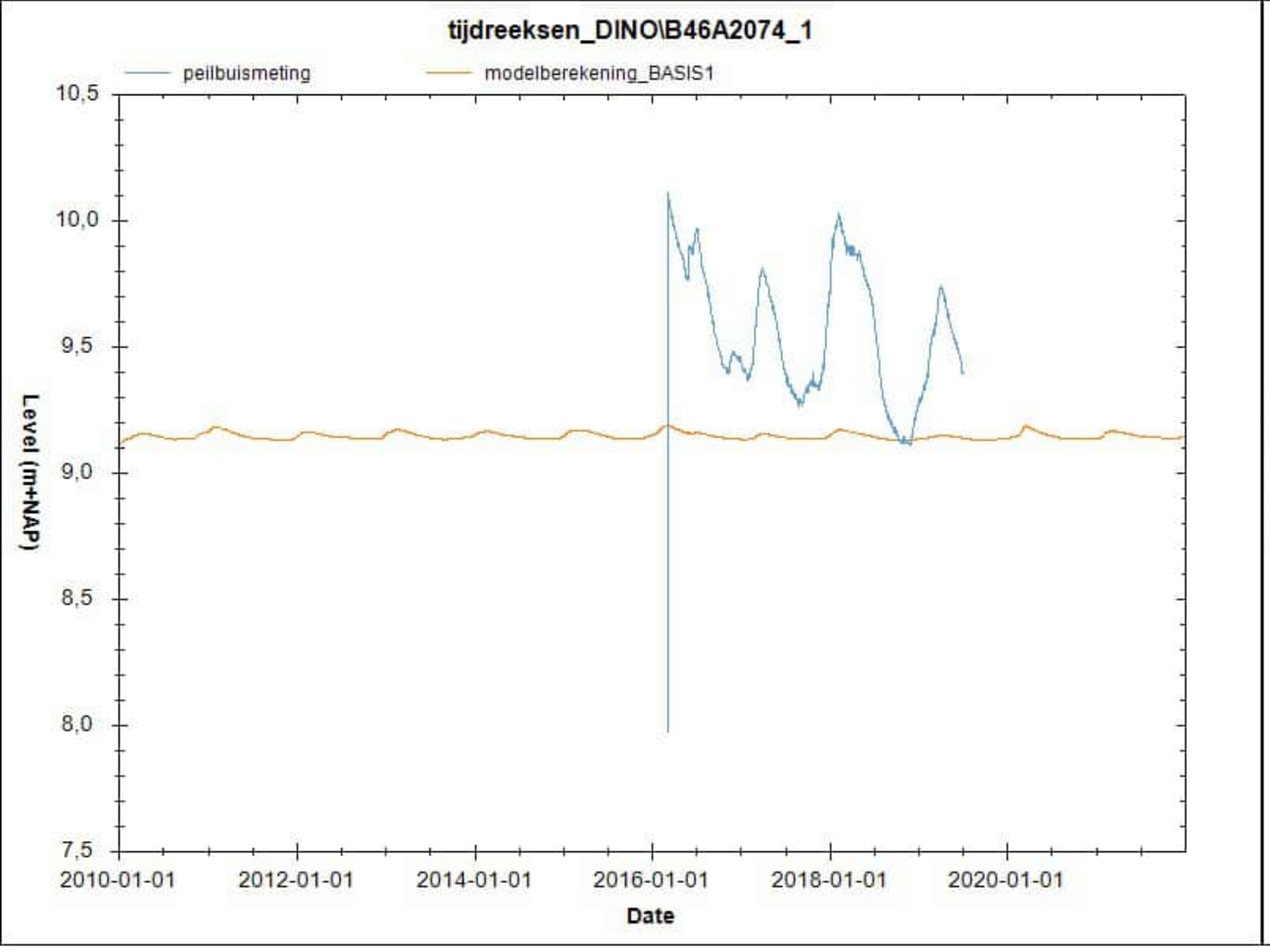


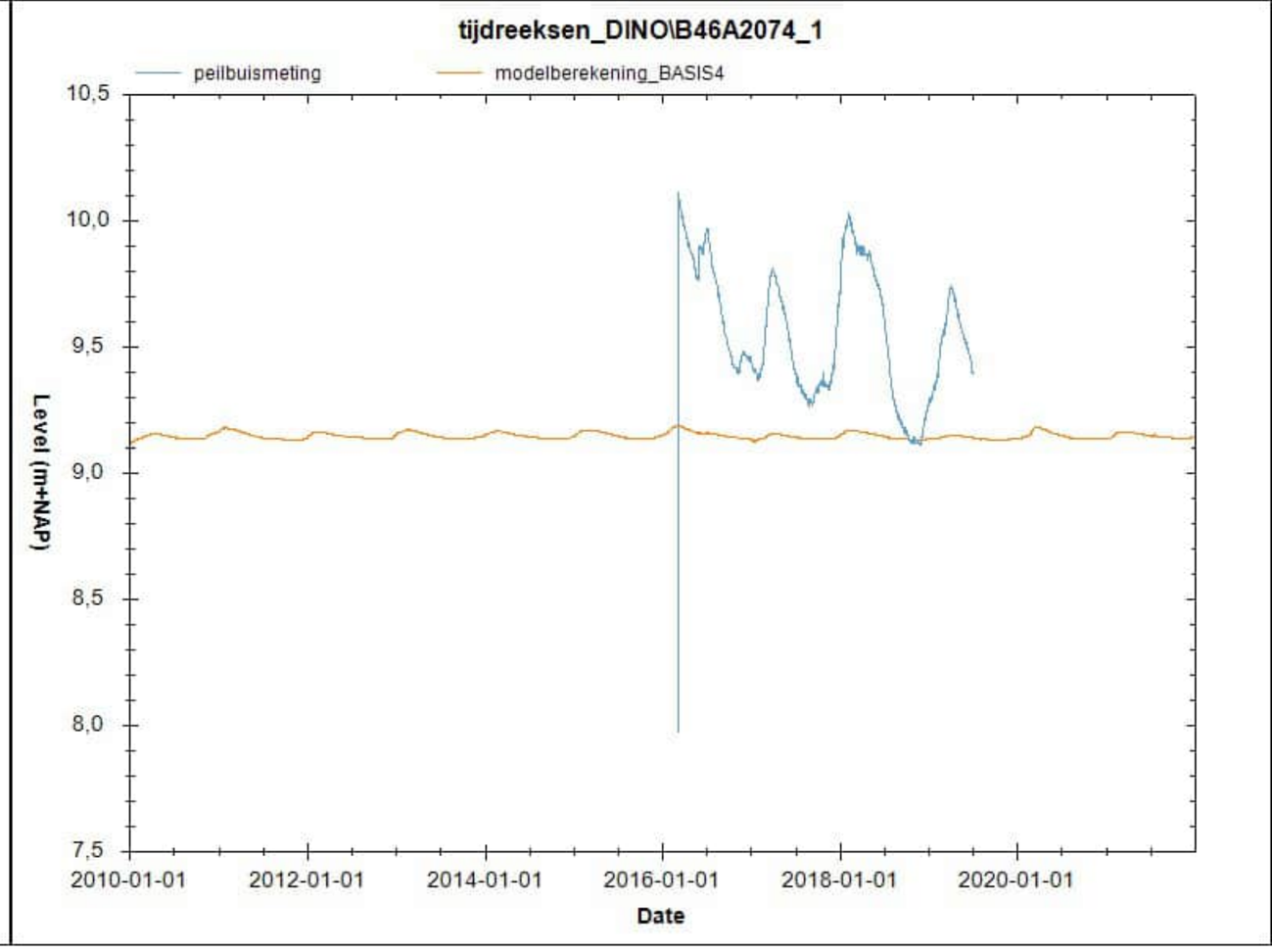
B1.93 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



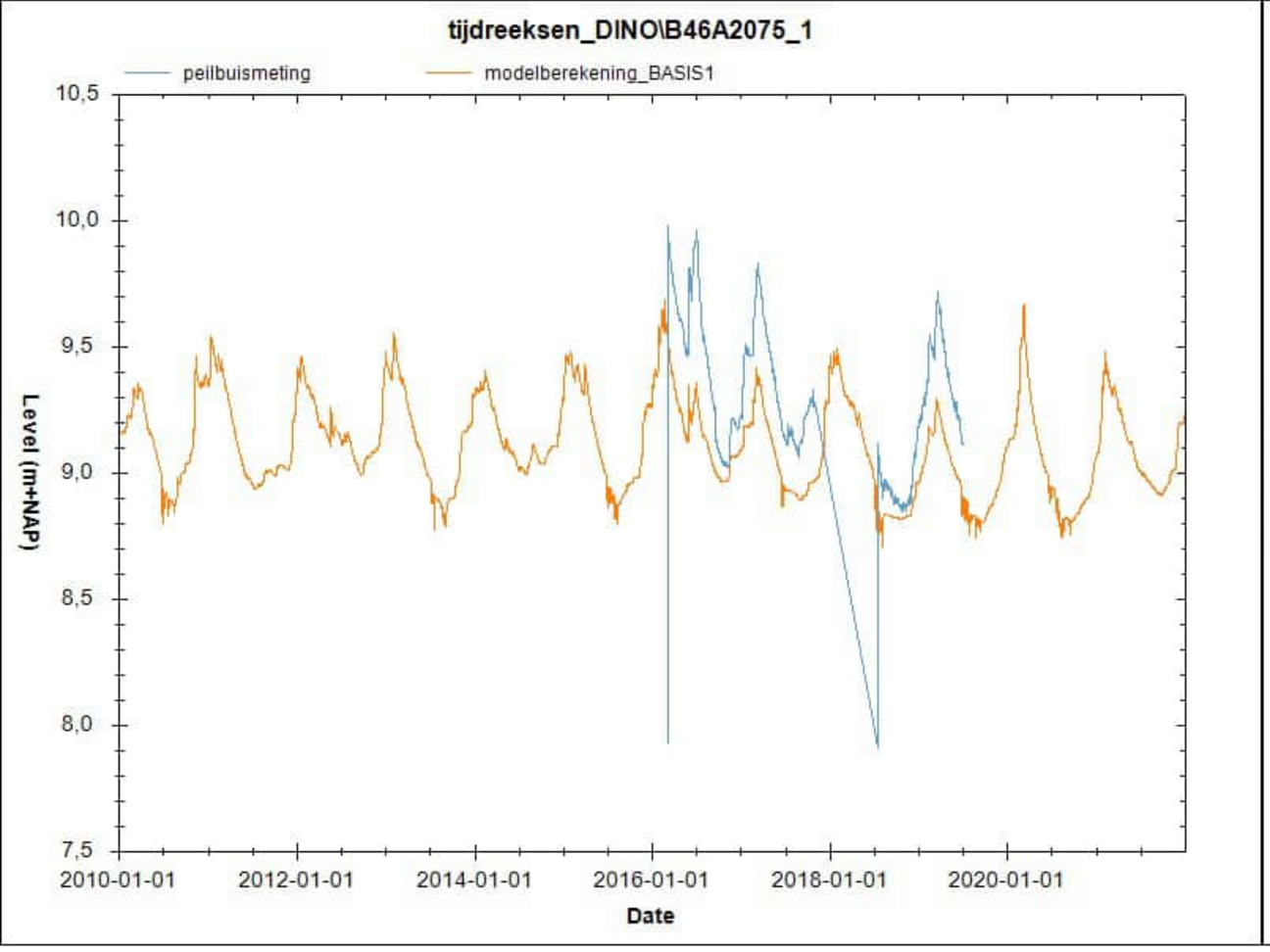


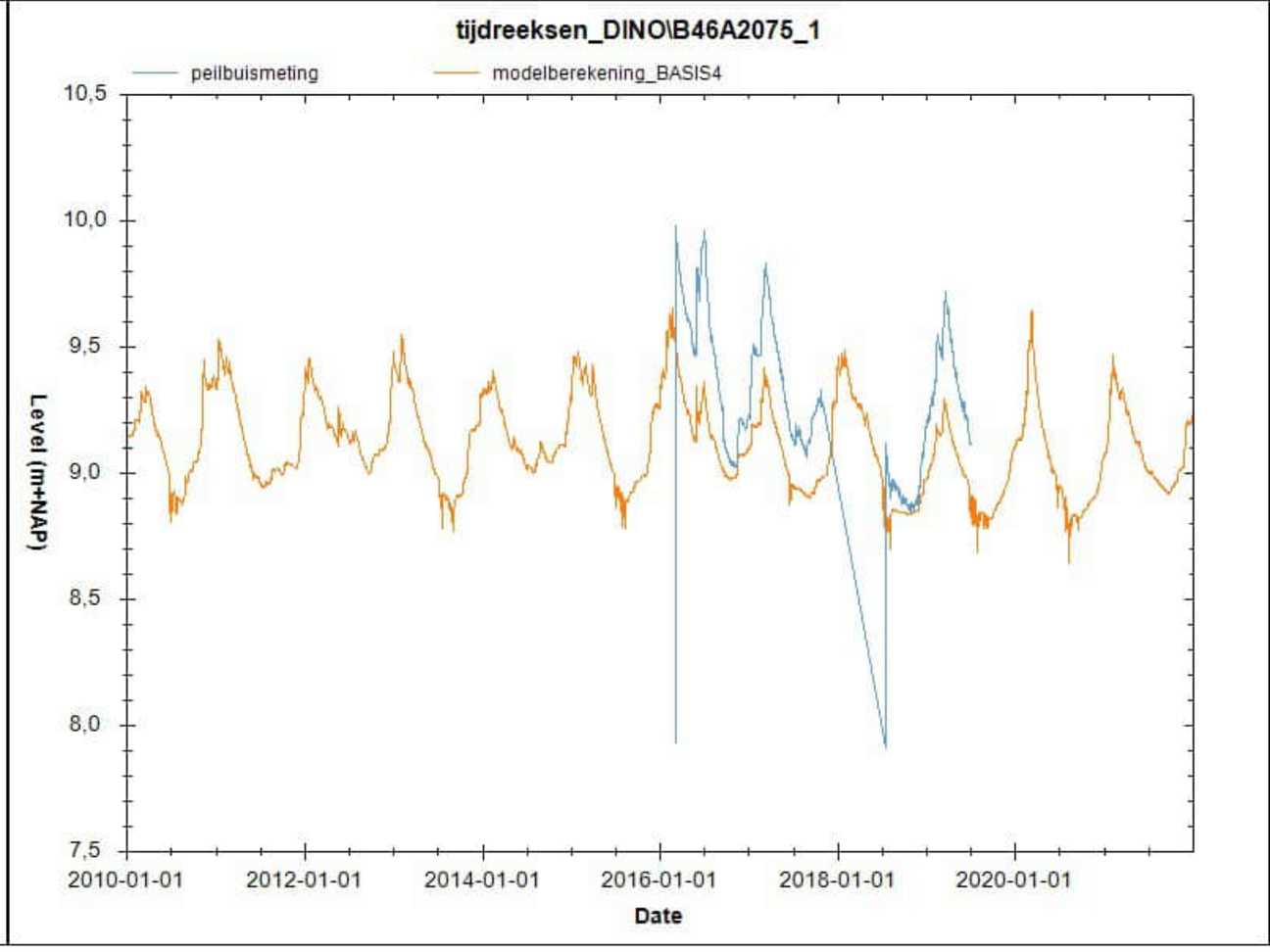
B1.94 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



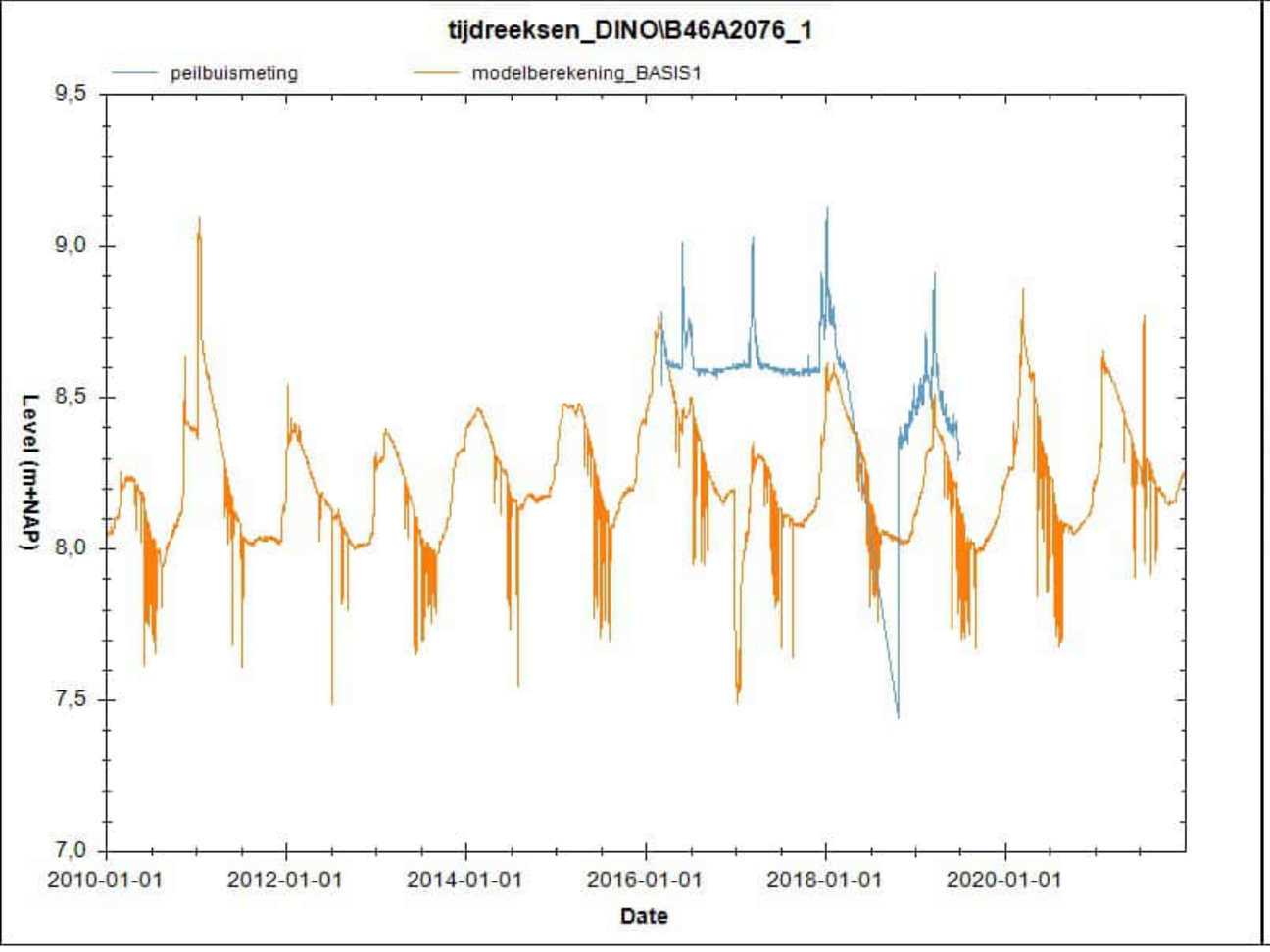


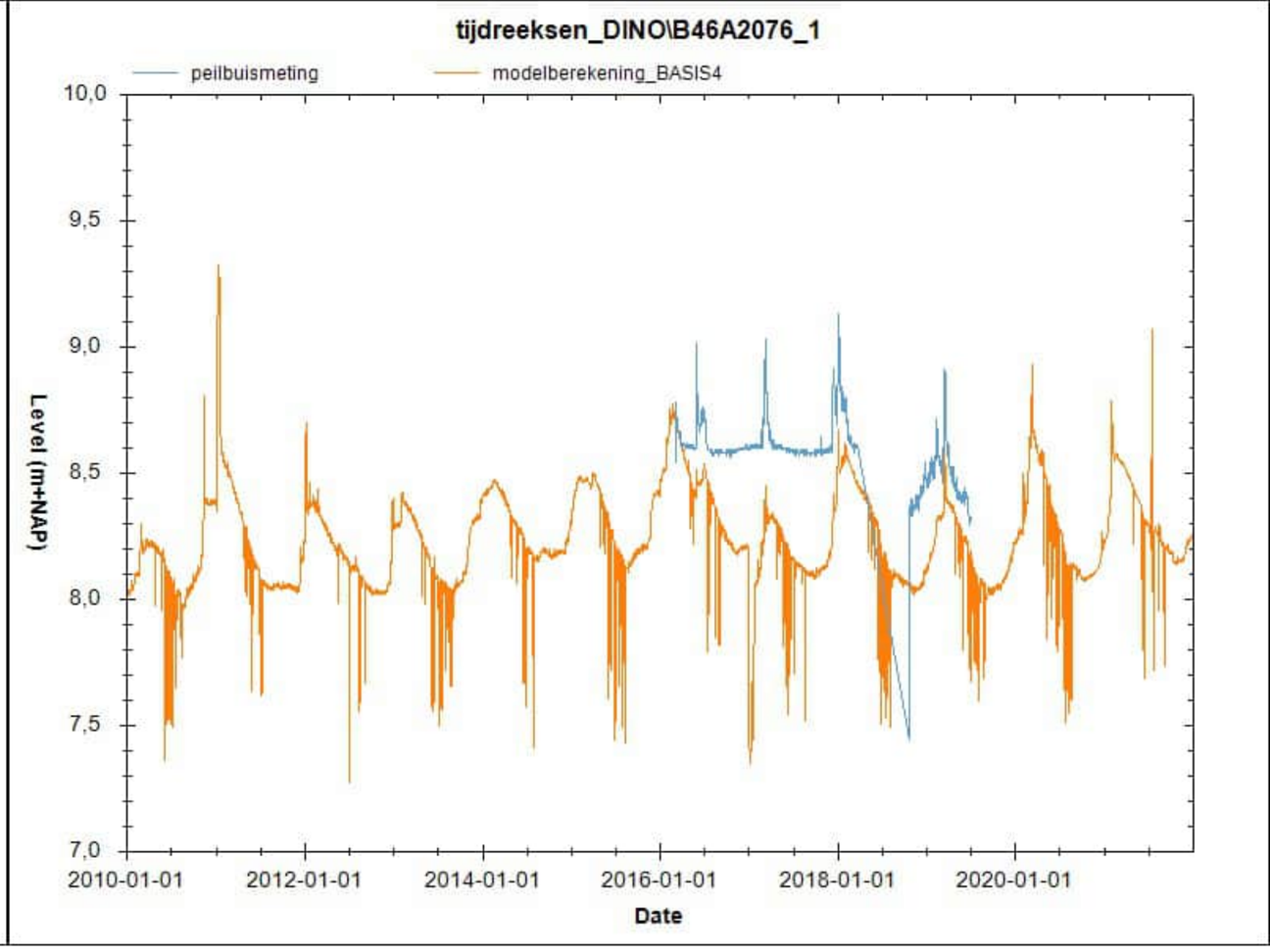
B1.95 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



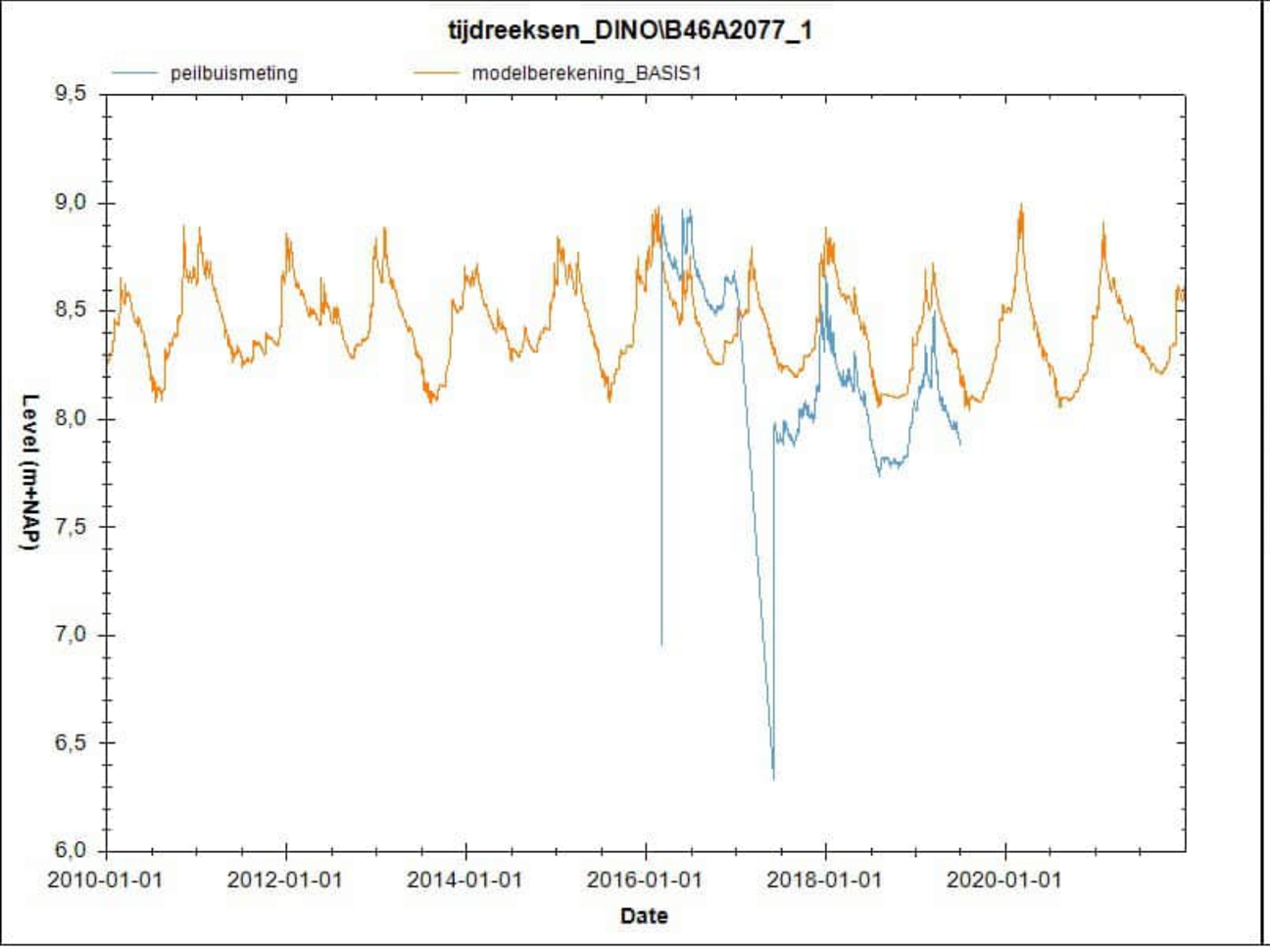


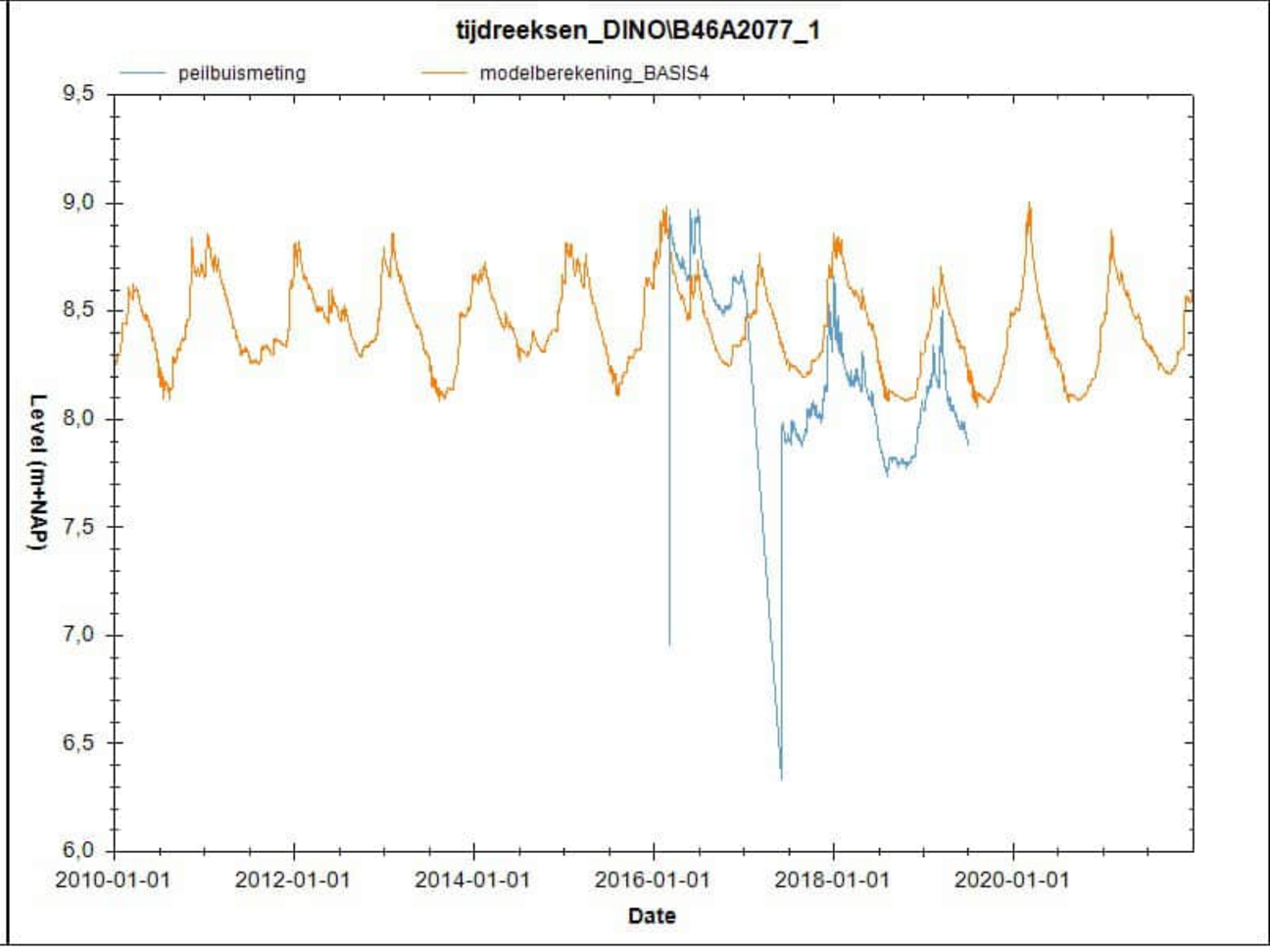
B1.96 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



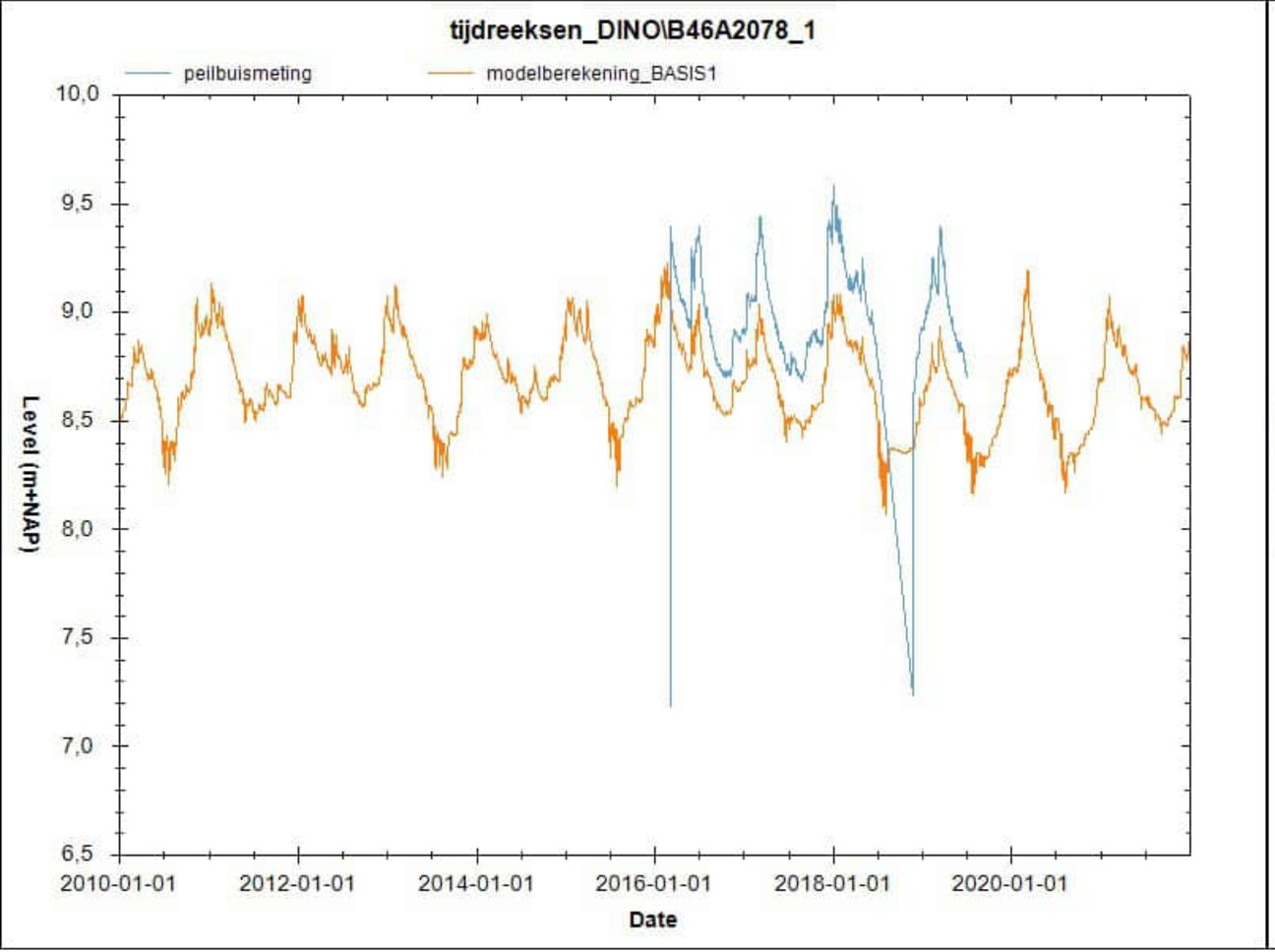


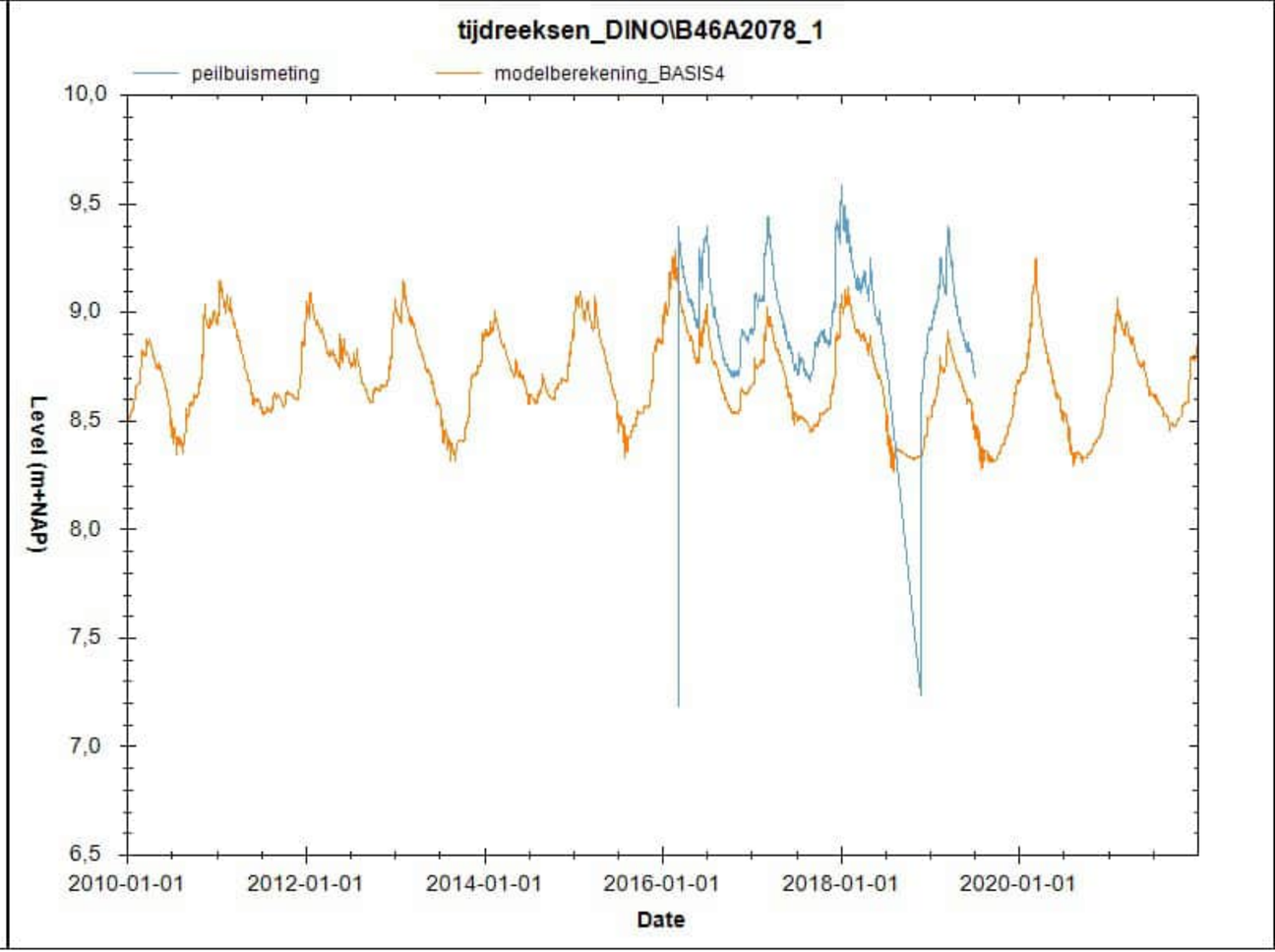
B1.97 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



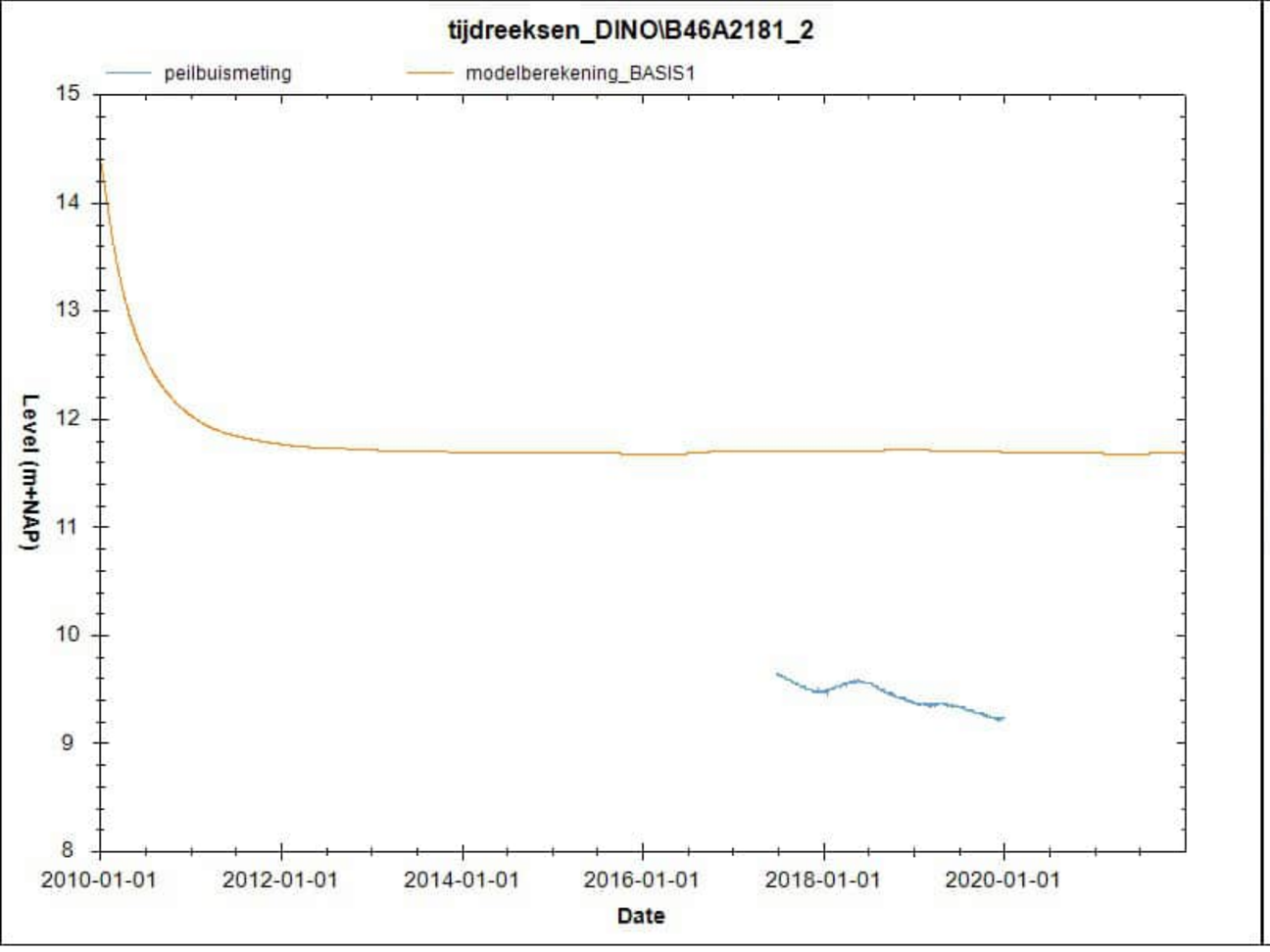


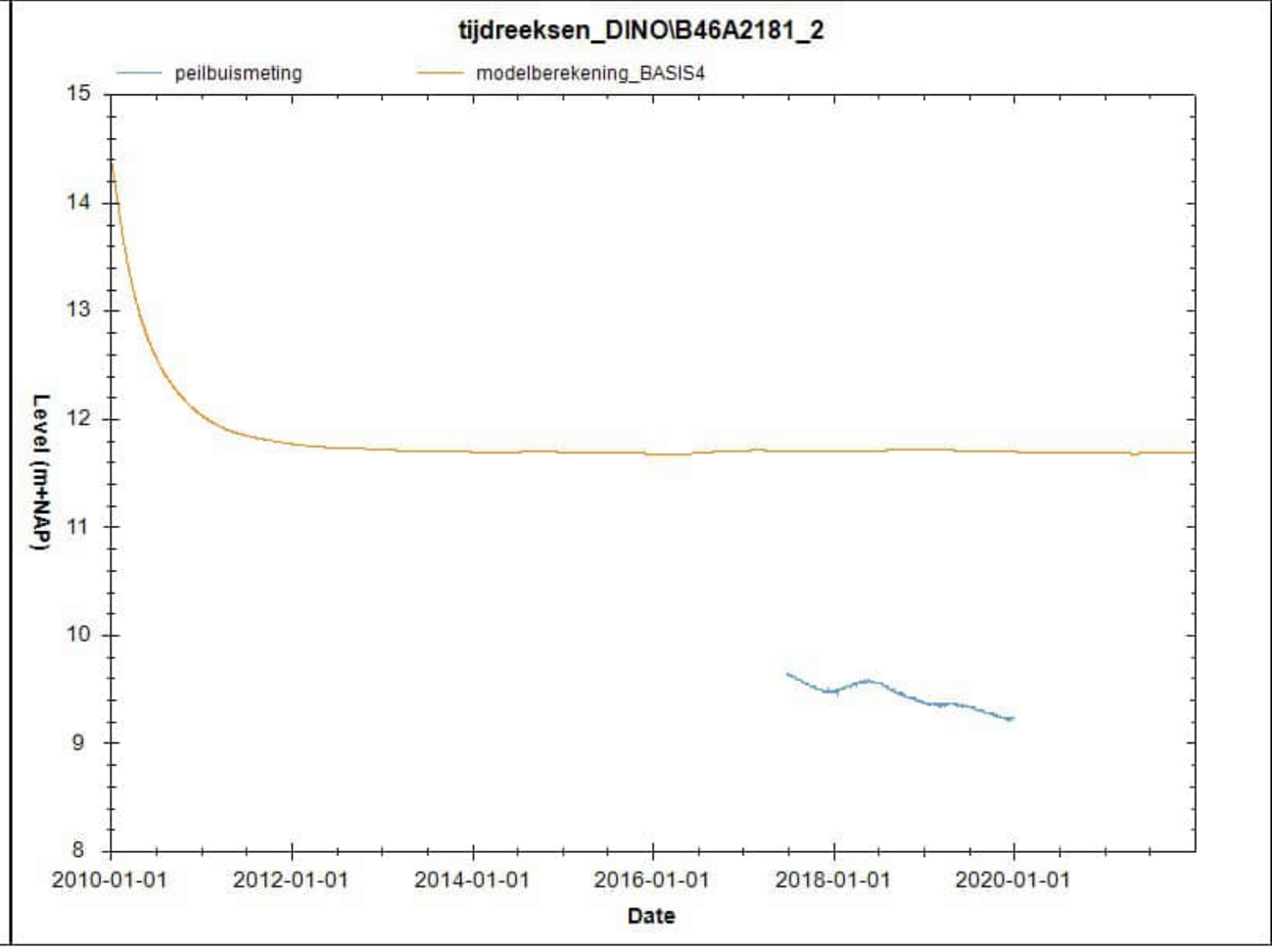
B1.98 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



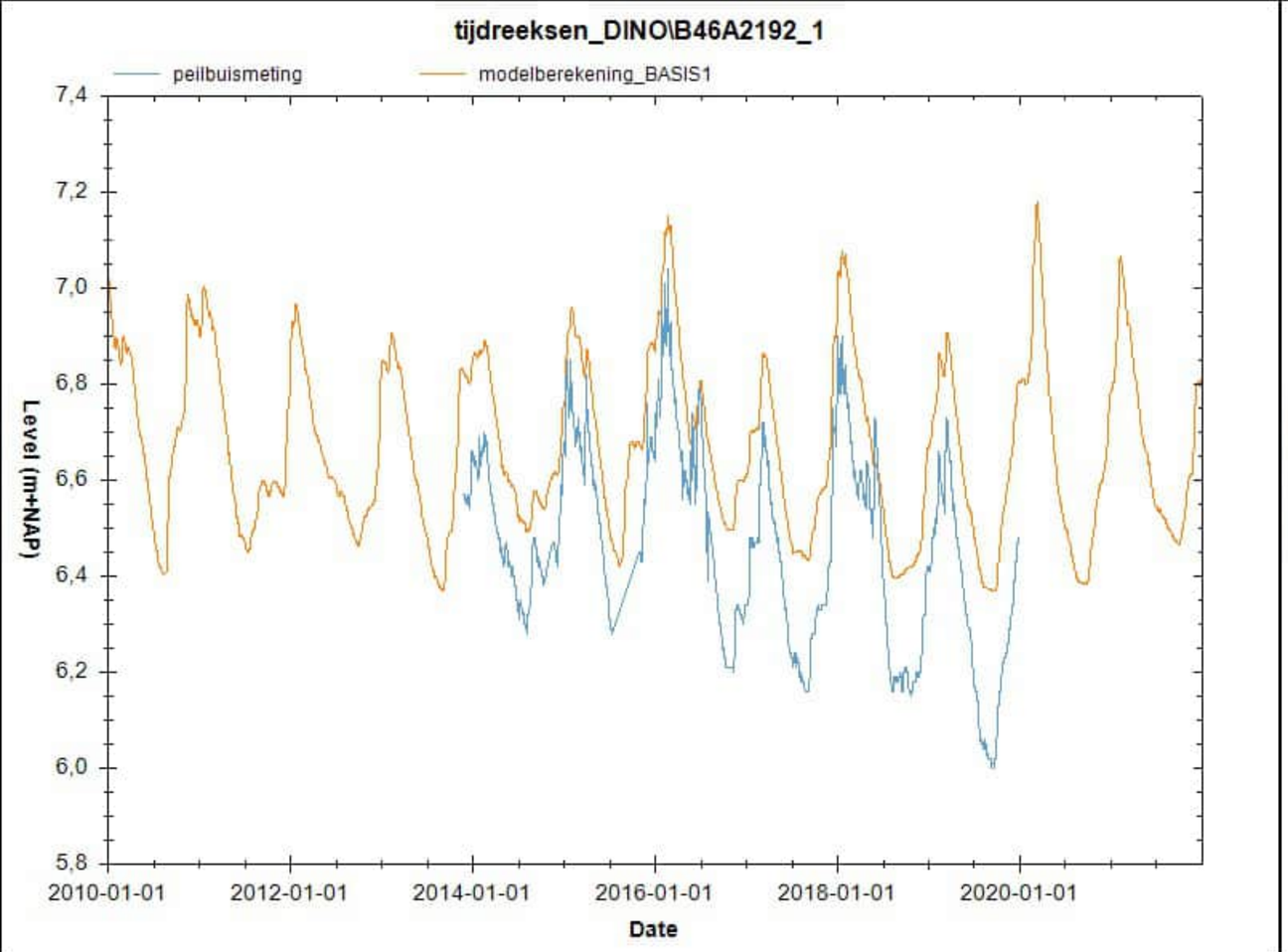


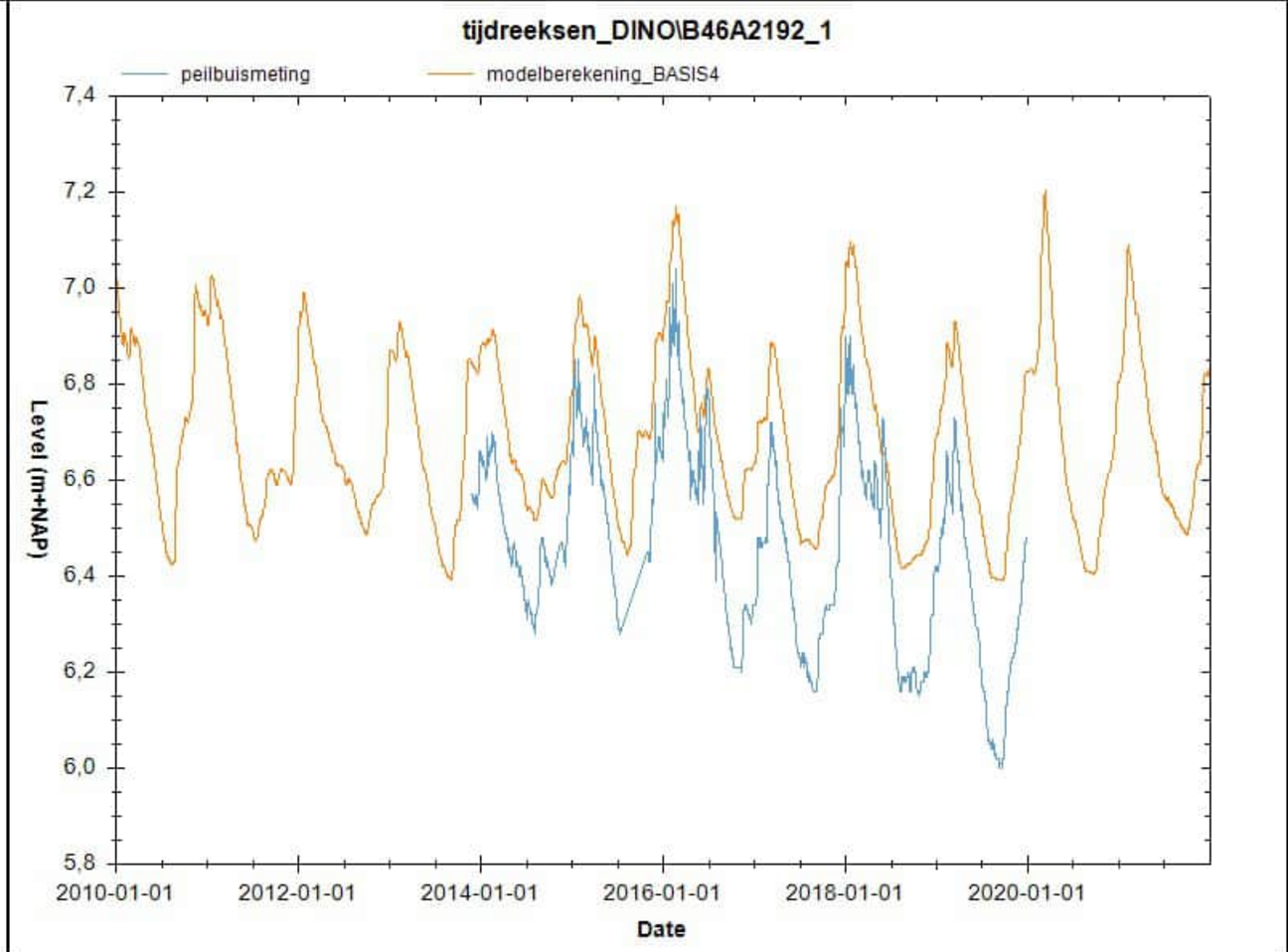
B1.99 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



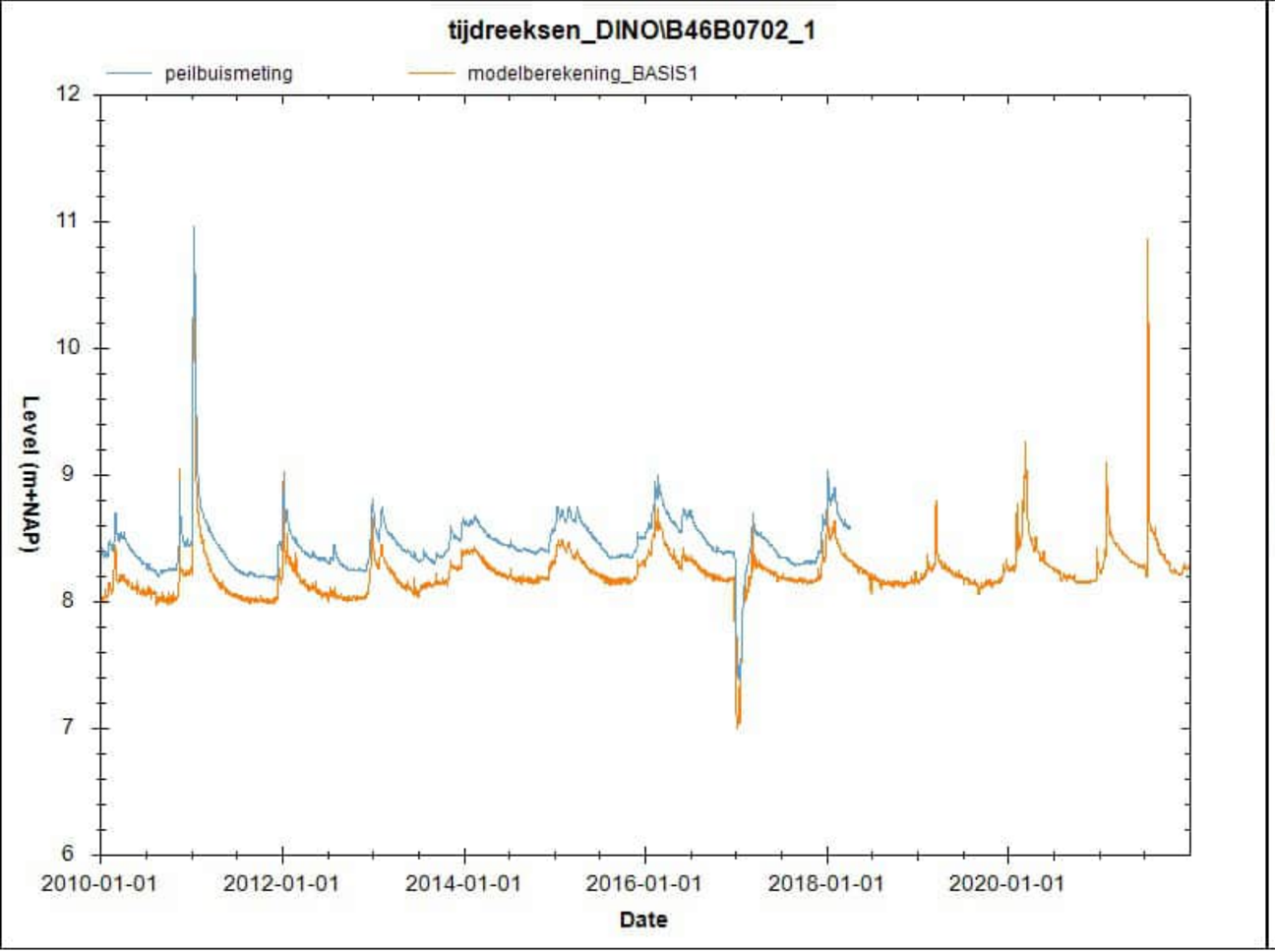


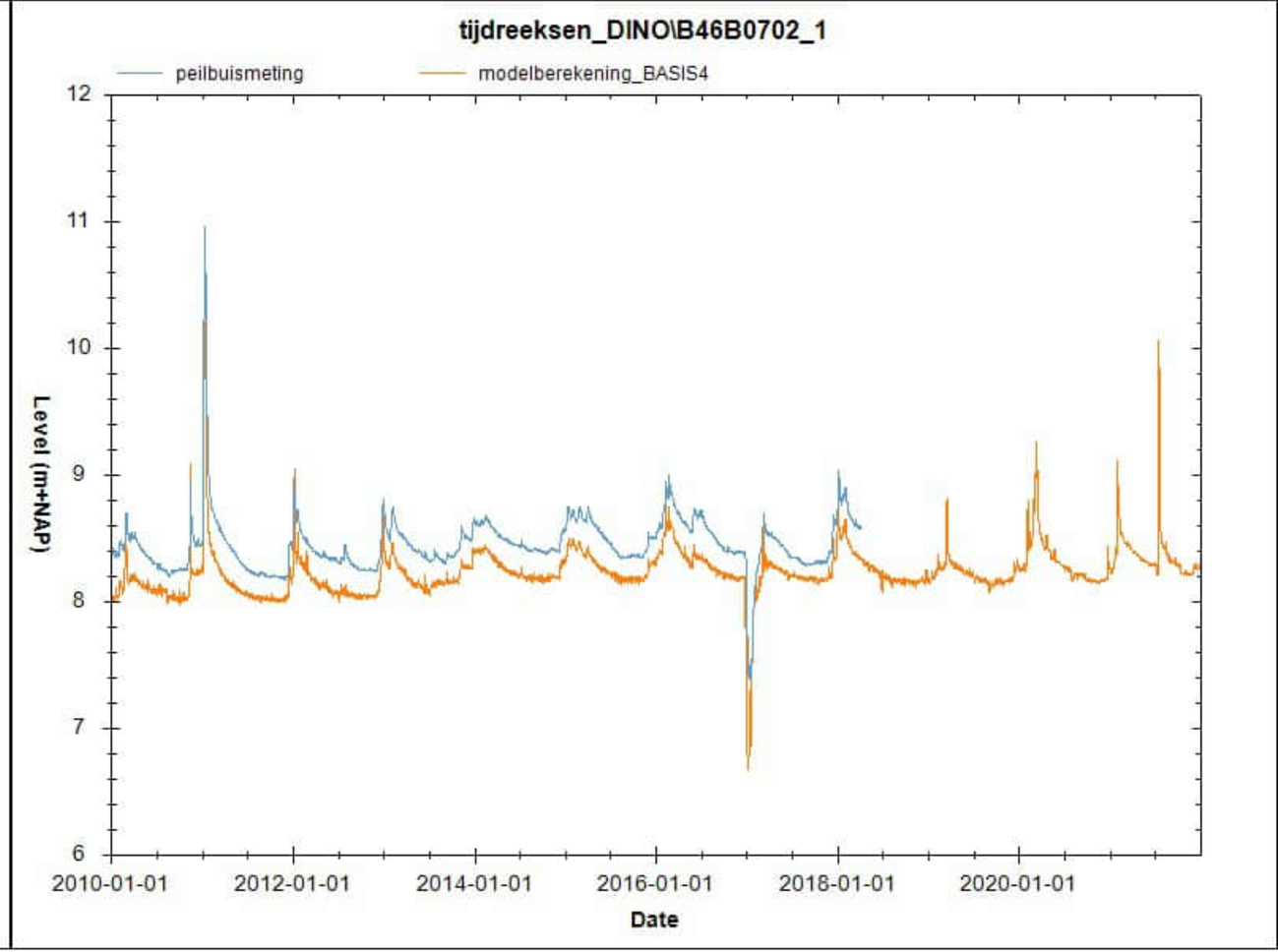
B1.100 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



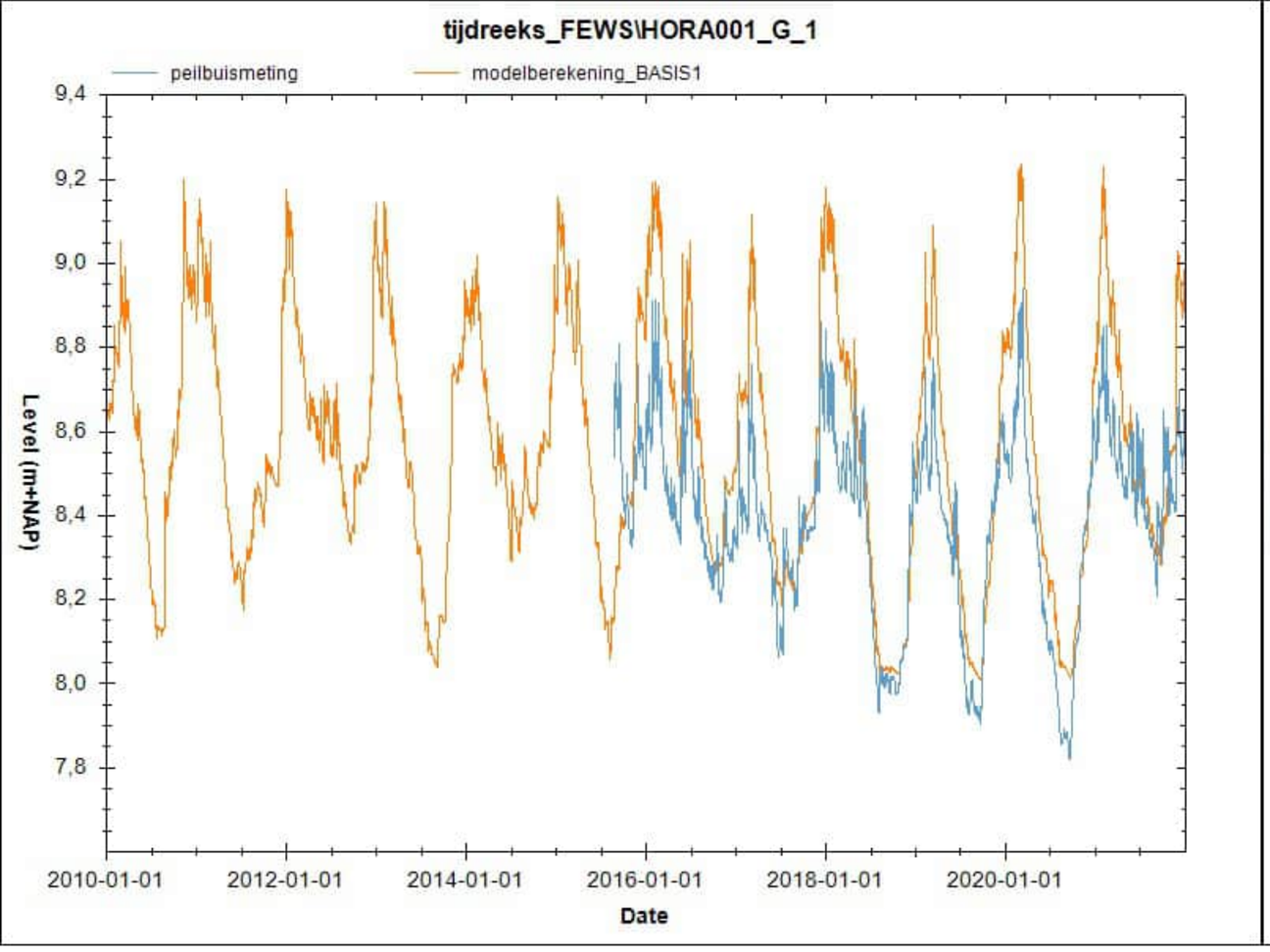


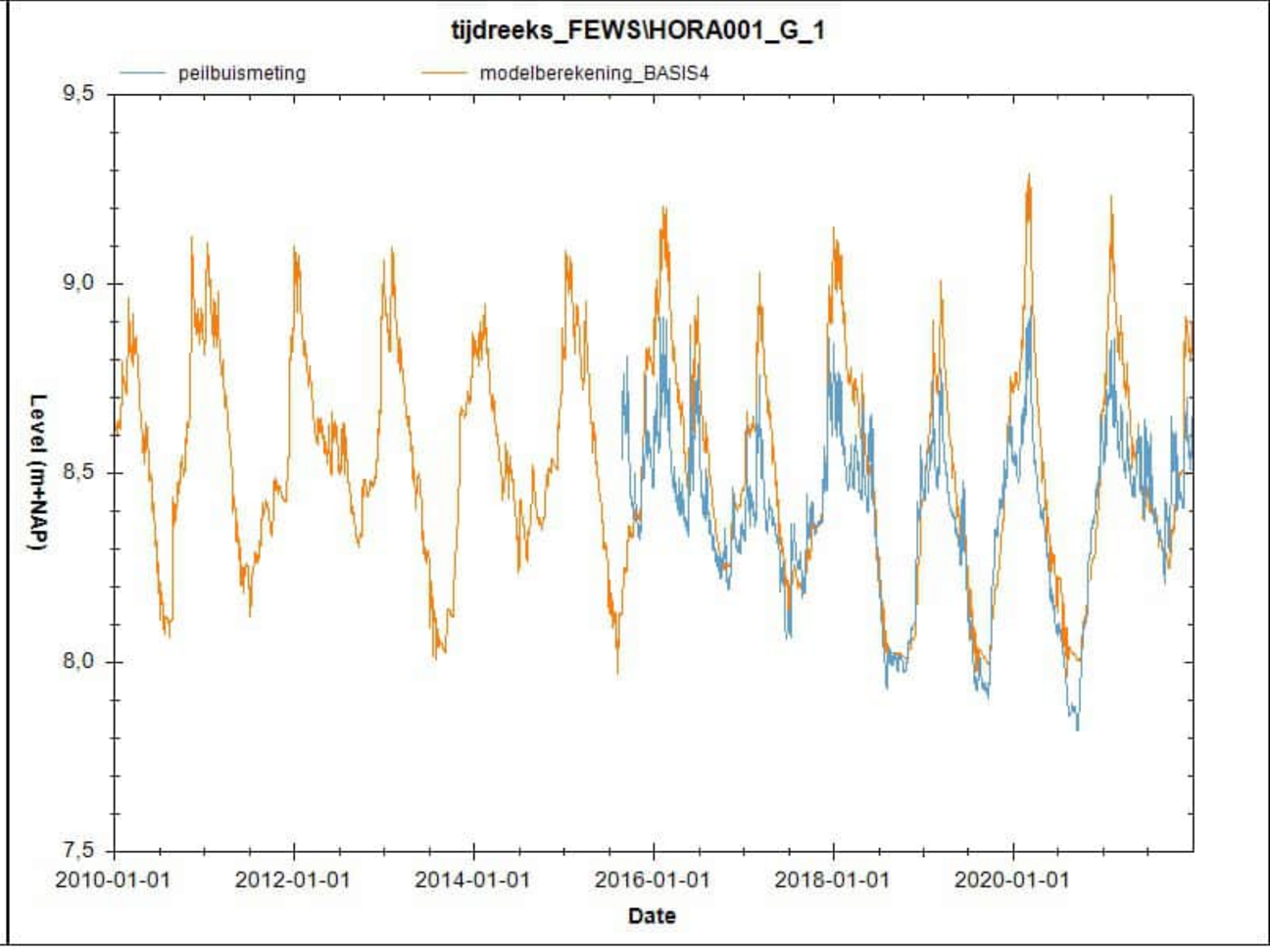
B1.101 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



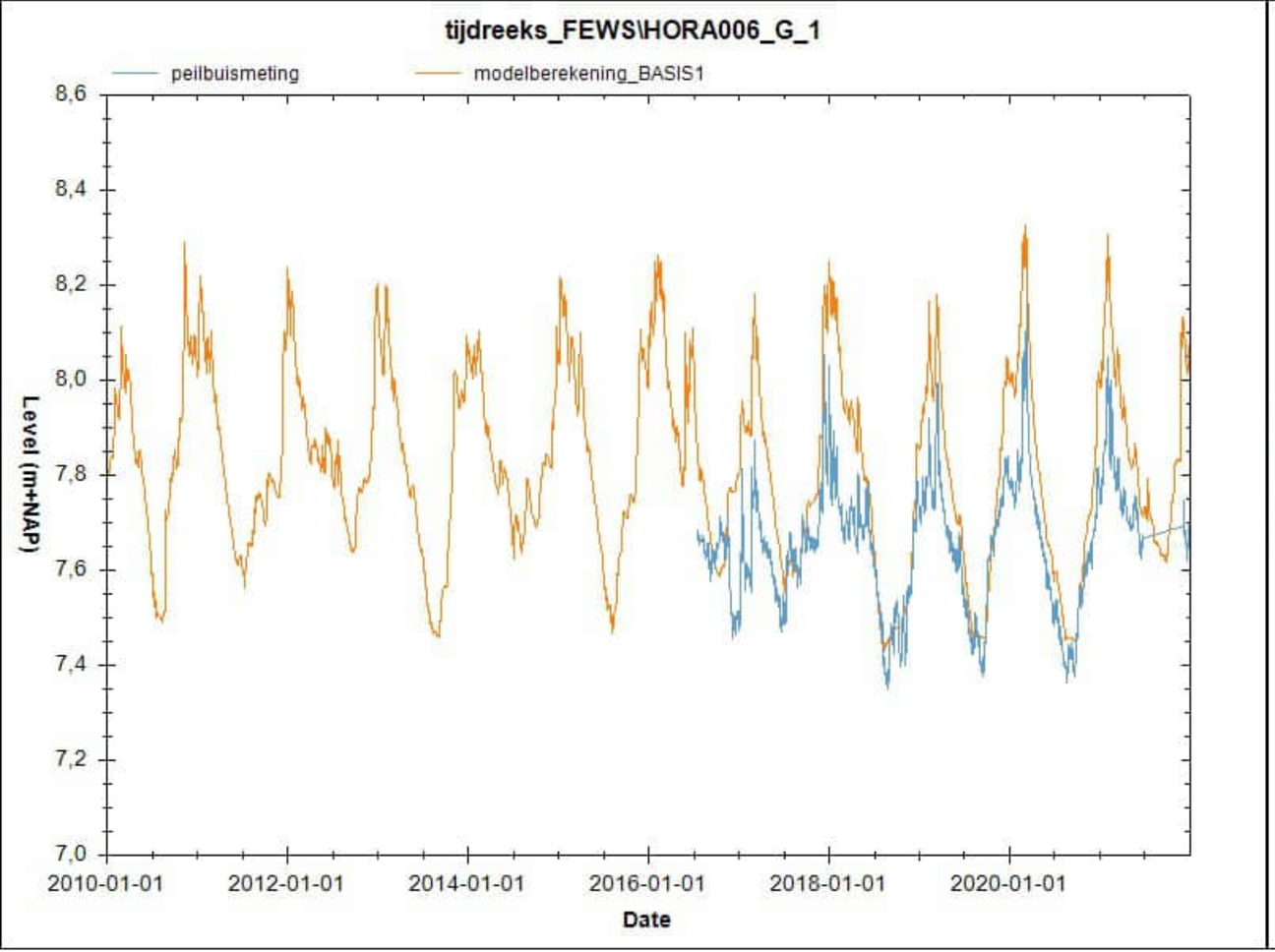


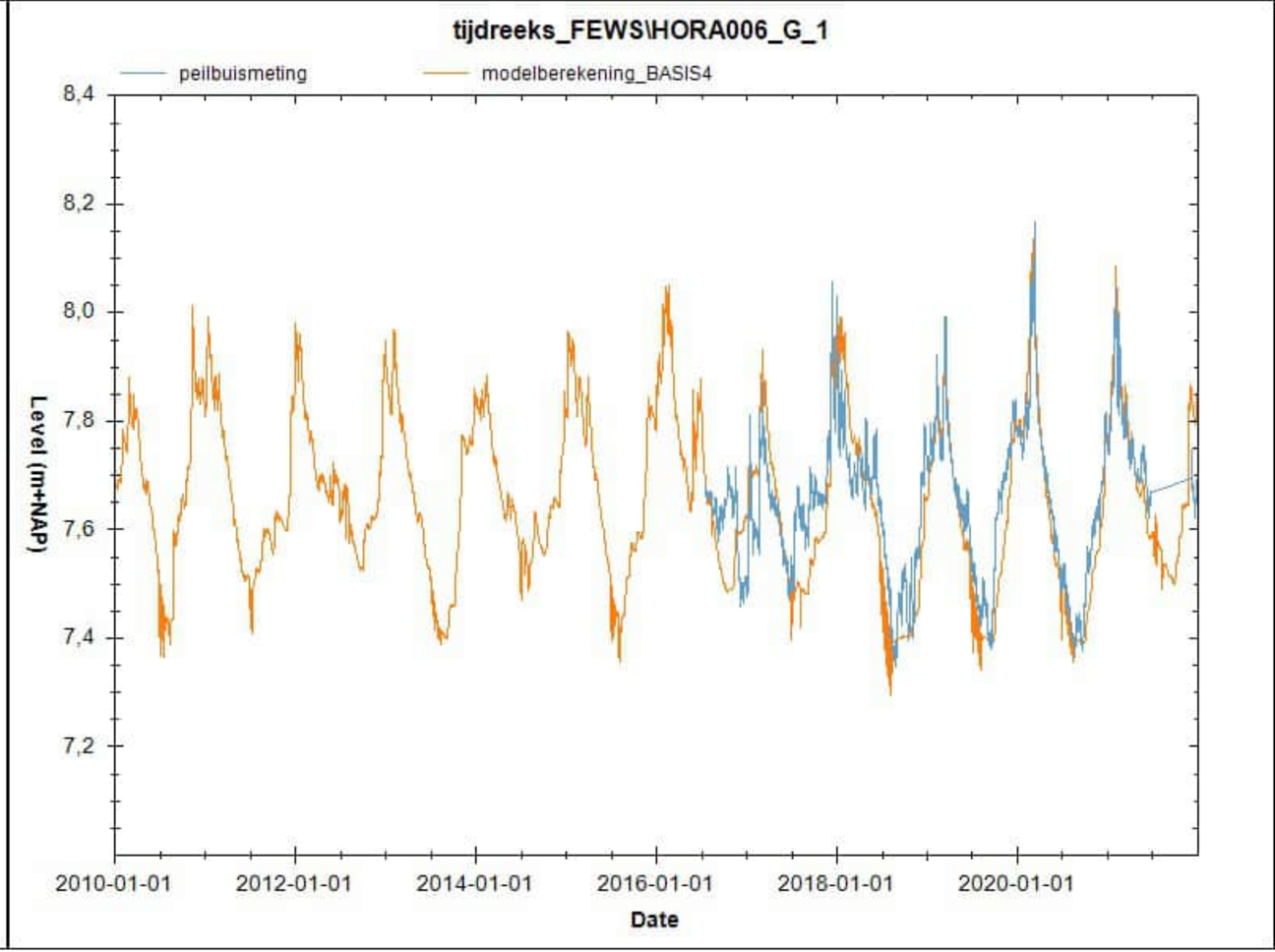
B1.102 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



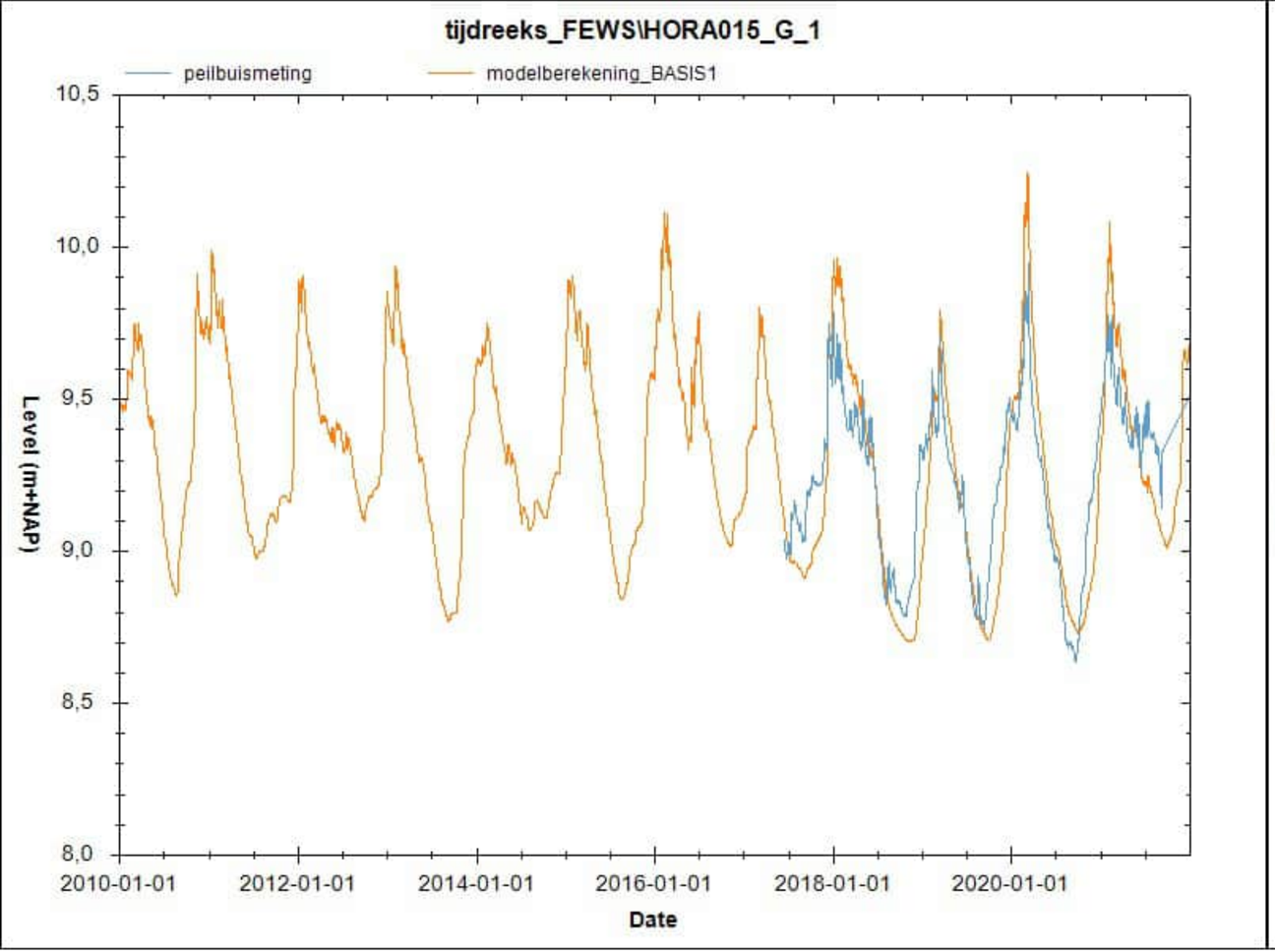


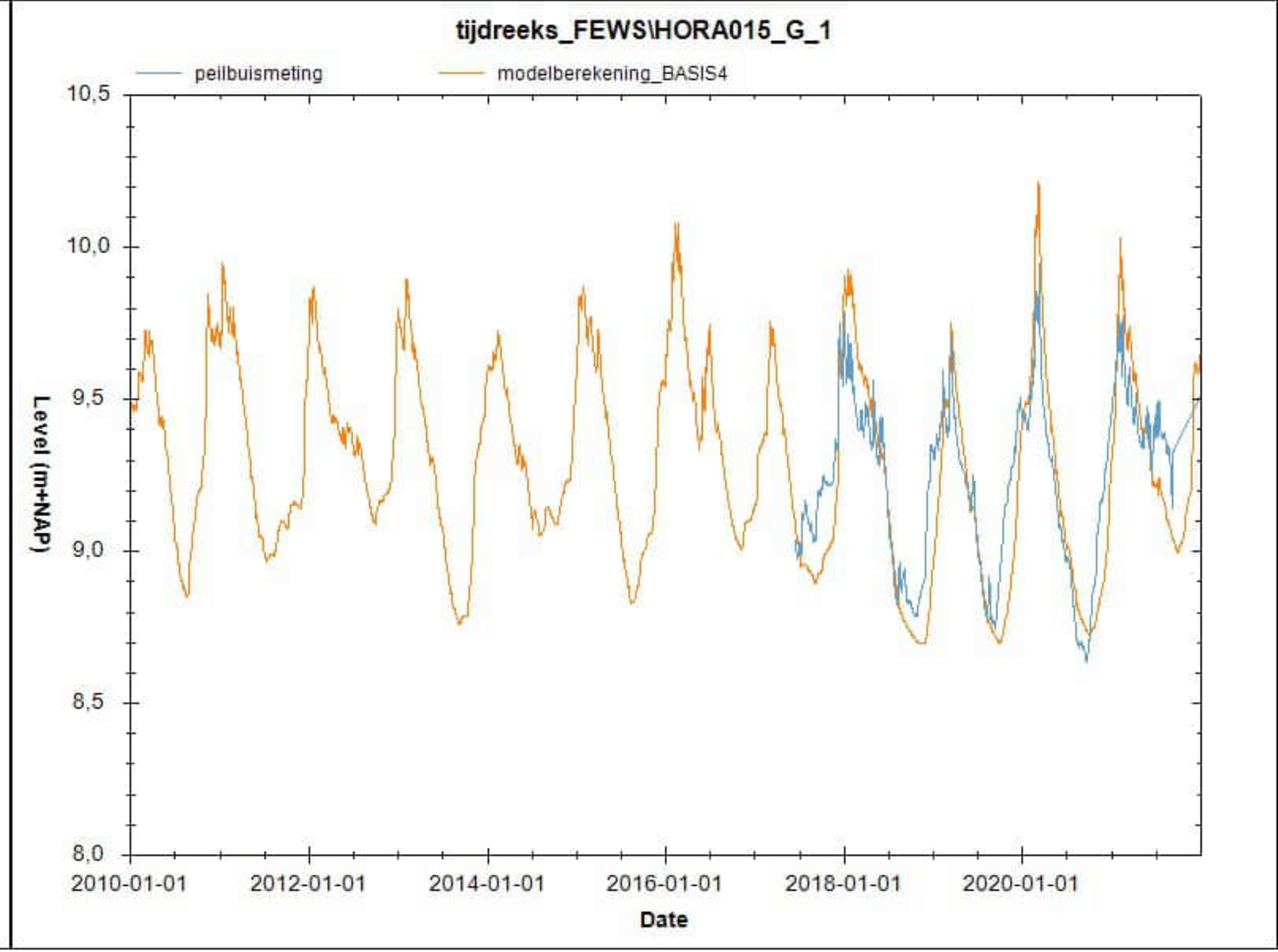
B1.103 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



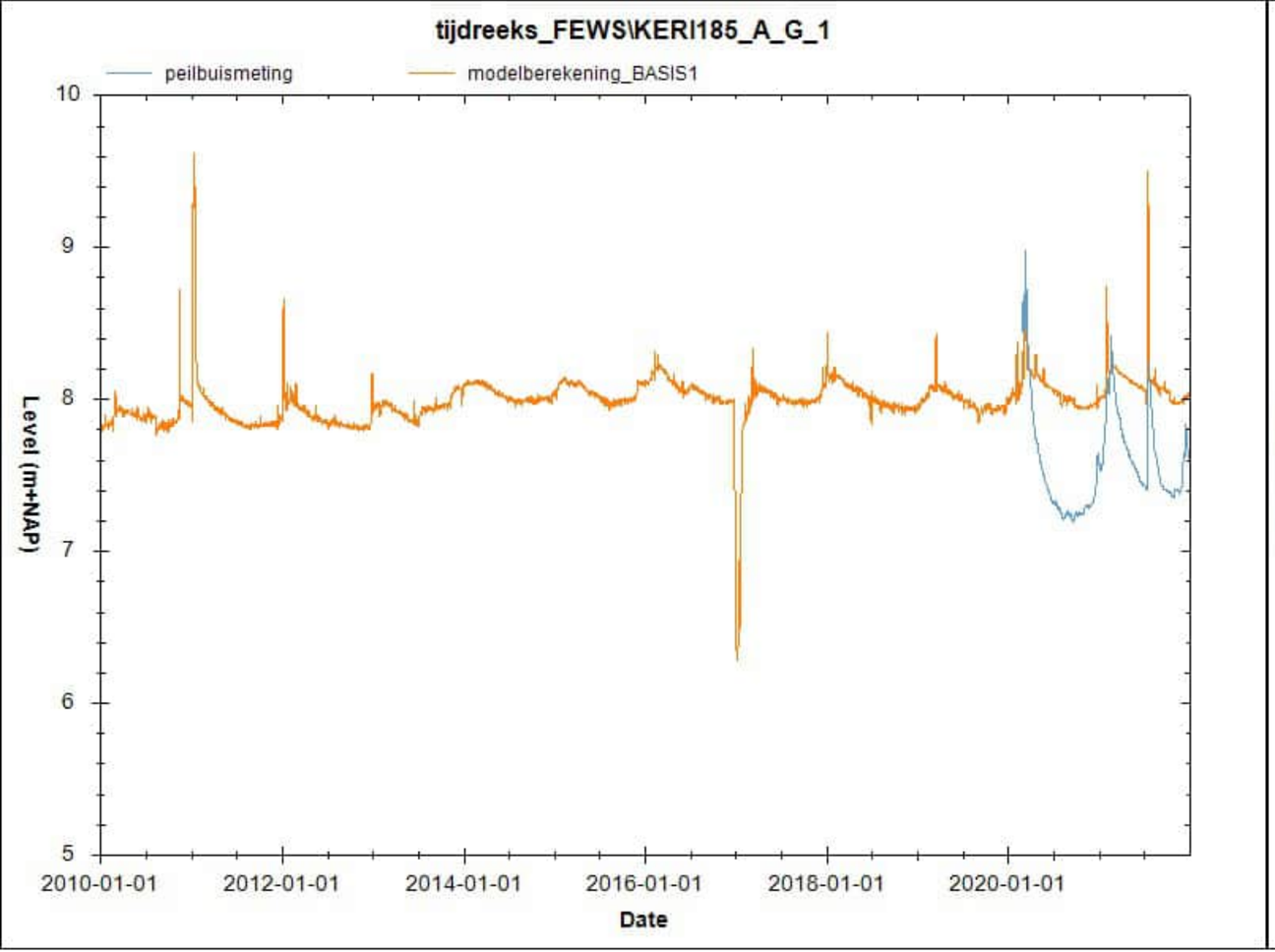


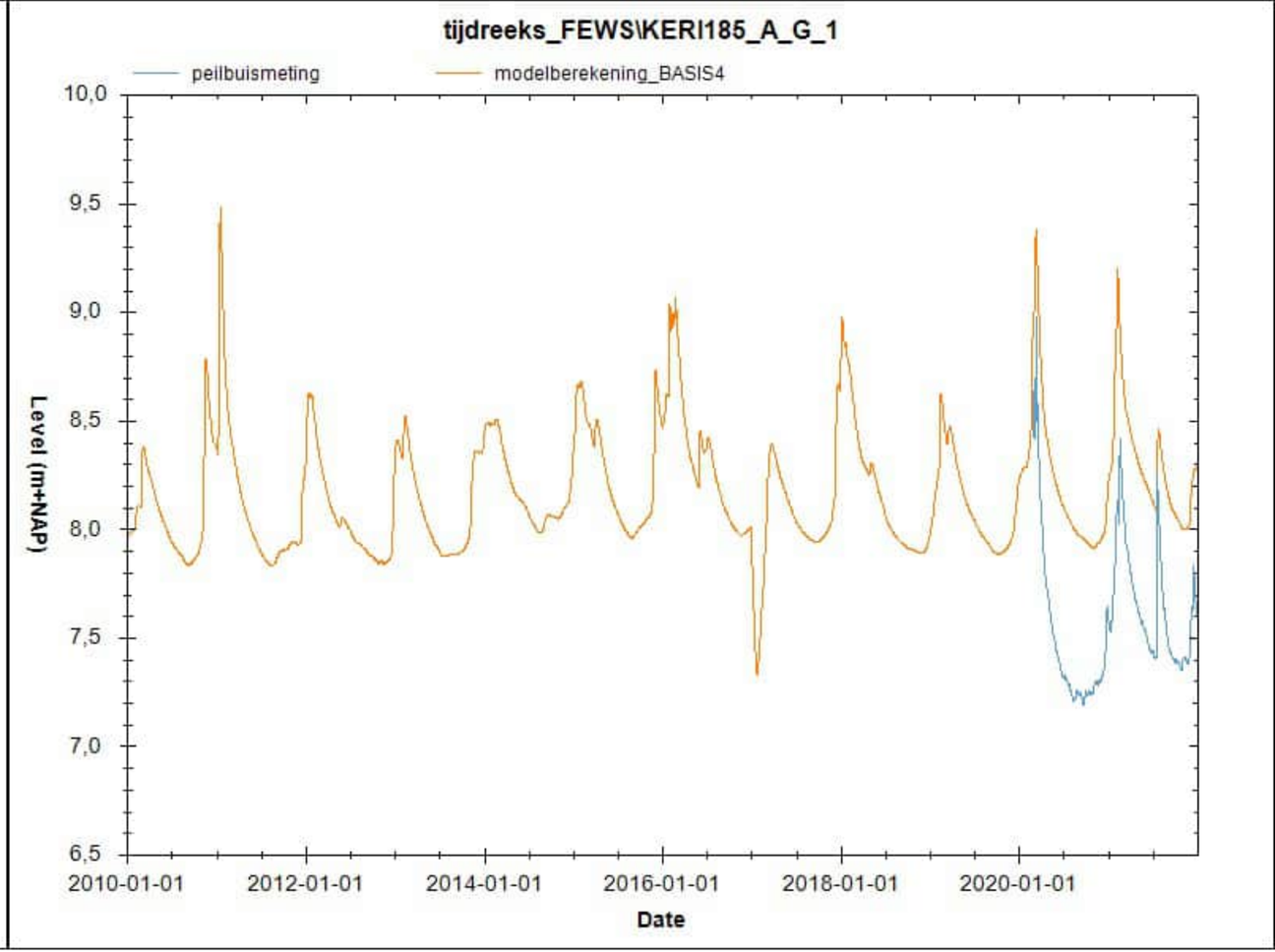
B1.104 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



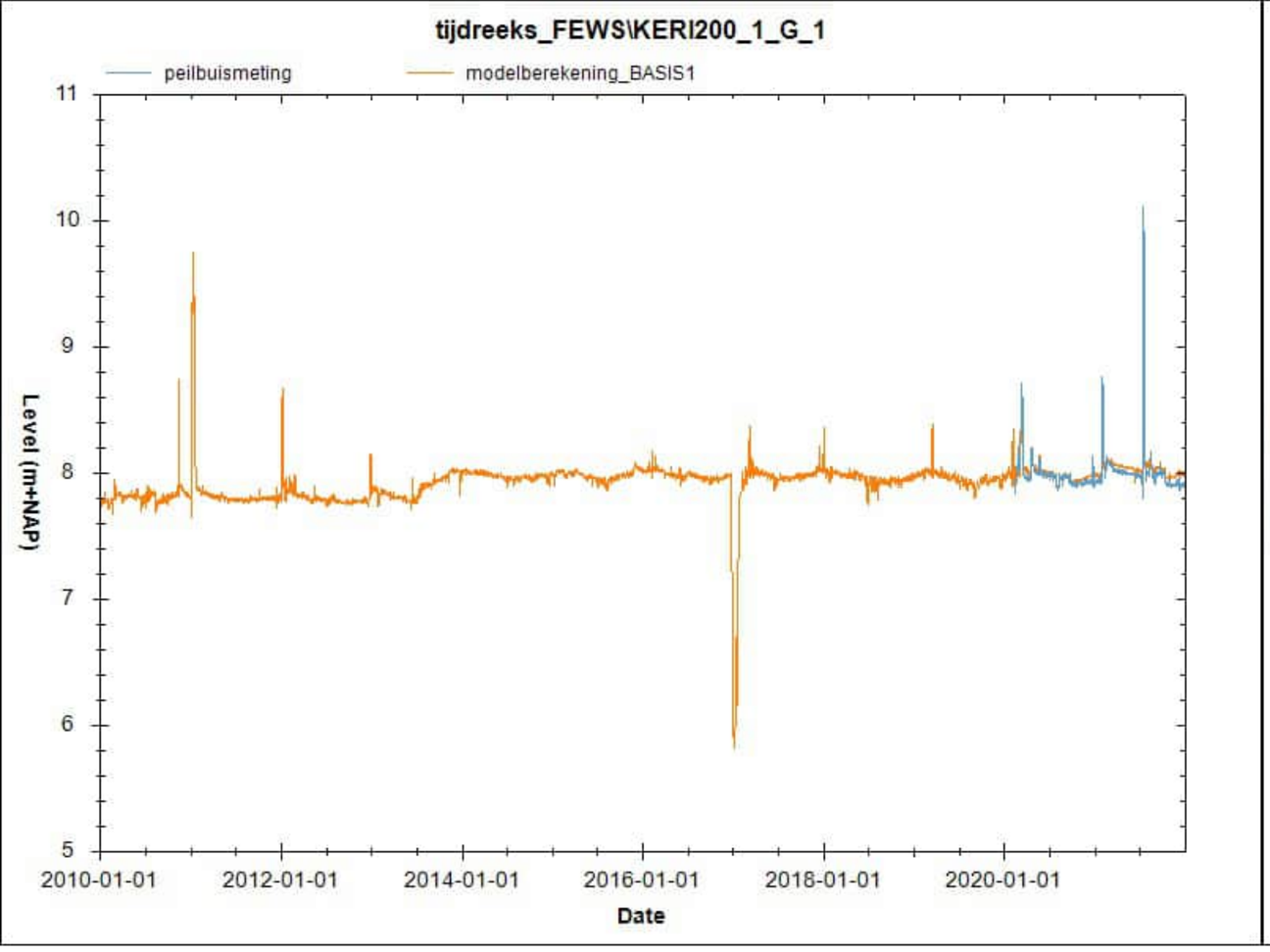


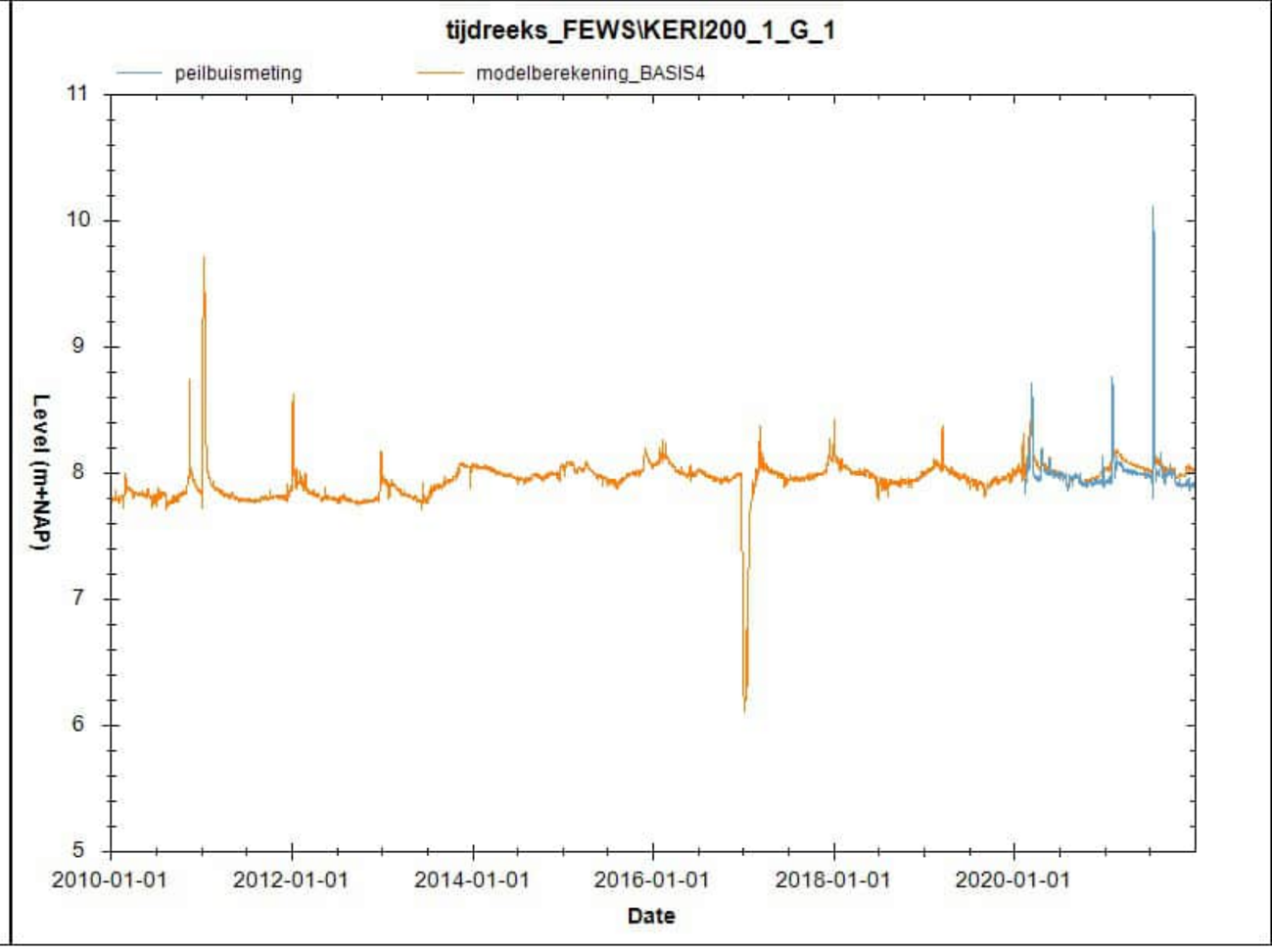
B1.105 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



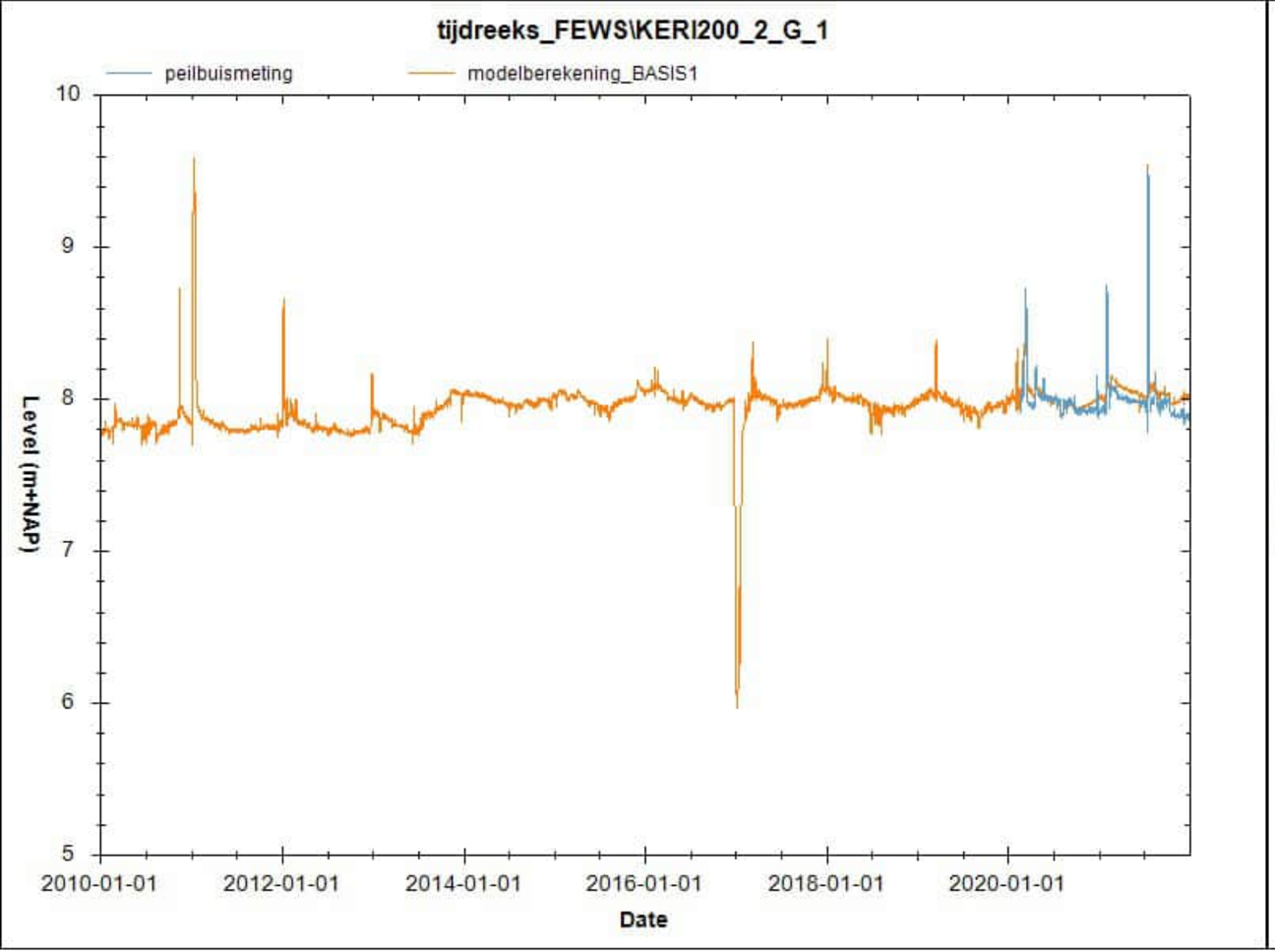


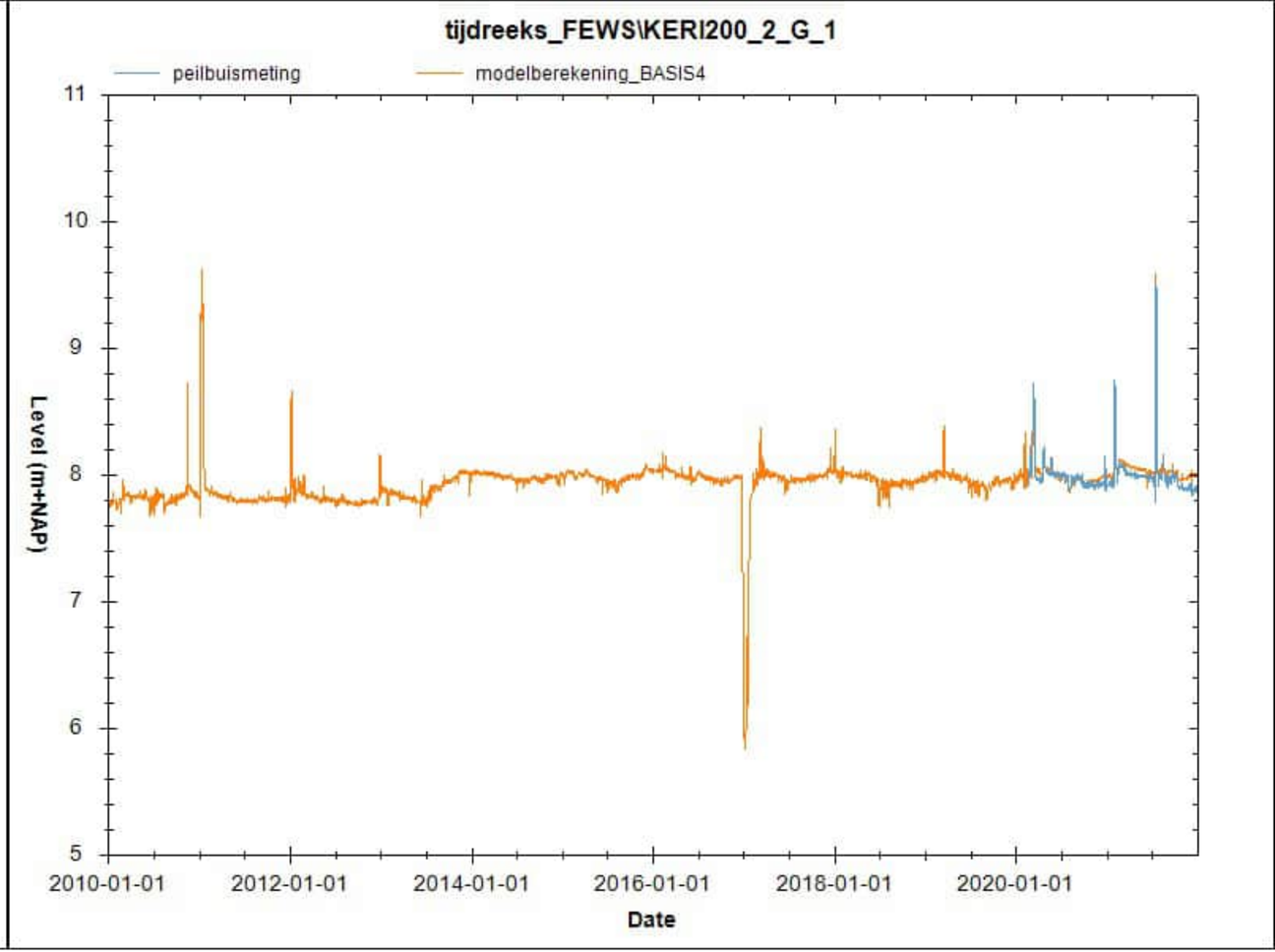
B1.106 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



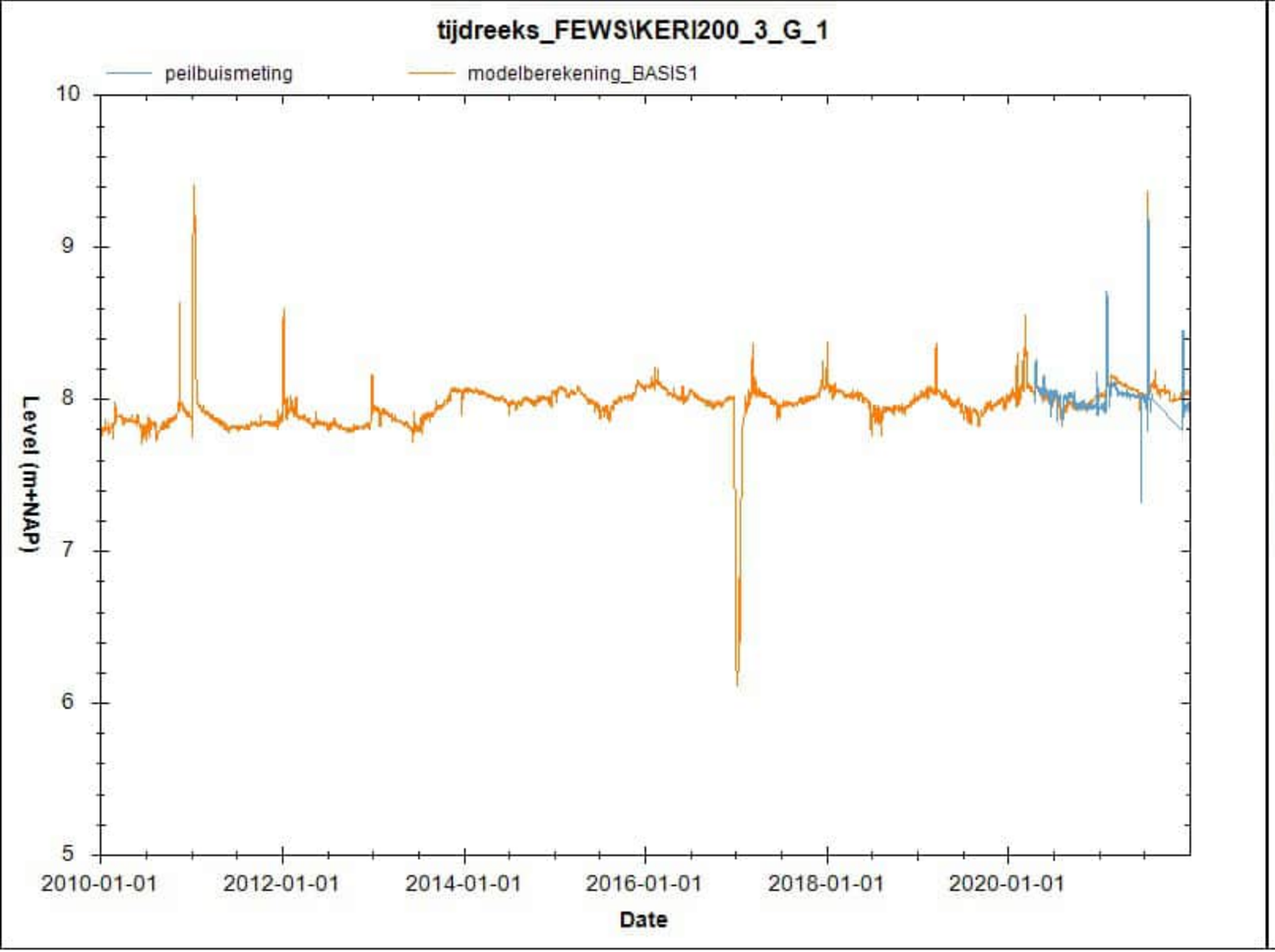


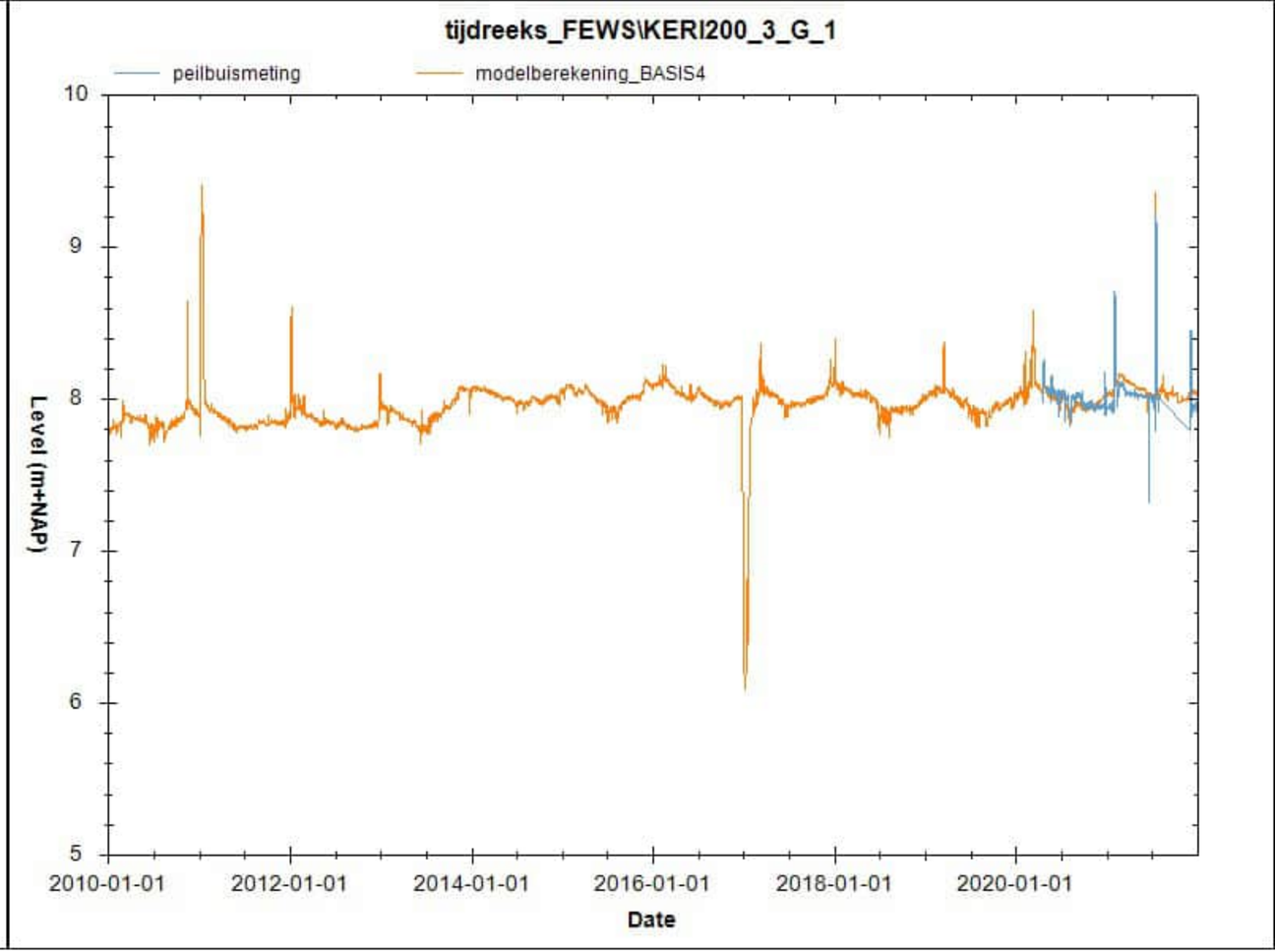
B1.107 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



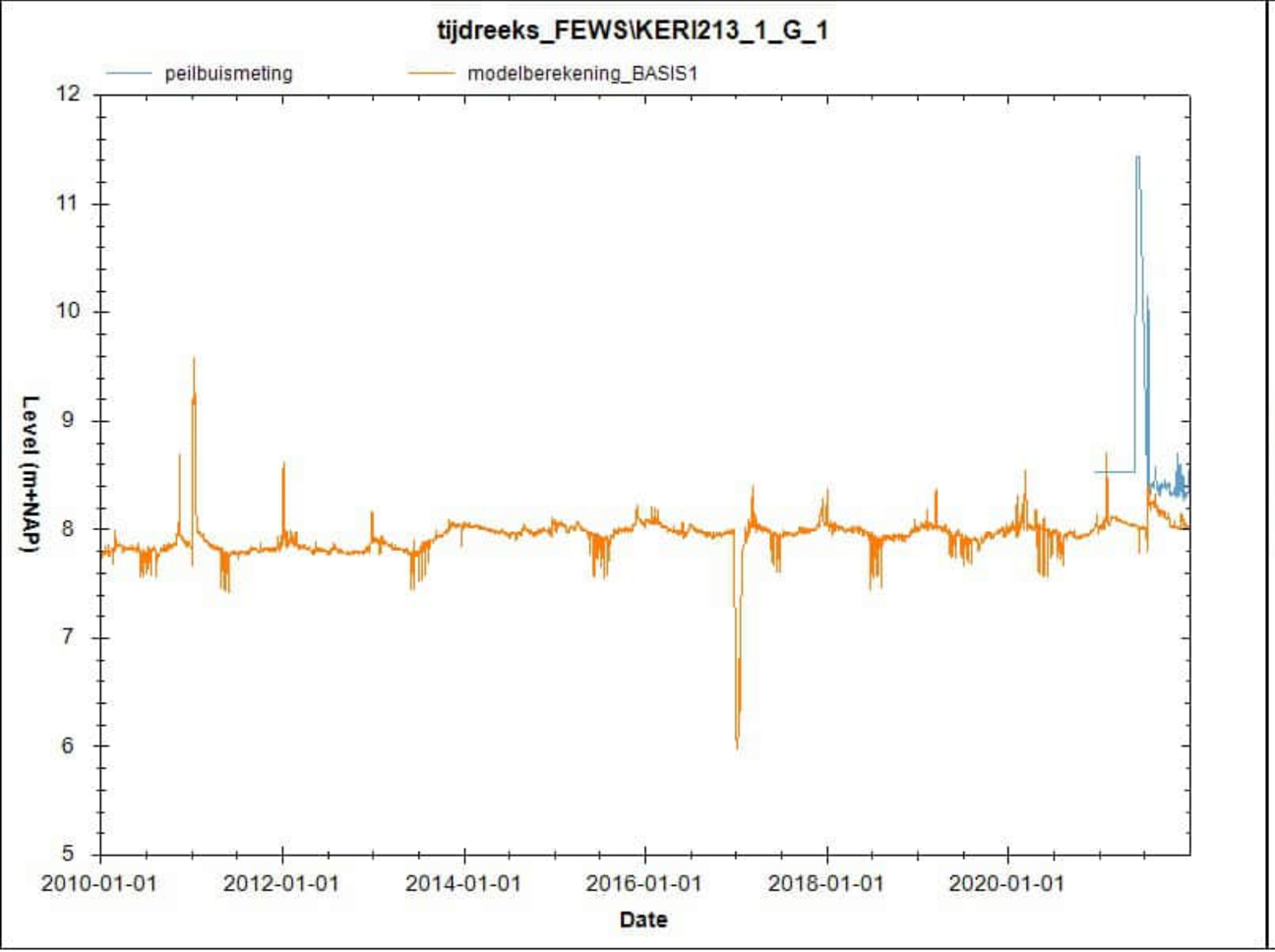


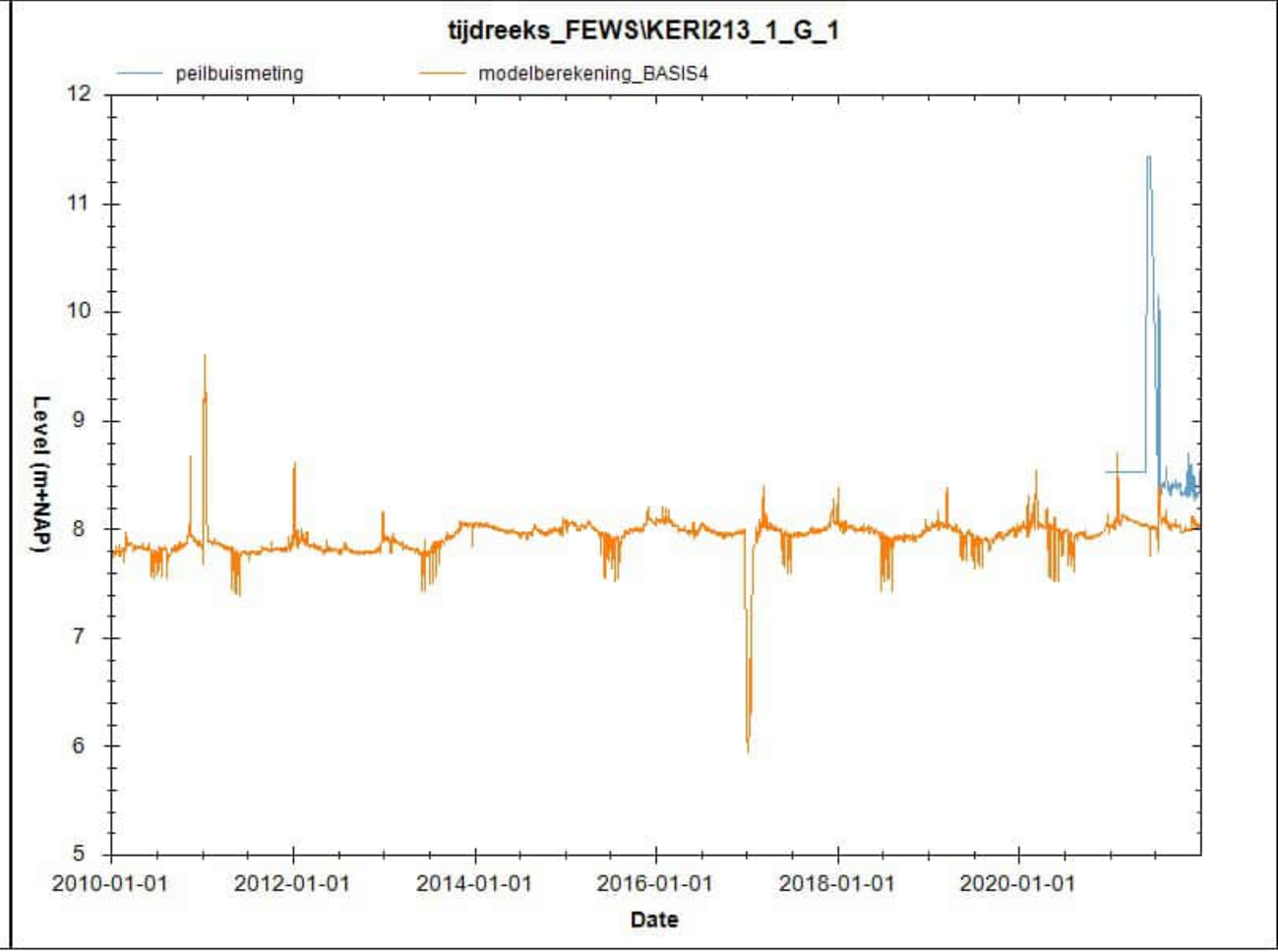
B1.108 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



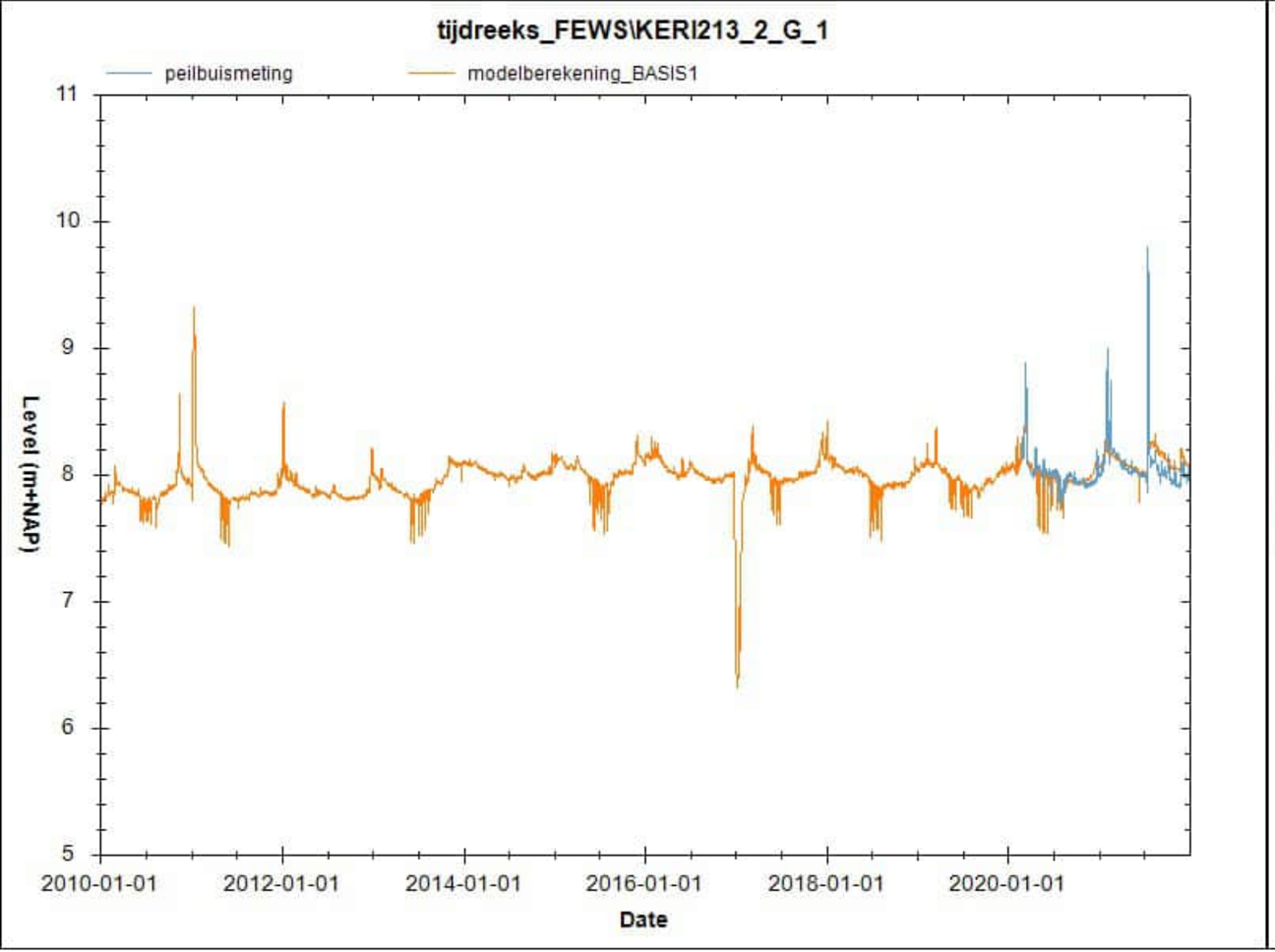


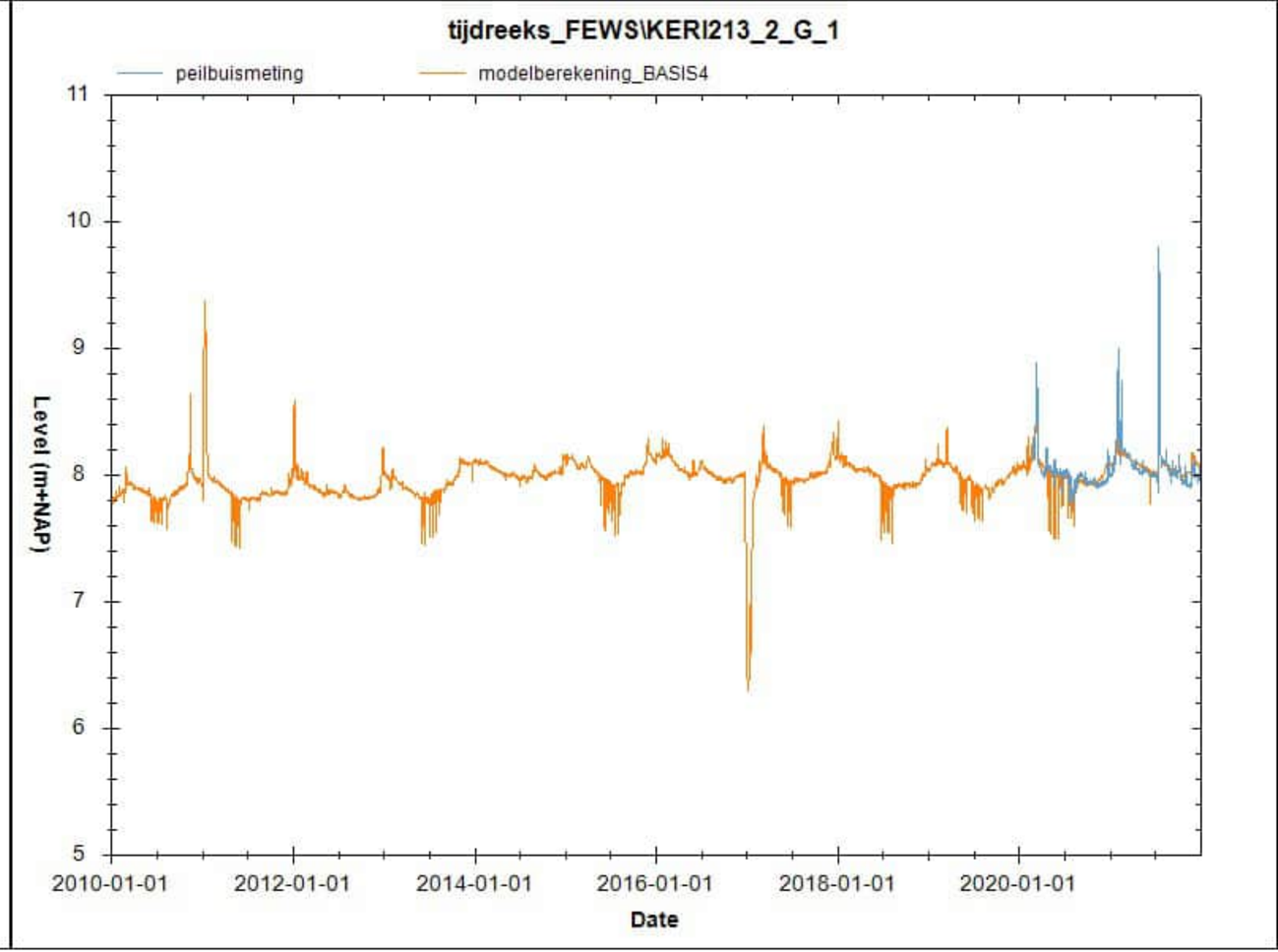
B1.109 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



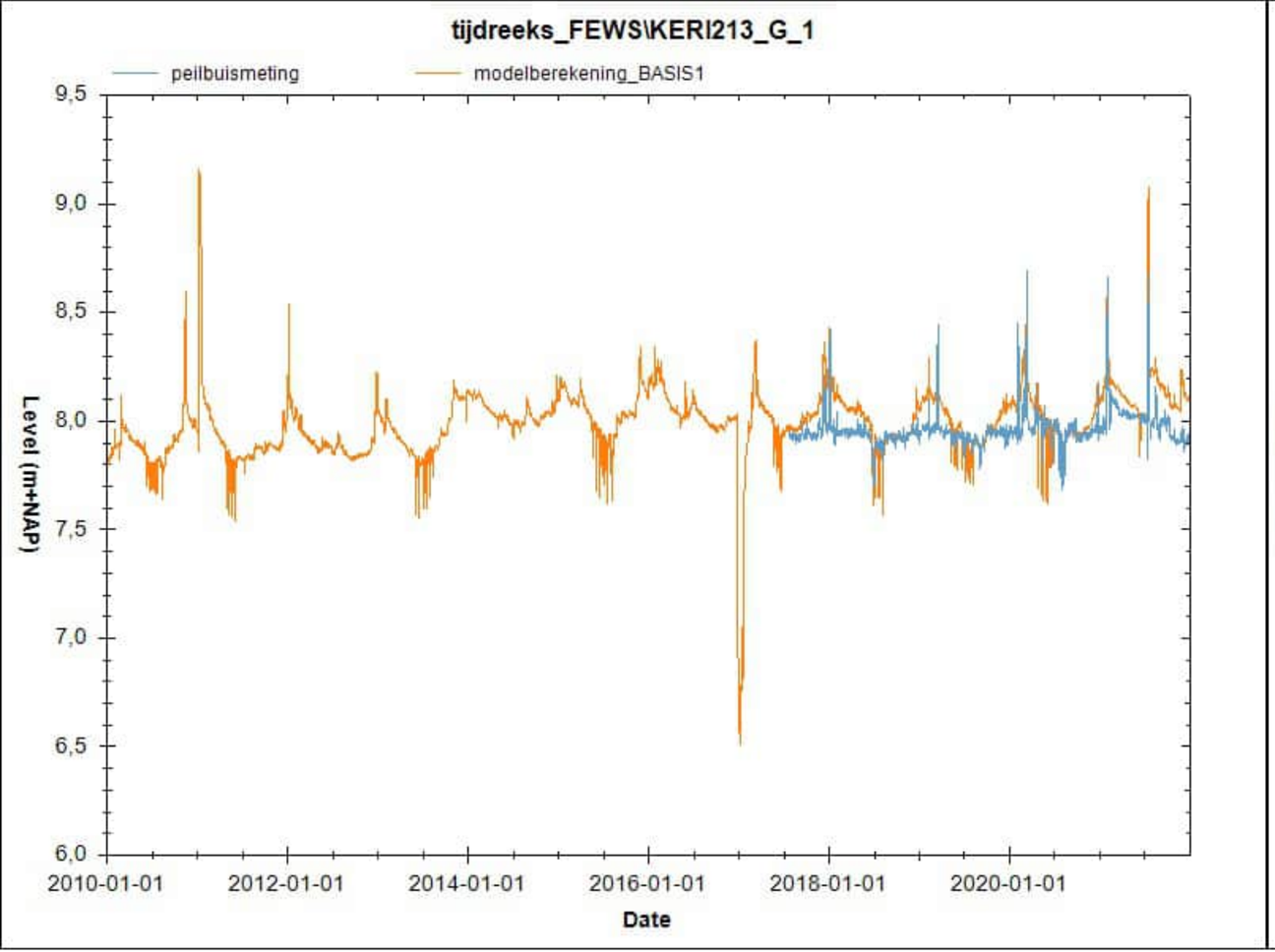


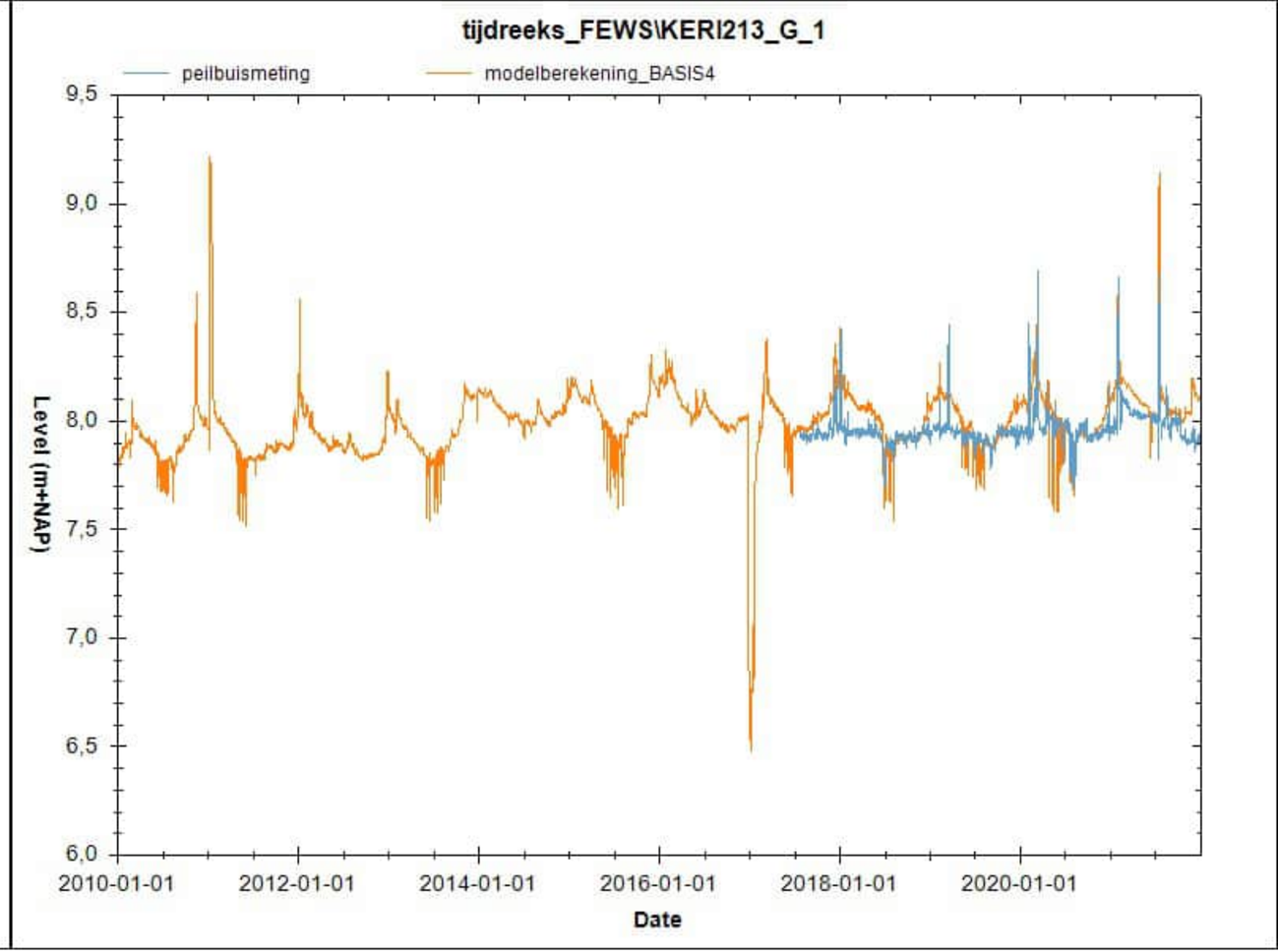
B1.110 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



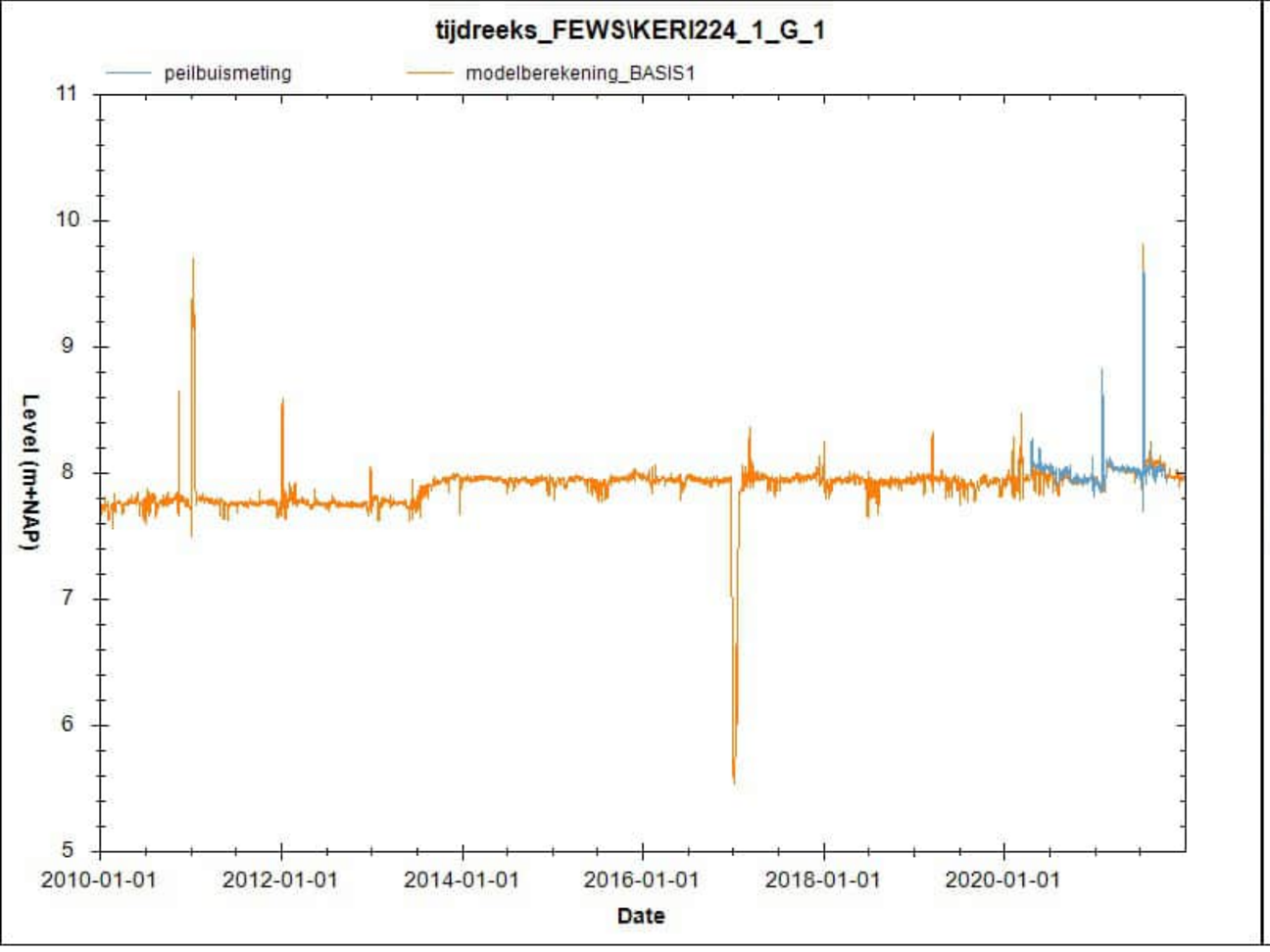


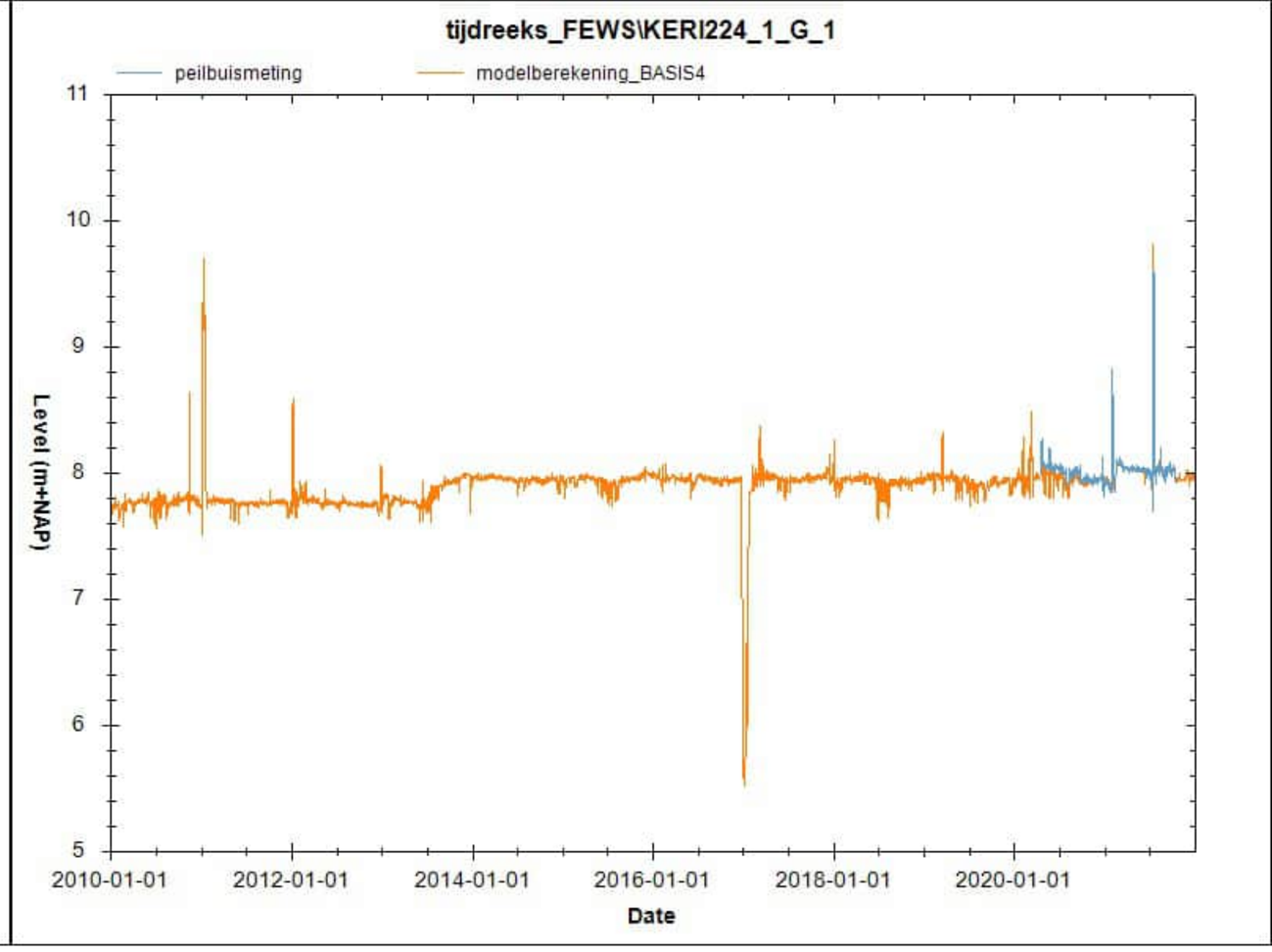
B1.111 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



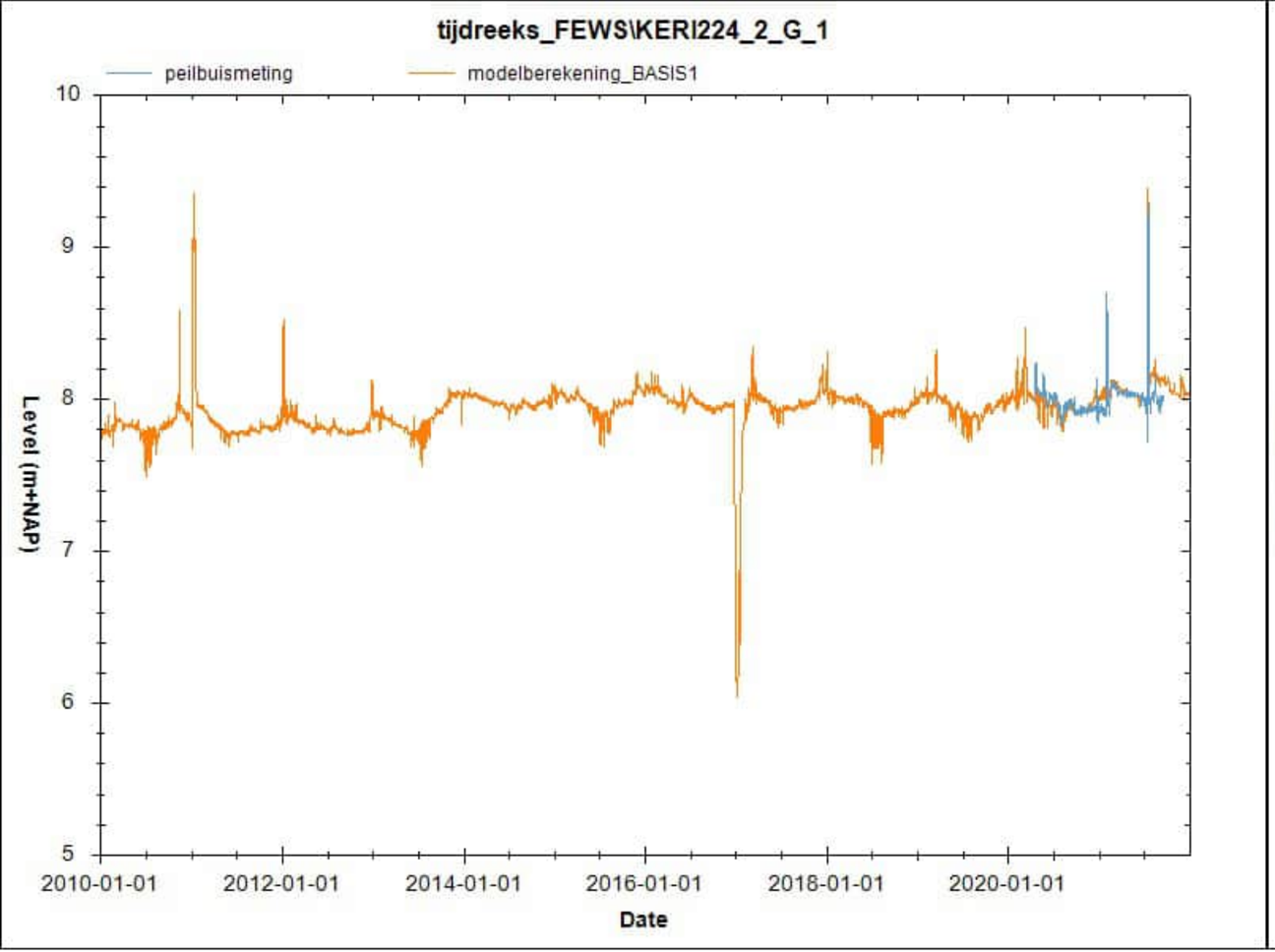


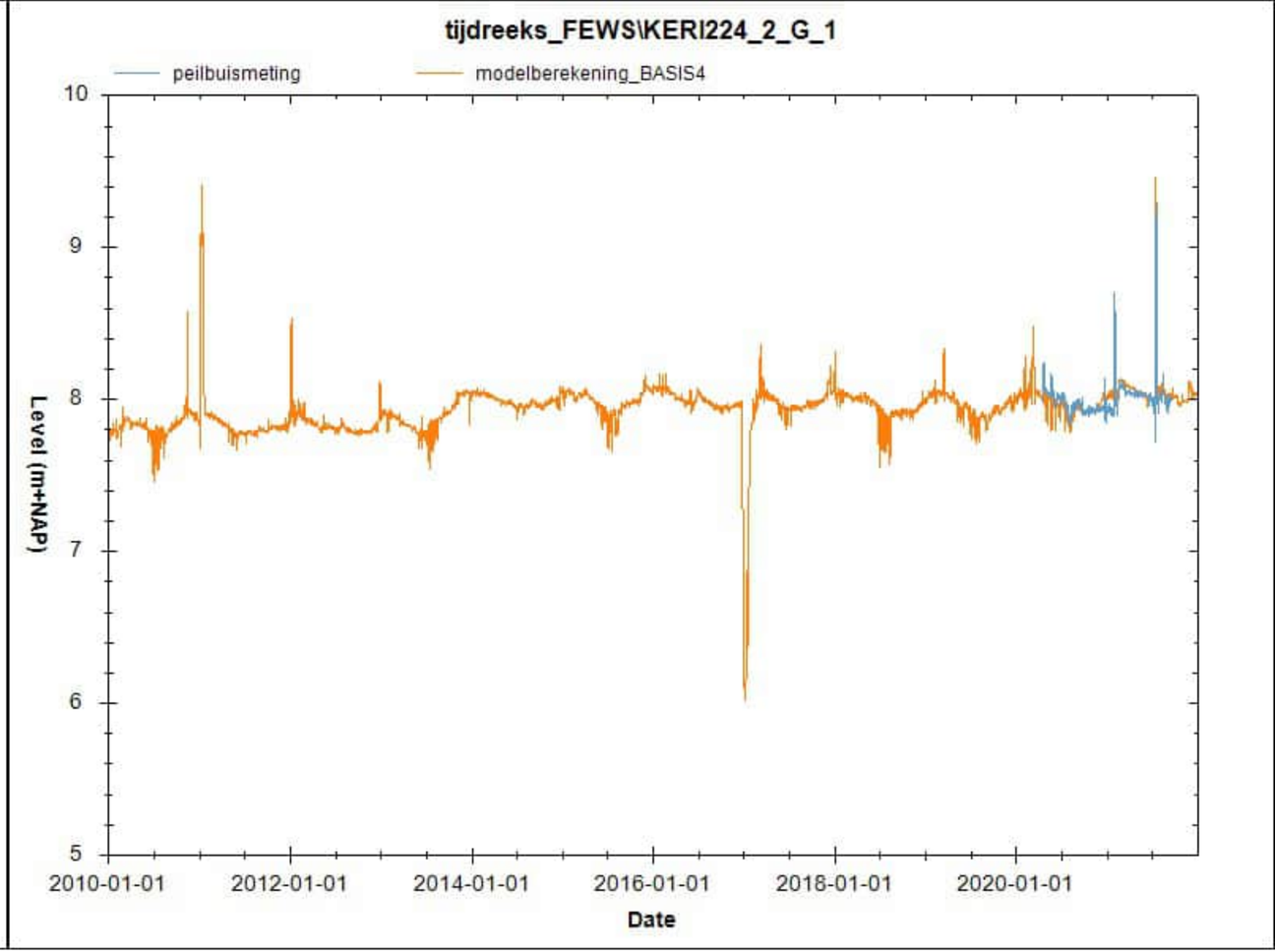
B1.112 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



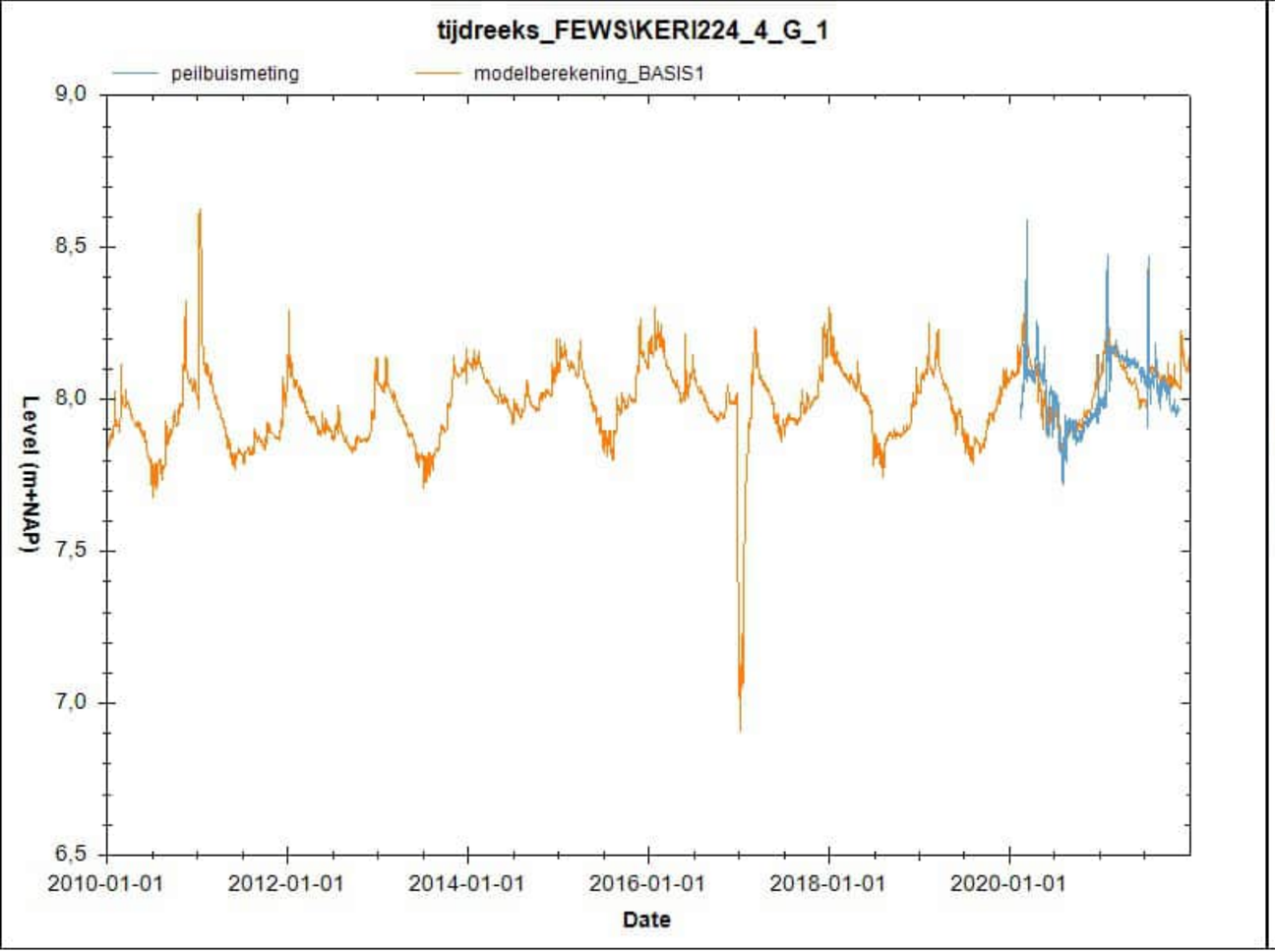


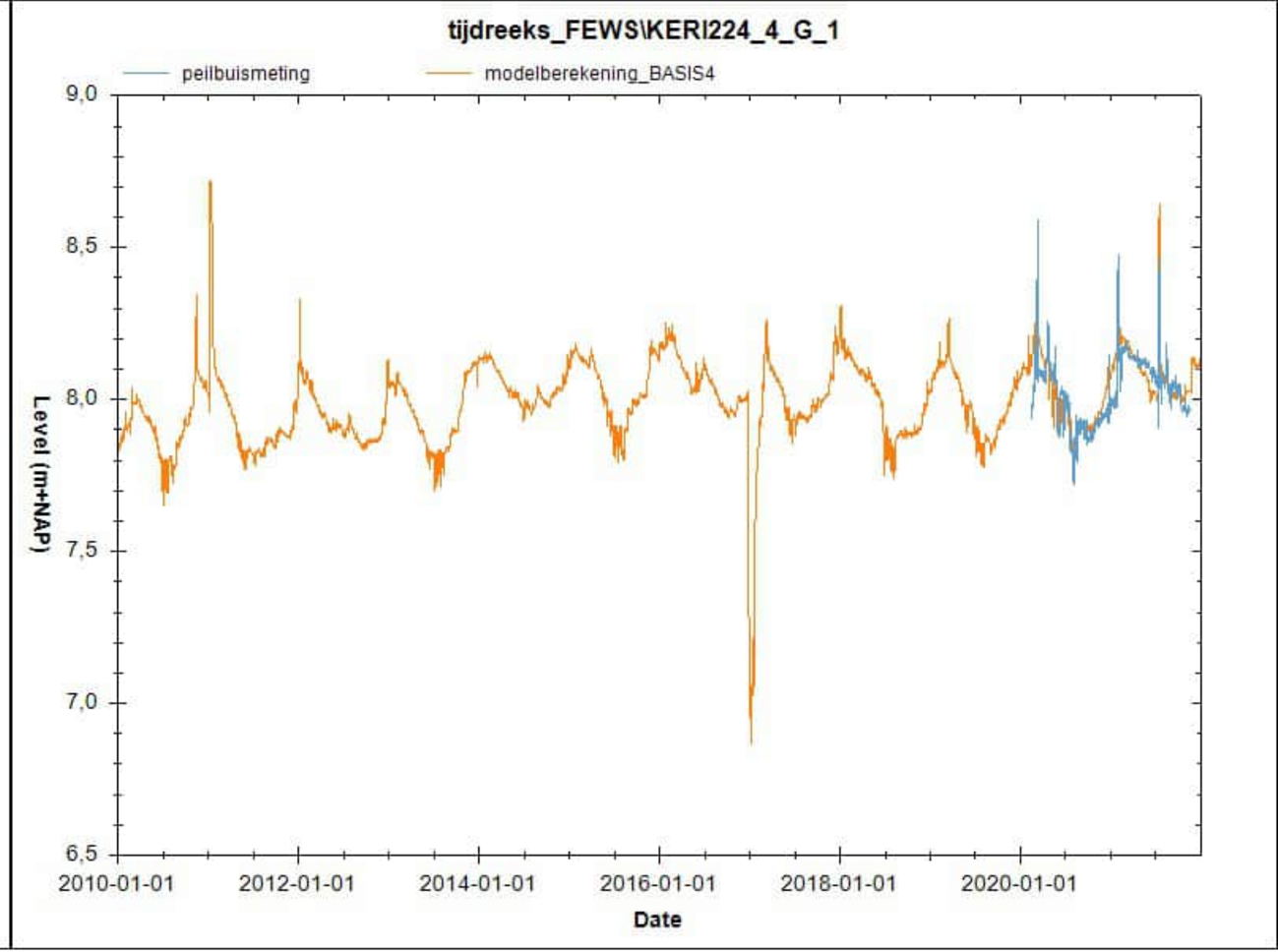
B1.113 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



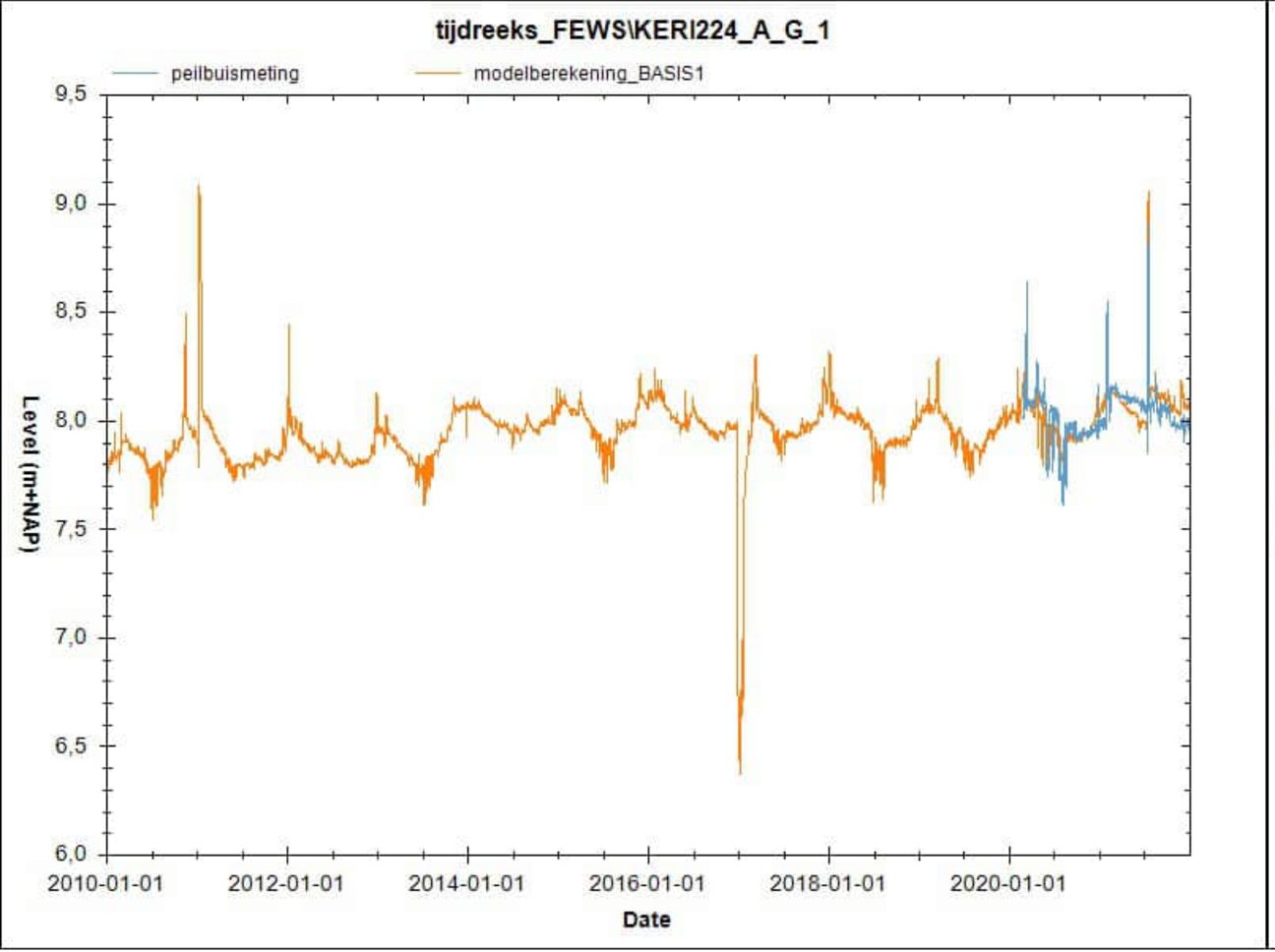


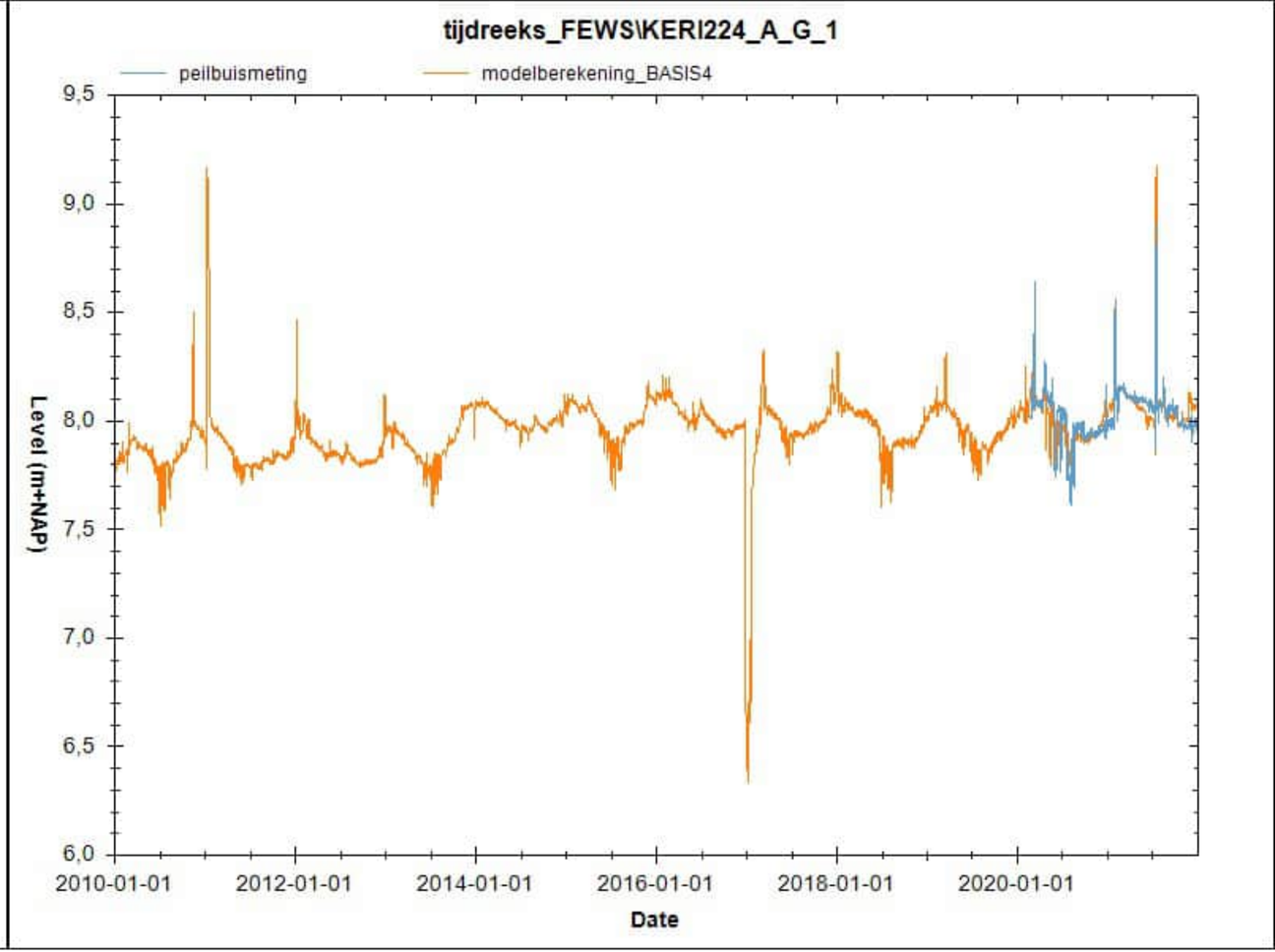
B1.114 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



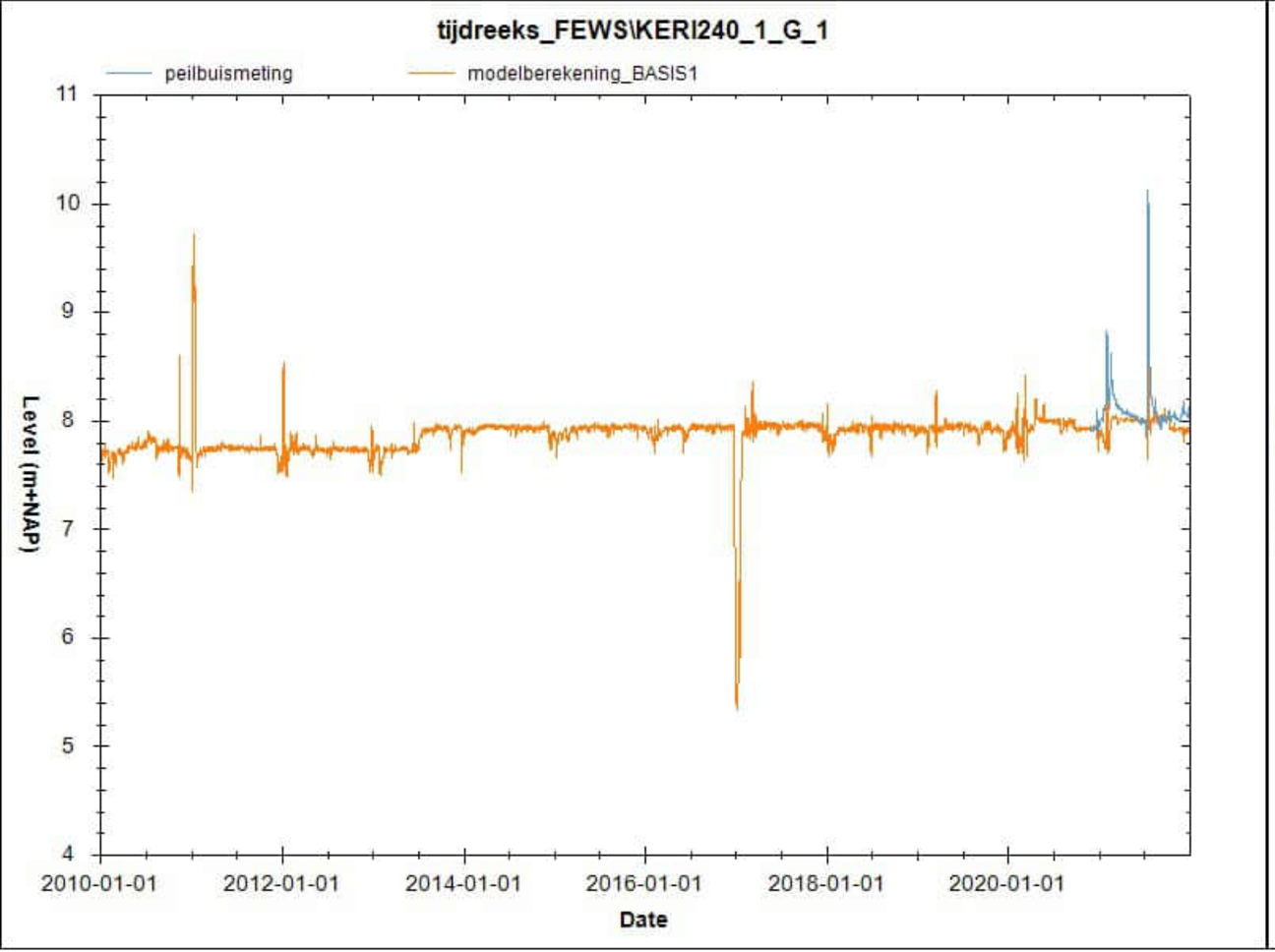


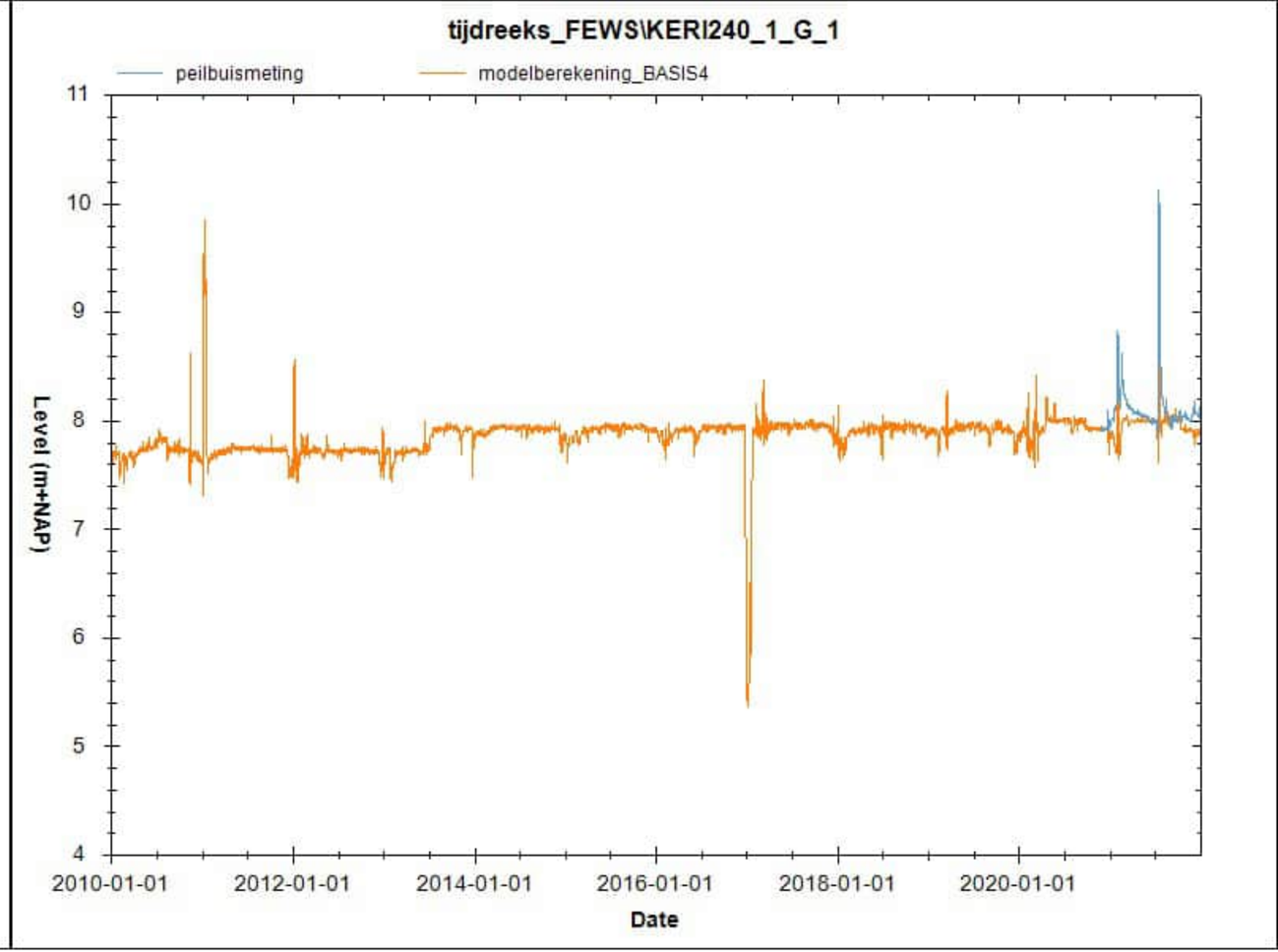
B1.115 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



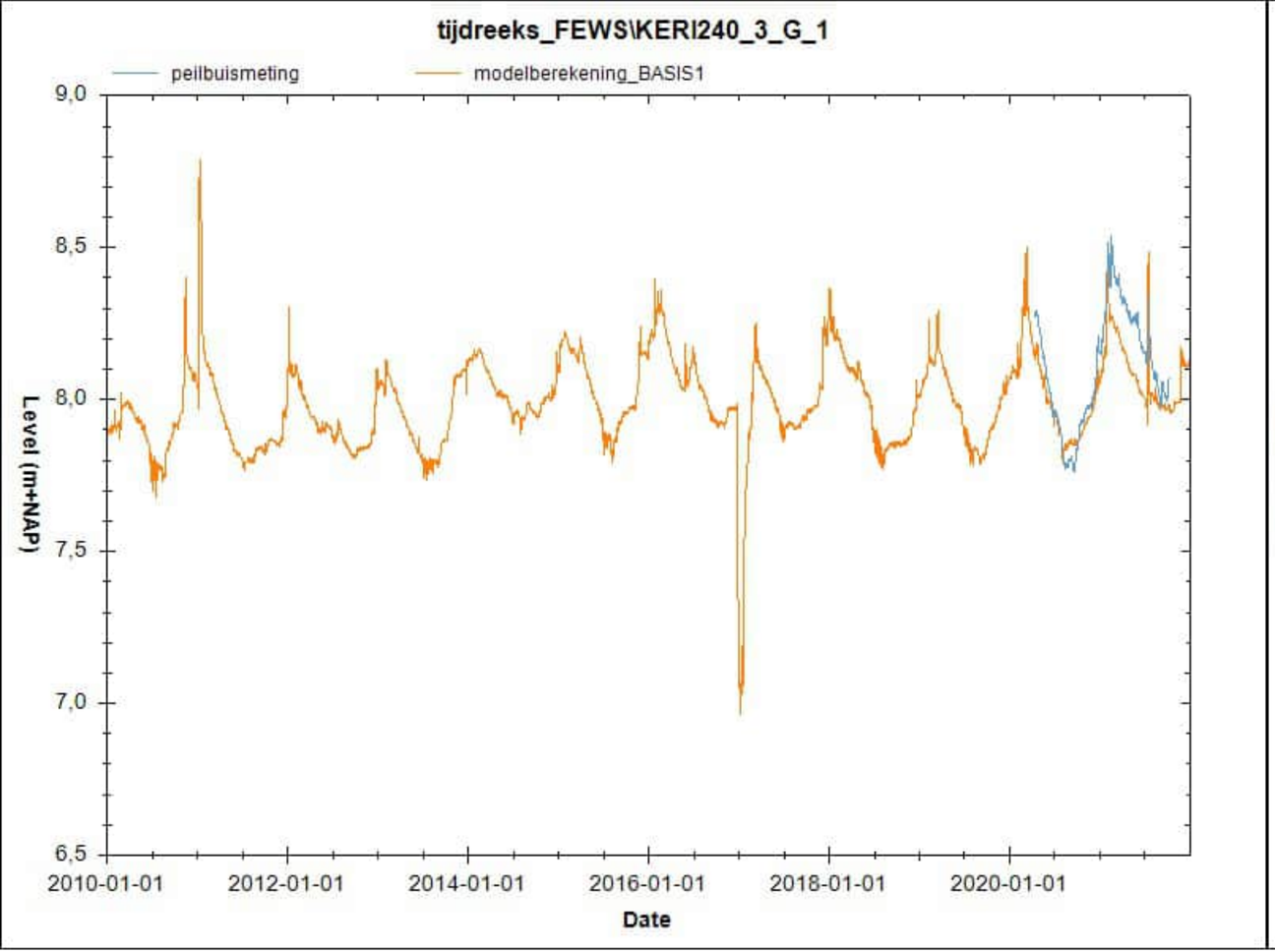


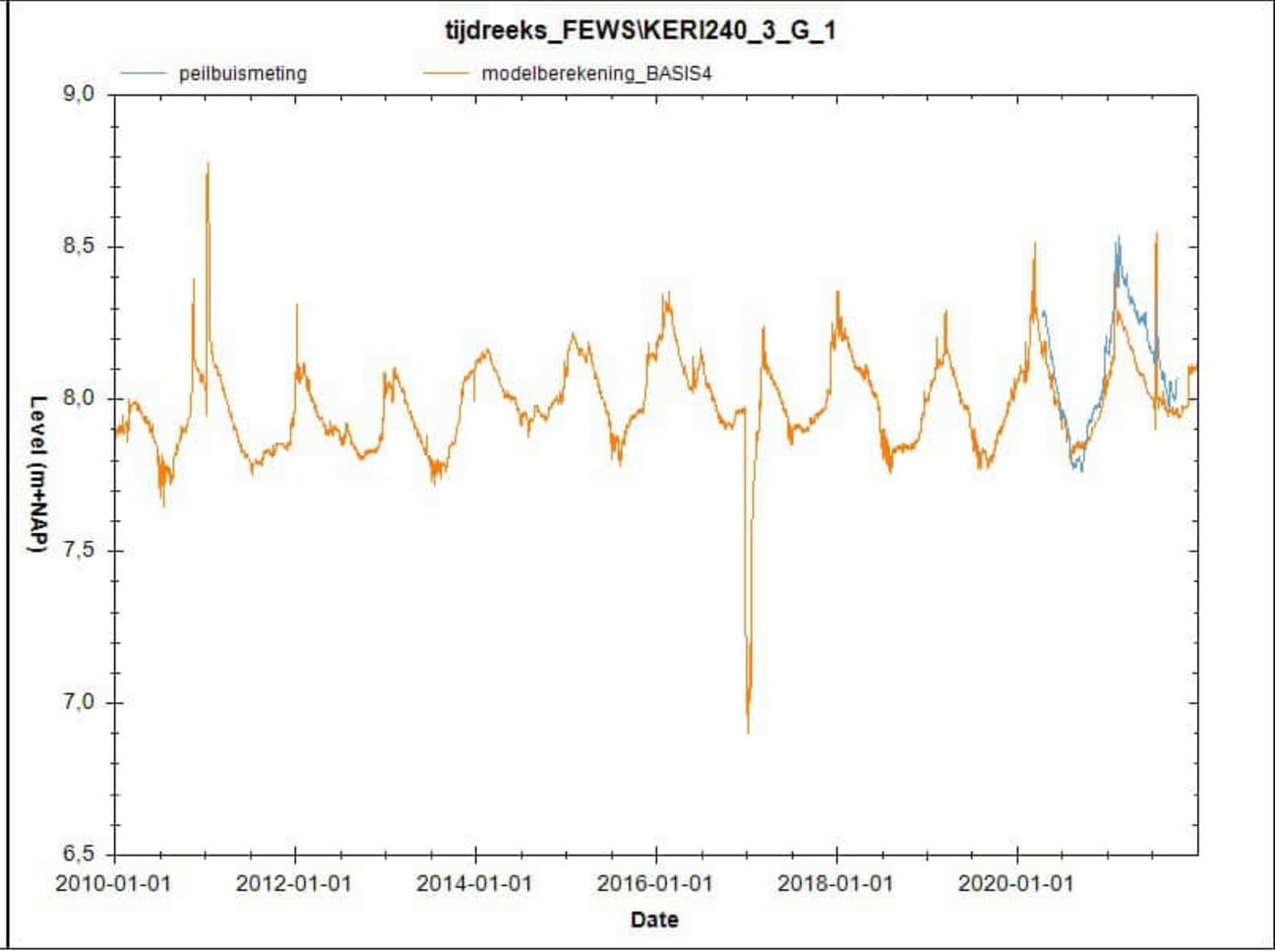
B1.116 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



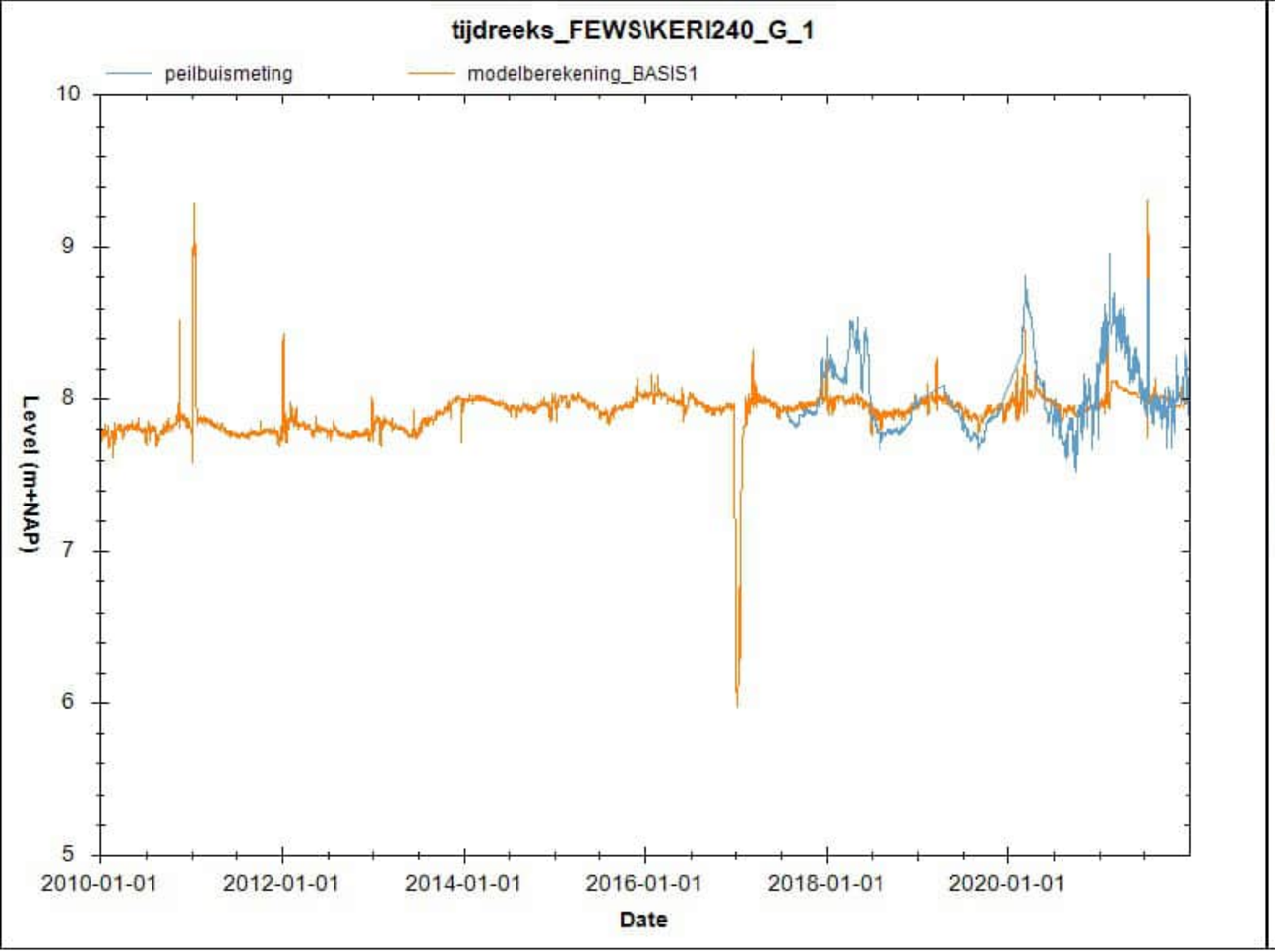


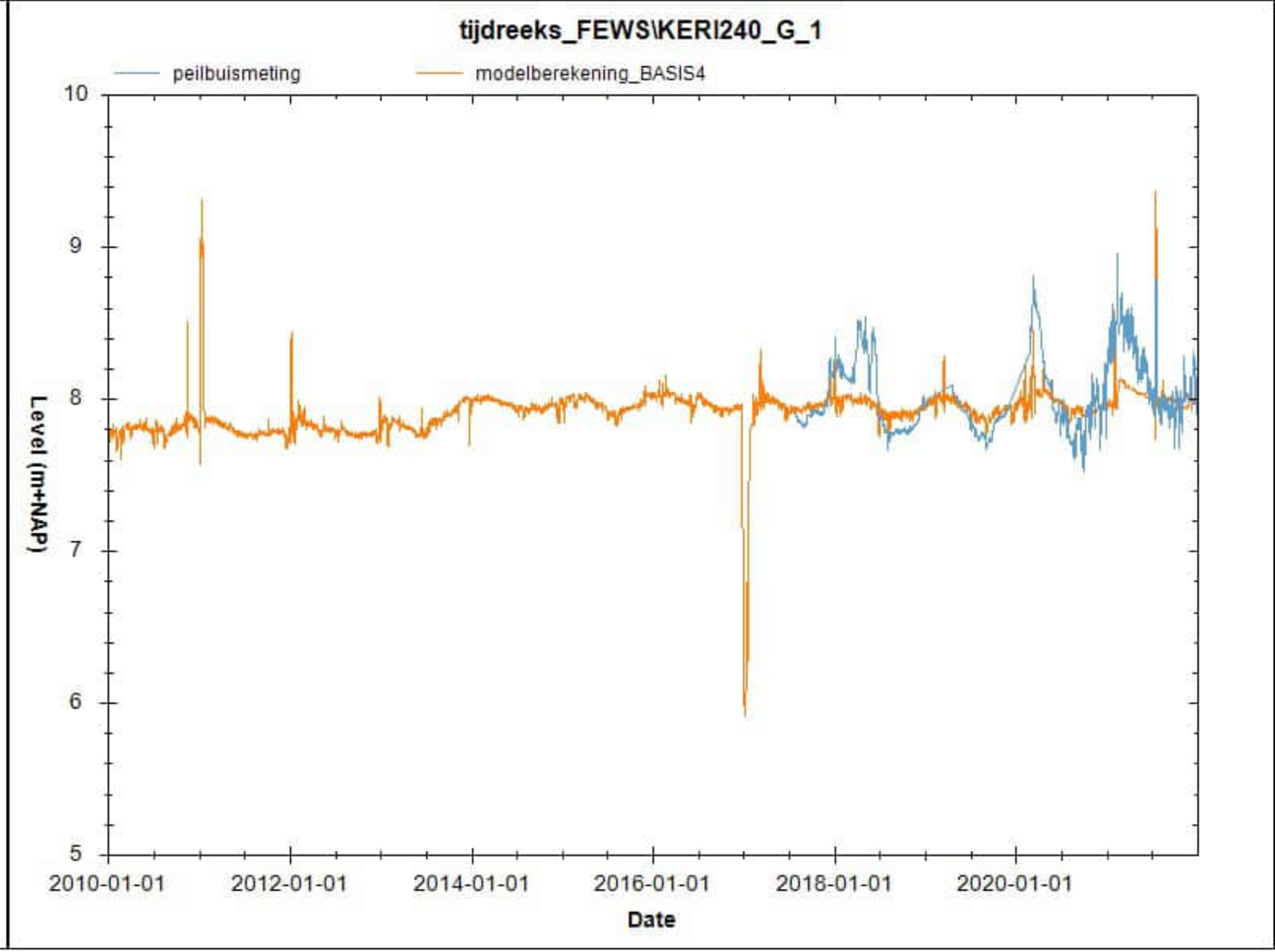
B1.117 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



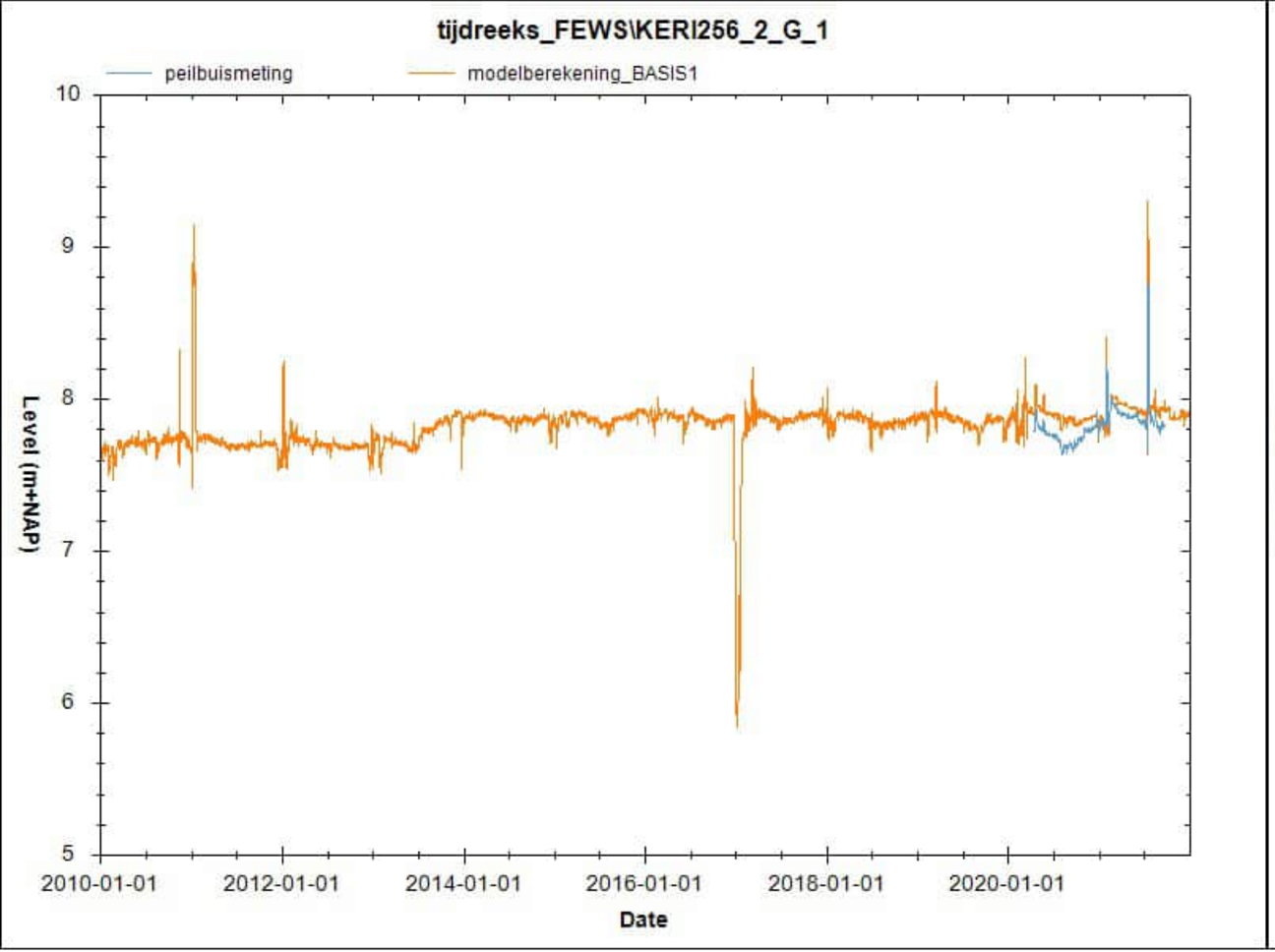


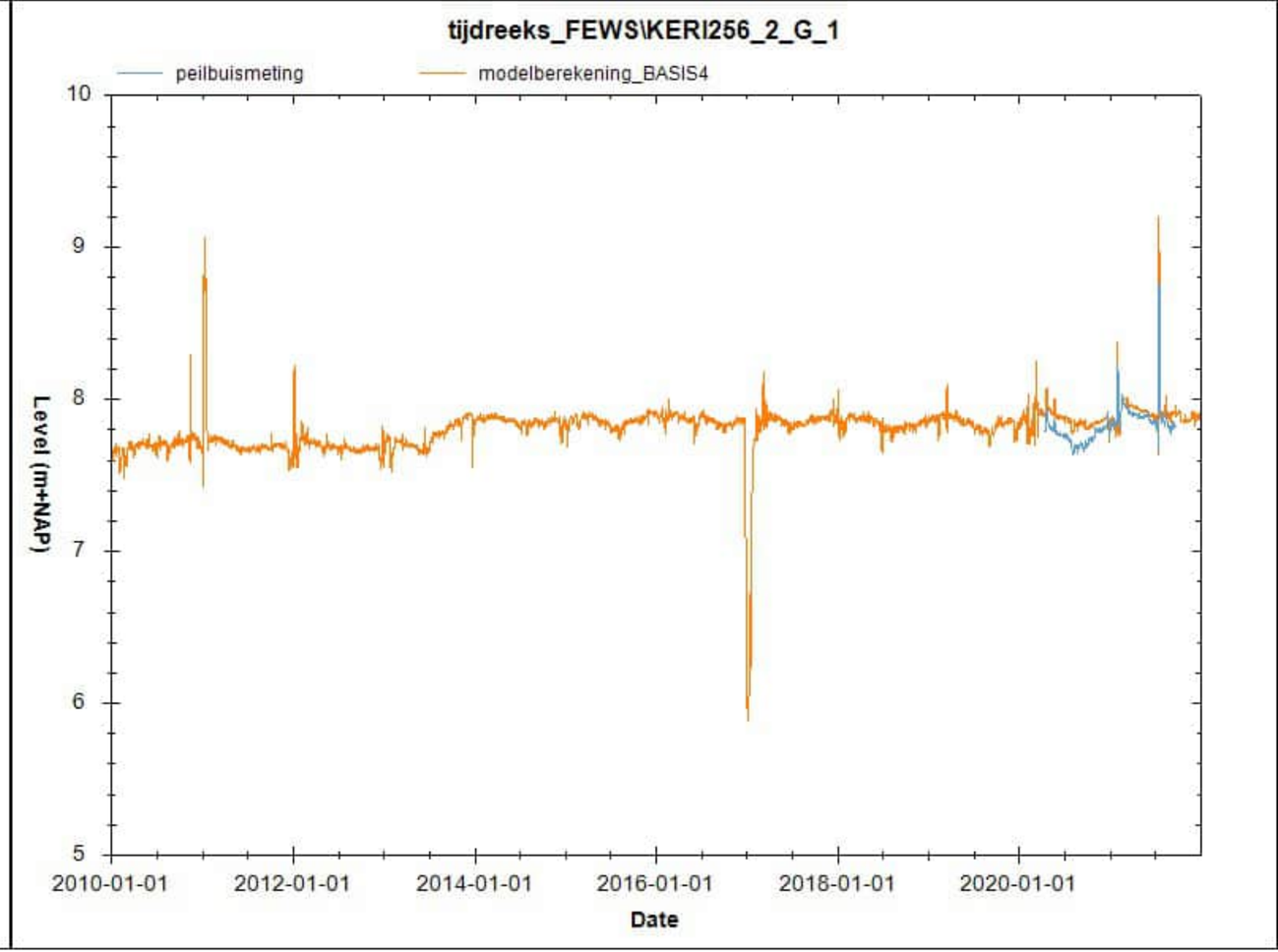
B1.118 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



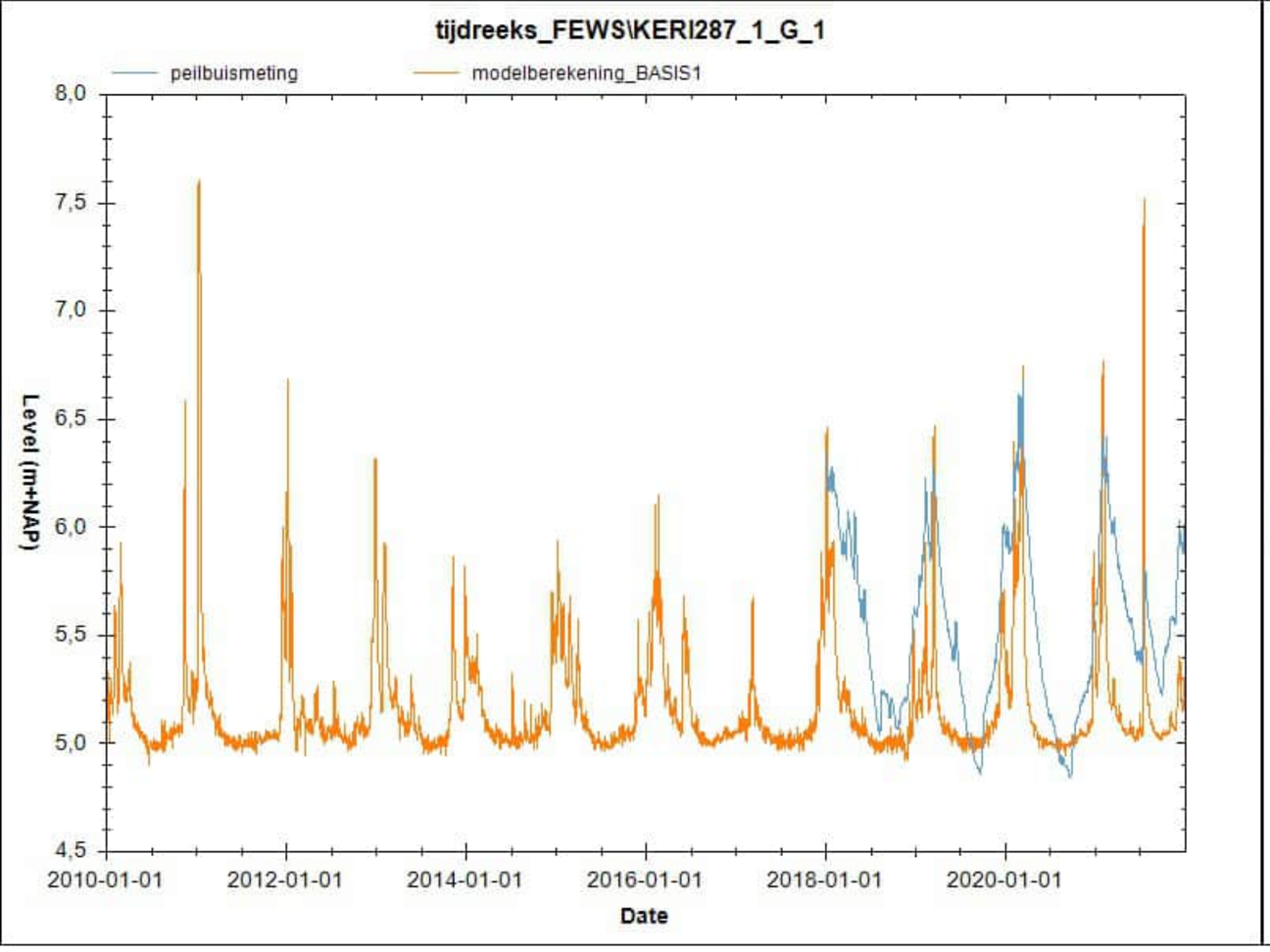


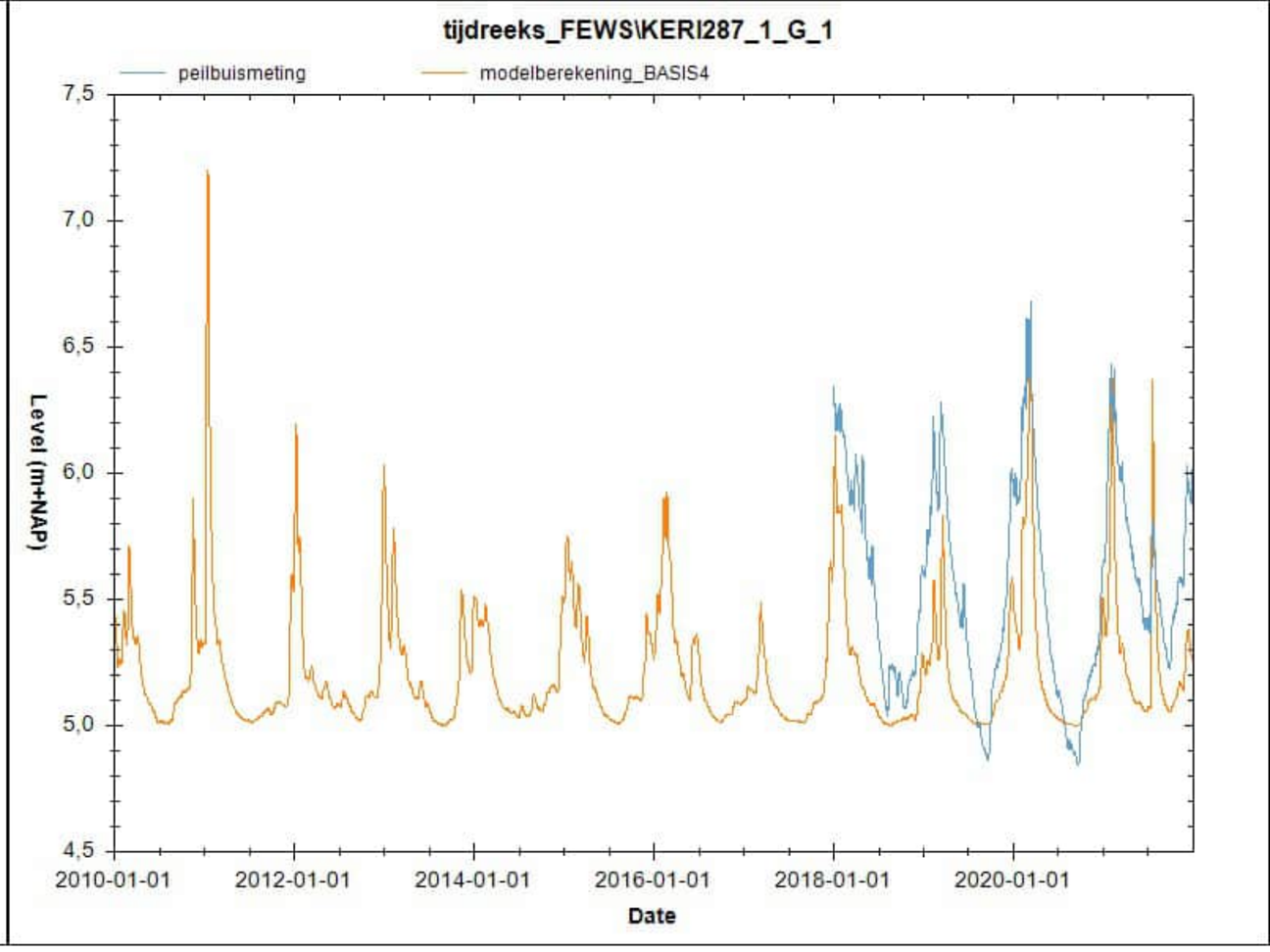
B1.119 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



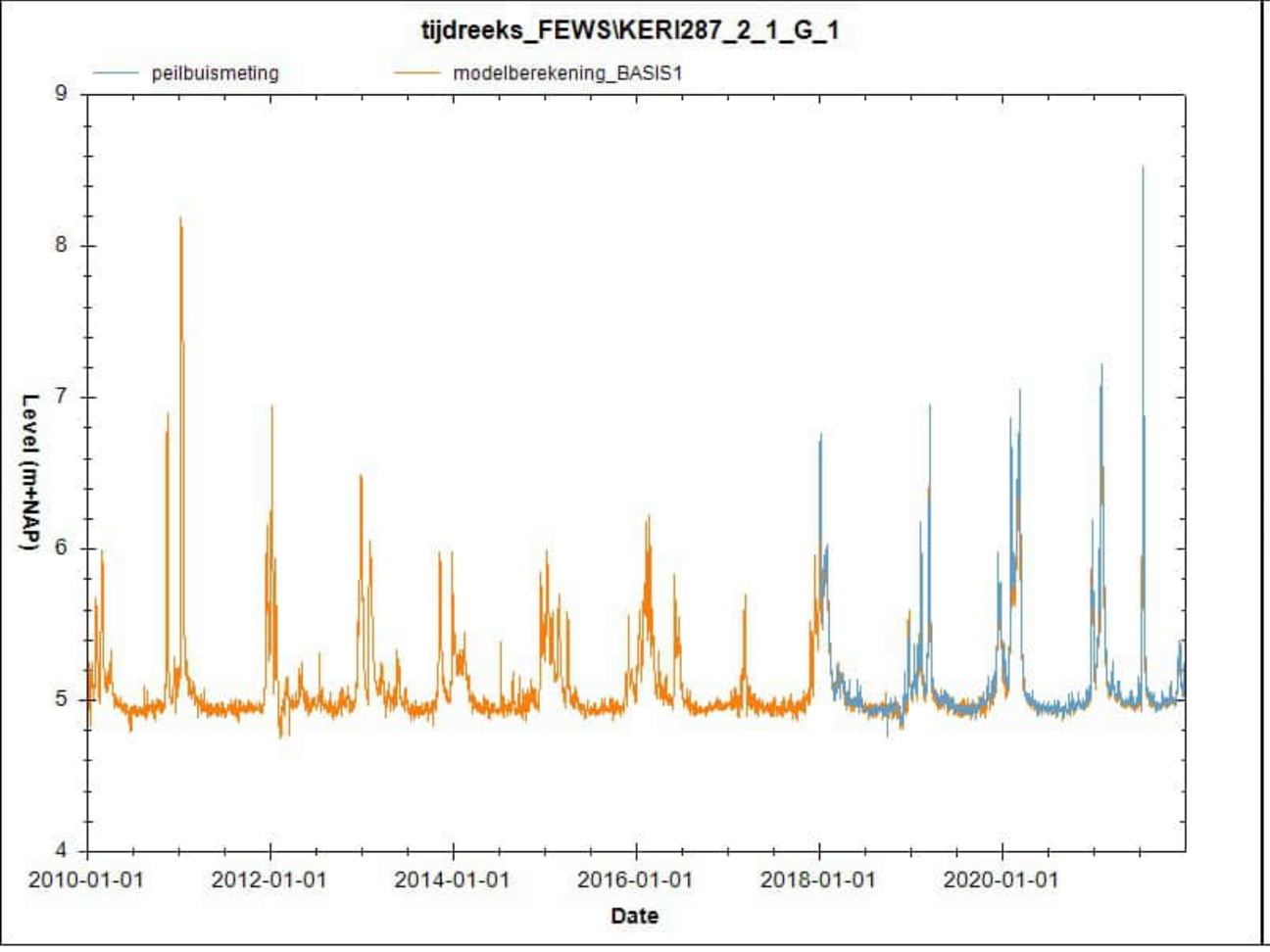


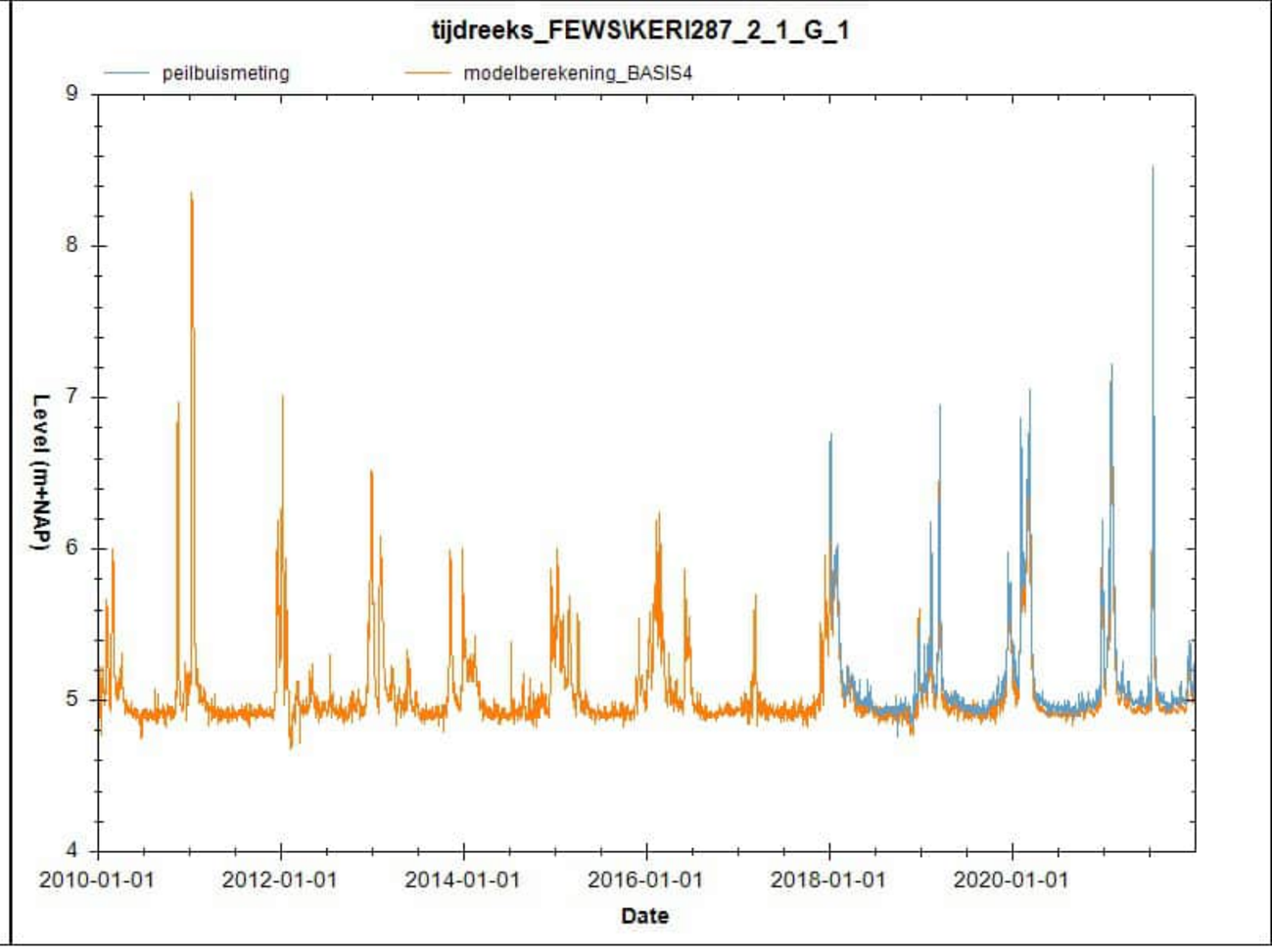
B1.120 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



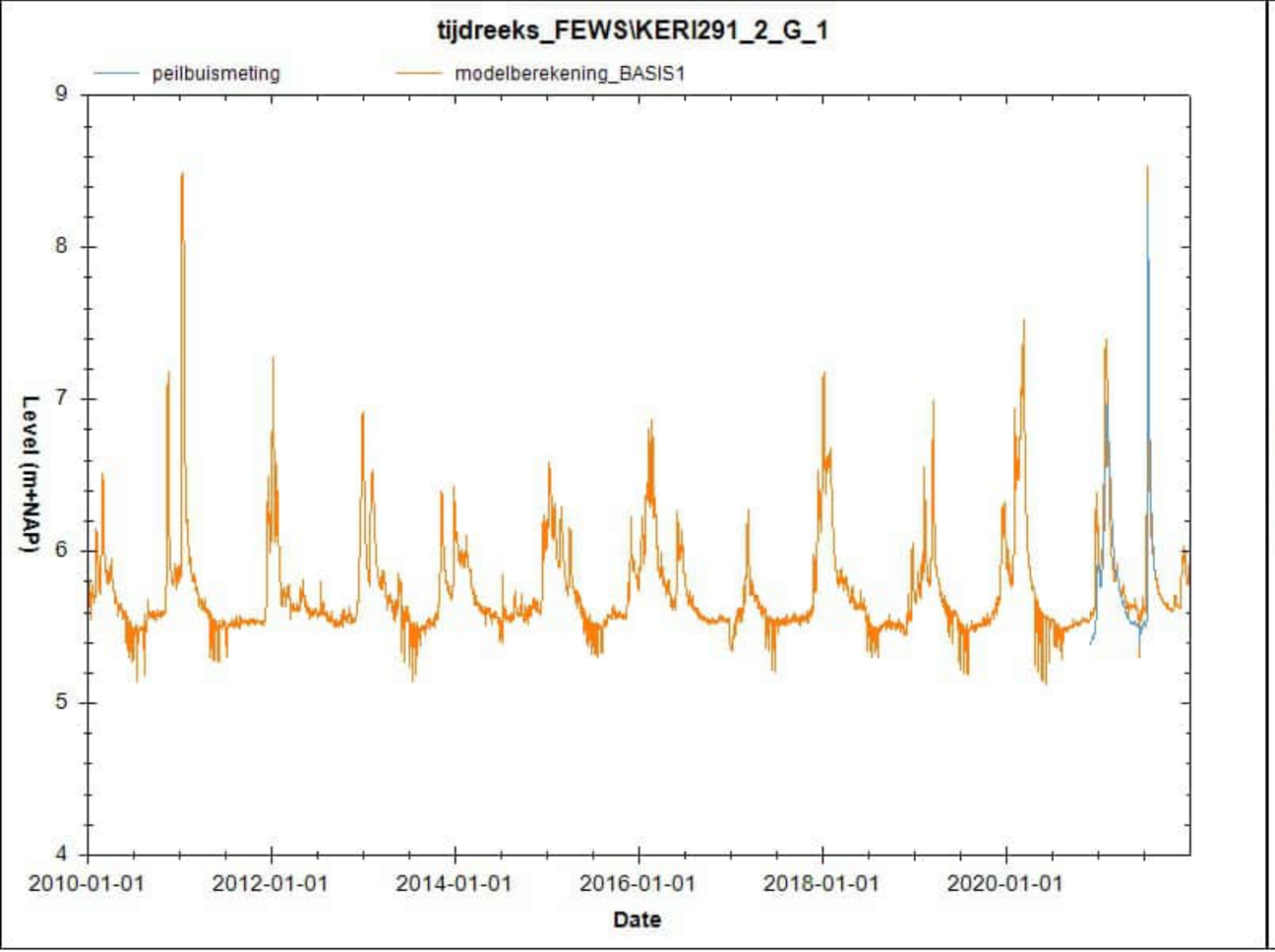


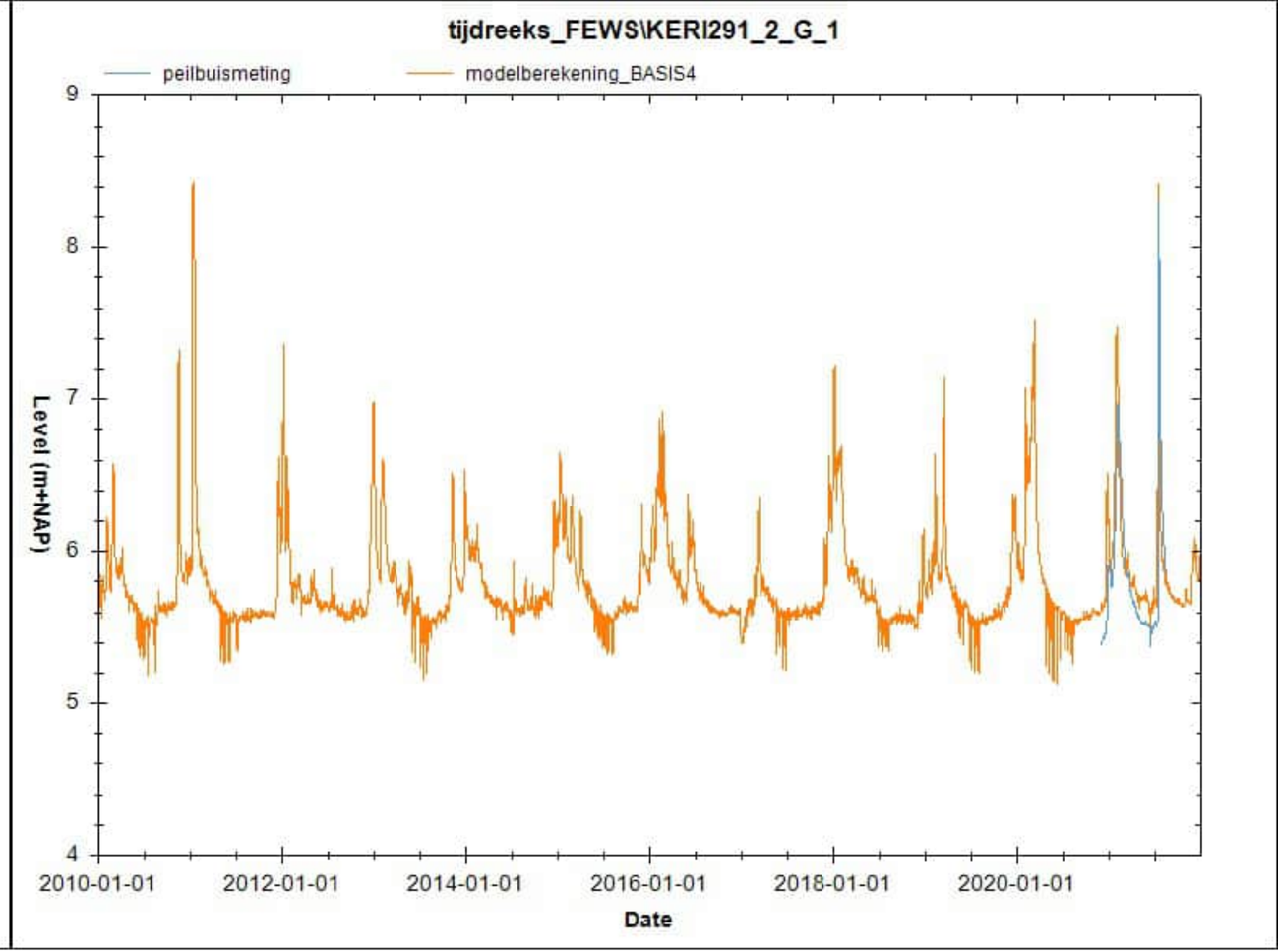
B1.121 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



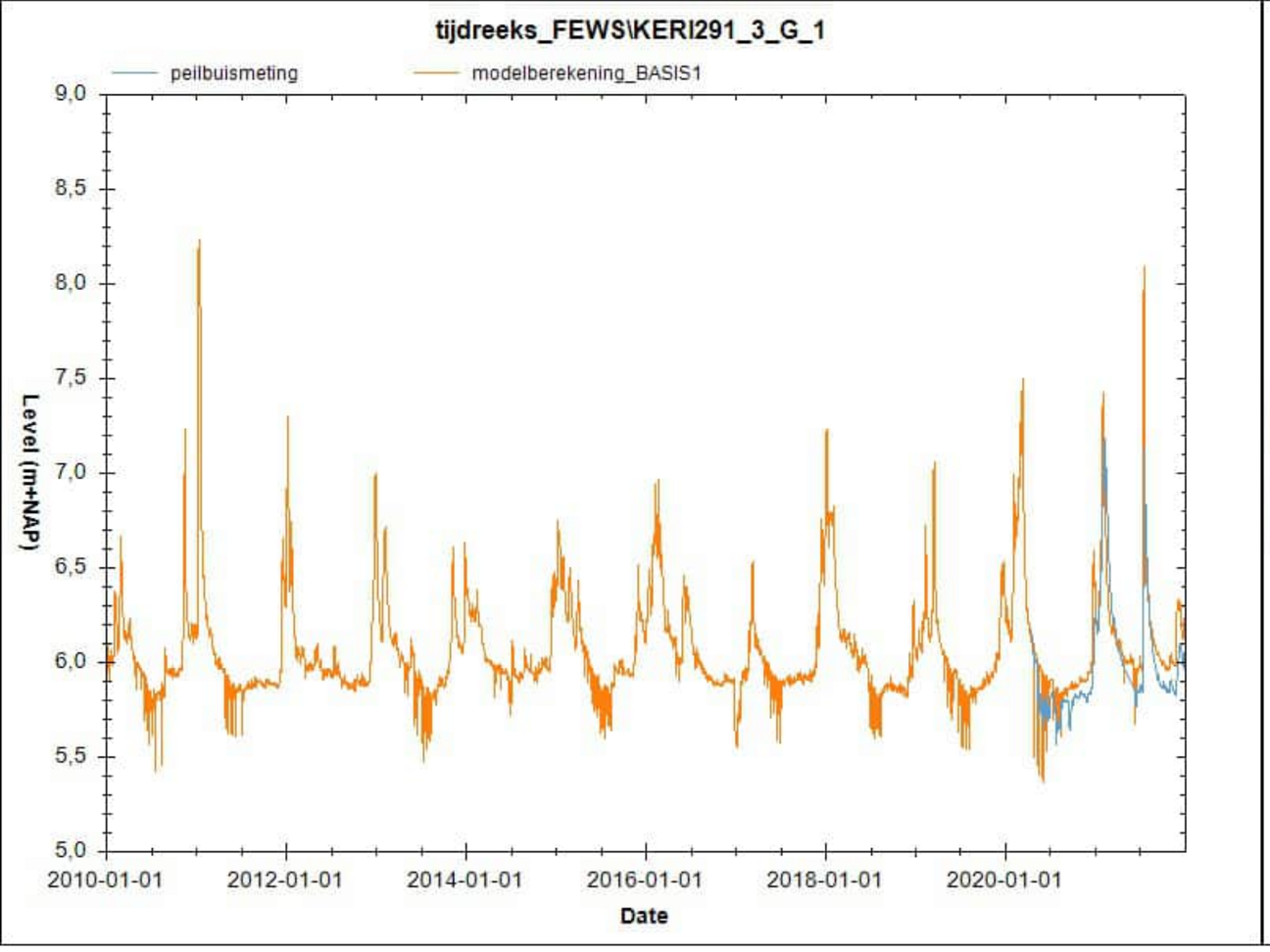


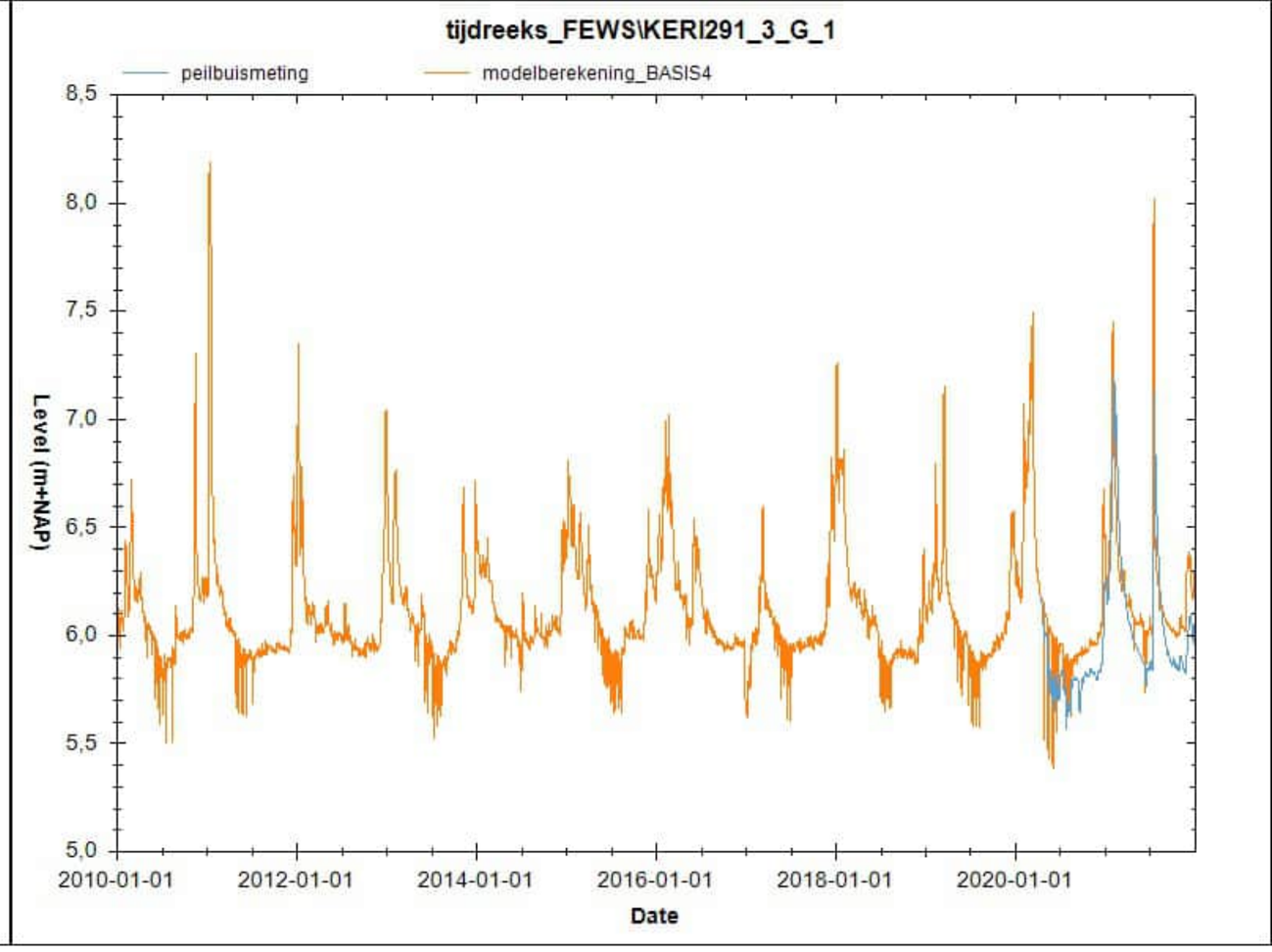
B1.122 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



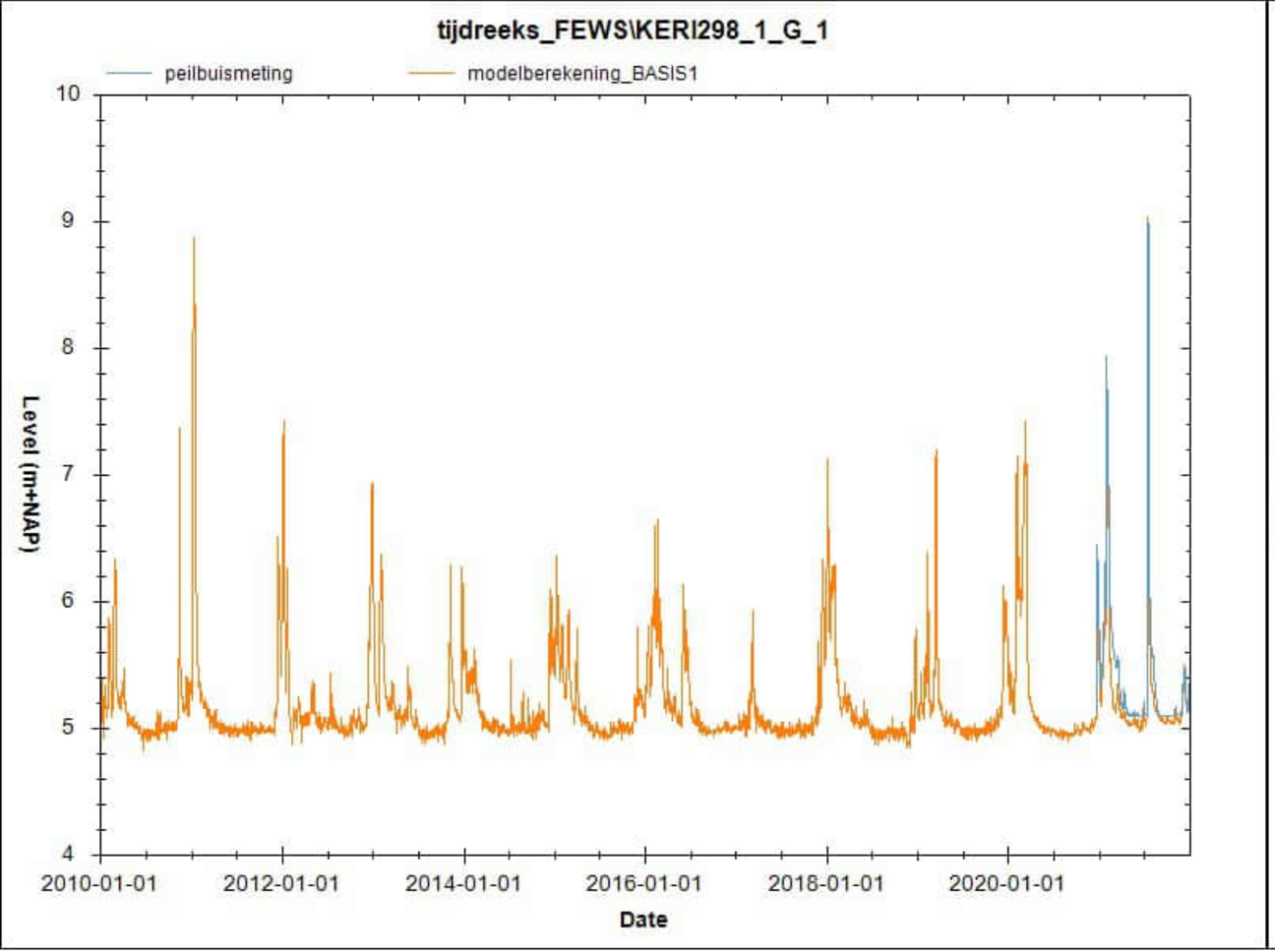


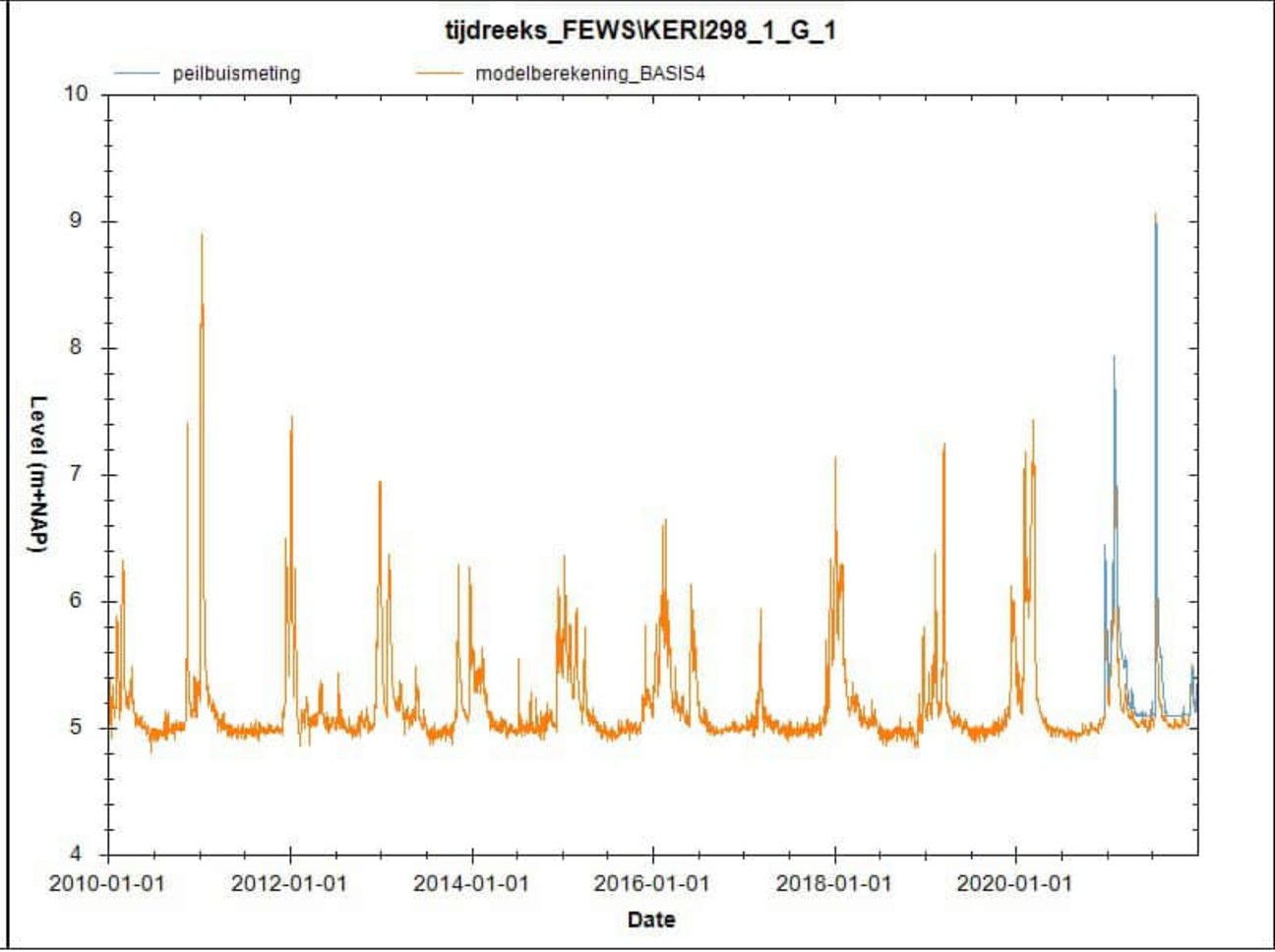
B1.123 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



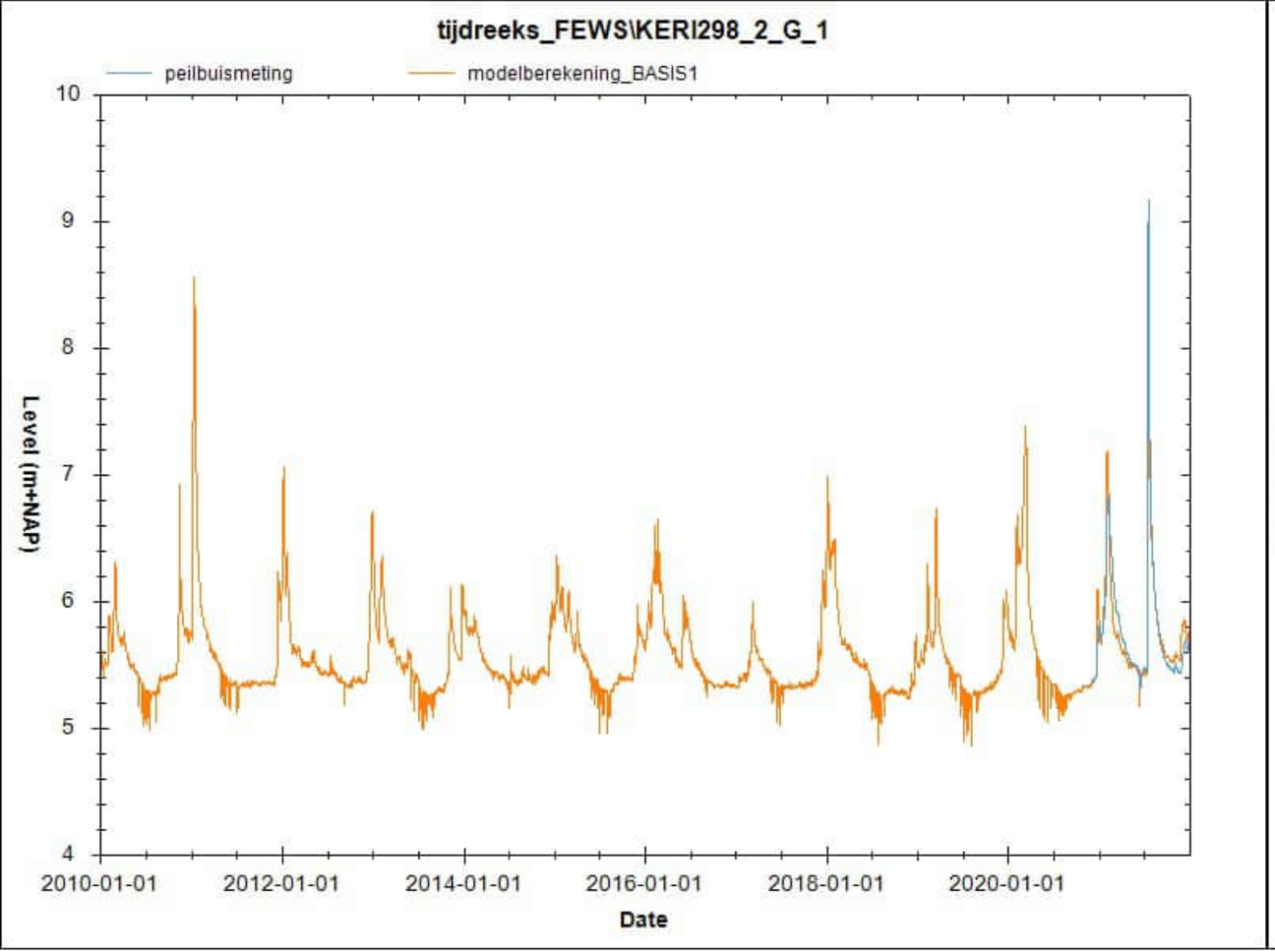


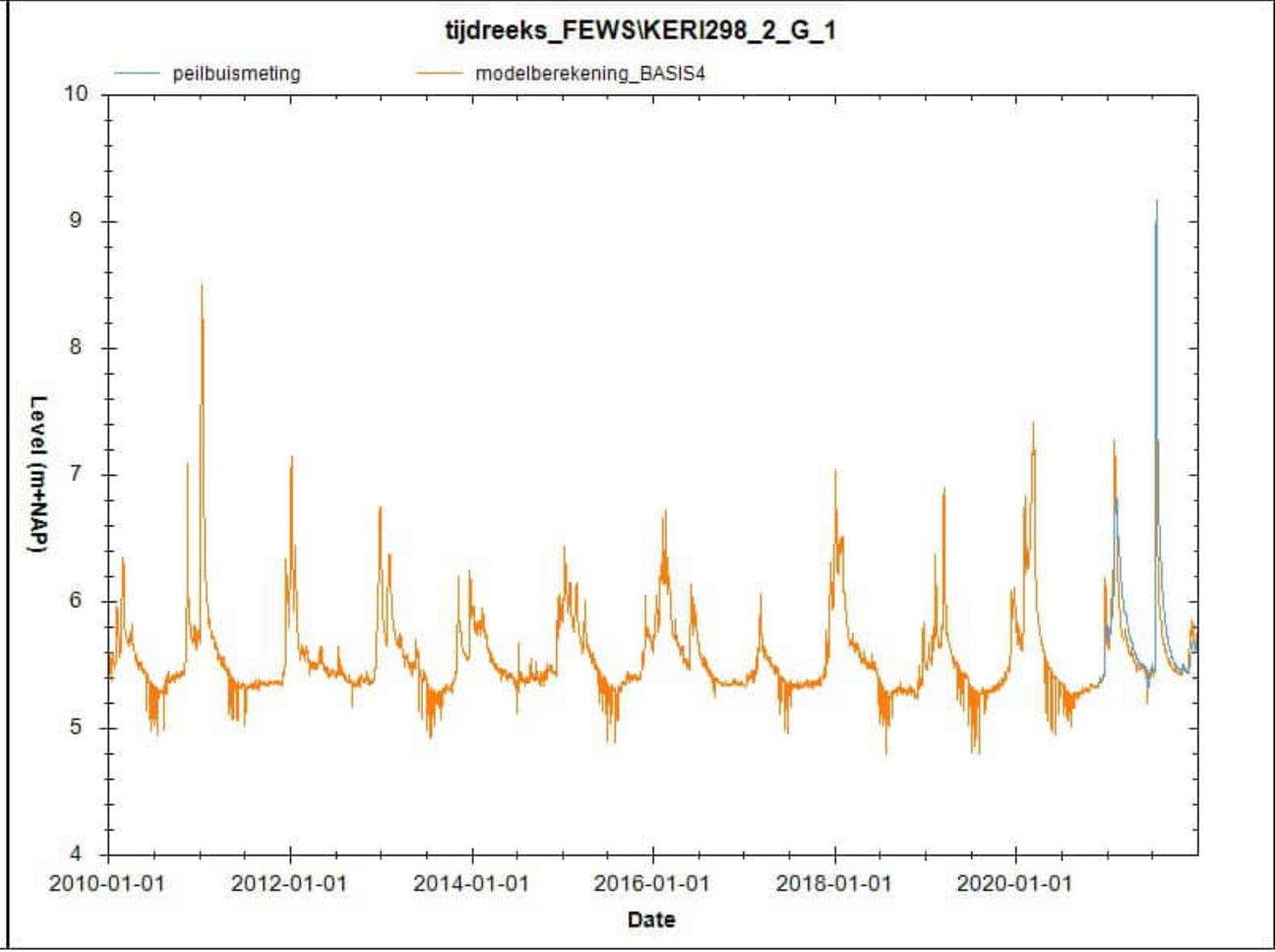
B1.124 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



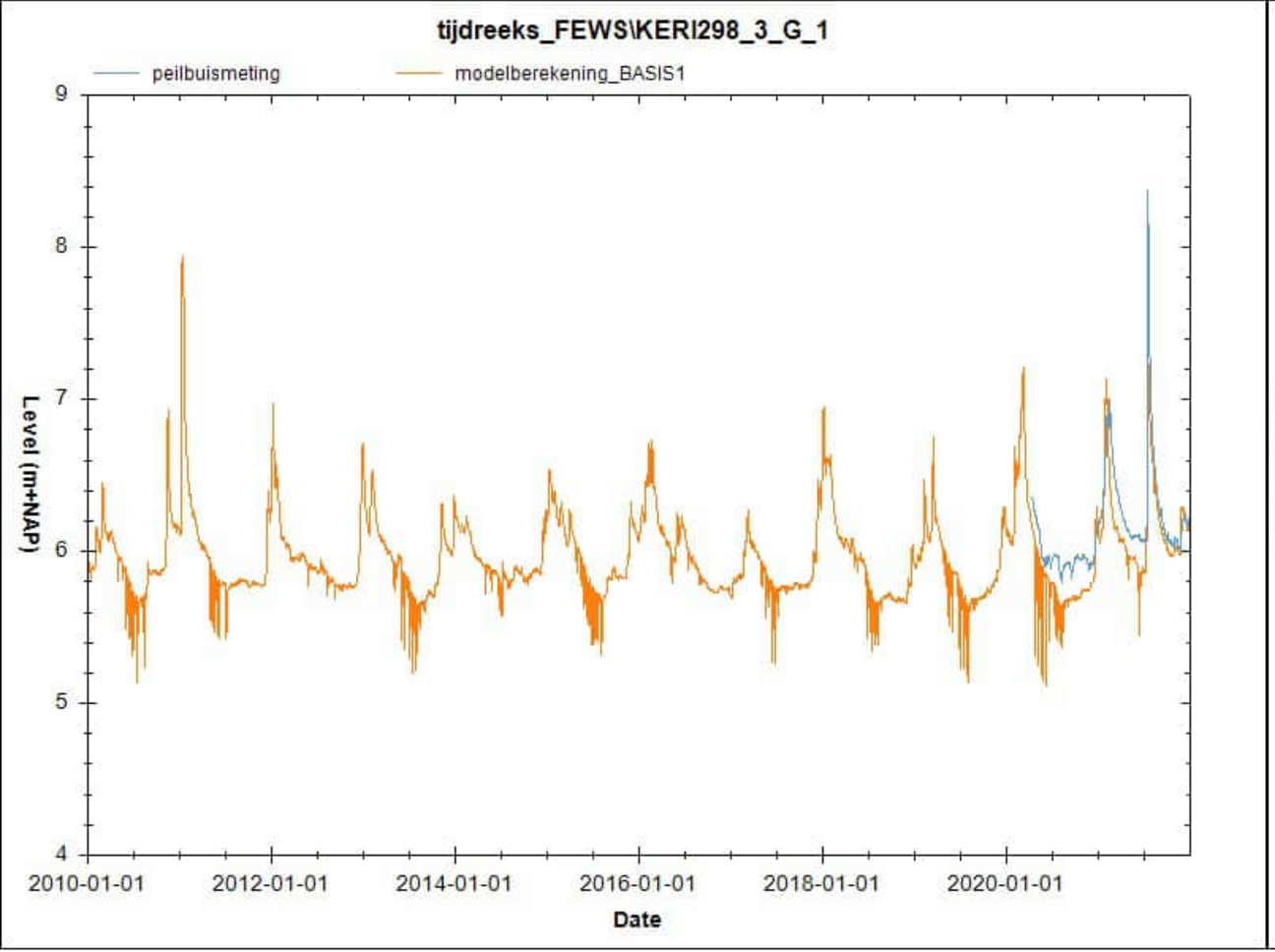


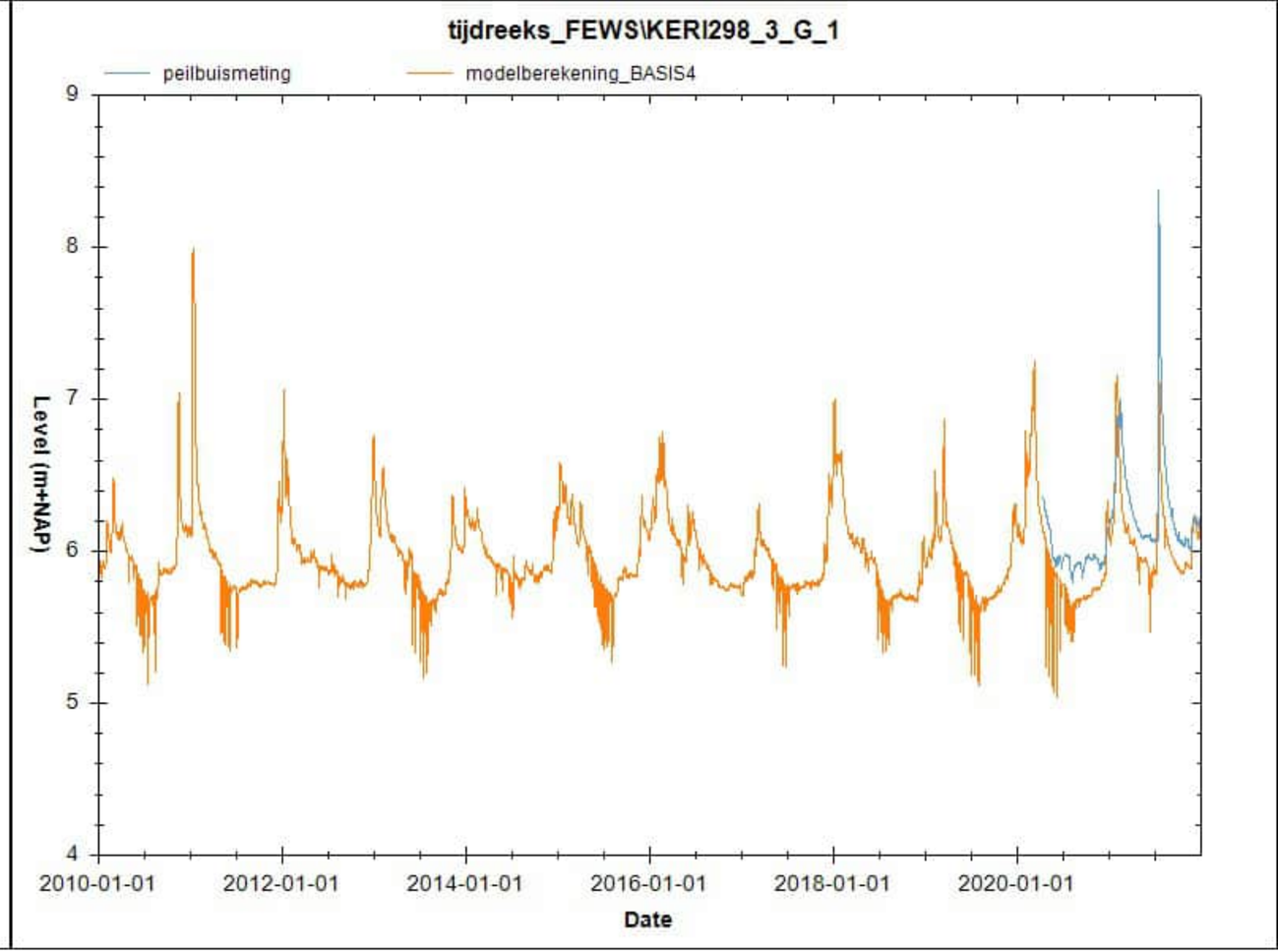
B1.125 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



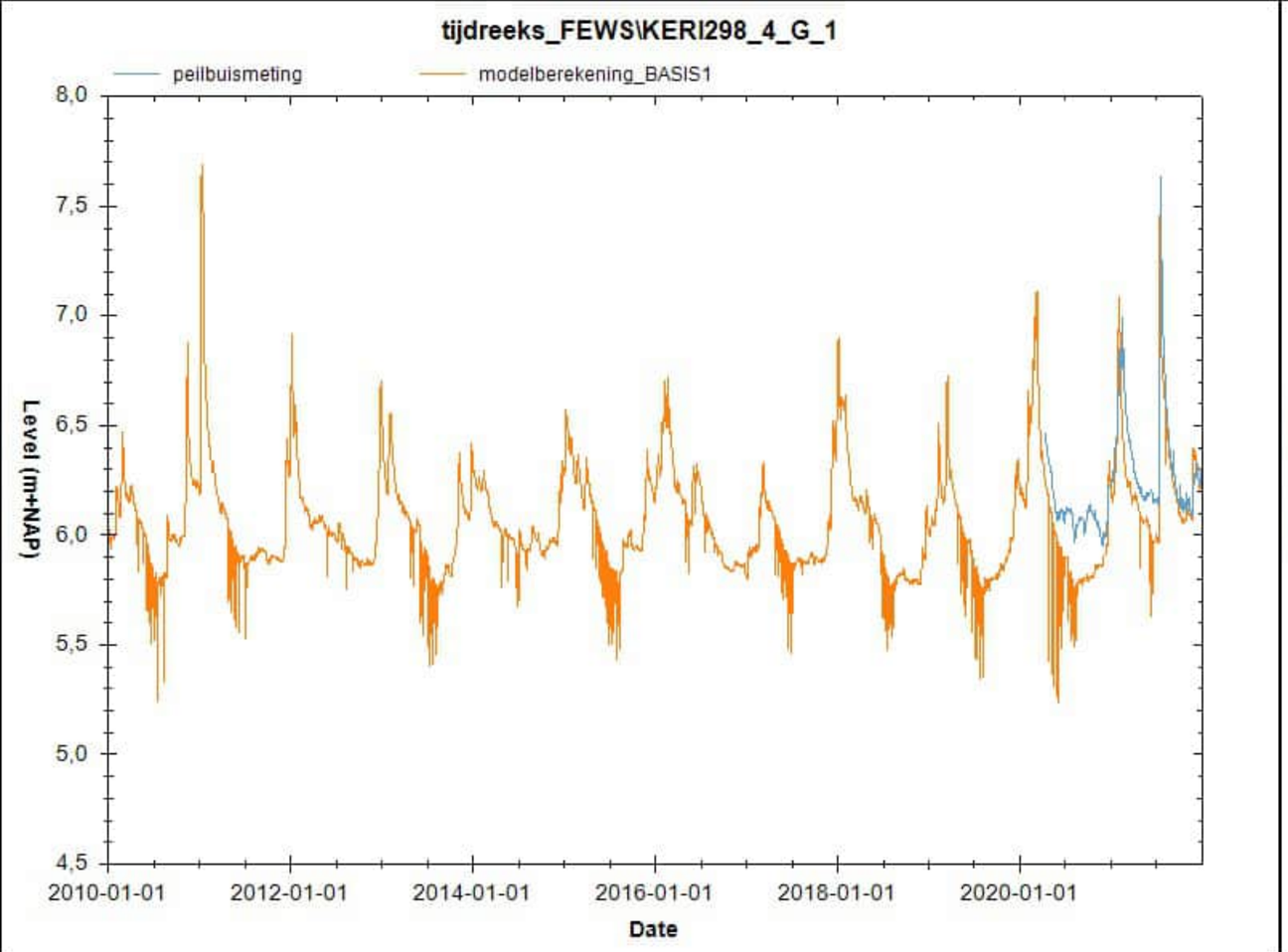


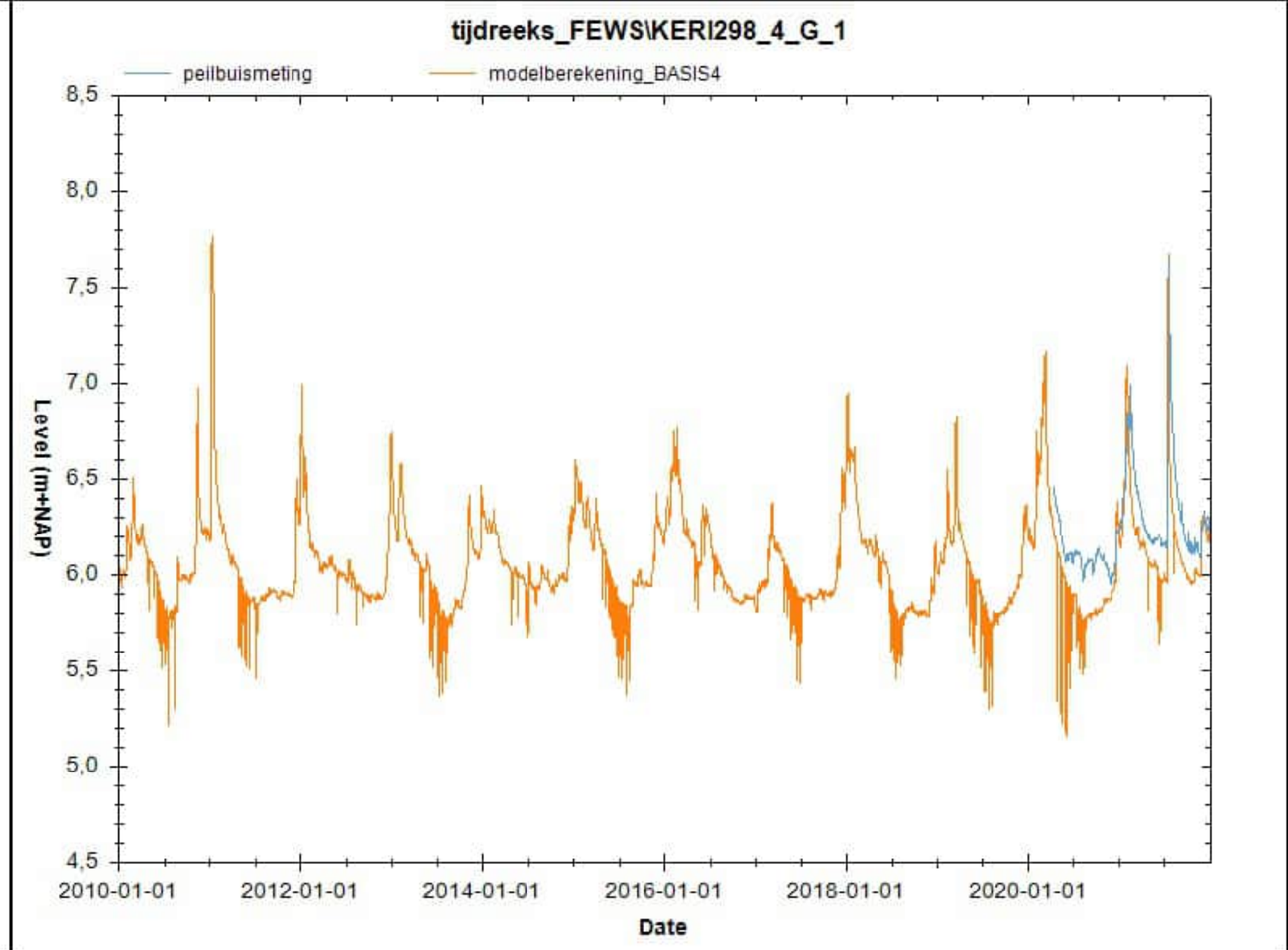
B1.126 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



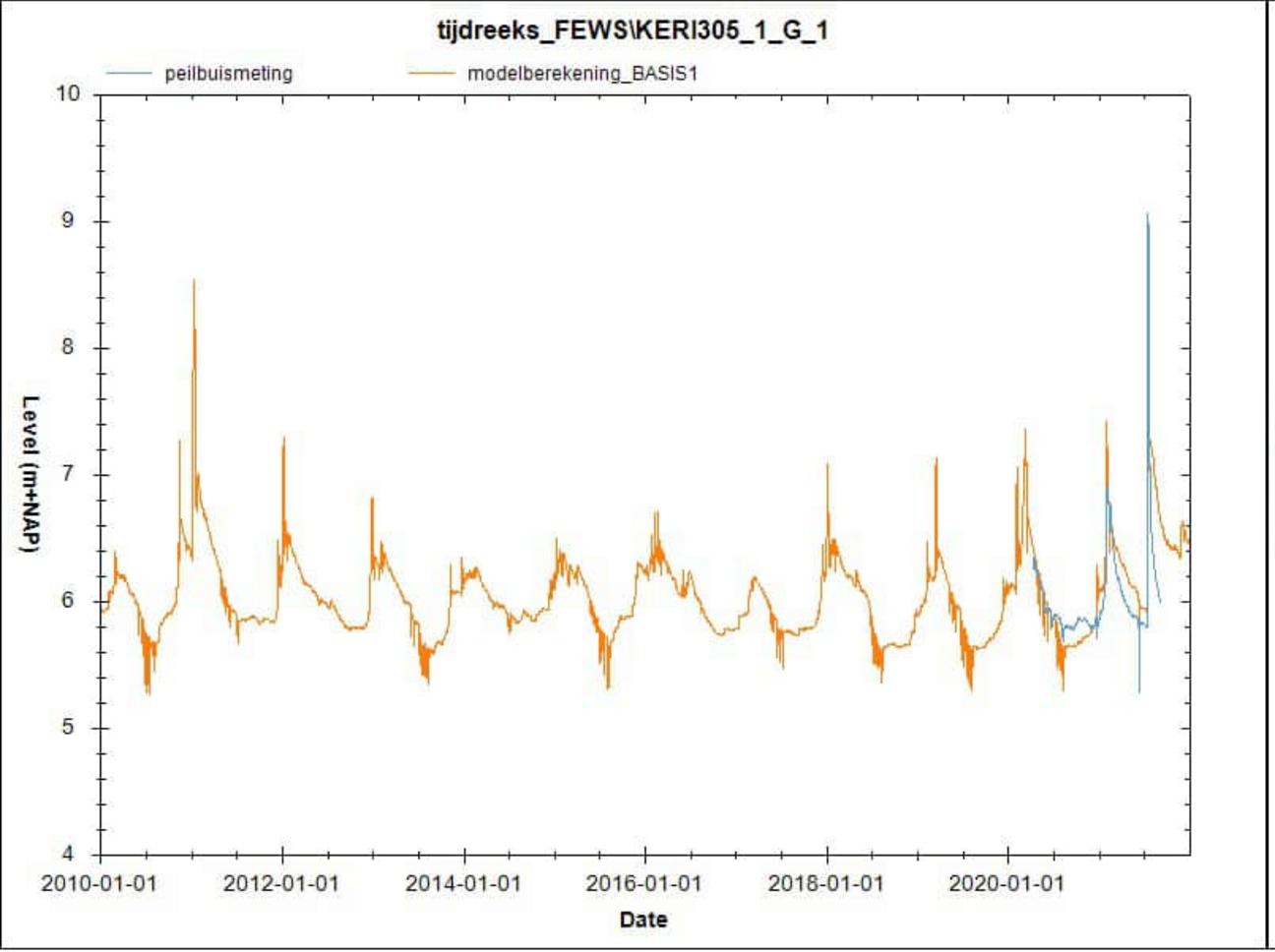


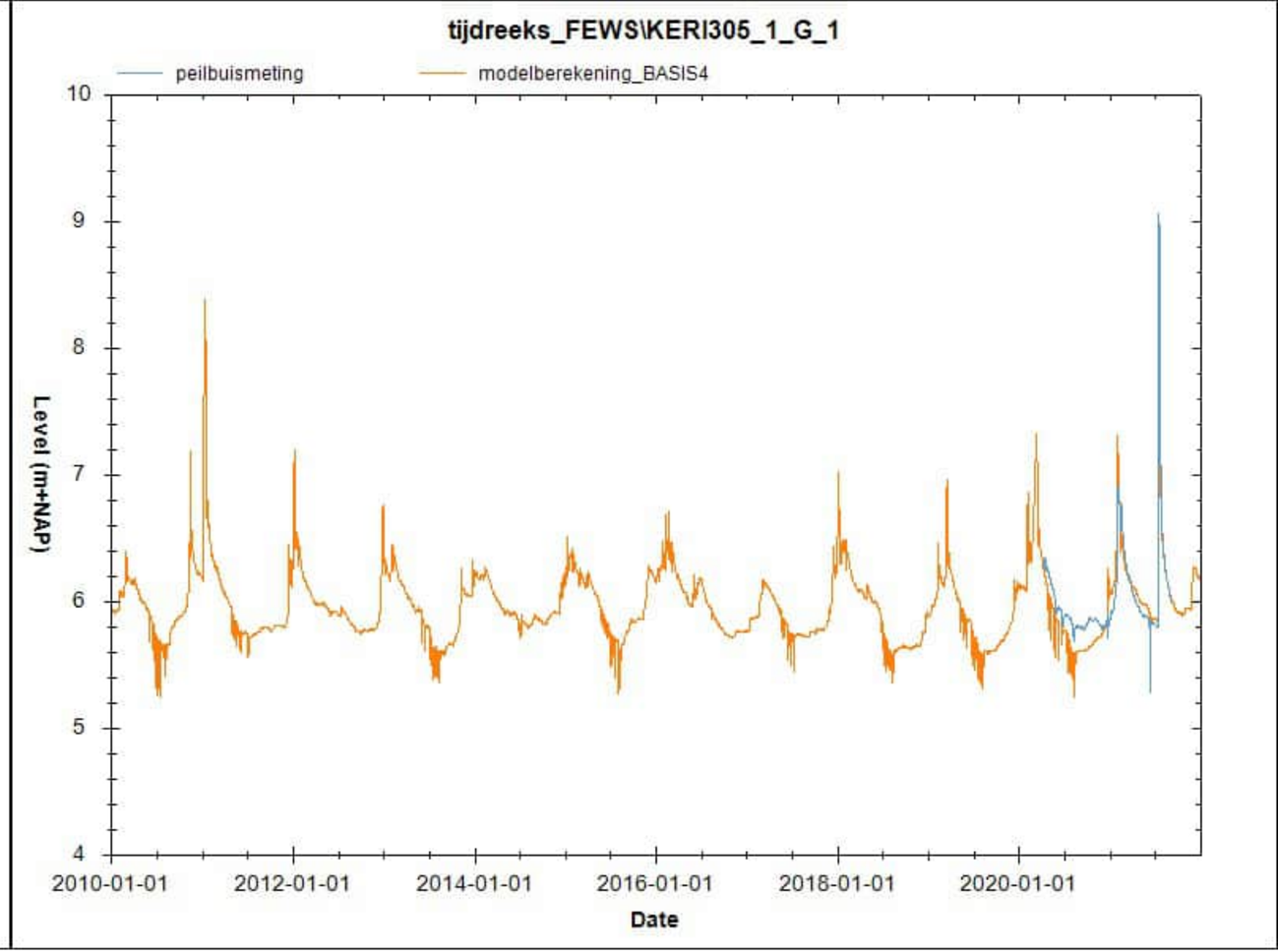
B1.127 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



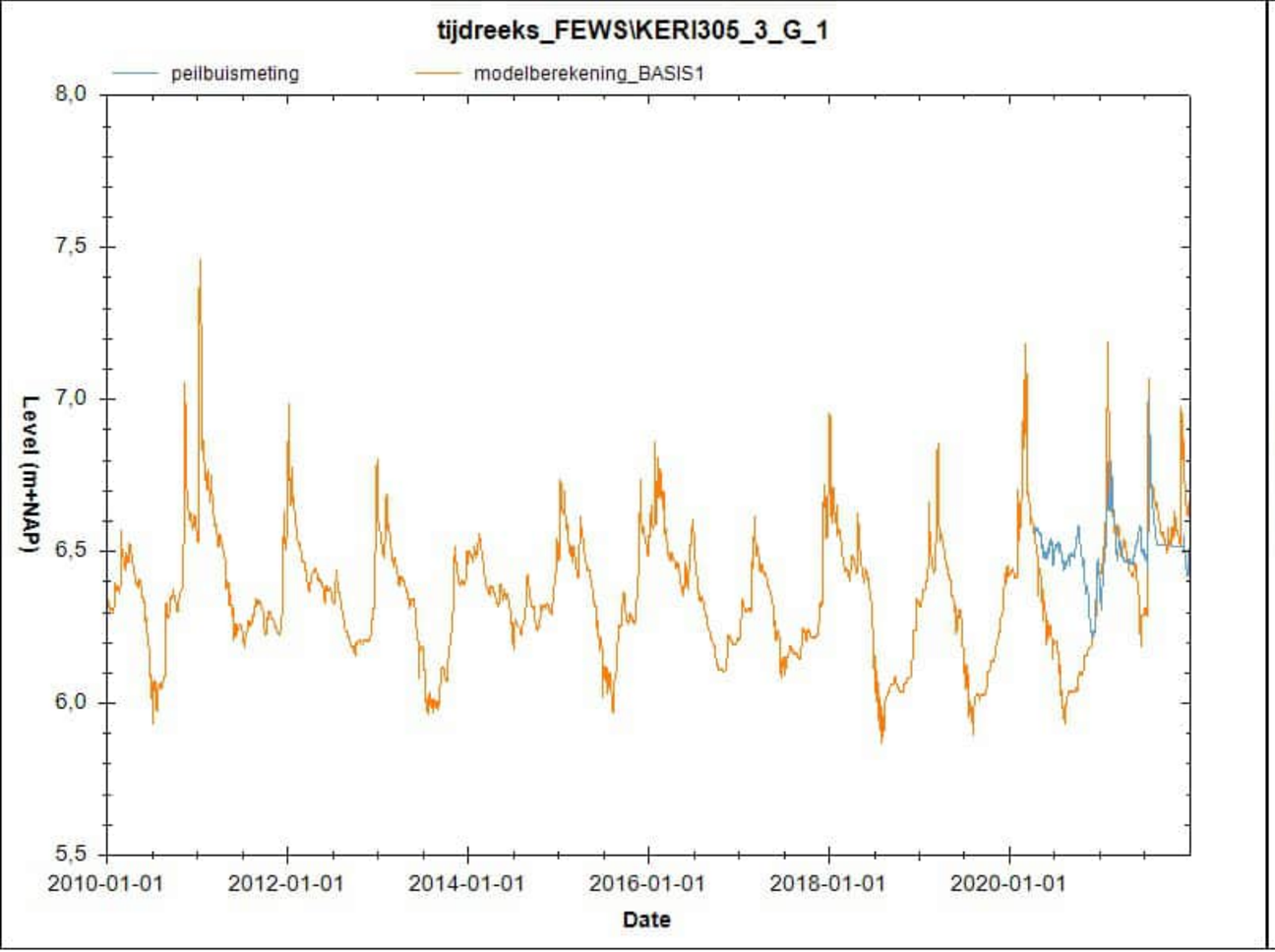


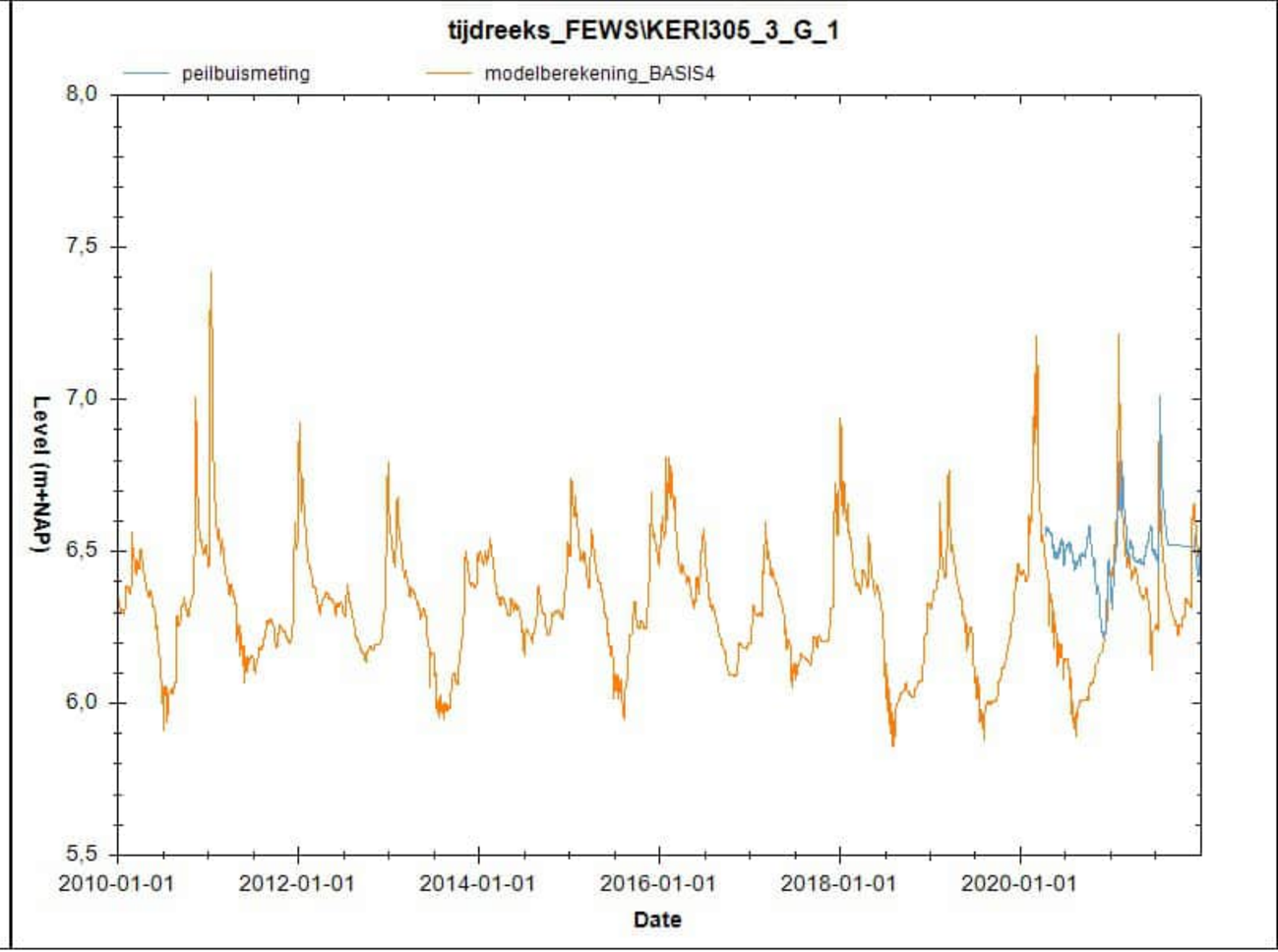
B1.128 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



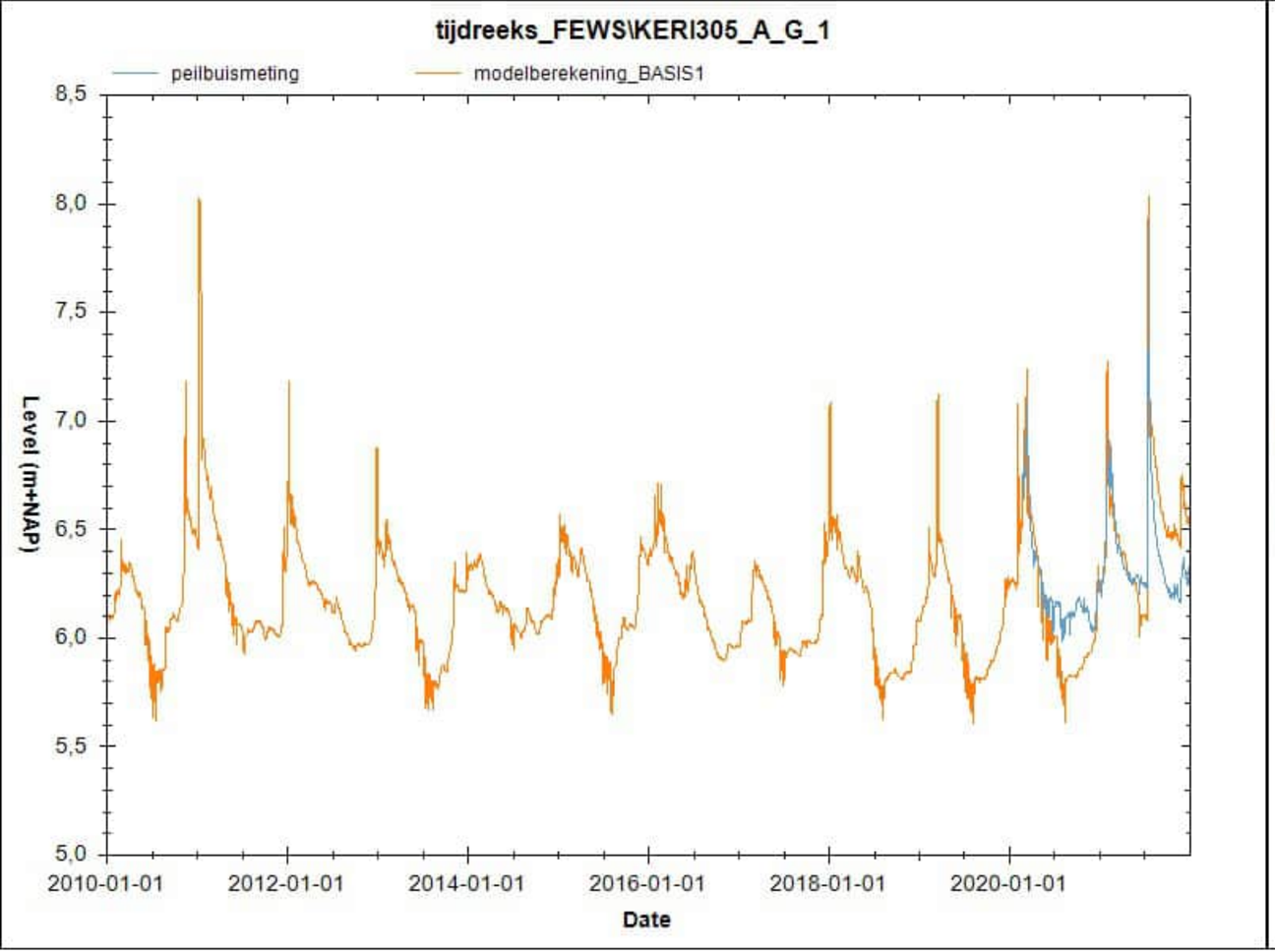


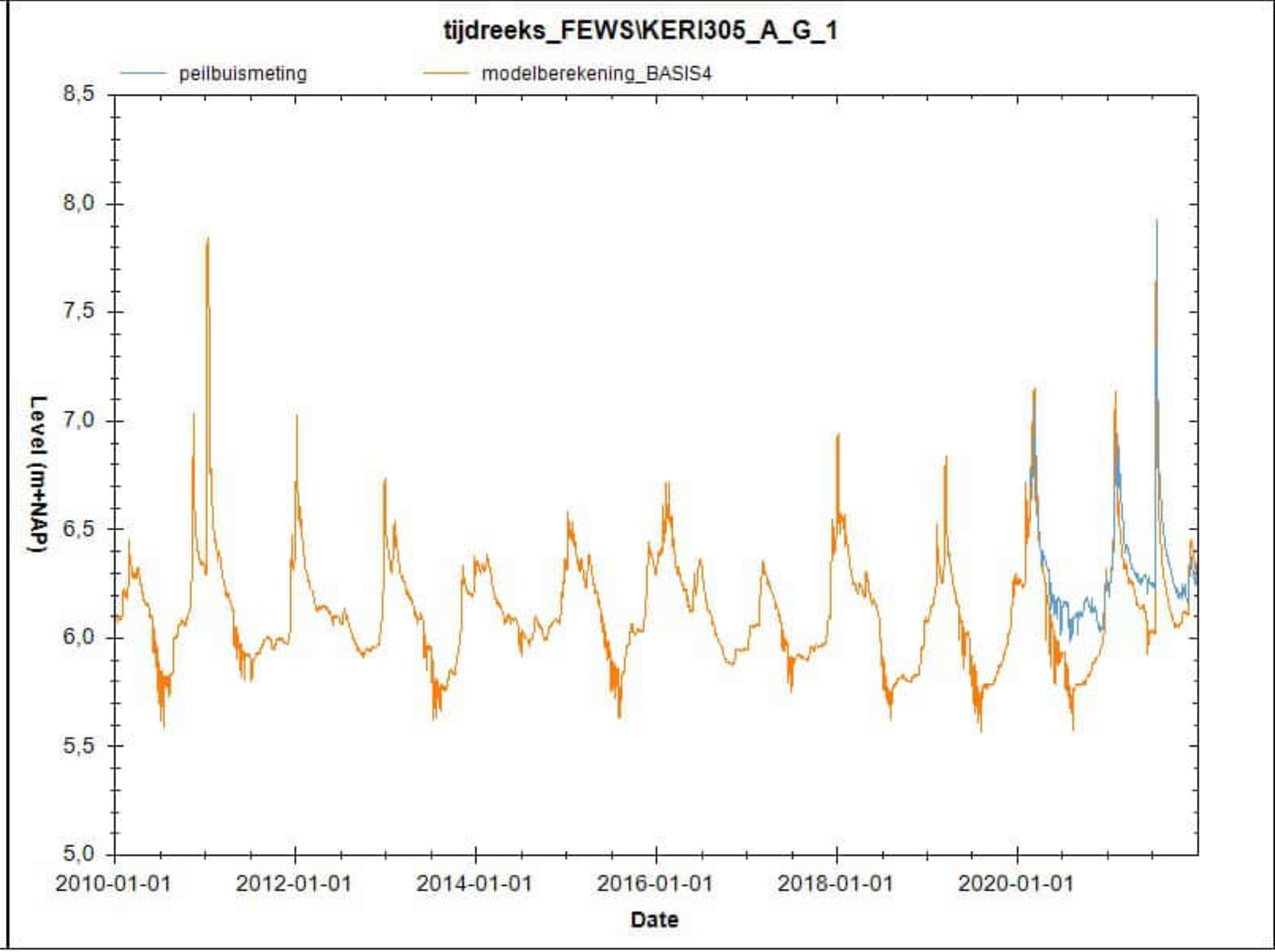
B1.129 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



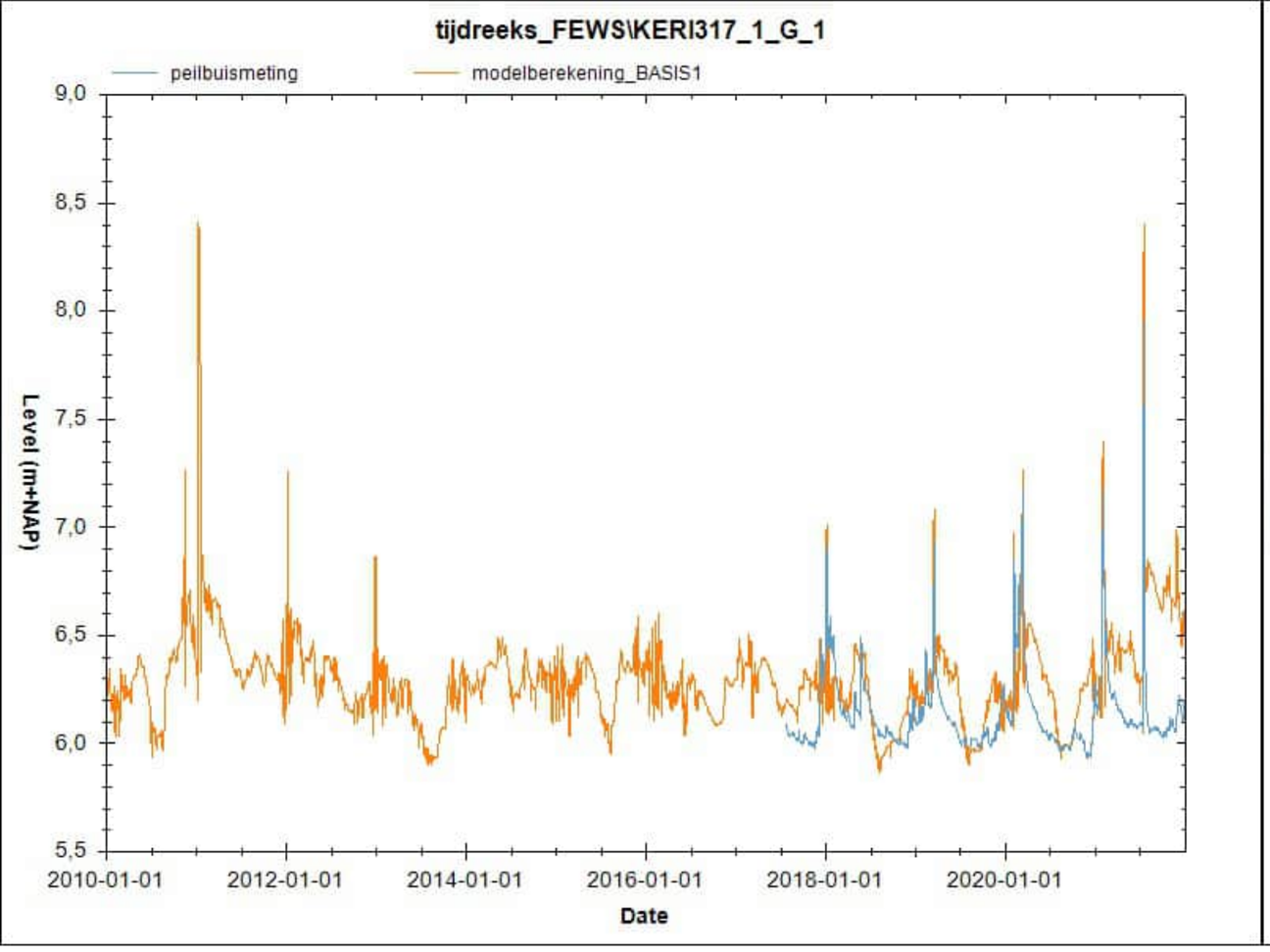


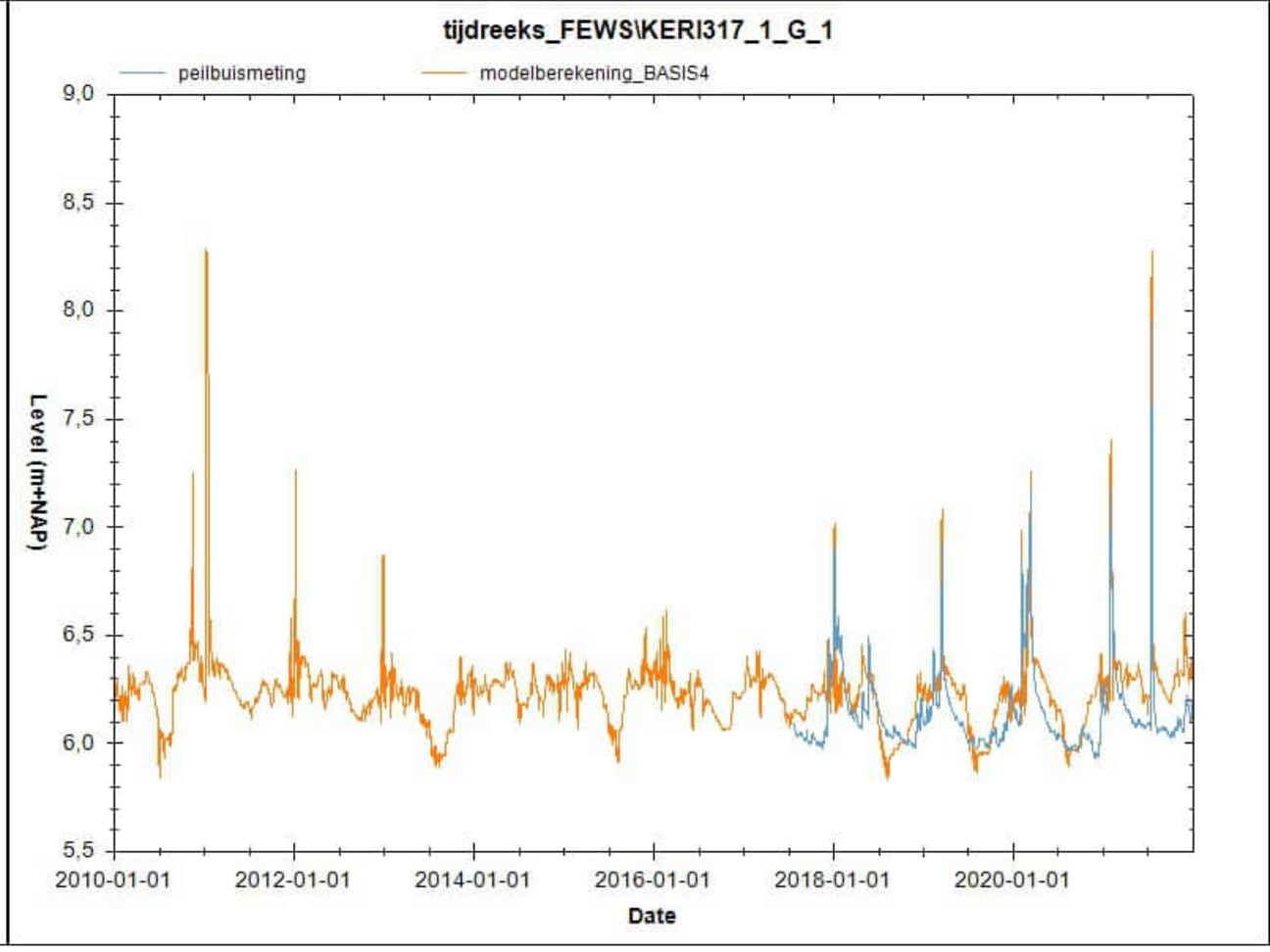
B1.130 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



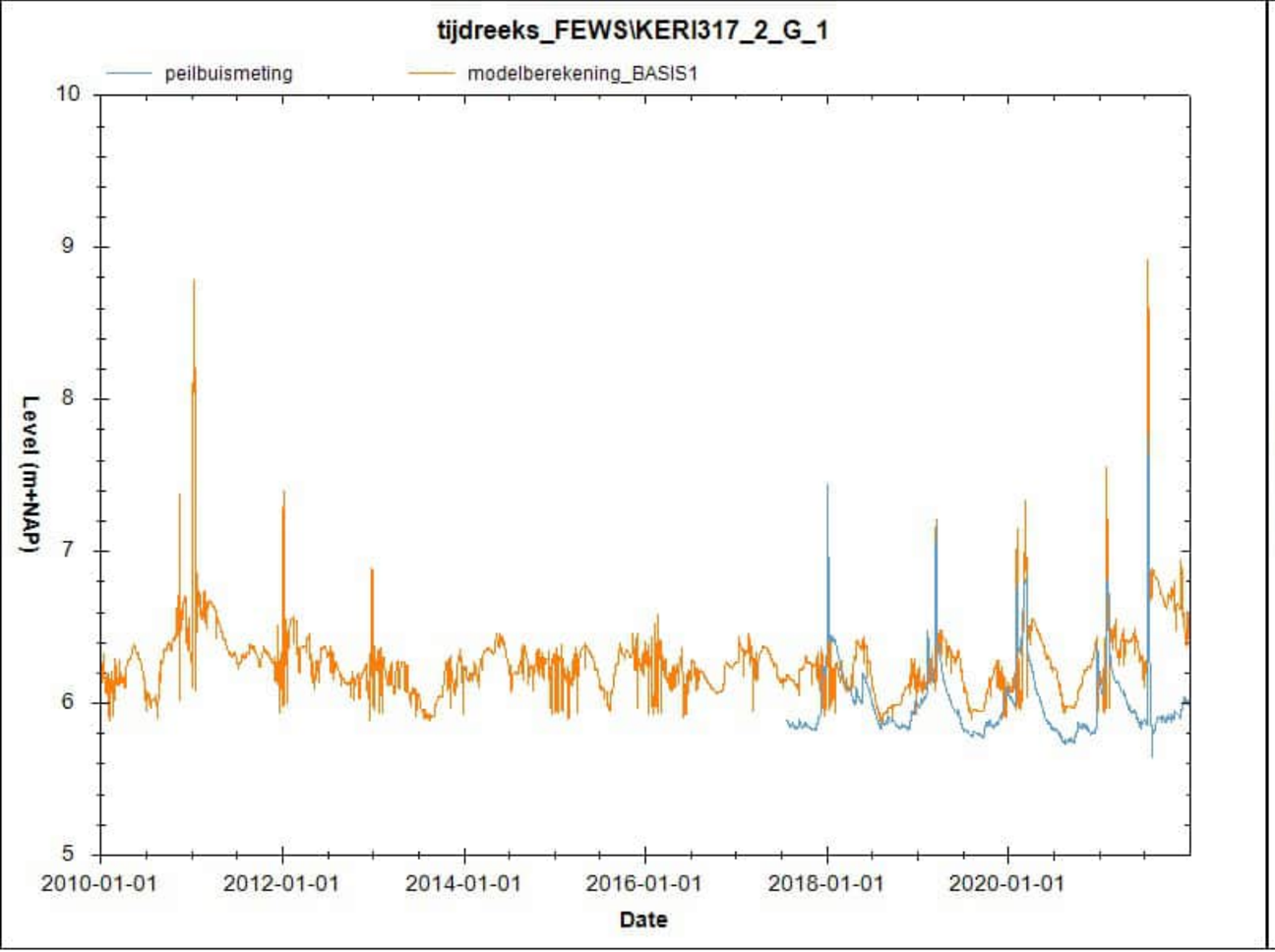


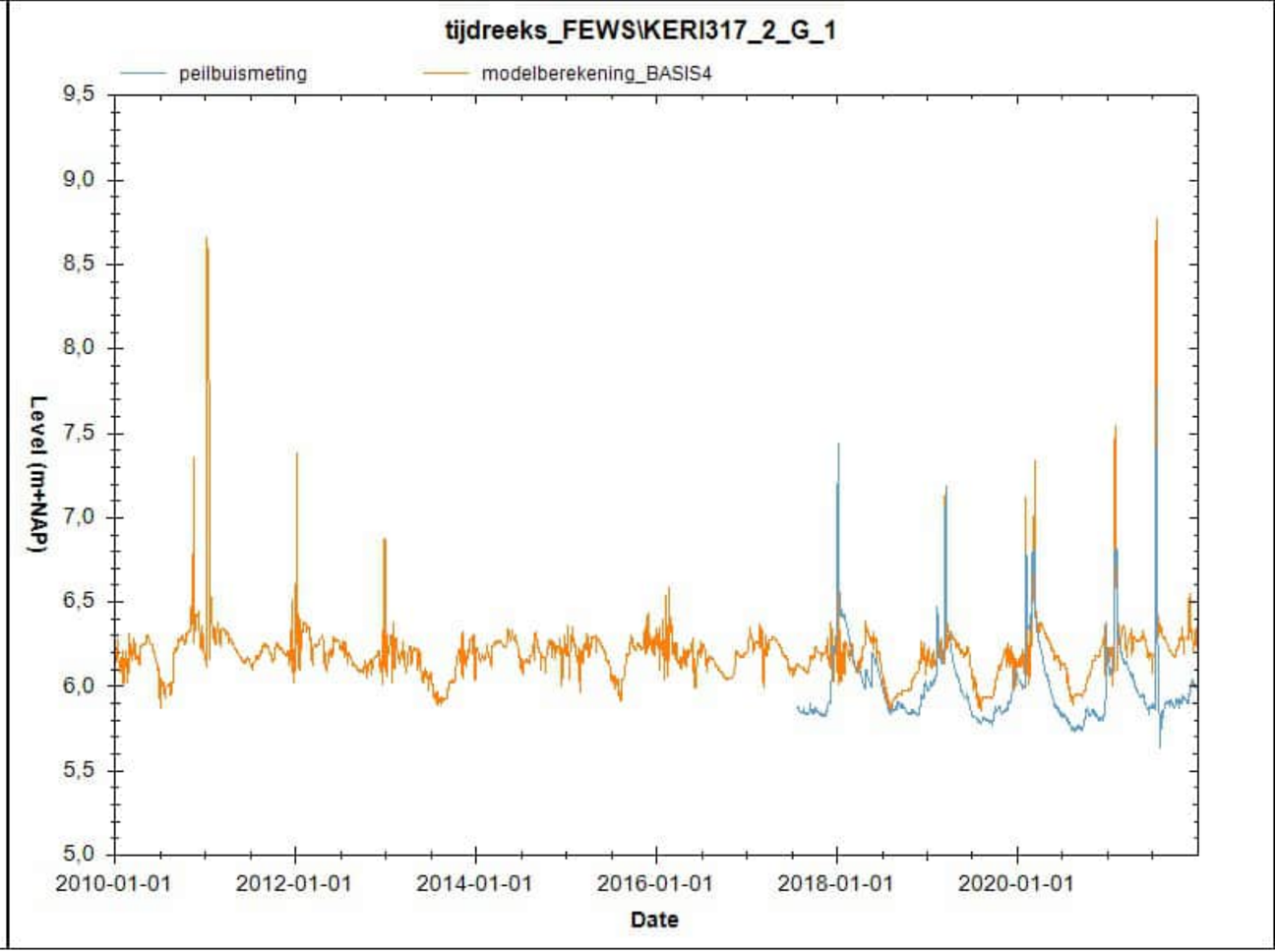
B1.131 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



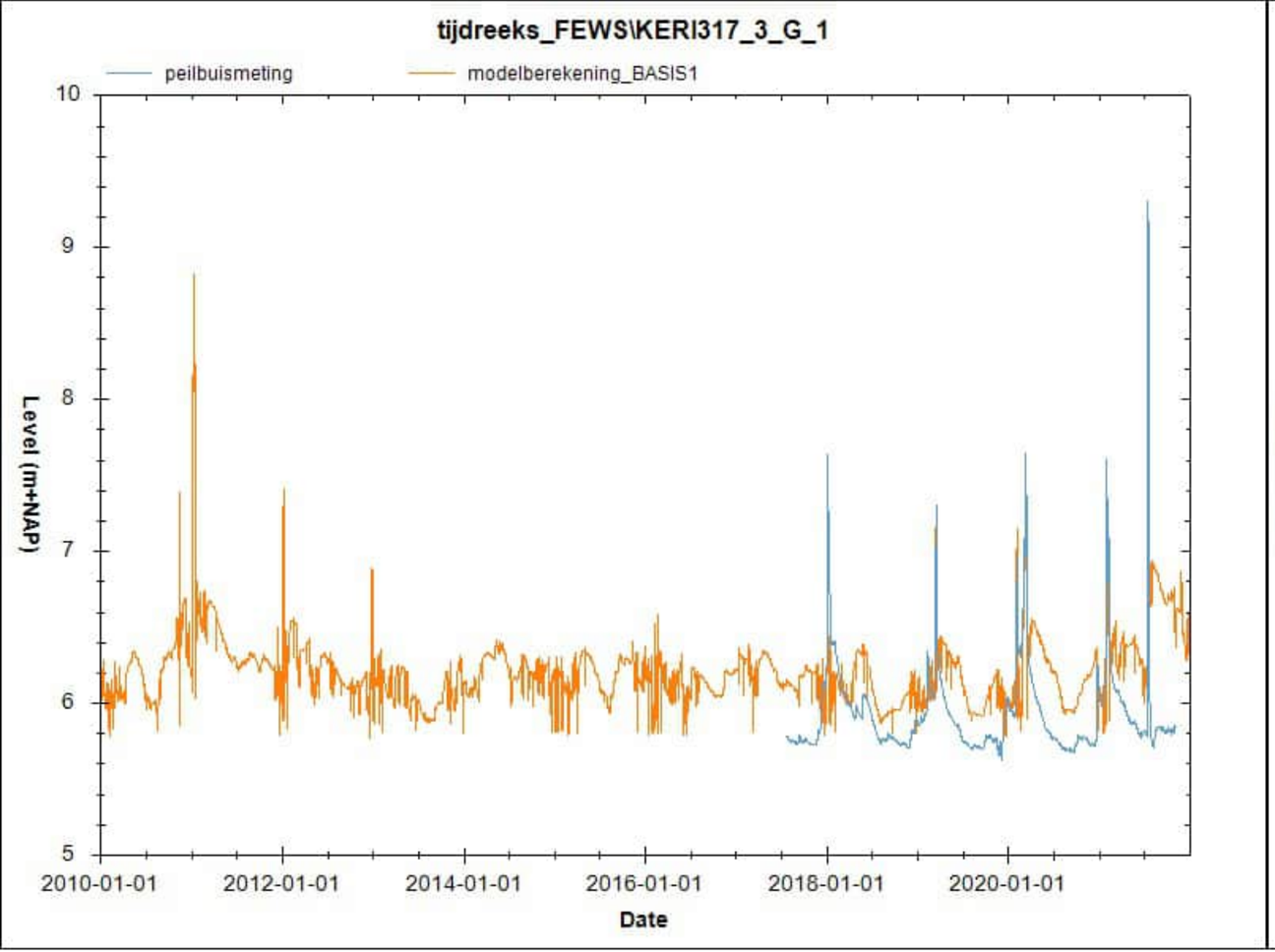


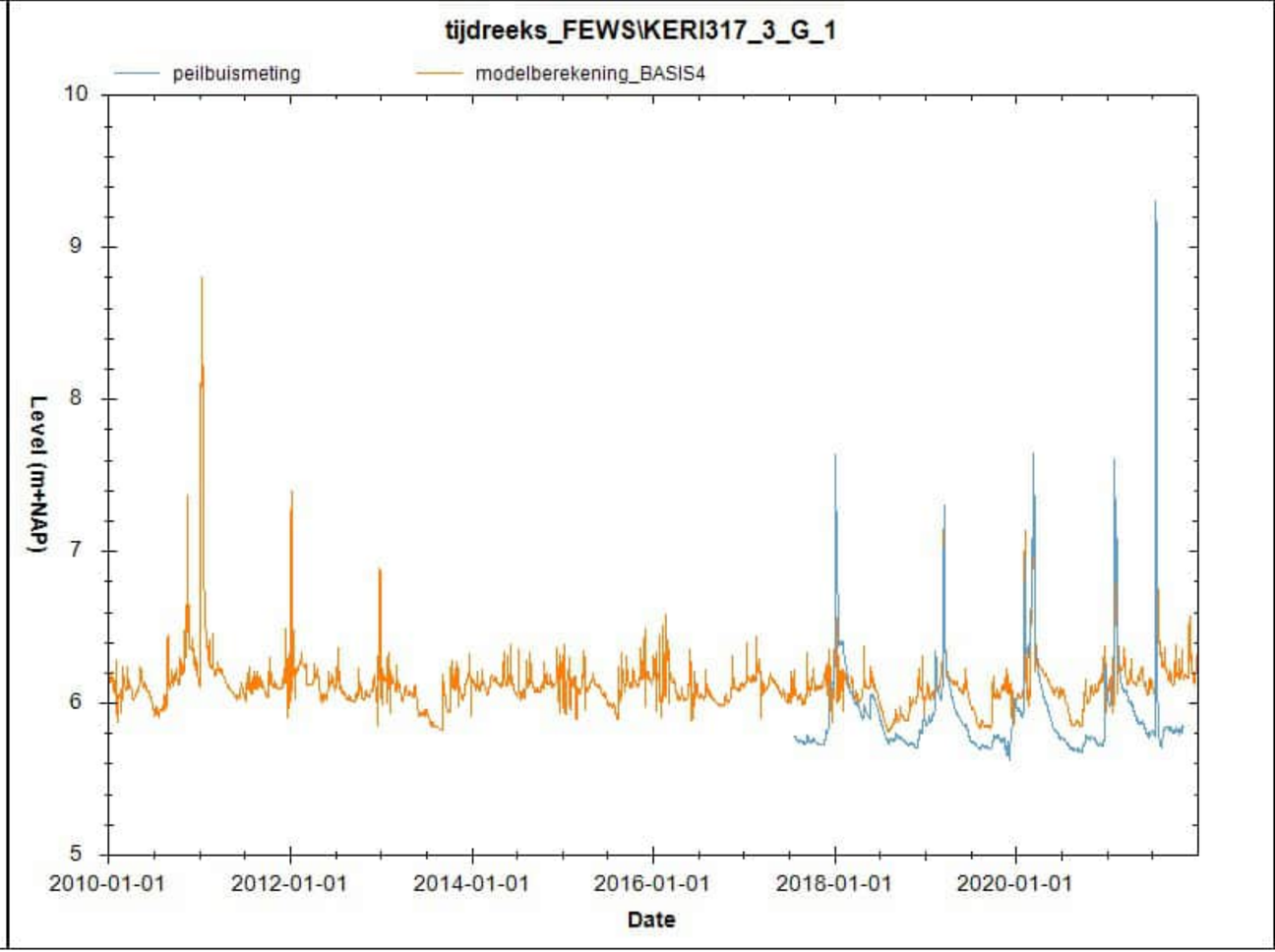
B1.132 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



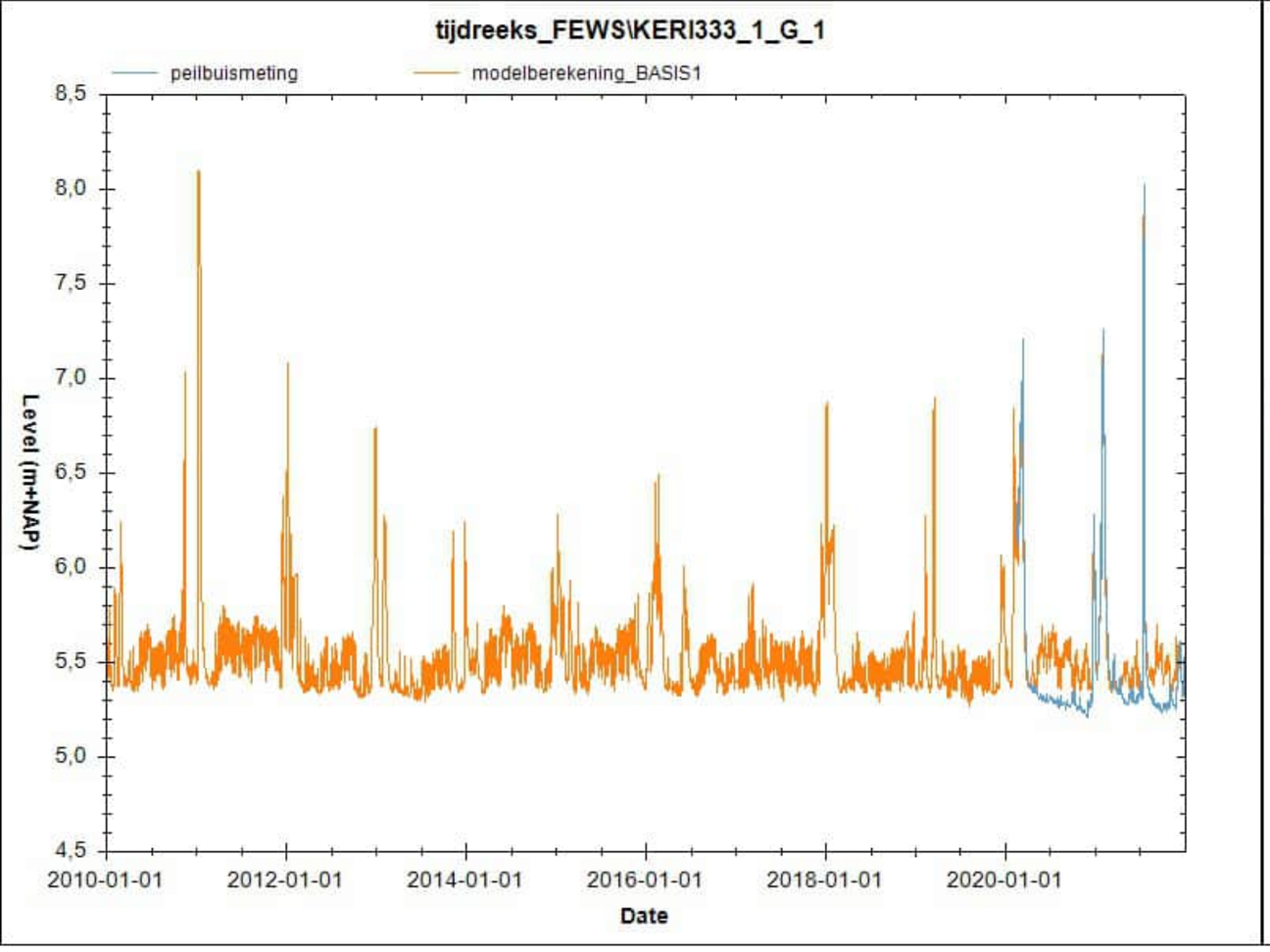


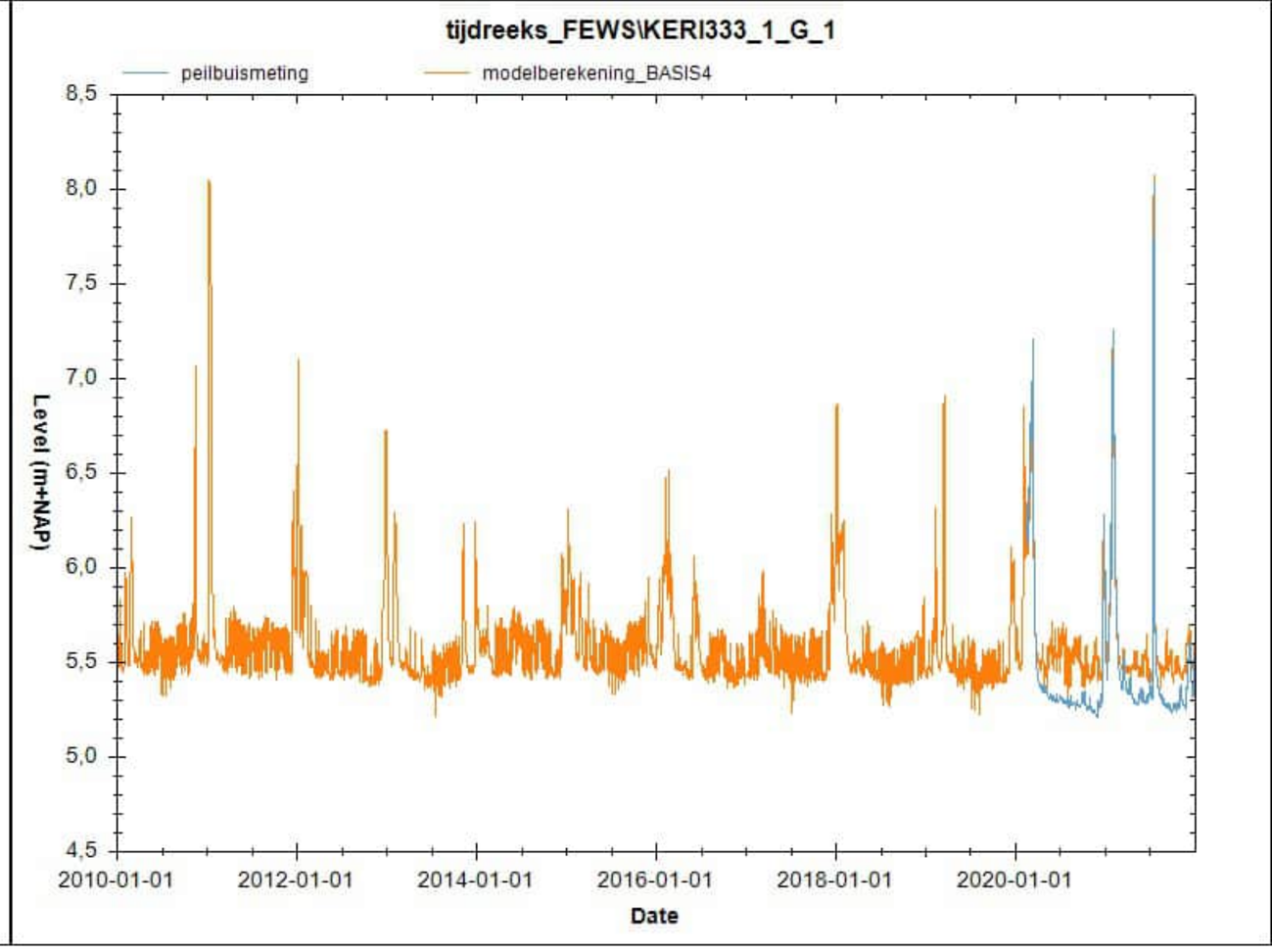
B1.133 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



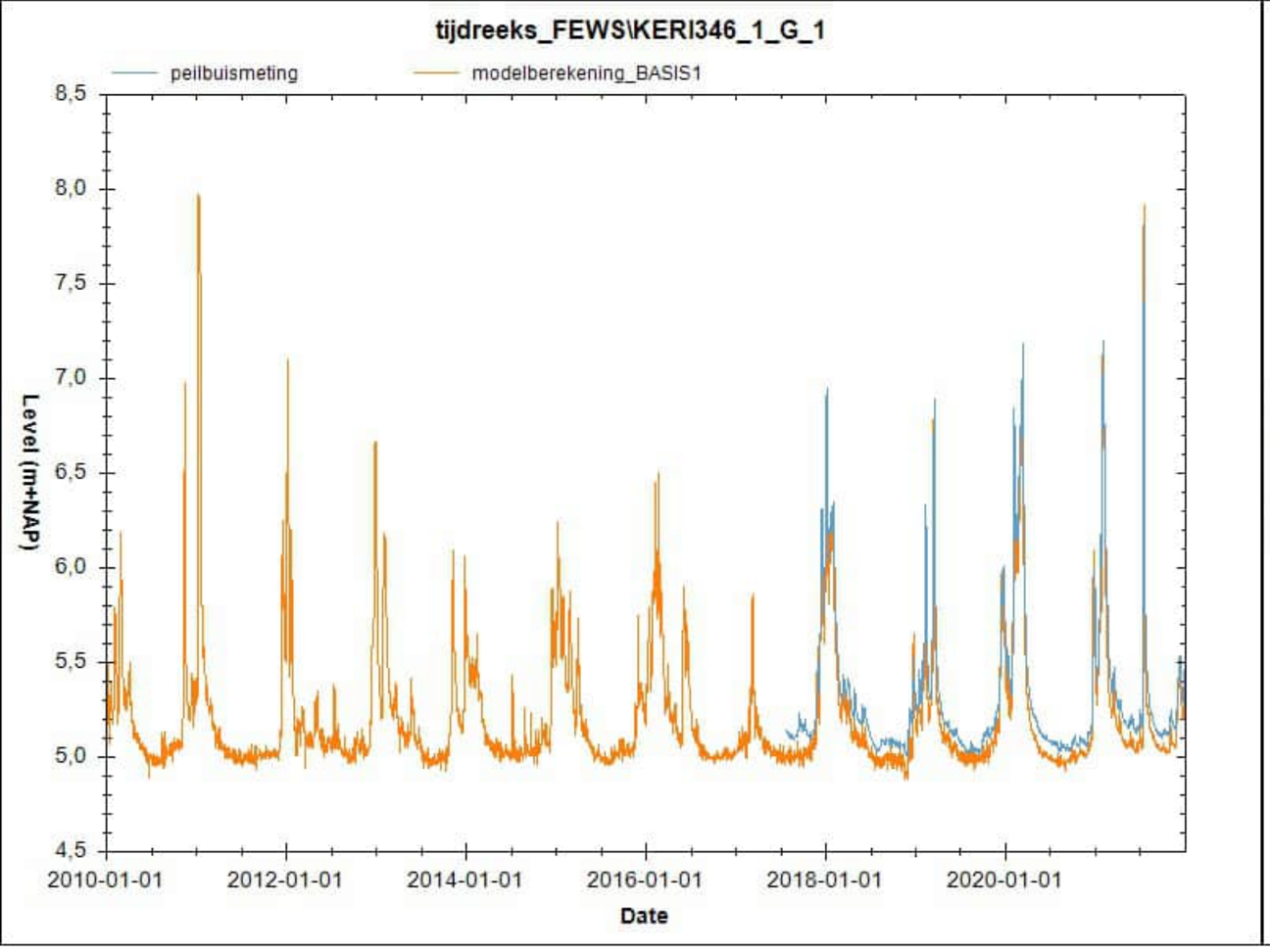


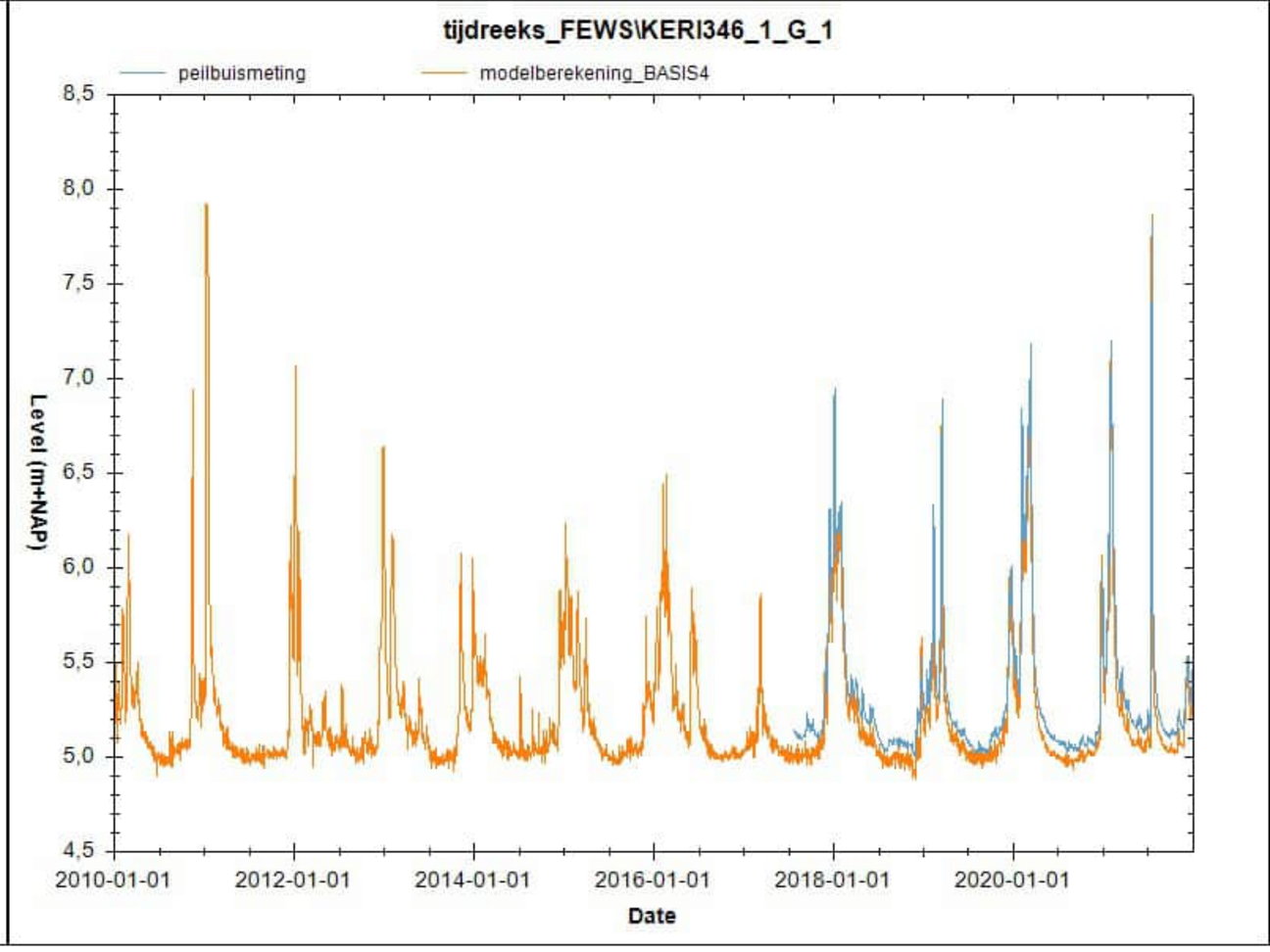
B1.134 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



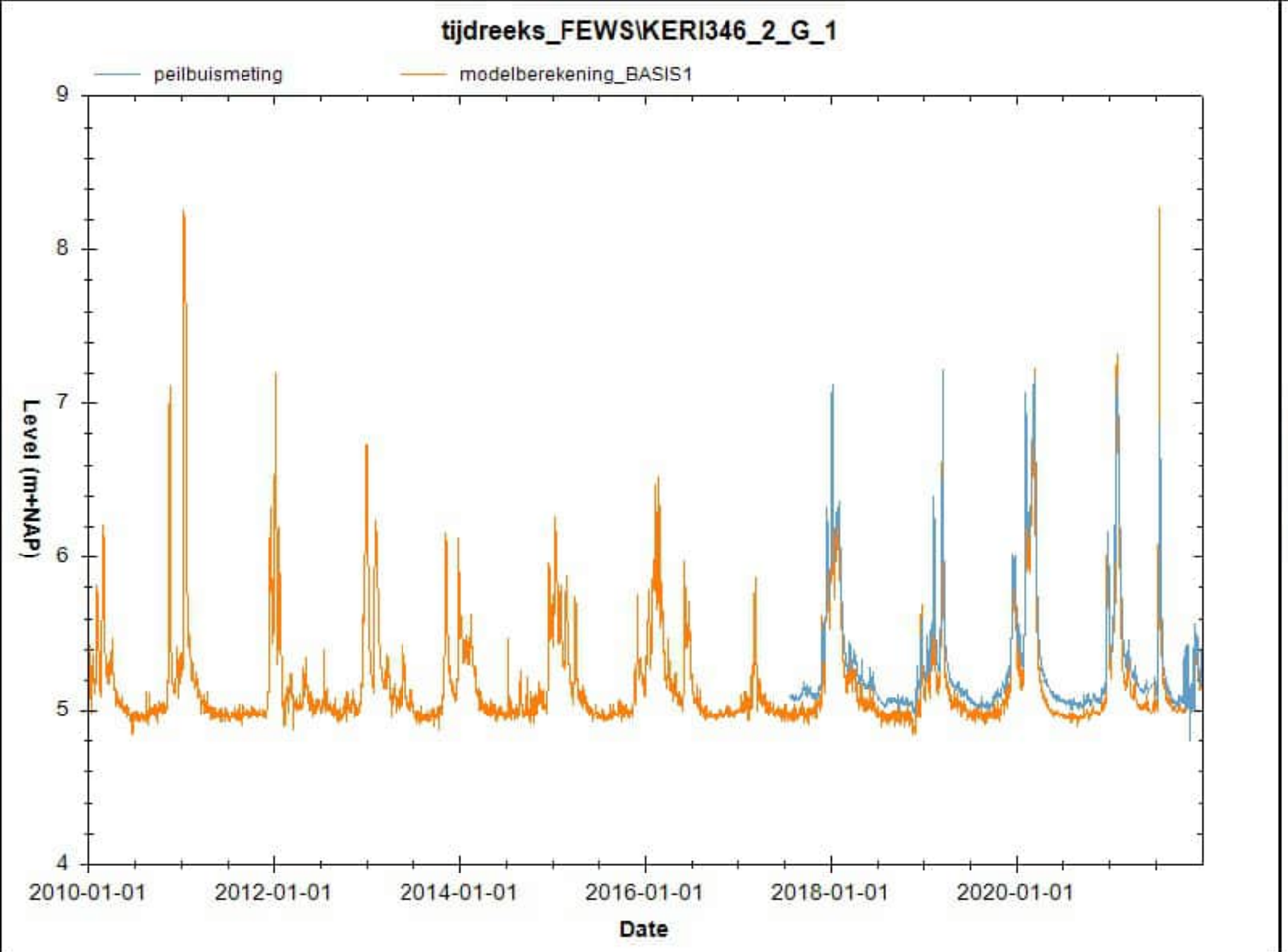


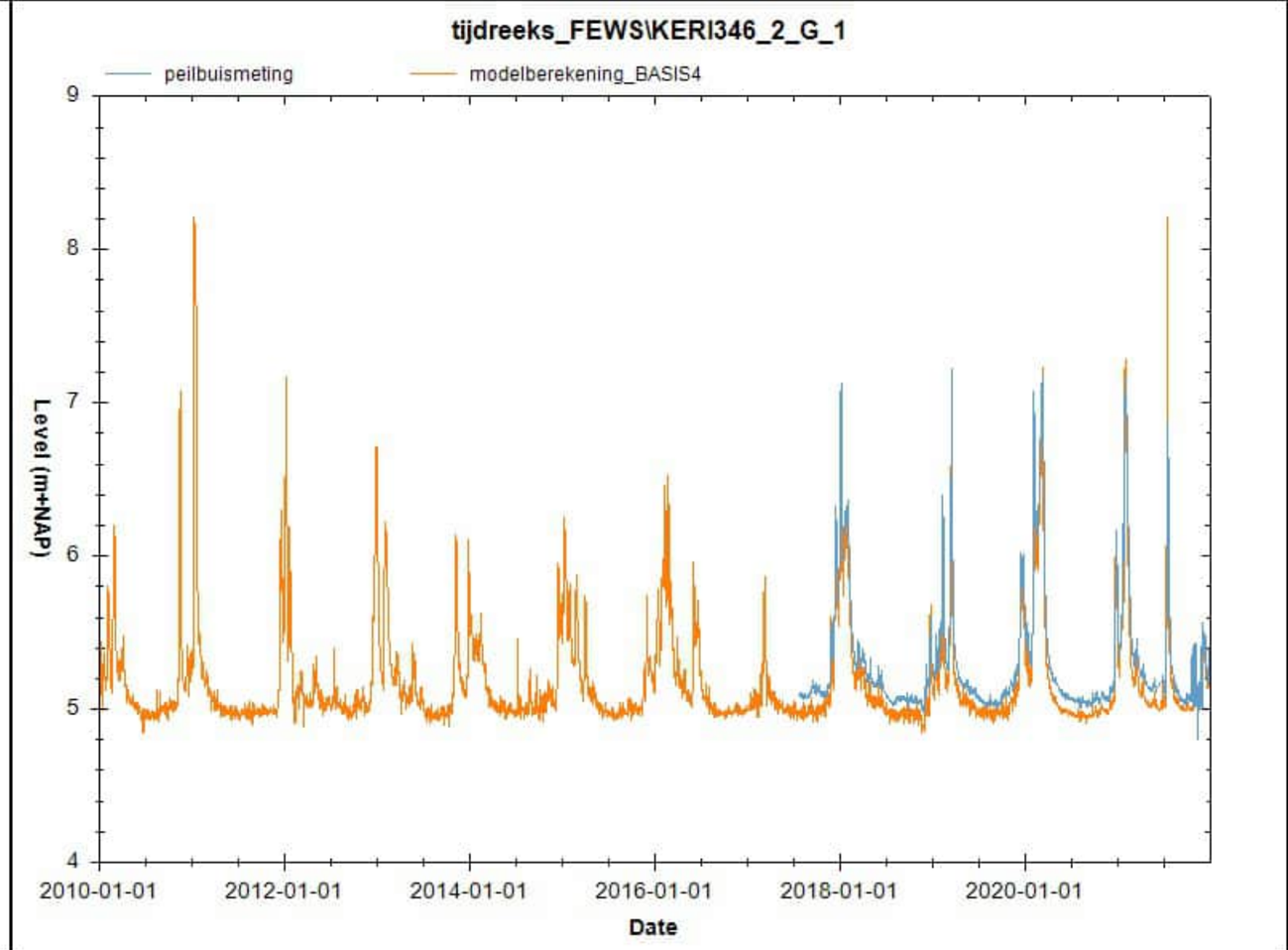
B1.135 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



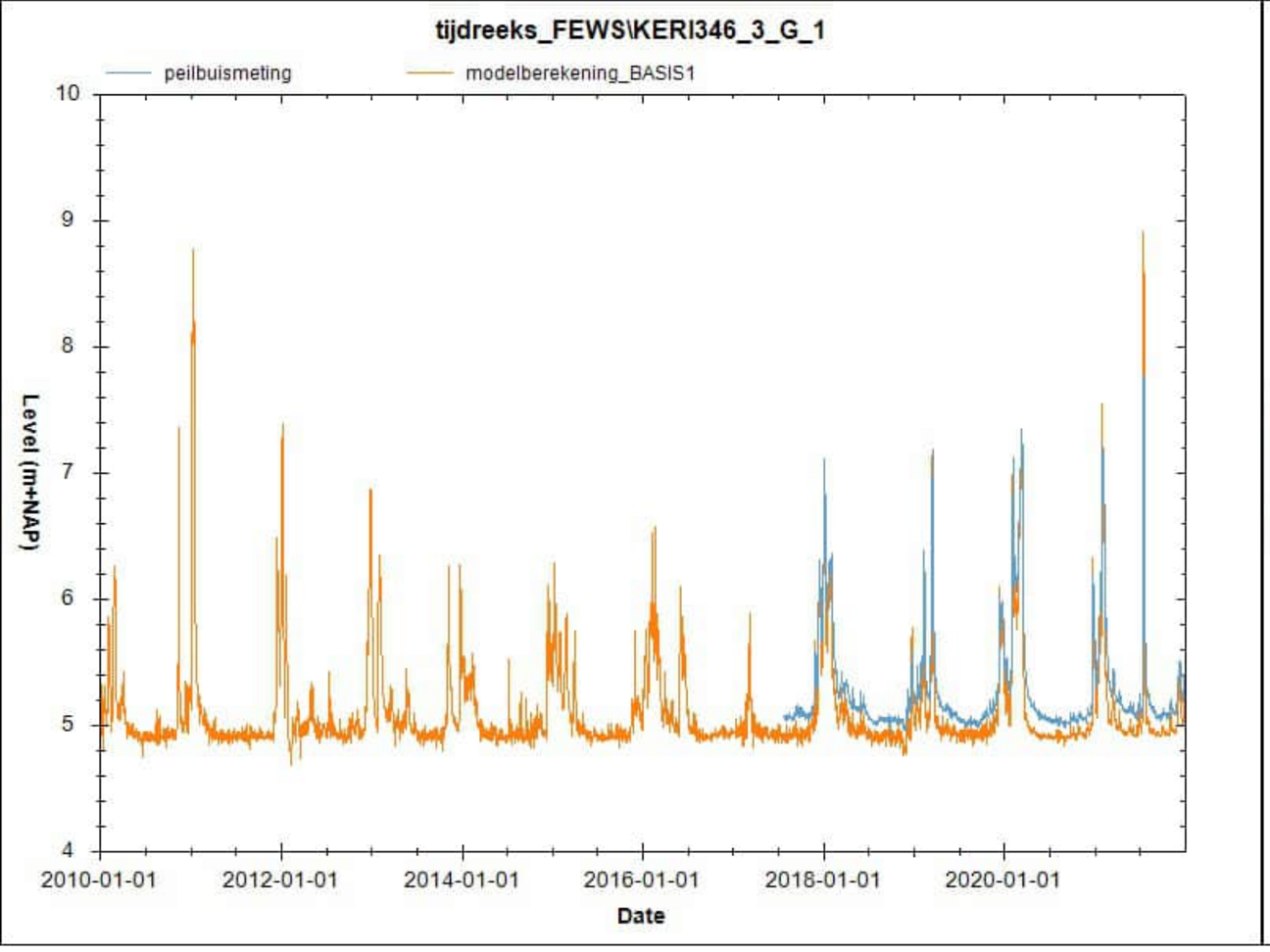


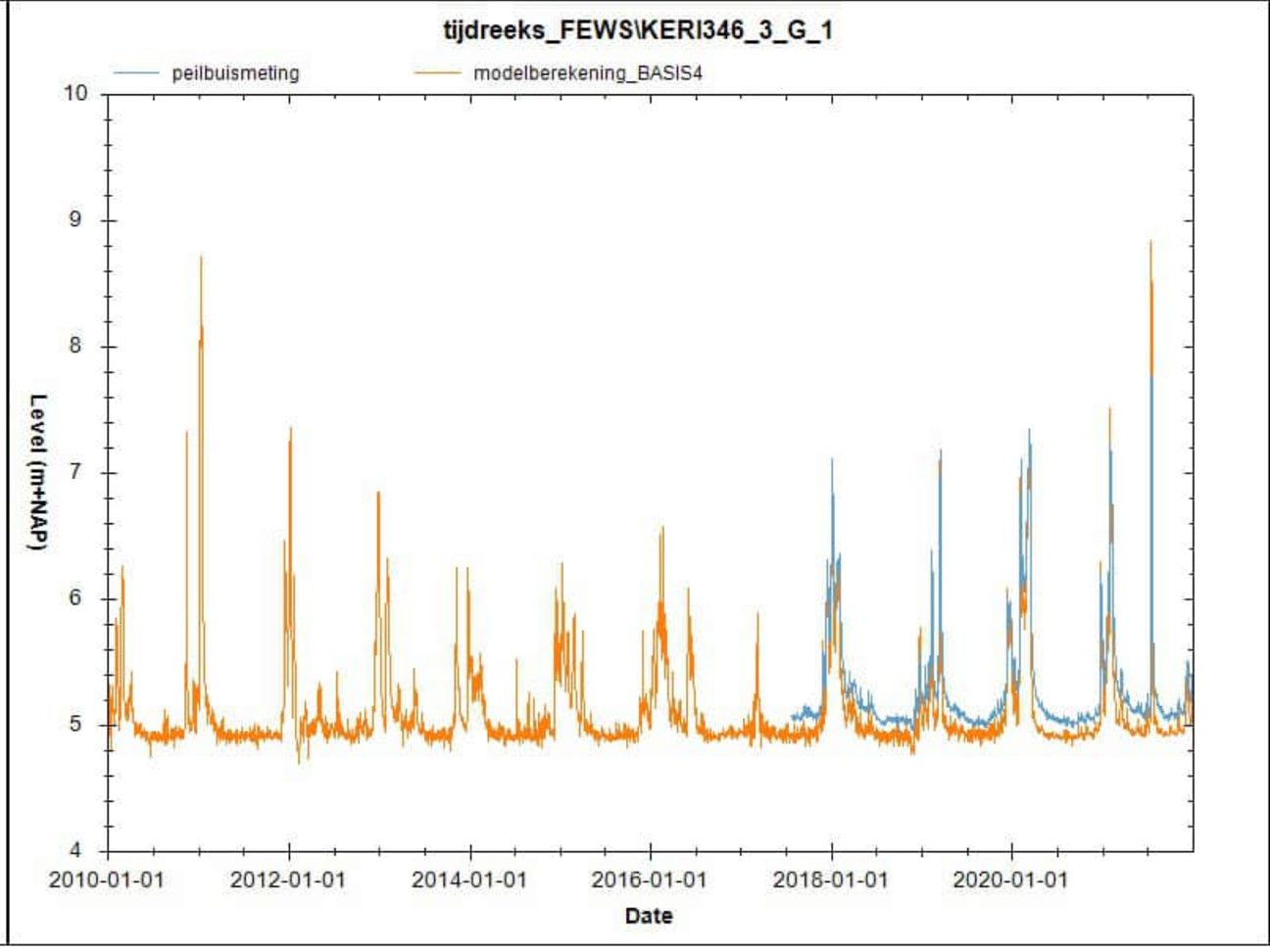
B1.136 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



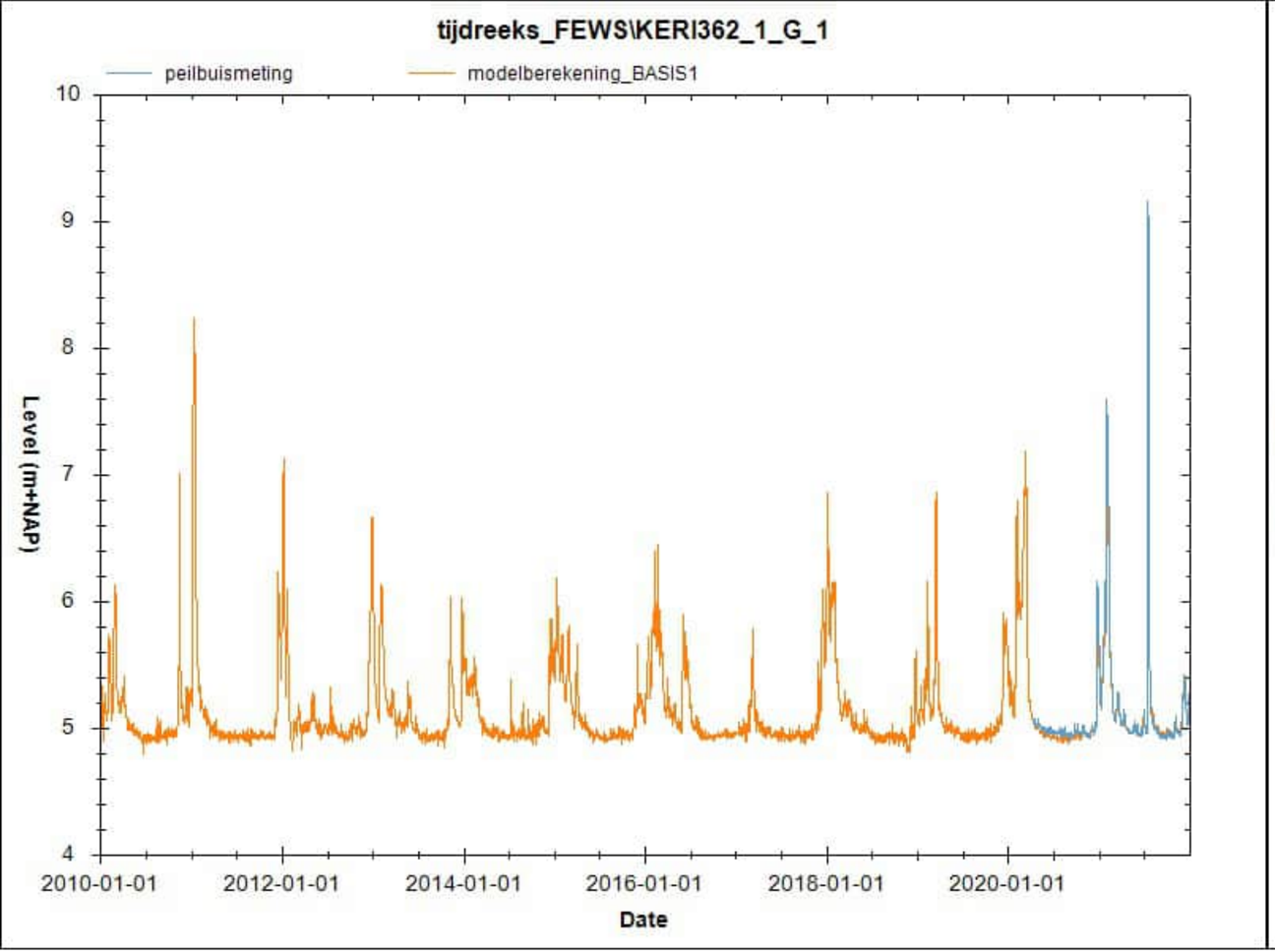


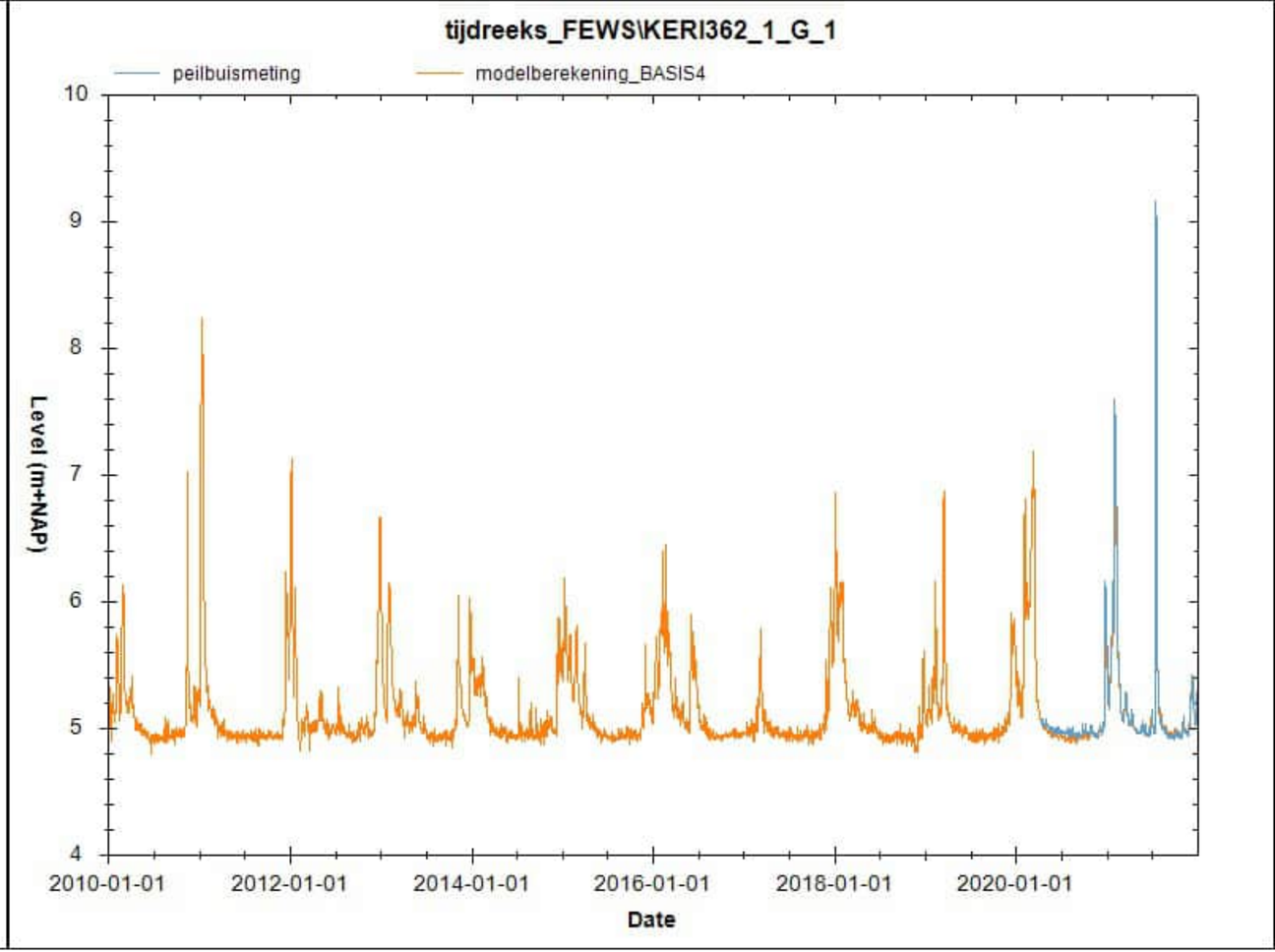
B1.137 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



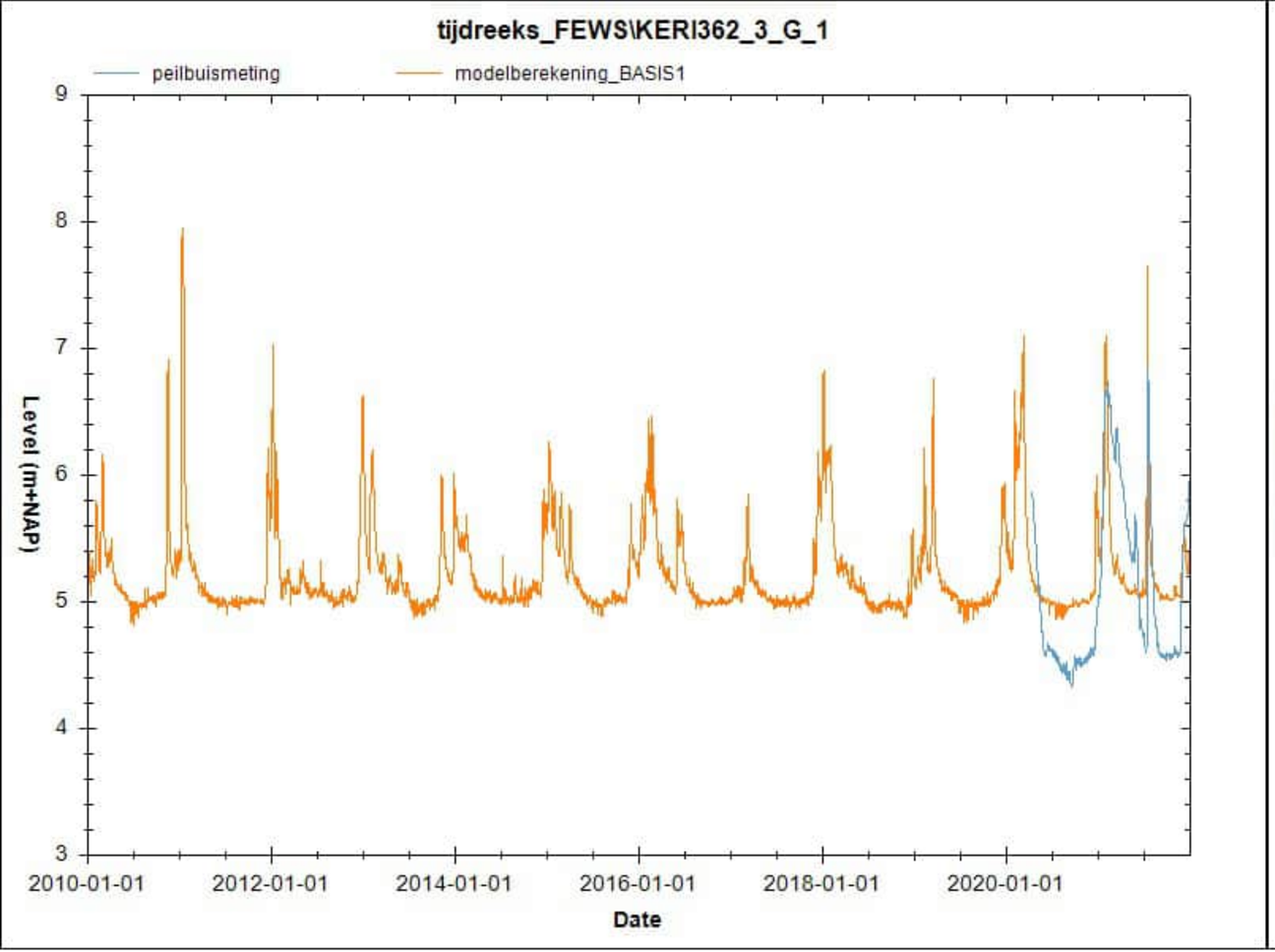


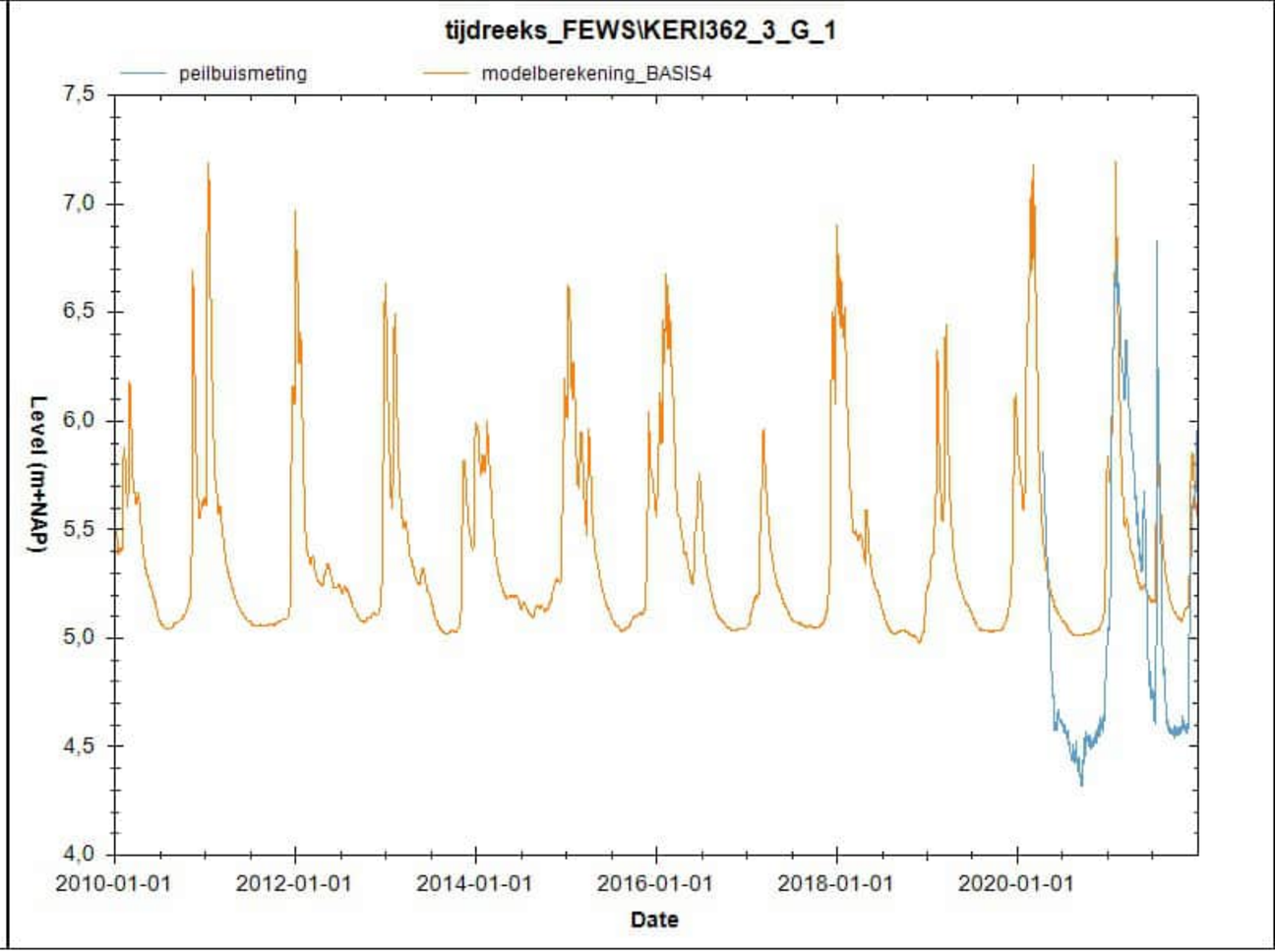
B1.138 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



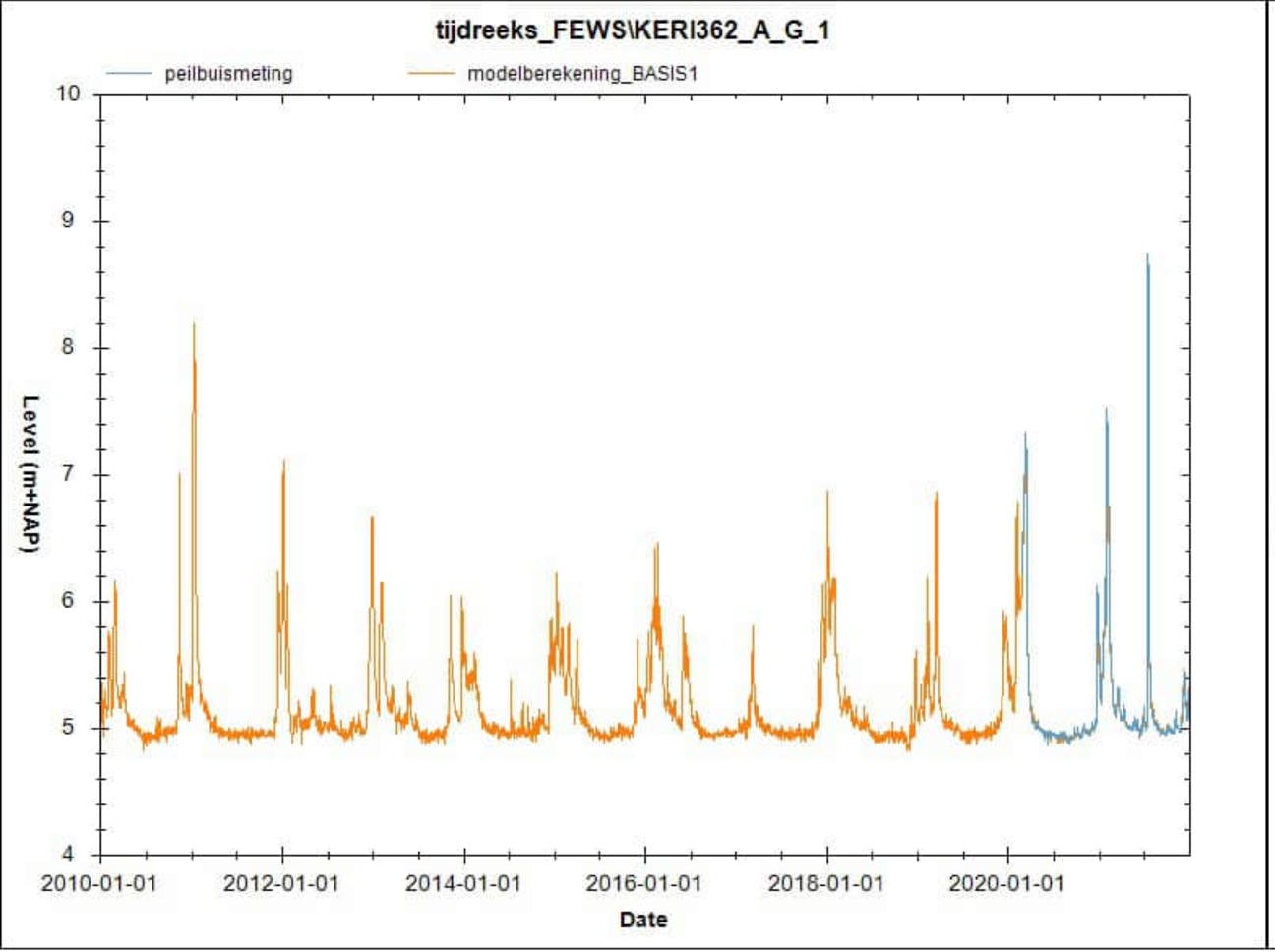


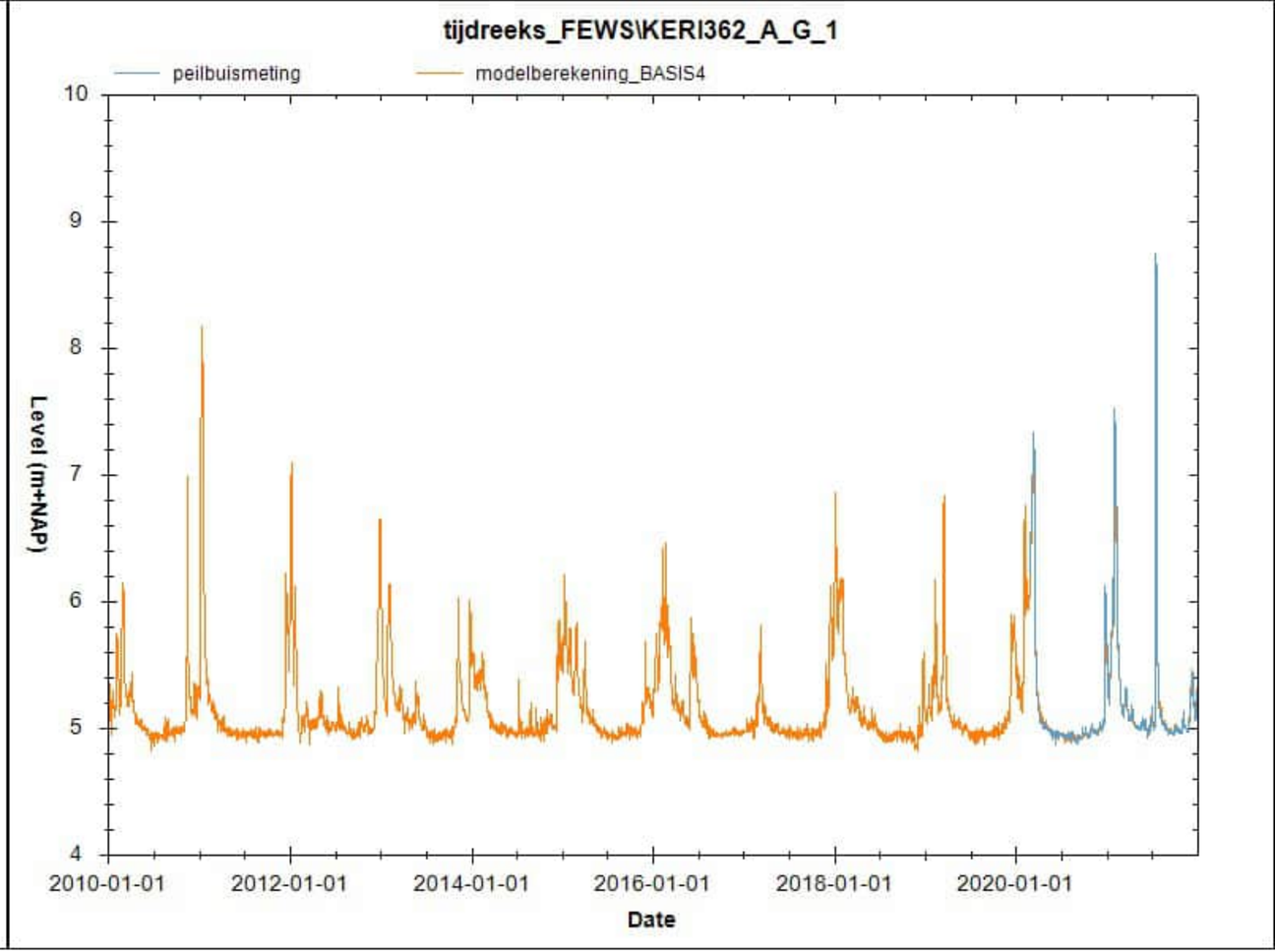
B1.139 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



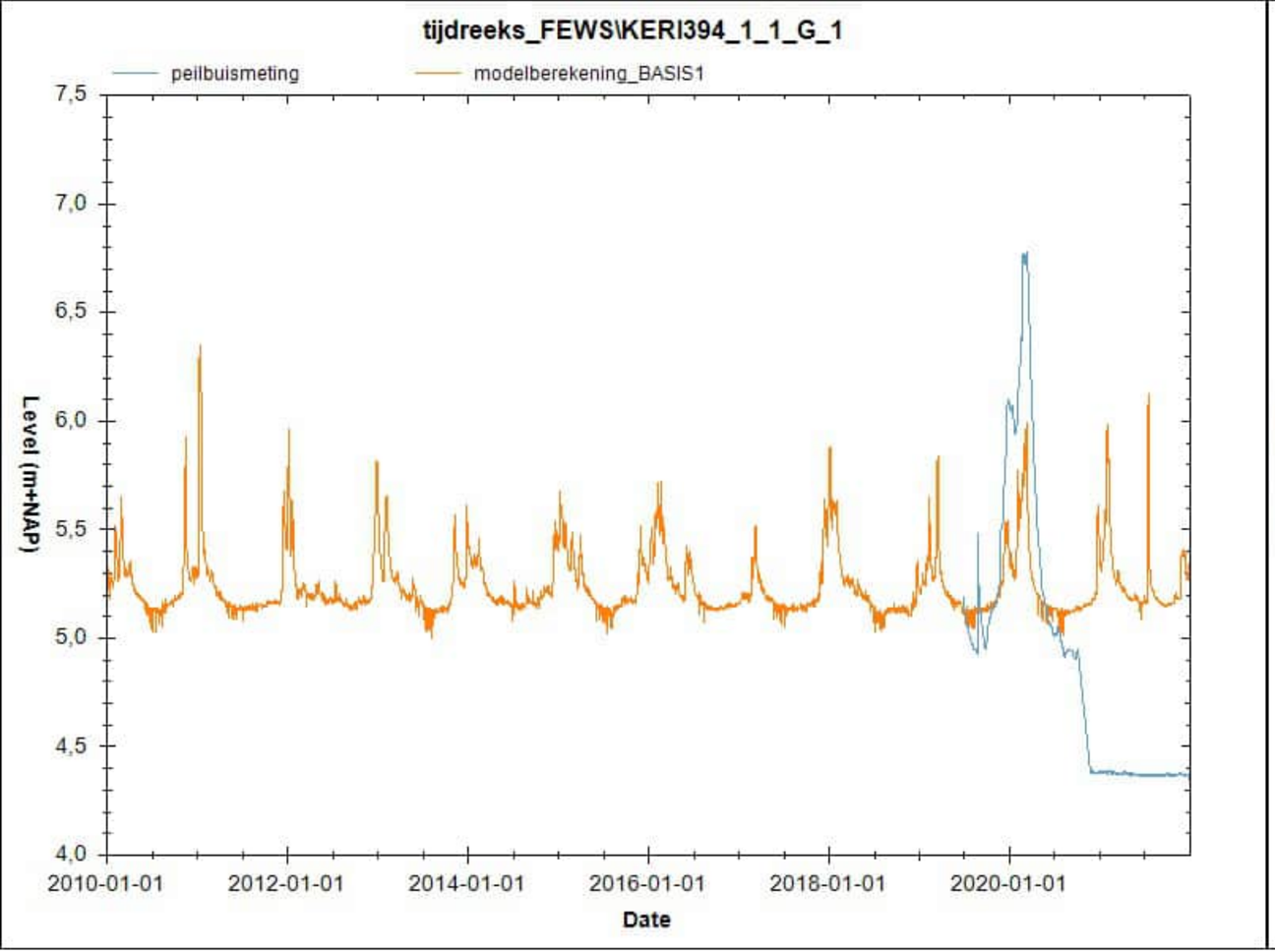


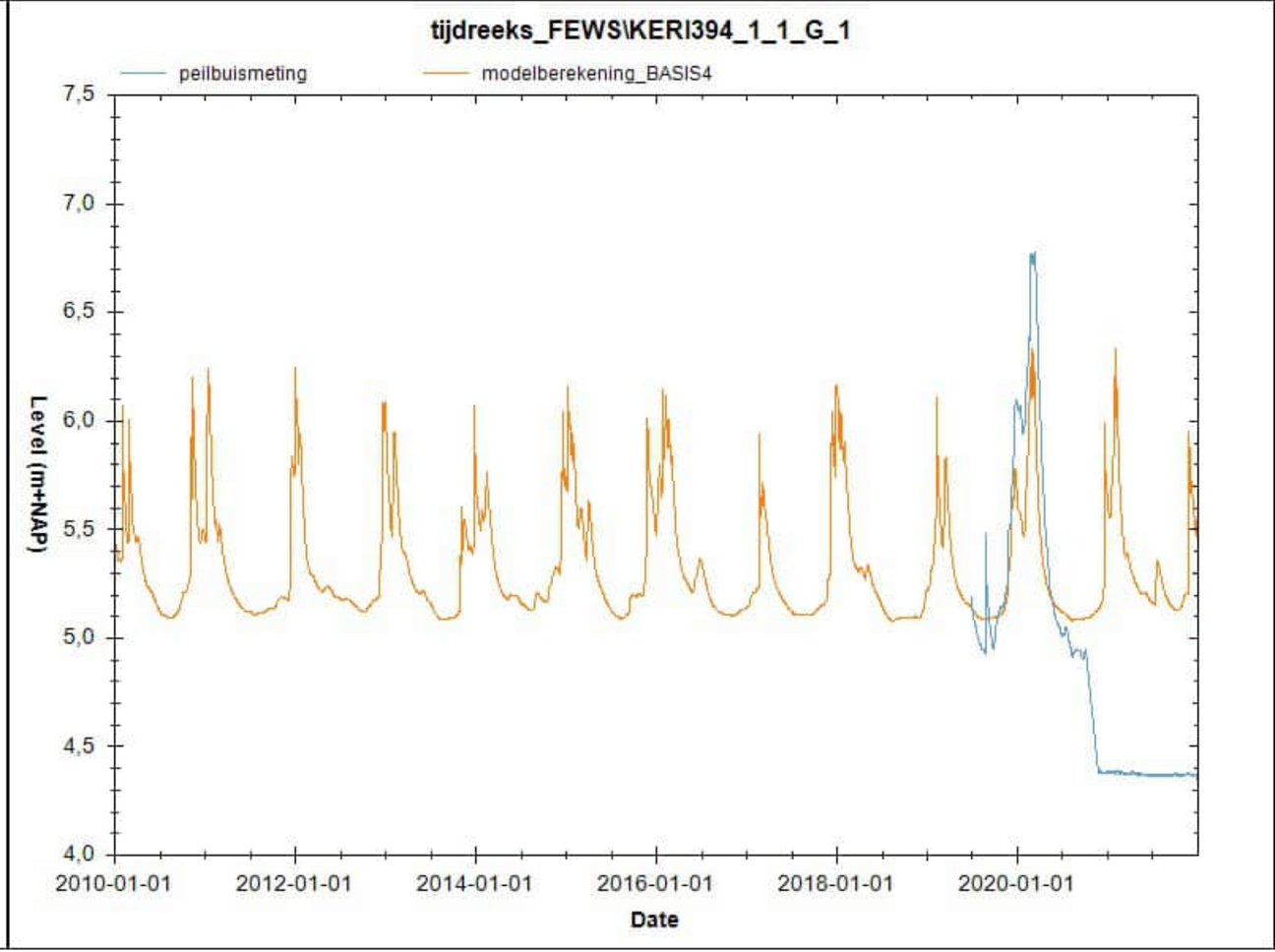
B1.140 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



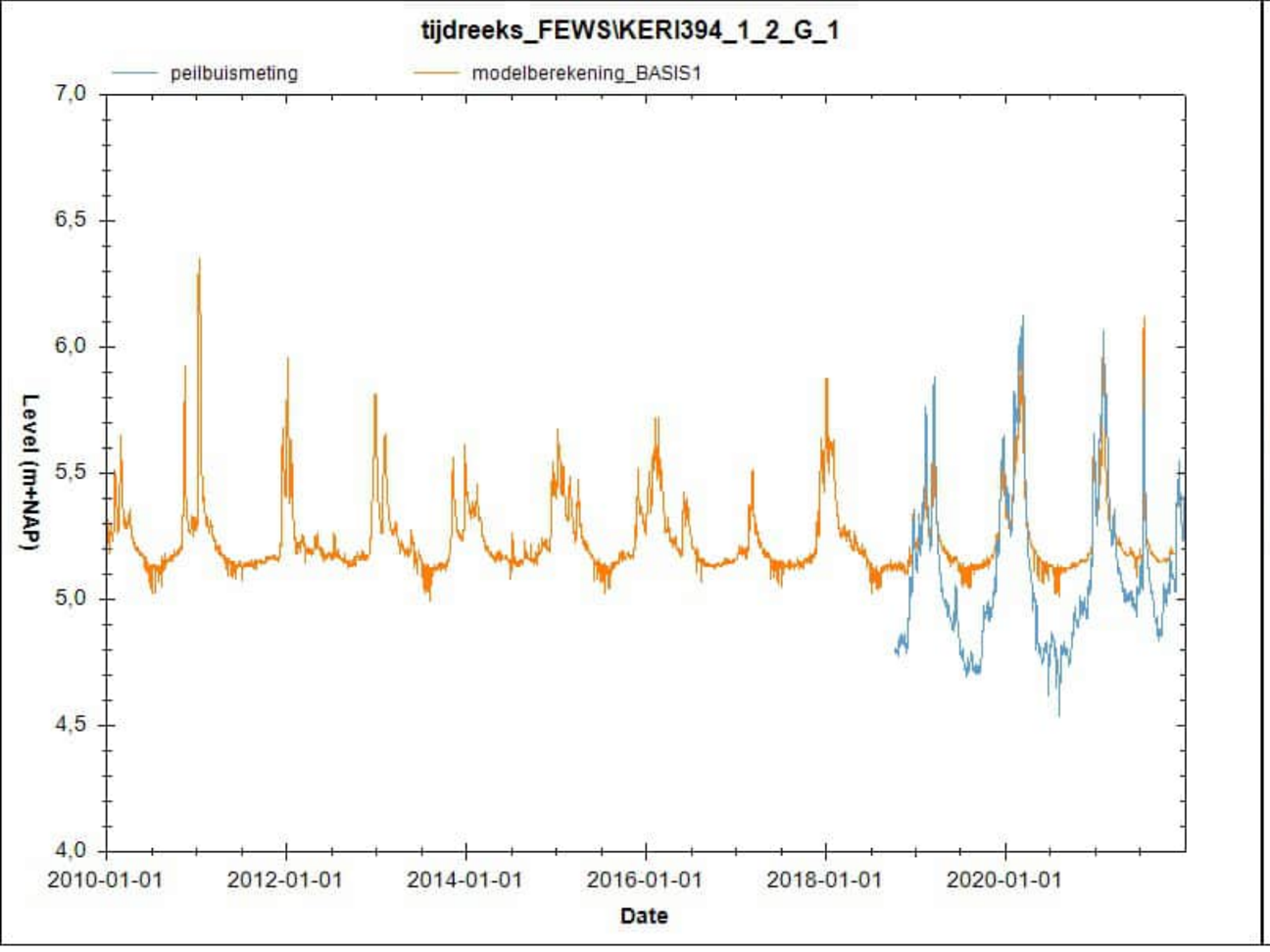


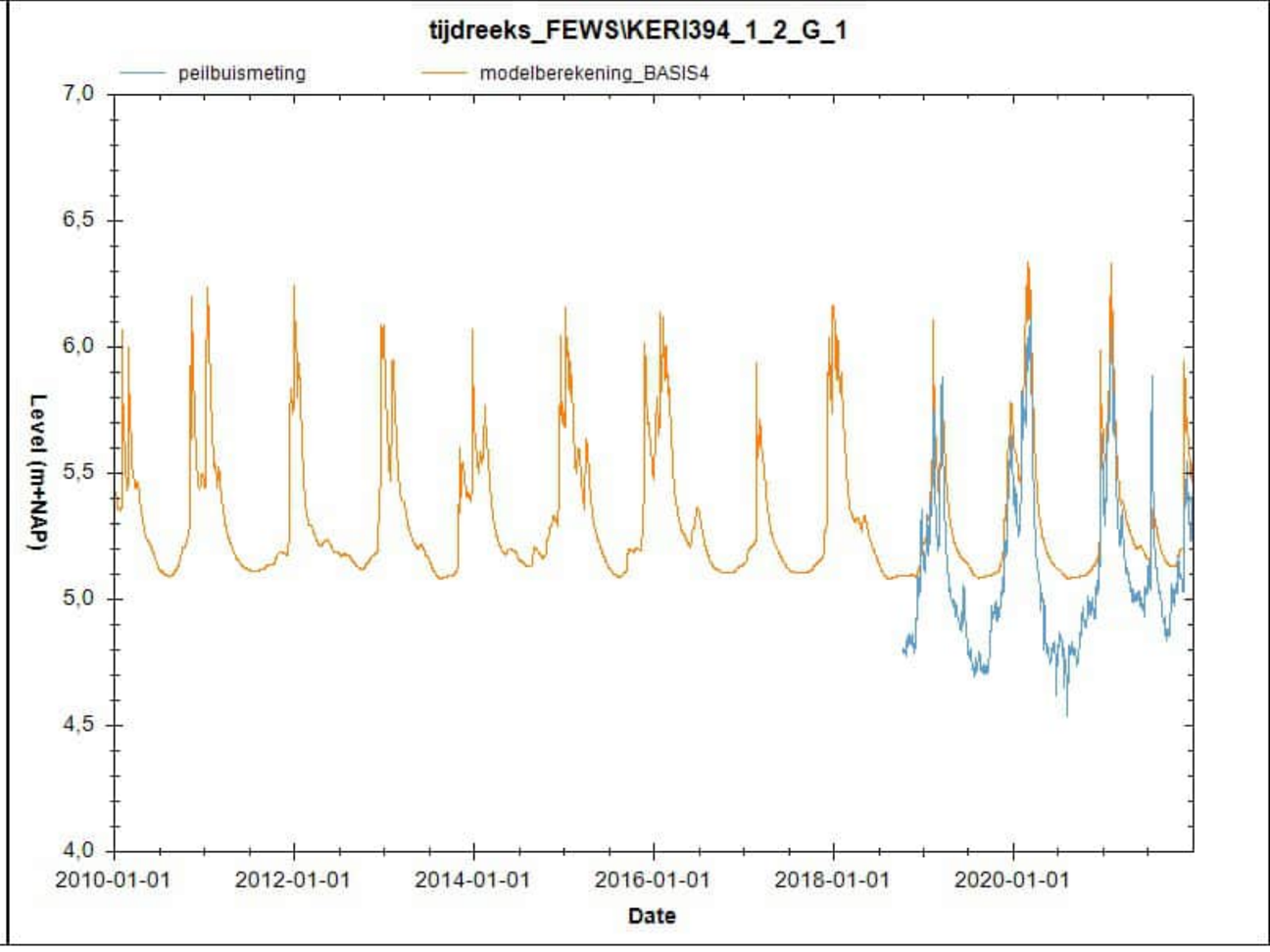
B1.141 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



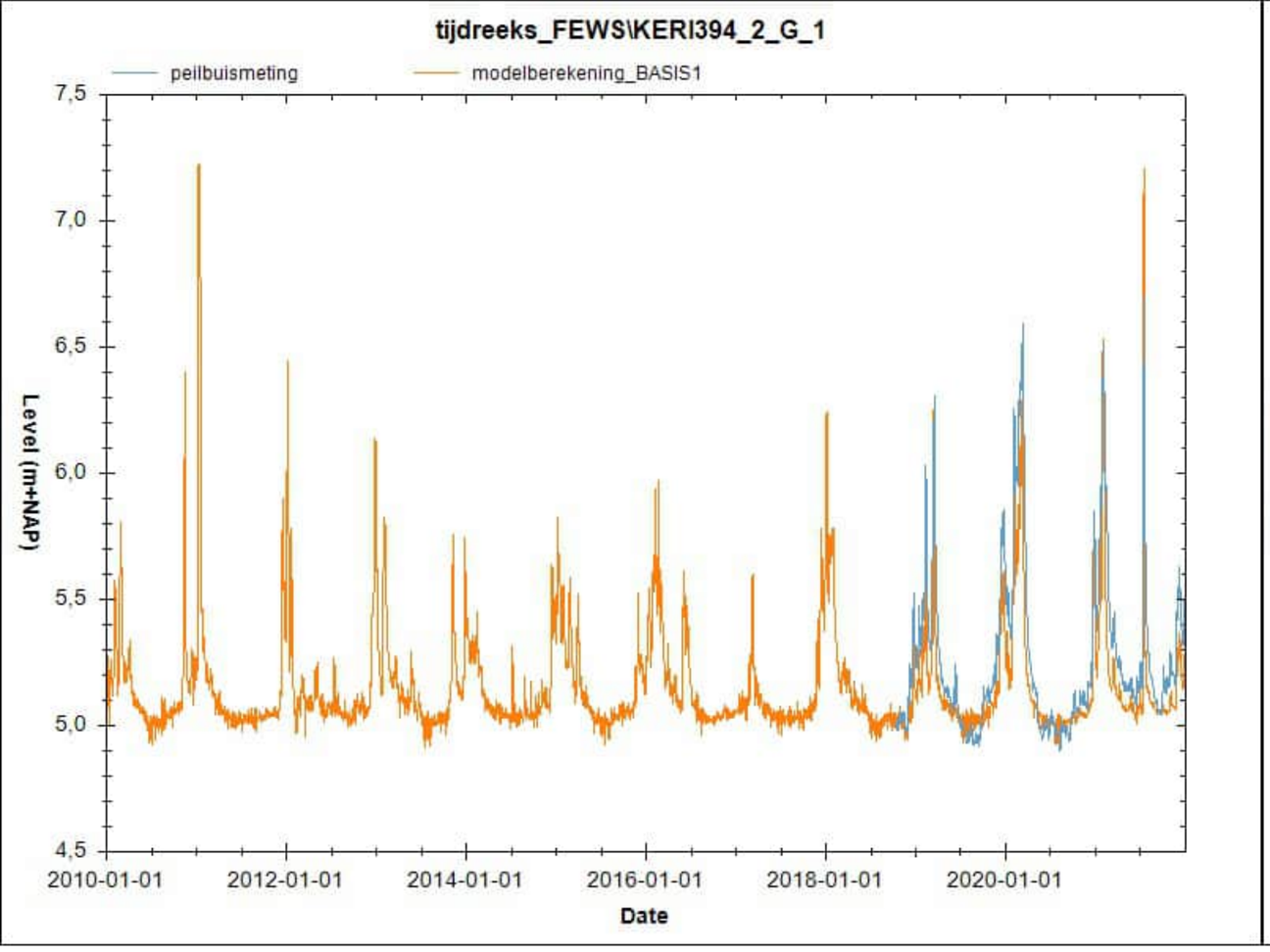


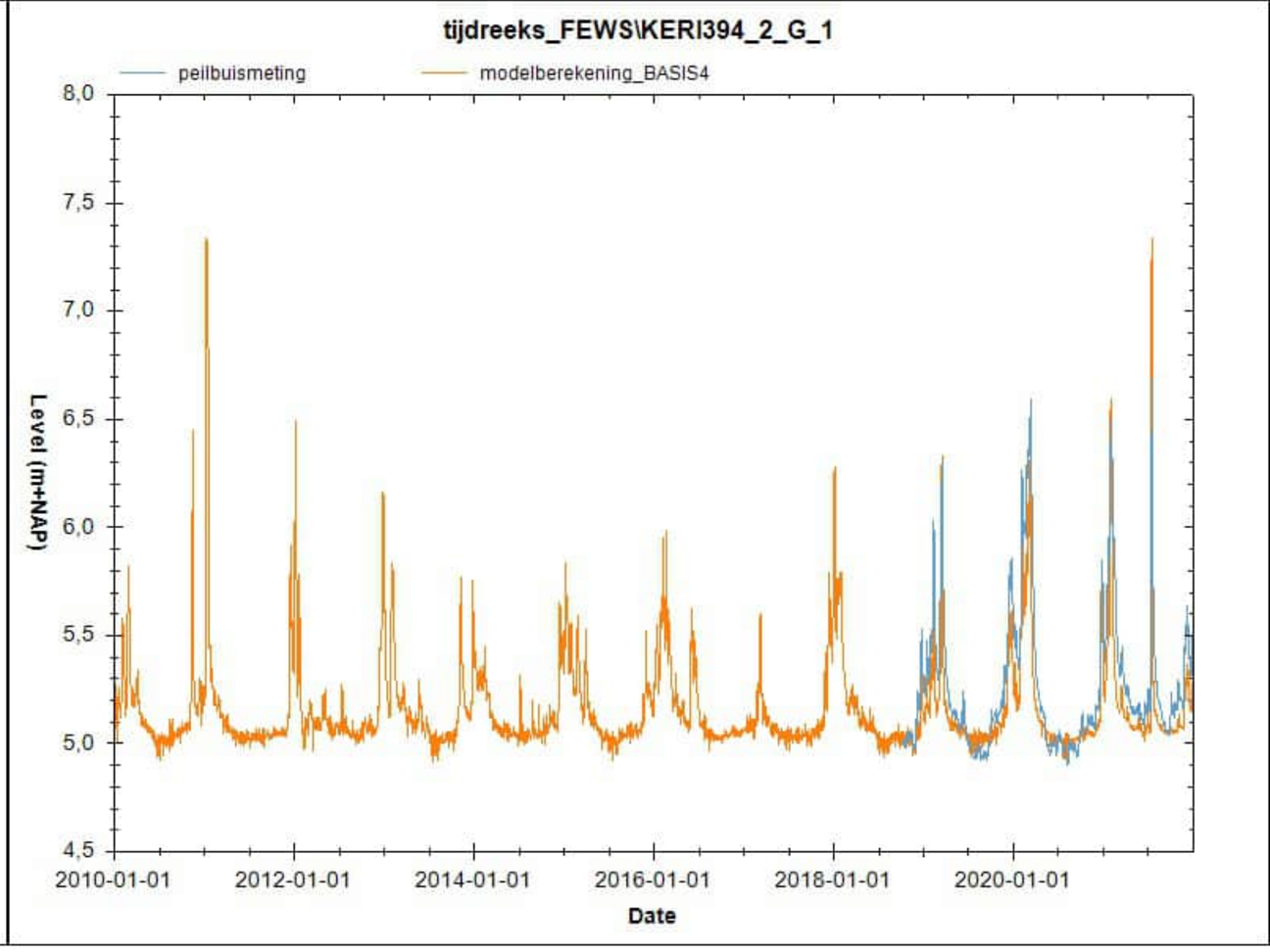
B1.142 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



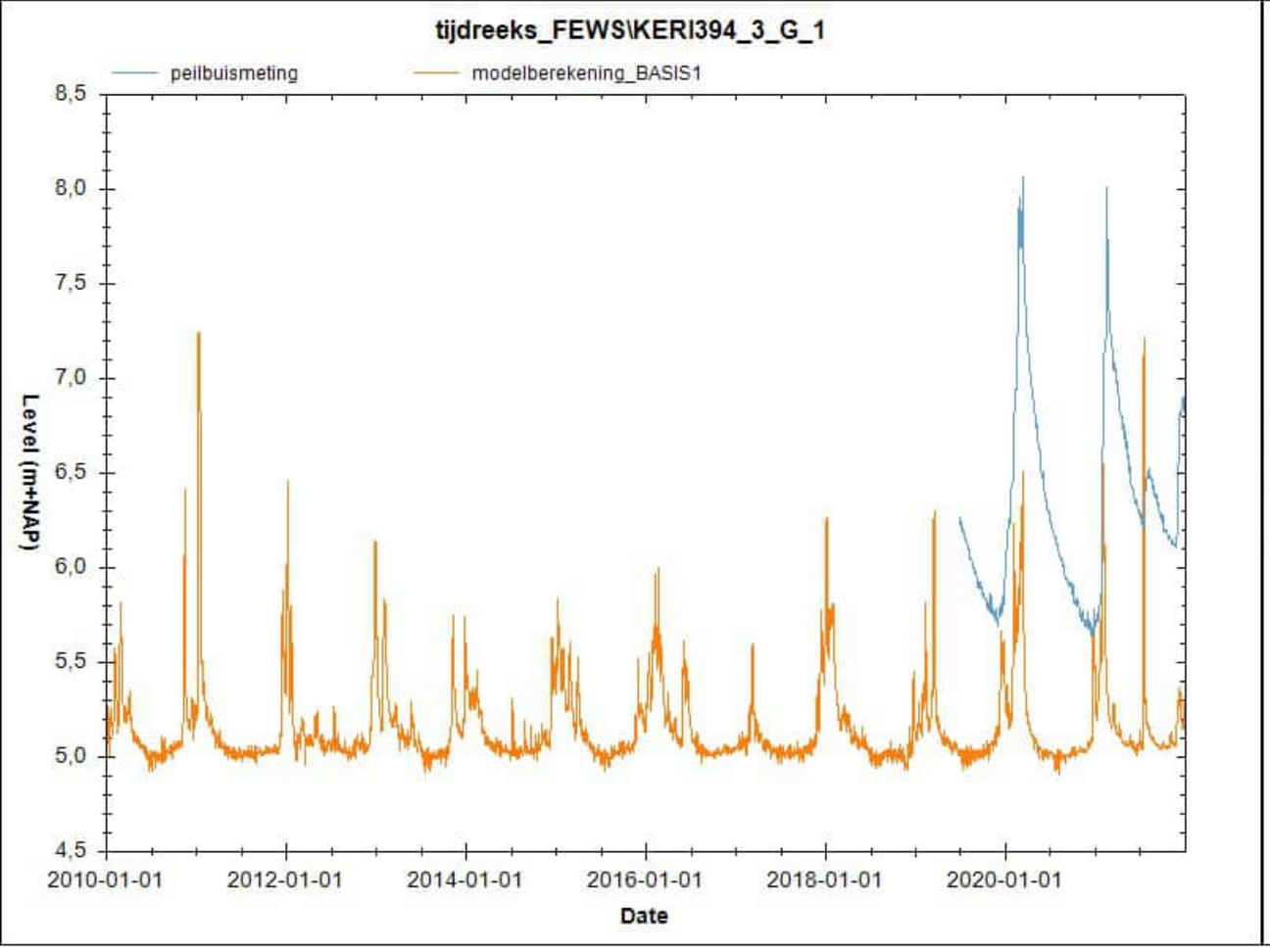


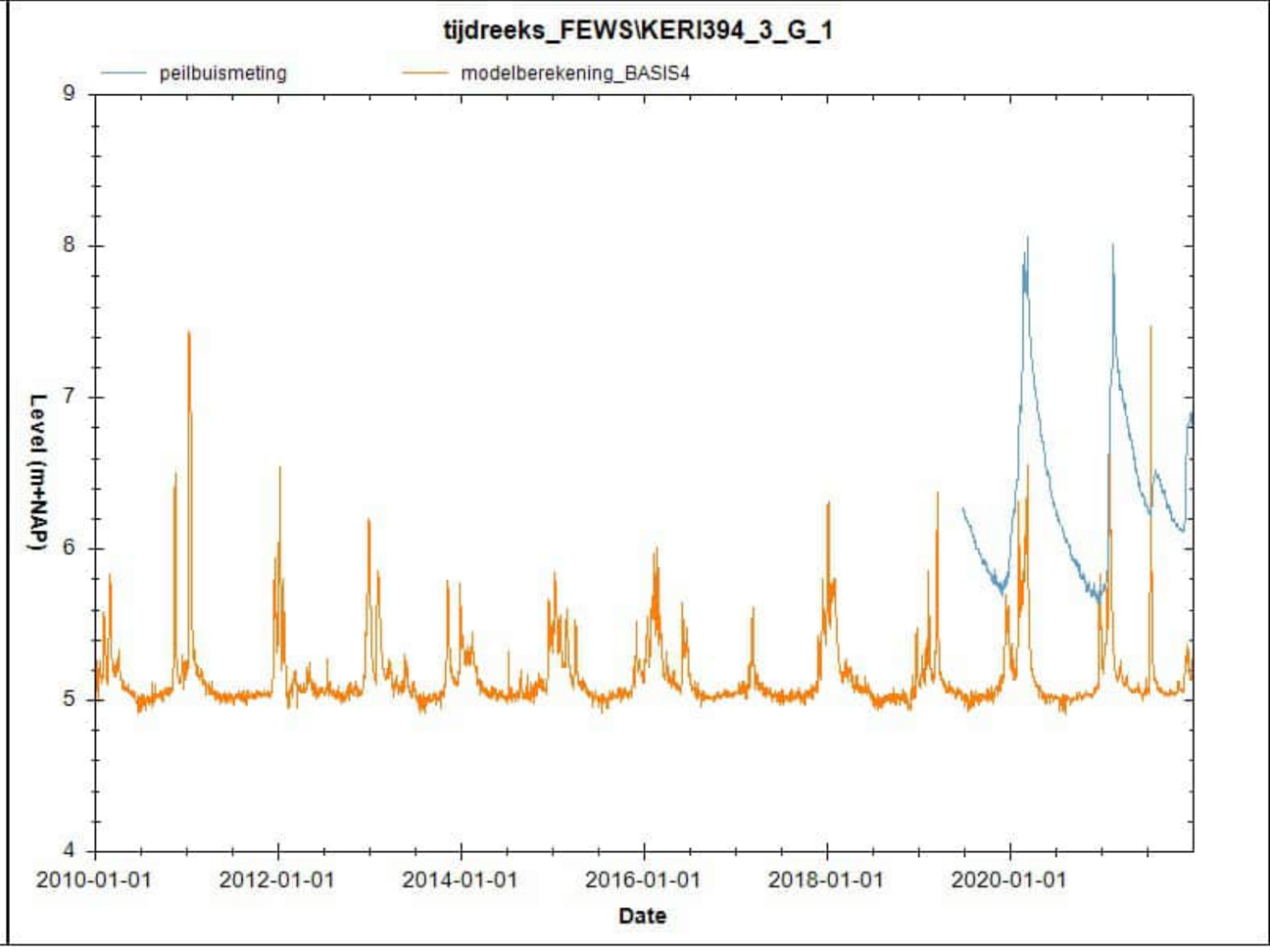
B1.143 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



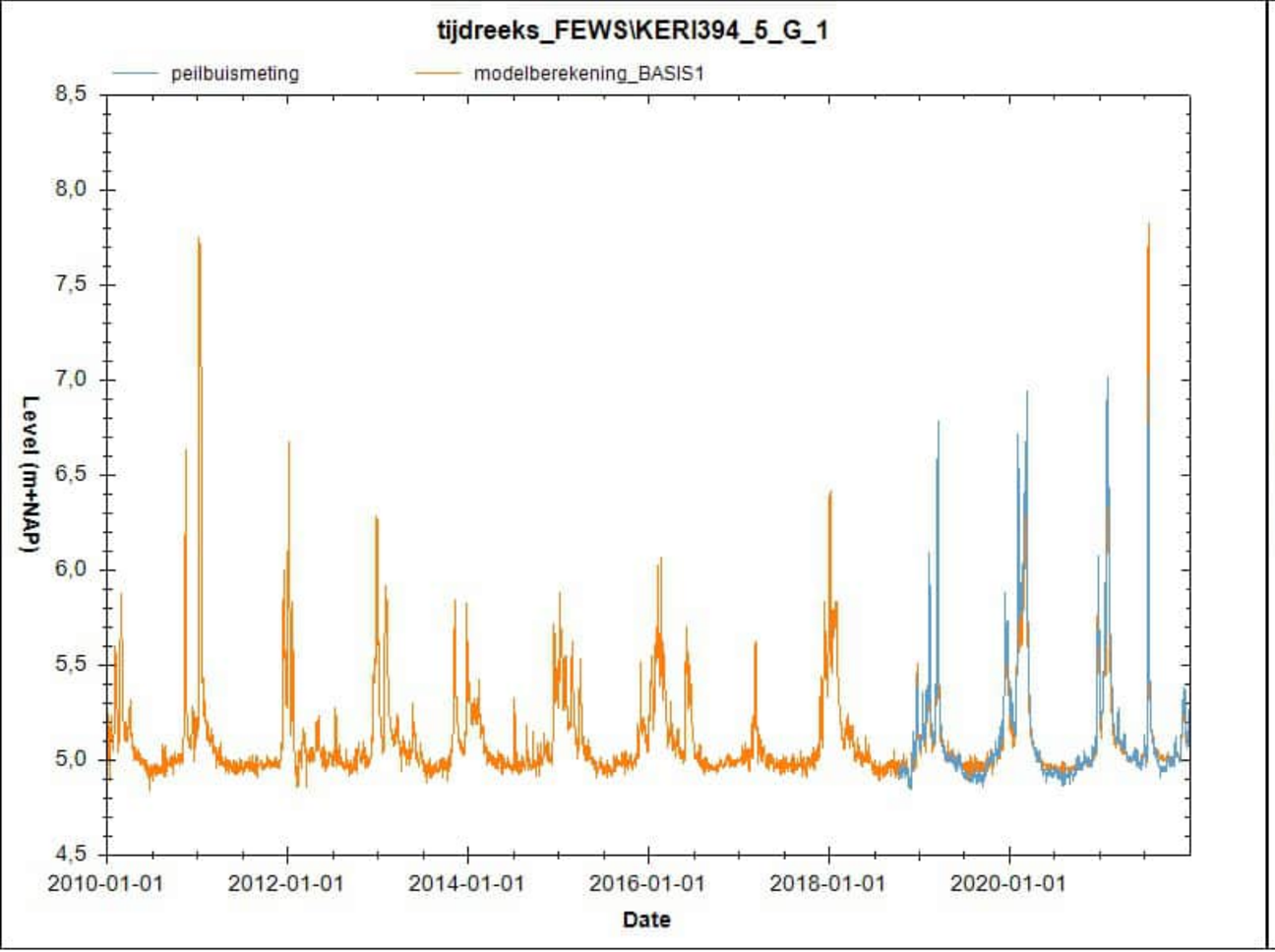


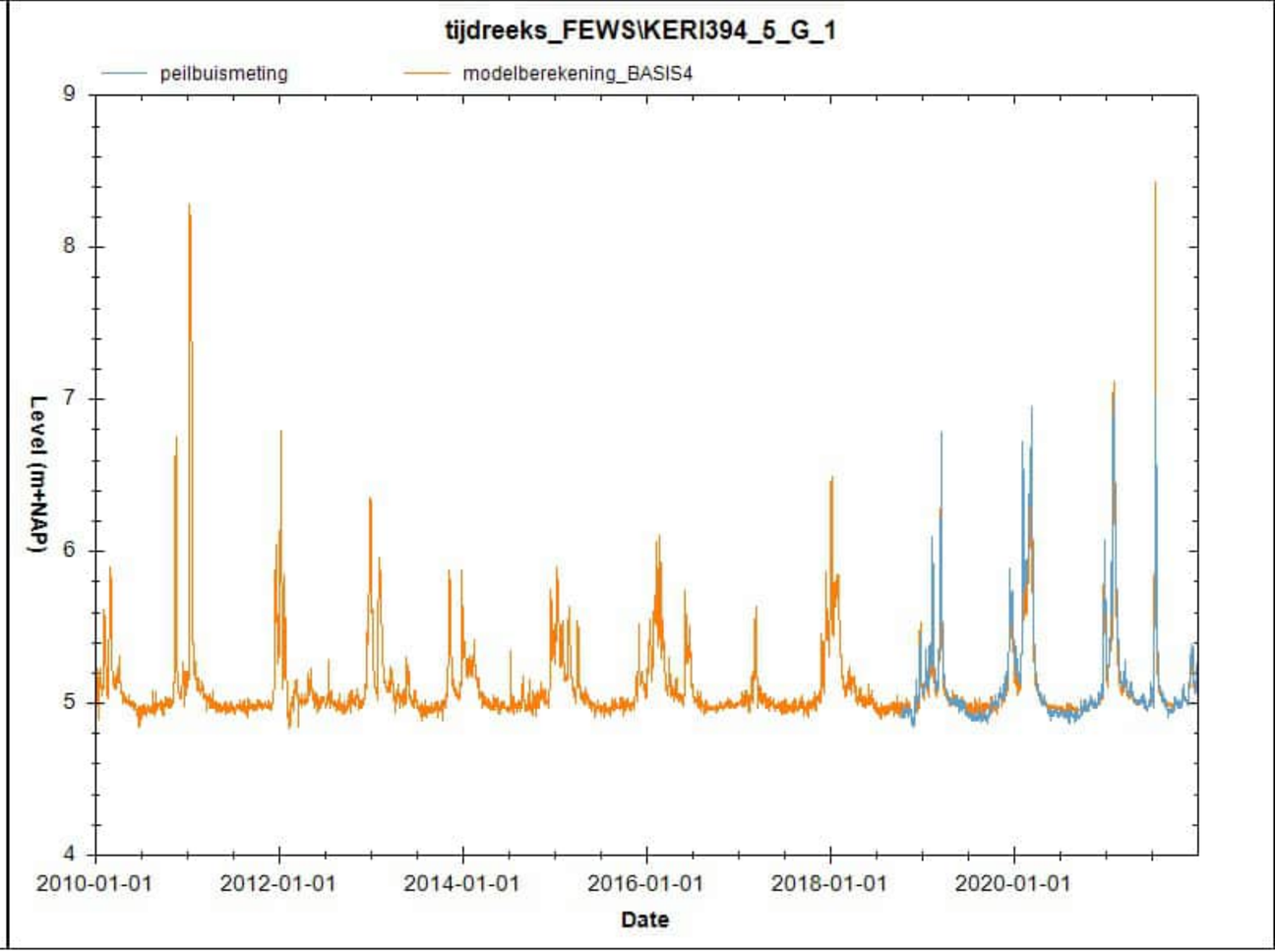
B1.144 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



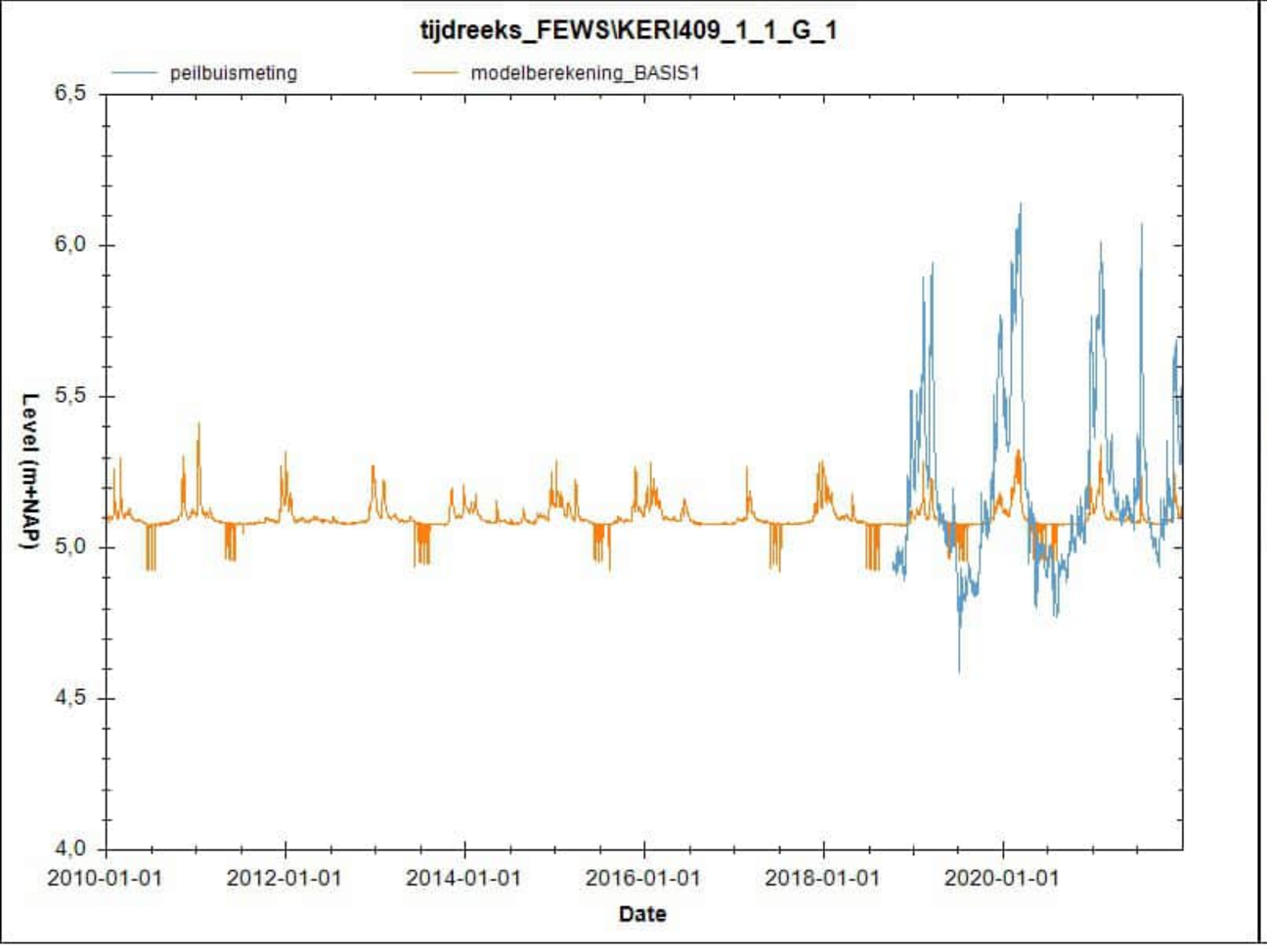


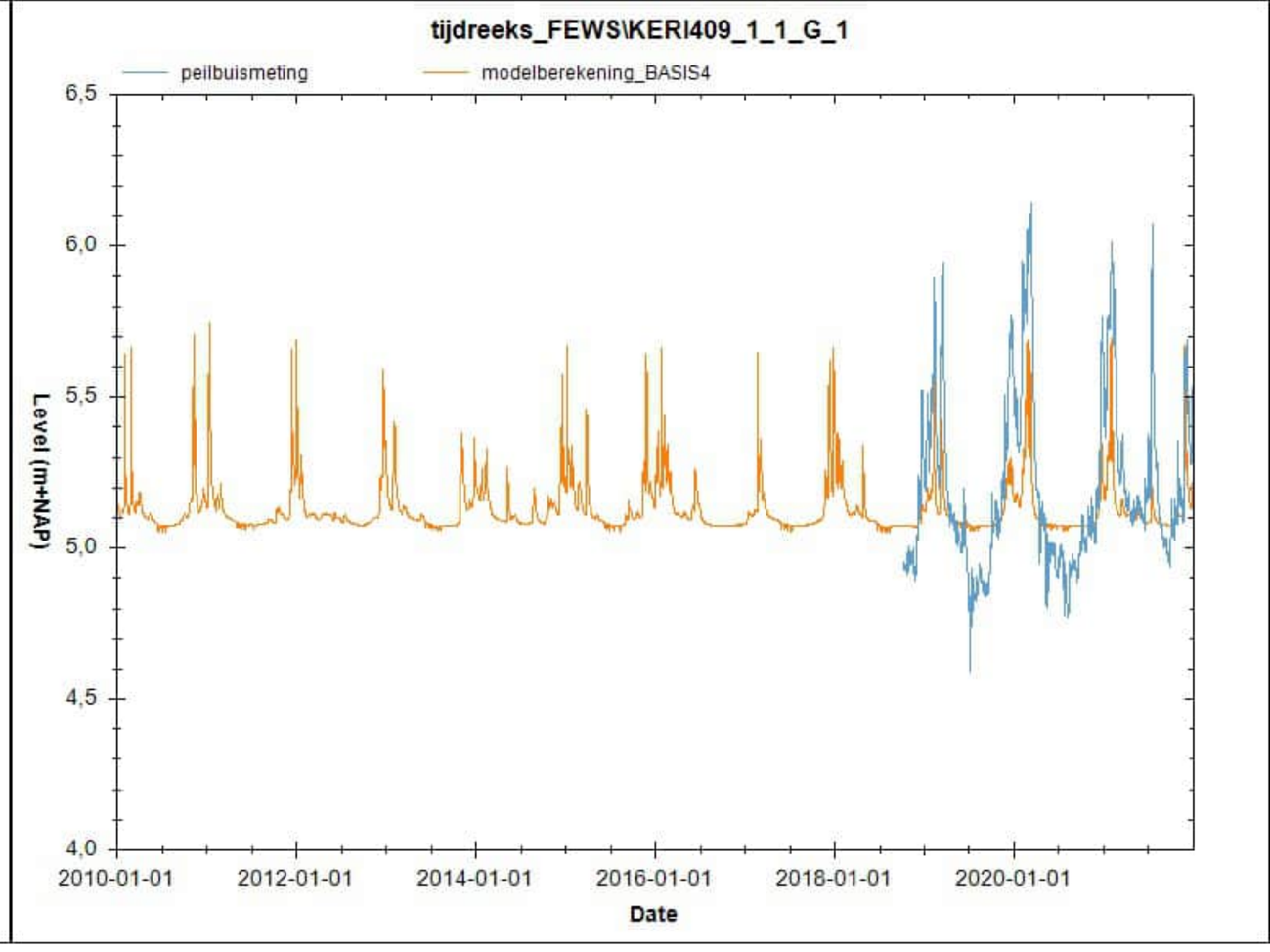
B1.145 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



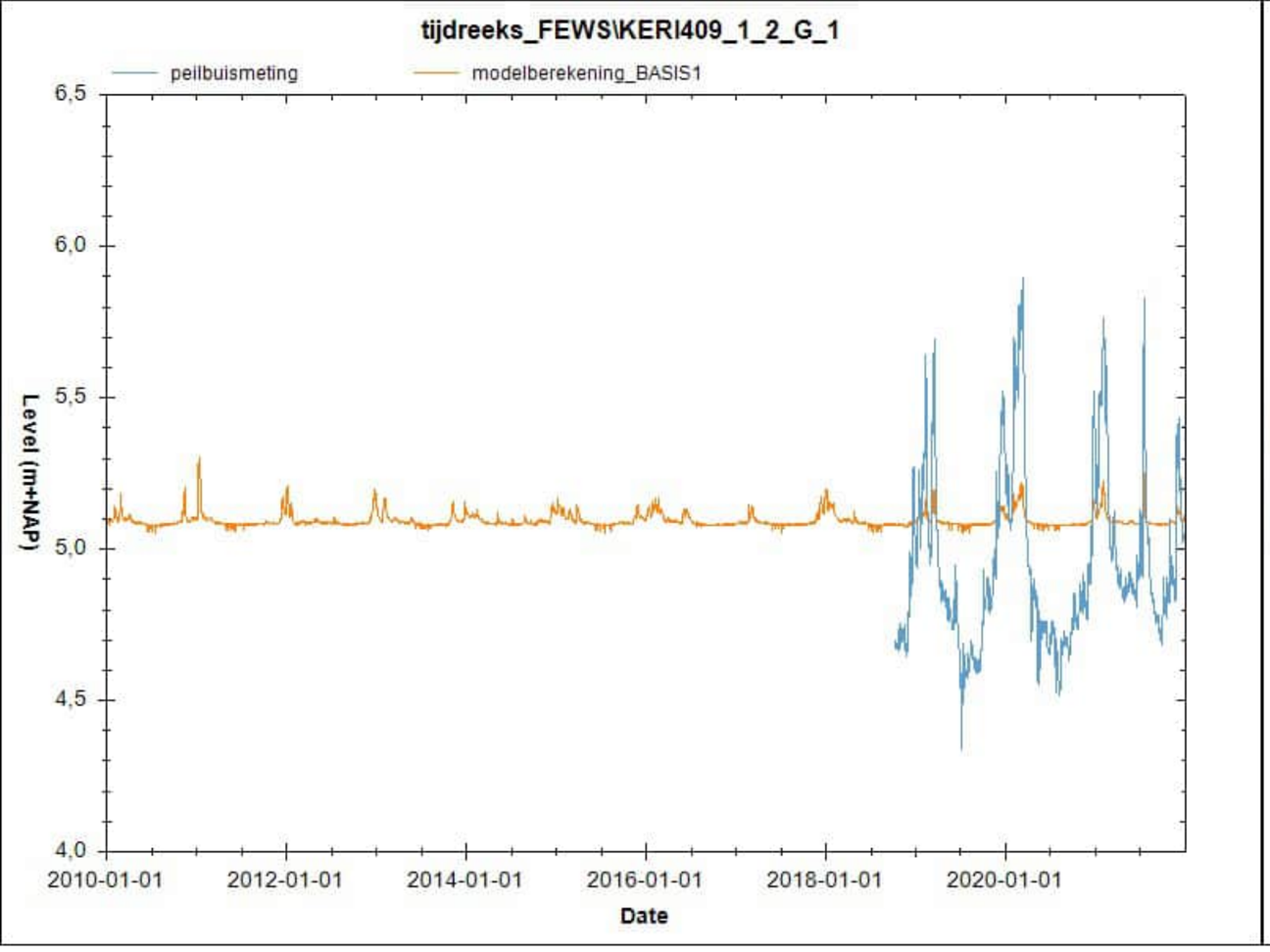


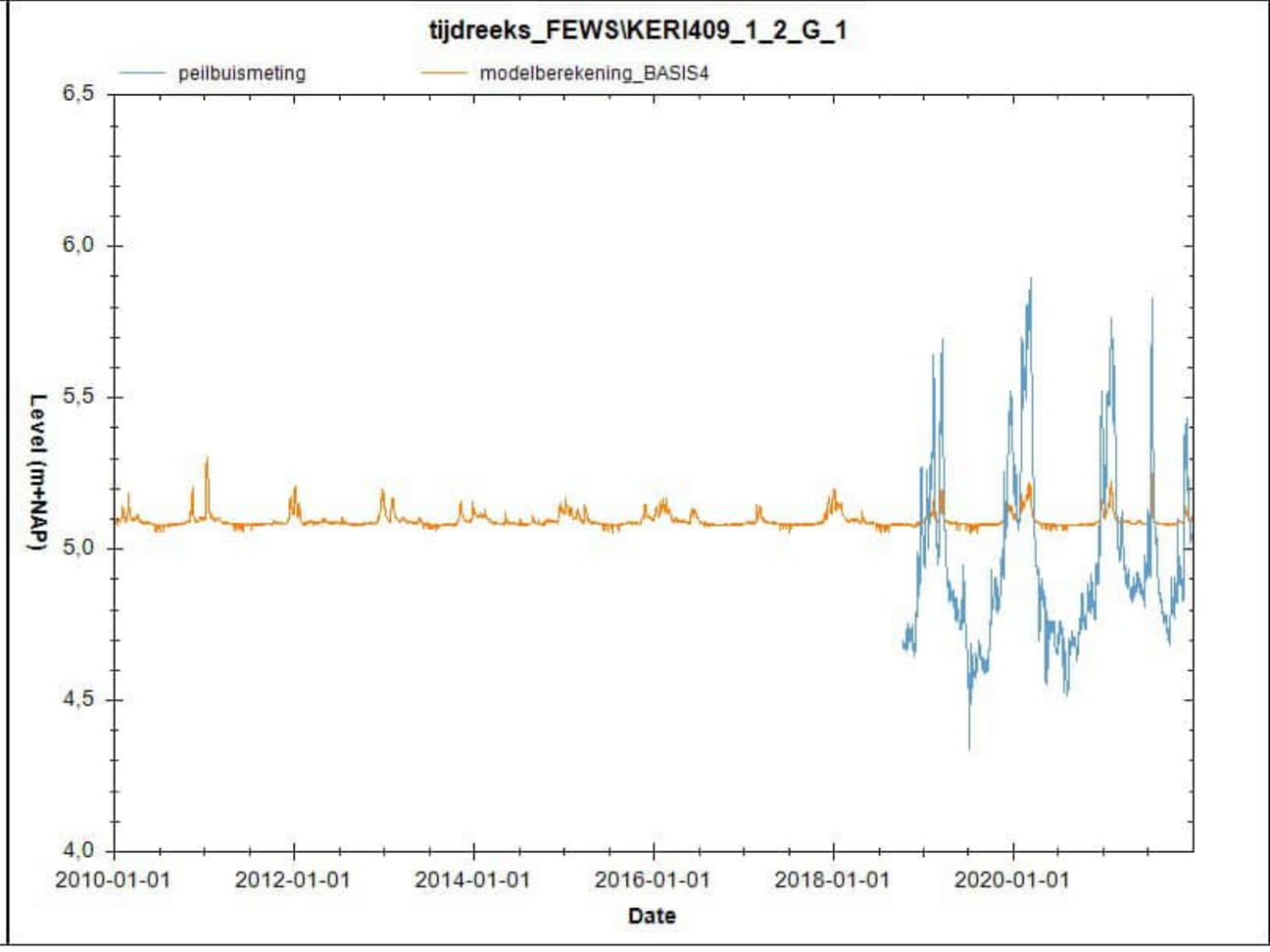
B1.146 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



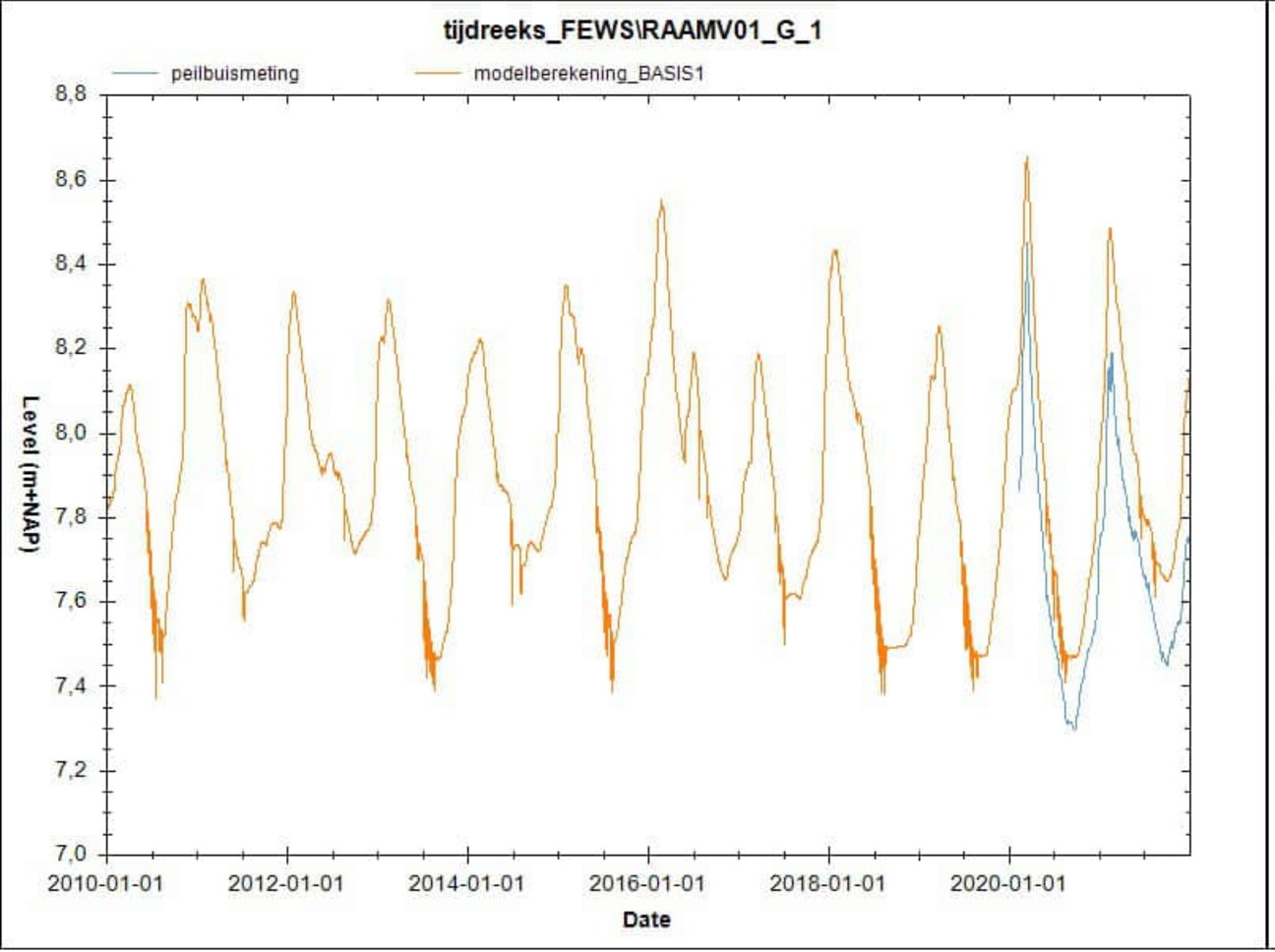


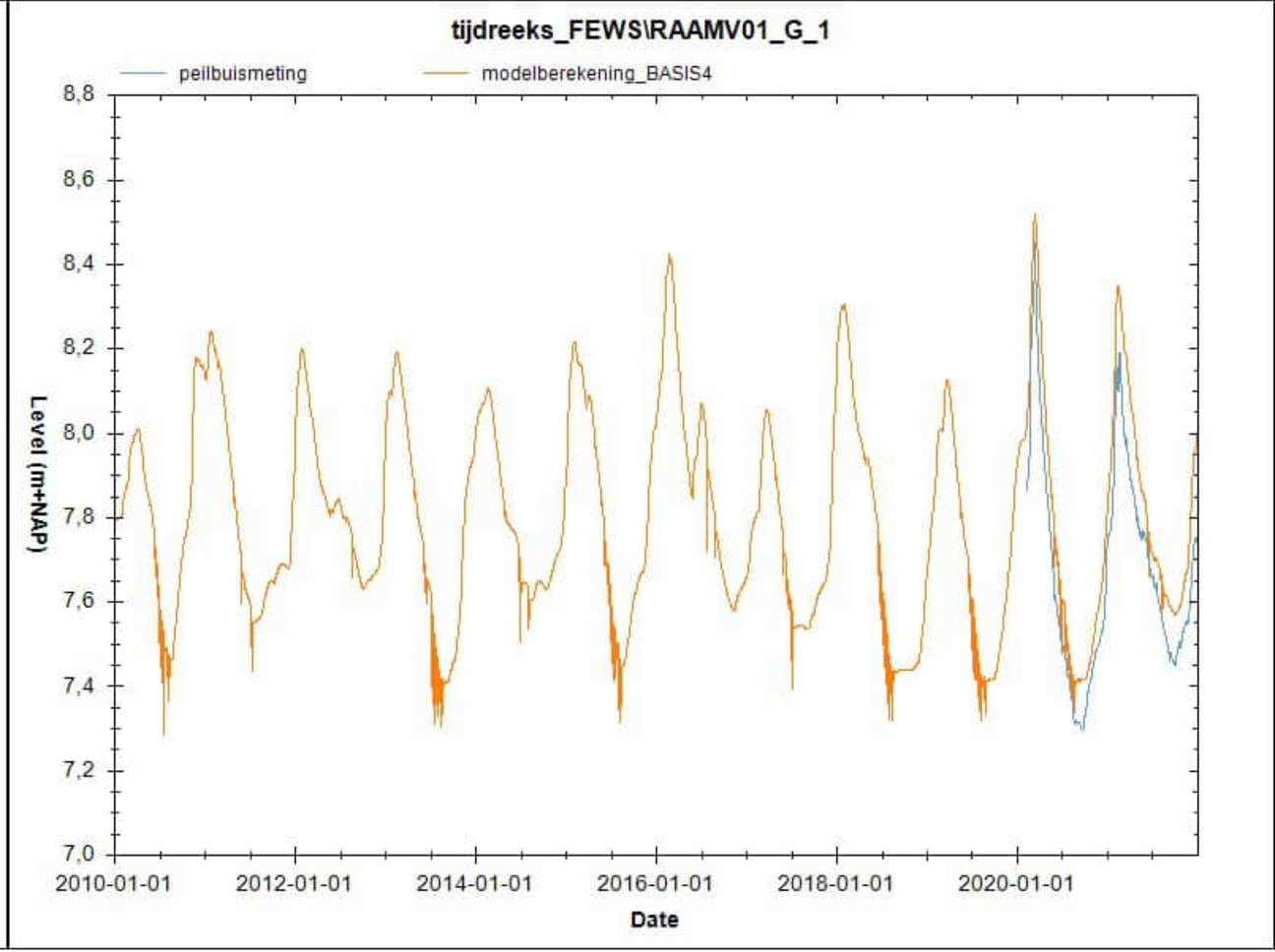
B1.147 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



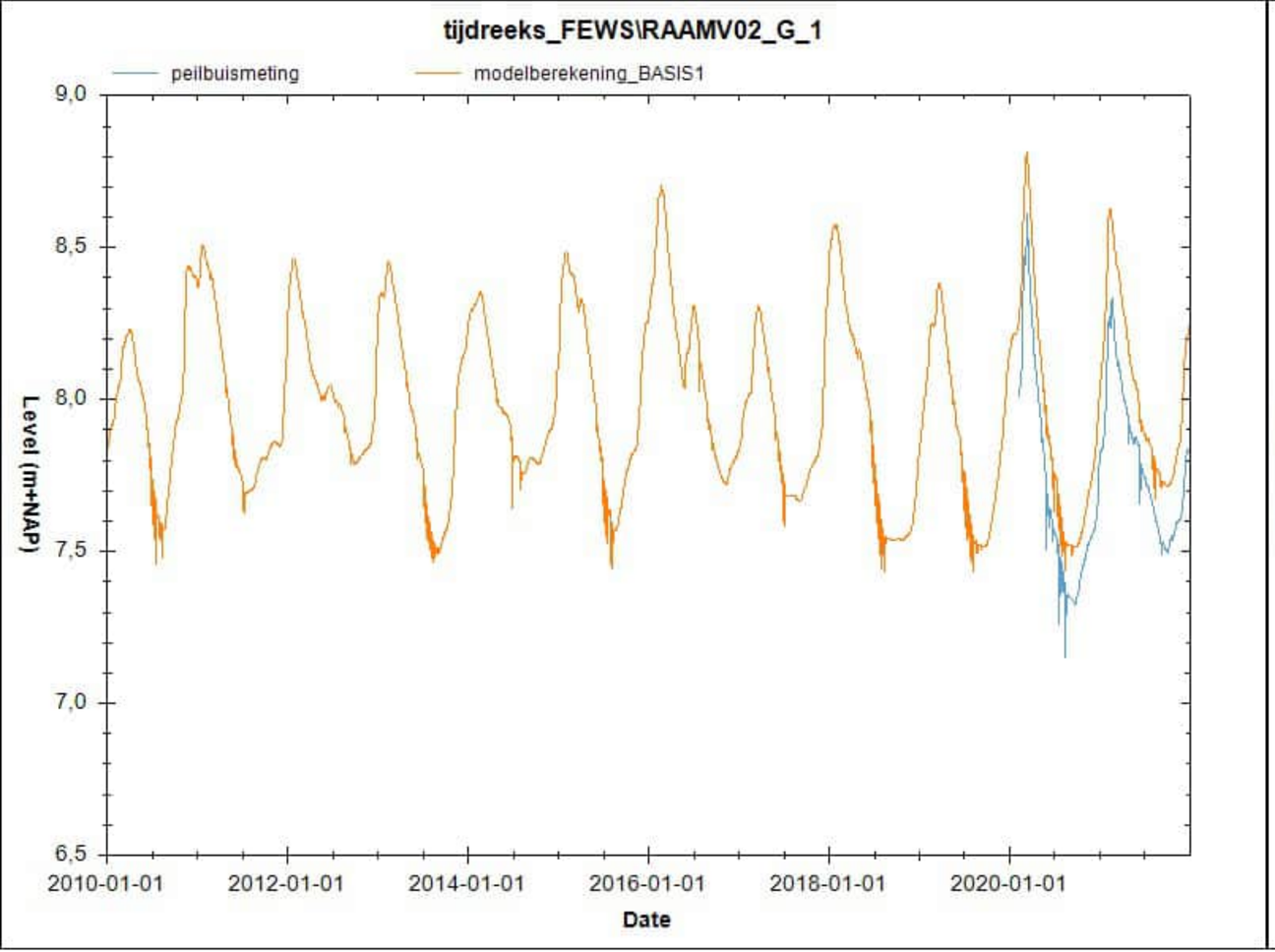


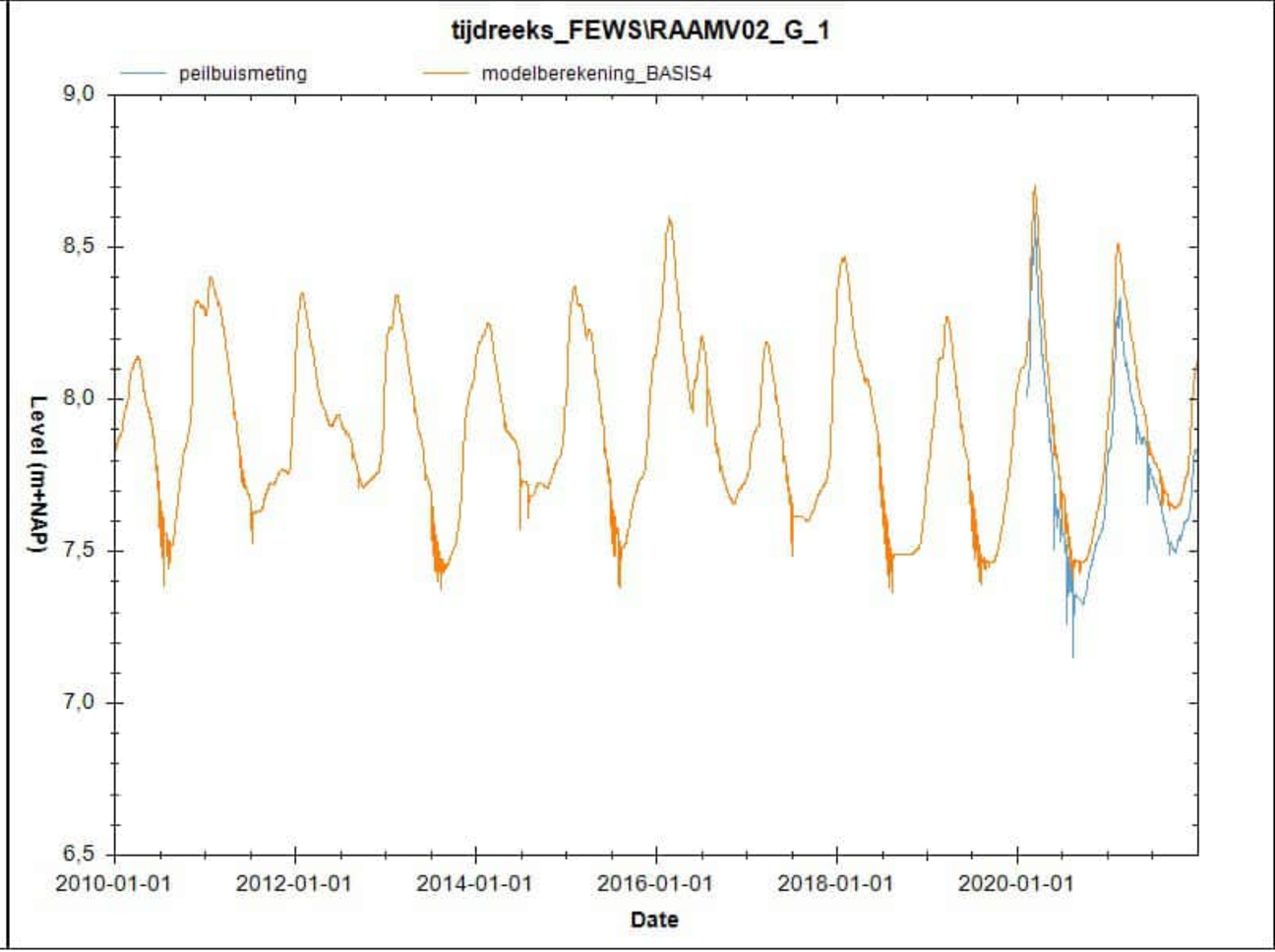
B1.148 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



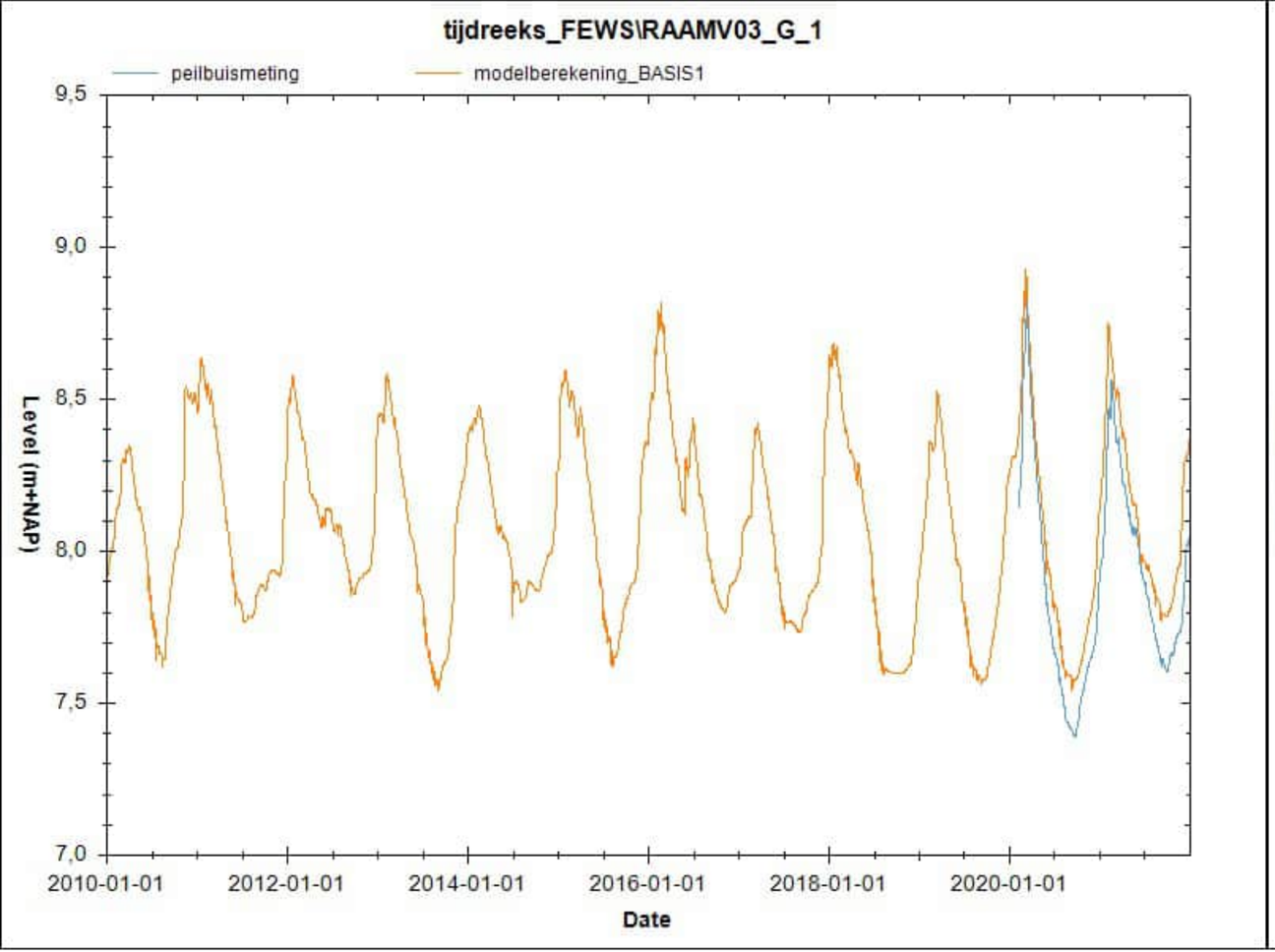


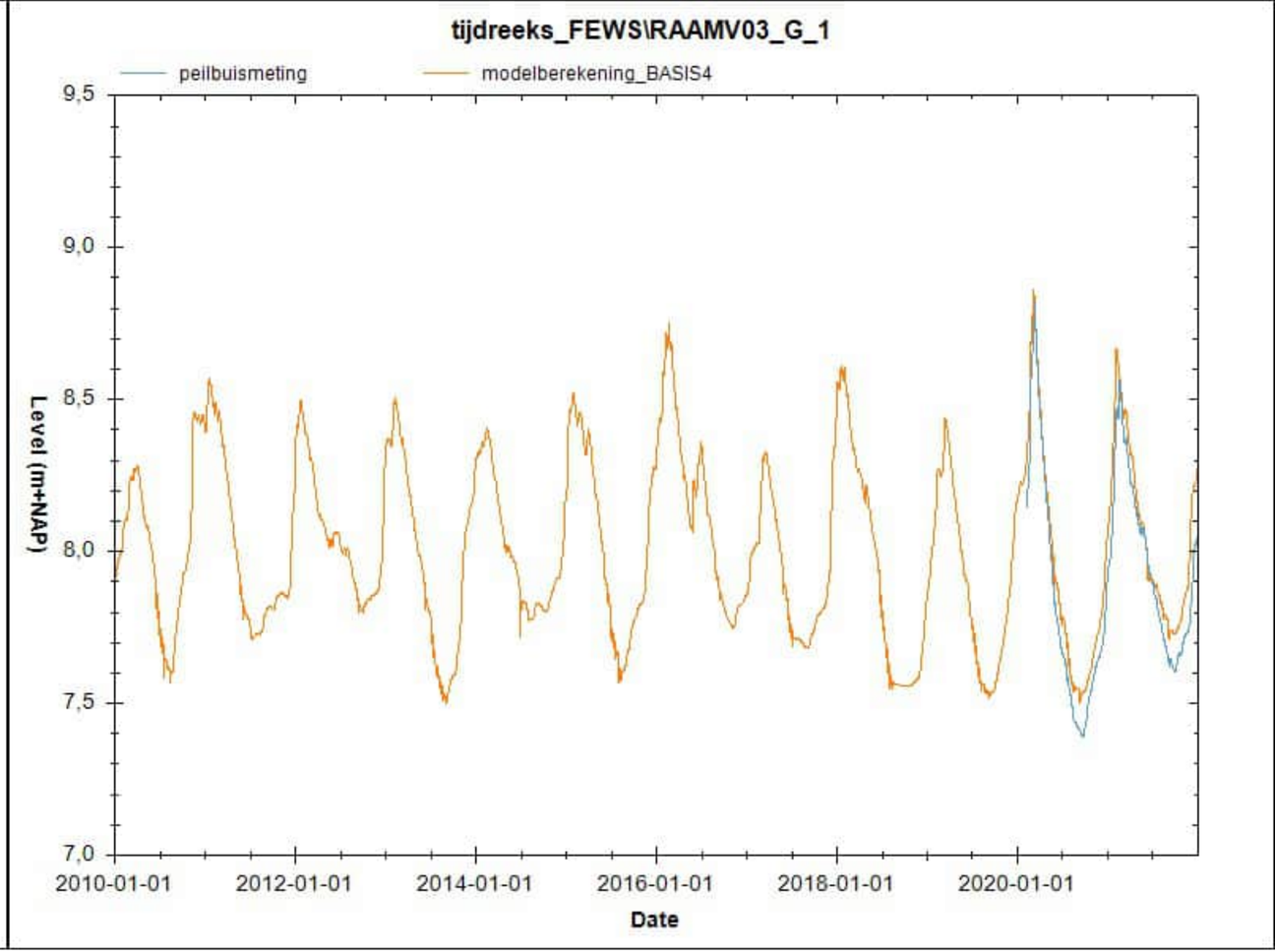
B1.149 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



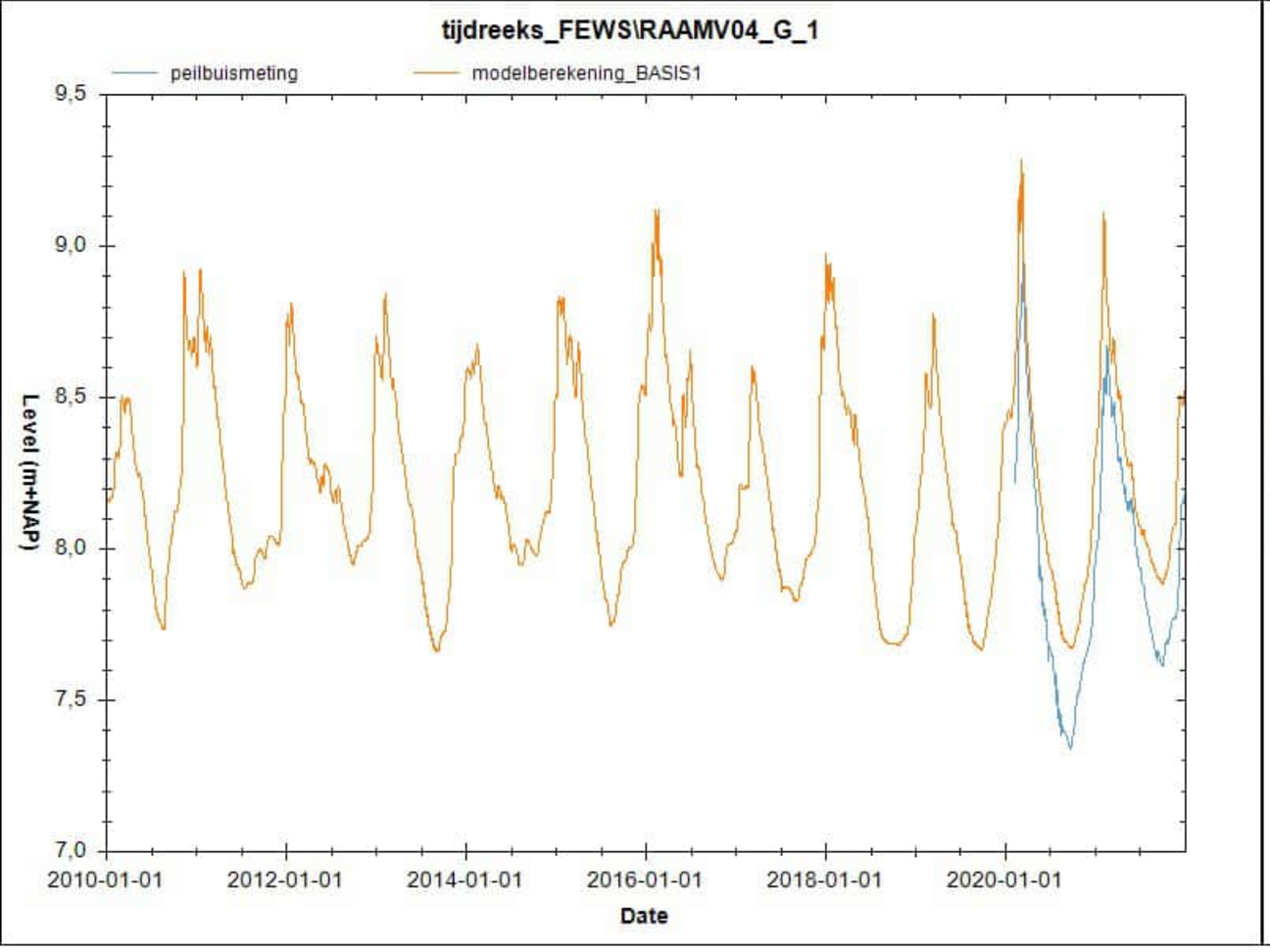


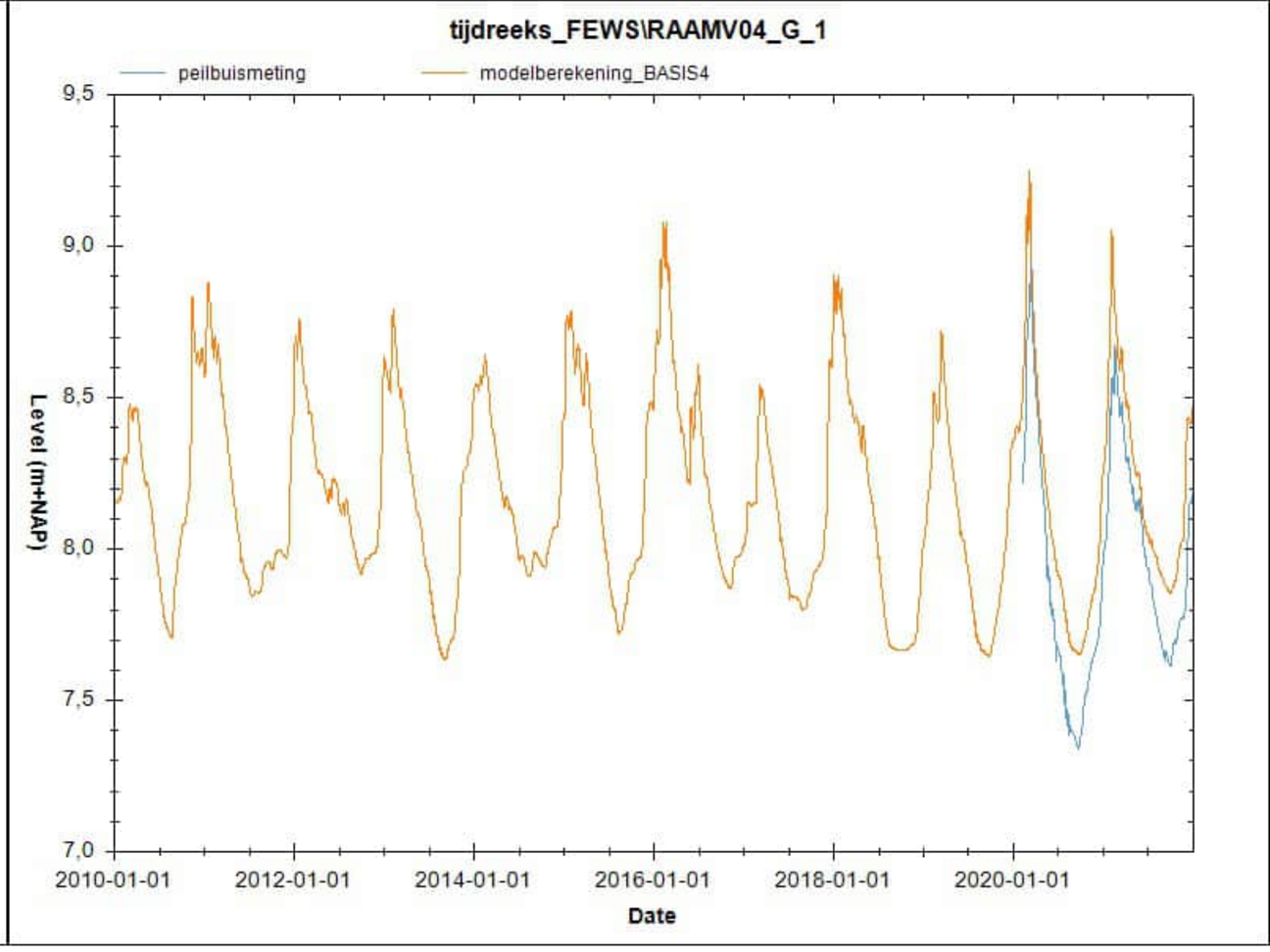
B1.150 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



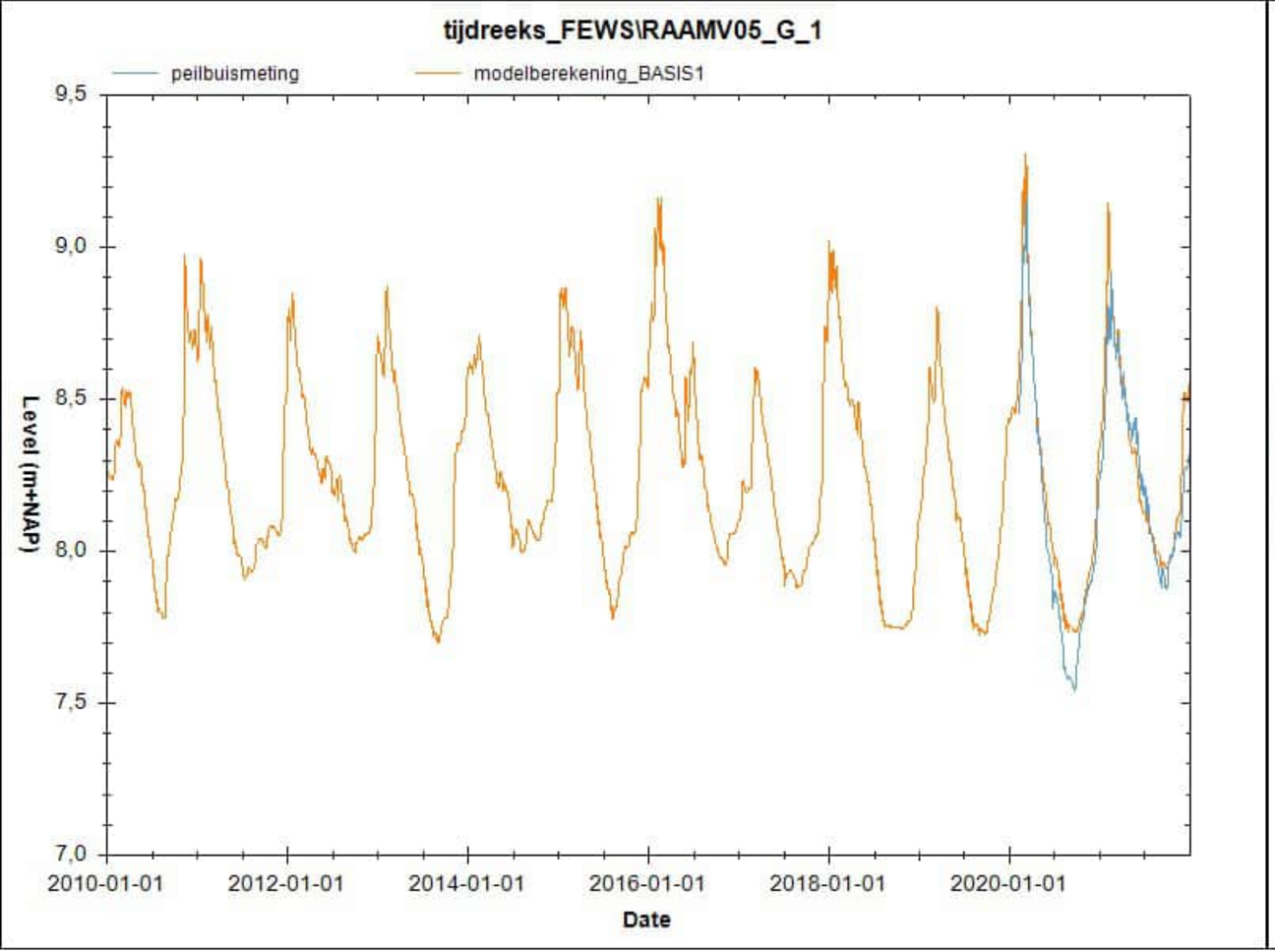


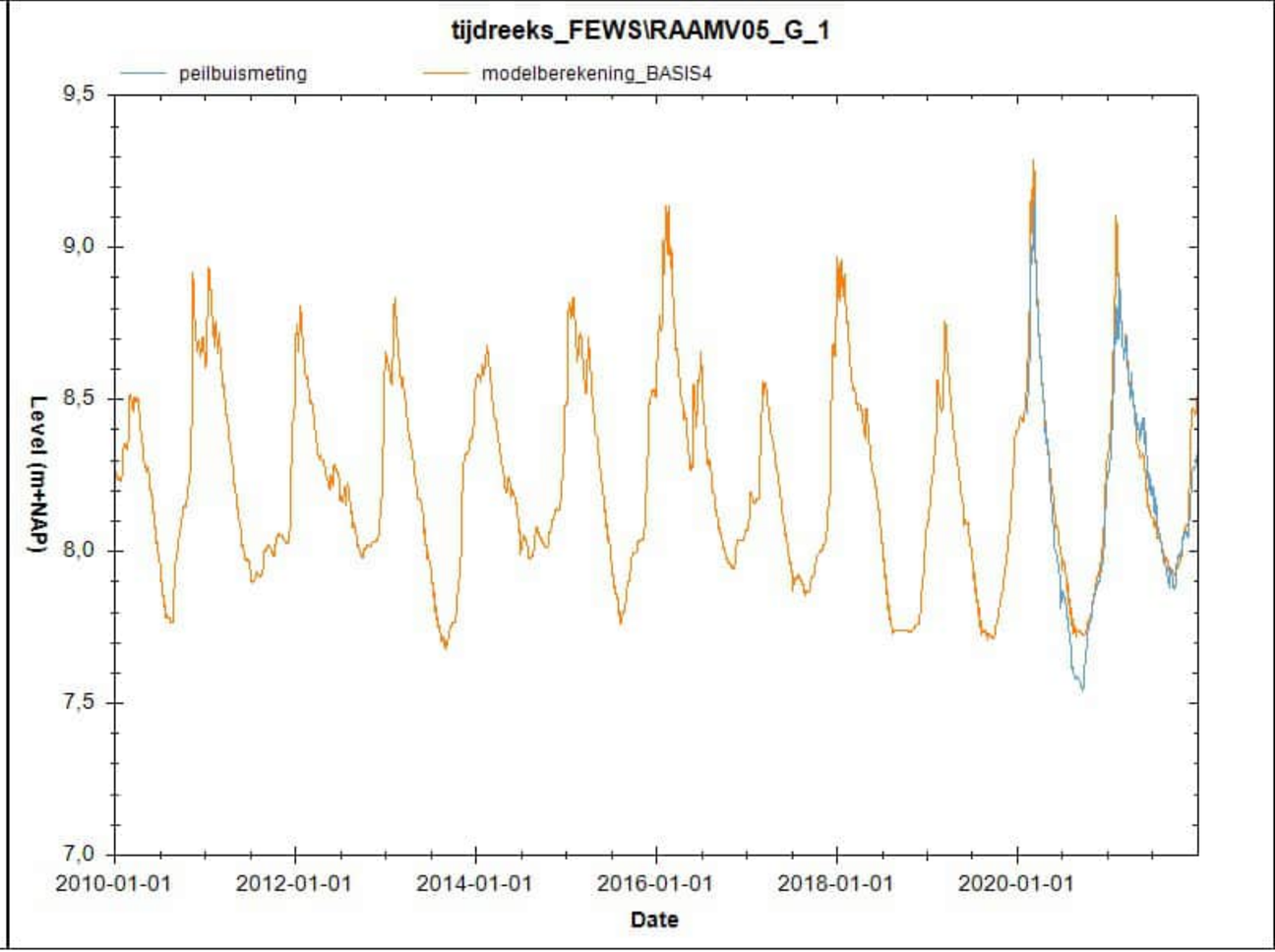
B1.151 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



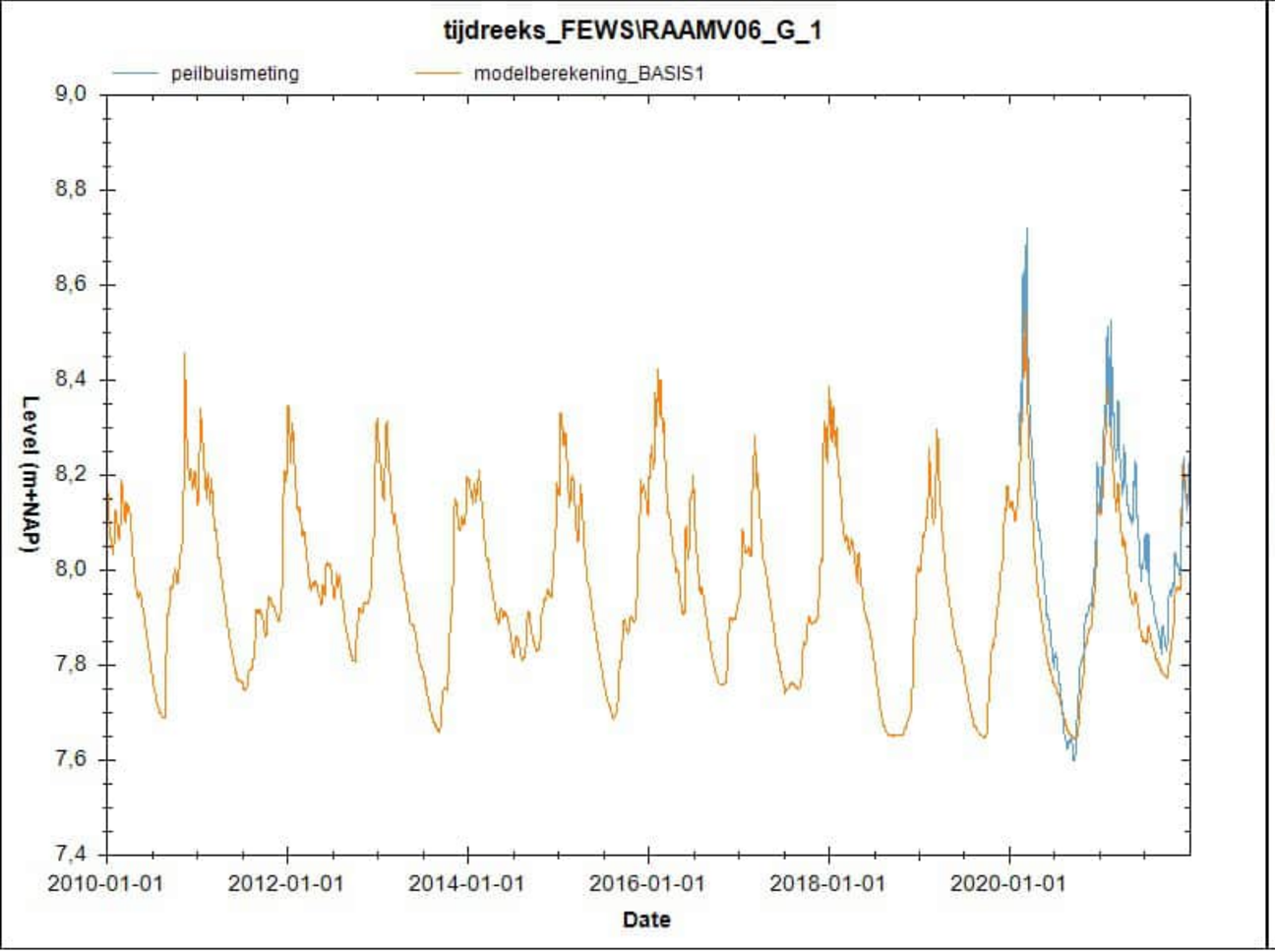


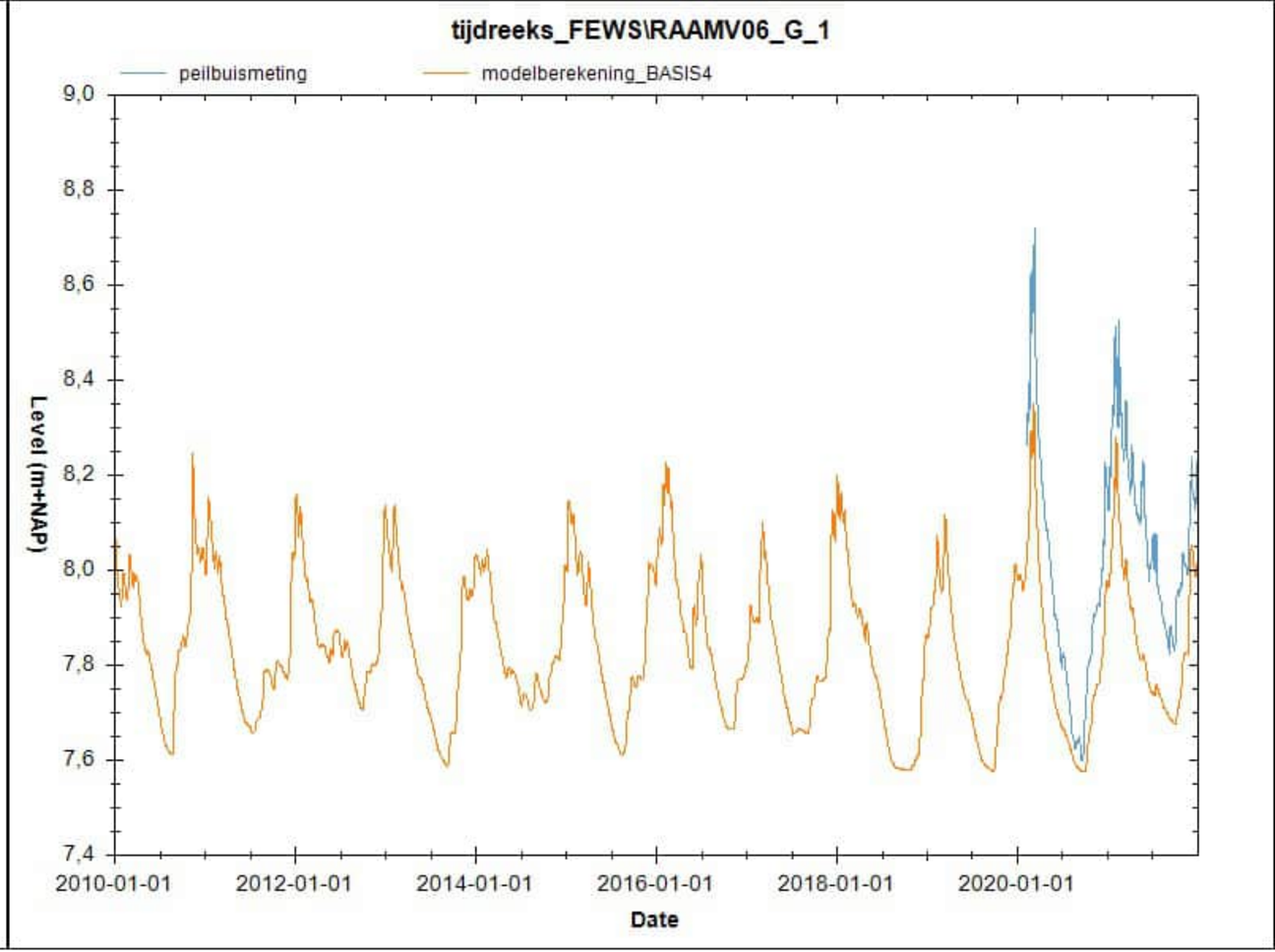
B1.152 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



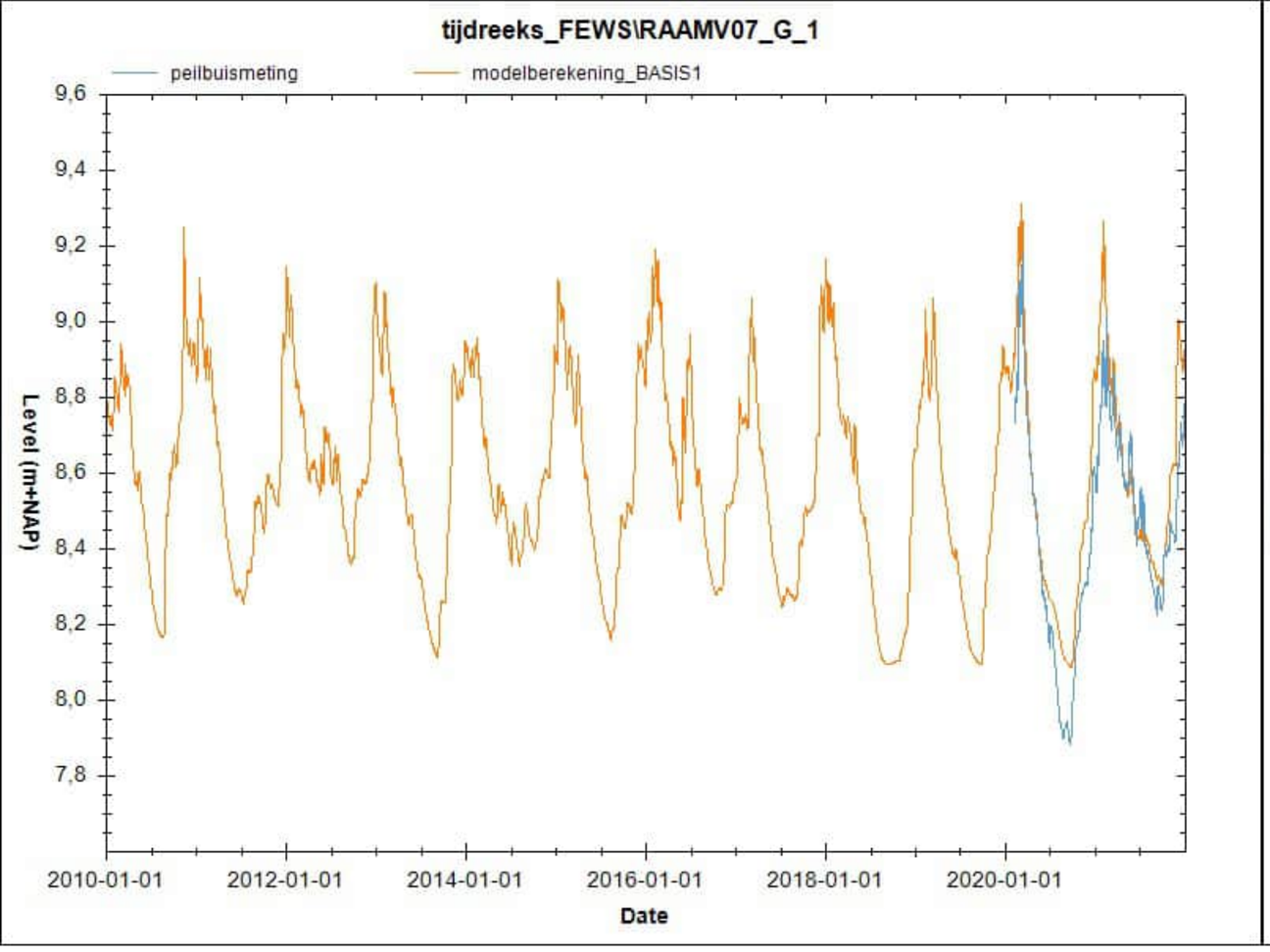


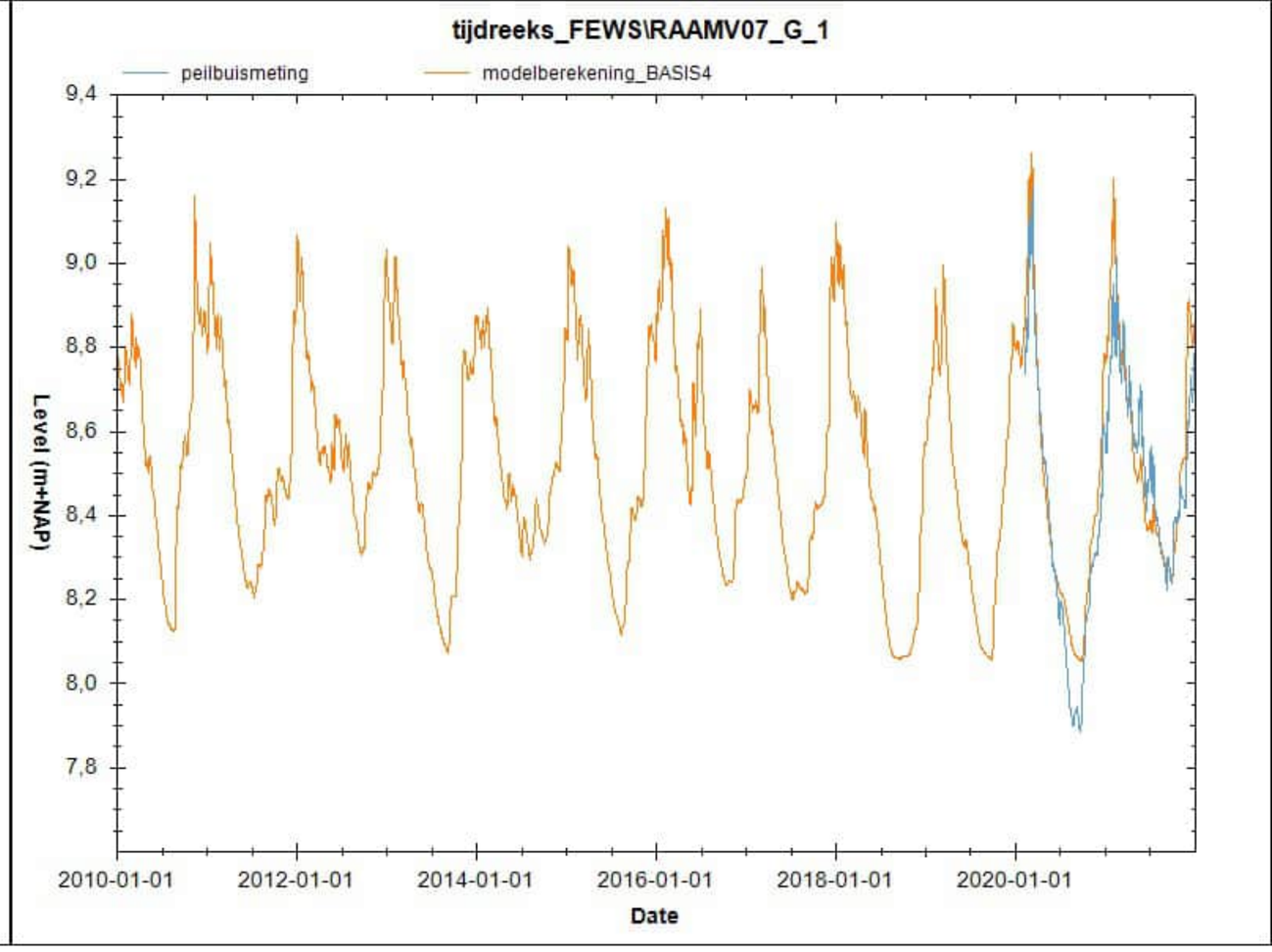
B1.153 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



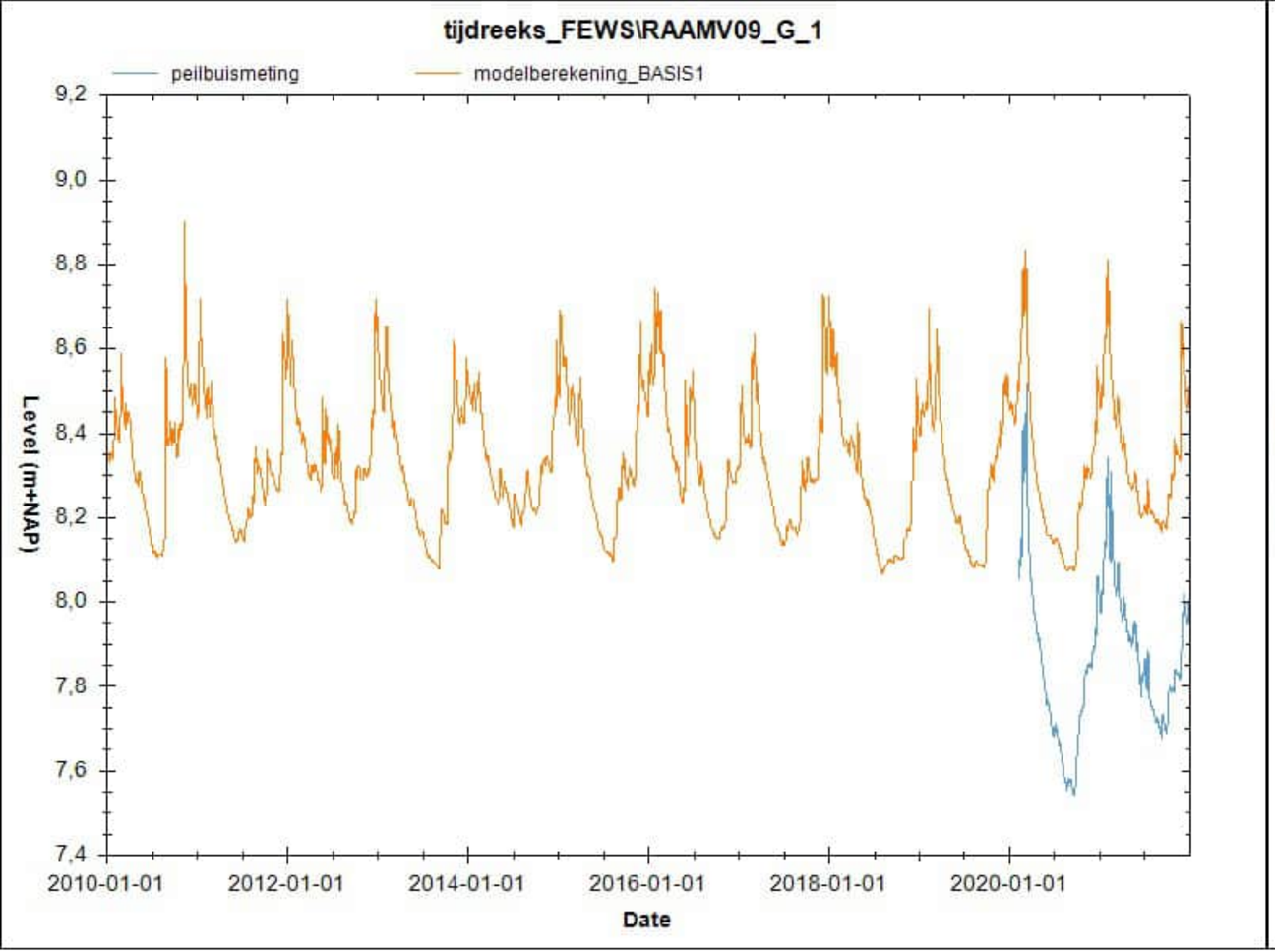


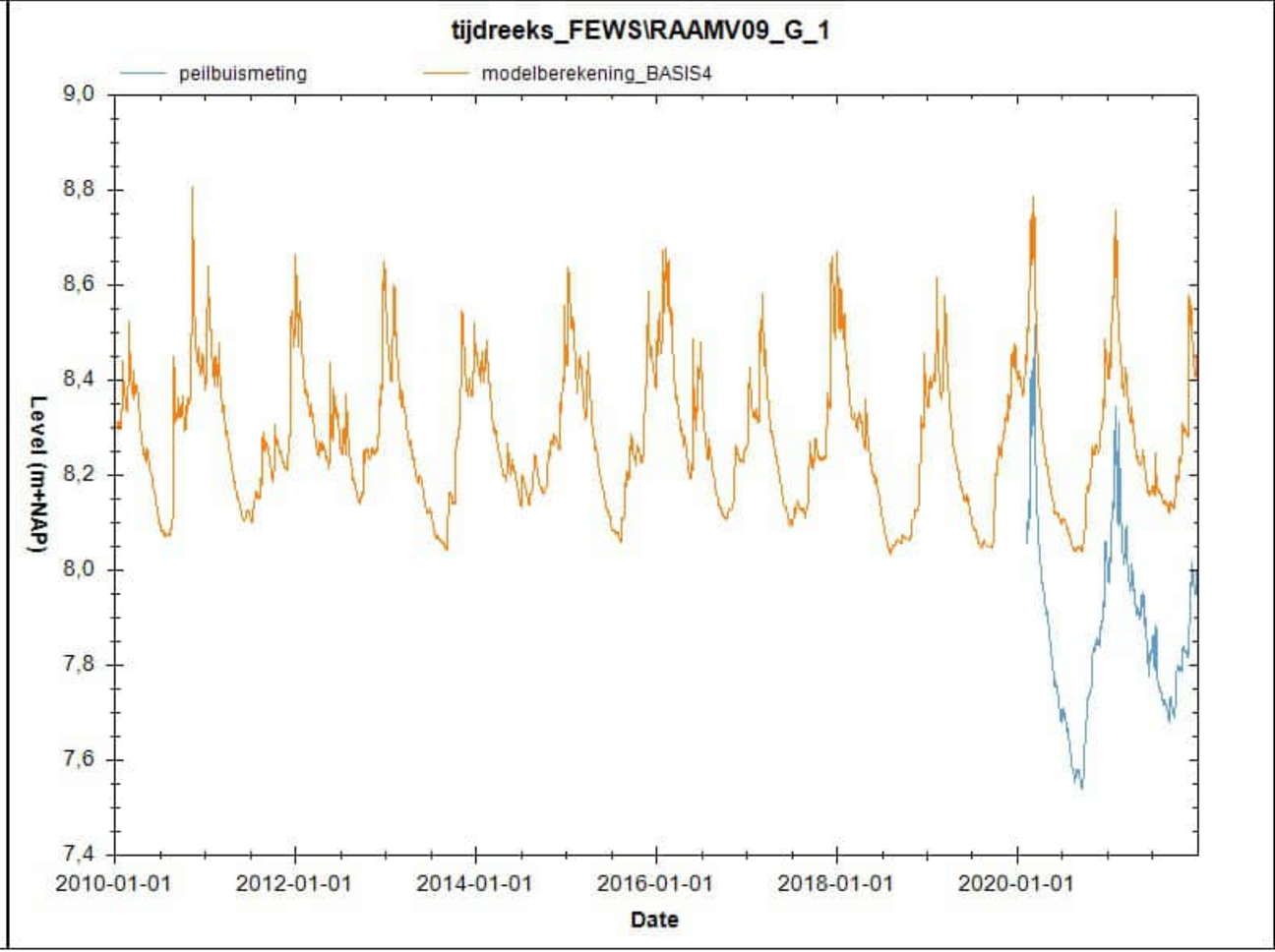
B1.154 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



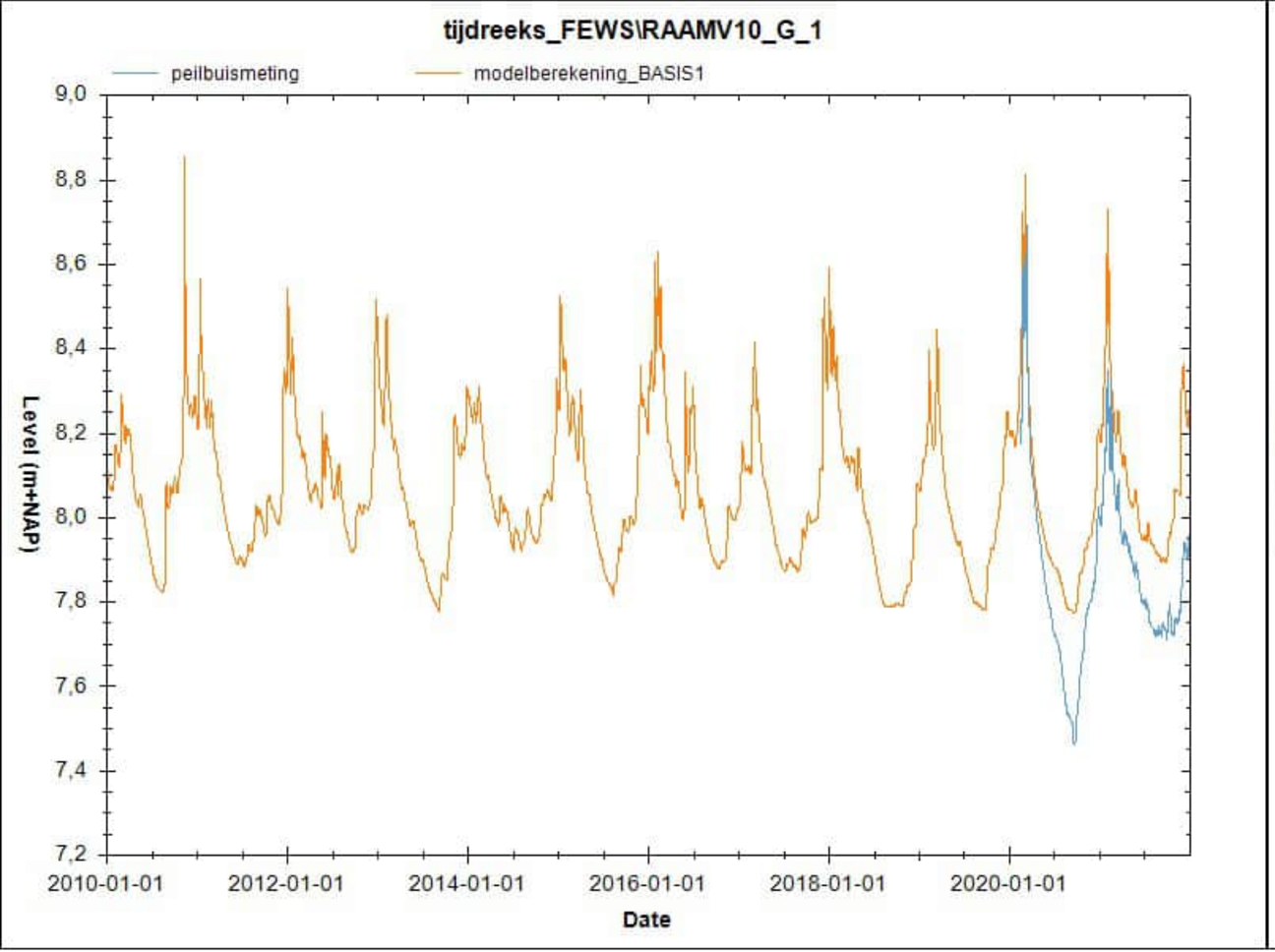


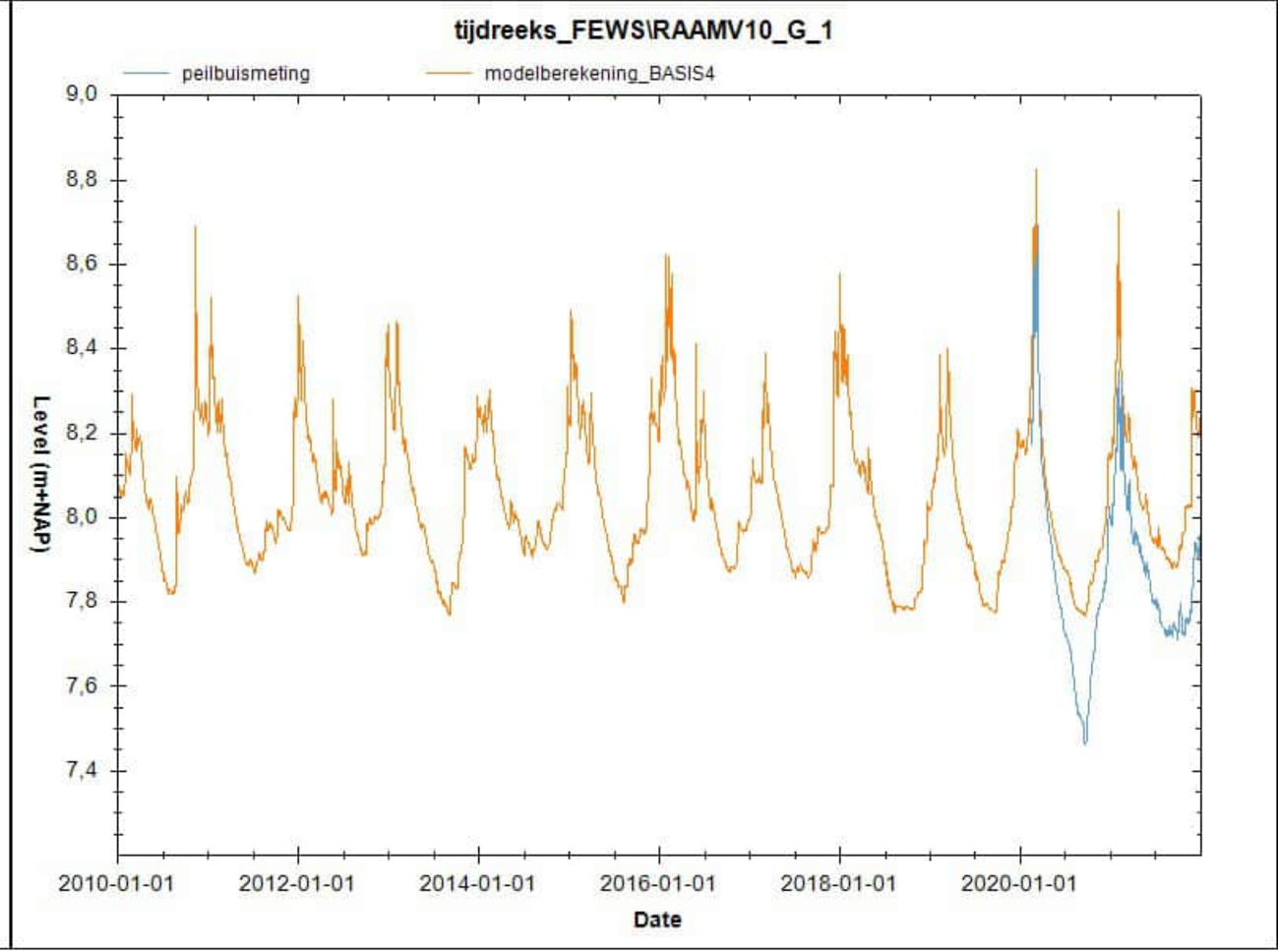
B1.155 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



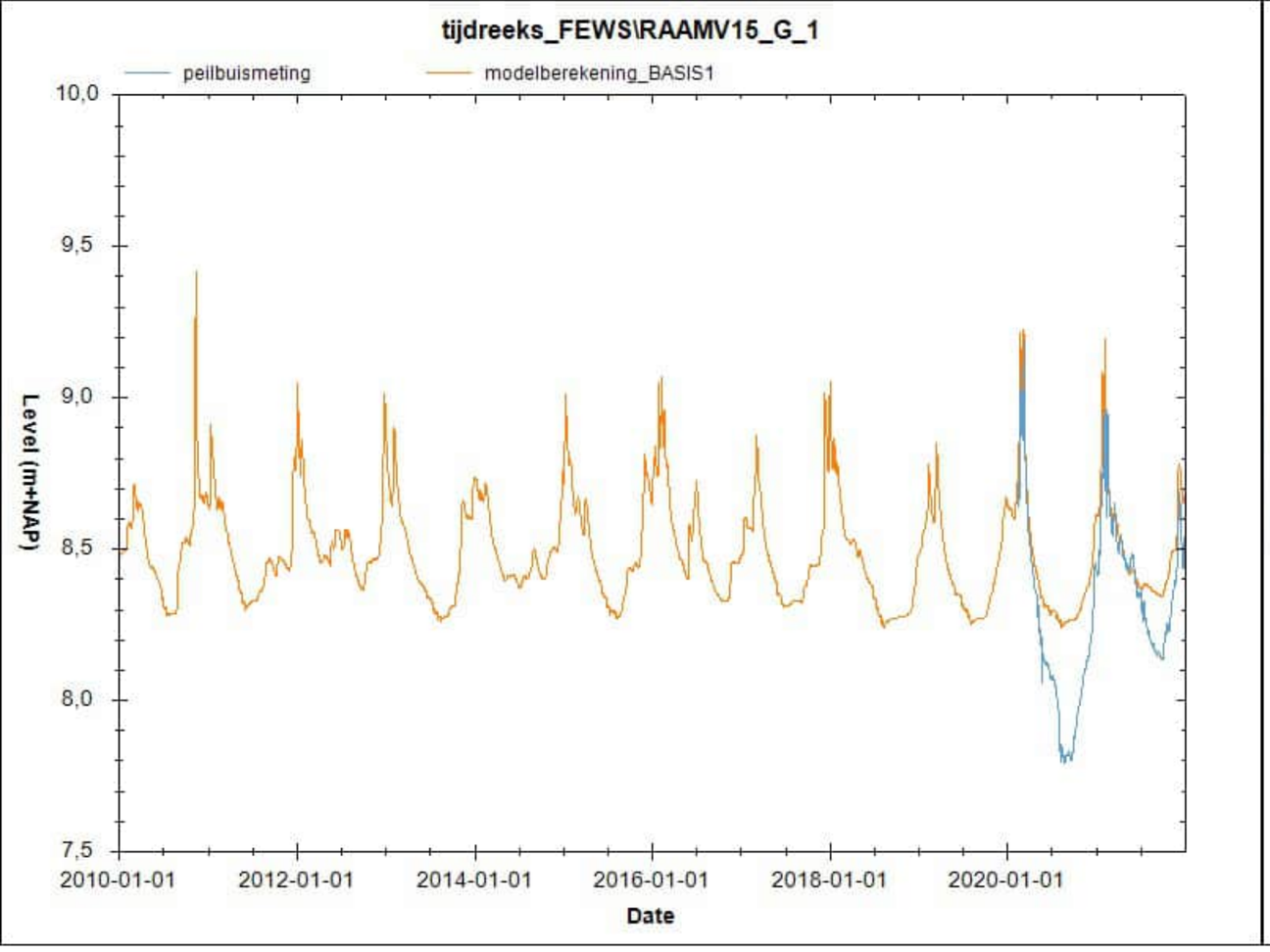


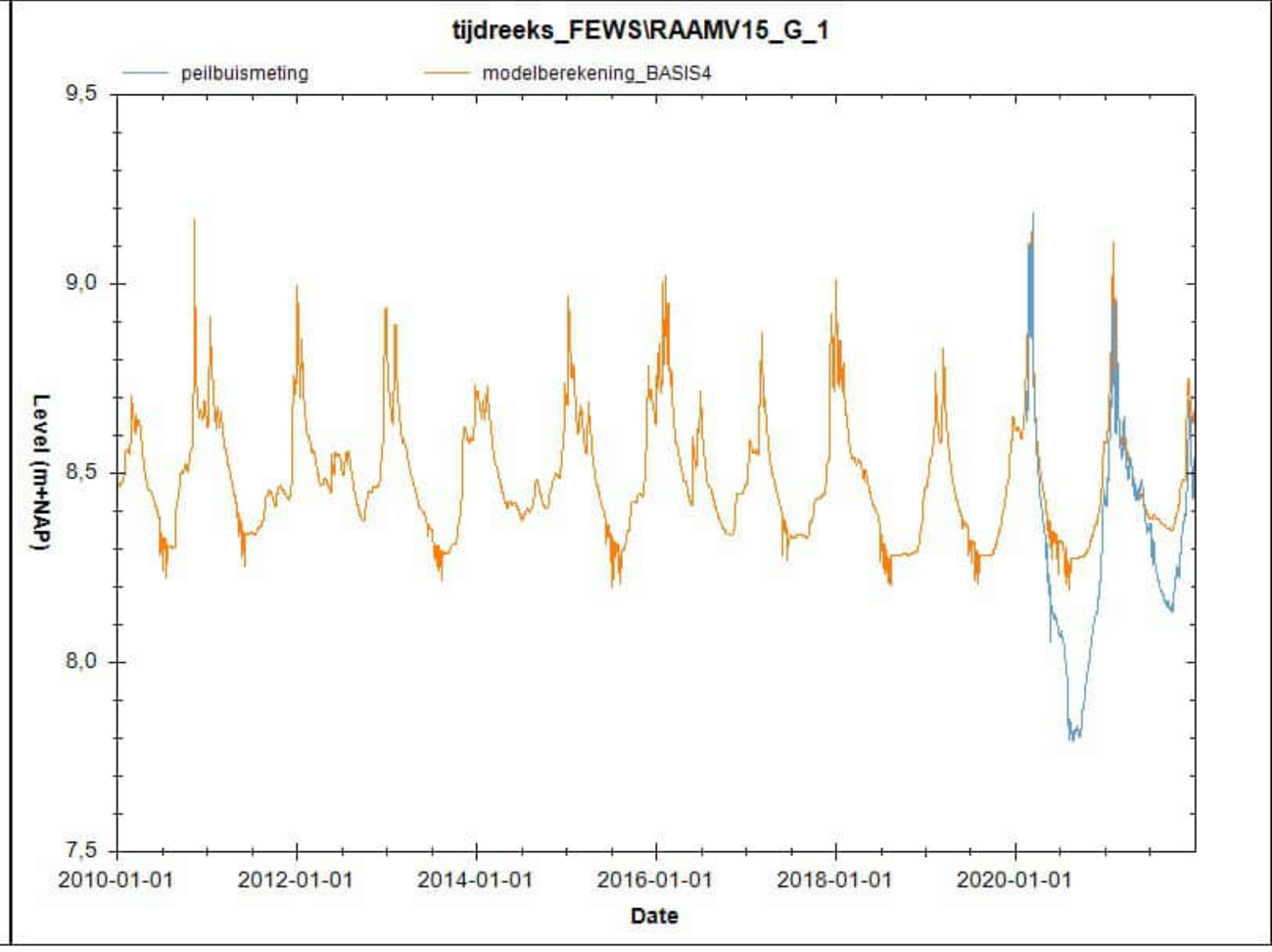
B1.156 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



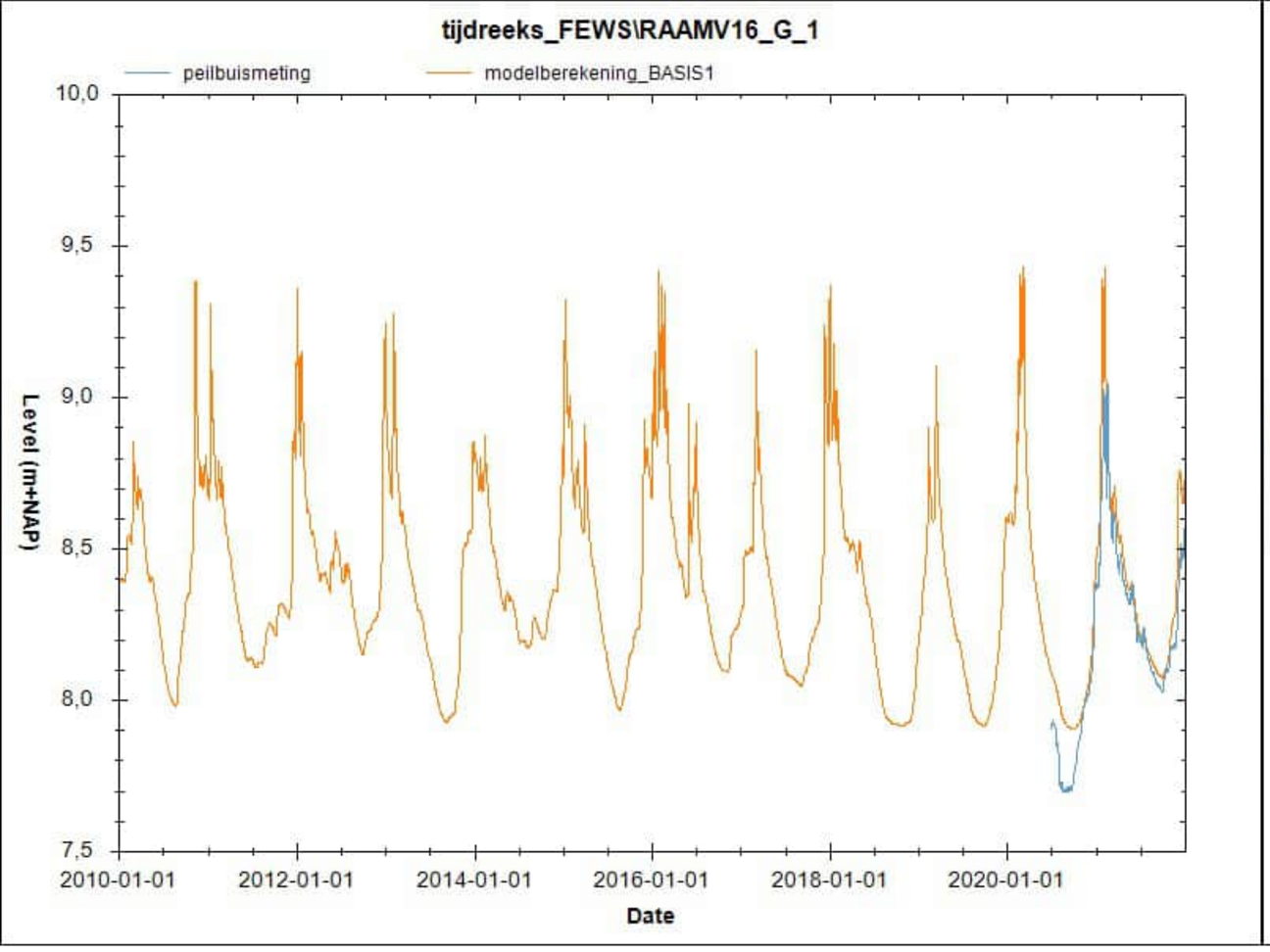


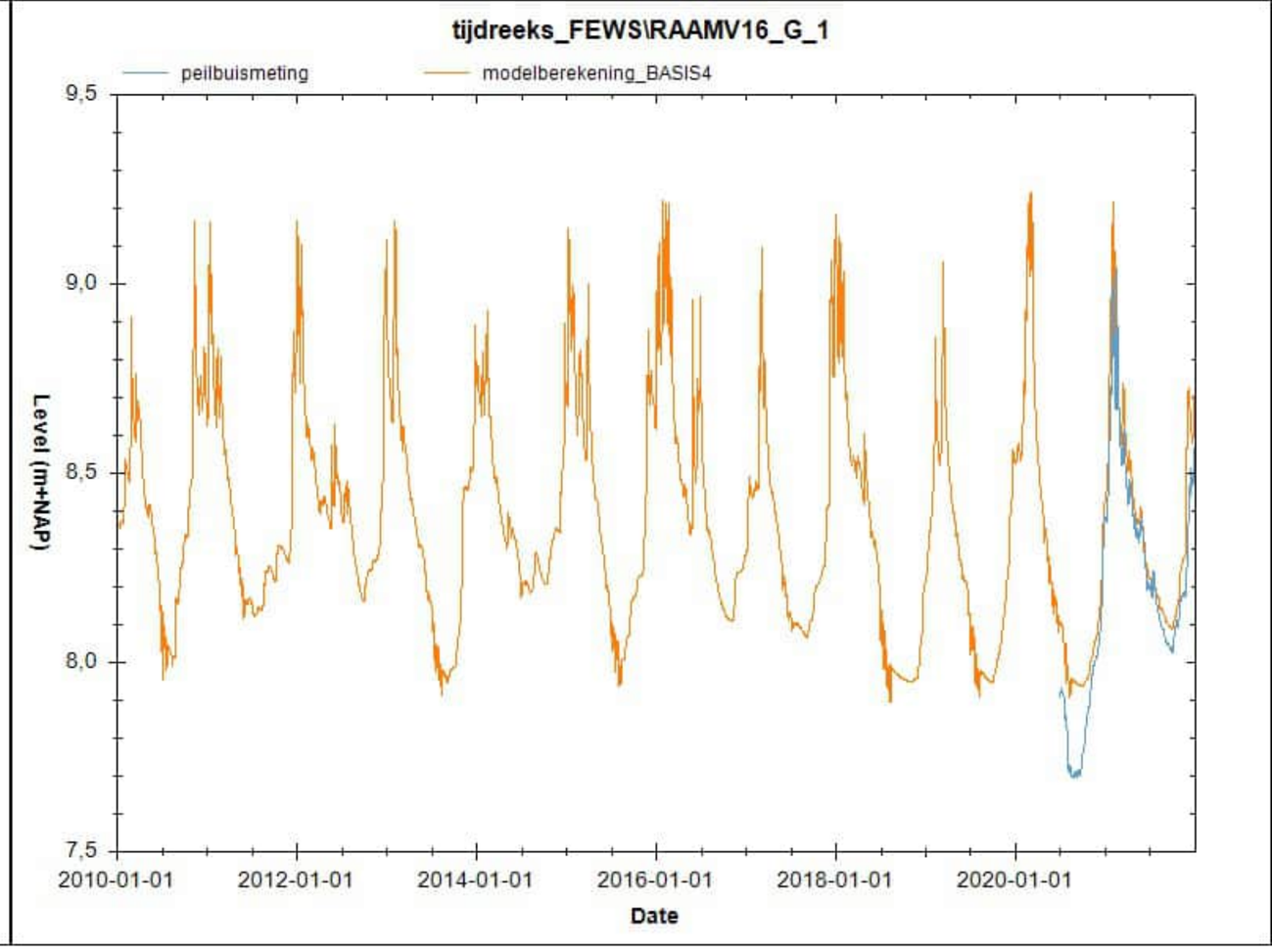
B1.157 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



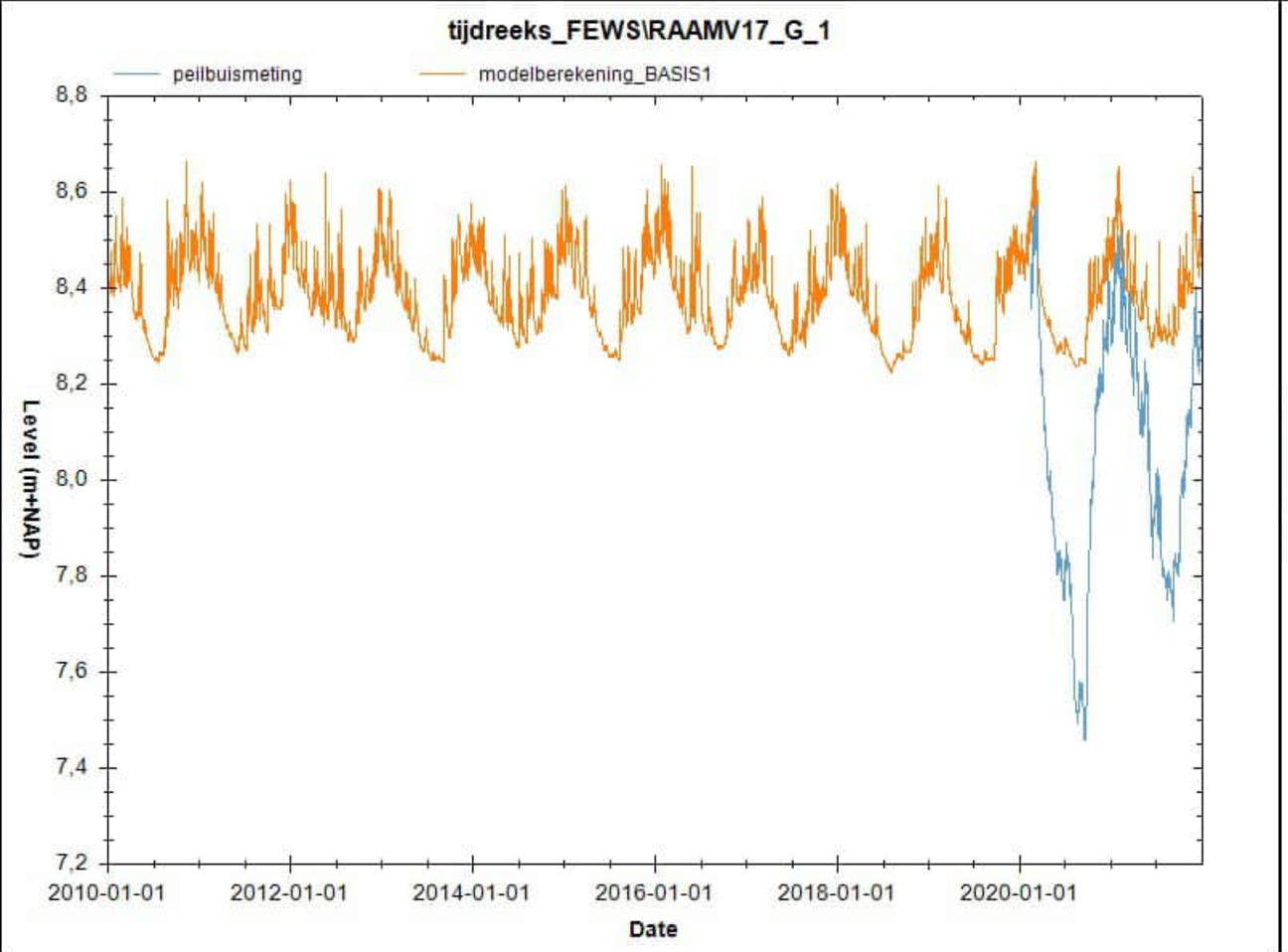


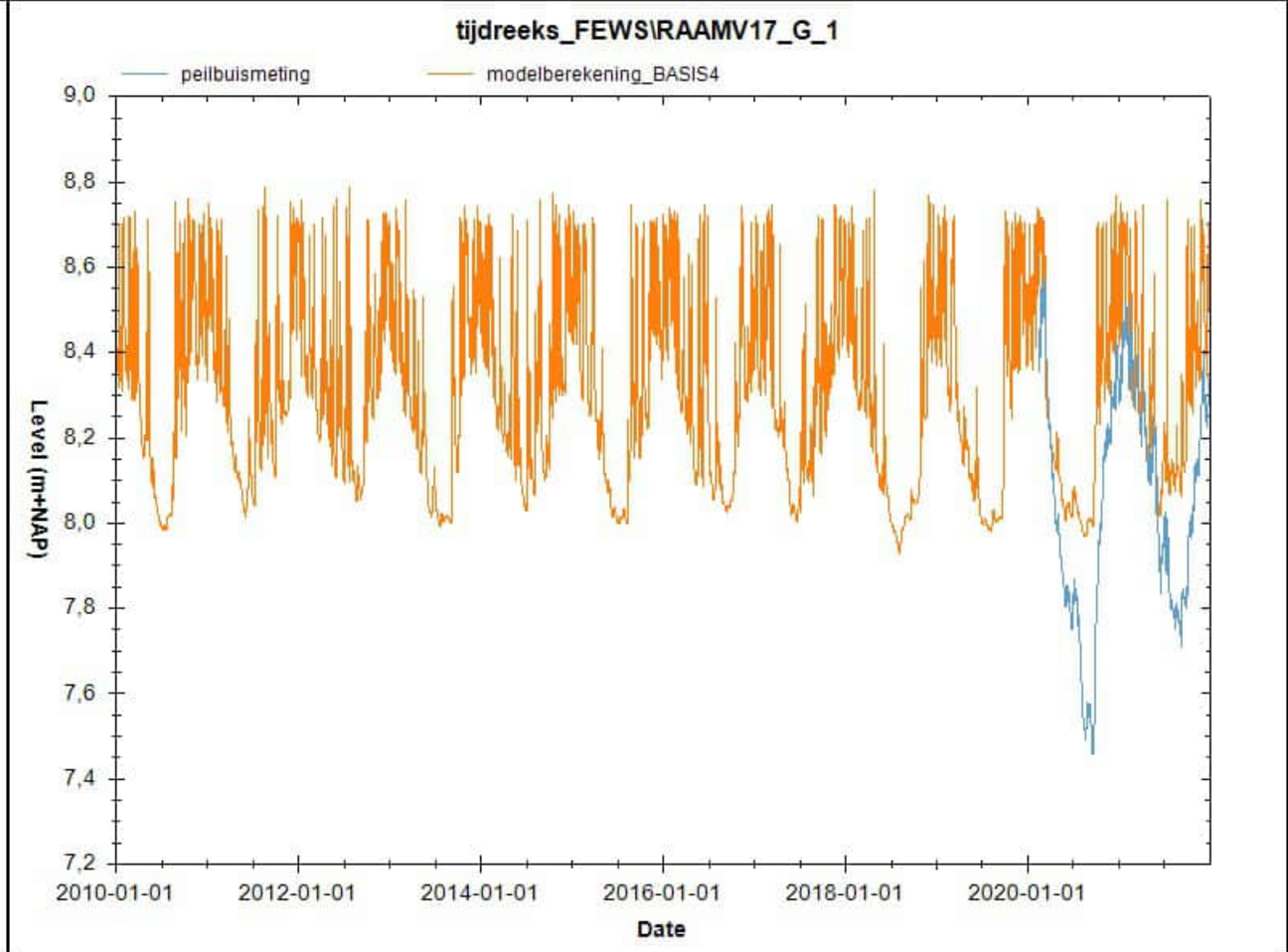
B1.158 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



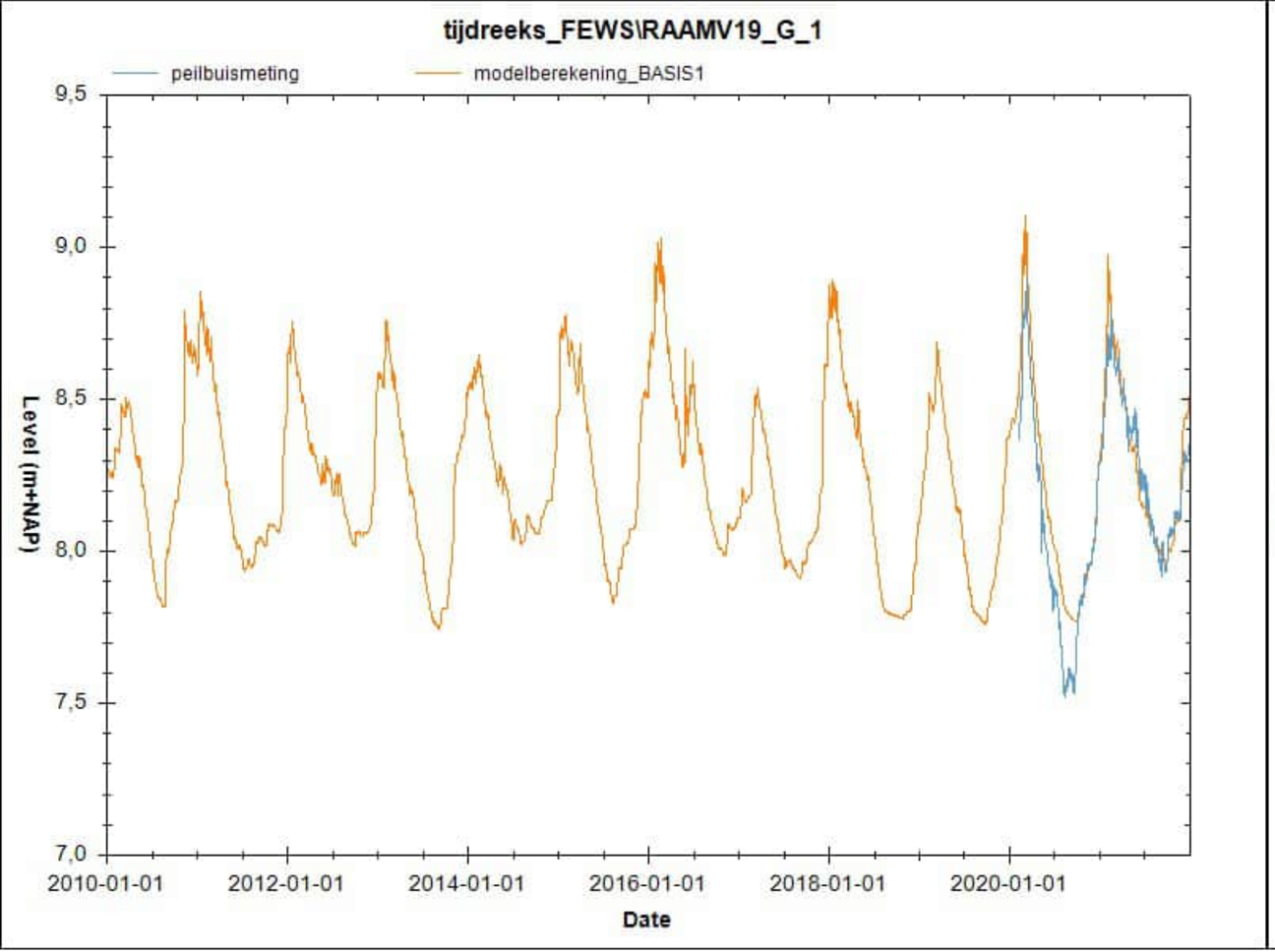


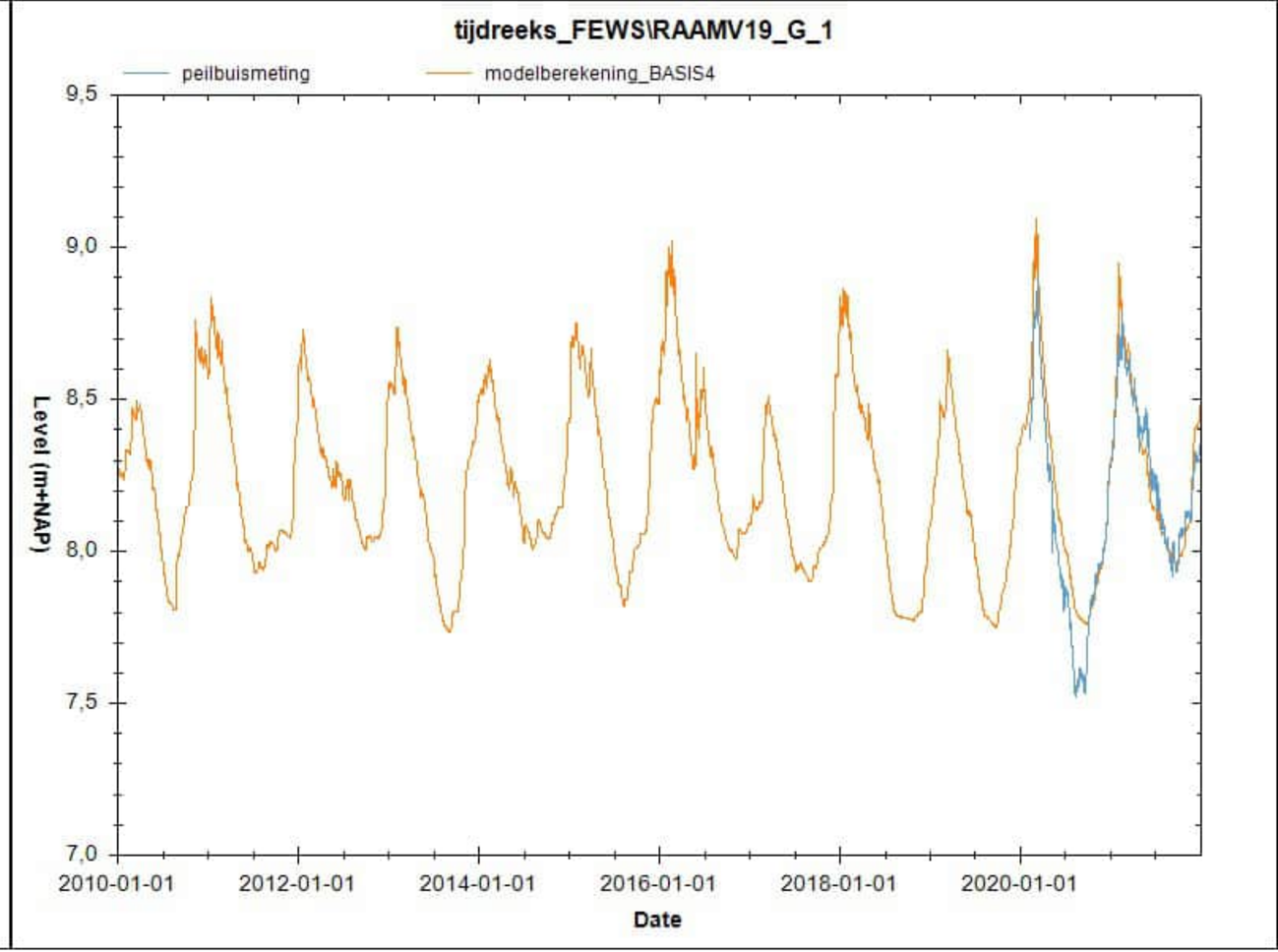
B1.159 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



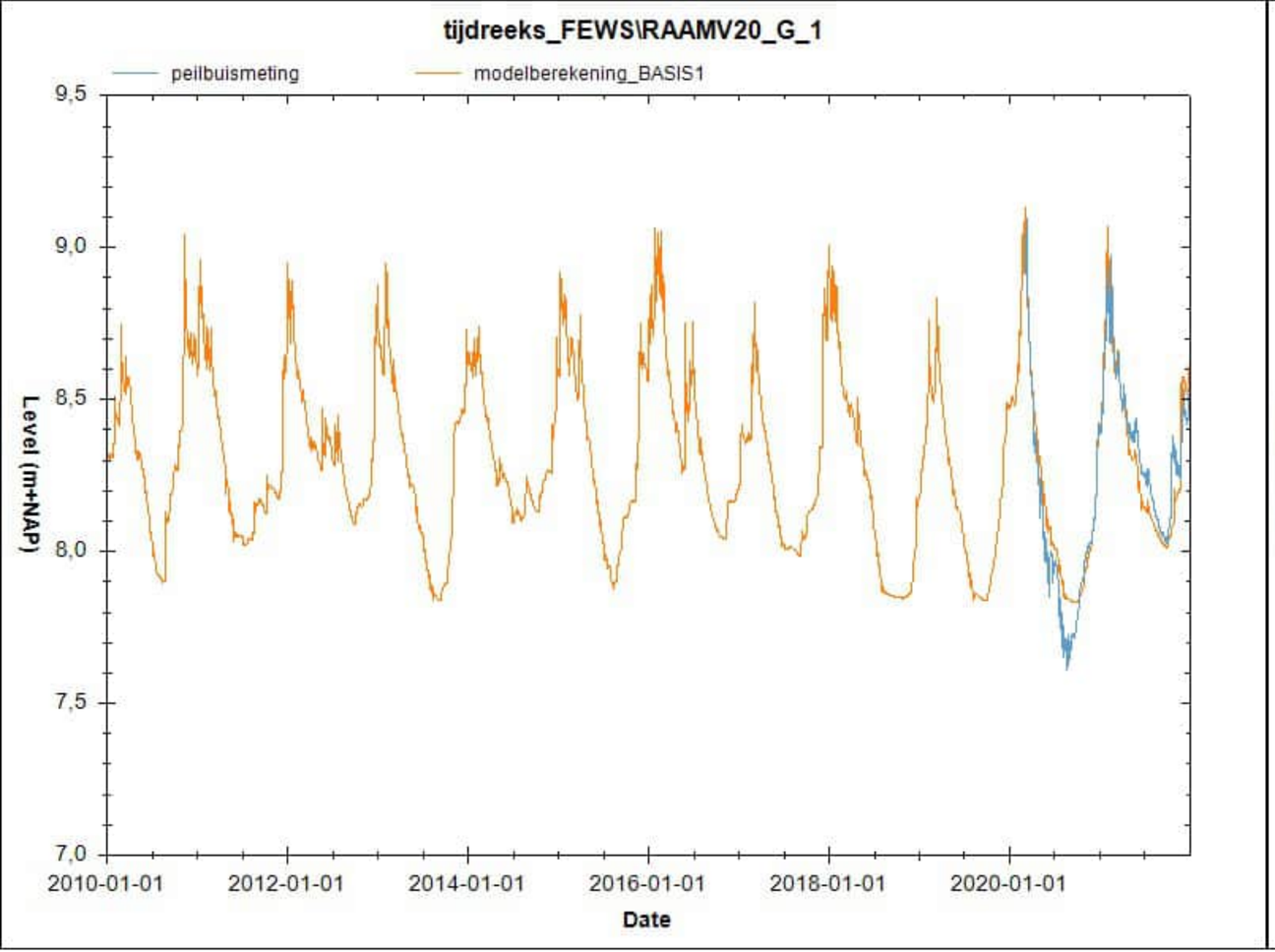


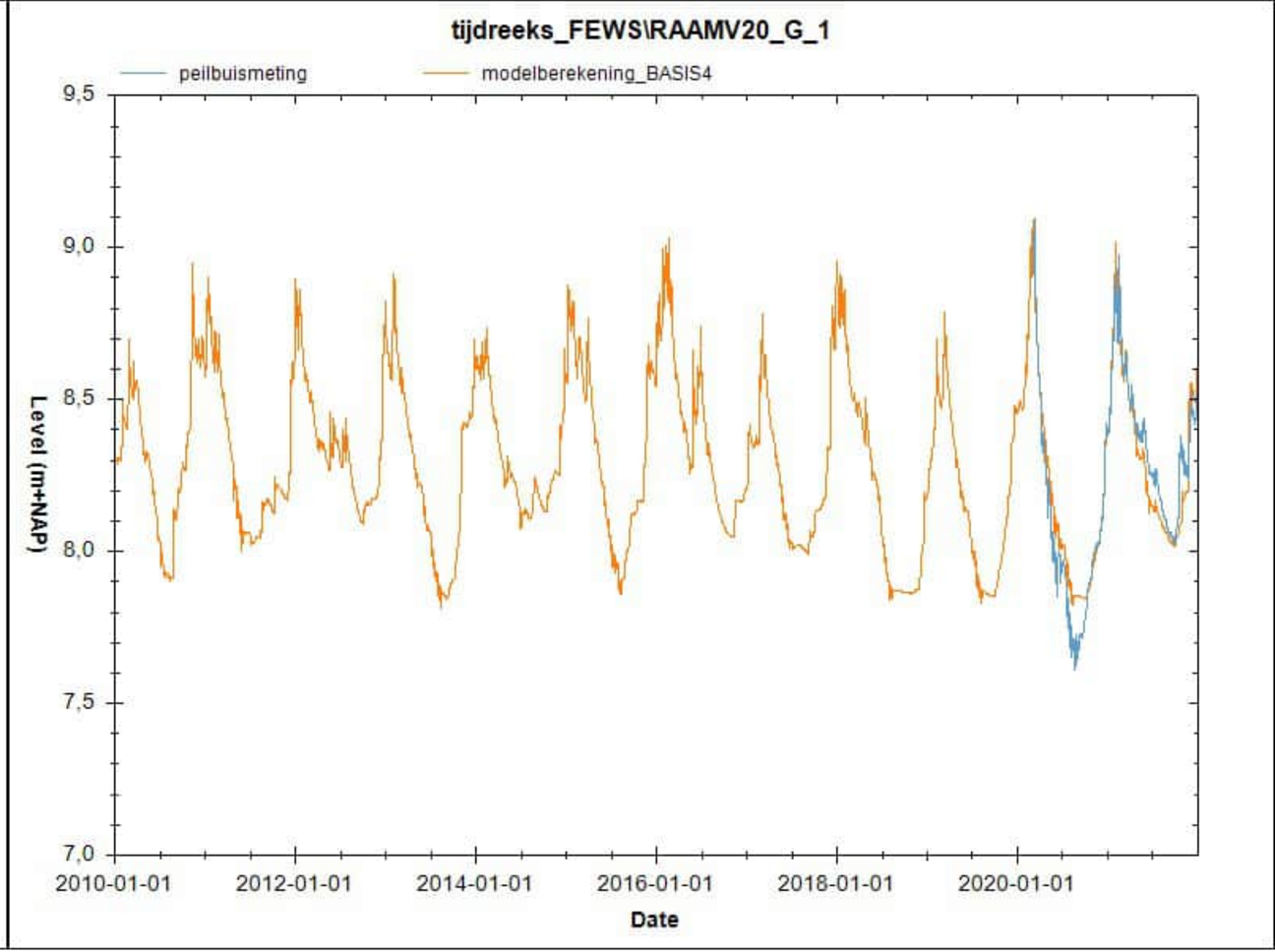
B1.160 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



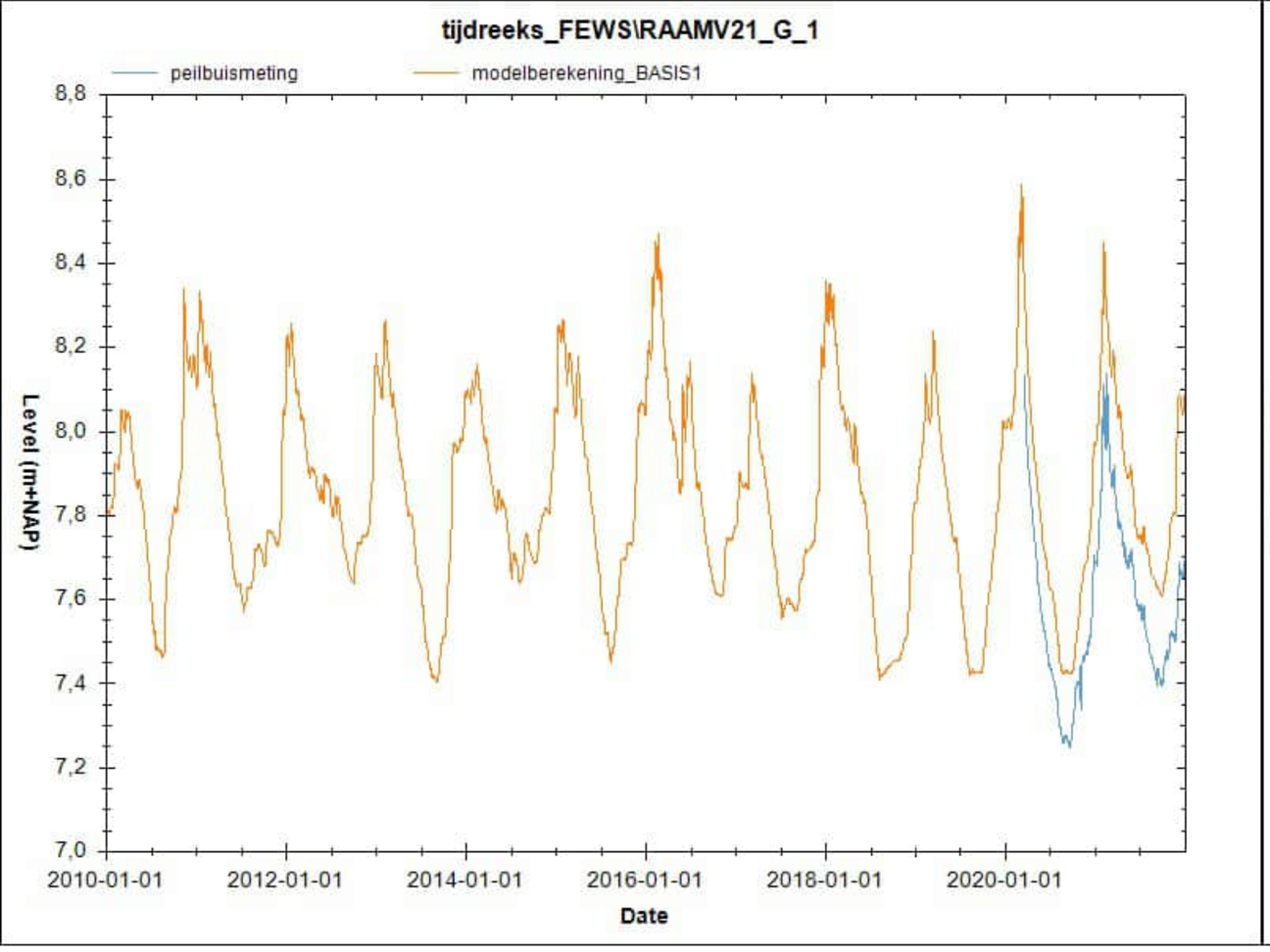


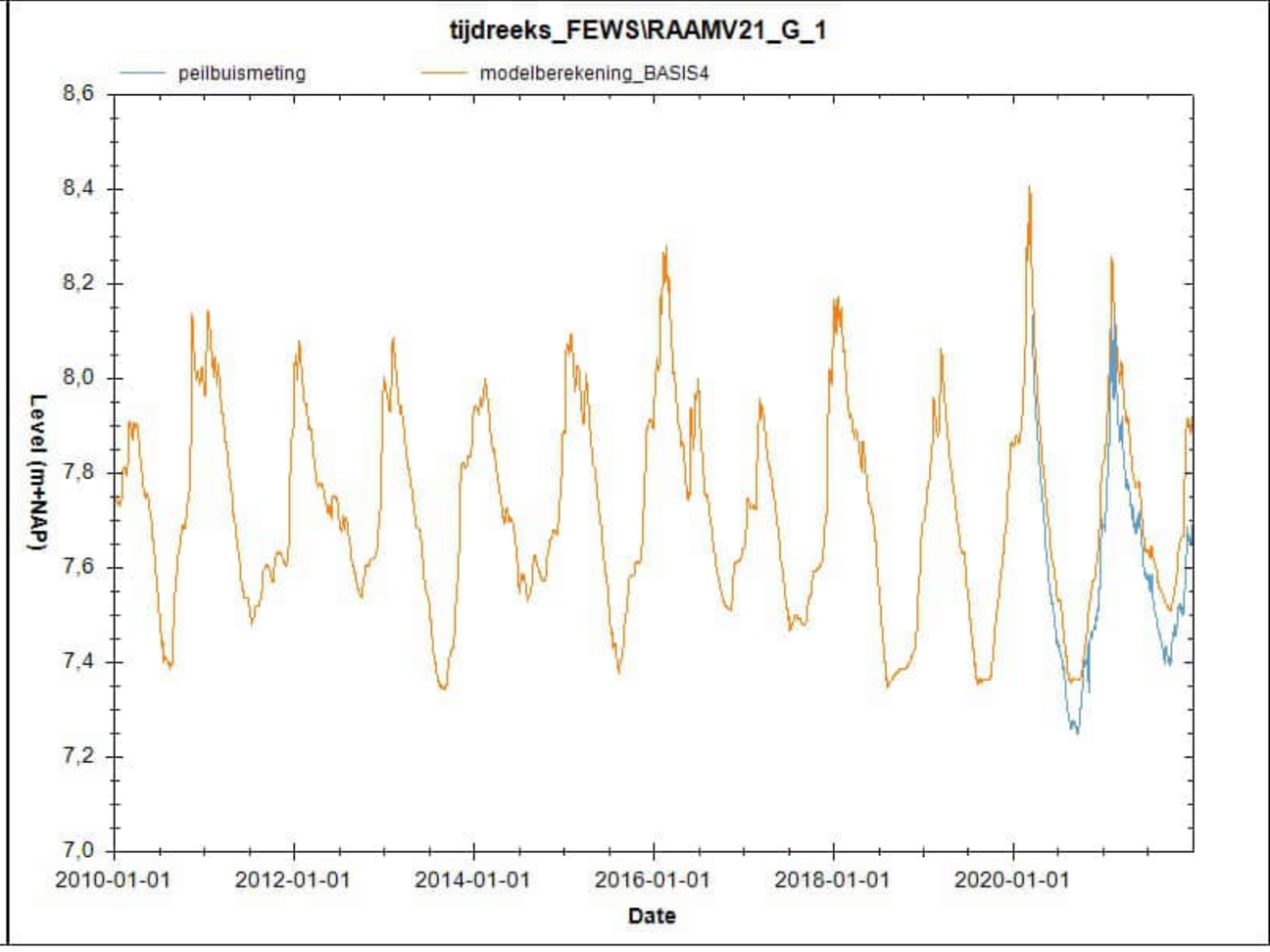
B1.161 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



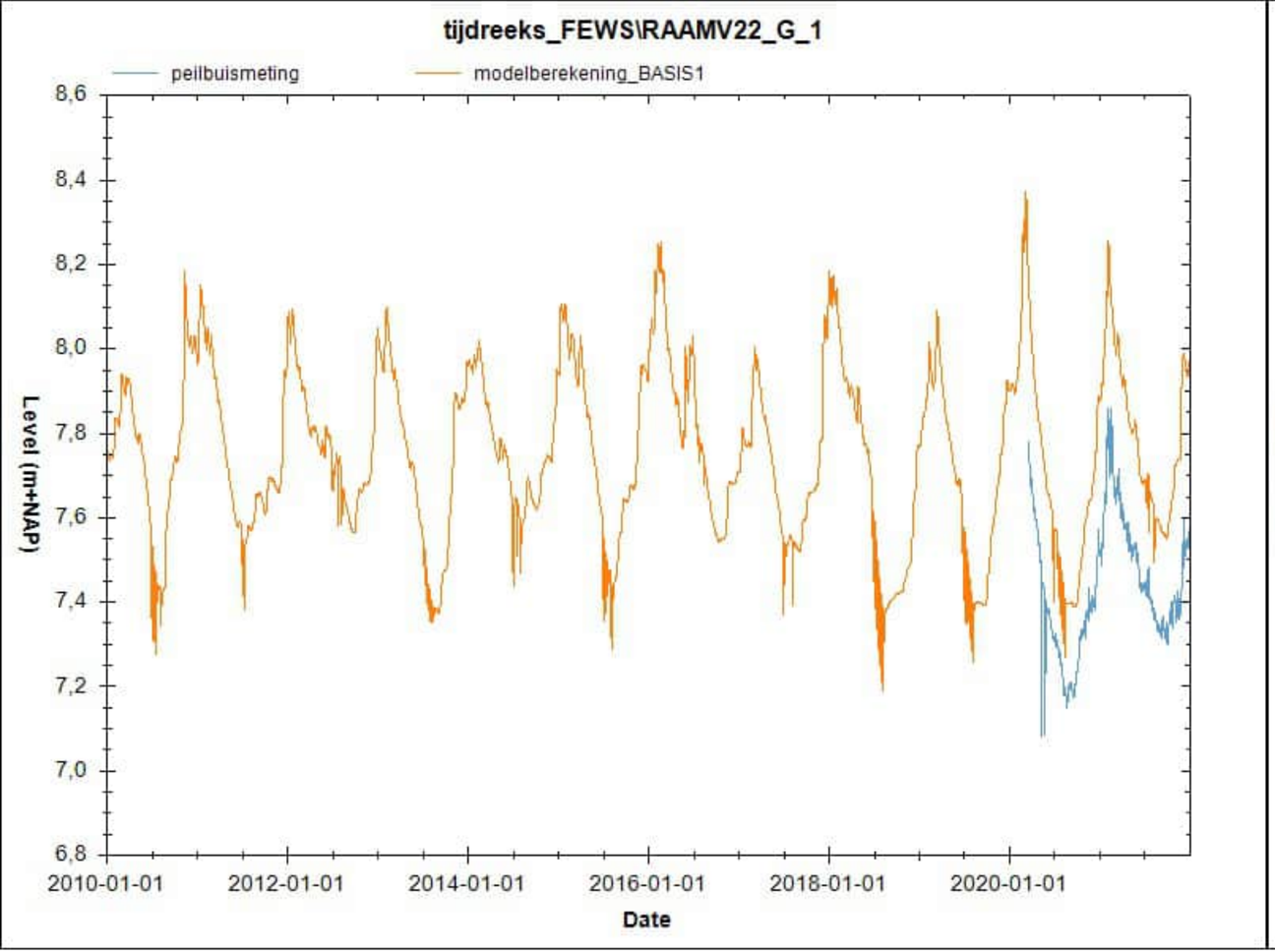


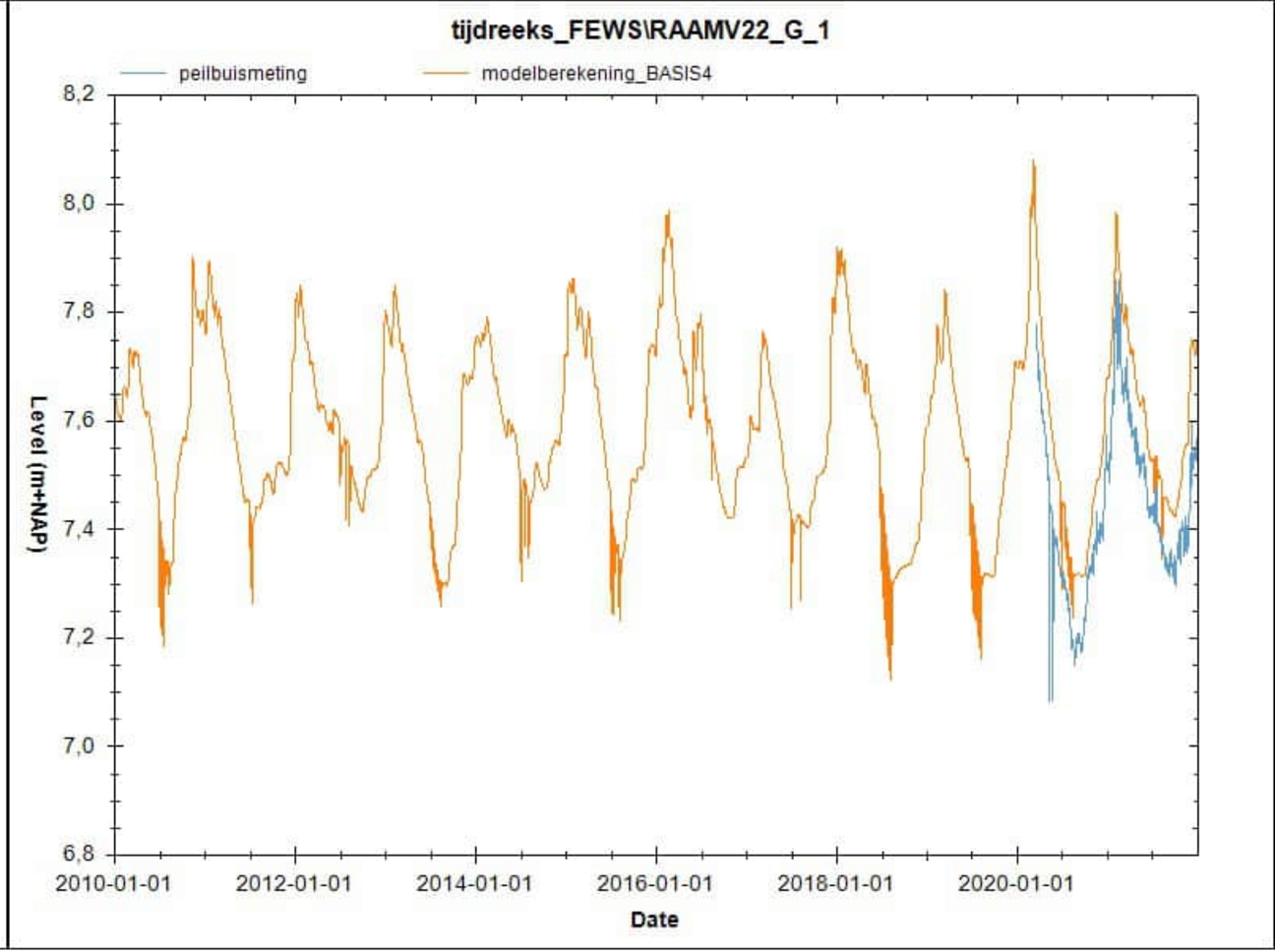
B1.162 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



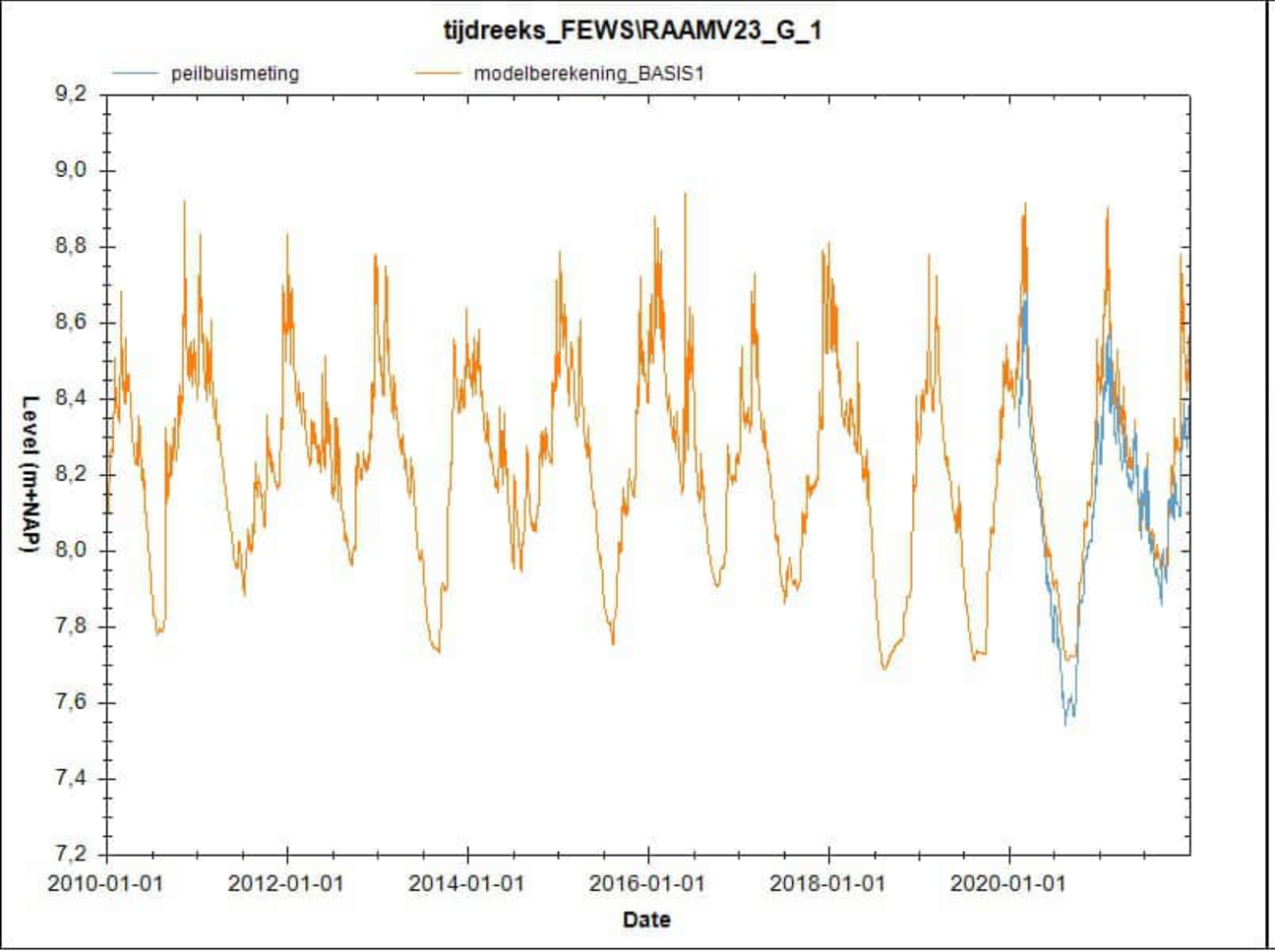


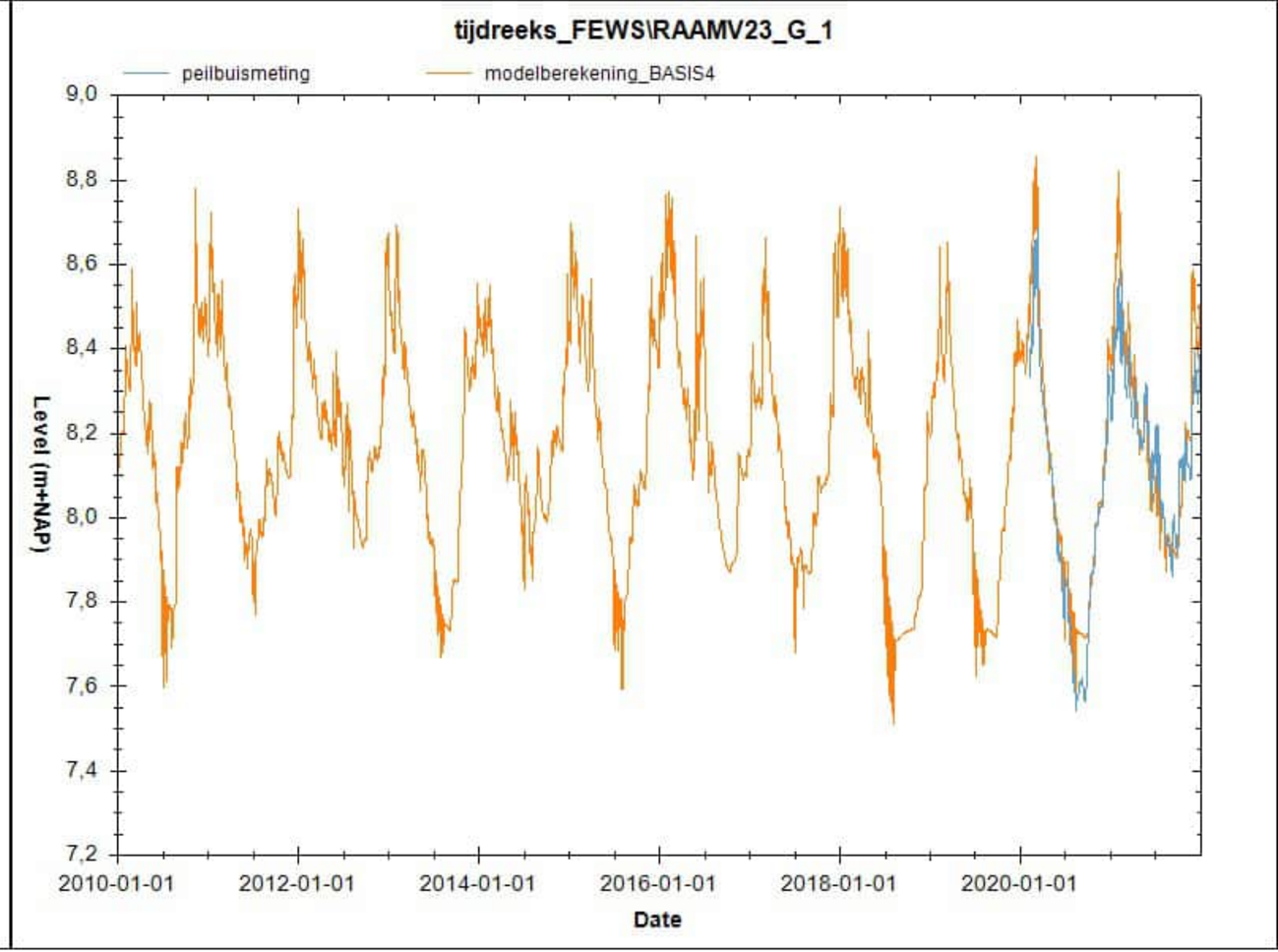
B1.163 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



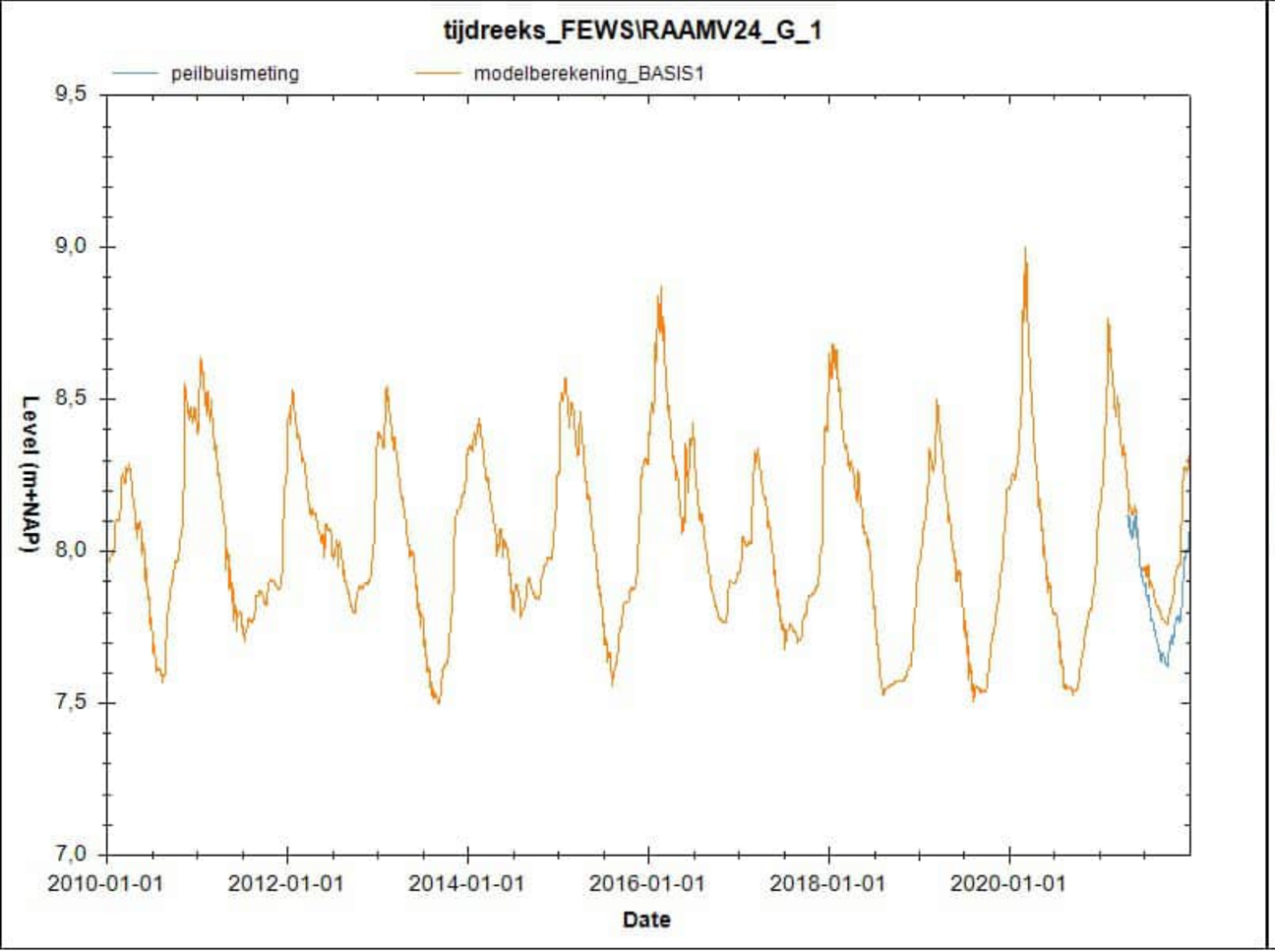


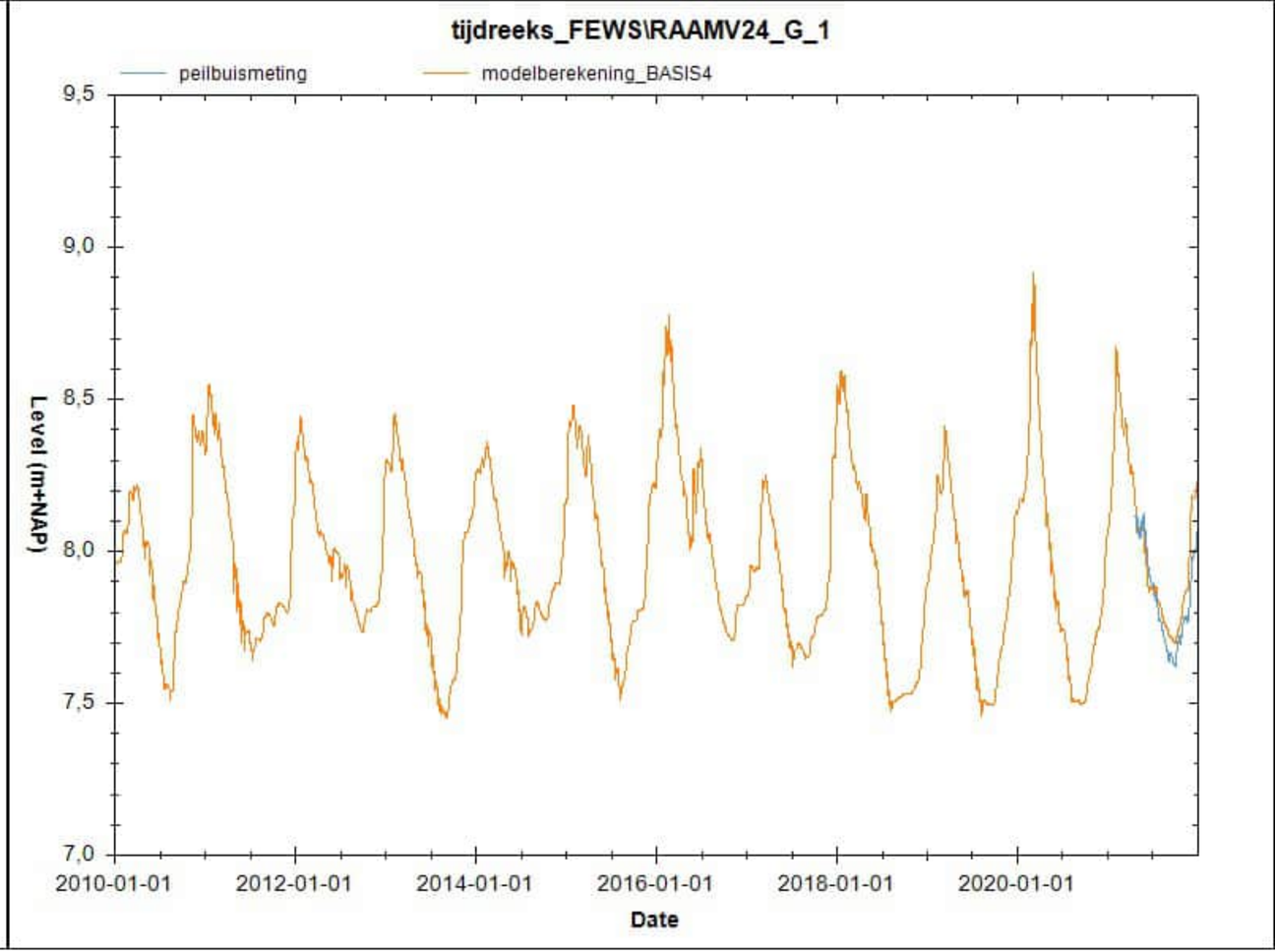
B1.164 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



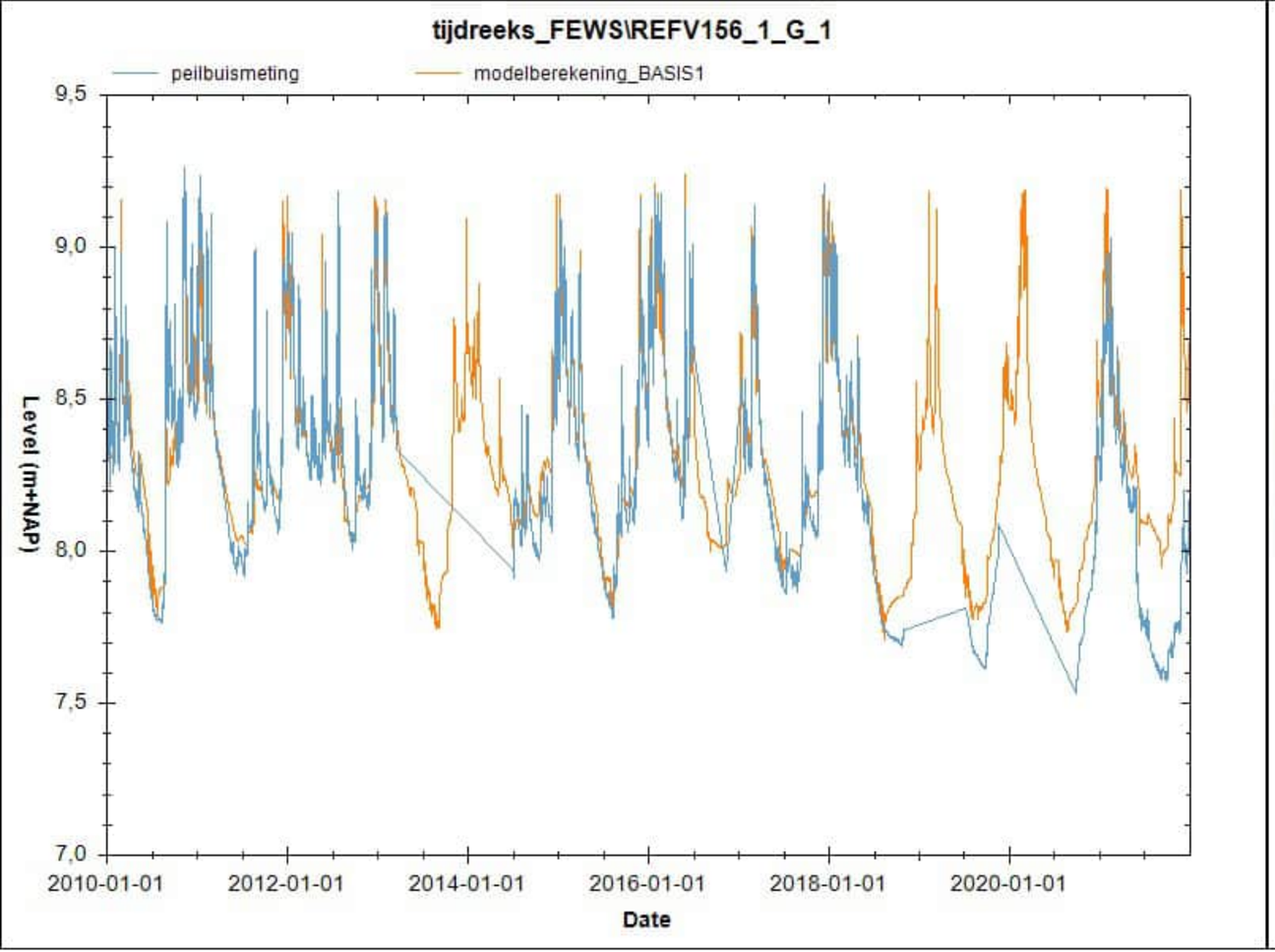


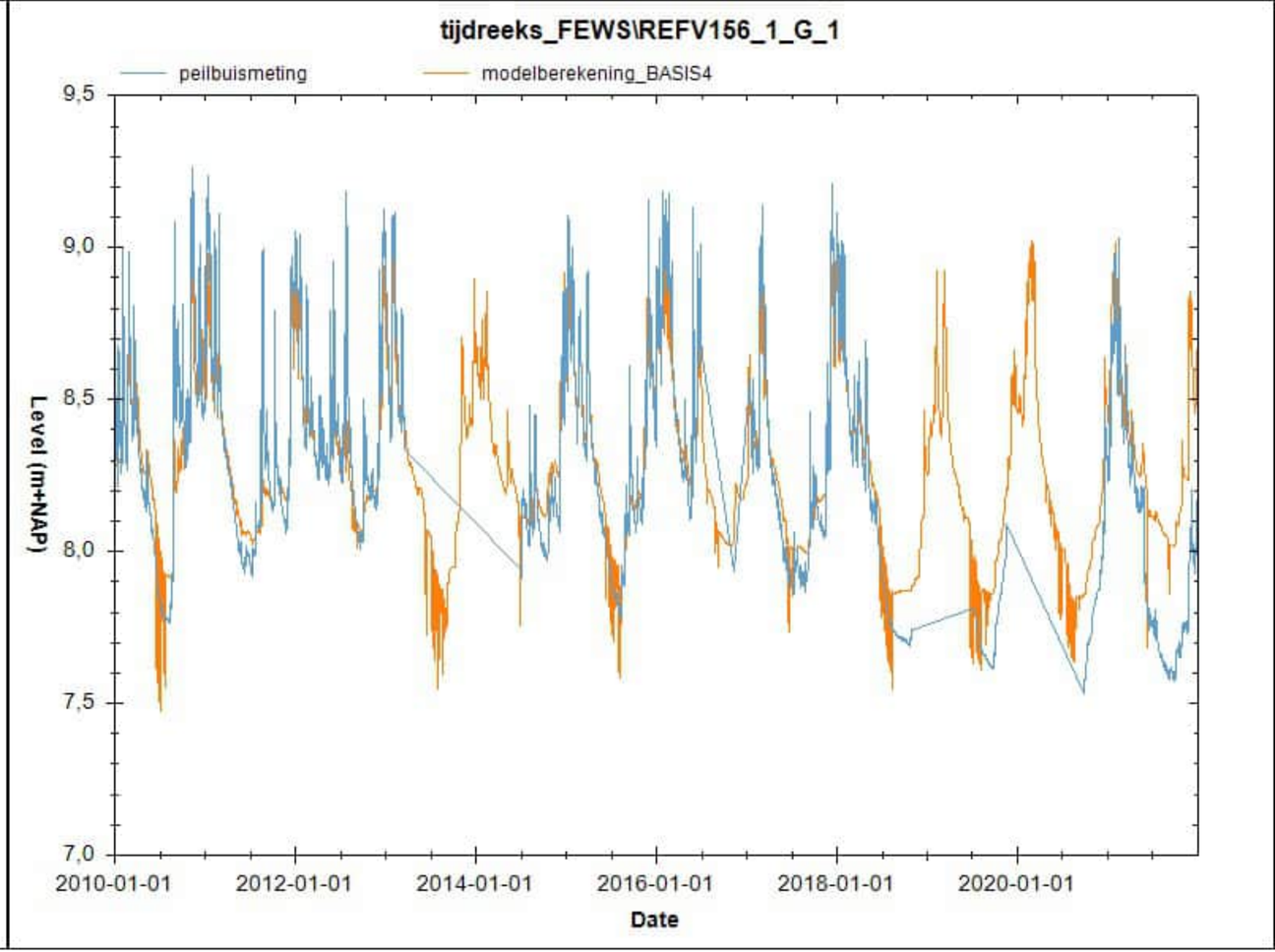
B1.165 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



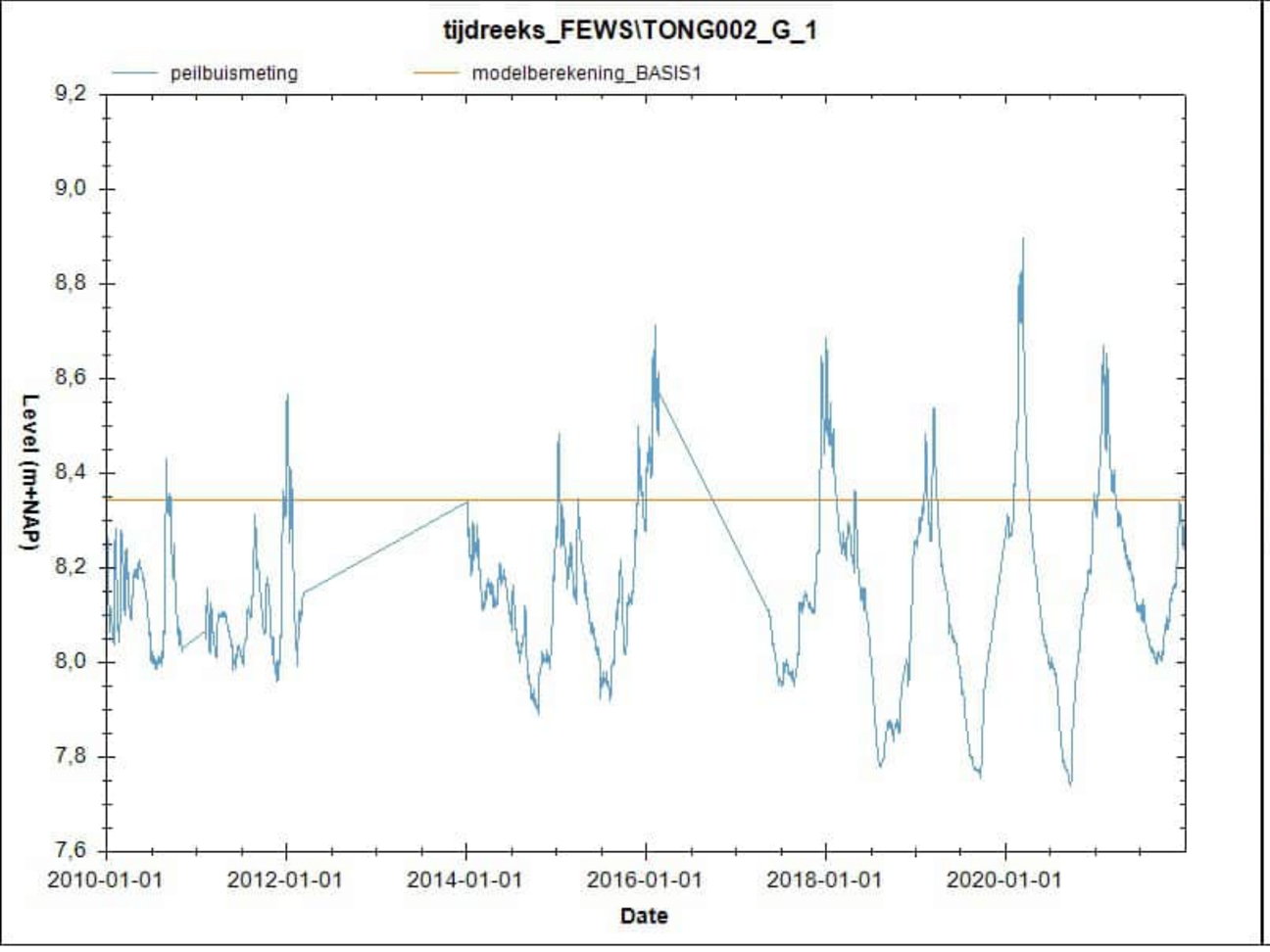


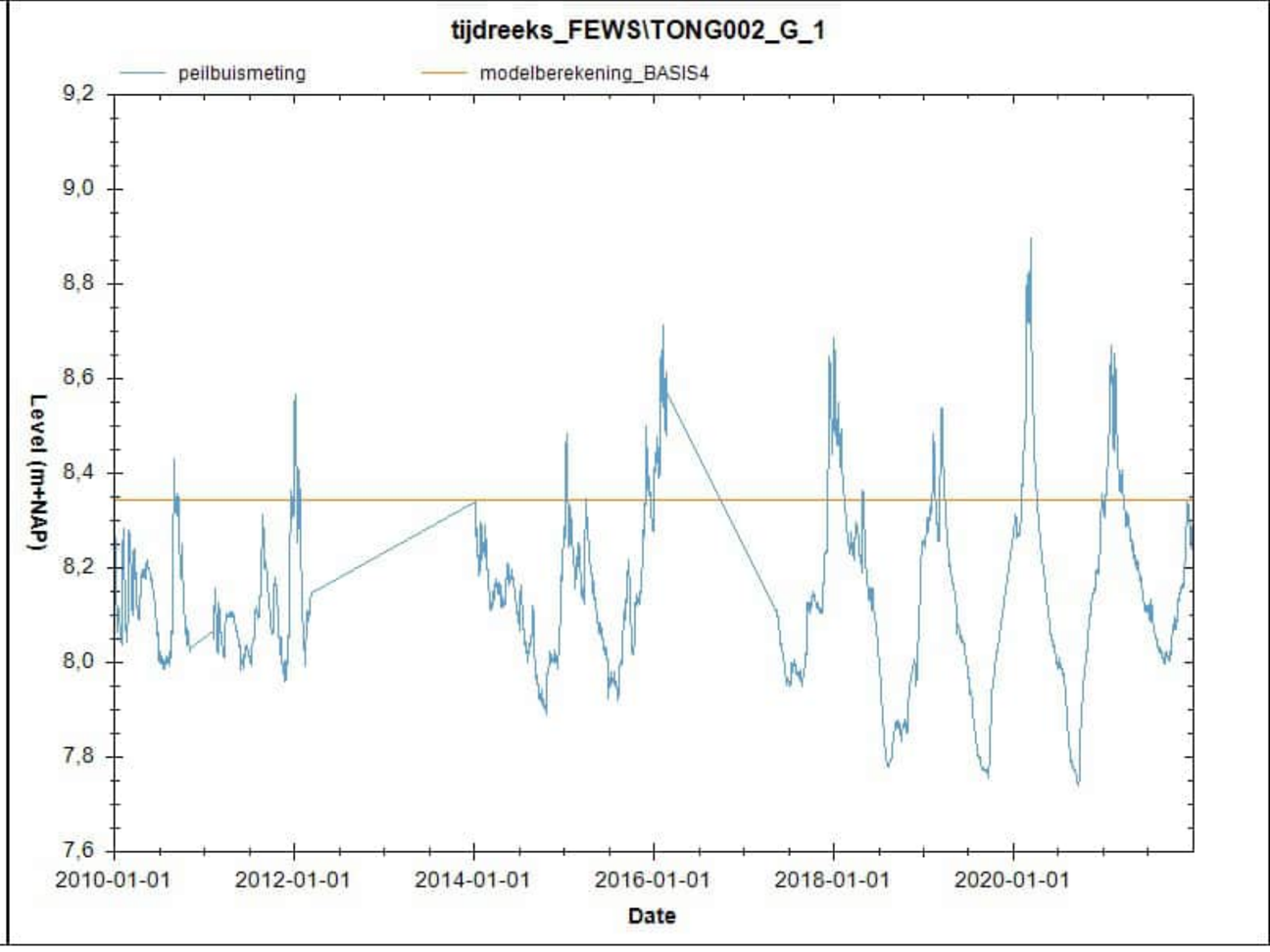
B1.166 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)





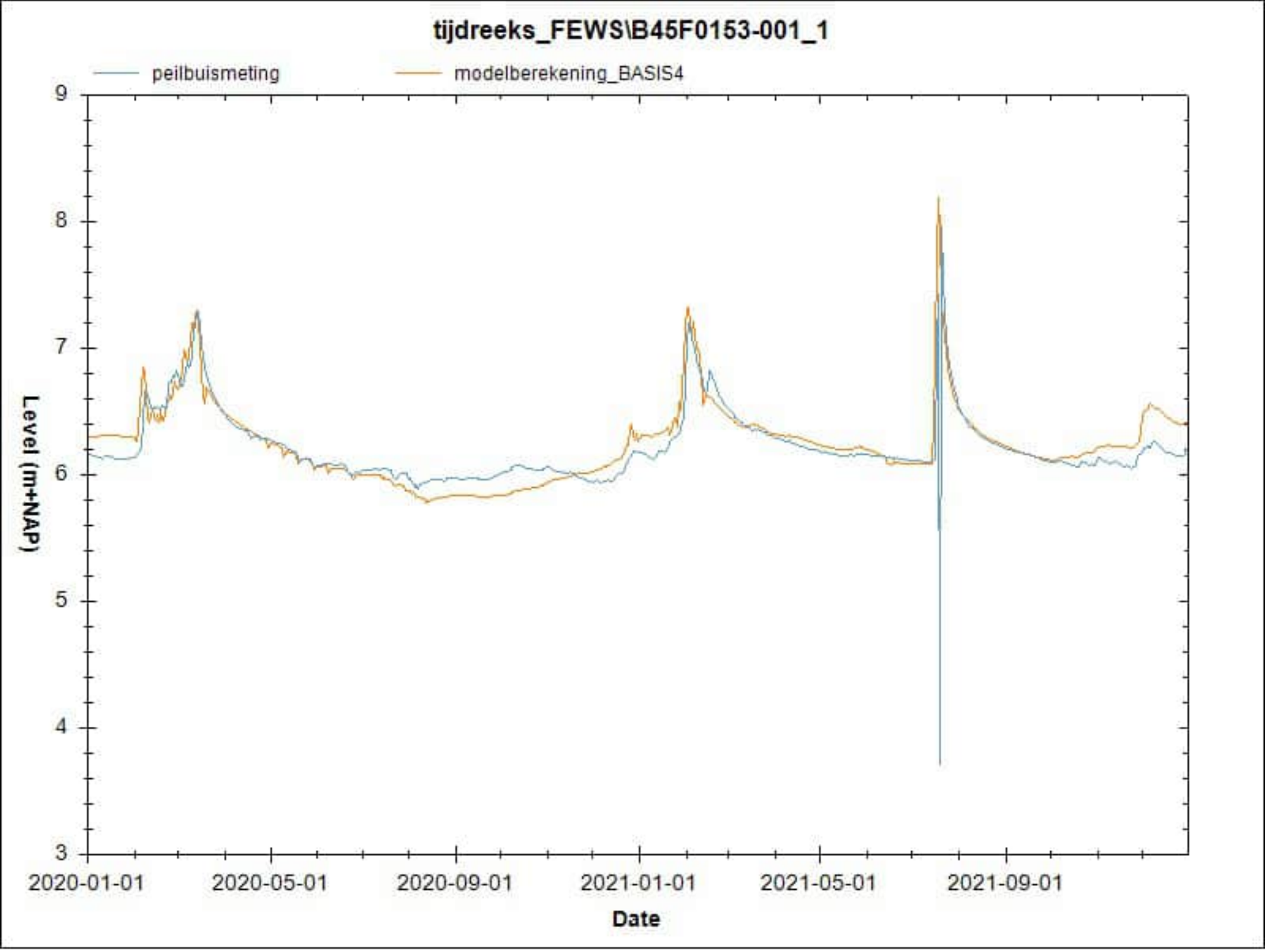
B1.167 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)



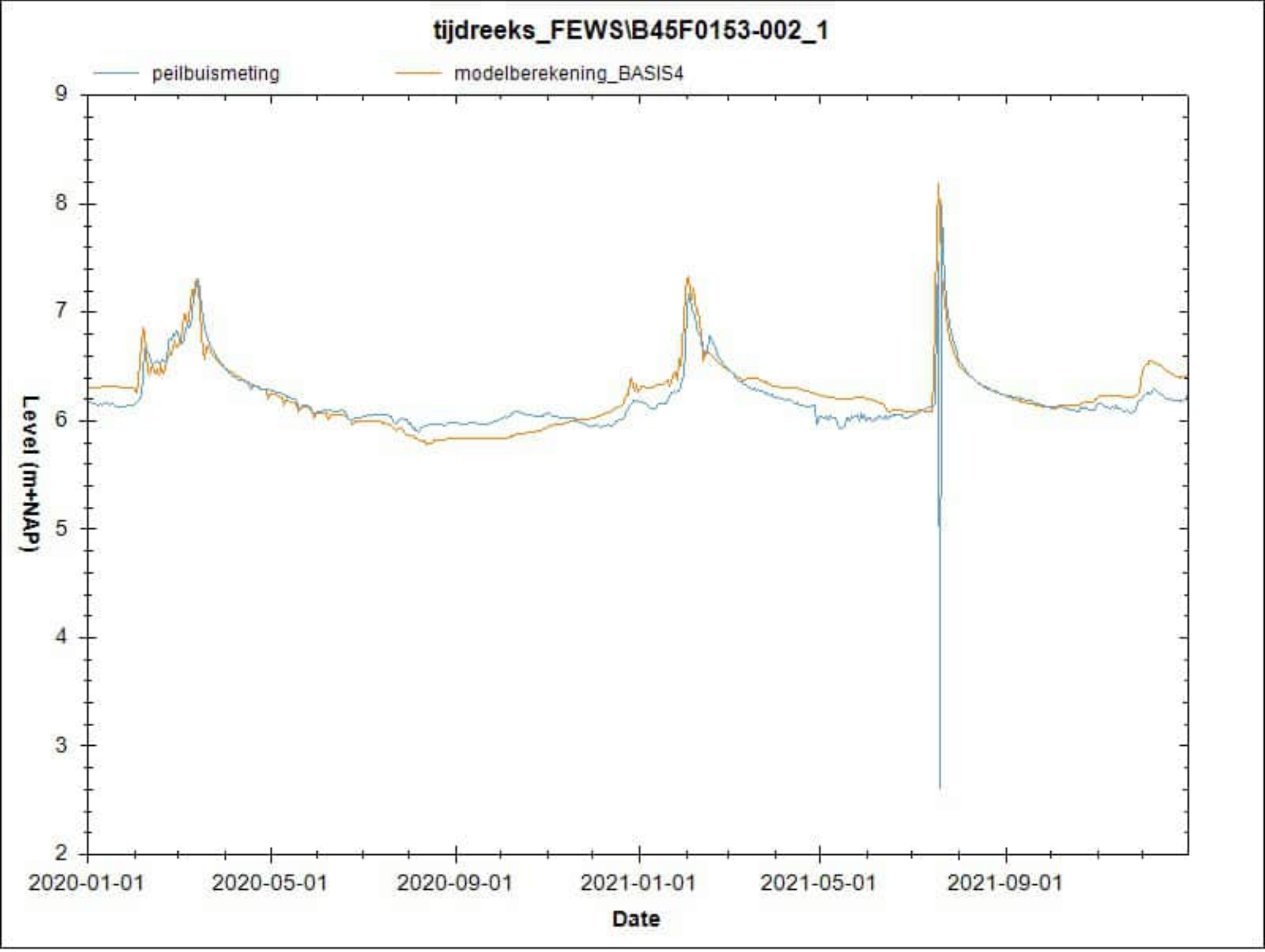


B1.168 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Links: modelvariant BASIS1 (voor de correcties); Rechts: modelvariant BASIS4 (na de correcties)

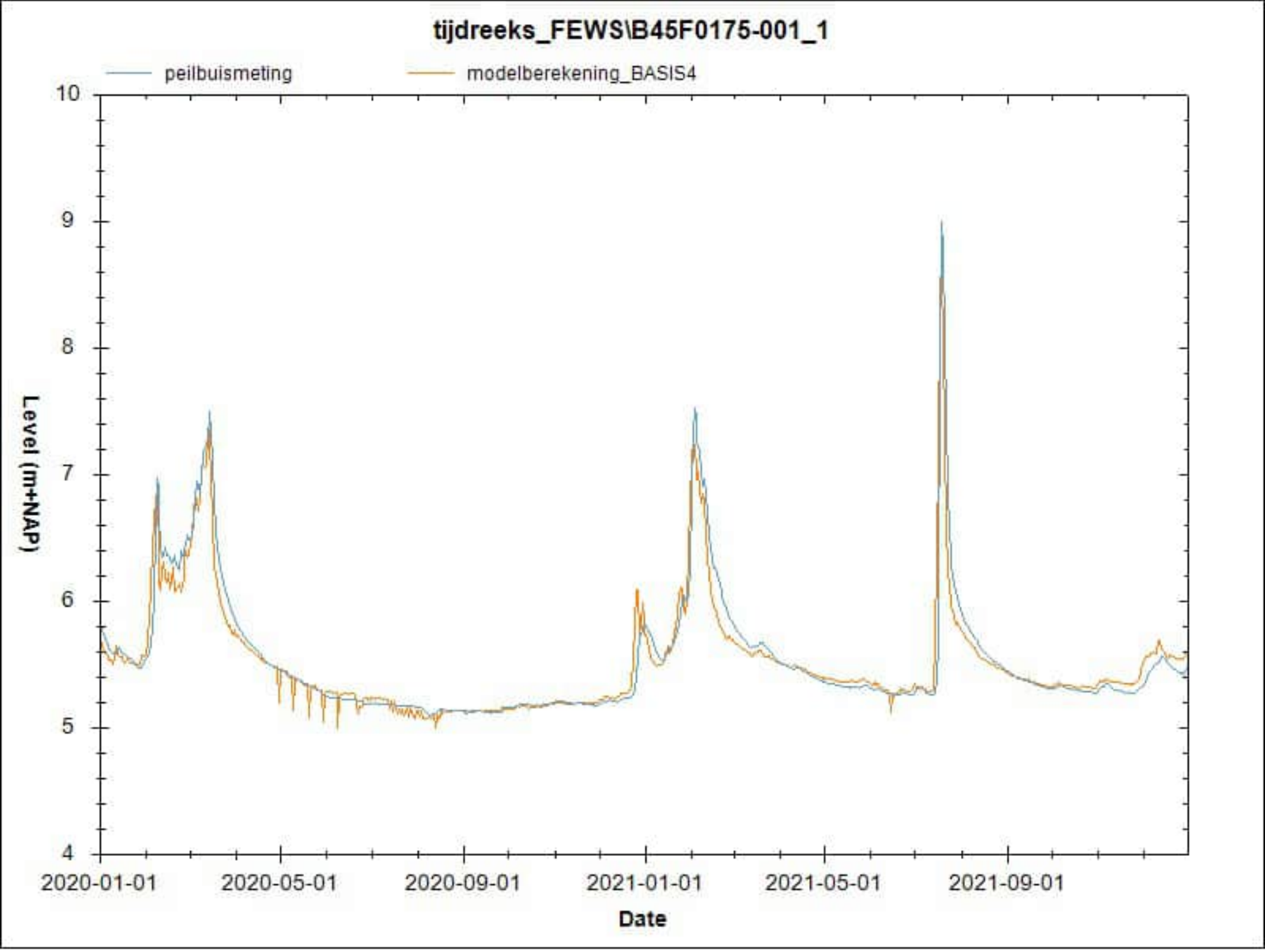
Bijlage 6 Gemeten en berekende stijghoogtereeksen hoogwater 2021



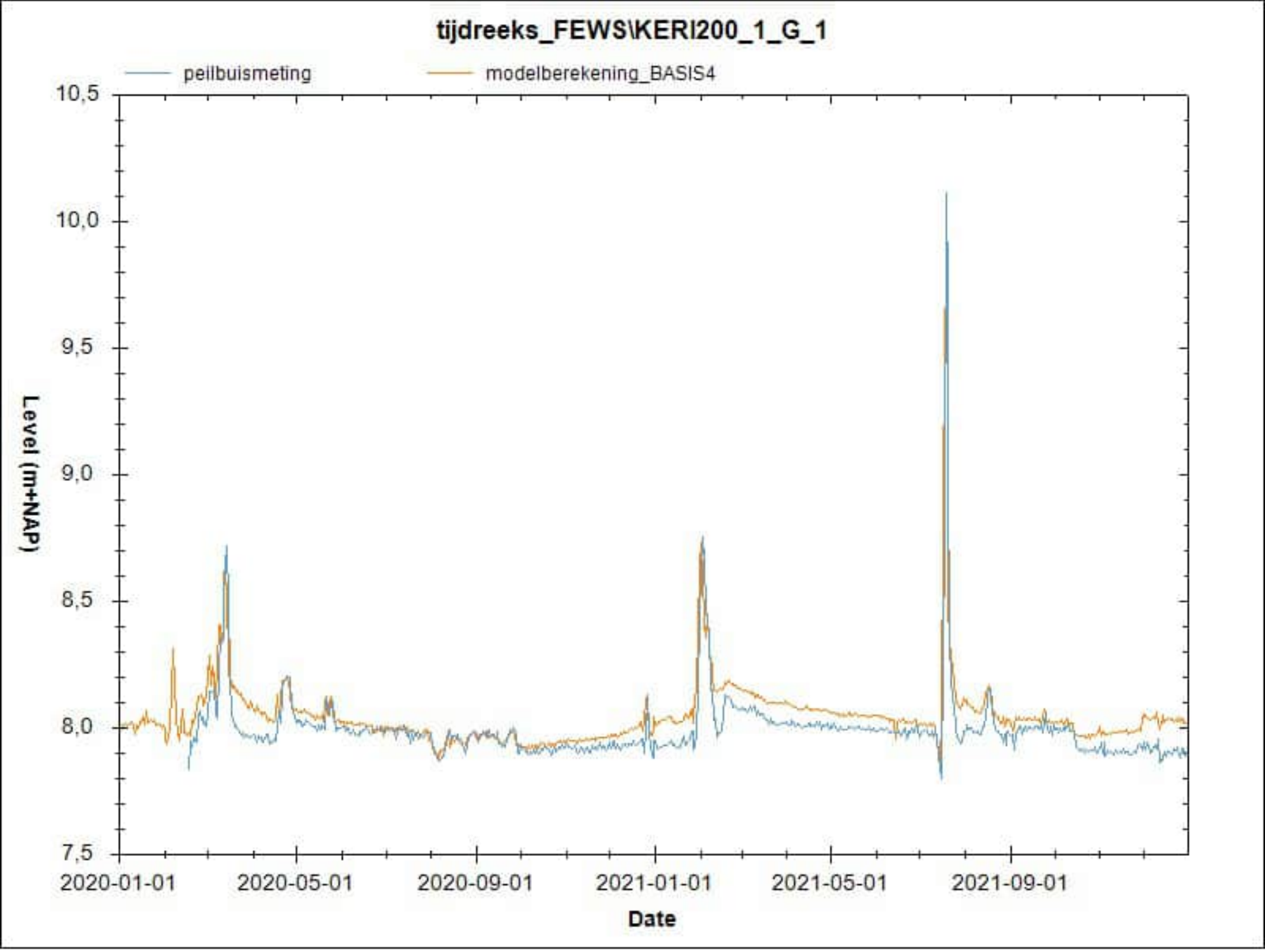
B1.1 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen: Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



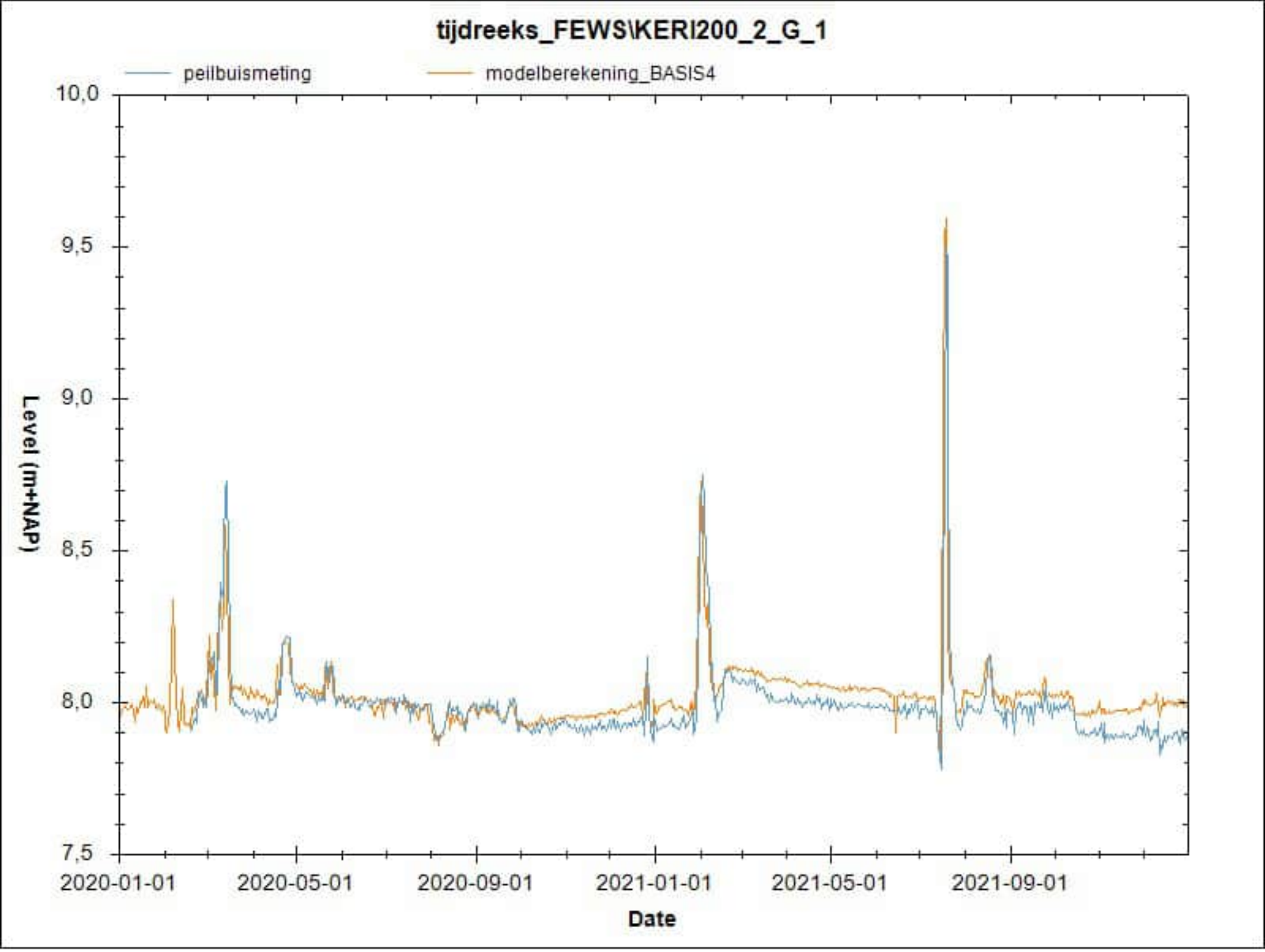
B1.2 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen: Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



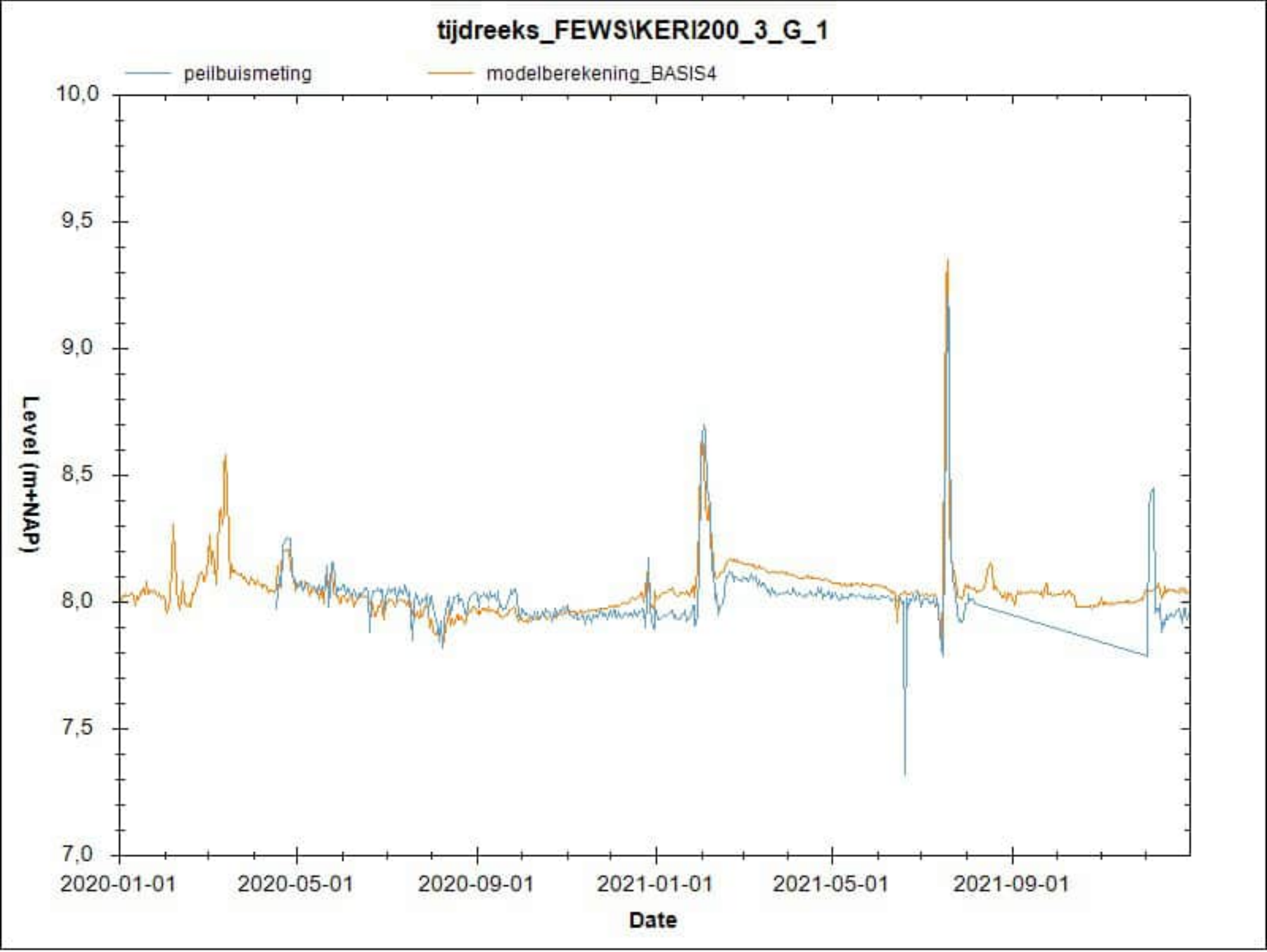
B1.3 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen: Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



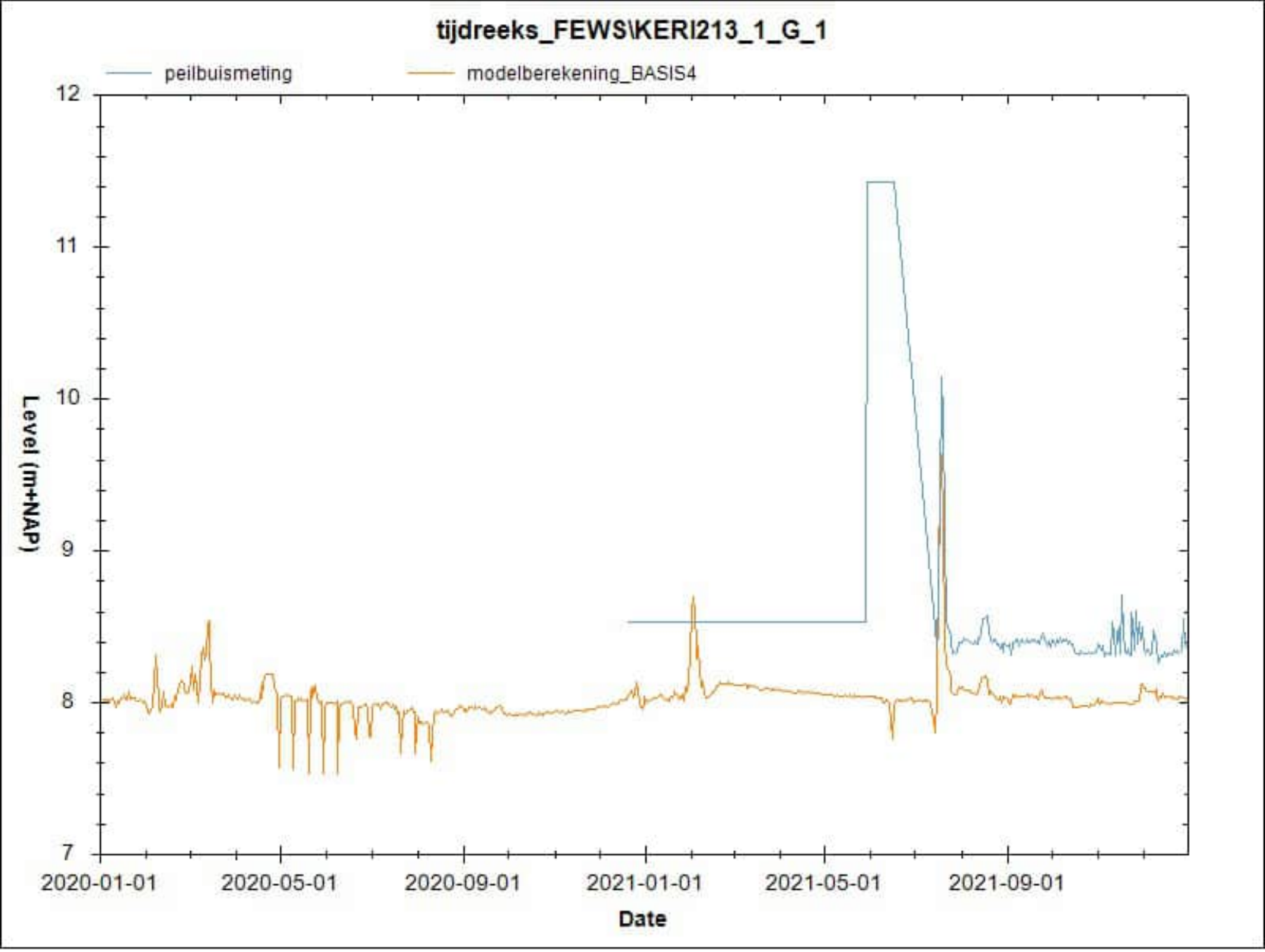
B1.4 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen: Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



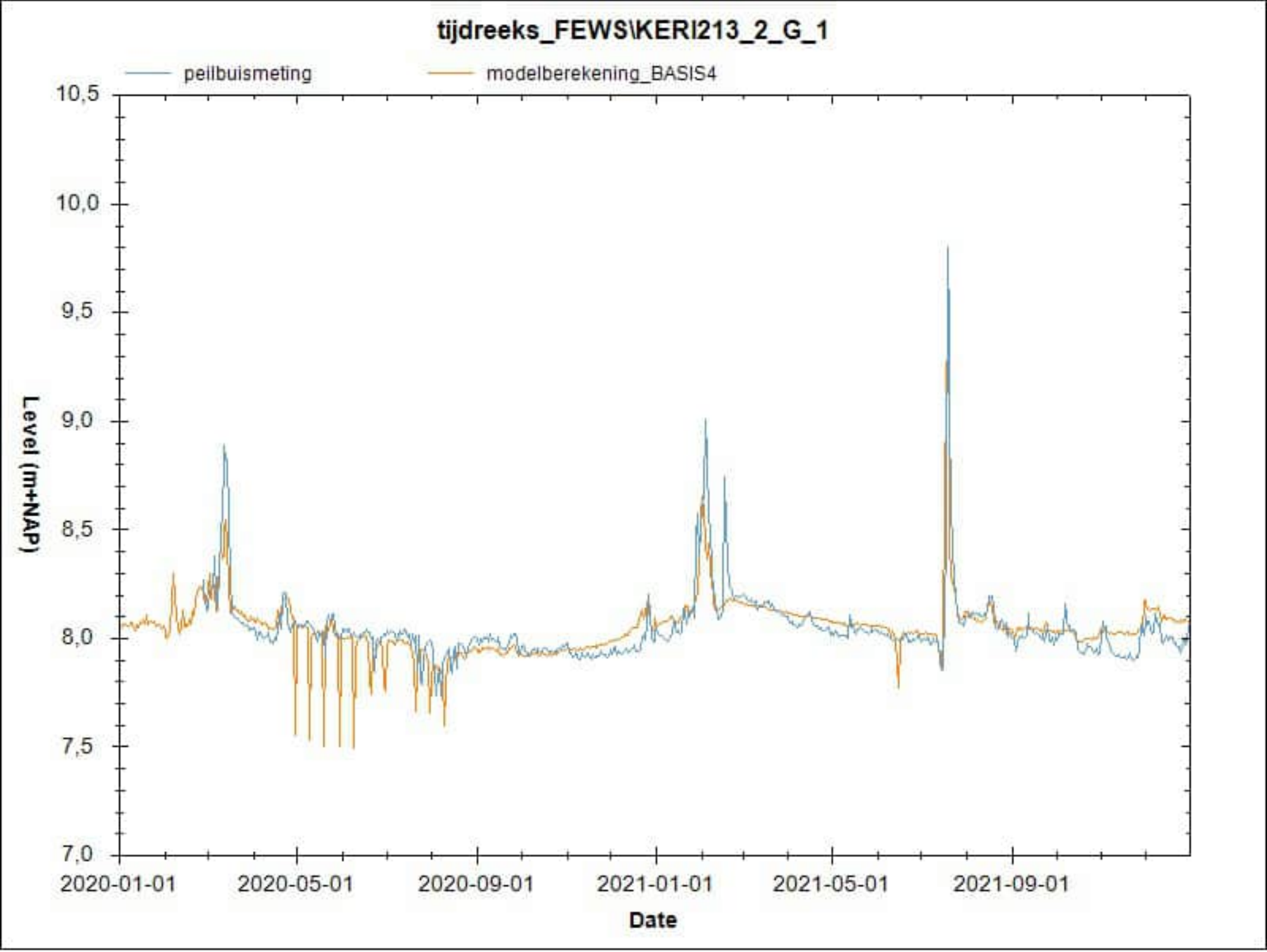
B1.5 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen: Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



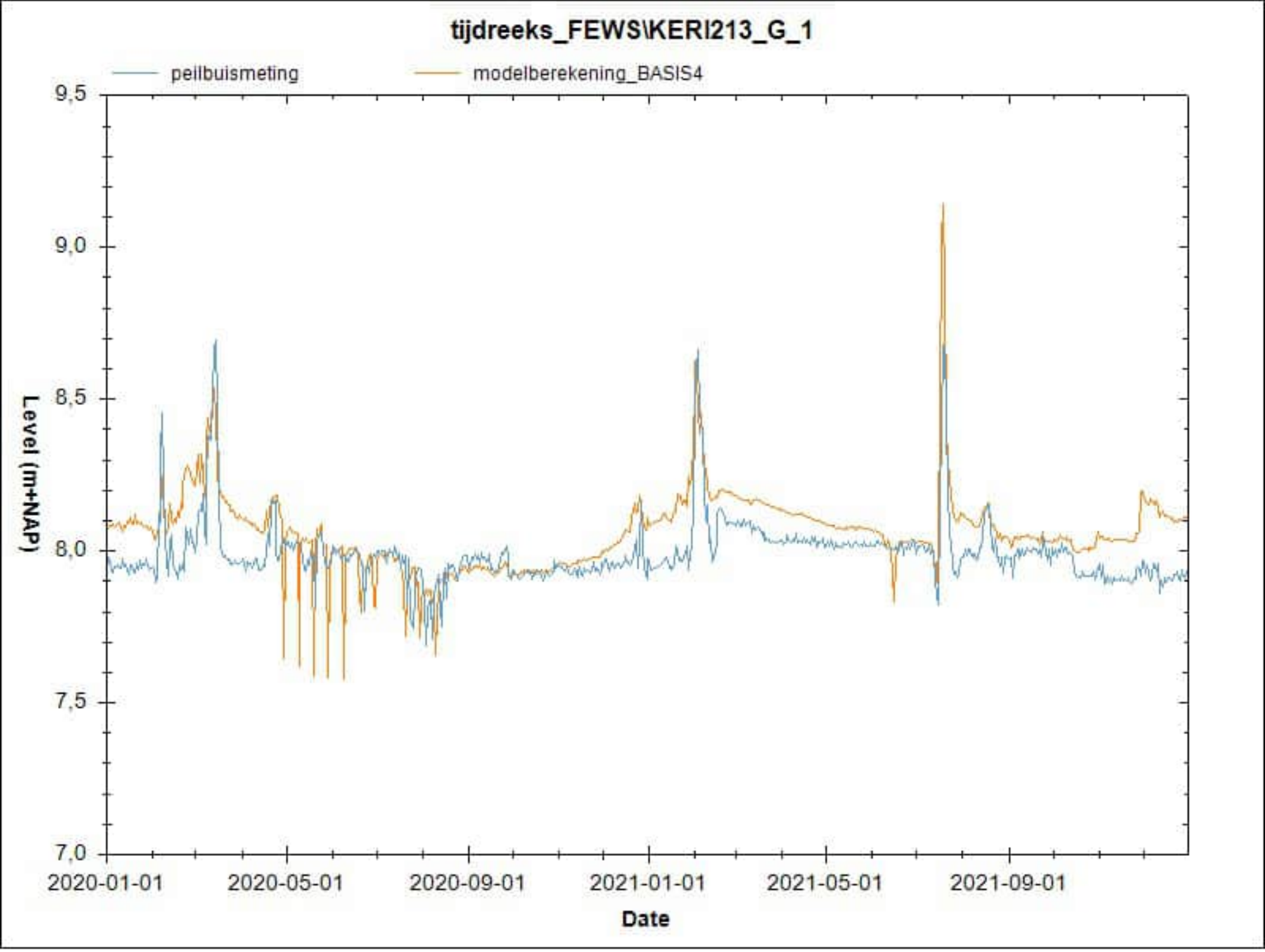
B1.6 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen: Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



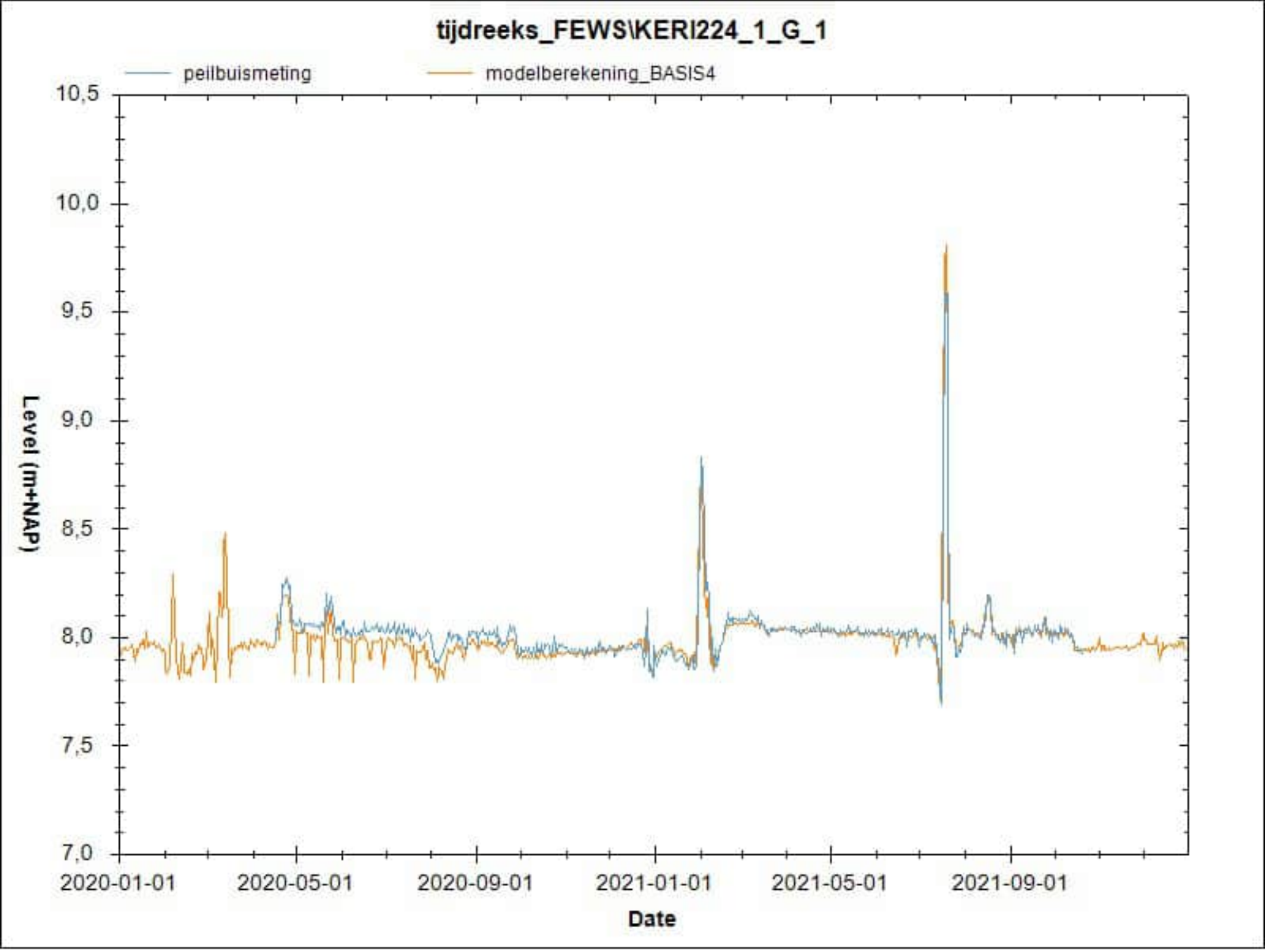
B1.7 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen: Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



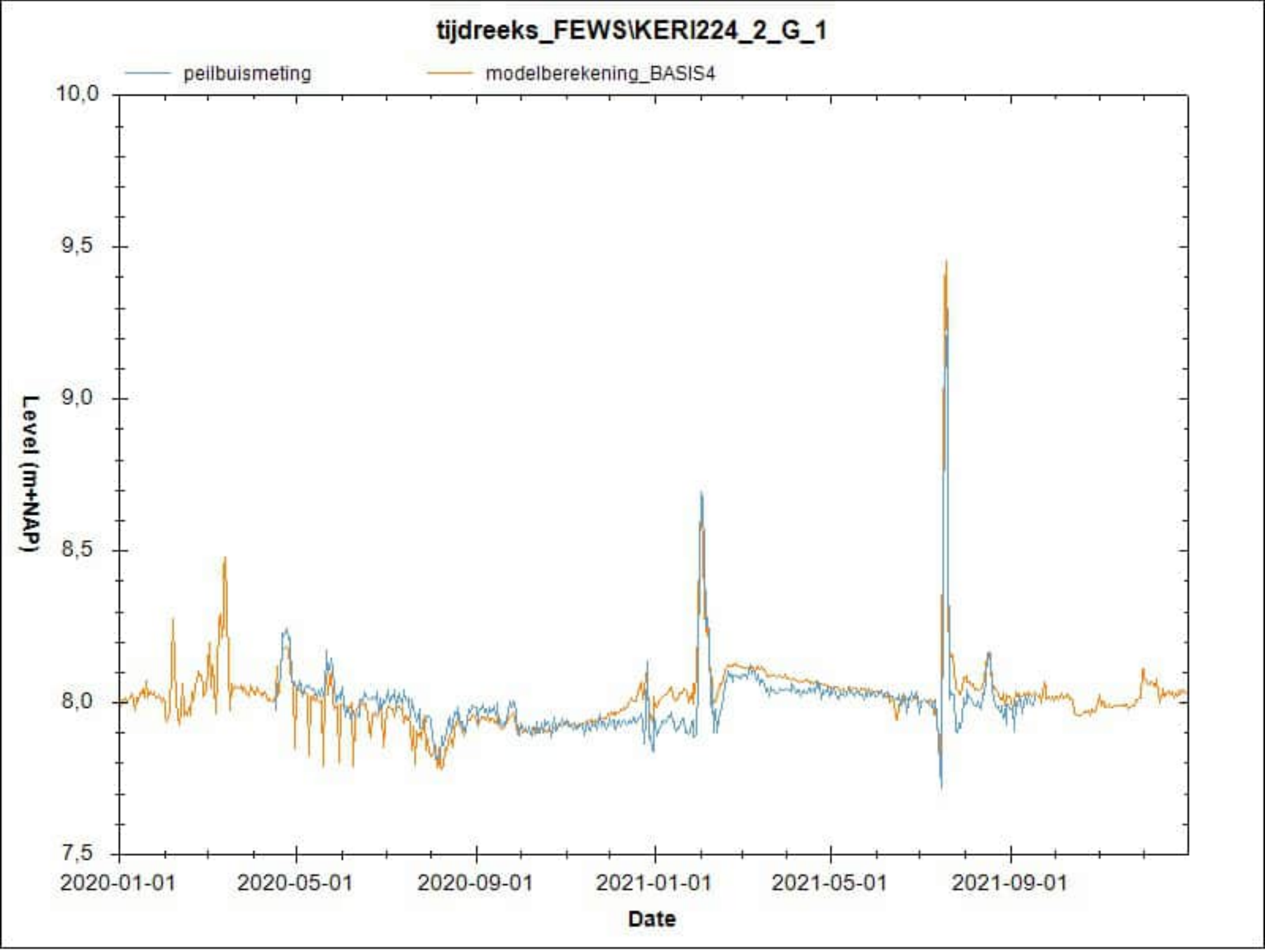
B1.8 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen: Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



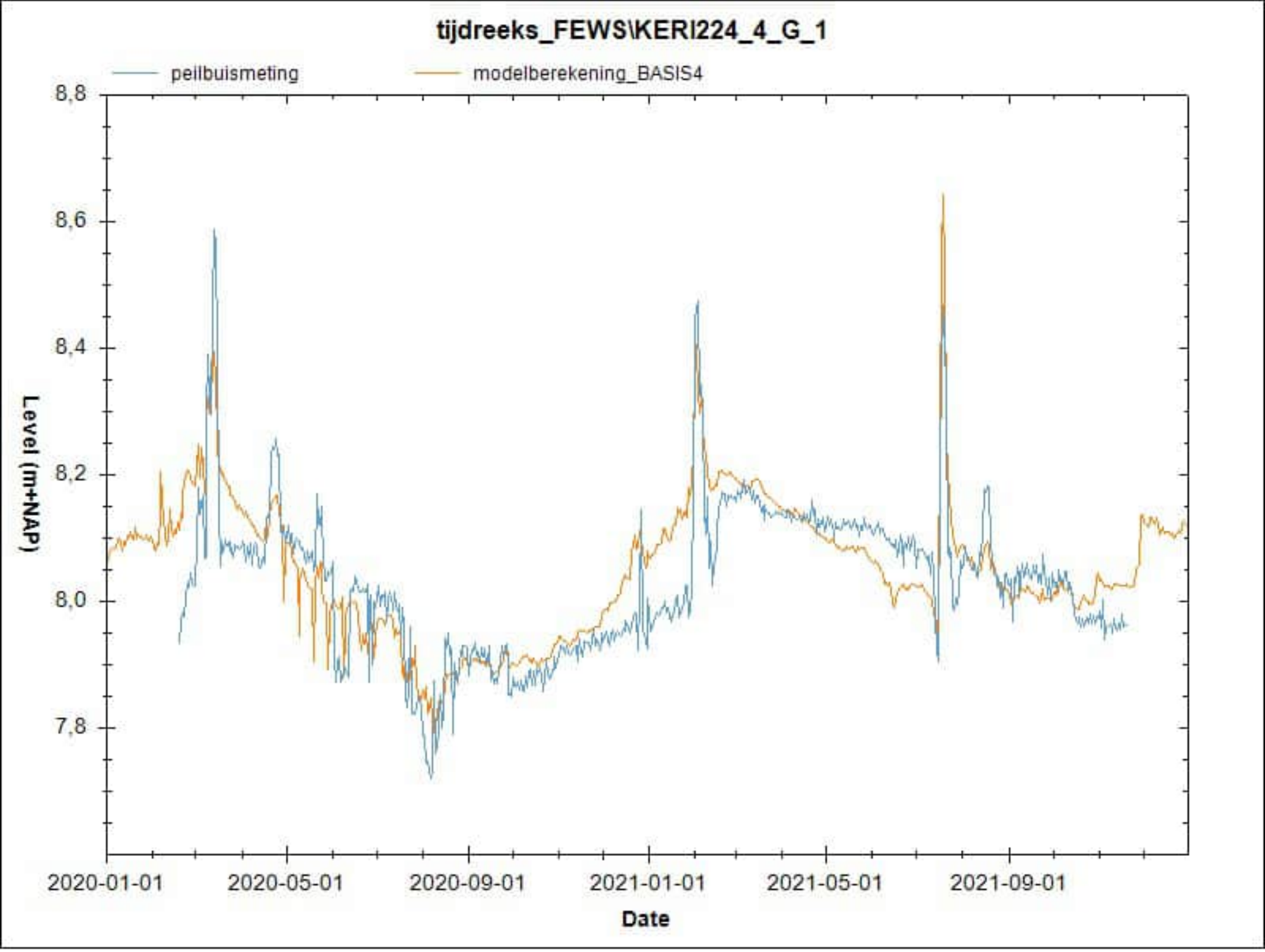
B1.9 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen: Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



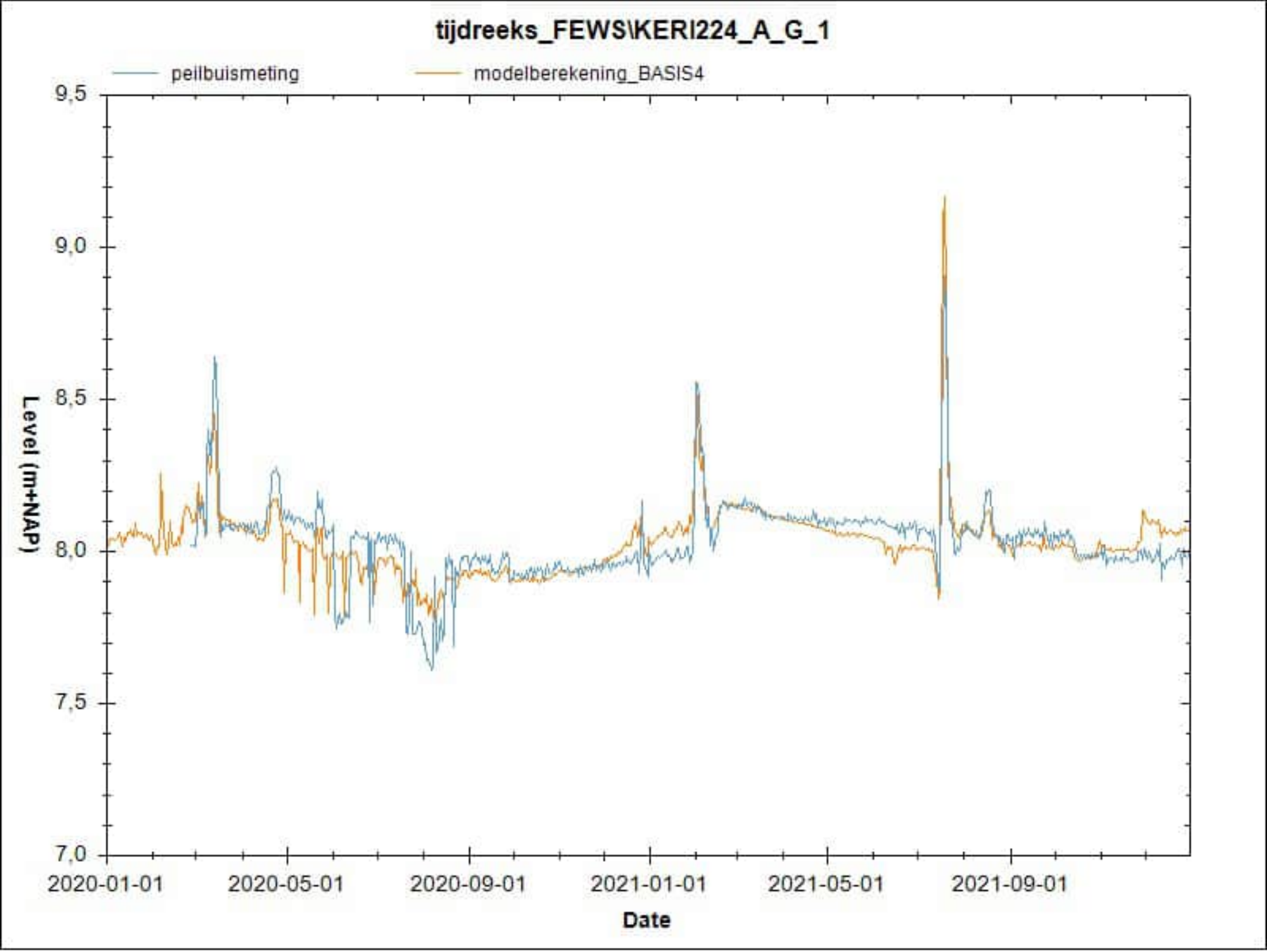
B1.10 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



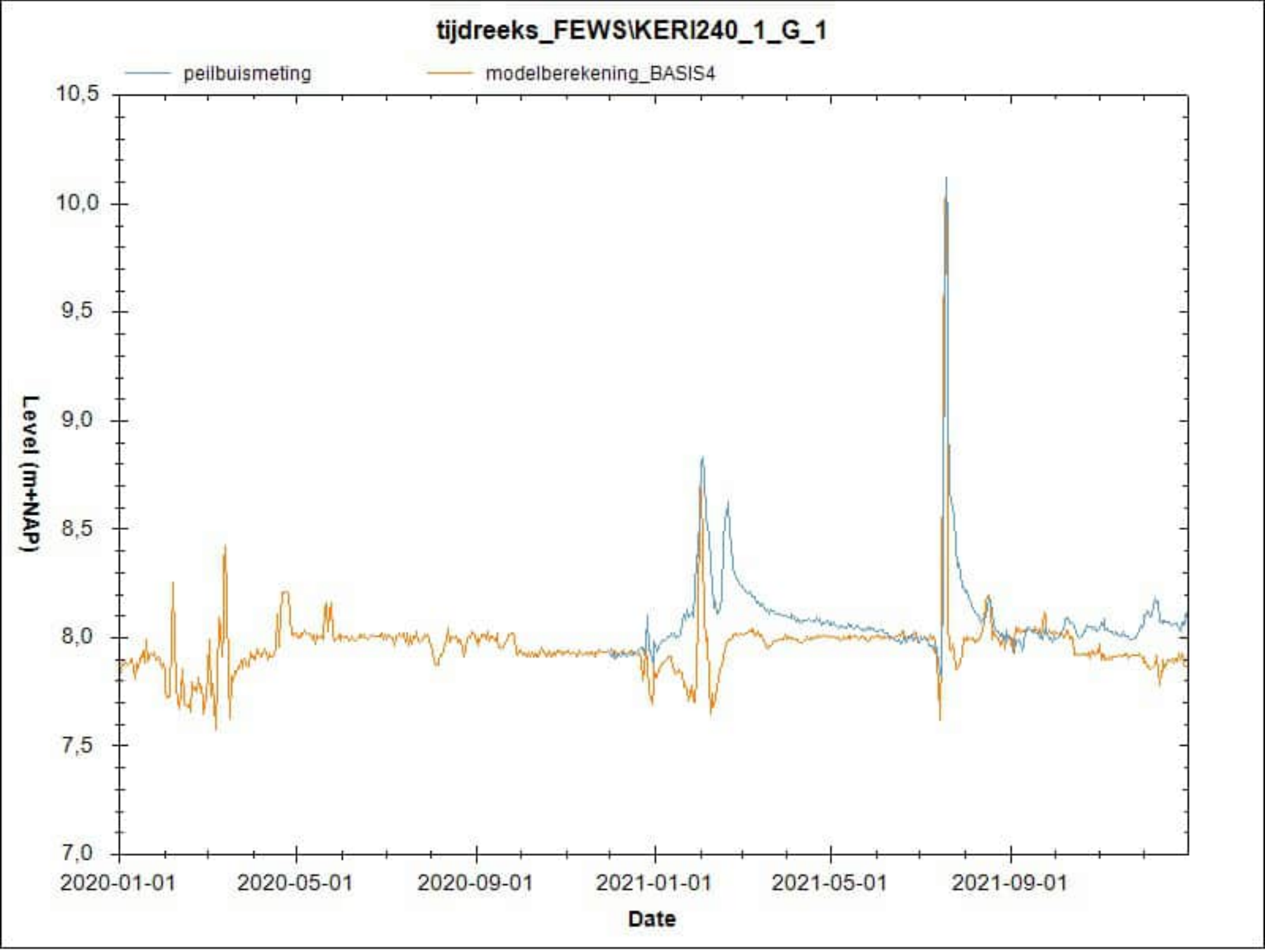
B1.11 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



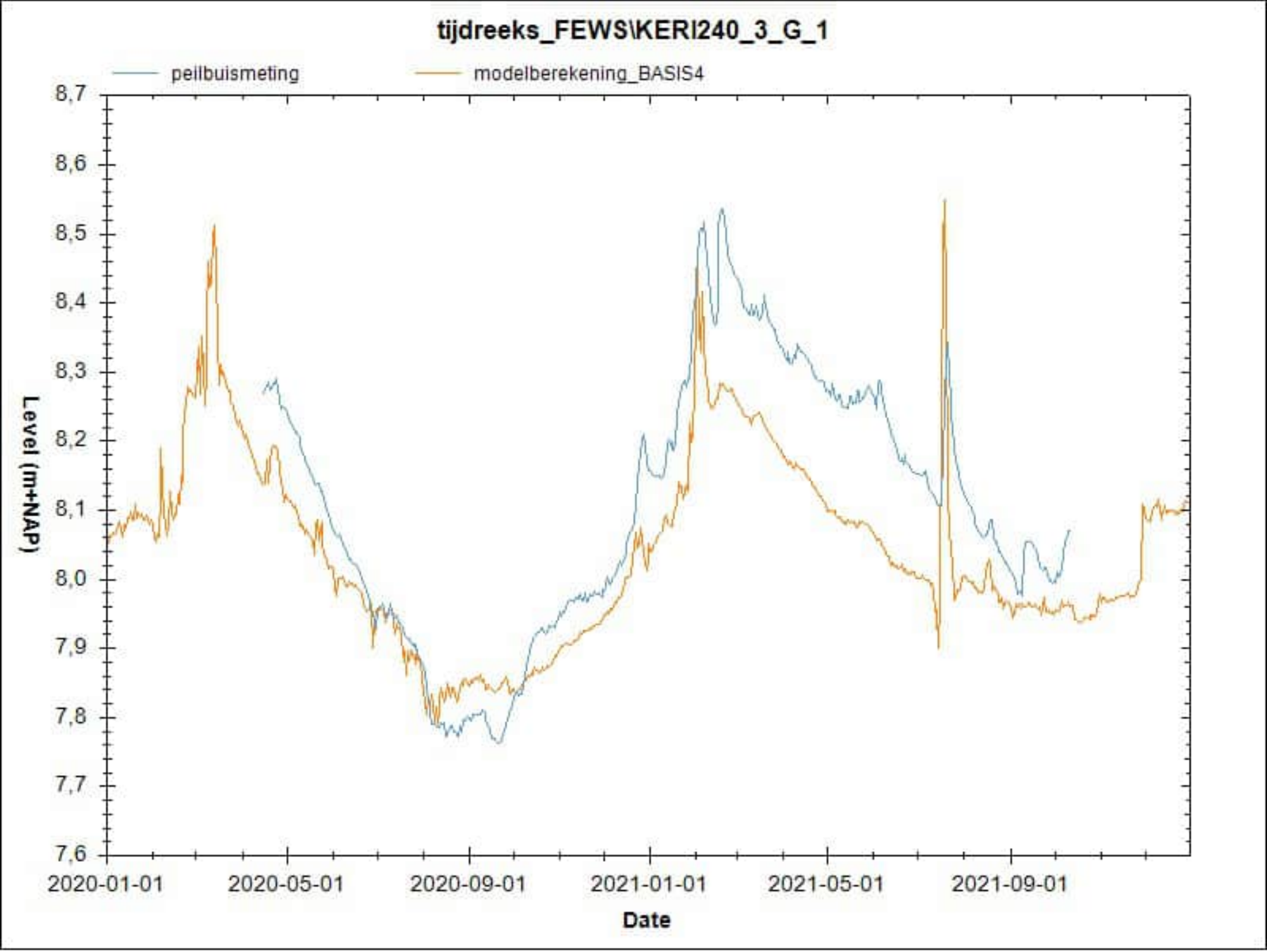
B1.12 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



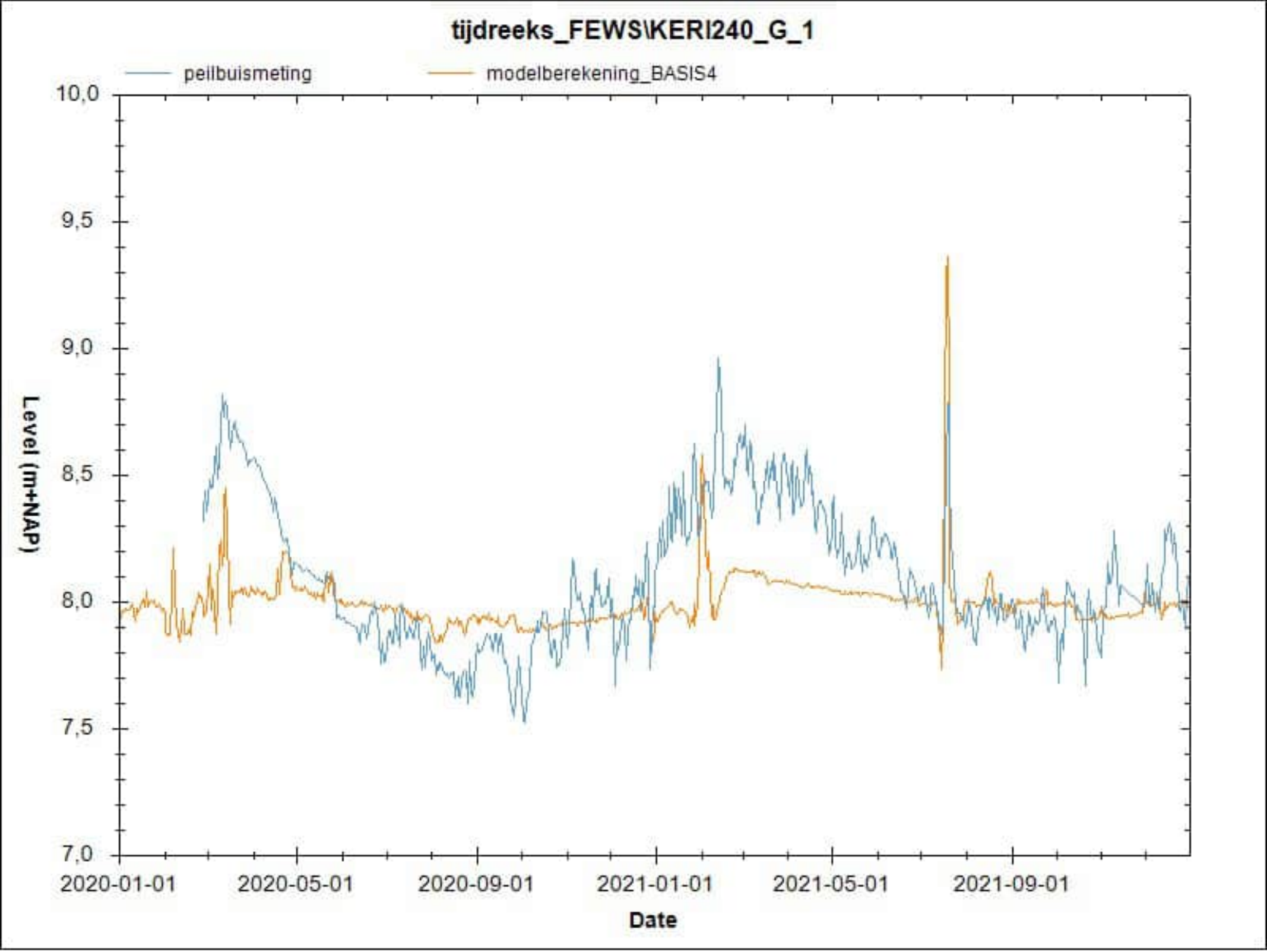
B1.13 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



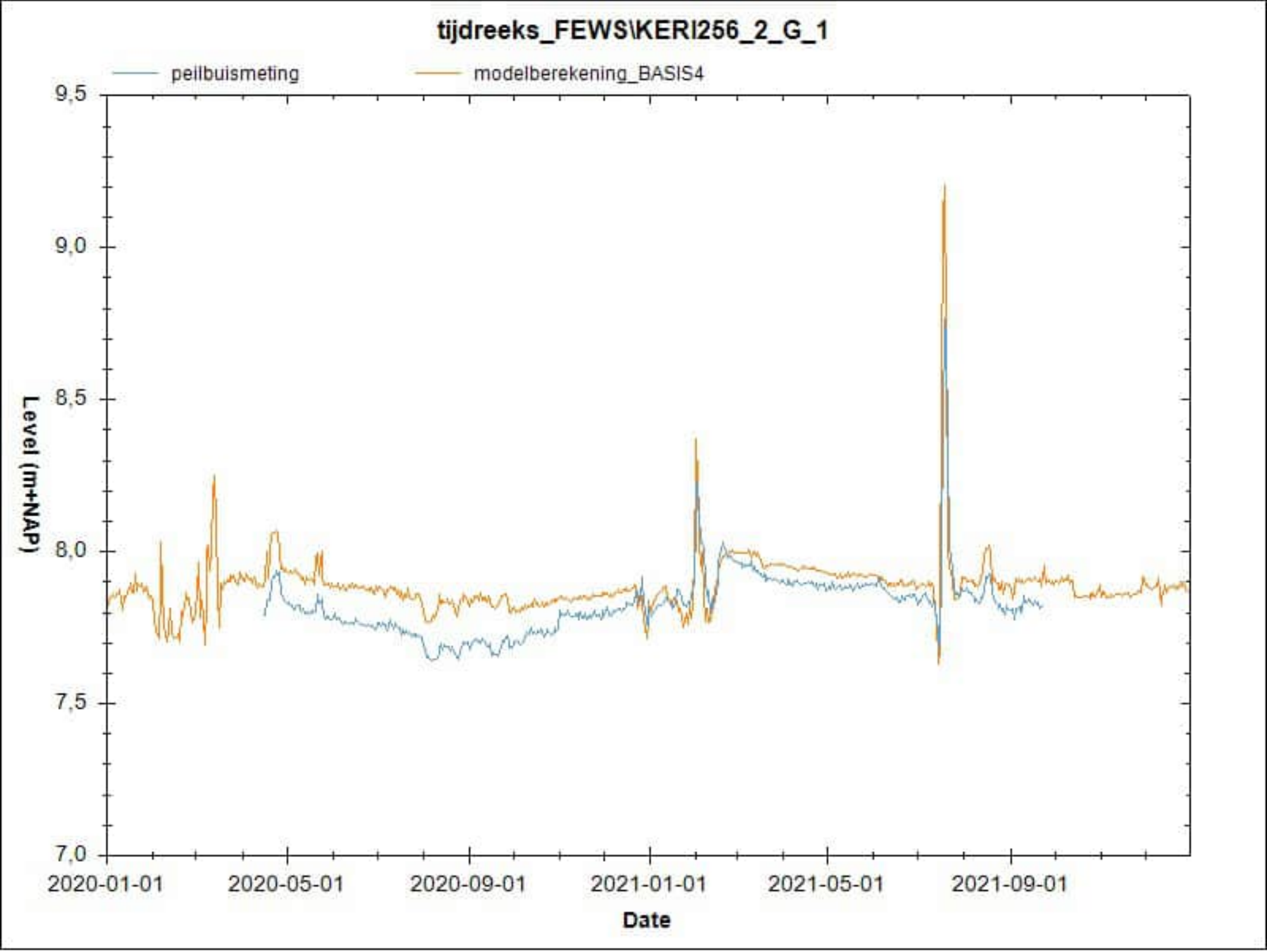
B1.14 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



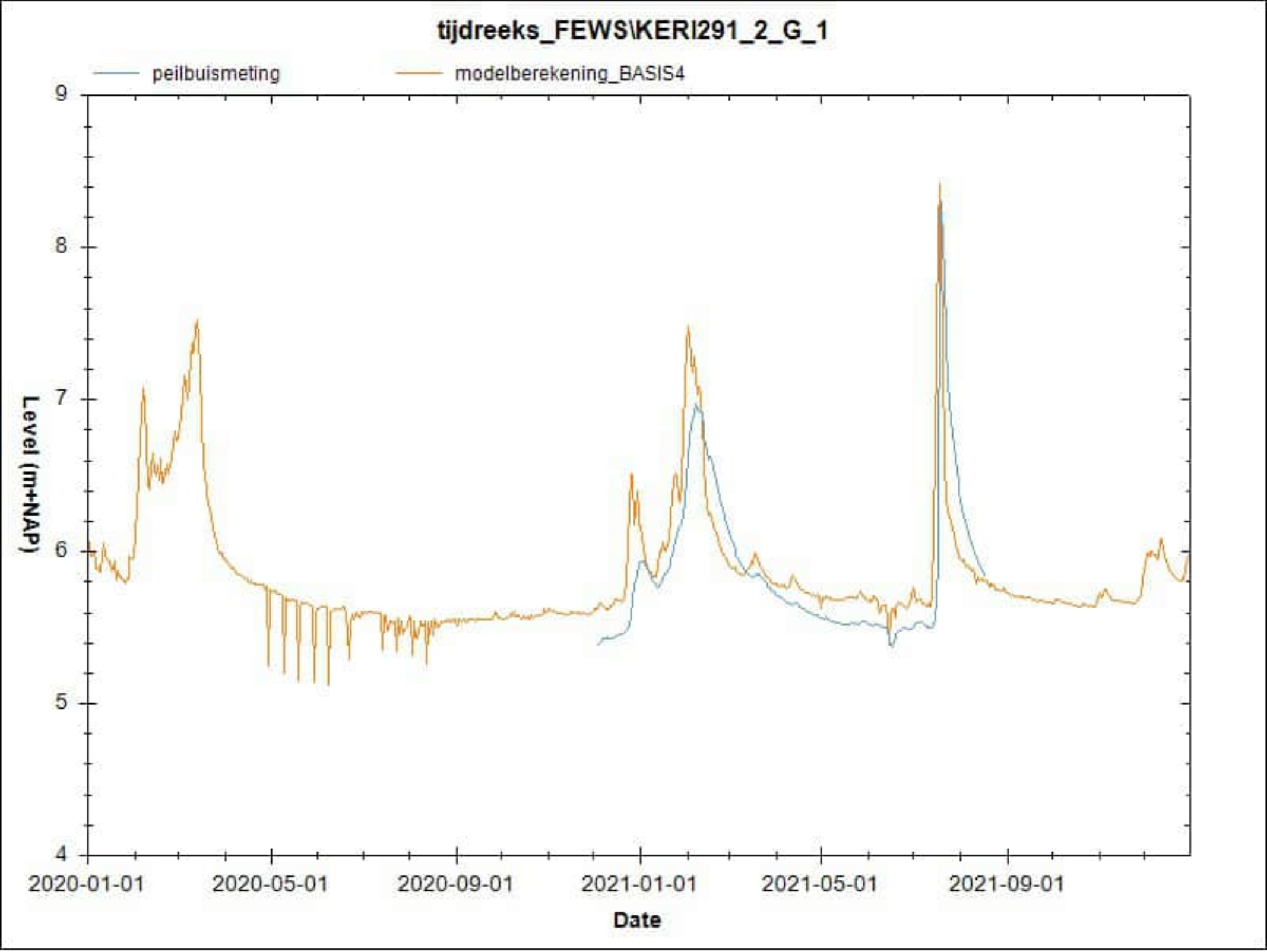
B1.15 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



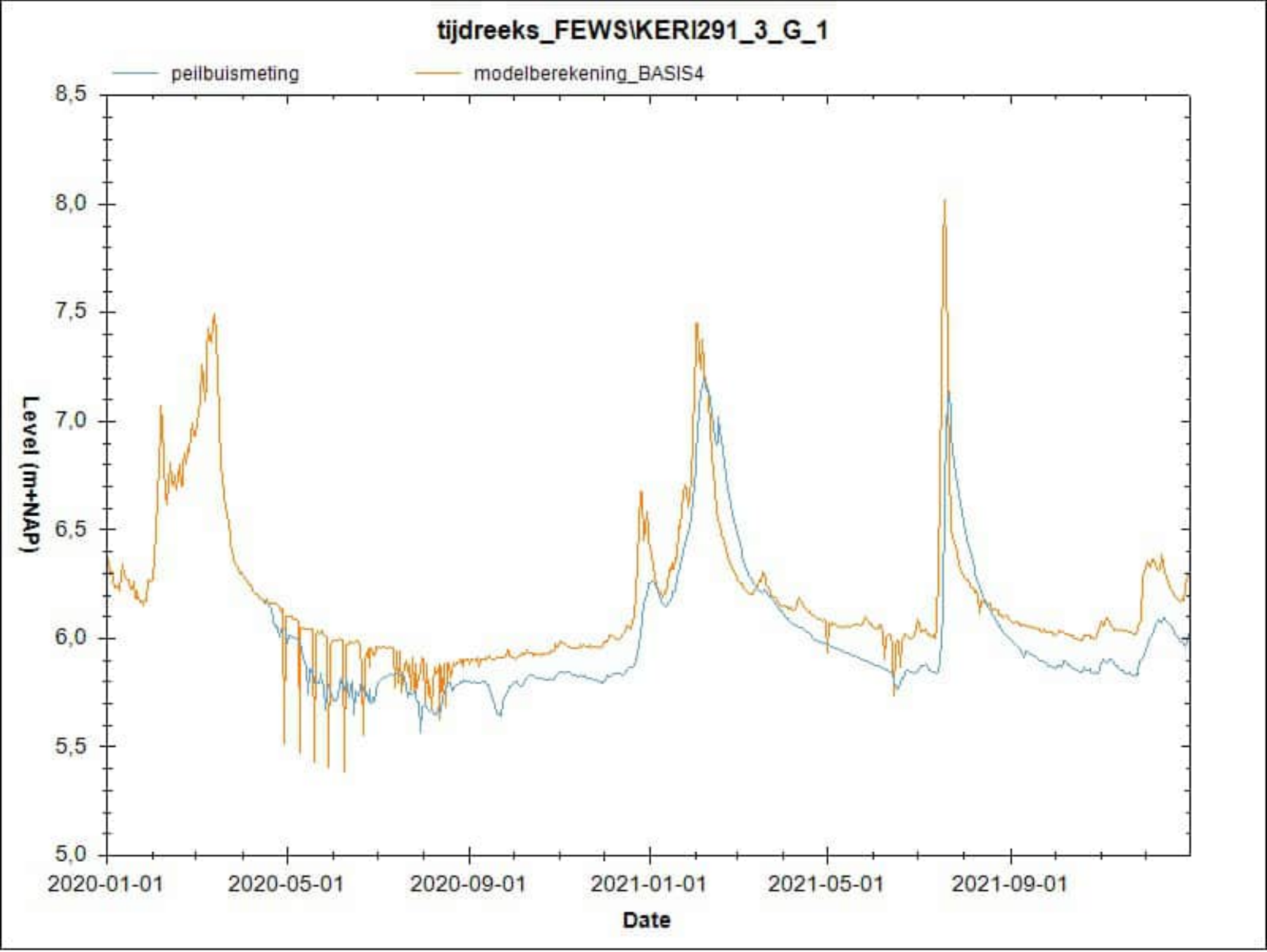
B1.16 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



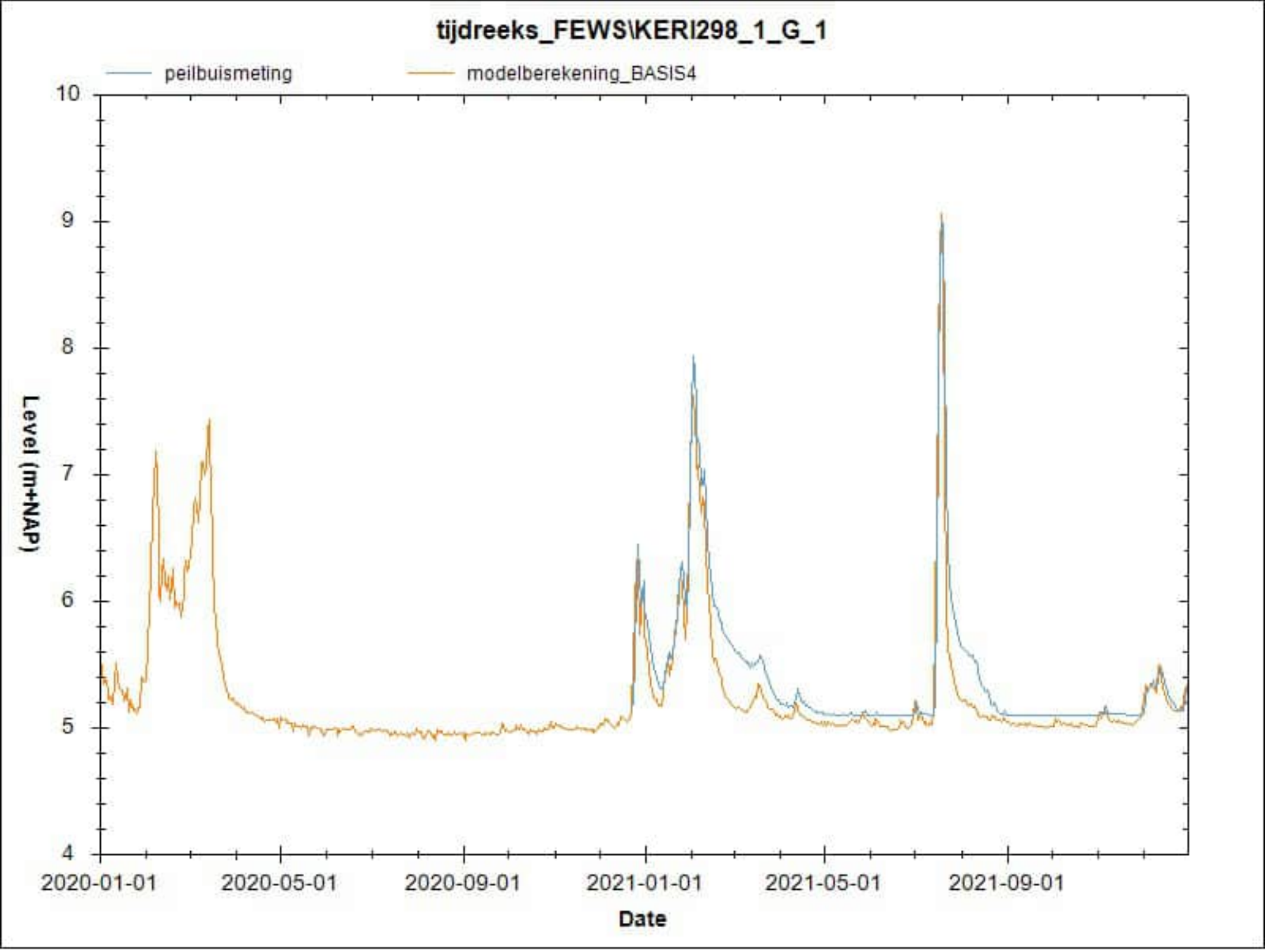
B1.17 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



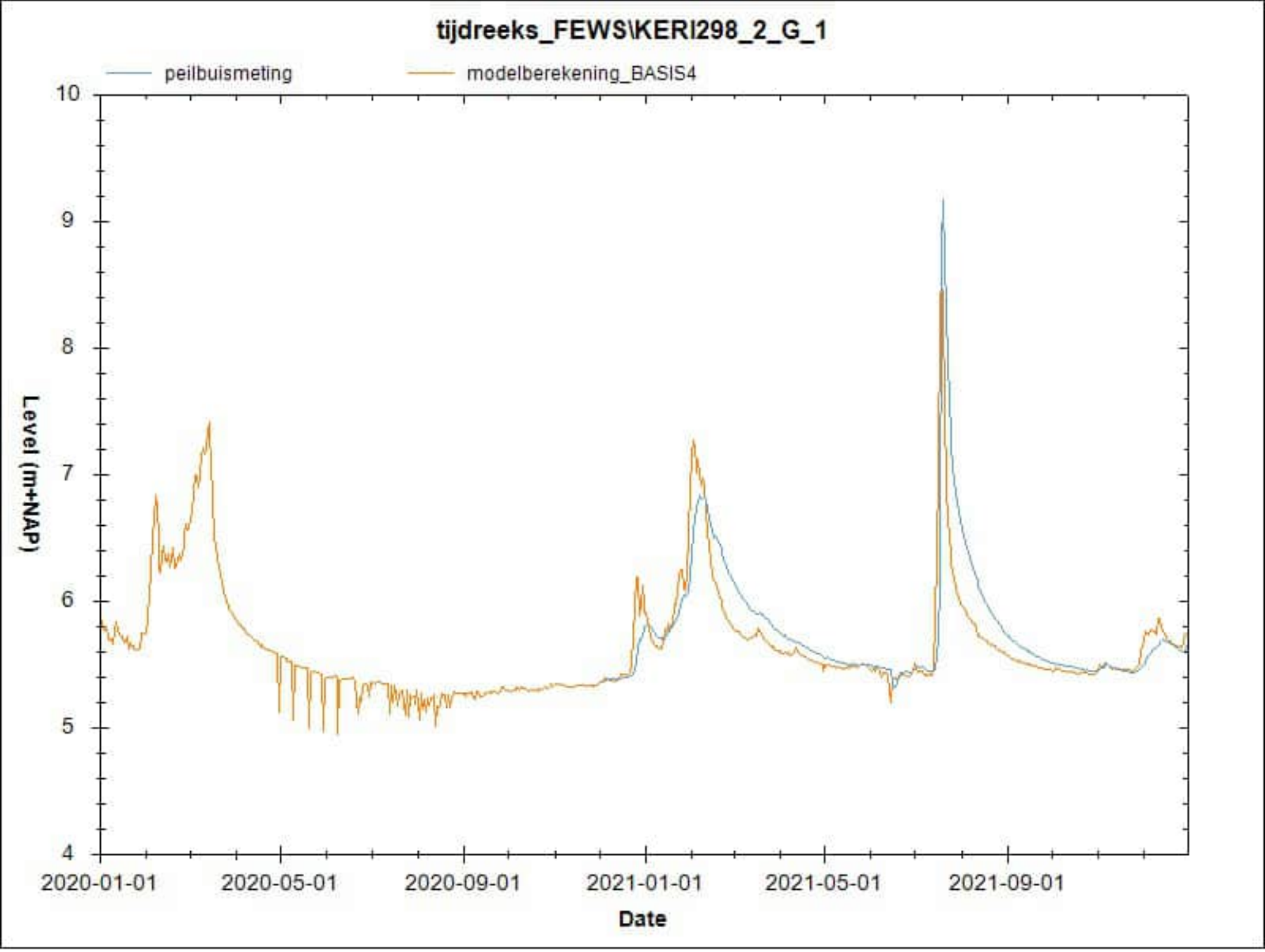
B1.18 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



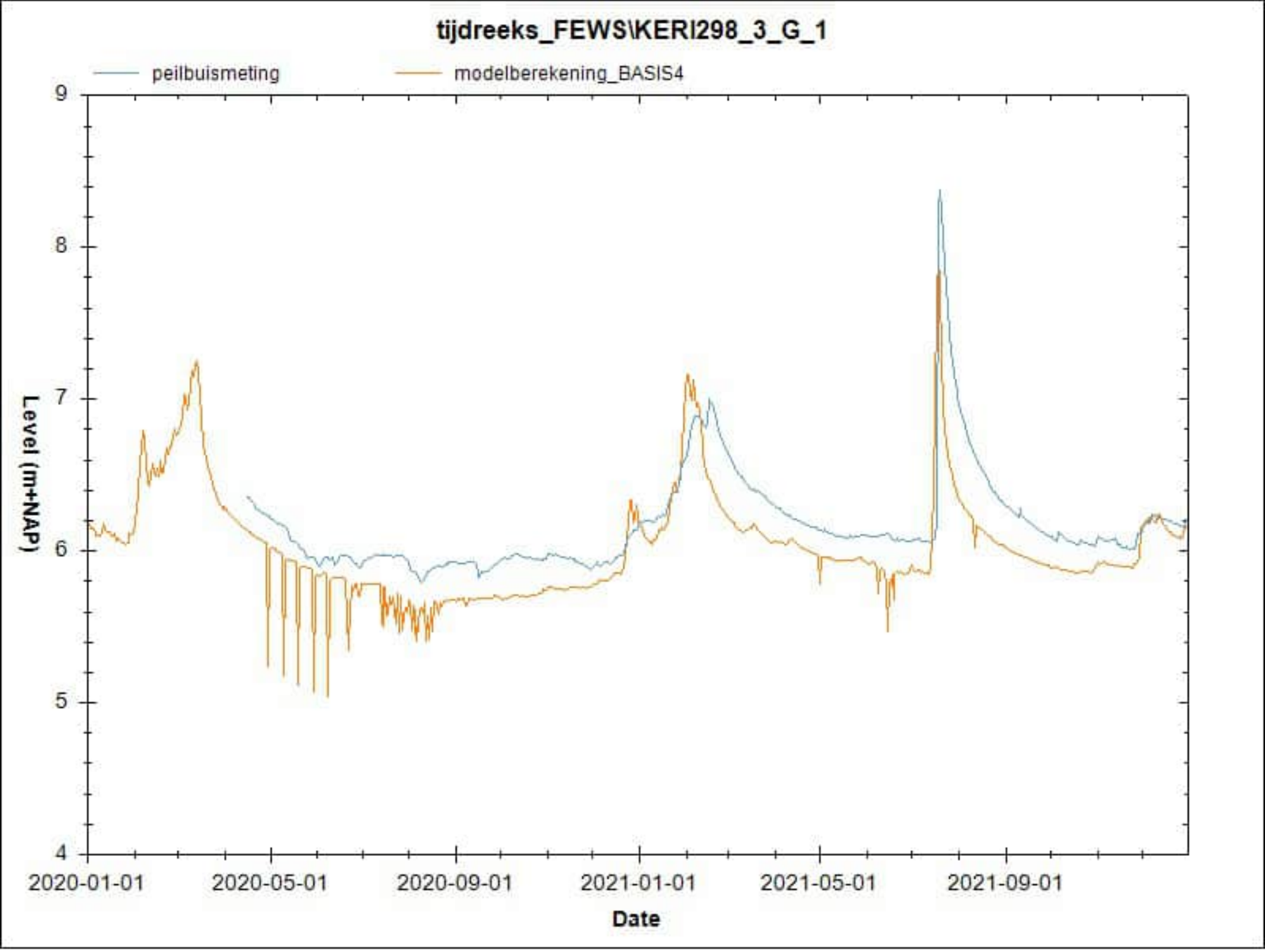
B1.19 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



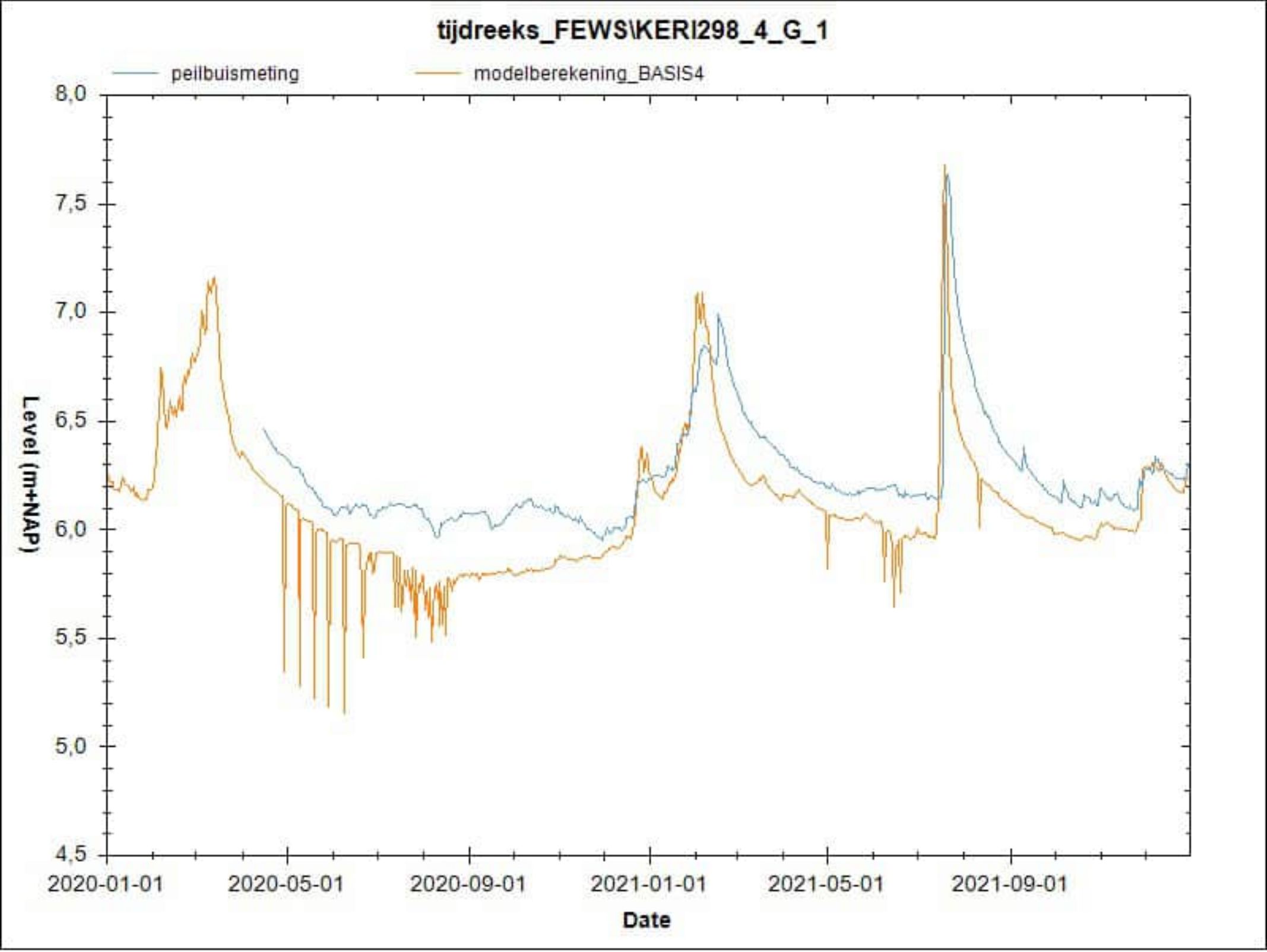
B1.20 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



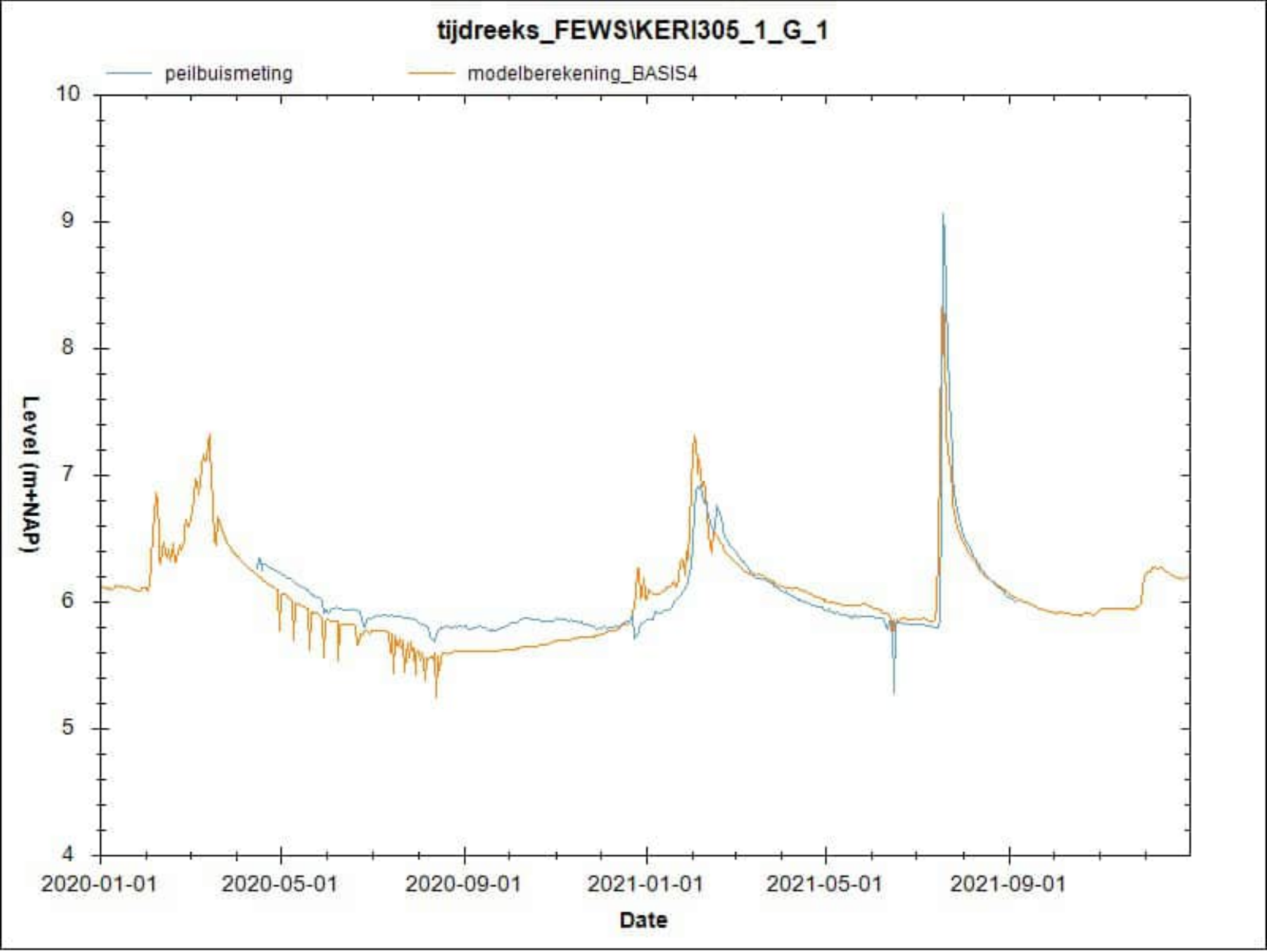
B1.21 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



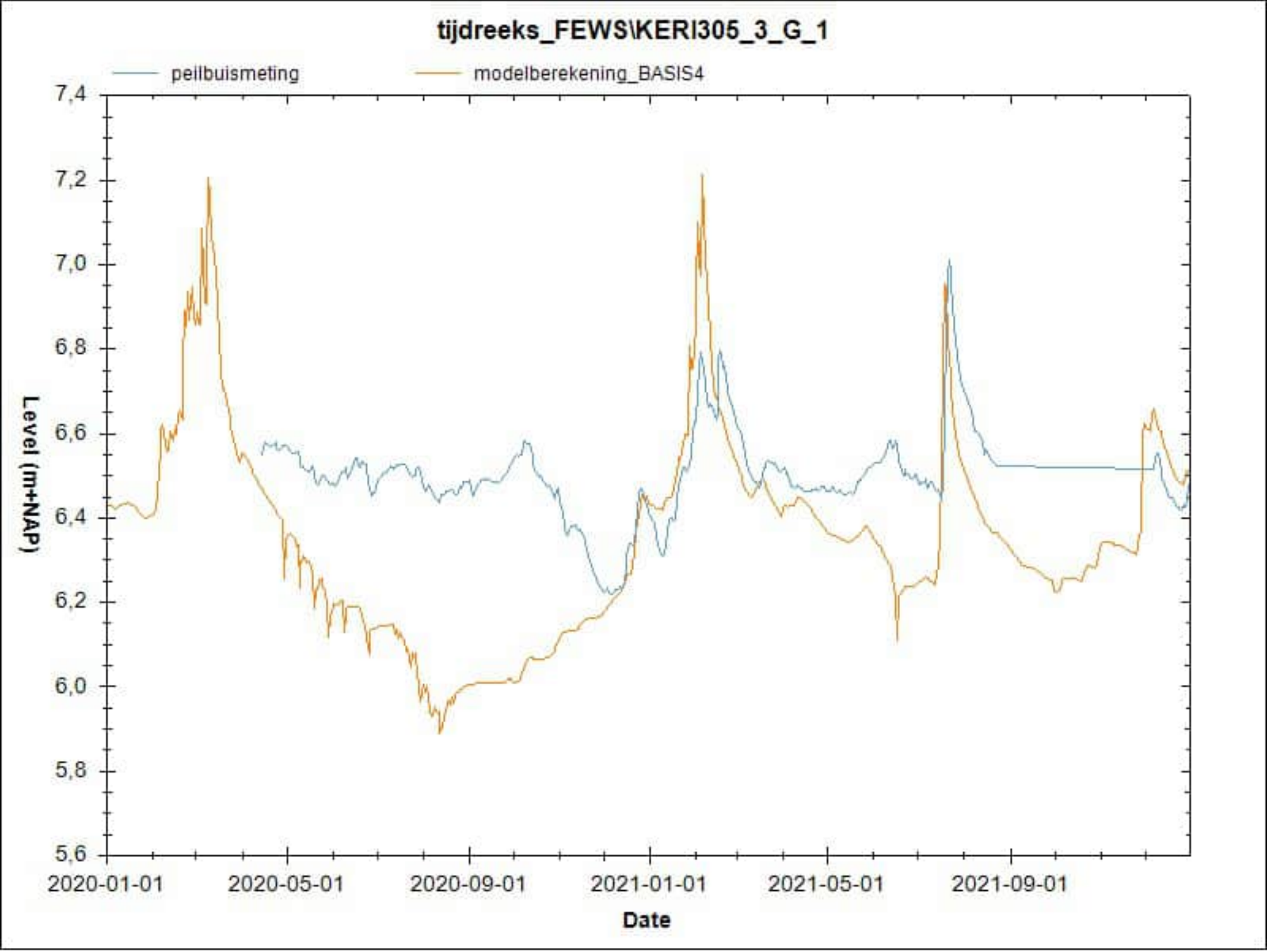
B1.22 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



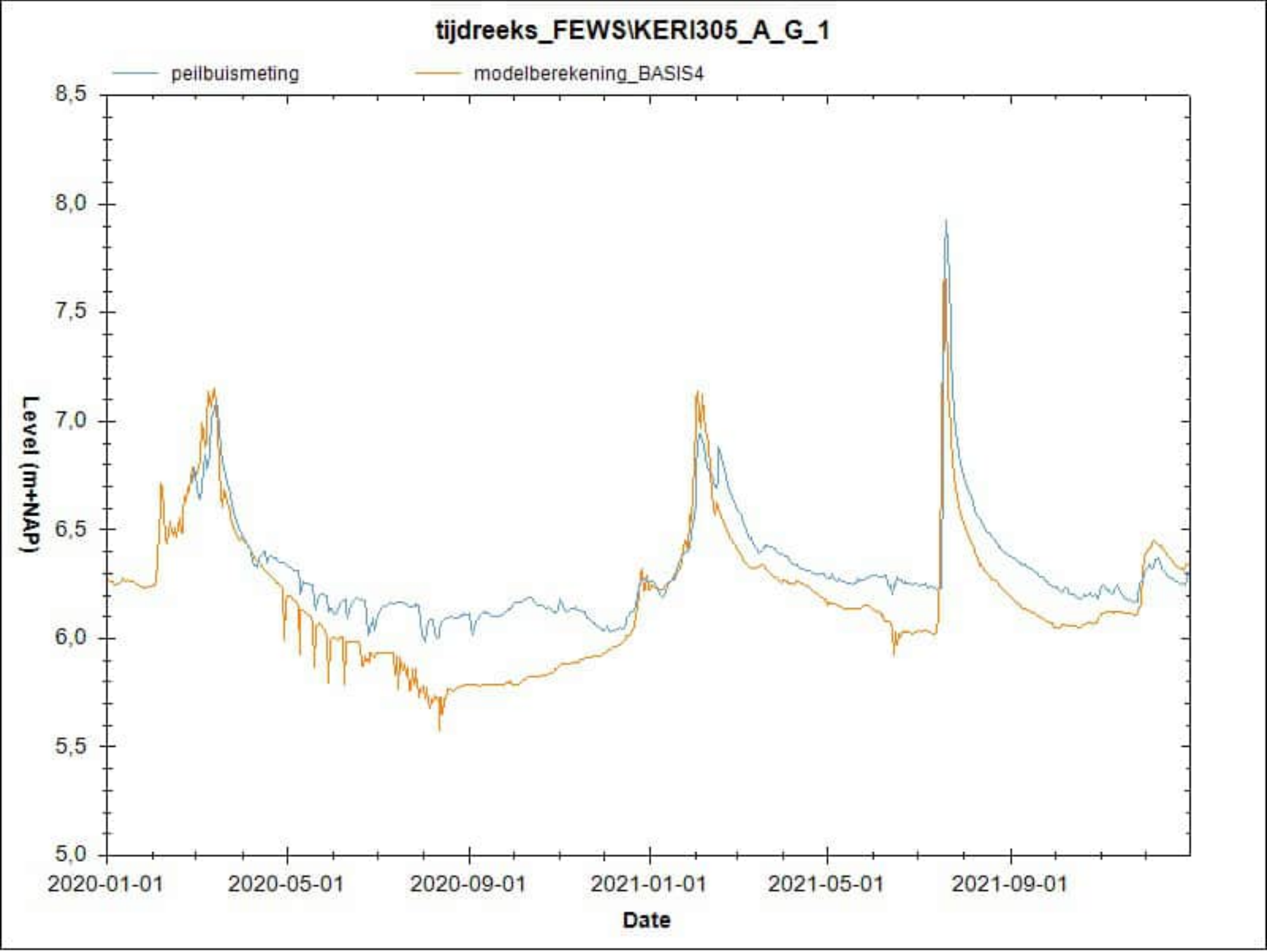
B1.23 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



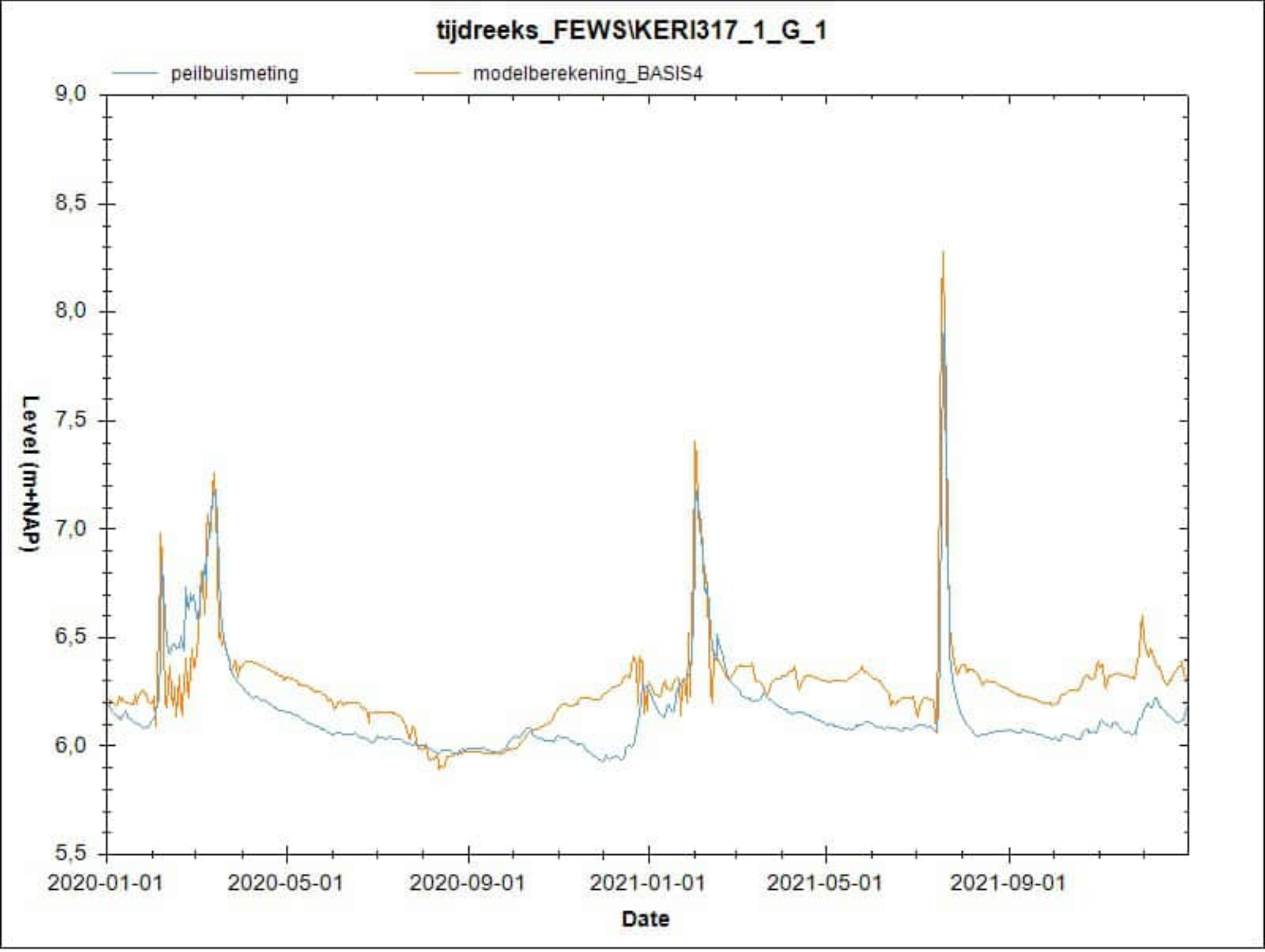
B1.24 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



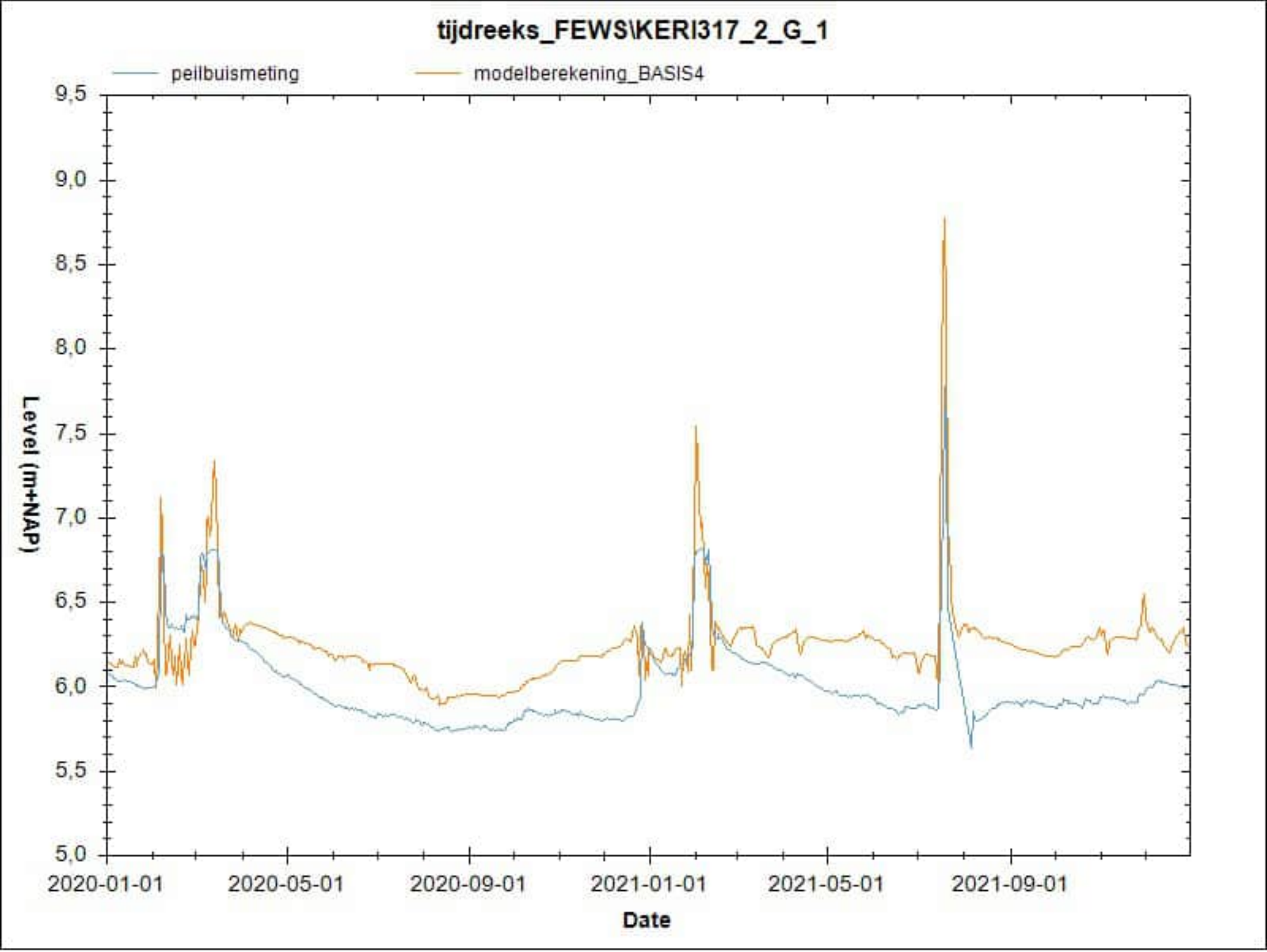
B1.25 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



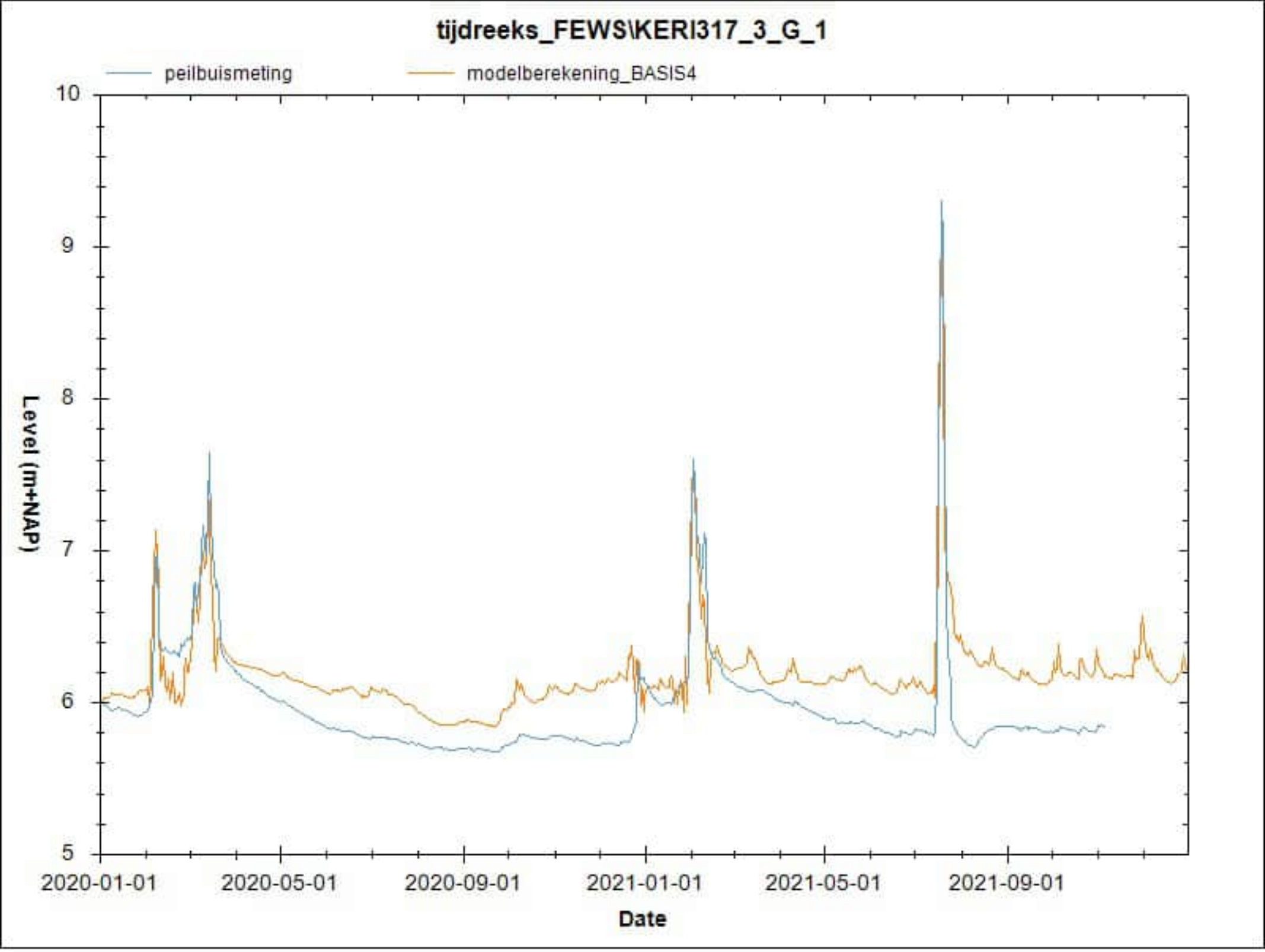
B1.26 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



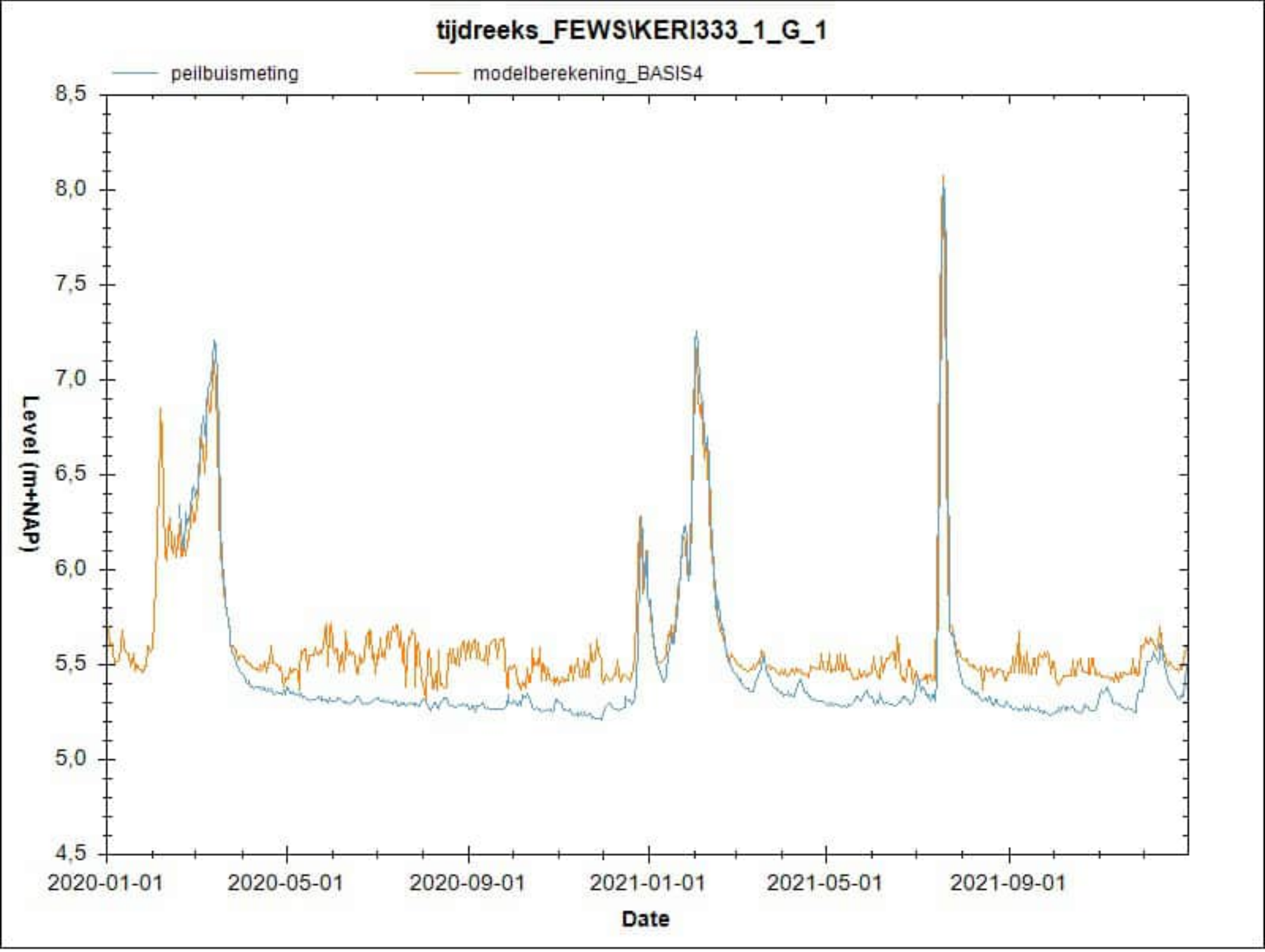
B1.27 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



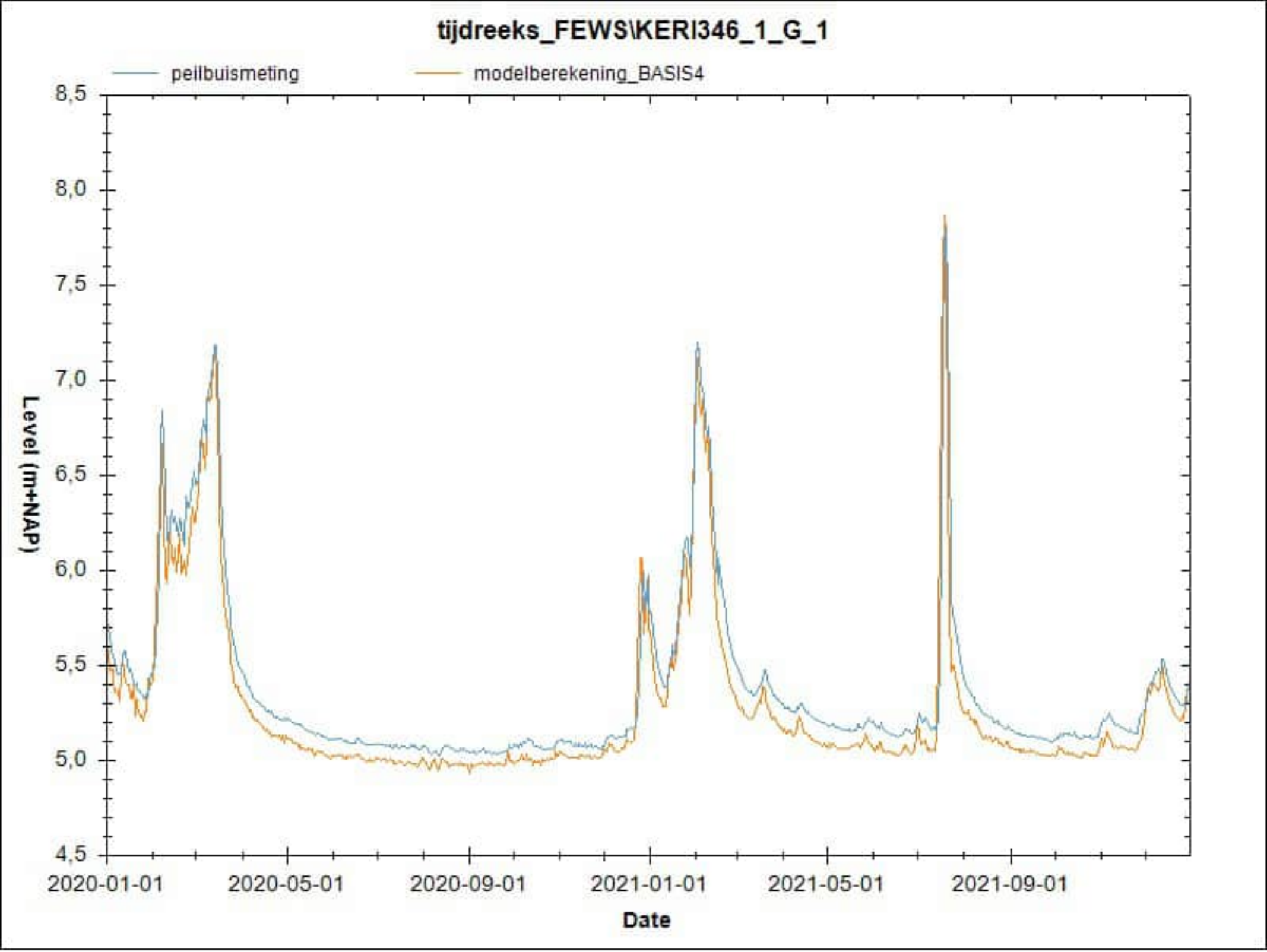
B1.28 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



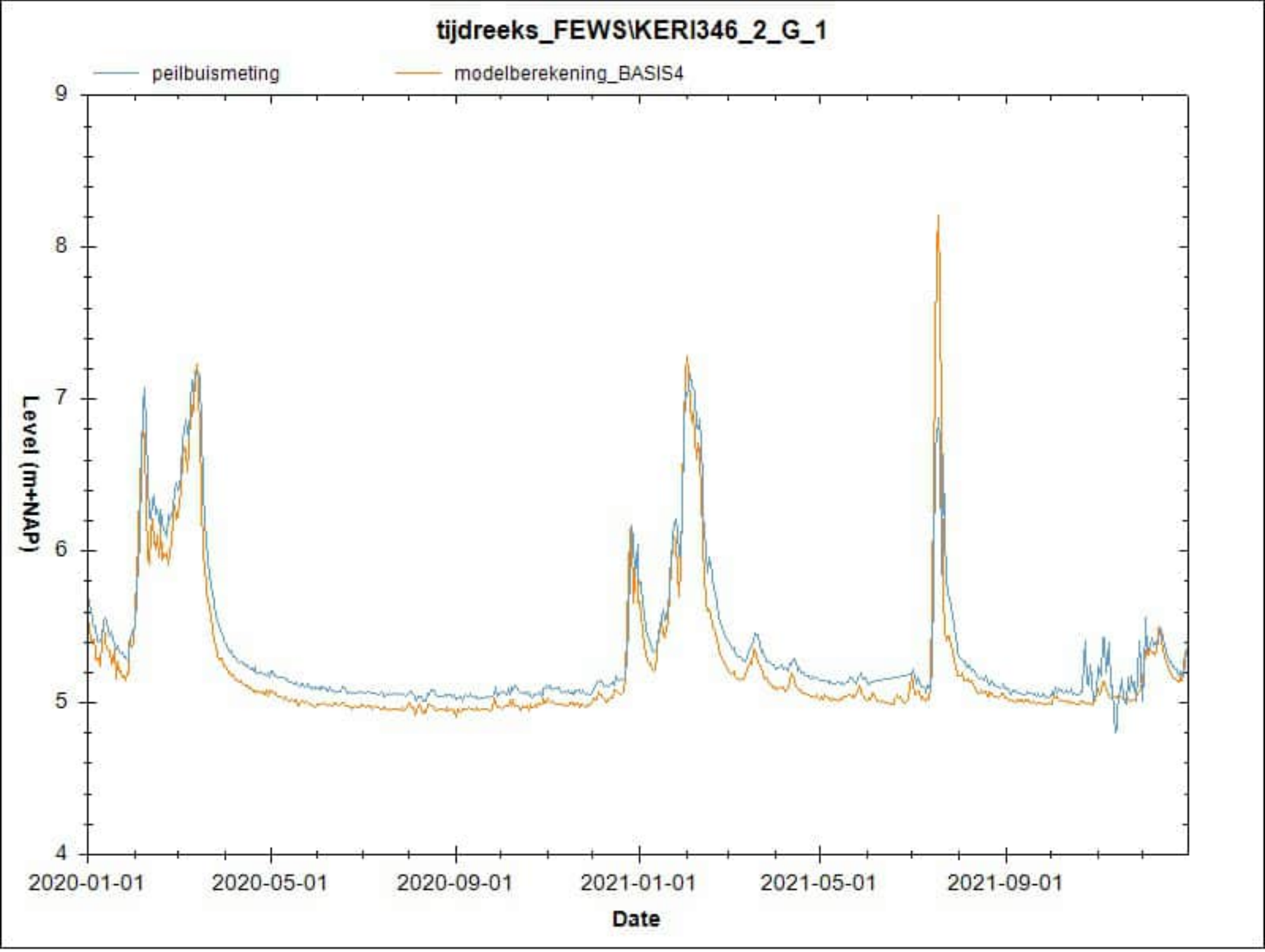
B1.29 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



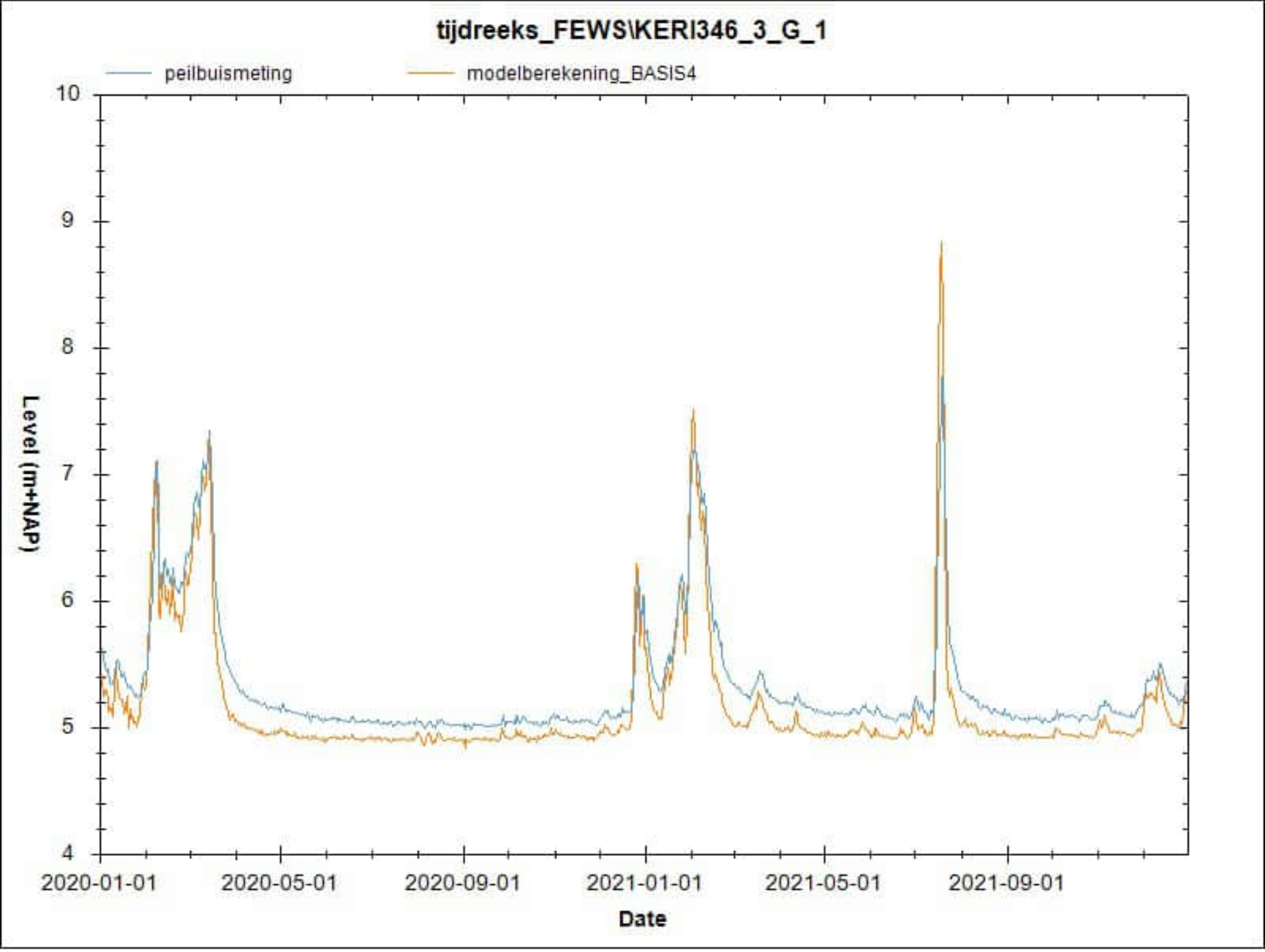
B1.30 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



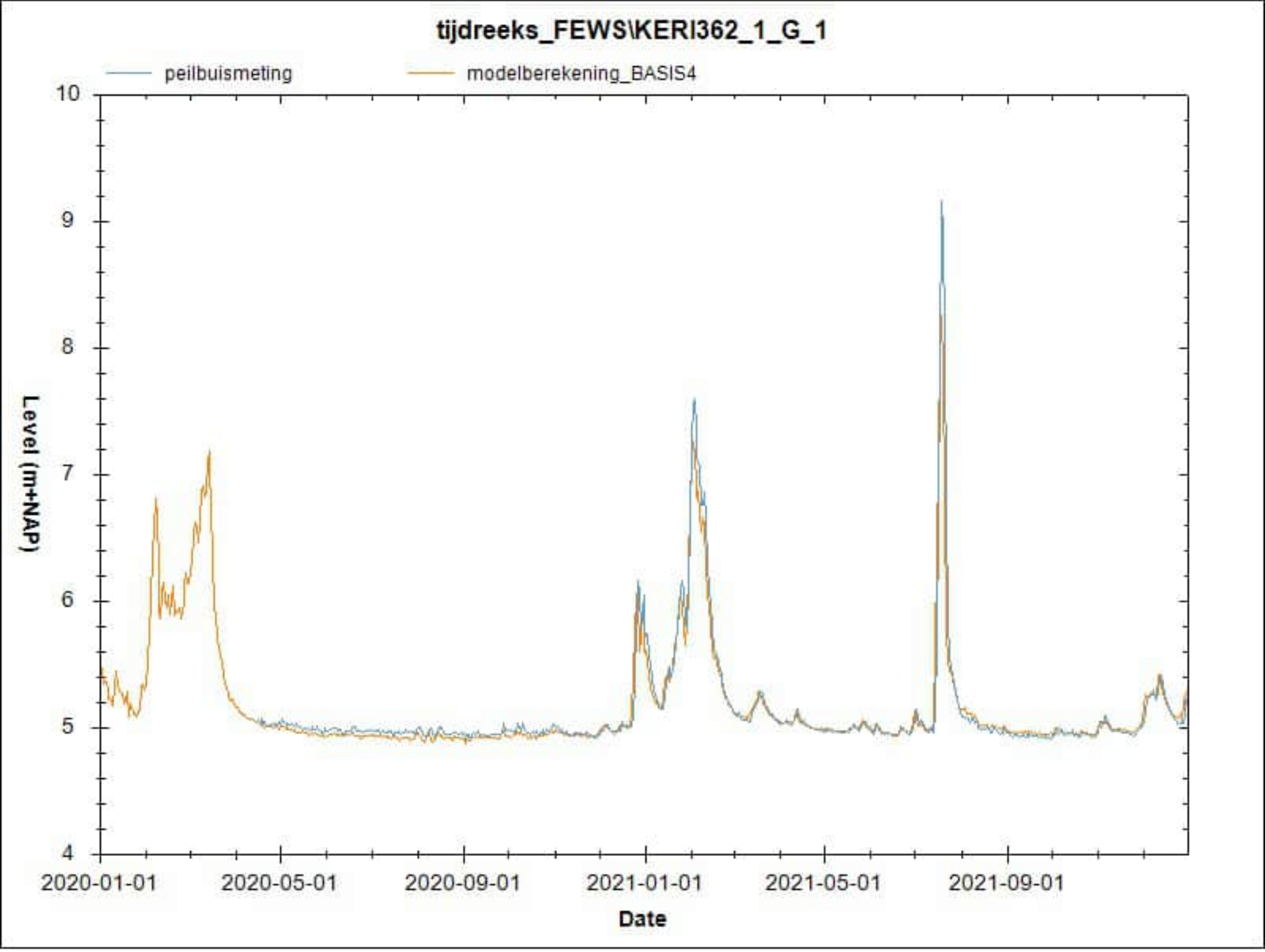
B1.31 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



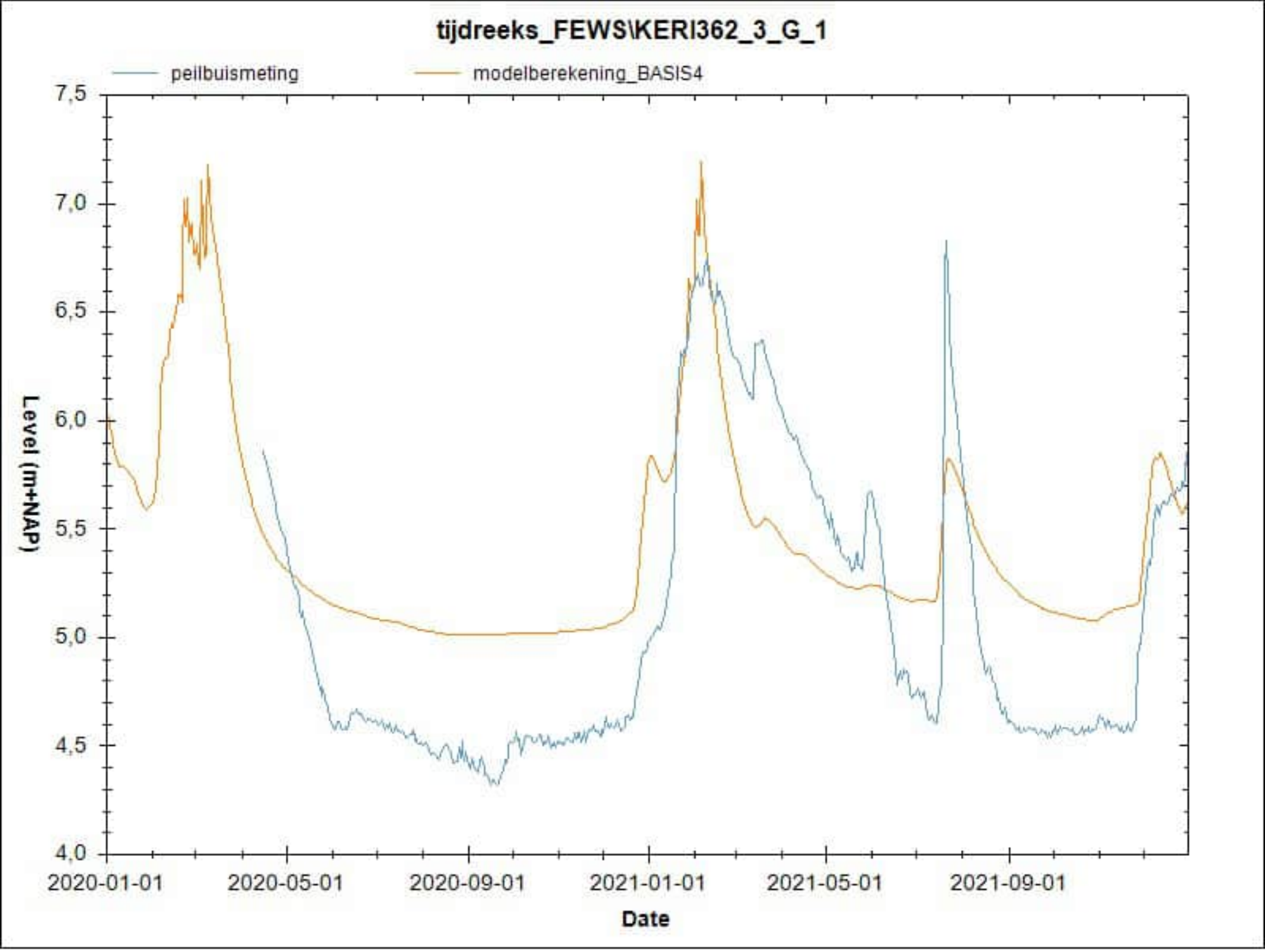
B1.32 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



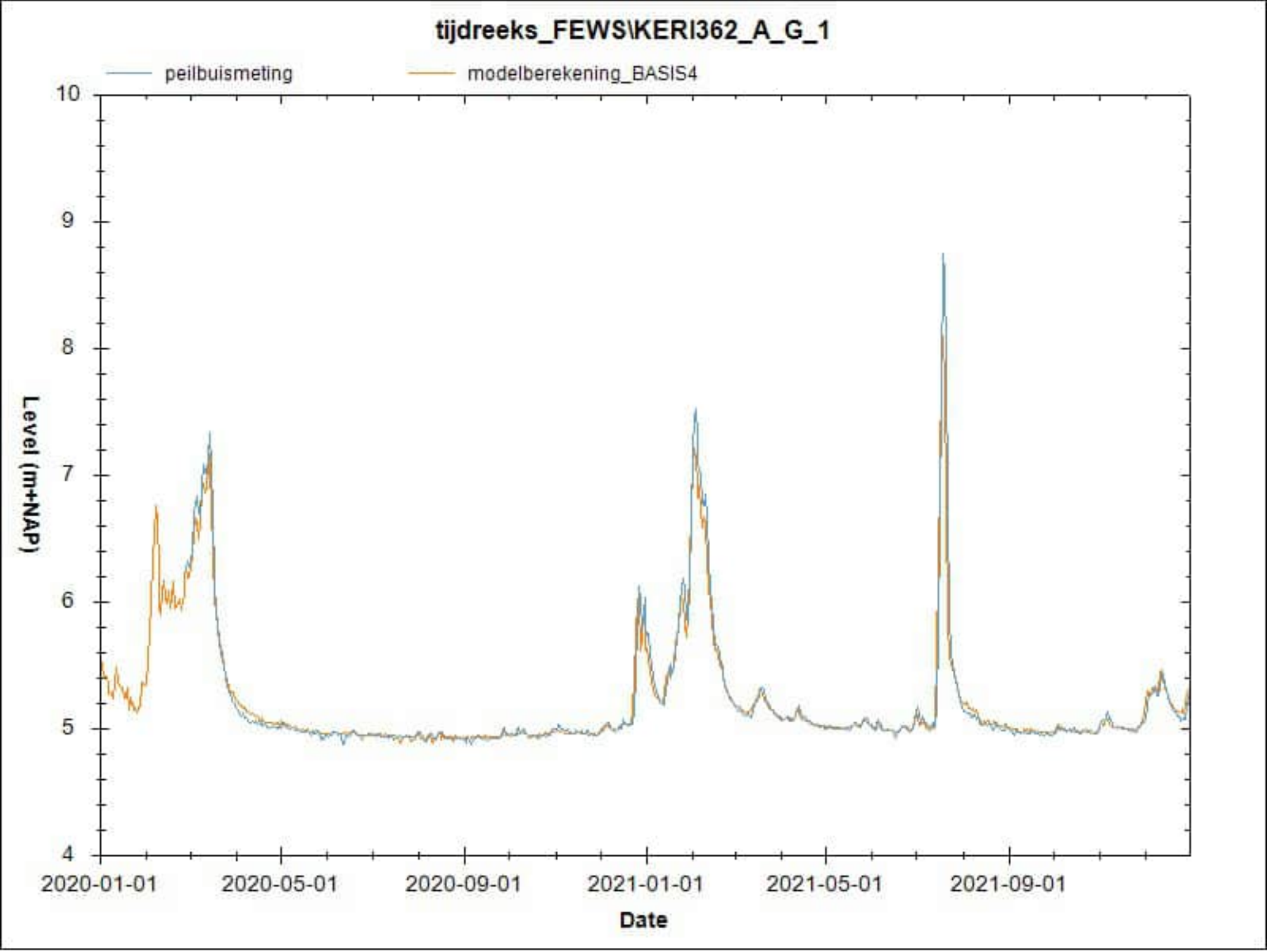
B1.33 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



B1.34 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



B1.35 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)



B1.36 Gemeten- en berekende stijghoogtenreeksen; Berekende stijghoogten met aangepast model (BASIS4)

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Notitie Rivierkundige beoordeling

Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein
WBS: WSB.23.2
Datum: 2025-03-06
Versienummer: D1.0



Inhoud

Inhoud		3
1. Inleiding		4
2. Methode		6
3. Ontwerp		10
4. Resultaten		14
5. Conclusies		28
6. Referenties		29
Bijlage A.	Rivierwaartse verplaatsing buitendijks versterken	30
Bijlage B.	Resultaten rivierkundige berekeningen projectreferentie	57
Bijlage C.	Resultaten rivierkundige berekeningen dijkversterking	58
Bijlage D.	Iteraties ontwerp compenserende maatregelen	62
Bijlage E.	Resultaten rivierkundige berekeningen dijkversterking met compensatiemaatregel	63
Bijlage F.	Morfologische berekeningen D-FAST MI	75

1. Inleiding

1.1 Projectbeschrijving

Het klimaat verandert. Dat betekent dat het water in de rivieren in de toekomst steeds vaker erg hoog staat. Alle dijken in Nederland moeten daarom voldoen aan de nieuwe normen voor waterveiligheid. Ook de dijken langs de Maas. We werken hiervoor samen in het landelijke hoogwater beschermingsprogramma (HWBP). Samen met Rijkswaterstaat, provincie Noord-Brabant, gemeenten en bewoners gaat waterschap Aa en Maas aan de slag om de dijk tussen Cuijk en Ravenstein te verbeteren.

Het dijktraject, weergegeven in Figuur 1-1, is circa 21 km lang en bestaat voor een groot deel uit een gronddijk. Halverwege het traject, in de vestingstad Grave, is een kademuur aanwezig als primaire waterkering. Daarnaast zijn ook diverse constructieve objecten in de dijk aanwezig (kunstwerken) zoals onder andere de Keersluis Cuijk en Gemaal van Sasse. De gronddijk, de kademuur en de kunstwerken zijn gezamenlijk onderdeel van het project dijkverbetering Cuijk-Ravenstein. Deze rapportage is onderdeel van de planuitwerking. In de planuitwerking wordt het gekozen voorkeursalternatief uit de verkenningsfase verder uitgewerkt.



Figuur 1-1 Dijktraject Cuijk-Ravenstein

1.2 Doel van dit rapport

Het voorliggende rapport is de Notitie Rivierkundige beoordeling (WP 23.2). Deze notitie beschrijft de rivierkundige consequenties van buitendijks versterken en hoe deze nadelen gecompenseerd worden. Het is een technisch document voor de doelgroep rivierkundig specialisten bij Waterschap Aa en Maas (hierna: WSAM) en Rijkswaterstaat (hierna: RWS).

Het doel van deze effectstudie is het bepalen van de rivierkundige effecten van het vergunningenontwerp (VO) voor de dijkverbetering Cuijk-Ravenstein. In dit document worden twee ontwerpsituaties beschreven, doorgerekend en beoordeeld: de dijkverbeteringen zonder compensatiemaatregel en de dijkverbeteringen met een compensatiemaatregel.

De beoordeling is uitgevoerd volgens het Rivierkundig Beoordelingskader 6.0 [1] en behelst de volgende onderdelen:

- Het bepalen van het effect van de dijkverbetering op de hoogwaterveiligheid door middel van het bepalen van het effect op de rivierwaterstanden.
- Het bepalen van het effect van de dijkverbetering in combinatie met de compensatiemaatregel op de hoogwaterveiligheid door middel van het bepalen van het effect op de rivierwaterstanden.
- Het beschrijven en beoordelen van de hydraulische en morfologische effecten van het ontwerp op diverse aspecten van het Rivierkundig Beoordelingskader 6.0 [1].

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 van dit rapport is de gebruikte werkwijze toegelicht. Hierin zijn de uitgangspunten beschreven voor de analyse en de werkwijze voor het uitvoeren van de rivierkundige berekeningen. In Hoofdstuk 3 is het getoetste ontwerp toegelicht. Dit behelst het ontwerp van de dijkversterkingen en van de compensatiemaatregel. In Hoofdstuk 4 zijn de resultaten van de toetsing aan het Rivierkundig Beoordelingskader beschreven. Hoofdstuk 5 besluit met een conclusie ten aanzien van de toetsing. De referenties waar in dit rapport naar verwezen is zijn te vinden in Hoofdstuk 6.

2. Methode

2.1 Uitgangspunten

2.1.1 Redeneerlijn Buitendijks Versterken

De Redeneerlijn buitendijks versterken van het HWBP [2] is een afspraak tussen het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en de Unie van Waterschappen over hoe te handelen indien binnendijkse maatregelen redelijkerwijs niet mogelijk zijn. De redeneerlijn beschrijft wanneer buitendijkse versterking mogelijk is en welke eisen en uitgangspunten gelden voor het ontwerp van compenserende maatregelen.

In het geval er voor een dijktraject een noodzaak is om buitendijks te versterken, dan is dit onderbouwd in de ontwerpnotitie van het dijkontwerp. Deze zijn opgenomen in de integrale ontwerpnotitie (WSB18).

2.1.2 Rivierkundig Beoordelingskader

Het Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren [1] (hierna: RBK) beschrijft hoe Rijkswaterstaat bij vergunningverlening van voorgenomen ingrepen in de rivier de rivierkundige effecten beoordeelt. Voor de beoordeling van de effecten van de ingrepen in deze notitie geldt het RBK 6.0.

De beoordelingsaspecten die van toepassing zijn voor de Maas zijn gegeven in Tabel 2-1 met een korte beschrijving van de gebruikte methode. De hoogwaterreferentie (HR) voor de bedijkte Maas is een afvoer van 4.100 m^3/s bij Borgharen met een herhalingstijd van 3.000 jaar. Een uitwerking van de beoordelingsaspecten, de opbouw van de simulaties en de presentatie van de modelresultaten zijn verder uitgewerkt in het RBK.

Door RWS-ZN is aangegeven dat voor de studie van sediment en erosie van zowel zomerbed (3.1) en uiterwaard (3.2) ook gerekend moet worden met D-FAST MI.

Tabel 2-1 Rivierkundige beoordelingsaspecten en methoden in de Maas gegroepeerd naar hoogwaterveiligheid (sectie 1), hinder of schade door hydraulische effecten (sectie 2) en morfologische effecten (sectie 3).

	Rivierkundig beoordelingsaspect	Methode
1.1	Hoogwaterreferentie in de as van de rivier: geen waterstandsverhoging	Simulaties D-HYDRO bij HR
1.2	Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier: geen waterstandsverhoging bij de primaire waterkering	Simulaties D-HYDRO bij HR
2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	Simulaties D-HYDRO bij HR
2.2	Stroombeeld in de uiterwaard: verandering in stroomrichting en -snelheid	Simulaties D-HYDRO bij HR
2.3	Stroombeeld in vaarweg: verandering in dwarsstroming bij rand vaarweg	Simulaties D-HYDRO bij een afvoer van 2.500 m^3/s bij Borgharen [1]
2.6	Instroom retentiegebieden Maas [2]	Simulaties D-HYDRO bij diverse afvoeren
3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers)	Expert judgement, aangevuld met berekeningen D-FAST MI
3.2	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen	Expert judgement, met berekeningen D-FAST MI

[1] Dit criterium is relevant tussen het niveau dat de verlaagde uiterwaard meestroomt (hoger dan 2.100 m^3/s), tot de afvoer van 2.300 m^3/s dat de scheepvaart gestremd wordt. Omdat er slechts randvoorwaarden beschikbaar zijn voor een afvoer van 1.700 m^3/s, 2.100 m^3/s, 2.500 m^3/s en 4.100 m^3/s, is de afvoer van 2.500 m^3/s gebruikt voor de beoordeling.

[2] Er hoeft geen rekening gehouden te worden met waterstandsveranderingen bij inlaat Geijsteren. Dit ligt bovenstrooms van Lob van Gennep en heeft daardoor een kleinere waterstandsverandering.

2.1.3 Modellen en software

Door RWS-ZN is besloten voor deze studie gebruik te maken van de nieuwe (zesde) generatie rivierkundige modellen van Rijkswaterstaat in Baseline 6, D-HYDRO en D-FAST MI. Hiermee wordt vooruit gelopen op de oplevering van het RBK 7.0. Het RBK 6.0 beschrijft: “Voor D-HYDRO Suite modellen zullen tot RBK 7.0 dezelfde eisen gelden als voor WAQUA en waar nodig aanpassing van de eisen in overleg met de beheerder.”

Door RWS-ZN is tijdens een overleg op 23-11-2023 gespecificeerd dat de volgende modellen gebruikt kunnen worden voor de in dit rapport beschreven berekeningen:

- baseline-maas-beno22_6-v2;
- dflowfm2d-maas-beno22_6_20m_km144_247-v2a.

De modellen zijn uitgeleverd aan Sweco via de Helpdesk Water. Berekeningen met dit model worden uitgevoerd met D-HYDRO 2023.01 [14].

In het model zijn randvoorwaarden beschikbaar voor de volgende afvoeren:

- Stationaire afvoeren met het gedrag (topvervlakking) van een dynamische afvoergolf middels kunstmatige lateralen, voor de hoogwaterreferenties: 3.200 en 4.100 m^3/s.
- Stationaire afvoeren voor berekeningen waarbij het dynamische karakter niet belangrijk is, zoals morfologie en scheepvaart: 1.300, 1.700, 2.100 en 2.500 m^3/s.

Voor simulaties ten behoeve van het RBK (Tabel 2-1) wordt enkel gebruik gemaakt van de randvoorwaarden 2.500 en 4.100 m^3/s.

Voor het inschatten van het morfologische effect wordt gebruik gemaakt worden van de vuistregels in D-FAST Morphological Impact (MI). Met D-FAST MI wordt op een eenvoudige en consistente manier een eerste inschatting gekregen van erosie en sedimentatie. Omdat de rekenregels gebruik maken van het bereiken van een evenwichtstoestand in het alluviale zomerbed, is de methode net geschikt voor uiterwaarden. Op verzoek van RWS-ZN zijn de resultaten in de uiterwaarden wel gebruikt om indicatief aan te geven waar een risico op sedimentatie of erosie kan ontstaan. De uitgeleverde versie is D-FAST 3.1.1 (september 2024). Documentatie van de methode is opgenomen in Bijlage F.

2.1.4 Meekoppelkansen

In dit project worden verscheidene meekoppelkansen (MKK’s) beschouwd. De volgende meekoppelkansen zijn op het moment van schrijven actueel en hebben mogelijk een effect op de rivierwaterstand:

- MKK 1.1: Halfbastion Blauwkop;
- MKK 13: Verbreding N321;

RWS-ZN heeft aangegeven dat het rivierkundig effect van de meekoppelkansen los beschouwd kan worden van het dijkontwerp. Wanneer het waterstandsverhogende effect van de individuele meekoppelkansen onder de 1 mm blijft, dan hoeven deze niet te worden gecompenseerd.

Dat betekent dat het mogelijke opstuwende effect van de meekoppelkansen niet meegenomen hoeft te worden in het bepalen van de opgave. De meekoppelkansen zijn daarom ook niet opgenomen in het ontwerp zoals dat in dit rapport is doorgerekend. MKK 13, de verbreding van de N321, vormt hierop een uitzondering. In het huidige ontwerp kunnen de verplaatsing als gevolg van de verbreding van de N321 en het effect van de dijkversterking niet los beschouwd worden. Daarom is de verbreding van de N321 wel opgenomen in het getoetste ontwerp. Als gevolg hiervan is de benadering conservatief. Dat wil zeggen dat het waterstandsverhogende effect van de dijkversterking in dit rapport mogelijk overschat wordt.

2.2 Rivierkundige berekeningen

Deze sectie beschrijft hoe de rivierkundige berekeningen zijn opgezet. De berekeningen zijn uitgevoerd volgens de specificatie van het RBK 6.0 (zie paragraaf 2.1.2).

2.2.1 Varianten

Voor het bepalen van het effect van de dijkversterkingen en het ontwerpen van de compensatiemaatregel zijn meerdere varianten doorgerekend. De doorgerekende modelvarianten zijn getoond in Tabel 2-2. Allereerst is een referentiesimulatie doorgerekend, waar de andere varianten mee vergeleken zijn om het effect te bepalen. De wijzigingen tussen het aangeleverde modelreferentie dflowfm2d-maas-beno22_6_20m_km144_247-v2a en de projectreferentie zijn beschreven in paragraaf 2.2.2.

Daarna zijn de effecten van de dijkversterking bepaald door de rivierwaartse verplaatsingen in te brengen van de dijkvakken die buitenwaarts versterkt worden. De methode hiervoor is beschreven in paragraaf 2.2.3.

Tot slot zijn twee varianten doorgerekend met daarin de dijkversterking, in combinatie met een compensatiemaatregel. Dit is in twee stappen gedaan, omdat de eerste variant niet voldoende compensatie opleverde. In de hoofdtekst van deze rapportage zijn enkel de resultaten van variant CuRa_VO_maneerl_a2 gepresenteerd. De resultaten van variant CuRa_VO_maneerl_a1 zijn gepresenteerd in Bijlage D.

Tabel 2-2 Overzicht modelvarianten

Variant	Omschrijving	Maatregelen
CuRa_REF_a2	Projectreferentie	-
CuRa_VO_a4	Dijkversterkingen, geen compensatiemaatregelen	Representatieve verplaatsing buitenkruinlijn in dijkvak 14-17, 19, 23, 27, en 30-38 (ma_curavodv1dv38_a1).
CuRa_VO_maneerl_a1	Dijkversterkingen + compensatiemaatregel uiterwaardverlaging op niveau NAP +8,5 m	Representatieve verplaatsing buitenkruinlijn in dijkvak 14-17, 19, 23, 27, en 30-38 (ma_curavodv1dv38_a1). Compensatiemaatregel uiterwaardverlaging Neerloon op niveau NAP +8,5 m (ma_maneerl_uitwverl_a1).
CuRa_VO_maneerl_a2	Dijkversterkingen + compensatiemaatregel uiterwaardverlaging op niveau NAP +8,4 m	Representatieve verplaatsing buitenkruinlijn in dijkvak 14-17, 19, 23, 27, en 30-38 (ma_curavodv1dv38_a1). Compensatiemaatregel uiterwaardverlaging Neerloon op niveau NAP +8,4 m (ma_maneerl_uitwverl_a2).

2.2.2 Actualisatie referentiemodel

Het RBK 6.0 [1] schrijft voor dat de bandijklijn in het referentiemodel gecorrigeerd dient te worden, wanneer deze niet overeenkomt met de buitenkruinlijn in de referentie van het dijkversterkingsproject. De bandijklijn in de modelreferentie (*dflowfm2d-maas-beno22_6_20m_km144_247-v2a*) komt inderdaad op meerdere trajecten niet genoeg overeen met de buitenkruinlijn in dit project. De locatie van de buitenkruinlijn is opgenomen in de nieuwe projectreferentie (variant *CuRa_REF_a2*). Daarna zijn de rivierwaartse dijkversterkingen uitgedrukt ten opzichte van de projectreferentie.

In de meeste gevallen ligt de projectreferentie rivierwaarts van de modelreferentie. In dat geval is het gebied tussen de beide buitenkruinlijnen hoogwatervrij gemaakt, door een nieuwe hoogwatervrije lijn op te nemen op de plaats van de buitenkruinlijn in de projectreferentie. In een aantal gevallen ligt de projectreferentie beperkt landinwaarts van de modelreferentie. In dat geval is de buitenkruinlijn van de modelreferentie verwijderd en is er een nieuwe hoogwatervrije lijn geplaatst. Het schematiseren van het stuk rivierbed tussen de oude en de nieuwe bandijklijn was niet nodig, omdat dit reeds in het model was opgenomen.

2.2.3 Schematisering rivierwaartse verplaatsing

Voor het schematiseren van de rivierwaartse dijkversterking is de methodiek toegepast zoals beschreven in Bijlage 15 van het RBK 6.0 [1]. Wanneer er sprake is van een rivierwaartse versterking, neemt het doorstroomoppervlak af. Deze afname van doorstroomoppervlak is geschematiseerd door een representatieve verplaatsing van de buitenkruinlijn. Deze bestaat uit de werkelijke verplaatsing van de buitenkruinlijn en een fictieve verplaatsing om de profielvernauwing door taludverflauwing of buitenbermen mee te nemen. In Baseline is vervolgens een nieuwe hoogwatervrije lijn toegevoegd op de locatie van de nieuwe buitenkruinlijn. Baseline bepaalt daarmee welke cellen hoogwatervrij worden en daardoor niet worden meegenomen in de berekening.

Het verschilt per dijkvak hoe groot het deel van het dijkvak is waarover een rivierwaartse verplaatsing plaatsvindt. Deze differentiëring is deels meegenomen in de berekeningen. Hiervoor zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Indien het hele dijkvak een rivierwaartse verplaatsing heeft, dan is het dwarsprofiel met de grootste rivierwaartse verplaatsing aangehouden als maatgevend. Deze verplaatsing is toegepast op het gehele dijkvak.
- Indien slechts een deel van het dijkvak een rivierwaartse verplaatsing heeft, dan wordt enkel in dat deel de maatgevende rivierwaartse verplaatsing toegepast.
- Bij overgangen tussen delen van de dijk met verschillende rivierwaartse verplaatsing, is een overgang ingetekend onder een hoek van ongeveer 60˚. Op deze manier sluit de schematisatie beter aan bij het ontwerp, zonder dat het ontwerp gedetailleerd ingebracht hoeft te worden. Deze overgang ligt altijd langs het deel van de dijk met de mindere rivierwaartse verplaatsing. Figuur 2-1 geeft een voorbeeld van een dergelijke overgang.



Figuur 2-1 Voorbeeld van een overgang van een deel van een dijkvak zonder rivierwaartse verplaatsing naar een deel met rivierwaartse verplaatsing (rechts) en een overgang tussen twee dijkvakken met een verschillende rivierwaartse verplaatsing (links)

2.2.4 Schematisering compensatiemaatregel

De compensatiemaatregel Neerloon is een uiterwaardverlaging (zie paragraaf 3.3). De uiterwaardverlaging is ingebracht in het model door de bodemhoogte binnen een polygoon aan te passen naar een vaste hoogte. De hoogtepunten, overlaten en overige hoogte-informatie uit het referentiemodel zijn verwijderd binnen dit vlak. Omdat het landgebruik niet verandert in het ontwerp ten opzichte van de huidige situatie, zijn er geen aanpassingen gedaan aan de ruwheid. De specifieke aanpak voor de compensatiemaatregel is verder toegelicht in paragraaf 3.3.

3. Ontwerp

Het ontwerp van dijkvakken met een rivierkundige verplaatsing, de rotonde van de N321 en de compensatiemaatregel Neerloon zijn getoetst op de rivierkundige effecten. Overige ontwerpaspecten zijn voor de rivierkundige toetsing niet onderscheidend en zijn daarom niet opgenomen in deze rapportage.

3.1 Dijkontwerp

Er zijn zestien dijkvakken met een rivierwaartse verplaatsing van de kruinlijn in het VO en dus mogelijk een waterstandseffect veroorzaken. De methode voor het berekenen van de rivierwaartse verplaatsing is toegelicht in paragraaf 2.2.3. De berekening van de representatieve verplaatsing en het traject waarover dit wordt toegepast zijn opgenomen in Bijlage A. Tabel 3-1 geeft een samenvatting van het resultaat van de berekeningen van de representatieve rivierwaartse verplaatsing.

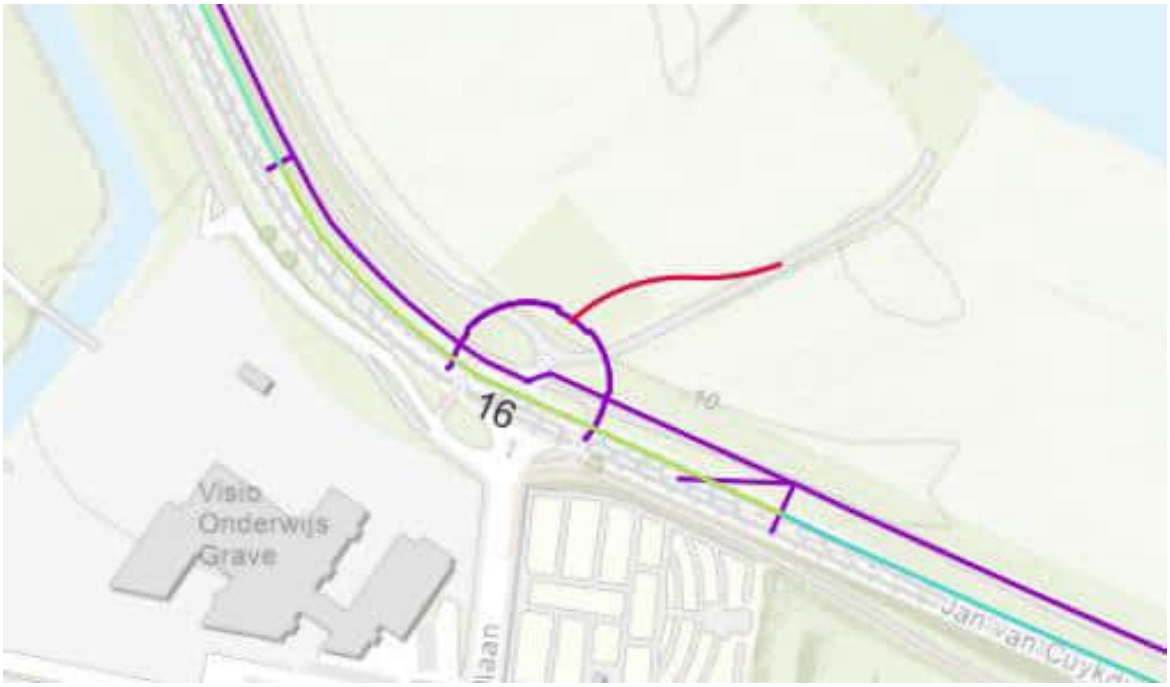
Tabel 3-1 Representatieve verplaatsing van de buitenkruinlijn. De onderbouwing is gegeven in Bijlage A.

Dijkvak	Toelichting	Deel van het dijkvak	Rivierwaartse verplaatsing (m)
14		Vanaf A250,5	6,17
15	N321	Gehele dijkvak	10,27
16	N321	Ten oosten van de rotonde	9,95
16	N321	Rotonde	Maatwerk
16	N321	Ten westen van de rotonde	4,94
17	N321	Gehele dijkvak	4,94
19	Kademuur Grave	Gehele dijkvak	1,00
23	Koninginnedijk	Gehele dijkvak	1,40
27		Van A294 tot A299	2,08
30		Van 312,5 tot A319	4,75
31		Van A322,5 tot A326	4,58
32		Vanaf A336	4,96
33		Gehele dijkvak	7,45
34		Gehele dijkvak	8,19
35		Tot A359,5	4,78
36		Gehele dijkvak	5,39
37		Gehele dijkvak	13,20
38		Voor brug	12,23
38		Onder brug	6,03
38		Benedenstrooms van brug	5,00

3.2 Rotonde N321

In het ontwerp van de N321 (dijkvak 15-17) is in dijkvak 16 een rotonde opgenomen. Deze rotonde ligt voor een deel buitendijks. Dit is meegenomen in het ontwerp dat is doorgerekend. Het ontwerp voor de rotonde bestaat uit een rotonde en een oprijweg vanaf de uiterwaard naar de rotonde. Deze zijn als volgt geschematiseerd in het hoogtemodel (zie Figuur 3-1):

- De rotonde zelf is opgenomen als een hoogwatervrije lijn. De hoogwatervrije lijn is geplaatst waar het talud van de rotonde begint.
- Er gaat daarnaast een oprijweg van de uiterwaarde de rotonde op. Deze oprijweg is opgenomen als een overlaat. De overlaat neemt toe in hoogte vanaf de uiterwaarde tot de rotonde. In de uiterwaarde is deze NAP +10,5 m (gelijk aan de maaiveldhoogte van de uiterwaard op die locatie) en bij de rotonde is deze NAP+13,16 m (gelijk aan de hoogte van de dijk ter hoogte van de rotonde).



Figuur 3-1 Schematisering van de rotonde in de N321 (paars, hoogwatervrije lijn) met de oprijweg (rood, overlaat met een hoogte van NAP +10,5 m in de uiterwaard tot NAP +13,16 m bij de rotonde)

3.3 Compensatiemaatregel Neerloon

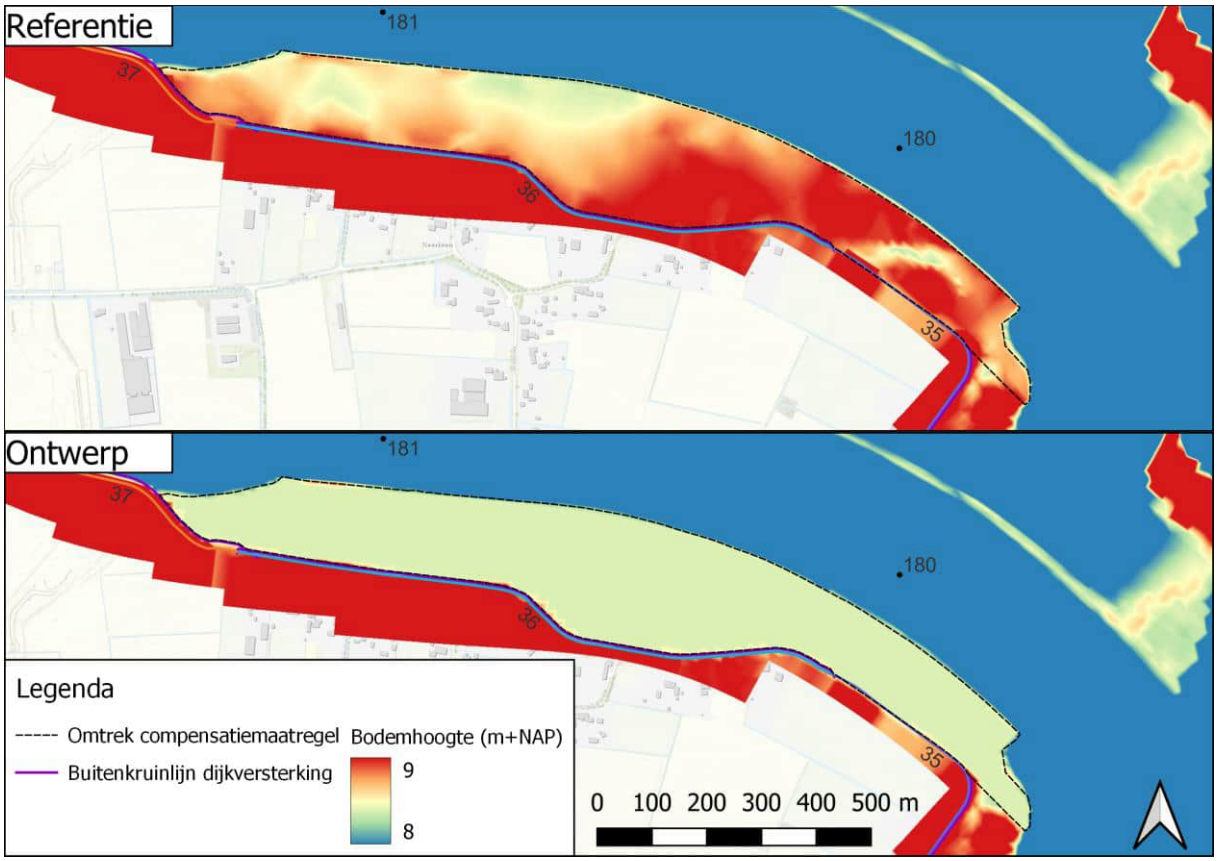
Het ontwerp van de compensatiemaatregel Neerloon is toegelicht in het ontwerprapport Uiterwaardverlaging Neerloon [13]. De compensatiemaatregel is een verlaging van de uiterwaarden langs dijkvak 35, 36 en 37.

Er zijn modelberekeningen voor drie varianten uitgevoerd voor het bepalen van het ontwerp van de compensatiemaatregel:

- Variant met enkel de rivierwaartse verplaatsing als gevolg van de dijkversterkingen (en de rotonde N321): de berekeningsresultaten zijn gebruikt om de benodigde compensatie te bepalen. De resultaten van deze berekening zijn opgenomen in Bijlage C. Het effect op de waterstand in de as van de rivier is beschreven in paragraaf 4.1.1.
- Variant met de rivierwaartse verplaatsing als gevolg van de dijkversterkingen (en de rotonde N321) en een uiterwaardverlaging met een niveau van NAP +8,5 m: Optimalisatie van het ontwerp van de uiterwaardverlaging. De compensatiemaatregel met een niveau van NAP +8,5 m blijkt niet effectief genoeg om het volledige waterstandsverhogende effect van de dijkversterkingen te compenseren. De resultaten van deze berekening zijn opgenomen in Bijlage D.

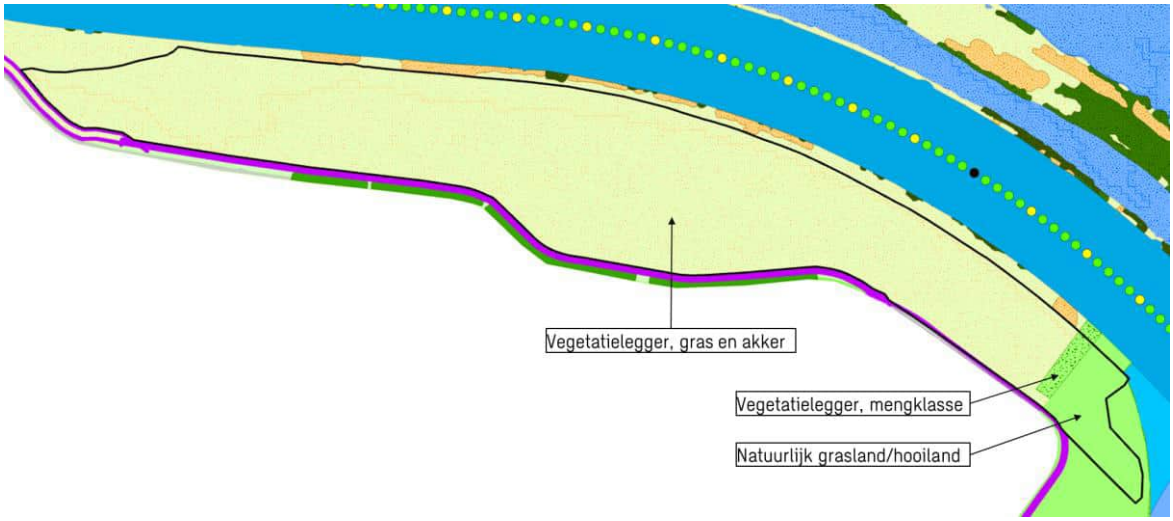
- Variant met de rivierwaartse verplaatsing als gevolg van de dijkversterkingen (en de rotonde N321) en een uiterwaardverlaging met een niveau van NAP +8,4 m: Optimalisatie van het ontwerp van de uiterwaardverlaging. De compensatiemaatregel met een niveau van NAP +8,4 m blijkt wel effectief genoeg om het volledige waterstandsverhogende effect van de dijkversterkingen te compenseren. De resultaten van deze berekening zijn opgenomen in Bijlage E. De toetsing aan het RBK 6.0 in hoofdstuk 4 is uitgevoerd op basis van de berekeningsresultaten van deze variant.

De uiterwaardverlaging is ingebracht in het model door de bodemhoogte binnen een polygoon aan te passen naar een hoogte van NAP +8,4 m. De hoogtepunten, overlaten en overige hoogte-informatie uit het referentiemodel zijn verwijderd binnen dit vlak. Figuur 3-2 toont de omtrek van de Baselinemaatregel en de bodemhoogte ter plaatse van de compensatiemaatregel in de referentiesituatie en in het ontwerp. Gemiddeld is de uiterwaardverlaging circa 0,4 m.



Figuur 3-2 Schematisering van de bodemhoogte bij Neerloon in projectreferentie (CuRa_REF_a2) en in de compensatiemaatregel (CuRa_VO_maneerl_a2).

In het ontwerp wordt, na het afgraven van de uiterwaarden, hetzelfde landgebruik teruggebracht. Er zijn daarom geen wijzigingen doorgevoerd met betrekking tot de landgebruik- en ruwheidswaarden. Figuur 3-3 toont de ruwheidsklasses in de uiterwaarden.



Figuur 3-3 Ruwheidsklasses in de uiterwaarden van de projectreferentie (CuRa_REF_a2) in de uiterwaarden bij Neerloon. De omtrek van de compensatiemaatregel (CuRa_VO_maneerl_a2) is weergegeven met een zwarte lijn.

4. Resultaten

Dit hoofdstuk beschrijft de modelresultaten en de beoordeling hiervan op de criteria van het RBK. In iedere deelparagraaf wordt een beoordelingscriteria van het RBK behandeld. Iedere deelparagraaf sluit af met een conclusie, deze conclusies worden samengevat in hoofdstuk 5.

4.1 Hoogwaterveiligheid

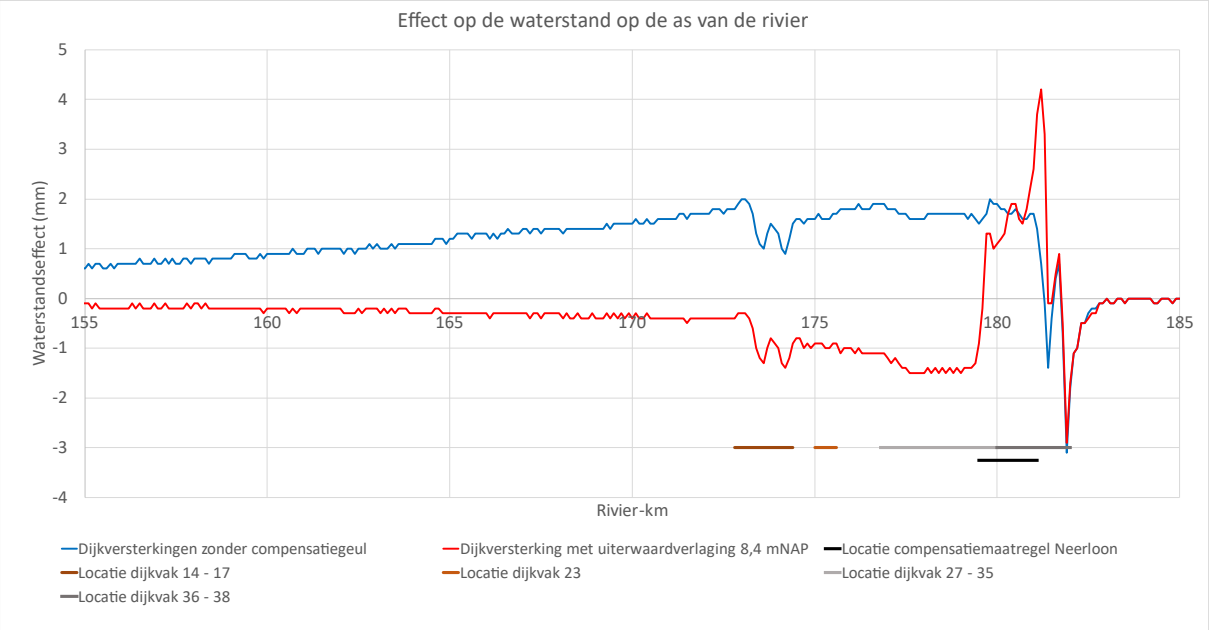
Het effect van het ontwerp op de hoogwaterveiligheid is getoetst op basis van twee criteria:

- 1.1 de hoogwaterreferentie in de as van de rivier;
- 1.2 de hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier.

4.1.1 Hoogwaterreferentie in de as van de rivier (1.1)

Bij de beoordeling van dit criterium wordt de het relatieve effect van de ingreep op de waterstand in de as van de rivier bepaald. De voorwaarde bij de beoordeling is dat de ingreep niet mag leiden tot een verhoging van de waterstanden in de hoogwaterreferentie. De hoogwaterreferentie is de afvoer van 4.100 m^3/s bij Borgharen.

Figuur 4-1 toont de waterstandseffecten op de as van de rivier bij de hoogwaterreferentie voor zowel de variant met de dijkversterkingen als de variant met de dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (op een niveau van NAP +8,4 m) vergeleken met het referentiescenario.



Figuur 4-1 Effect op de waterstand op de as van de rivier van de dijkversterkingen zonder compensatiemaatregel (CuRa_VO_a4) en met compensatiemaatregel (CuRa_VO_maneerl_a2) ten opzichte van de projectreferentie (CuRa_REF_a2) bij de hoogwaterreferentie (4.100 m^3/s). Positieve verschillen betekenen een waterstandsverhoging (opstuwing), negatieve verschillen betekenen een waterstandsverlaging.

Dijkversterkingen zonder compensatiemaatregel

De dijkversterking leidt tot een maximale opstuwing van +2,0 mm in de as van de rivier, ter hoogte van zowel rivierkilometer (rivier-km) 173 (dijkvak 15) als 180 (dijkvak 36). Bij dijkvak 37 treedt er lokaal een maximale waterstandsverlaging op van -1,4 mm, een benedenstroomse piek. Deze waterstandsverlaging is lokaal en draagt daarom niet bij aan het compenseren van het waterstandsverhogende effect van de dijkversterking.

In het RBK6.0 is voorgeschreven dat een berekende waterstandsverhoging in de as van de rivier van maximaal +1 mm wordt geaccepteerd. In het geval van dijkversterkingen zonder compensatiemaatregel wordt deze maximaal toelaatbare waterstandsverhoging overschreden over een traject van 20,4 km (rivier-km 160,7 – 181,1).

Conclusie: De dijkversterkingsmaatregelen leveren een waterstandsverhoging op in de as van de rivier. Deze dient gecompenseerd te worden. De situatie zonder compensatiemaatregel is in de basis niet vergunbaar. Daarom is in alle volgende resultaten enkel de situatie met zowel dijkversterkingen als compensatiemaatregel getoetst. De effecten van enkel de dijkversterking zijn wel opgenomen in Bijlage C.

Dijkversterkingen met compensatiemaatregel
De compensatiemaatregel heeft een waterstandsverlagend effect. Dit effect compenseert de waterstandsverhoging door de dijkversterkingen volledig. De maximale waterstandsverlaging ontstaat direct bovenstrooms van de compensatiemaatregel en is bij de hoogwaterreferentie +1,5 mm. De afstand waarover een waterstandsverlaging van meer dan -1 mm wordt gerealiseerd is 3,7 km (rivier-km 175,7-179,4).

Er ontstaat benedenstrooms van de waterstandsverlaging een lokale waterstandsverhoging, de zogenaamde benedenstroomse piek. Dit is een verwacht effect bij een waterstandsverlagende ingreep. Deze benedenstroomse piek is maximaal +4,2 mm direct benedenstrooms van de compensatiemaatregel (rivier-km 181,2). Het traject waarover een opstuwing van meer dan +1 mm optreedt is 1,6 km (rivier-km 179,7-181,3).

De benedenstroomse piek is een effect dat in bijna alle gevallen van een waterstandsverlagende ingreep ontstaat. Het RBK6.0 schrijft daarom voor dat het bevoegd gezag in kan stemmen met een benedenstroomse piek van meer dan 1 mm wanneer er sprake is van een ruime netto waterstandsverlaging. De oppervlakte van de verlaging moet in dat geval veel groter zijn dan de oppervlakte van de verhoging. Met de oppervlakte wordt de oppervlakte onder de grafiek bedoeld, dus de optelsom van de waterstandsverlaging bij iedere rivierkilometer. De oppervlakte van de waterstandsverlaging is in dit geval drie keer zo groot als de oppervlakte van de waterstandsverhoging. Naar verwachting wordt de benedenstroomse piek daarom geaccepteerd.

Conclusie: de compensatiemaatregel compenseert de waterstandsverhoging door de dijkversterkingen ruimschoots. Er treedt een benedenstroomse piek op, maar de totale waterstandsverlaging is drie keer zo groot als de waterstandsverhoging.

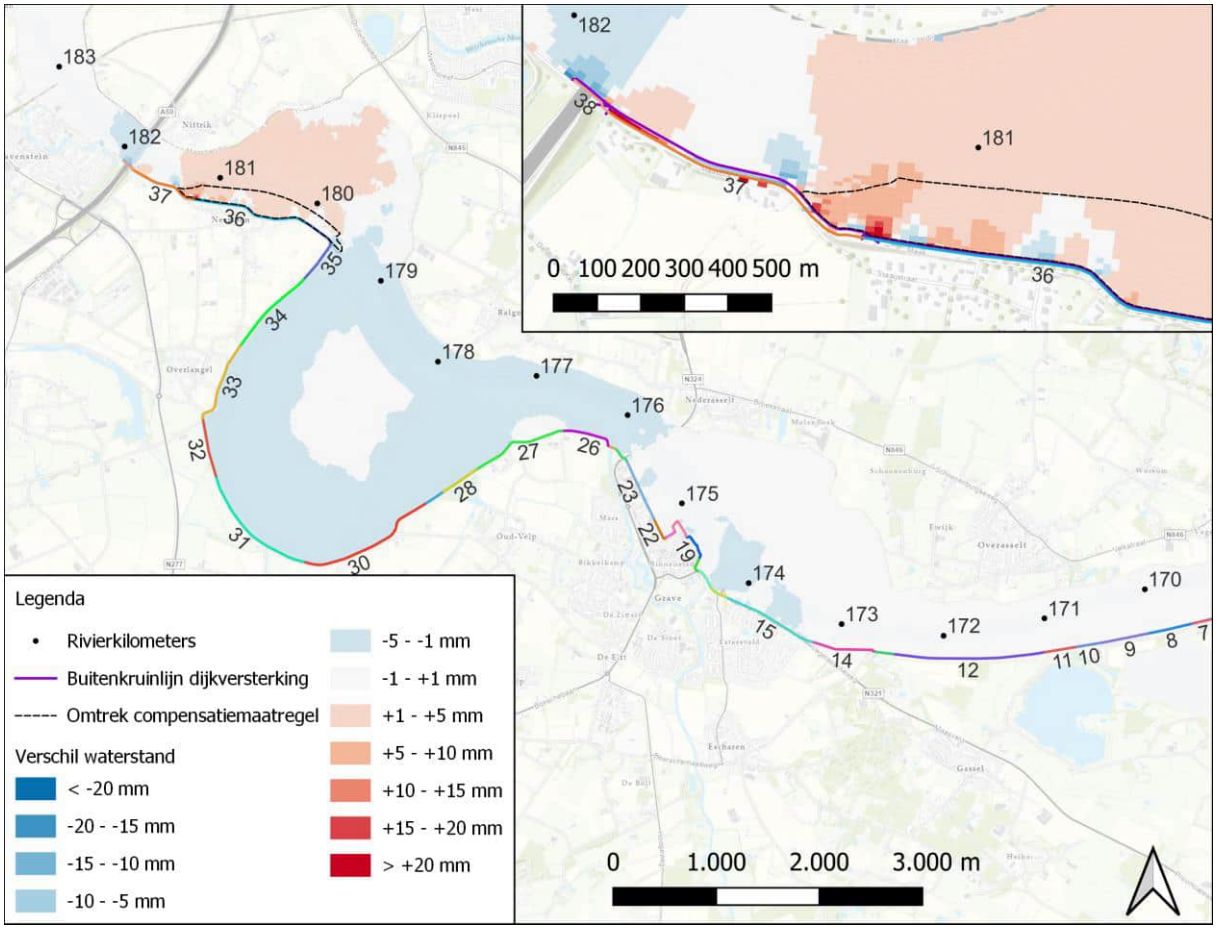
4.1.2 Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier (1.2)

Om dit criterium te beoordelen, is gebruik gemaakt van de berekeningsresultaten voor de hoogwaterreferentie (4.100 m^3/s bij Borgharen).

Figuur 4-2 toont het verschil in de waterstand tussen de variant met de dijkversterkingen en compensatiemaatregelen ten opzichte van de projectreferentie. De ingrepen beïnvloeden de waterstand bij de hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier op de volgende wijze:

- Er treedt een waterstandsverlaging op bovenstrooms van de compensatiemaatregel, over de gehele breedte van het doorstroomprofiel. Het effect is meer dan 1 mm tot bovenstrooms van rivier-km 176. Het waterstandsverlagende effect van de compensatiemaatregel heft het waterstandsverhogende effect van de dijkversterkingen volledig op.
- Lokaal treden er kleine waterstandsverhogingen en -verlagingen op langs de dijk bij dijkvak 36 en 37. De maximale waterstandsverhoging is 30 mm.
- Er treedt een verhoging van de waterstand op in het traject van de compensatiemaatregel. Dit wordt veroorzaakt door de dijkversterking benedenstrooms van de compensatiemaatregel en lokaal versterkt door de benedenstroomse piek. De waterstandsverhoging reikt tot aan de overkant van de rivier, de waterstandsverhoging aan de kering aan de noordzijde is maximaal 4 mm.

Conclusie: De waterstandseffecten buiten de as van de rivier zijn minimaal. Of de kleine waterstandseffecten acceptabel zijn, is ter beoordeling van de rivierbeheerder.



Figuur 4-2 Verschil in waterstand tussen de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (CuRa_VO_maneerl_a2) en de projectreferentie (CuRa_REF_a2) bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen.

4.2 Hinder of schade door hydraulische effecten

De mogelijke hinder of schade door hydraulische effecten van het ontwerp is getoetst op basis van vier criteria:

- 2.1 de inundatiefrequentie van de uiterwaard;
- 2.2 het stroombeeld in de uiterwaard;
- 2.3 het stroombeeld in de vaarweg;
- 2.6 de instroom van de retentiegebieden van de Maas.

4.2.1 Inundatiefrequentie van de uiterwaard (2.1)

De waterstandseffecten die ontstaan door de dijkversterkingen en de compensatiemaatregel zijn dusdanig klein dat de inundatiefrequentie en het gebruik niet noemenswaardig worden beïnvloed voor uiterwaarden die niet verlaagd worden. Er is enkel een lokaal effect op de inundatiefrequentie van de uiterwaarden ter plaatse van de compensatiemaatregel, waar de uiterwaard verlaagd wordt.

De inundatiefrequentie van de uiterwaard ter plaatse van de compensatiemaatregel is geanalyseerd op basis van de betrekkingslijnen van de Maas [2] (Tabel 4-1 en Tabel 4-2). In de huidige situatie varieert de bodemhoogte op deze locatie in de uiterwaard tussen NAP +8,4 m en NAP +9,2 m (Figuur 3-2). De gemiddelde bodemhoogte is ongeveer NAP +8,8 m. De compensatiemaatregel ligt ter hoogte van rivier-km 180-181. Uit de betrekkingslijnen (Tabel 4-2) volgt dat de uiterwaard meestroomt vanaf een afvoer van gemiddeld 2.400 m^3/s, met een herhalingstijd van veertien jaar[3].

In de ontwerpsituatie is de uiterwaard verlaagd naar een constant niveau van NAP +8,4 m (Figuur 3-2). Dat betekent dat de uiterwaard inundeert bij een afvoer van ongeveer 2.200 m^3/s, met een herhalingstijd van ongeveer tien jaar. De inundatiefrequentie van het deel van de uiterwaarden dat in de huidige situatie hoger ligt dan NAP +8,4 m, neemt iets toe. De invloed op de inundatiefrequentie is echter zeer beperkt, omdat het om een verlaging van enkele decimeters gaat. De verandering in de gemiddelde inundatiefrequentie is van veertien jaar naar tien jaar.

De huidige akkerbouw op de locatie van de compensatiemaatregel wordt behouden. Ingeschat wordt dat de consequenties van de hogere inundatiefrequentie geen effect hebben op deze gebruiksfunctie. Als huidige gebruikers ook in de toekomst de uiterwaard weer gaan gebruiken, moeten deze geïnformeerd worden over deze mogelijke nadelige gevolgen.

Conclusie: Er is enkel een lokaal effect van de ingrepen op de inundatiefrequentie. De gemiddelde inundatiefrequentie van de uiterwaarden waar de compensatiemaatregel ligt is nu ongeveer veertien jaar en neemt toe tot ongeveer tien jaar. Dit heeft naar verwachting geen effect op de gebruiksfunctie.

Tabel 4-1 Betrekkingslijnen Maas 2023-2024 voor afvoeren tot 1.700 m^3/s bij Borgharen voor rivier-km 179-182.

Parameter	**Betrekkingslijnen Maas 2023-2024**						
Afvoer St. Pieter [m^3/s]	80	155	280	530	1030	1280	1500
Afvoer Borgharen [m^3/s]	50	125	250	500	1000	1250	1470
Overschrijdingsfrequentie [dagen / jaar]	267	185	107	46	9	4	2
Rivier-km	Waterstand [m+NAP]						
179	4,92	4,96	5,06	5,39	6,18	6,44	6,94
180	4,92	4,96	5,05	5,37	6,13	6,39	6,89
181	4,91	4,96	5,05	5,35	6,1	6,35	6,85
182	4,91	4,95	5,03	5,3	5,97	6,2	6,69

[3] De hoogste delen van de uiterwaarde in de huidige situatie (hoogte 9,2 m+NAP) inunderen bij een afvoer van ongeveer 2.700 m^3/s, met een herhalingstijd van ongeveer 28 jaar. De laagste delen van de uiterwaarde in de huidige situatie (hoogte 8,4 m+NAP) inunderen bij een afvoer van ongeveer 2.200 m^3/s, met een herhalingstijd van ongeveer 10 jaar.

Tabel 4-2 Betrekkingslijnen Maas 2023-2024 voor afvoeren vanaf 1.700 m^3/s bij Borgharen voor rivier-km 179-182.

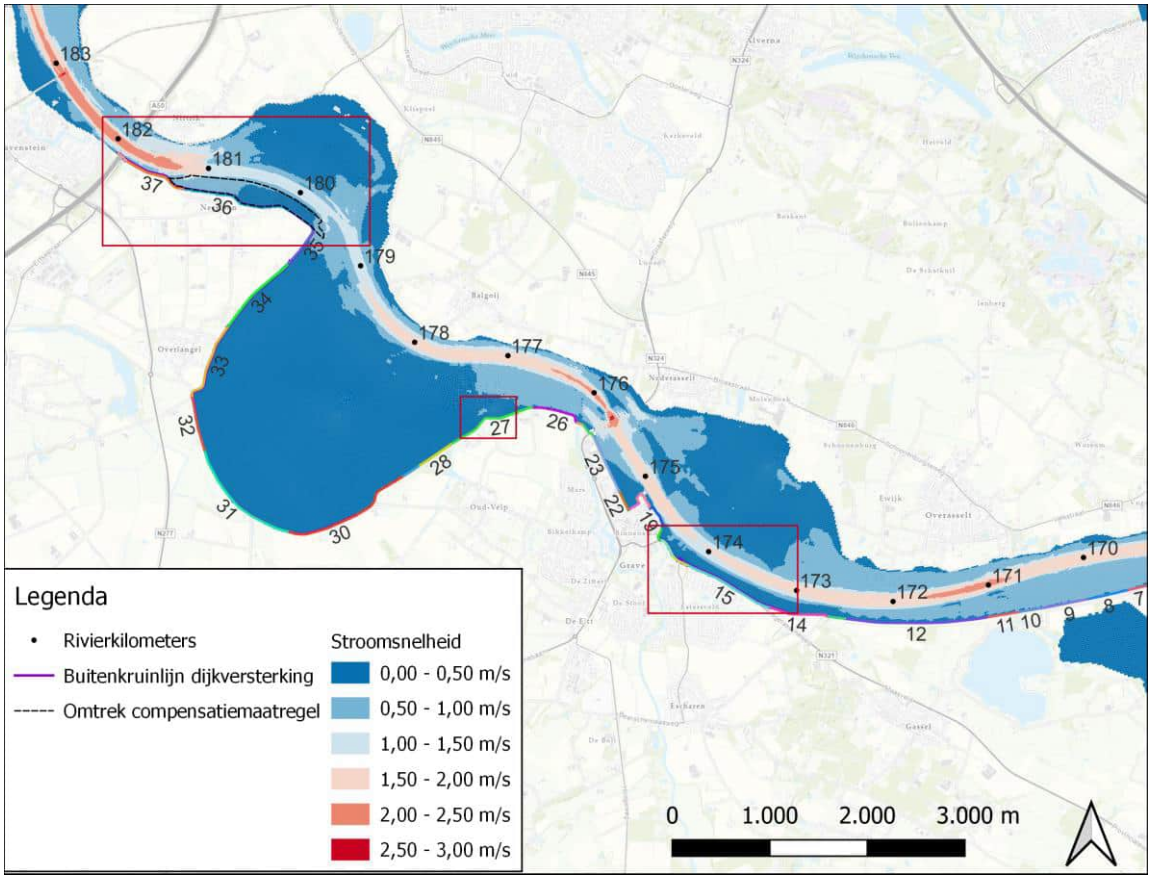
Parameter	Betrekkingslijnen Maas 2023-2024							
Afvoer St. Pieter [m^3/s]	1722	2113	2512	2813	3211	3608	4101	4511
Afvoer Borgharen [m^3/s]	1700	2100	2500	2800	3200	3600	4100	4500
Herhalingstijd topafvoer [jaren]	3	7	17	33	95	340	2800	16000
Rivier-km	Waterstand [m+NAP]							
179	7,45	8,31	9,06	9,54	10,13	10,61	11,02	11,23
180	7,39	8,23	8,99	9,47	10,05	10,53	10,94	11,14
181	7,34	8,18	8,95	9,42	9,98	10,45	10,86	11,06
182	7,19	8,02	8,75	9,2	9,72	10,17	10,57	10,77

4.2.2 Stroombeeld in de uiterwaard (2.2)

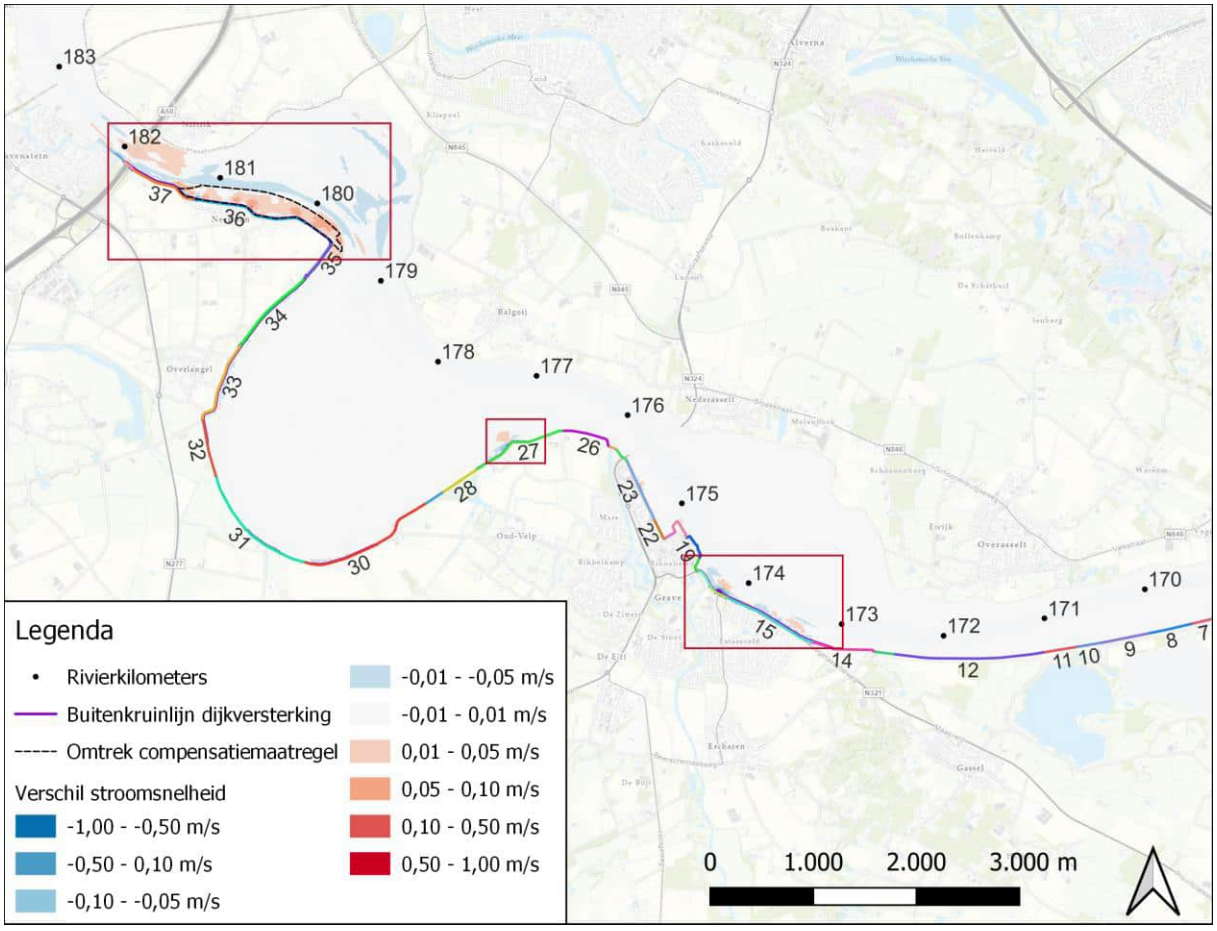
Om dit criterium te beoordelen, is gebruik gemaakt van de berekeningsresultaten voor de hoogwaterreferentie (4.100 m^3/s bij Borgharen). Dit wordt voorgeschreven door het RBK omdat in dit afvoerscenario naar verwachting de grootste stroomsnelheden optreden.

Figuur 4-3 toont de stroomsnelheid en Figuur 4-4 de stroomsnelheidsverandering tussen de situatie met de dijkversterkingen en de compensatiemaatregel en de projectreferentie. Hierin is te zien dat er op de meeste locaties geen significante stroomsnelheidsverandering optreedt. Figuur 4-5 en Figuur 4-6 tonen dezelfde figuren voor details op drie locaties. Deze veranderingen zijn als volgt:

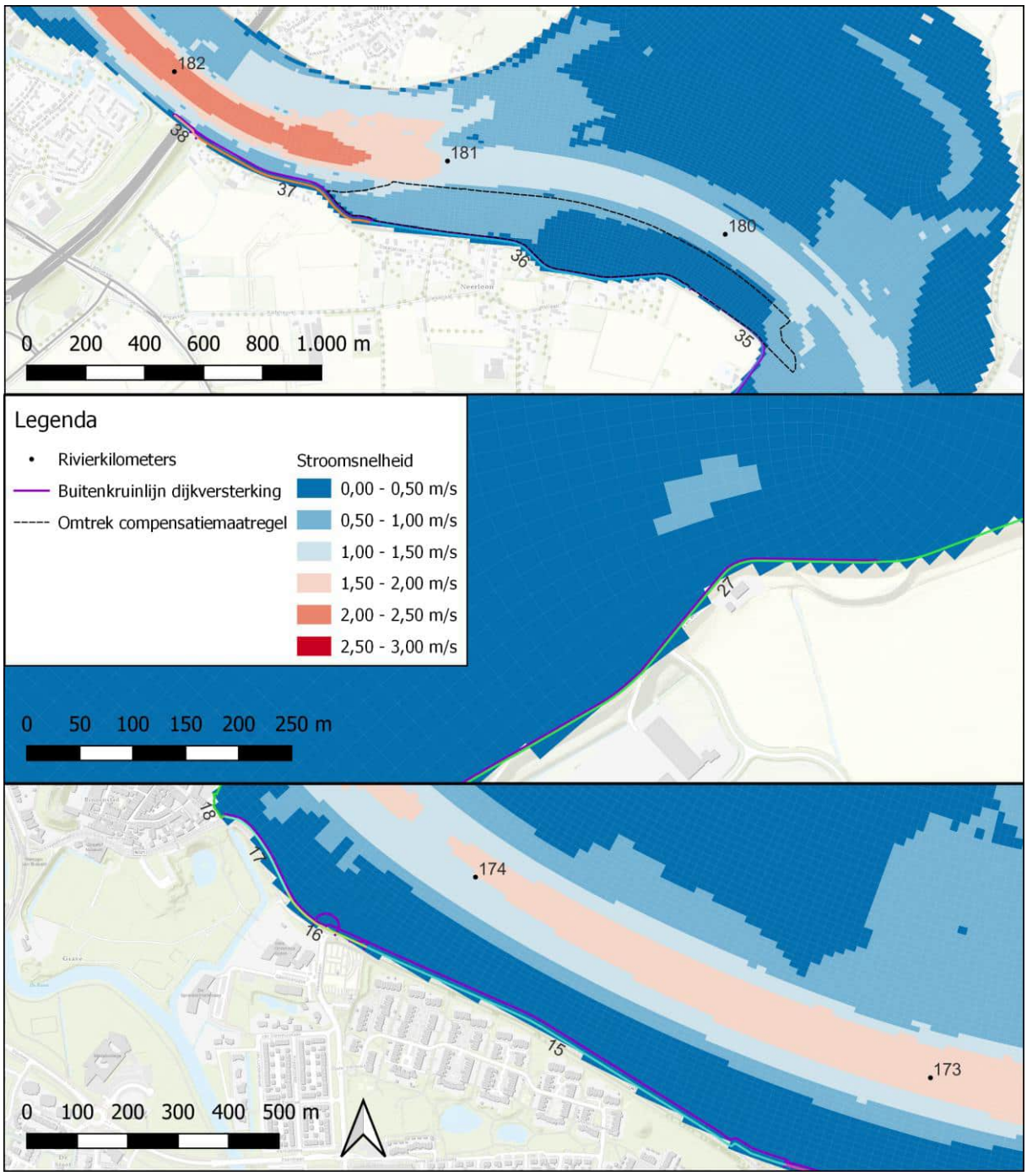
- De compensatiemaatregel onttrekt afvoer uit de hoofdgeul. Hierdoor neemt de stroomsnelheid in het zomerbed naast de verlaagde uiterwaarden iets af met maximaal -0,05 m/s. De stroomsnelheid in de uiterwaarden neemt toe met maximaal +0,12 m/s. Gemiddeld is de toename in de uiterwaard +0,05 m/s. De stroomsnelheid in de uiterwaarden is in de ontwerpsituatie gemiddeld ongeveer 0,60 m/s en maximaal 1,20 m/s (Figuur 4-5).
- Aan het benedenstroomse uiteinde van de verlaagde uiterwaard stroomt het water door een flessenhals (ter hoogte van dijkvak 38). Hier neemt de stroomsnelheid in de hoofdgeul en over de uiterwaarden aan de noordzijde iets toe (maximaal +0,02 m/s). De stroomsnelheid is hier in de ontwerpsituatie maximaal 2,25 m/s. De toename is dus erg klein ten opzichte van de absolute stroomsnelheid.
- Bij de instroom van de Meander Keent zit een uitstulping in dijkvak 27. Door de rivierwaartse dijkversterking komt deze uitstulping verder de rivier in te liggen waardoor lokaal de stroomsnelheden worden beïnvloed tussen maximaal -0,27 en +0,04 m/s.
- Op de locatie van de rotonde van de N321 treedt een snelheidsverlaging op van maximaal -0,20 m/s, doordat de stroming hier geremd wordt door de rotonde en de oprijweg.



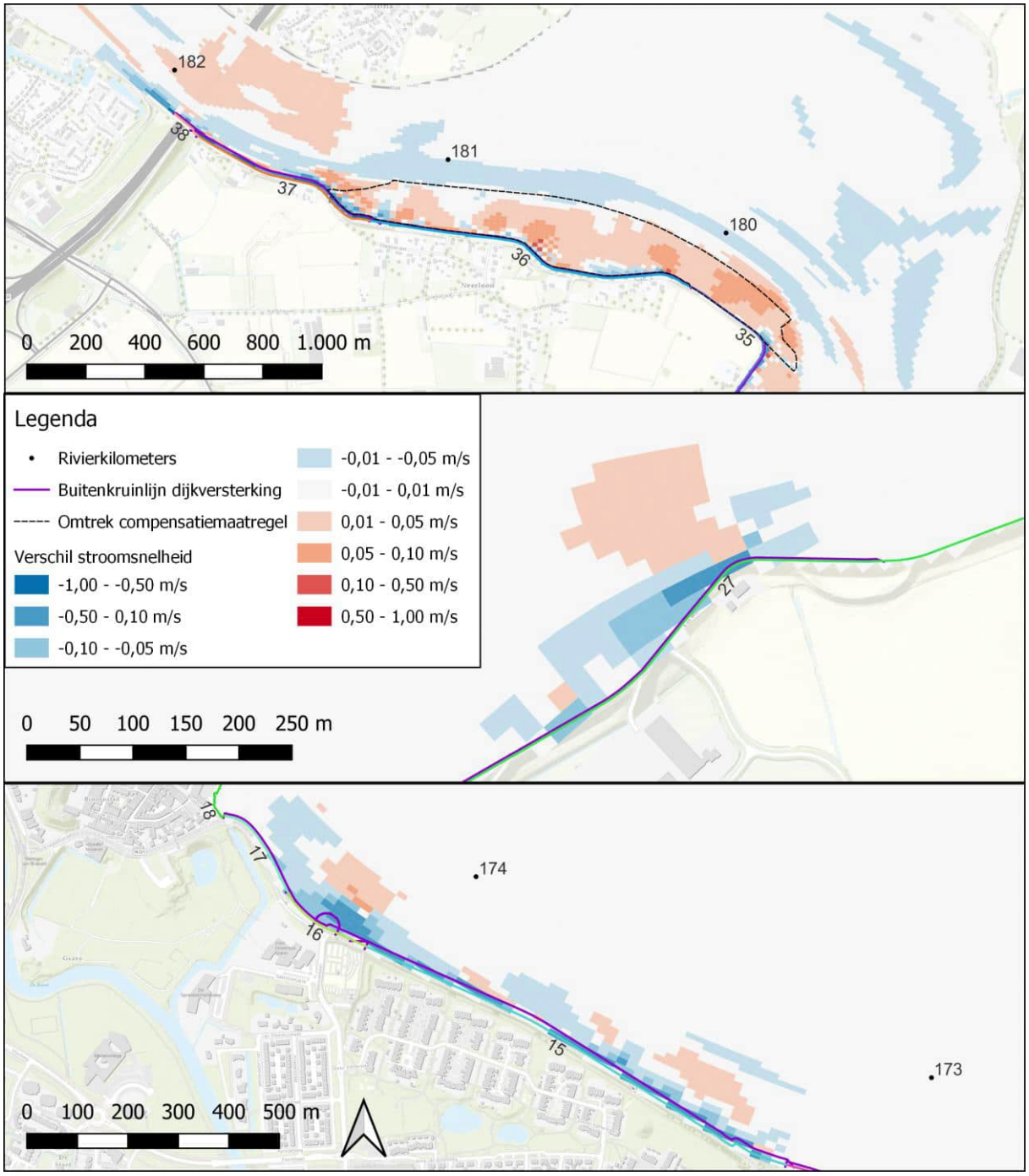
Figuur 4-3 Stroomsnelheid voor de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (CuRa_VO_maneerl_a2) bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen. Eenzelfde figuur van de projectreferentie is opgenomen in Bijlage B (Figuur 6-51). Figuur 4-5 toont ingezoomde kaarten van de locaties die zijn aangeduid met een rood kader.



Figuur 4-4 Verschil in stroomsnelheid tussen de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (CuRa_VO_maneerl_a2) en de projectreferentie (CuRa_REF_a2) bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen. Figuur 4-6 toont ingezoomde kaarten van de locaties die zijn aangeduid met een rood kader.

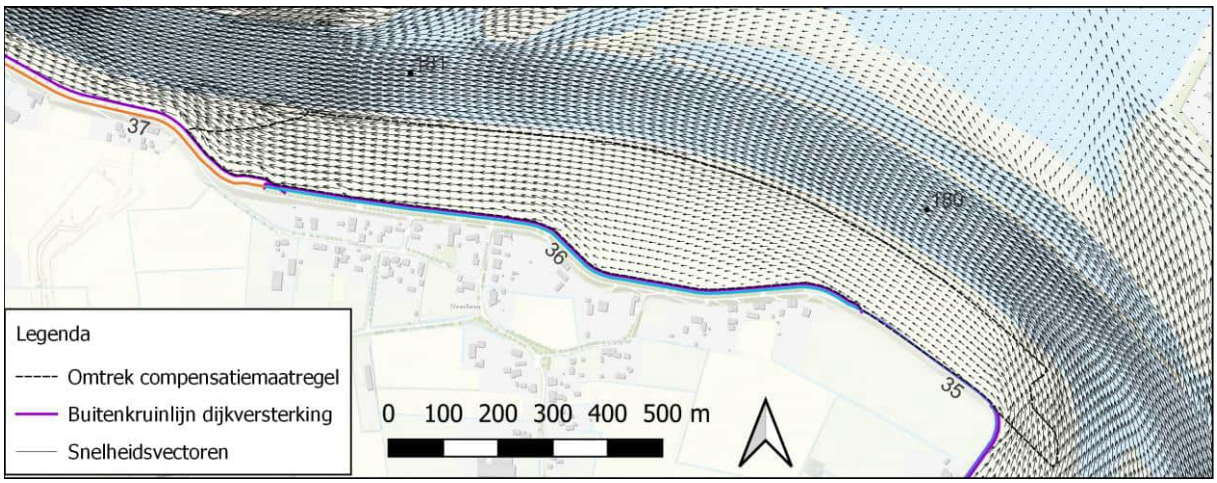


Figuur 4-5 Stroomsnelheid voor de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (CuRa_VO_maneerl_a2) bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen op drie locaties waar stroomsnelheidsverschillen optreden ten opzichte van de projectreferentie (zie Figuur 4-4). De locaties zijn aangeduid in Figuur 4-3.



Figuur 4-6 Verschil in stroomsnelheid tussen de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (CuRa_VO_maneerl_a2) en de projectreferentie (CuRa_REF_a2) bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen op drie locaties waar snelheidsveranderingen optreden. De locaties zijn aangeduid in Figuur 4-4.

Figuur 4-7 toont stroomsnelheidsvectoren bij de situatie met de dijkversterkingen en de compensatiemaatregel. De stroomsnelheidsvectoren geven de richting van de stroming weer. De richting van de stroming wordt niet significant aangepast, doordat de uiterwaard in zijn geheel verlaagd wordt en de stroming niet wordt geconcentreerd in een geul.



Figuur 4-7 Stroomsnelheidsvectoren voor de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (CuRa_VO_maneerl_a2) bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen.

Conclusie: Er is een klein effect op de stroomsnelheid in en naast de uiterwaarden waar de compensatiemaatregel ligt. De verschillen in stroomsnelheid en stroomrichting zijn echter minimaal.

4.2.3 Stroombeeld in de vaarweg (2.3)

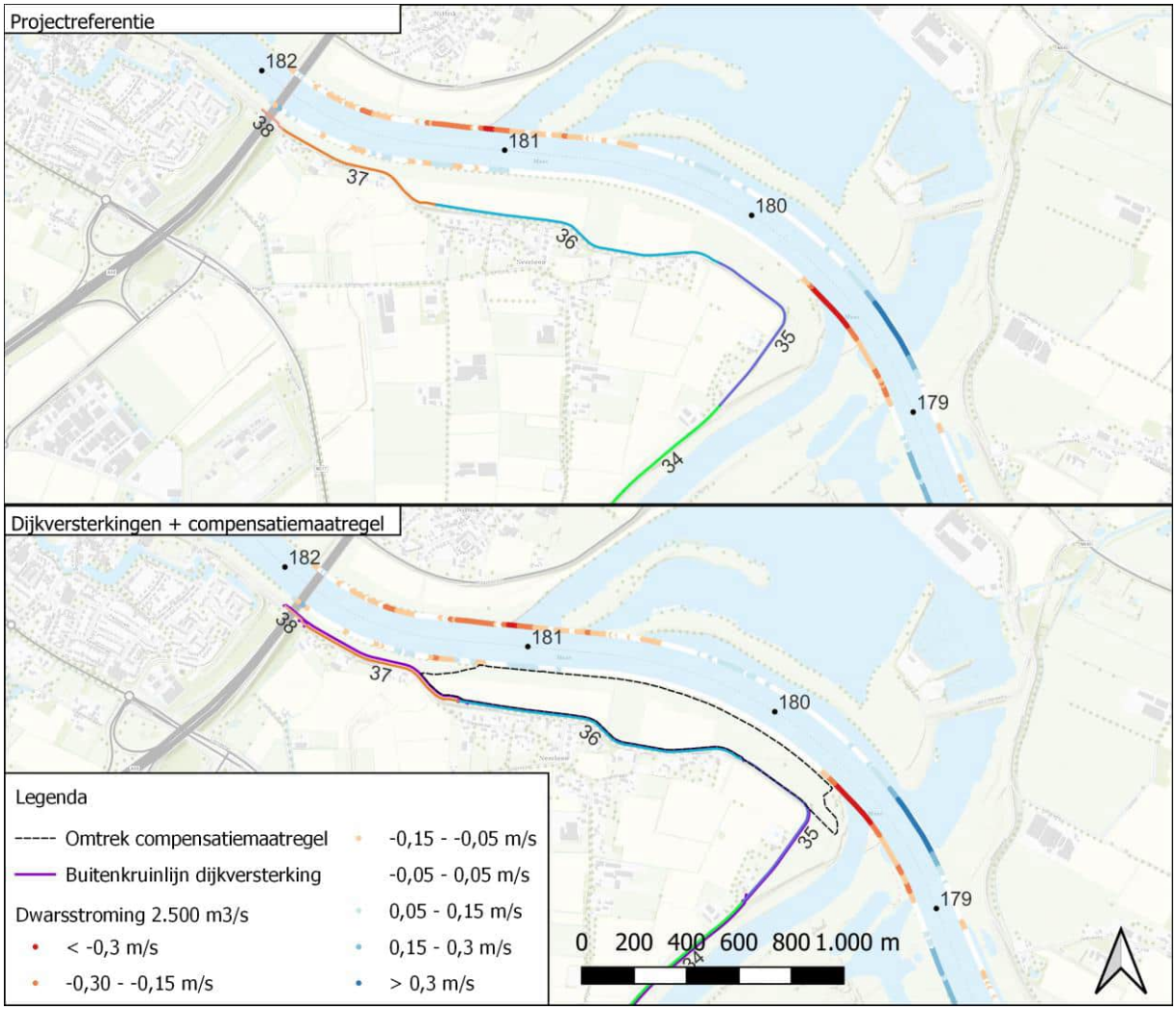
De rivierwaartse dijkversterkingen hebben geen significante invloed op het stroombeeld in de vaarweg (minder dan 0,01 m/s). De uiterwaardverlaging heeft mogelijk wel invloed op het stroombeeld in de vaarweg en dit is daarom getoetst.

Het is relevant om te toetsen op afvoeren waarbij de uiterwaard meestroomt en de scheepvaart op de Maas nog niet gestremd is. De uiterwaard stroomt mee bij een afvoer van 2.200 m^3/s (zie paragraaf 4.2.1). Bij een afvoer van 2.300 m^3/s, wordt de scheepvaart op de Maas gestremd. Omdat gekozen moet worden uit de aangeleverde randvoorwaarden is gekozen de analyse uit te voeren voor een afvoer van 2.500 m^3/s. Deze afvoer is hoger dan de afvoer waarbij de scheepvaart gestremd wordt, maar de laagste afvoer waarbij de uiterwaard meestroomt.

Figuur 4-8 toont de dwarsstroming langs de vaarweg voor de referentiesituatie en voor het ontwerp met dijkversterkingen en de uiterwaardverlaging. Over het grootste deel van de uiterwaarden is de dwarsstroming kleiner dan 0,05 m/s. Enkele punten langs de uiterwaard hebben zowel in de referentie als de variant een dwarsstroming van 0,15 m/s die door de uiterwaardverlaging niet noemenswaardig beïnvloed wordt. Direct benedenstrooms van de maatregel neemt de dwarsstroming toe naar maximaal 0,16 m/s.

In vergelijking met de omgeving zijn deze dwarsstromingen niet ongewoon. Direct bovenstrooms van de maatregel is de uitstroming van de meander bij Keent waar in de referentie de stroomsnelheden al groter zijn dan 0,43 m/s. Ook de oude Maasarm aan de rechteroever heeft stroomsnelheden tot 0,38 m/s.

Conclusie: Benedenstrooms van de compensatiemaatregel treden lokaal dwarsstromingen op van maximaal 0,16 m/s. In overleg met de rivierbeheerder moet besloten worden of de dwarsstromingen toelaatbaar zijn.



Figuur 4-8 Dwarsstroming langs de oever van de rivier bij een afvoer van 2.500 m^3/s voor de projectreferentie (CuRa_REF_a2) (boven) en voor de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (CuRa_VO_maneerl_a2) (onder). Positieve waarden (blauw) geven een uitstroom aan, van zomer- naar winterbed. Negatieve waarden (rood) geven een instroom aan, van winter- naar zomerbed.

4.2.4 Instroom retentiegebieden Maas (2.6)

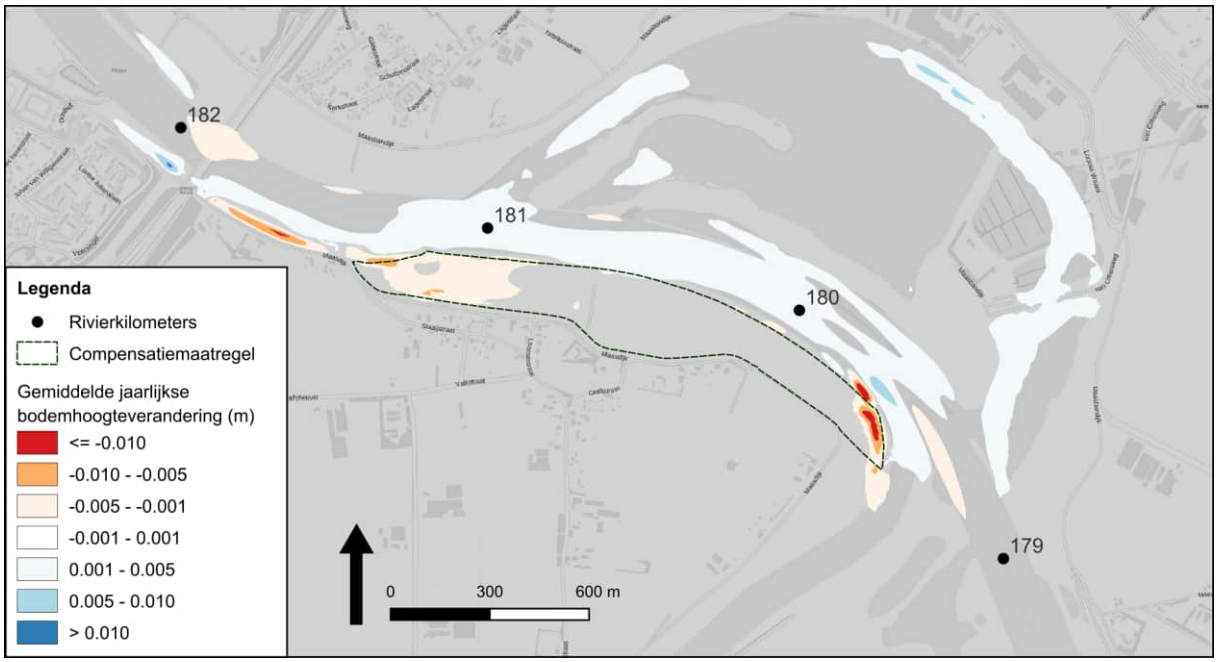
Het RBK 6.0 schrijft voor dat er getoetst moet worden of de instroom van retentiegebieden mogelijk verandert als gevolg van de ingrepen. Het eerste retentiegebied bovenstrooms van het project is Lob van Gennep. De inlaat van het retentiegebied Lob van Gennep ligt bij rivier-km 158. Het meest bovenstrooms gelegen dijkvak waarin de dijk buitenwaarts versterkt wordt is dijkvak 15 bij rivier-km 173. Het retentiegebied Lob van Gennep ligt dus 15 km bovenstrooms van dit dijkvak. De compensatiemaatregel ligt bij rivier-km 180. Het retentiegebied Lob van Gennep ligt 22 km bovenstrooms van de compensatiemaatregel.

Error! Reference source not found. t/m Figuur 6-59 in Bijlage E tonen de waterstandseffecten in bij stationaire afvoeren 1.700, 2.100, 2.500 en 4.100 m^3/s. In alle afvoersituatie is het effect van de ingrepen op de waterstand bij rivier-km 158 minder dan 1 mm. Dit is een verandering van de waterstand dat valt binnen de foutmarge van het modelinstrumentarium. Er kan geconcludeerd worden dat er geen significant waterstandseffect is ter hoogte van de inlaat van het retentiegebied Lob van Gennep. Er zijn daarom geen aanvullende dynamische berekeningen nodig.

Conclusie: De ingrepen hebben geen effect op de werking van de retentiegebieden.

4.3 Morfologische effecten

De morfologische effecten zijn ingeschat met de vuistregels uit D-FAST MI. In Figuur 4-9 is de gemiddelde jaarlijkse veranderingen in de bodemhoogte weergegeven. Dit wordt voor het zomerbed en de uiterwaard in onderstaande secties geanalyseerd.



Figuur 4-9 Inschatting van de gemiddelde jaarlijkse bodemhoogteverandering volgens de vuistregels in D-FAST MI. Veranderingen kleiner dan 1 mm zijn niet weergegeven.

4.3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers) (3.1)

In het ontwerp worden er geen ingrepen gedaan in het zomerbed. Het is echter mogelijk dat de ingrepen in het winterbed invloed hebben op sedimentatie en erosie in het zomerbed. Dit is hieronder toegelicht en getoetst.

Sedimentatie in het zomerbed

Langs de uiterwaardverlaging treedt mogelijk lichte sedimentatie op. Inschattingen met D-FAST MI (Figuur 4-9) geven een maximale jaarlijkse sedimentatie van 0,007 m bij de uitstroming van de oude Maasarm van Keent. Gemiddeld langs dijkvak 35 tot 36 is dit slechts 0,002 m. Dit wordt veroorzaakt doordat een groter deel van de afvoer door de uiterwaarden stroomt, waardoor de sedimenttransportcapaciteit in het zomerbed afneemt. Het effect is zo klein vanwege de volgende redenen:

- De uiterwaard inundeert bij een afvoer van ongeveer 2.200 m^3/s, waardoor enkel bij hogere afvoeren effect ontstaat op de sedimenthuishouding. Deze afvoeren hebben een herhalingstijd van ongeveer tien jaar, waardoor de invloed van deze hoge afvoeren op de morfologie slechts beperkt is.[4]
- Ook tijdens deze hoge afvoeren zijn de veranderingen van de stroomsnelheden in het zomerbed klein: de maximale afname van de stroomsnelheid in het zomerbed is 0,05 m/s bij een afvoer van 4.100 m^3/s (Figuur 4-4).

Conclusie: Er is een kleine sedimentatie in het zomerbed van gemiddeld 0,002 m per jaar. Dit heeft een zeer klein effect op het baggeronderhoud en wordt daarom beoordeeld als verwaarloosbaar.

[4] In de D-FAST MI berekeningen is uitgegaan dat de uiterwaard ook bij een afvoer van 2.100 m^3/s al meestroomt. Zie Bijlage F.

Erosie in het zomerbed
Waar de uiterwaard uitstroomt in het zomerbed, kan erosie ontstaan door de plotselinge toename in de afvoer en sedimenttransportcapaciteit. Uit de inschattingen met D-FAST MI (Figuur 4-9) volgt echter dat deze erosie nier waarneembaar is in de berekeningen.

- Een kleine sedimentatie (maximaal 0,002 m) ter hoogte van de Maasbrug A50 wordt veroorzaakt door de rivierwaartse dijkverplaatsing van dijkvak 38. Deze kleine sedimentatie heeft geen effect op de Maasbrug A50.

Conclusie: De erosie benedenstrooms van de compensatiemaatregel is niet waarneembaar.

4.3.2 Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen (3.2)

Er is mogelijk sprake van sedimentatie en erosie in de uiterwaarden waar een buitenwaartse versterking plaatsvindt en bij de uiterwaardverlaging. Dit is hieronder beschreven en getoetst. Er is een risico op sedimentatie of erosie wanneer de stroomsnelheid en daarmee de sedimenttransportcapaciteit respectievelijk afneemt of toeneemt. Ook hier wordt gebruik gemaakt van de resultaten met D-FAST MI (Figuur 4-9). Dit is buiten het theoretische toepassingsbereik, omdat de grootte van de bodemverandering berekend wordt voor een alluviale rivierbodem. De rekenregels geven echter wel een waardevolle inschatting van locaties waar sedimentatie of erosie op kan treden. Daarnaast wordt in de analyse gekeken naar locaties met veranderingen in stromingsvectoren (zie ook paragraaf 4.2.2).

Naast de locaties die hieronder toegelicht worden, berekent D-FAST MI nergens bodemveranderingen groter dan 0,003 m.

Sedimentatie van de uiterwaard en nevengeulen
De locaties waar een verandering in de stroomsnelheid optreedt (zie Figuur 4-6) zijn nader geanalyseerd:

- Bij de rivierwaartse dijkverplaatsing bij dijkvak 38 (onder de Maasbrug A50) neemt de stroomsnelheid in de uiterwaard af en wordt sedimentatie verwacht (zie Figuur 4-9) van maximaal 0,020 m (uitgaande van een alluviale bodem). De werkelijke erosie is veel lager en heeft daarom geen effect op de stabiliteit van de Maasbrug A50.
- In Loonse Waard (de rechteroever bij Neerloon) neemt de stroomsnelheid af en hierdoor is sprake van sedimentatie. Door D-FAST MI wordt dit ingeschat op maximaal 0,007 m (uitgaande van een alluviale bodem).
- Bij de instroom van de Meander Keent zit een uitstulping in dijkvak 27 (zie Figuur 4-6). Door de rivierwaartse dijkversterking komt deze uitstulping verder de rivier in te liggen. Hierdoor treedt een stroomsnelheidsverlaging op benedenstrooms van de uitstulping (maximaal 0,27 m/s). Doordat de stroomsnelheid hier nog steeds laag is, berekent D-FAST MI hier geen sedimentatie.
- Op de locatie van de rotonde van de N321 treedt een snelheidsverlaging op, doordat de stroming hier geremd wordt door de rotonde en de oprijweg. Hier treedt naar verwachting lichte sedimentatie op na de val van het hoogwater.

Conclusie: Door de ingrepen treedt er mogelijk lichte sedimentatie op bij dijkvak 38, in de Loonse Waard en bij de oprijweg van de rotonde van de N321 (dijkvak 16).

Erosie van de uiterwaard en nevengeulen

De locaties waar een verandering in de stroomsnelheid optreedt (zie Figuur 4-6) zijn nader geanalyseerd:

- In de uiterwaardverlaging van compensatiemaatregel Neerloon is een kleine toename in de stroomsnelheid (maximaal 0,12 m/s) en daardoor is sprake van erosie (zie Figuur 4-9). Dit is het best merkbaar bij de in- en uitstroming van de uiterwaard. Bij de instroming wordt een erosie ingeschat op maximaal 0,026 m en bij de uitstroming op maximaal 0,010 m (uitgaande van een alluviale bodem). Omdat de stroomsnelheid in de ontwerpsituatie laag is (maximaal 1,2 m/s bij de uitstroom van de uiterwaarden), is de verwachte erosie vermoedelijk beperkter.
- Bij de instroom van de Meander Keent zit een uitstulping in dijkvak 27 (zie Figuur 4-6). Door de rivierwaartse dijkversterking komt deze uitstulping verder de rivier in te liggen. Hierdoor treedt een stroomsnelheidsverhoging op langs de uitstulping (maximaal 0,02 m/s). De stroomsnelheid is hier echter nog steeds laag (maximaal 0,53 m/s). D-FAST MI berekent hierdoor geen erosie.
- Op de locatie van de rotonde van de N321 treedt in de uiterwaard naast de rotonde een snelheidsverhoging op (zie Figuur 4-6), doordat het water om de oprijweg heen moet stromen. De maximale snelheidsverhoging is 0,06 m/s. De stroomsnelheid is op deze locatie echter dusdanig laag (0,36 m/s) dat hier geen erosie wordt berekend door D-FAST MI.

Conclusie: Door de ingrepen is er weinig tot geen toename van de erosie in de uiterwaard bij Neerloon.

5. Conclusies

Het ontwerp van de dijkversterking en de compensatiemaatregel zijn getoetst aan de hand van het RBK 6.0. Tabel 5-1 geeft een samenvatting van de resultaten zoals beschreven in Hoofdstuk 4. De beoordelingsaspecten zijn als volgt beoordeeld:

- **Goed**
- **Vermoedelijk goed (ter beoordeling van de rivierbeheerder RWS-ZN)**
- **Slecht**

Tabel 5-1 Samenvatting resultaten toetsing ontwerp met dijkversterkingen en compensatiemaatregel conform het RBK 6.0.

#	Rivierkundig beoordelingsaspect	Samenvatting resultaten	
1.1	Hoogwaterreferentie in de as van de rivier: geen waterstandsverhoging	De compensatiemaatregel compenseert de waterstandsverhoging door de dijkversterkingen ruimschoots. Er treedt een benedenstroomse piek op, maar de totale waterstandsverlaging is drie keer zo groot als de waterstandsverhoging.	🟢
1.2	Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier: geen waterstandsverhoging bij de primaire waterkering	De waterstandseffecten buiten de as van de rivier zijn minimaal. Of de kleine waterstandseffecten acceptabel zijn, is ter beoordeling van de rivierbeheerder.	🟡
2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	Er is enkel een lokaal effect van de ingrepen op de inundatiefrequentie. De gemiddelde inundatiefrequentie van de uiterwaarde waar de compensatiemaatregel ligt is nu ongeveer 14 jaar en neemt toe tot ongeveer 10 jaar. Dit heeft naar verwachting geen effect op de gebruiksfunctie.	🟢
2.2	Stroombeeld in de uiterwaard: verandering in stroomrichting en -snelheid	Er is een klein effect op de stroomsnelheid in en naast de uiterwaarden waar de compensatiemaatregel ligt. De verschillen in stroomsnelheid en stroomrichting zijn echter minimaal.	🟡
2.3	Stroombeeld in vaarweg: verandering in dwarsstroming bij rand vaarweg	Benedenstrooms van de compensatiemaatregel treden lokaal dwarsstromingen op van maximaal 0,16 m/s. In overleg met de rivierbeheerder moet besloten worden of de dwarsstromingen toelaatbaar zijn.	🟡
2.6	Instroom retentiegebieden Maas	De ingrepen hebben geen effect op de werking van de retentiegebieden.	🟢
3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers)	Er is een kleine afname van de stroomsnelheid in het zomerbed, dus er is een risico op sedimentatie. Het verschil in stroomsnelheid is echter klein (0,05 m/s bij een afvoer van 4.100 m^3/s) en komt zelden voor, waardoor sedimentatie in het zomerbed verwaarloosbaar is. De erosie benedenstrooms van de compensatiemaatregel zal beperkt zijn.	🟢
3.2	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen	Door de ingrepen treedt er mogelijk sedimentatie op in de uiterwaarden langs dijkvak 27 en bij de oprijweg van de rotonde van de N321 (dijkvak 16). De ingrepen in het ontwerp veroorzaken geen significante erosie in de uiterwaarden.	🟢

6. Referenties

6.1 Richtlijnen

[1] Rivierkundig beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren, versie 6.0, Rijkswaterstaat, 23 januari 2023;
[2] Dijkversterking langs de grote rivieren. Redeneerlijn buitendijk (rivierwaarts) versterken, Factsheet Hoogwaterbeschermingsprogramma, versie maart 2018.
[3] Handreiking Beleidslijn Grote Rivieren, Geactualiseerde versie 2019, 15 juli 2019

6.2 Beleidsdocumenten

6.3 Projectdocumenten

[4] Werkpakketbeschrijving WSB.23 Integraal ontwerp: Opstellen rapport Compensatie rivier v1.0;
[5] Notitie weerdverlaging. WSP Memo WAB013032-D-071, definitief, versie 4, datum 5 juli 2022;
[6] WP15 Rivierkundige effecten buitendijks versterken Kansrijke alternatieven, WSP Memo WAB013032-D-061, versie 2. Datum 20 april 2022 (noot: in de memo zelf staat onjuist 20 april 2021);
[7] Nota voorkeursalternatief dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, WSAM, Strootman & WSP, d.d. 18 november 2022;
[8] Review voorkeursalternatief voor dijkversterking Cuijk-Ravenstein, 90% Concept ter review. RWS-ZN memo, d.d. 20 juli 2022;
[9] WP1 Conditionering: Rivierkunde, WSP Memo WAB013032-D-007, d.d. 20 november 2020;
[10] WP15 Gevoeligheidsanalyse Weerdverlaging Rivierkunde, WSP Memo WAB013032-D-008, d.d. 20 november 2020;
[11] Ontwerprapport Dijk, WSP Rapport WAB013032-D-033, versie 7, d.d. 11 november 2022;
[12] Ontwerprapport kunstwerken (WP25), WSP Rapport WAB013032-D-037, versie 7.0, d.d. 17-06-2022;
[13] Ontwerprapport uiterwaardverlaging Neerloon (WP 23.3), Sweco, versie D1.0, d.d. maart 2025

6.4 Conditionerende onderzoeken

[14] B&O-modellen en deelmodellen Maas, Deltares rapport 11208053-002-ZWS-0005, 10-07-2023;
[15] Proof-of-Concept vergunningverlening met G6 modellen Maas, Royal HaskoningDHV. Referentie BI7740-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001, 11 november 2022;
[16] Proof of Concept G6 vergunningsmodellen Rijn, Witteveen+Bos, referentie 132735/22-016.168, 11 november 2022;
[17] Proof of Concept G6 deelmodellen Rijn, Witteveen+Bos, referentie 135748/23-003.648, 28 februari 2023;
[18] WSP Rivierkundige beoordeling – RBK 5.0 Planuitwerking Salmsteke uiterwaard, WSP Projectnummer WAB010194, documentnummer 050 v5, Mei-21;
[19] Verschilanalyse overstap zesde-generatie modellering Maas, Effect software, rekenrooster, parameters & modelconcepten, schematisatie en randvoorwaarden. Deltares rapport 11209233-002-ZWS-0001, d.d. 12-102023, v0.11.

6.5 Data

[20] Waqua-modellen en Baselineschematisaties uit VK-fase, aangeleverd door WSP.

Bijlage A. Rivierwaartse verplaatsing buitendijks versterken

Tabel 6-1 toont een samenvatting van de rivierwaartse verplaatsingen per dijkvak en waar nodig per deel van het dijkvak. De manier waarop de rivierwaartse verplaatsingen geïmplementeerd zijn is in deze bijlage per dijkvak toegelicht.

Tabel 6-1 Samenvatting van de berekende rivierwaartse verplaatsing van de dijk voor de delen van de dijk waar een buitenwaartse versterking plaatsvindt

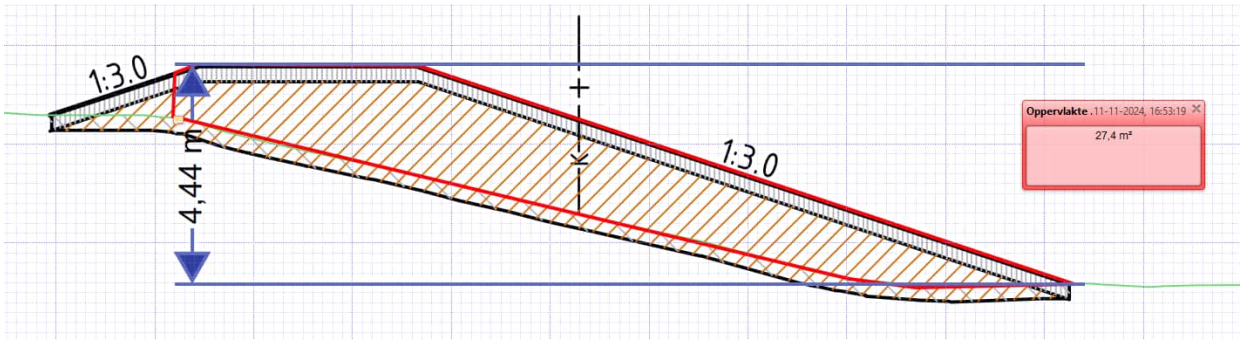
Dijkvak	Kenmerk	Deel van het dijkvak	Oppervlakte (m^2)	Hoogte (m)	Rivierwaartse verplaatsing (m)
14		Vanaf A250,5	27,4	4,44	6,17
15	N321	Gehele dijkvak	40,2	3,91	10,27
16	N321	Ten oosten van de rotonde	45,9	4,61	9,95
16	N321	Rotonde			Maatwerk
16	N321	Ten westen van de rotonde	19,3	3,90	4,94
17	N321	Gehele dijkvak	19,3	3,90	4,94
19	Kademuur Grave	Gehele dijkvak			1,00
23	Koninginnedijk	Gehele dijkvak	4,7	3,36	1,40
27		Van A294 tot A299	8,3	4,00	2,08
30		Van 312,5 tot A319	19,0	4,00	4,75
31		Van A322,5 tot A326	25,4	5,54	4,58
32		Vanaf A336	18	3,63	4,96
33		Gehele dijkvak	39,4	5,29	7,45
34		Gehele dijkvak	53,1	6,48	8,19
35		Tot A359,5	14,9	3,12	4,78
36		Gehele dijkvak	21,3	3,95	5,39
37		Gehele dijkvak	71	5,38	13,20
38		Voor brug	64,7	5,29	12,23
38		Onder brug	31,6	5,24	6,03
38		Benedenstrooms van brug	26,3	5,26	5,00

Dijkvak 14

Dijkvak 14 kent een rivierwaartse verplaatsing vanaf dijkpaal A250,5 (Figuur 6-1). Het dwarsprofiel bij dijkpaal A253 kent de grootste rivierwaartse verplaatsing en is daarmee maatgevend (Figuur 6-2). Deze maatgevende verplaatsing (6,17 m) is toegepast voor het deel van het dijkvak met een rivierwaartse verplaatsing (Figuur 6-3).



Figuur 6-1 Dijkvak 14 - Overgang van geen buitenwaartse verplaatsing naar een buitenwaartse verplaatsing van de dijk



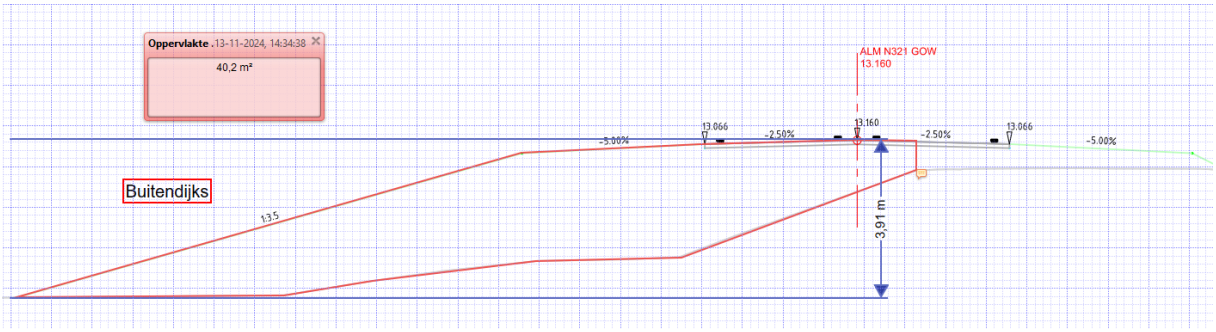
Figuur 6-2 Dijkvak 14 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing dwarsprofiel A253 (6,17 m)



Figuur 6-3 Dijkvak 14 – De buitenkruinlijn in de referentie (roze) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Dijkvak 15

De N321 loopt over de dijk in dijkvak 15, 16 en 17. Er zijn twee dwarsprofielen beschikbaar voor dijkvak 15, ter hoogte van dijkpaal A255 en A259. Het dwarsprofiel ter hoogte van A255 kent de grootste rivierwaartse verplaatsing (Figuur 6-4). De rivierwaartse verplaatsing van de dijk in dit dwarsprofiel (10,27 m) is toegepast op het gehele dijkvak (Figuur 6-5). De hoogwatervrije lijn sluit aan weerszijden aan op de hoogwatervrije lijn van dijkvak 14 en dijkvak 16.



Figuur 6-4 Dijkvak 15 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing dwarsprofiel A255 (10,27 m)



Figuur 6-5 Dijkvak 15 - De buitenkruinlijn in de referentie (aqua) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Dijkvak 16

De N321 loopt over de dijk in dijkvak 15, 16 en 17. In dijkvak 16 is in het ontwerp een rotonde ingebracht, met een oprijweg naar de rotonde vanaf de uiterwaarden. De rivierwaartse verplaatsing van dijkvak 16 bestaat daarom uit vier delen: de rotonde, de toegangsweg naar de rotonde vanuit de uiterwaarden en de rivierwaartse verplaatsing van de dijk ten oosten en ten westen van de rotonde.

Rotonde

De methode van het toepassen van een representatieve verplaatsing voor het gehele dijkvak werkt niet goed op de locatie van de rotonde omdat de vorm van de rotonde invloed heeft op de stroming. Daarom is de buitenzijde van de rotonde ingebracht als een aparte hoogwatervrije lijn. Hiervoor is de buitenberm van de rotonde aangehouden (Figuur 6-6).



Figuur 6-6 Dijkvak 16 - Ontwerp van de rotonde (gele lijnen) en de hoogwatervrije lijn rond de rotonde zoals deze is opgenomen in het model (paars)

Toegangsweg

In het huidige ontwerp loopt er een toegangsweg van de uiterwaarden naar de rotonde. Deze stijgt in hoogte vanaf het maaiveld in de uiterwaarden (ongeveer NAP +10,50 m) naar de hoogte van de dijk (NAP 13,16 m). De toegangsweg is opgenomen in het model door middel van een overlaat (Figuur 6-7).

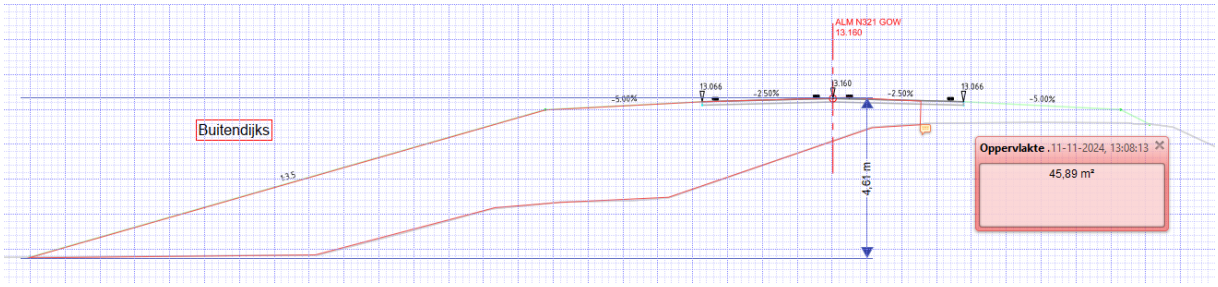


Figuur 6-7 Dijkvak 16 – Hoogte (m+NAP) van de punten van de overlaatconstructie waarmee de toegangsweg tot de rotonde is geschematiseerd in het model. De hoogtes in de tabel horen bij de punten van links naar rechts.

Rivierwaartse verplaatsing dijk

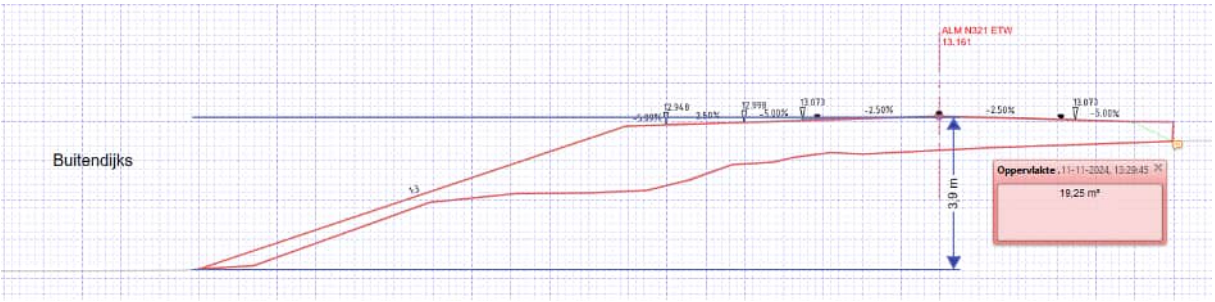
De rivierwaartse verplaatsing van de dijk naast de rotonde wordt op dezelfde manier meegenomen als voor de andere dijkvakken. Er is onderscheid gemaakt tussen het deel van het dijkvak ten oosten (bovenstrooms) en het deel ten westen (benedenstrooms) van de rotonde.

Er is geen dwarsprofiel beschikbaar binnen dit dijkvak voor het deel van de dijk ten oosten van de rotonde. Daarom is voor dit deel van het dijkvak het dwarsprofiel uit dijkvak 15 ter hoogte van dijkpaal A259 gebruikt (300 m bovenstrooms van dijkvak 16) (Figuur 6-8). De rivierwaartse verplaatsing van de dijk in dit dwarsprofiel is toegepast op het deel van het dijkvak ten oosten van de rotonde. De hoogwatervrije lijn sluit aan de bovenstroomse zijde aan op de hoogwatervrije lijn in dijkvak 15.



Figuur 6-8 Dijkvak 16 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing deel van de dijk ten oosten van de rotonde (bovenstrooms), dwarsprofiel bij dijkpaal A259 (9,95 m)

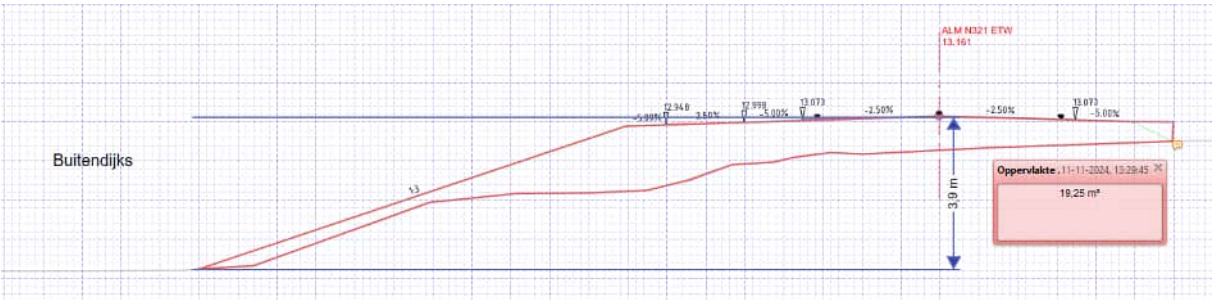
Er is één dwarsprofiel beschikbaar voor dijkvak 16, tussen dijkpaal A263 en A264, net ten westen van de rotonde (Figuur 6-9). De rivierwaartse verplaatsing van de dijk in dit dwarsprofiel is toegepast op het deel van het dijkvak ten westen van de rotonde. De hoogwatervrije lijn is aan de benedenstroomse zijde aangesloten op de hoogwatervrije lijn in dijkvak 17.



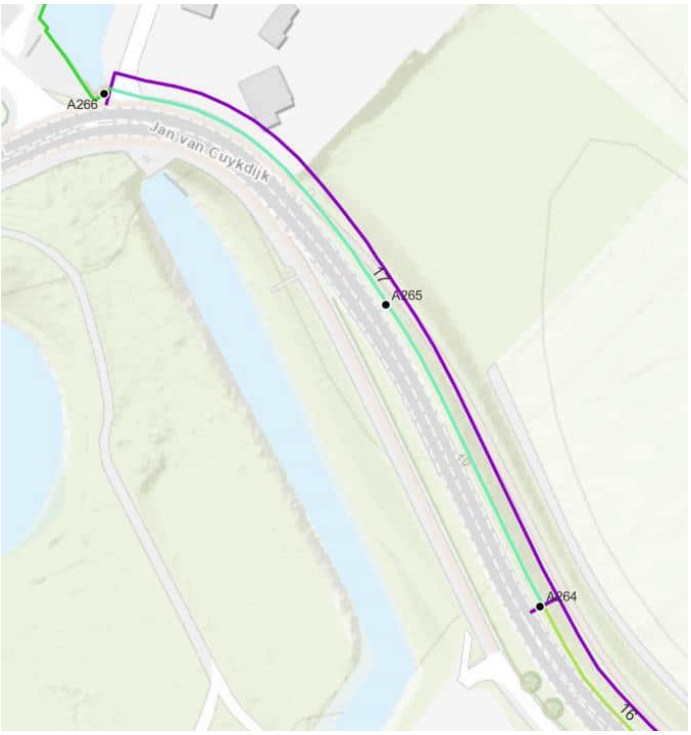
Figuur 6-9 Dijkvak 16 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing deel van de dijk ten westen van de rotonde (benedenstrooms), dwarsprofiel tussen dijkpaal A263 en A264 (4,94 m)

Dijkvak 17

Er is geen dwarsprofiel beschikbaar binnen dijkvak 17. Daarom is voor een benadering van het ontwerp van dijkvak 17 het dwarsprofiel in dijkvak 16 ten westen (benedenstrooms) van de rotonde gebruikt (Figuur 6-9). De rivierwaartse verplaatsing van de dijk in dit dwarsprofiel is toegepast op het hele dijkvak. De hoogwatervrije lijn sluit aan de benedenstroomse zijde met een rechte hoek aan op de Oude Haven (Figuur 6-11).



Figuur 6-10 Dijkvak 17 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel tussen dijkpaal A263 en A264 (4,94 m). Gelijk aan Figuur 6-8.



Figuur 6-11 Dijkvak 17 - De buitenkruinlijn in de referentie (groen-blauw) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Dijkvak 19

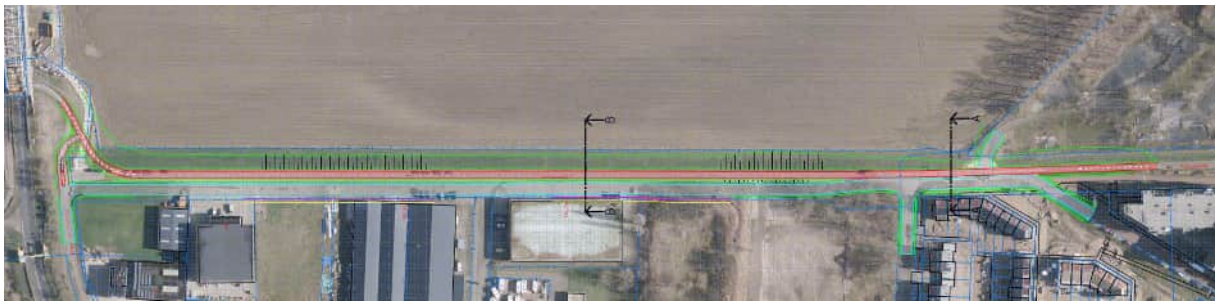
Het is nog niet volledig duidelijk of er (rivierwaartse) maatregelen getroffen worden in dijkvak 19. Indien de huidige kademuur afgekeurd wordt, dan zijn er meerdere opties om dit op te lossen. De oplossing met het grootste effect op de waterstand van de rivier is getoetst. Dit is een nieuwe constructie aan de buitenzijde van de huidige muur, die 1 m verder naar de rivier komt te staan dan de huidige muur. Daarom is er een rivierwaartse verplaatsing van 1 m opgenomen voor dijkvak 19 (Figuur 6-12).



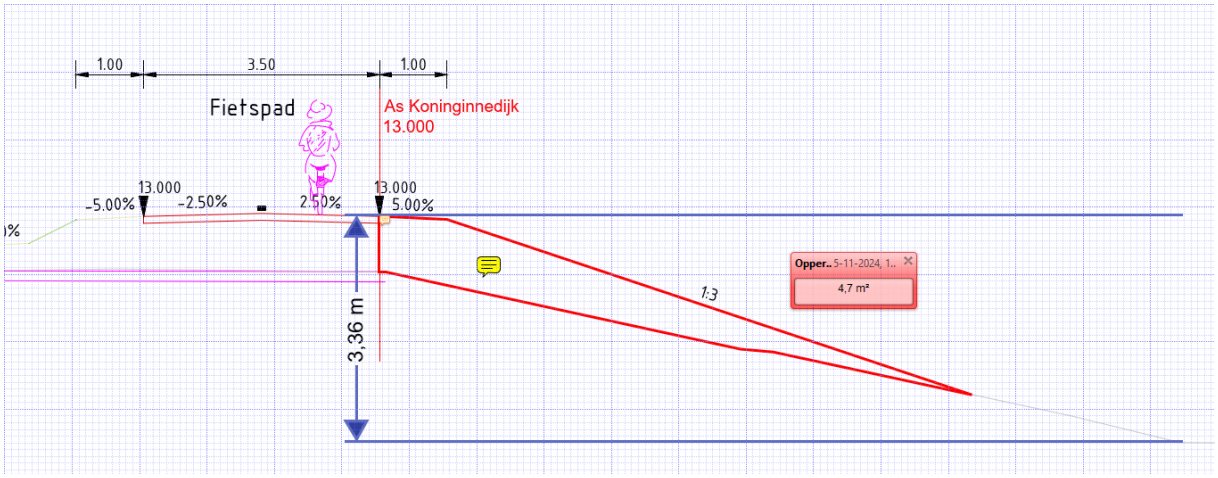
Figuur 6-12 Dijkvak 19 - De buitenkruinlijn in de referentie (blauw) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Dijkvak 23

Dijkvak 23 kent een rivierwaartse verplaatsing over de gehele lengte van het dijkvak (Figuur 6-13). Het dwarsprofiel bij dijkpaal A280 heeft de grootste rivierwaartse verplaatsing en is daarmee maatgevend (Figuur 6-14). Deze maatgevende verplaatsing is toegepast voor het hele dijkvak (Figuur 6-15).



Figuur 6-13 Dijkvak 23 - Bovenaanzicht ontwerp



Figuur 6-14 Dijkvak 23 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing dwarsprofiel bij dijkpaal A280 (dwarsprofiel 'B-B' in Figuur 6-13) (1,40 m)



Figuur 6-15 Dijkvak 23 - De buitenkruinlijn in de referentie (blauw) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.



Figuur 6-16 Dijkvak 23 – de aansluiting op dijkvak 22 (bovenstrooms, links) en dijkvak 24 (benedenstrooms, rechts)

Dijkvak 27

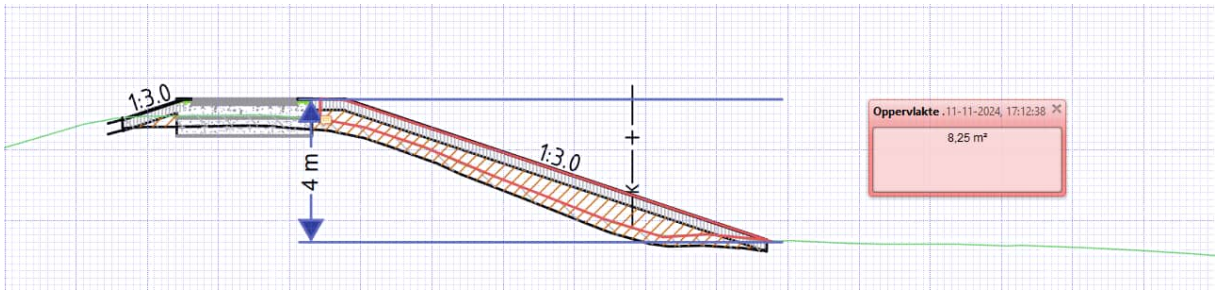
Dijkvak 27 kent een rivierwaartse verplaatsing vanaf dijkpaal A294 tot A296,5 en vanaf dijkpaal A299 (Figuur 6-17, Figuur 6-18). Om de modelinvoer te versimpelen, is voor het hele deel van het dijkvak vanaf dijkpaal A294 een rivierwaartse verplaatsing ingevoerd. Het dwarsprofiel bij dijkpaal A295 kent de grootste rivierwaartse verplaatsing en is daarmee maatgevend (Figuur 6-19). Deze maatgevende verplaatsing is toegepast voor het deel van het dijkvak vanaf dijkpaal A294 (Figuur 6-20).



Figuur 6-17 Dijkvak 27 - Bovenaanzicht ontwerp oostelijk deel



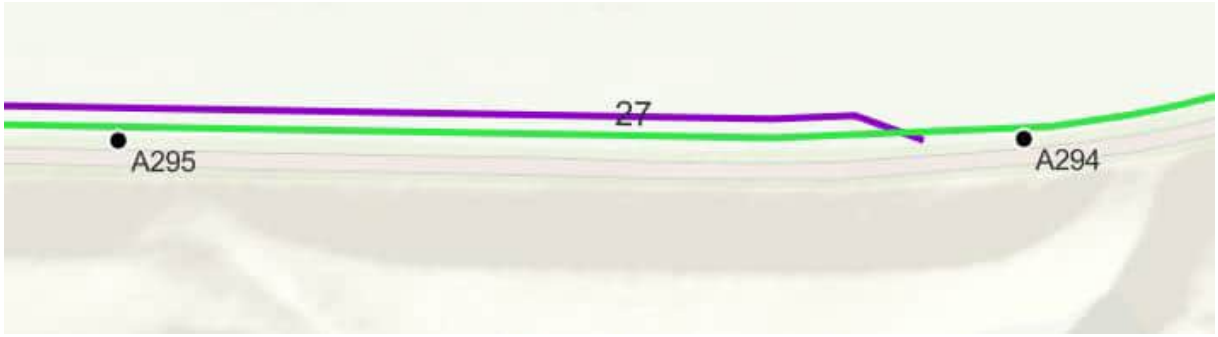
Figuur 6-18 Dijkvak 27 - Bovenaanzicht ontwerp westelijk deel



Figuur 6-19 Dijkvak 27 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel A295 (2,08 m)



Figuur 6-20 Dijkvak 27 - De buitenkruinlijn in de referentie (groen) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.



Figuur 6-21 Dijkvak 27 – De aansluiting van de hoogwatervrije lijn op het bovenstroomse deel van dijkvak 27



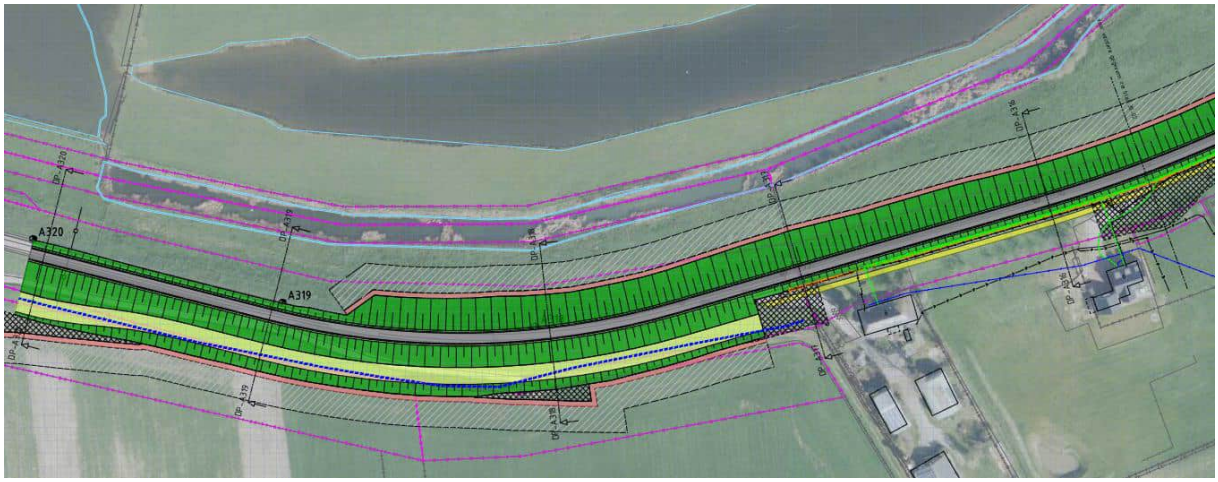
Figuur 6-22 Dijkvak 27 – De aansluiting van de hoogwatervrije lijn op dijkvak 28

Dijkvak 30

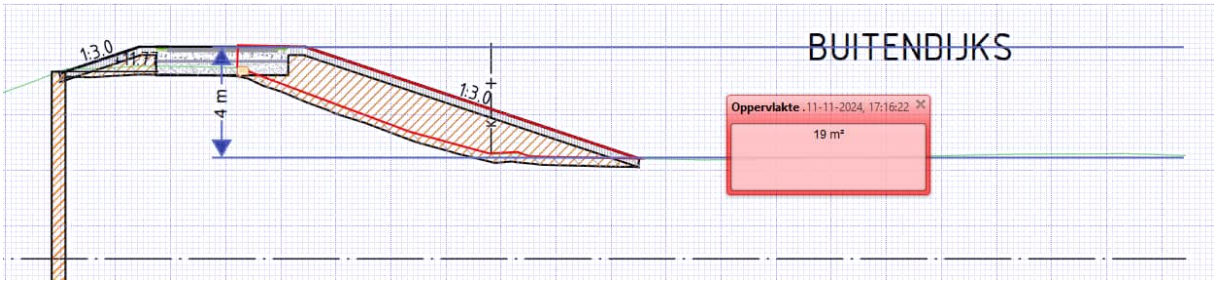
Dijkvak 30 kent een rivierwaartse verplaatsing vanaf dijkpaal A312,5 tot A319 (Figuur 6-23, Figuur 6-24). Het dwarsprofiel bij dijkpaal A315 kent de grootste rivierwaartse verplaatsing en is daarmee maatgevend (Figuur 6-25). Deze maatgevende verplaatsing is toegepast voor het deel van het dijkvak vanaf dijkpaal A312,5 (Figuur 6-26).



Figuur 6-23 Dijkvak 30 - Bovenaanzicht ontwerp oostelijk deel



Figuur 6-24 Dijkvak 30 - Bovenaanzicht ontwerp westelijk deel



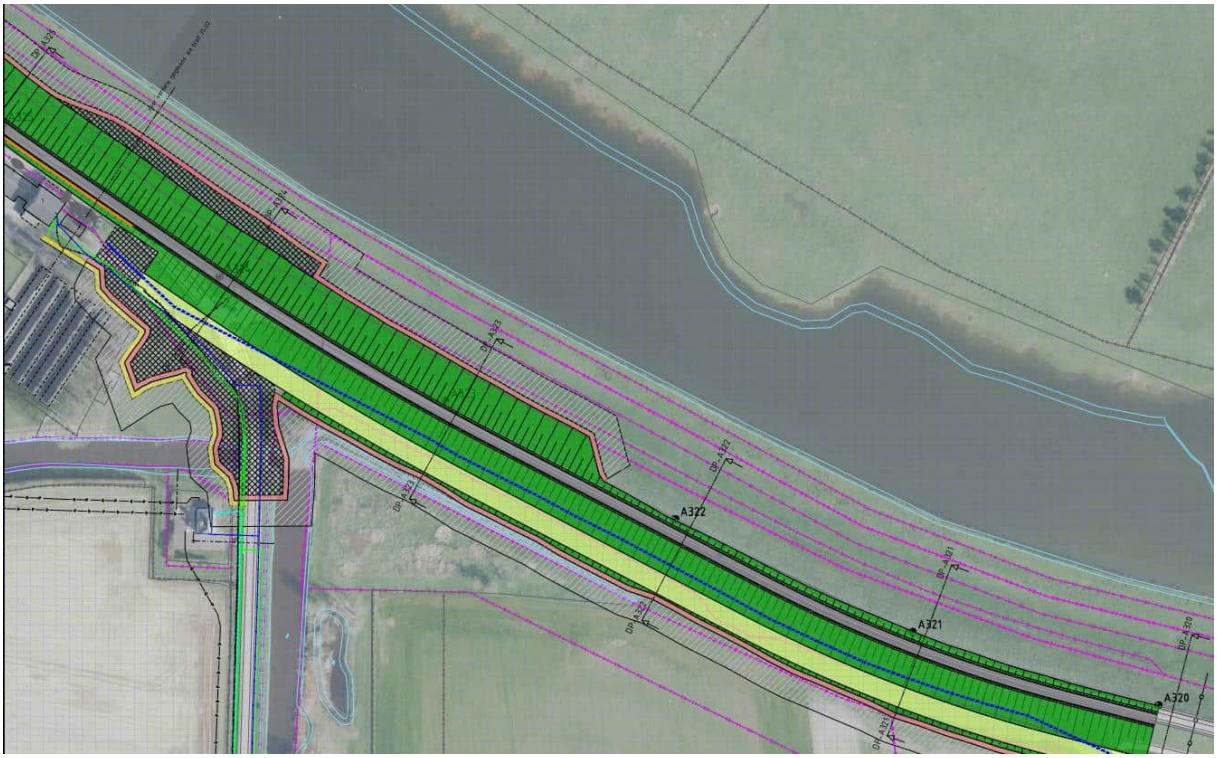
Figuur 6-25 Dijkvak 30 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel A315 (4,75 m)



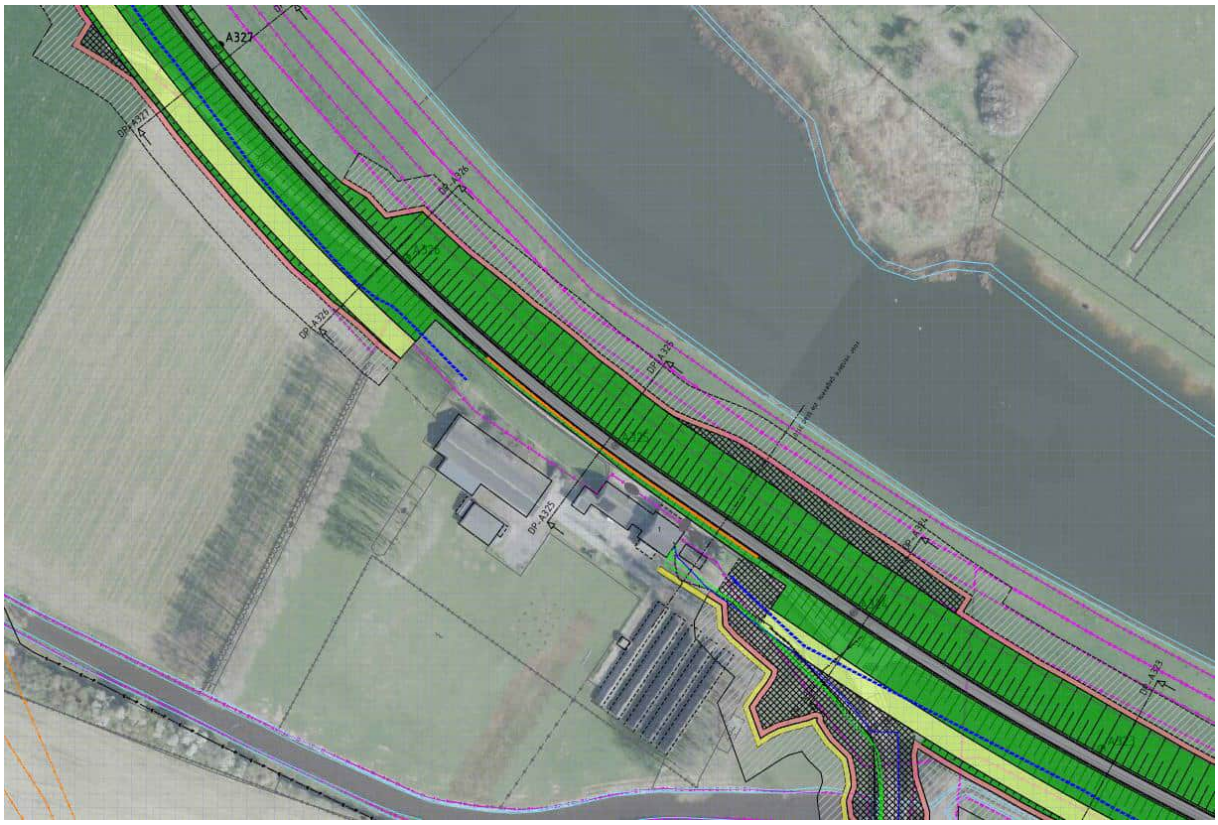
Figuur 6-26 Dijkvak 30 - De buitenkruinlijn in de referentie (rood) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Dijkvak 31

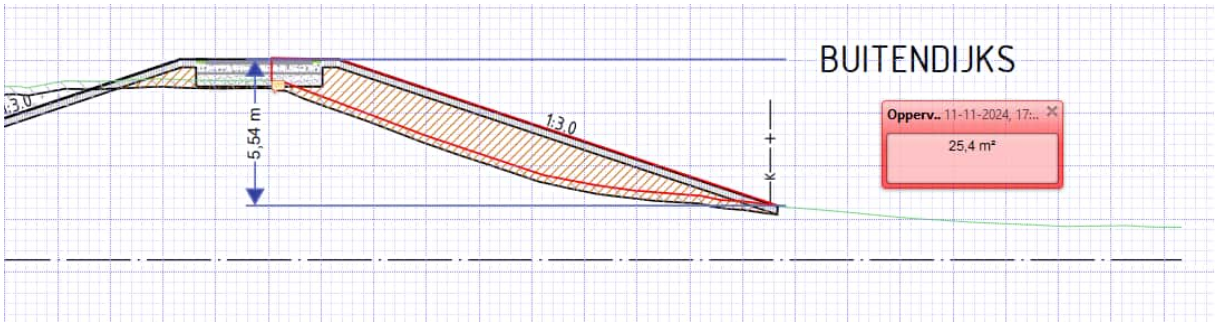
Dijkvak 31 kent een rivierwaartse verplaatsing vanaf dijkpaal A322,5 tot A326 (Figuur 6-27, Figuur 6-28). Het dwarsprofiel bij dijkpaal A324 kent de grootste rivierwaartse verplaatsing en is daarmee maatgevend (Figuur 6-29). Deze maatgevende verplaatsing is toegepast voor het deel van het dijkvak met een rivierwaartse verplaatsing (Figuur 6-30).



Figuur 6-27 Dijkvak 31 - Bovenaanzicht ontwerp oostelijk deel



Figuur 6-28 Dijkvak 31 - Bovenaanzicht ontwerp westelijk deel



Figuur 6-29 Dijkvak 31 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel A324 (4,58 m)



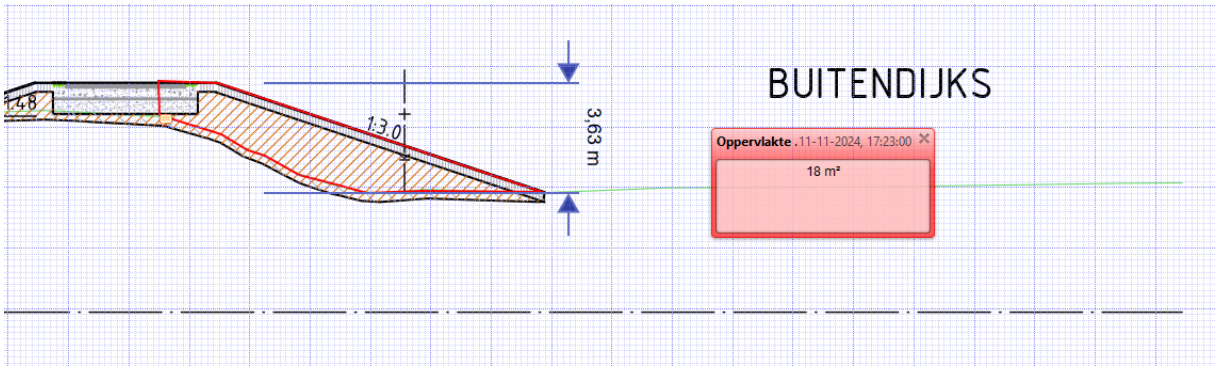
Figuur 6-30 Dijkvak 31 - De buitenkruinlijn in de referentie (aqua) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Dijkvak 32

Dijkvak 32 kent een rivierwaartse verplaatsing vanaf dijkpaal 336 (Figuur 6-31). Het dwarsprofiel bij dijkpaal A338 heeft de grootste rivierwaartse verplaatsing en is daarmee maatgevend (Figuur 6-32). Deze maatgevende verplaatsing is toegepast voor het deel van het dijkvak met een rivierwaartse verplaatsing (Figuur 6-33). De hoogwatervrije lijn sluit aan de benedenstroomse zijde aan op de hoogwatervrije lijn van dijkvak 33.



Figuur 6-31 Dijkvak 32 - Bovenaanzicht ontwerp van het deel van het dijkvak met een rivierwaartse verplaatsing



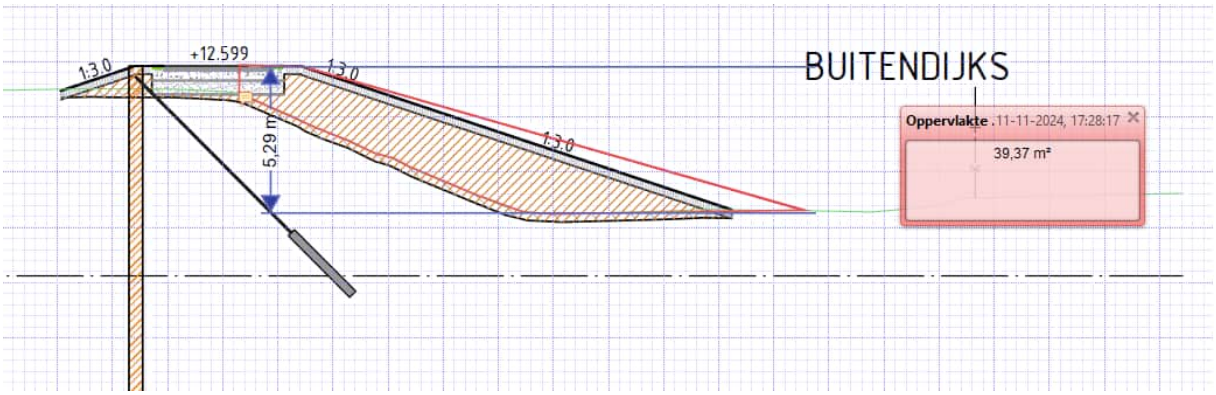
Figuur 6-32 Dijkvak 32 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel A338 (4,96 m)



Figuur 6-33 Dijkvak 32 - De buitenkruinlijn in de referentie (rood) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Dijkvak 33

Dijkvak 33 kent een rivierwaartse verplaatsing over het gehele dijkvak. Het dwarsprofiel bij dijkpaal A344 heeft de grootste rivierwaartse verplaatsing en is daarmee maatgevend (Figuur 6-34). In het ontwerp is een talud van 1:3,0 opgenomen, maar dit is in een latere versie 1:3,5 geworden. Daarom is de oppervlakte bepaald aan de hand van een talud van 1:3,5 (rode lijn). De maatgevende verplaatsing is toegepast voor het gehele dijkvak (Figuur 6-35). De hoogwatervrije lijn sluit aan weerszijden aan op de hoogwatervrije lijn van dijkvak 32 en 34.



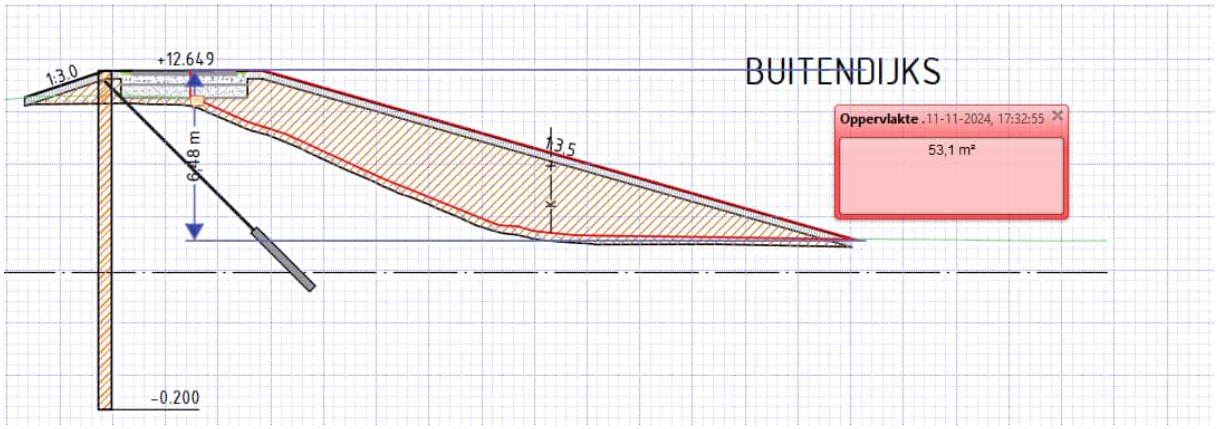
Figuur 6-34 Dijkvak 33 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel A344 (7,45 m). In het ontwerp is een talud van 1:3,0 opgenomen, maar dit is in een latere versie 1:3,5 geworden. Daarom is de oppervlakte bepaald aan de hand van een talud van 1:3,5 (rode lijn).



Figuur 6-35 Dijkvak 33 - De buitenkruinlijn in de referentie (geel) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Dijkvak 34

Dijkvak 34 kent een rivierwaartse verplaatsing over het gehele dijkvak. Het dwarsprofiel bij dijkpaal A354 heeft de grootste rivierwaartse verplaatsing en is daarmee maatgevend (Figuur 6-36). De maatgevende verplaatsing is toegepast voor het gehele dijkvak (Figuur 6-37). De hoogwatervrije lijn sluit aan weerszijden aan op de hoogwatervrije lijn van dijkvak 33 en 35.



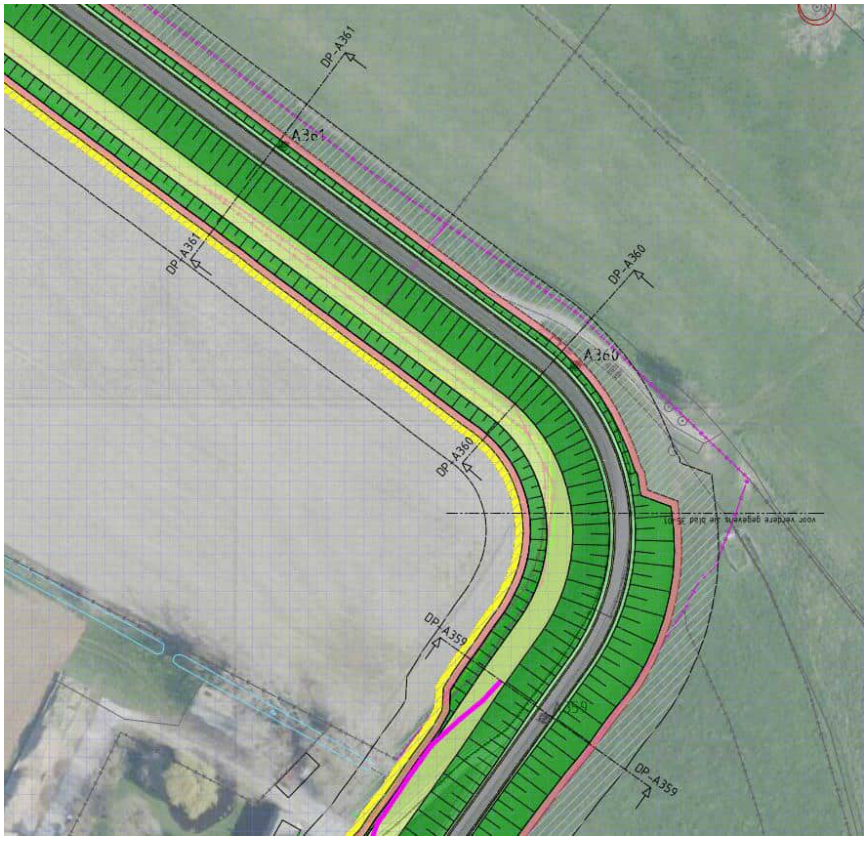
Figuur 6-36 Dijkvak 34 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel A354 (8,19 m)



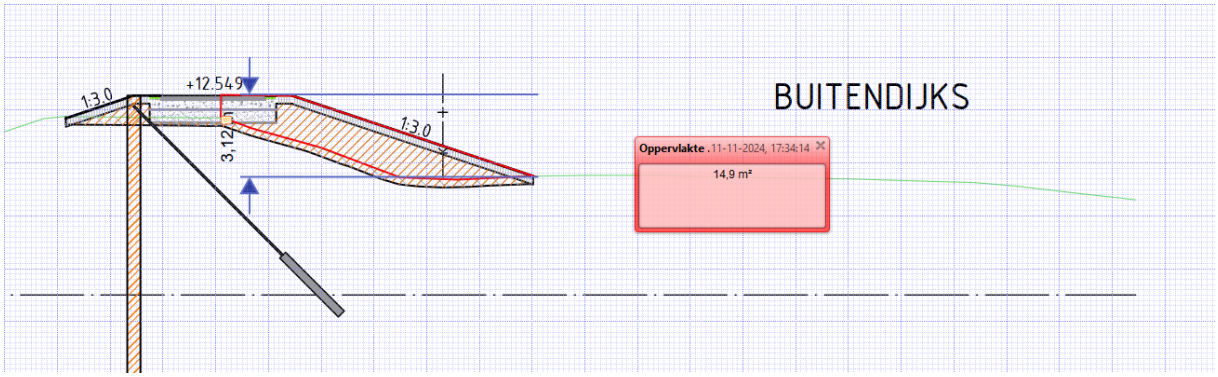
Figuur 6-37 Dijkvak 34 - De buitenkruinlijn in de referentie (geel) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Dijkvak 35

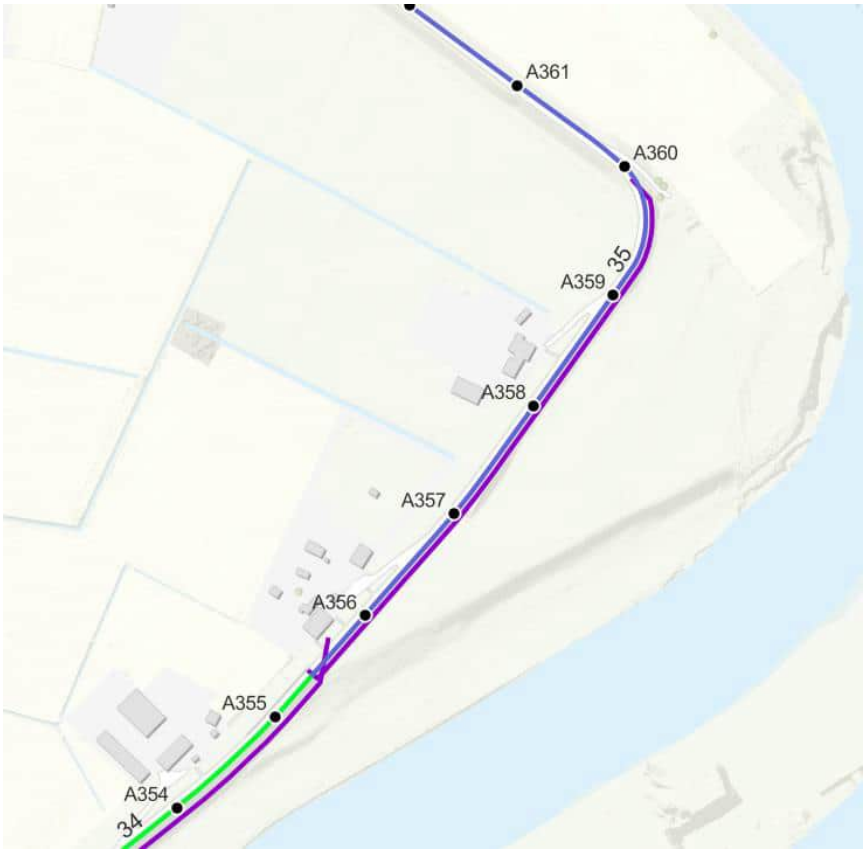
Dijkvak 35 kent een rivierwaartse verplaatsing tot dijkpaal 359,5 (Figuur 6-38). Het dwarsprofiel bij dijkpaal A356 heeft de grootste rivierwaartse verplaatsing en is daarmee maatgevend (Figuur 6-39). Deze maatgevende verplaatsing is toegepast voor het deel van het dijkvak met een rivierwaartse verplaatsing (Figuur 6-40). De hoogwatervrije lijn sluit aan de bovenstroomse zijde aan op de hoogwatervrije lijn van dijkvak 34.



Figuur 6-38 Dijkvak 35 - Bovenaanzicht ontwerp van de overgang van het deel van het dijkvak met een rivierwaartse verplaatsing naar het deel zonder rivierwaartse verplaatsing



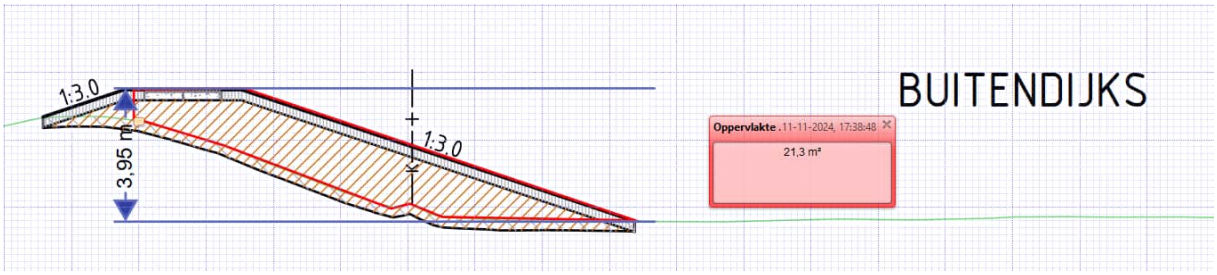
Figuur 6-39 Dijkvak 35 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel A356 (4,78 m)



Figuur 6-40 Dijkvak 35 - De buitenkruinlijn in de referentie (blauw) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Dijkvak 36

Dijkvak 36 kent een rivierwaartse verplaatsing over het gehele dijkvak. Het dwarsprofiel bij dijkpaal A374 heeft de grootste rivierwaartse verplaatsing en is daarmee maatgevend (Figuur 6-41). De maatgevende verplaatsing is toegepast voor het gehele dijkvak (Figuur 6-42). De hoogwatervrije lijn sluit aan weerszijden aan op de hoogwatervrije lijn van dijkvak 35 en 37.



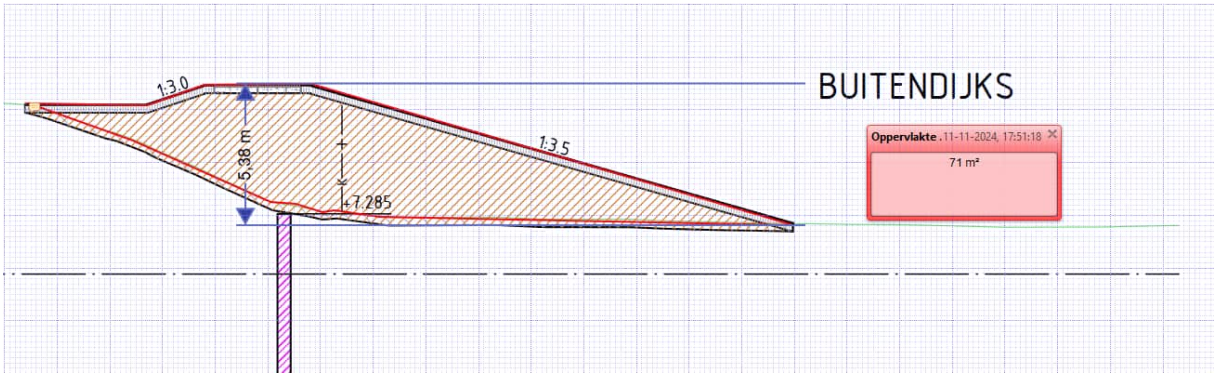
Figuur 6-41 Dijkvak 36 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel A374 (5,39 m)



Figuur 6-42 Dijkvak 36 - De buitenkruinlijn in de referentie (blauw) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Dijkvak 37

Dijkvak 37 kent een rivierwaartse verplaatsing over het gehele dijkvak. Het dwarsprofiel bij dijkpaal A378 heeft de grootste rivierwaartse verplaatsing en is daarmee maatgevend (Figuur 6-43). De maatgevende verplaatsing is toegepast voor het gehele dijkvak (Figuur 6-44). De hoogwatervrije lijn sluit aan weerszijden aan op de hoogwatervrije lijn van dijkvak 36 en 38.



Figuur 6-43 Dijkvak 37 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel A378 (13,20 m)



Figuur 6-44 Dijkvak 37 - De buitenkruinlijn in de referentie (oranje) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Dijkvak 38

Dijkvak 38 kent een rivierwaartse verplaatsing over het gehele dijkvak. Echter, de mate waarmee de dijk rivierwaarts wordt versterkt verschilt sterk over het dijkvak (Figuur 6-45) en een deel van het dijkvak ligt langs een flessenhals in de rivier (Figuur 6-46). Daarom is er gedifferentieerd in de mate van de rivierwaartse verplaatsing over het dijkvak (Figuur 6-50).

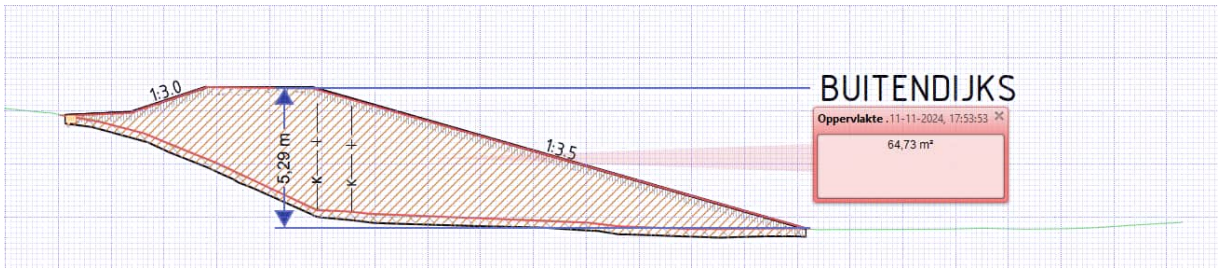


Figuur 6-45 Dijkvak 38 - Bovenaanzicht ontwerp. In dit ontwerp is nog een talud van 1:3,0 aangehouden. Dit is in een latere versie veranderd naar 1:3,5. Dit is wel meegenomen in de berekening van de rivierwaartse verplaatsing (zie Figuur 6-47- Figuur 6-49), maar dit is nog niet opgenomen in dit bovenaanzicht.

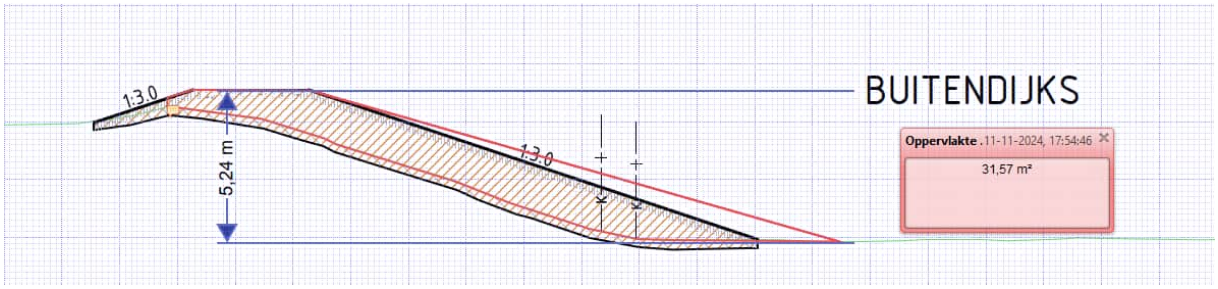


Figuur 6-46 Dijkvak 38 - Ligging van het dijkvak in een flessenhals van de rivier

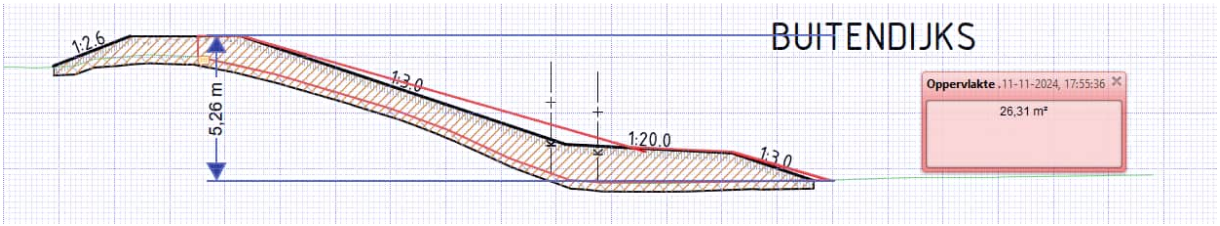
Het dijkvak is opgedeeld in drie delen met een verplaatsing, gebaseerd op de drie beschikbare dwarsprofielen. De rivierwaartse verplaatsing is getoond in Figuur 6-47, Figuur 6-48 en Figuur 6-49.



Figuur 6-47 Dijkvak 38 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel A381 (12,23 m)



Figuur 6-48 Dijkvak 38 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel A381a (6,03 m). In het ontwerp is een talud van 1:3,0 opgenomen, maar dit is in een latere versie 1:3,5 geworden. Daarom is de oppervlakte bepaald aan de hand van een talud van 1:3,5 (rode lijn).



Figuur 6-49 Dijkvak 38 - Bepaling rivierwaartse verplaatsing, dwarsprofiel A382 (5,00 m). In het ontwerp is een talud van 1:3,0 opgenomen, maar dit is in een latere versie 1:3,5 geworden. Daarom is de oppervlakte bepaald aan de hand van een talud van 1:3,5 (rode lijn).

Figuur 6-50 toont de resulterende rivierwaartse verplaatsing. Het valt op dat de kering een andere vorm krijgt dan het bovenaanzicht in Figuur 6-45 laat zien. Dit heeft twee redenen:

- In het bovenaanzicht is nog een talud van 1:3,0 aangehouden. Dit is in een latere versie veranderd naar 1:3,5. Dit is wel meegenomen in de berekening van de rivierwaartse verplaatsing (zie Figuur 6-47- Figuur 6-49), maar dit is nog niet opgenomen in dit bovenaanzicht.
- Door definitie van de representatieve verplaatsing, gaan we onder de brug verder rivierwaarts dan de werkelijke verplaatsing. Hierdoor ligt de nieuwe buitenkruinlijn onder de brug dichterbij de rivier dan de buitenkruinlijn in het traject voor de brug.

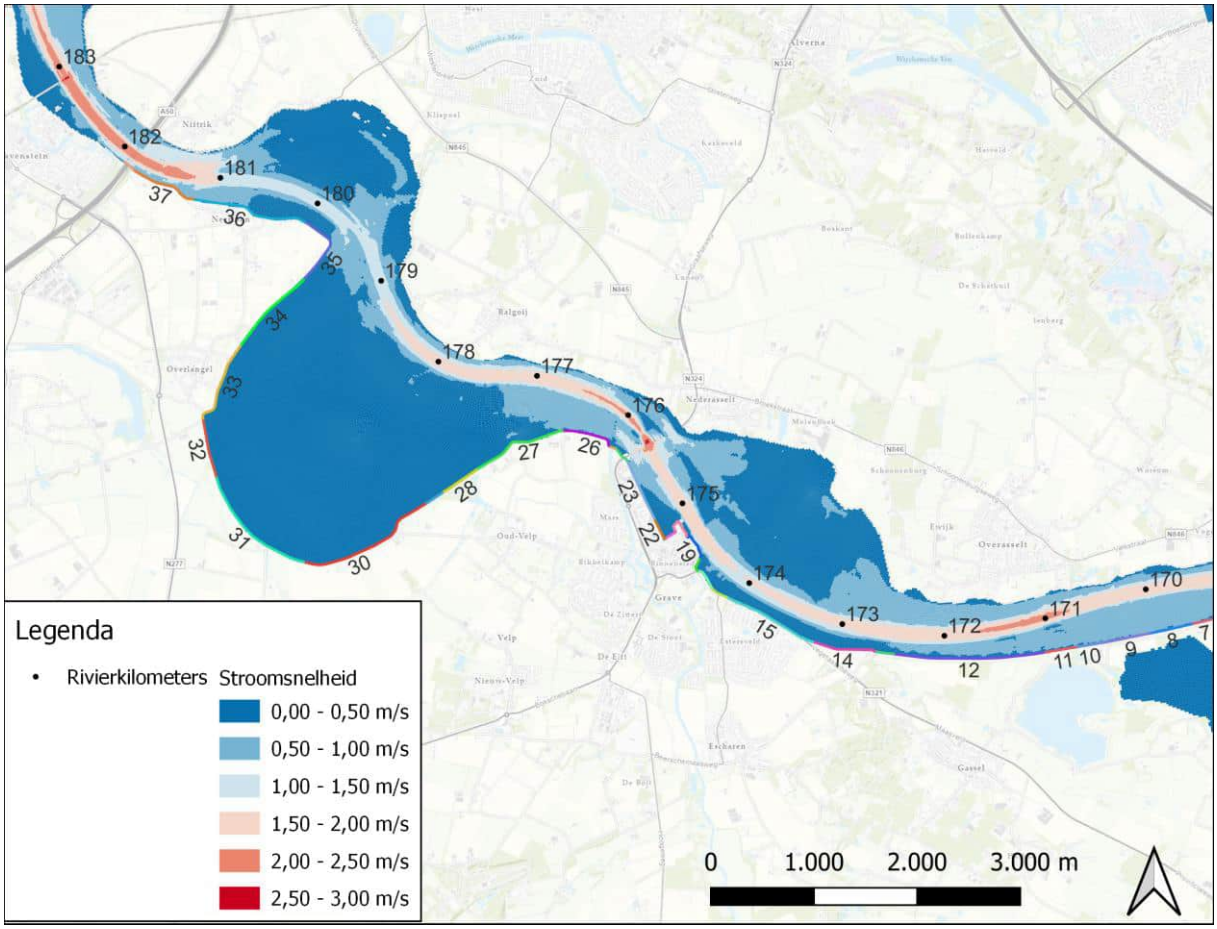


Figuur 6-50 Dijkvak 38 - De buitenkruinlijn in de referentie (roze met bruine stippellijn) en de nieuwe hoogwatervrije lijn (paars). De dijkpalen zijn aangegeven als punten.

Bijlage B. Resultaten rivierkundige berekeningen projectreferentie

Deze bijlage bevat een extra figuur van de simulaties met de hoogwaterreferentie (4.100 m^3/s) voor de projectreferentie (CuRa_REF_a2).

Stroomsnelheid



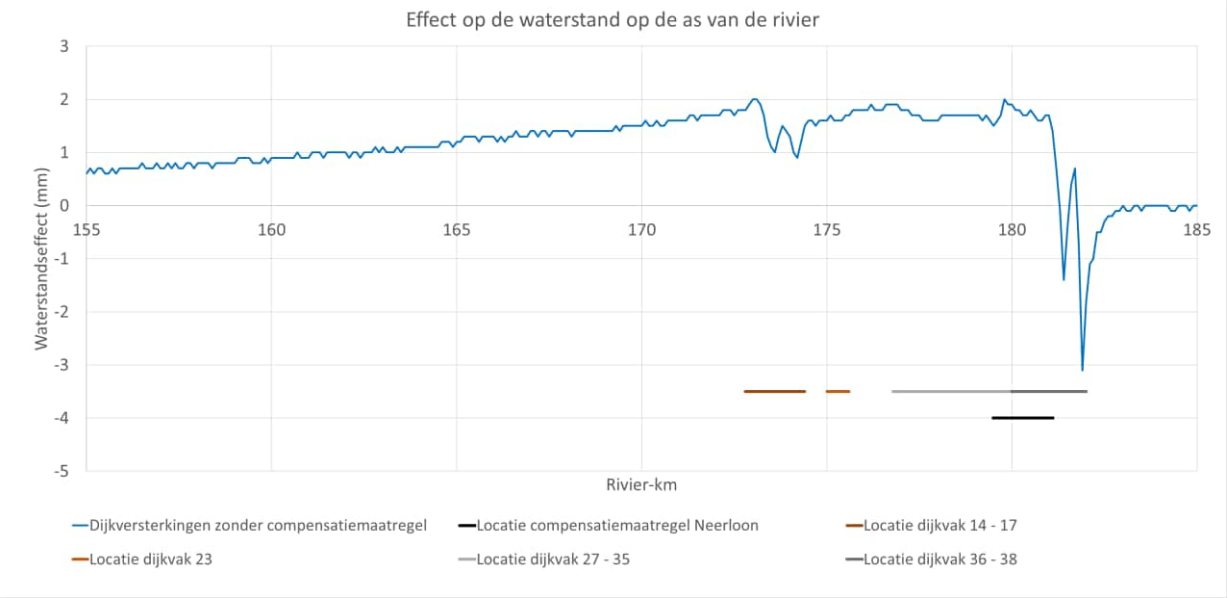
Figuur 6-51 Stroomsnelheid voor de projectreferentie bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen

Bijlage C. Resultaten rivierkundige berekeningen dijkversterking

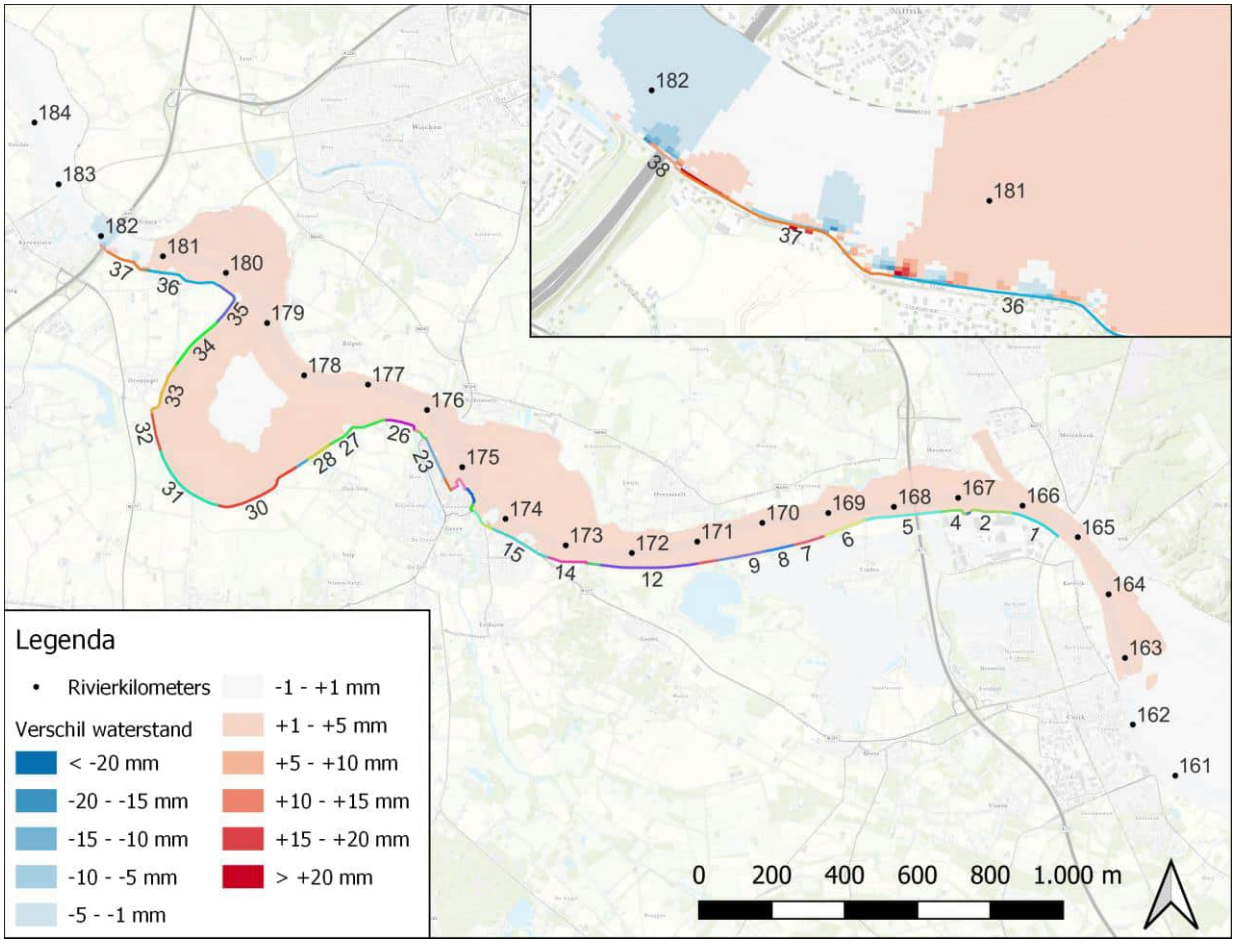
Deze bijlage bevat extra figuren van de simulaties met de hoogwaterreferentie (4.100 m^3/s) voor het model met enkel dijkversterking en geen compensatiemaatregel (CuRa_VO_a4).

Waterstanden

Afvoer van 4.100 m^3/s bij Borgharen



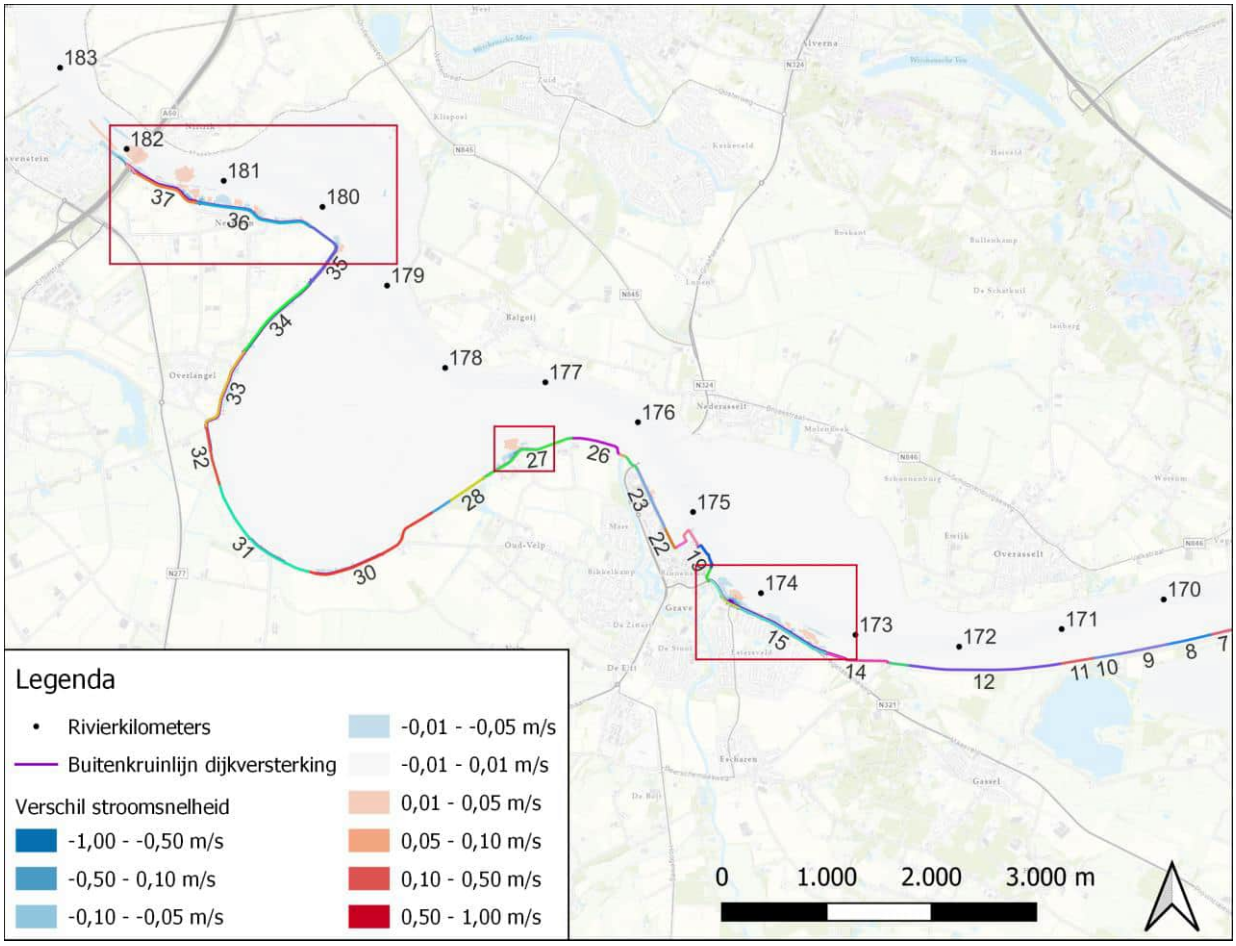
Figuur 6-52 Effect op de waterstand op de as van de rivier van de dijkversterkingen ten opzichte van de referentie bij de hoogwaterreferentie (4.100 m^3/s). Positieve verschillen betekenen een waterstandsverhoging (opstuwing), negatieve verschillen betekenen een waterstandsverlaging.



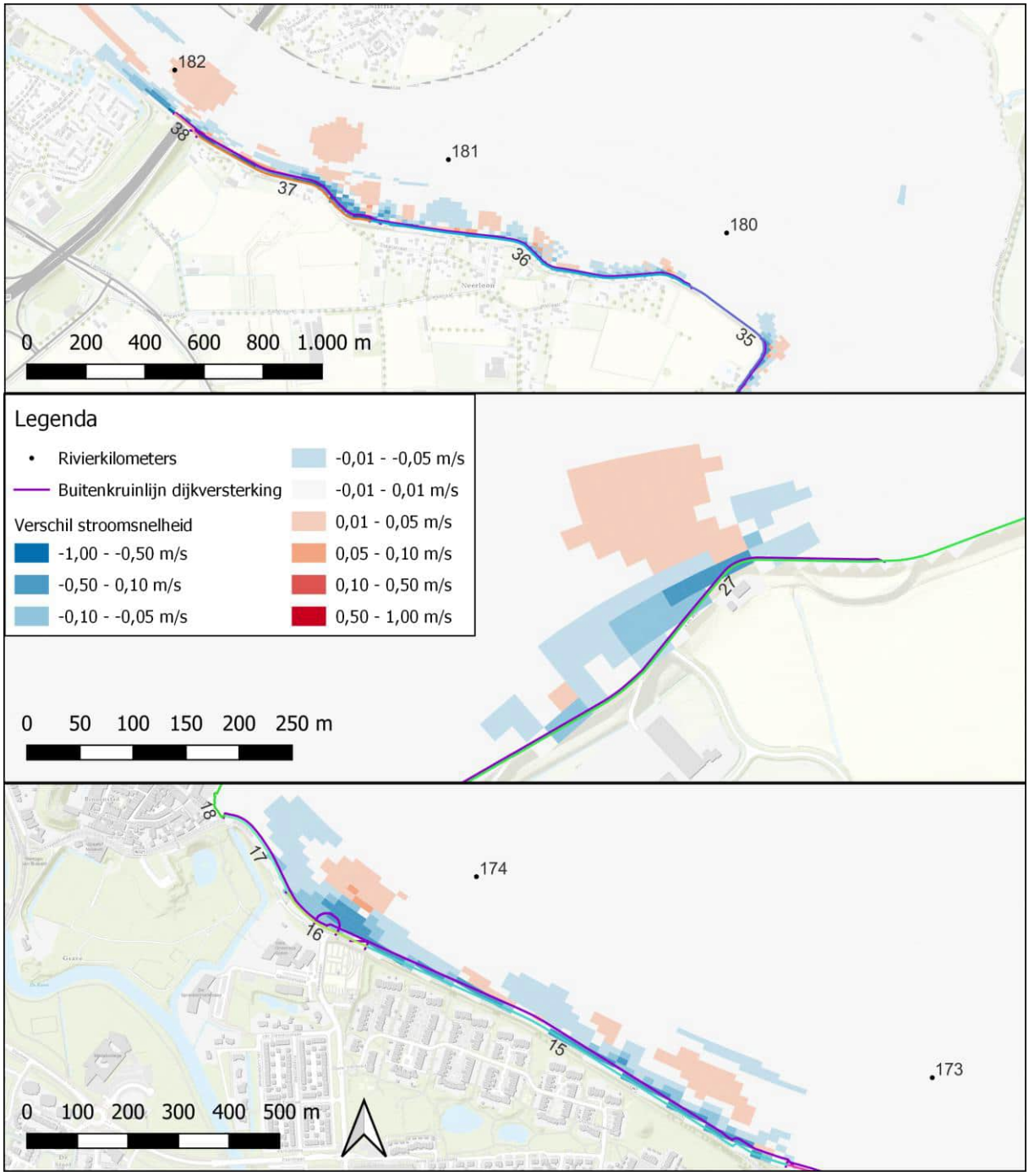
Figuur 6-53 Waterstandseffecten dijkversterking zonder compensatiemaatregel (CuRa_VO_a4) ten opzichte van de projectreferentie (CuRa_REF_a2) bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen

Stroomsnelheid

Afvoer van 4.100 m^3/s bij Borgharen



Figuur 6-54 Verschil in stroomsnelheid tussen de variant met dijkversterkingen zonder compensatiemaatregel (CuRa_VO_a4) en de projectreferentie (CuRa_REF_a2) bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen. Figuur 6-55 toont ingezoomde kaarten van de locaties die zijn aangeduid met een rood kader.



Figuur 6-55 Verschil in stroomsnelheid tussen de variant met dijkversterkingen zonder compensatiemaatregel (CuRa_VO_a4) en de projectreferentie (CuRa_REF_a2) bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen op drie specifieke locaties waar snelheidsveranderingen optreden. De locaties zijn aangeduid in Figuur 6-54.

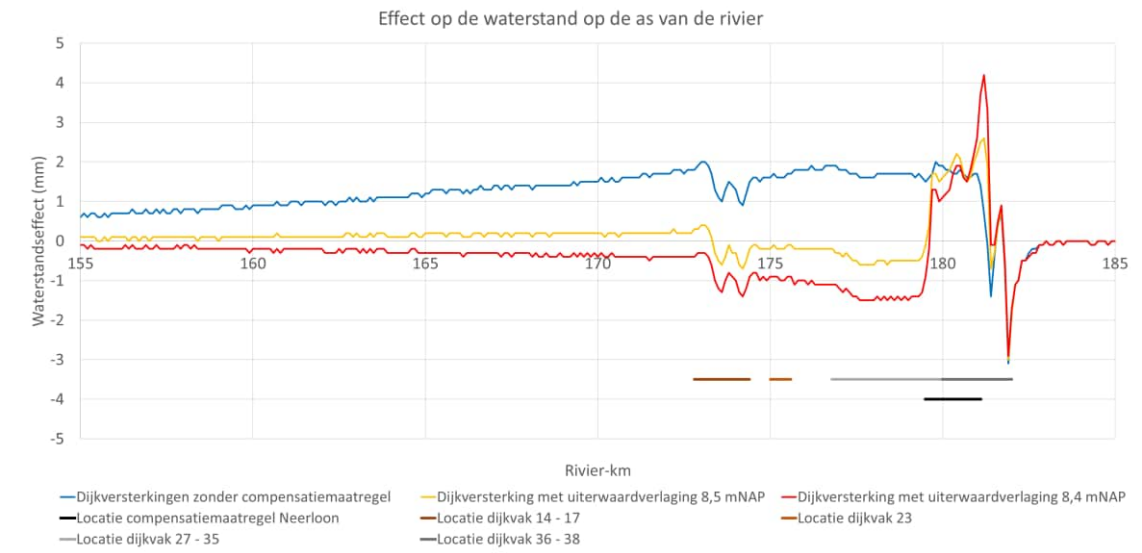
Bijlage D. Iteraties ontwerp compenserende maatregelen

Als onderdeel van de optimalisatie van het ontwerp van de compensatiemaatregel, zijn twee varianten van de uiterwaardverlaging doorgerekend:

- uiterwaardverlaging tot een niveau van NAP +8,5 m;
- Uiterwaardverlaging tot een niveau van NAP +8,4 m.

Figuur 6-56 toont het effect van de dijkversterkingen in combinatie met de uiterwaardverlaging tot de twee niveaus op de waterstand op de as van de rivier. De uiterwaardverlaging tot een niveau van NAP +8,5 m levert niet voldoende waterstandsverlaging op om het effect van de dijkversterkingen in zijn geheel te compenseren. Het algehele waterstandsverhogende effect van de ingrepen is groter dan het waterstandsverlagende effect van de ingrepen.

De uiterwaardverlaging tot een niveau van NAP +8,4 m levert wel voldoende waterstandsverlaging op om het effect van de dijkversterkingen in zijn geheel te compenseren. Deze variant is getoetst in deze rapportage.



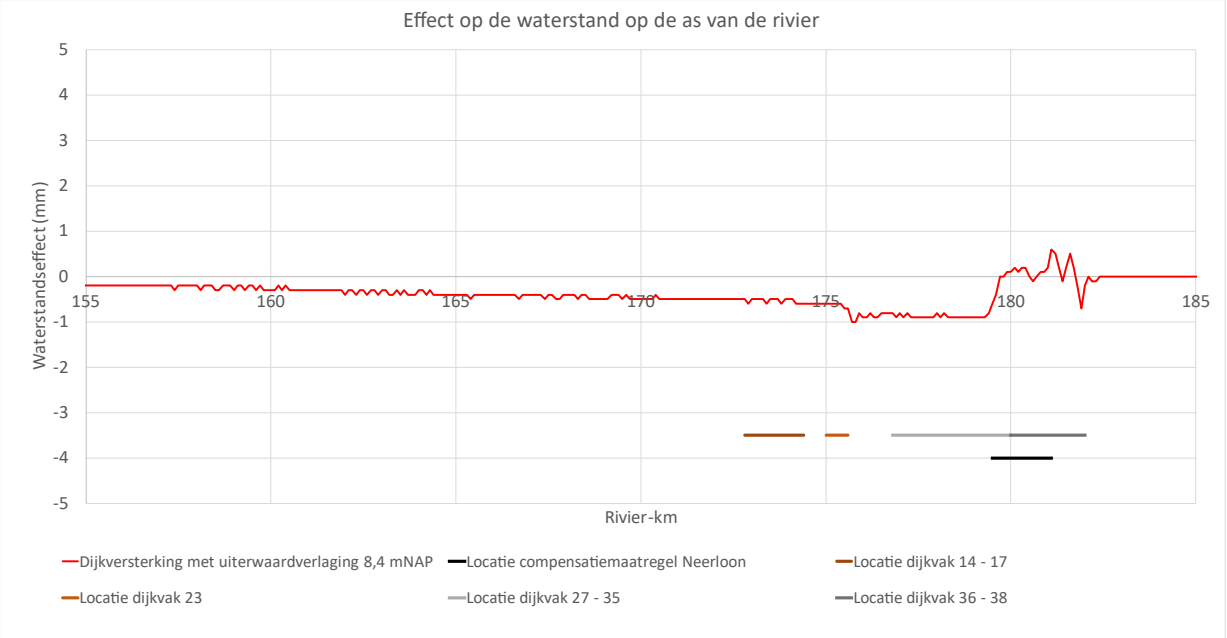
Figuur 6-56 Effect op de waterstand op de as van de rivier van de dijkversterkingen zonder compensatiemaatregelen (CuRa_VO_a4) en met een uiterwaardverlaging met een niveau van respectievelijk NAP +8,4 m en NAP +8,5 m ten opzichte van de projectreferentie (CuRa_REF_a2) bij de hoogwaterreferentie (4.100 m^3/s). Positieve verschillen betekenen een waterstandsverhoging (opstuwing), negatieve verschillen betekenen een waterstandsverlaging.

Bijlage E. Resultaten rivierkundige berekeningen dijkversterking met compensatiemaatregel

Deze bijlage bevat extra figuren van de simulaties met de hoogwaterreferentie (4.100 m^3/s) voor het model met enkel dijkversterking, inclusief compensatiemaatregel (CuRa_VO_maneerl_a2). Sommige figuren zijn identiek aan figuren in het hoofdrapport, maar hier nogmaals opgenomen om de vergelijking tussen de verschillende afvoeren te vereenvoudigen.

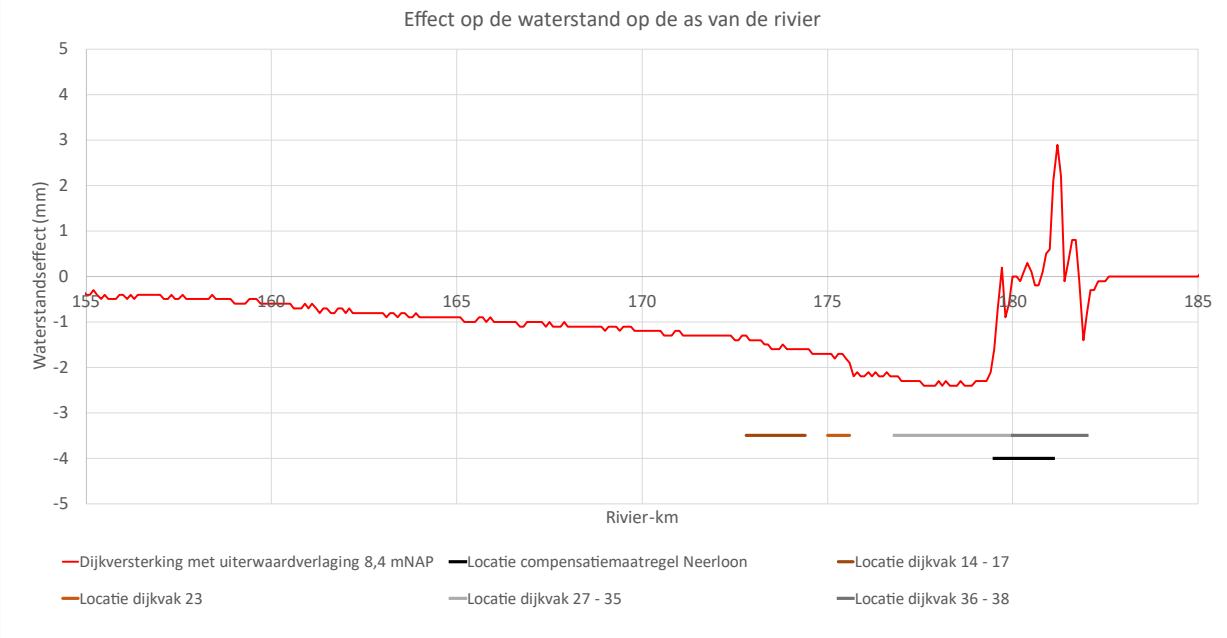
Waterstanden

Afvoer van 2.100 m^3/s bij Borgharen



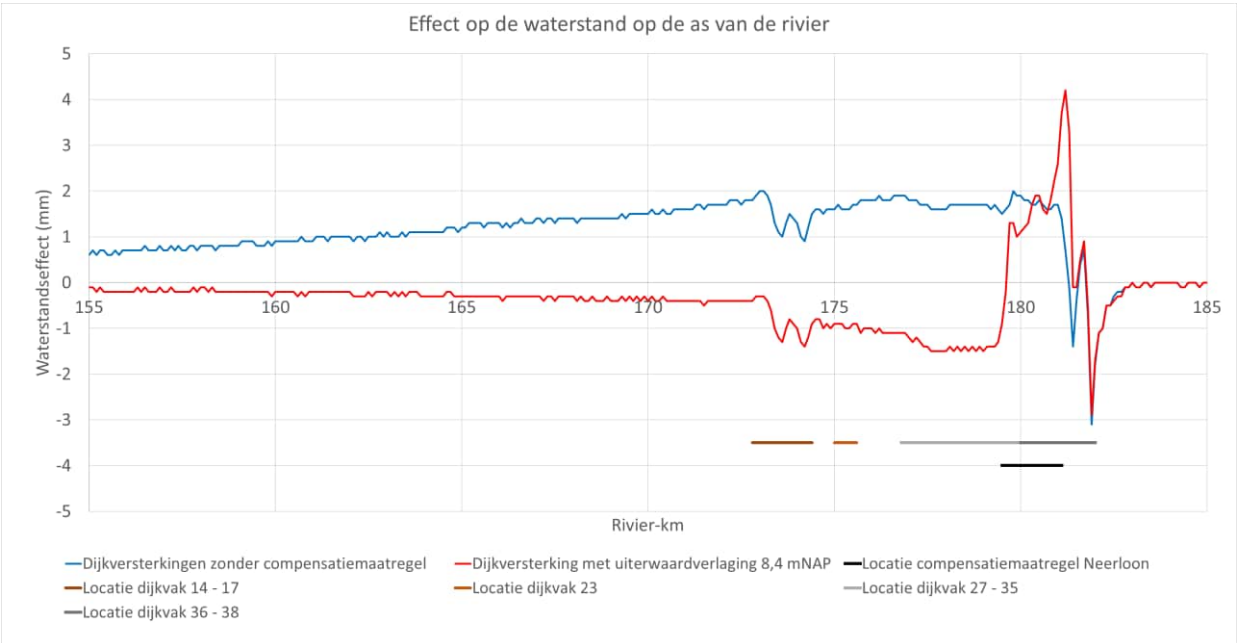
Figuur 6-57 Effect op de waterstand op de as van de rivier van de dijkversterkingen met de compensatiemaatregel ten opzichte van de referentie bij een afvoer van 2.100 m^3/s bij Borgharen. Positieve verschillen betekenen een waterstandsverhoging (opstuwing), negatieve verschillen betekenen een waterstandsverlaging. Omdat in dit deelmodel de waterstanden 0,5 m hoger zijn dan verwacht uit betrekkingslijnen stroomt de compensatiemaatregel mee en geeft een waterstandsverlaging van 1 mm.

Afvoer van 2.500 m^3/s bij Borgharen

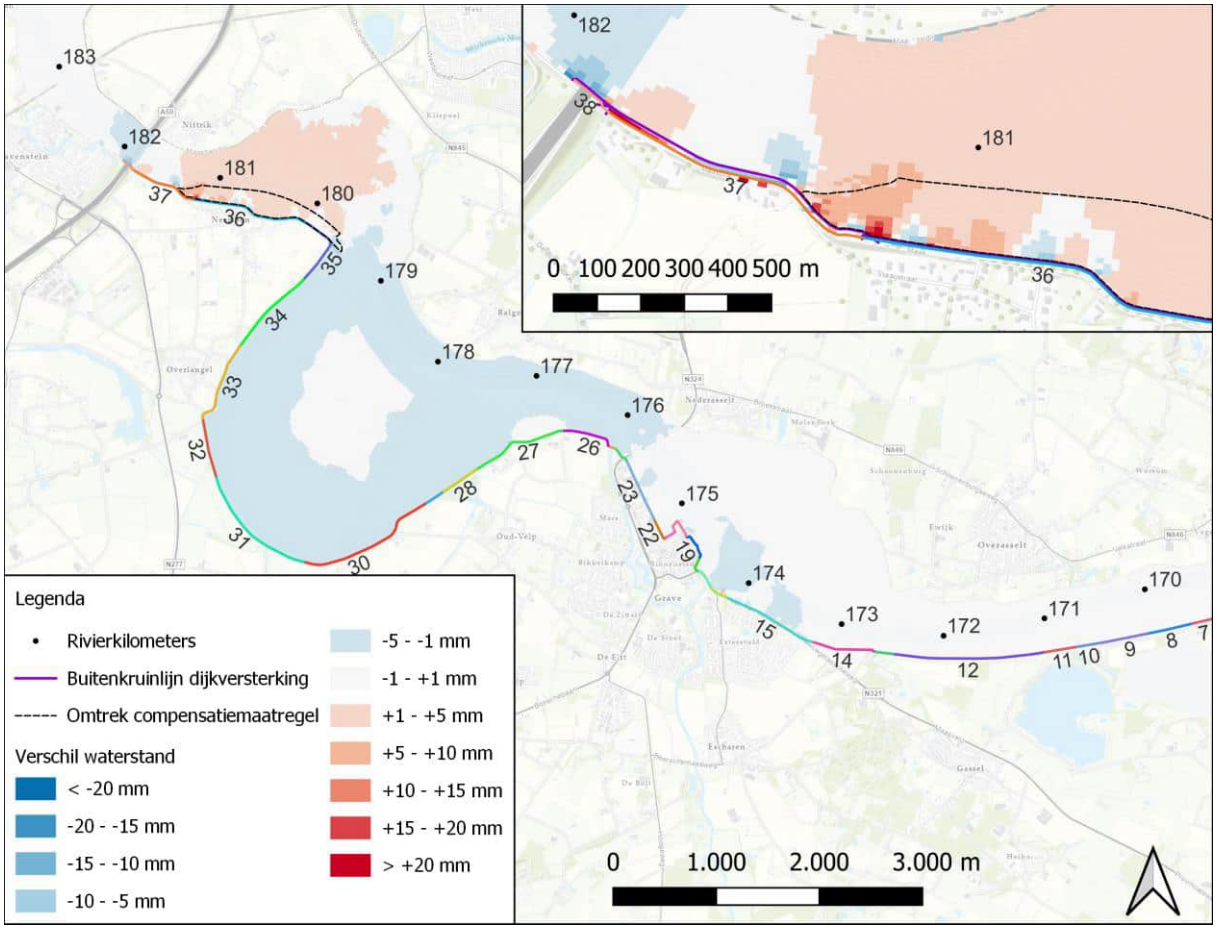


Figuur 6-58 Effect op de waterstand op de as van de rivier van de dijkversterkingen met de compensatiemaatregel ten opzichte van de referentie bij een afvoer van 2.500 m^3/s bij Borgharen. Positieve verschillen betekenen een waterstandsverhoging (opstuwing), negatieve verschillen betekenen een waterstandsverlaging.

Afvoer van 4.100 m^3/s bij Borgharen



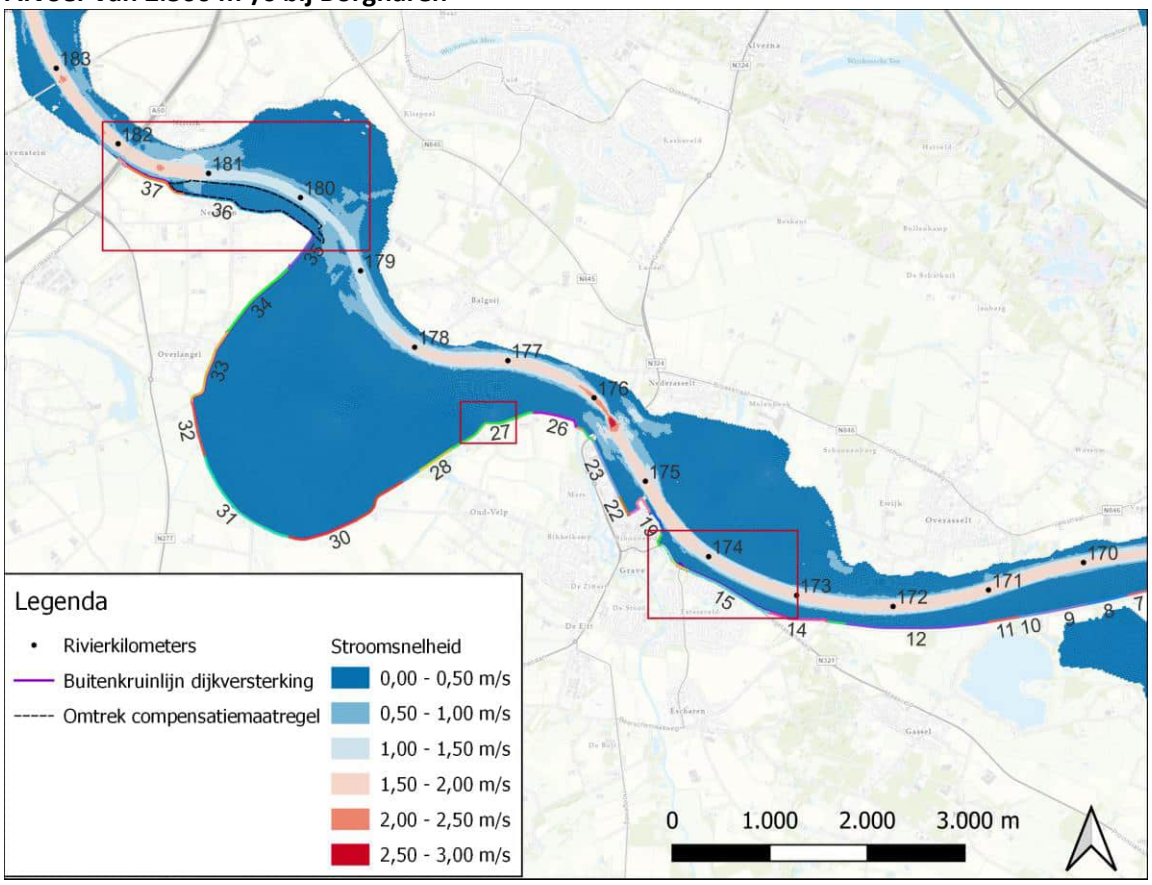
Figuur 6-59 Effect op de waterstand op de as van de rivier van de dijkversterkingen met de compensatiemaatregel ten opzichte van de referentie bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen. Positieve verschillen betekenen een waterstandsverhoging (opstuwing), negatieve verschillen betekenen een waterstandsverlaging.



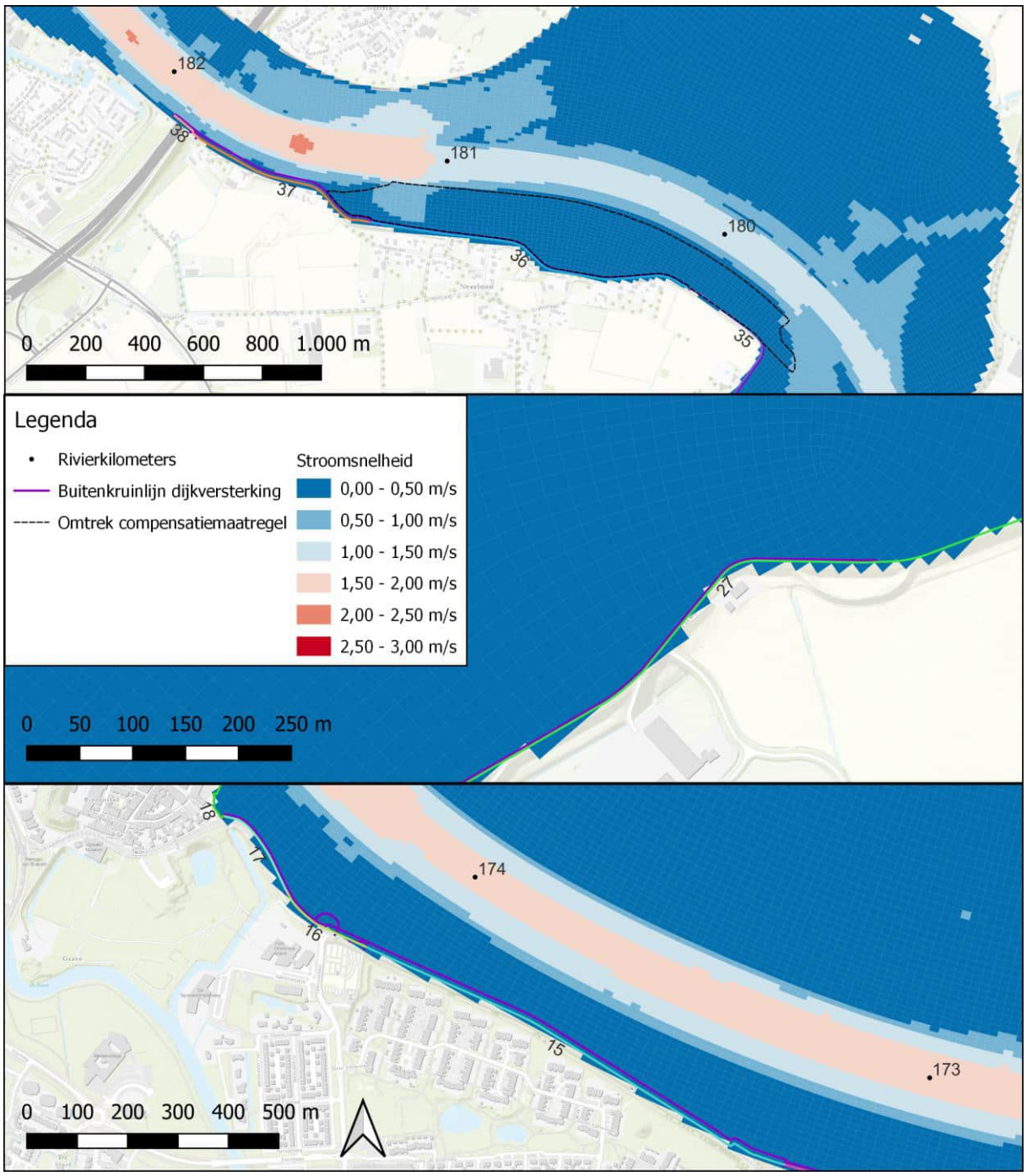
Figuur 6-60 Verschil in waterstand tussen de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (niveau NAP +8,4 m) en de projectreferentie bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen

Stroomsnelheid

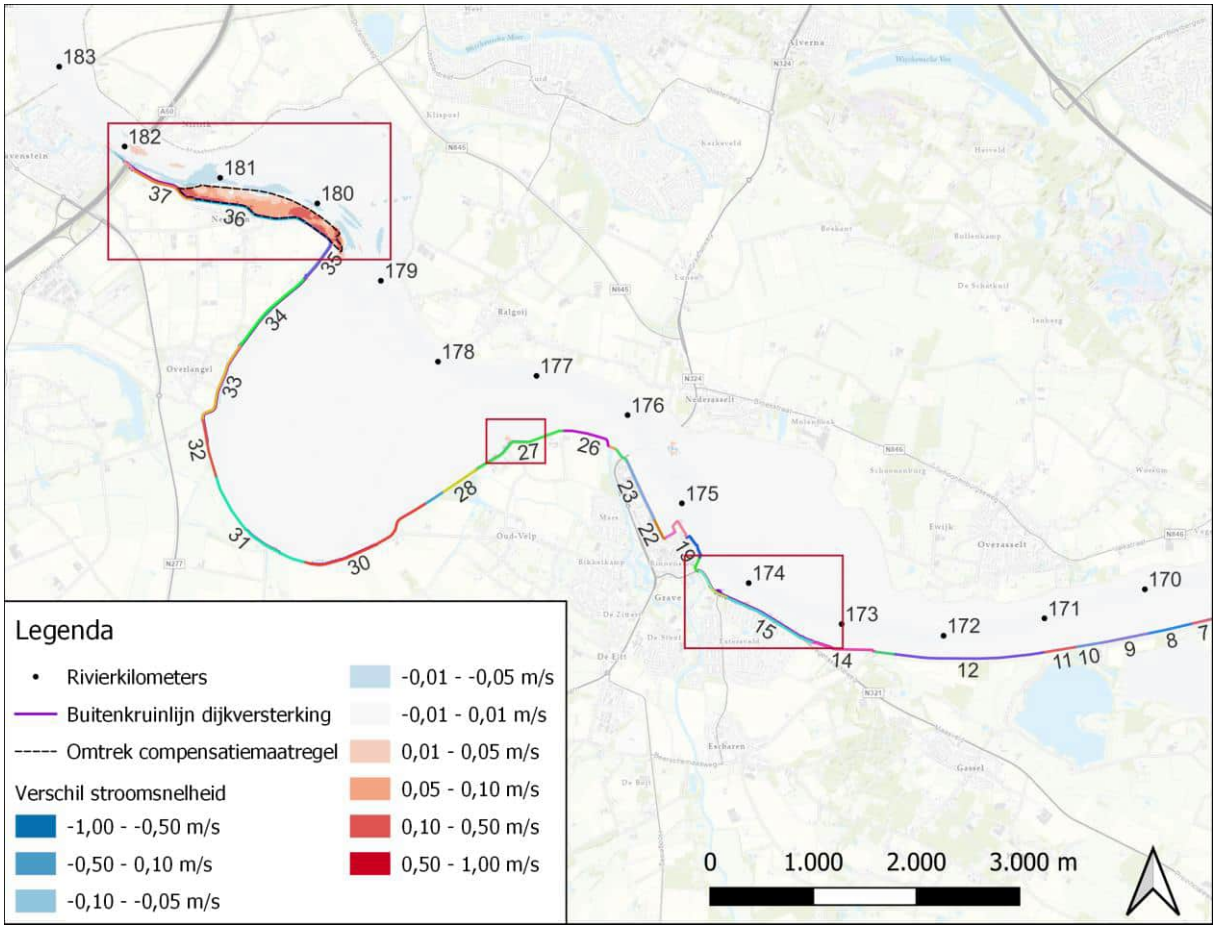
Afvoer van 2.500 m³/s bij Borgharen



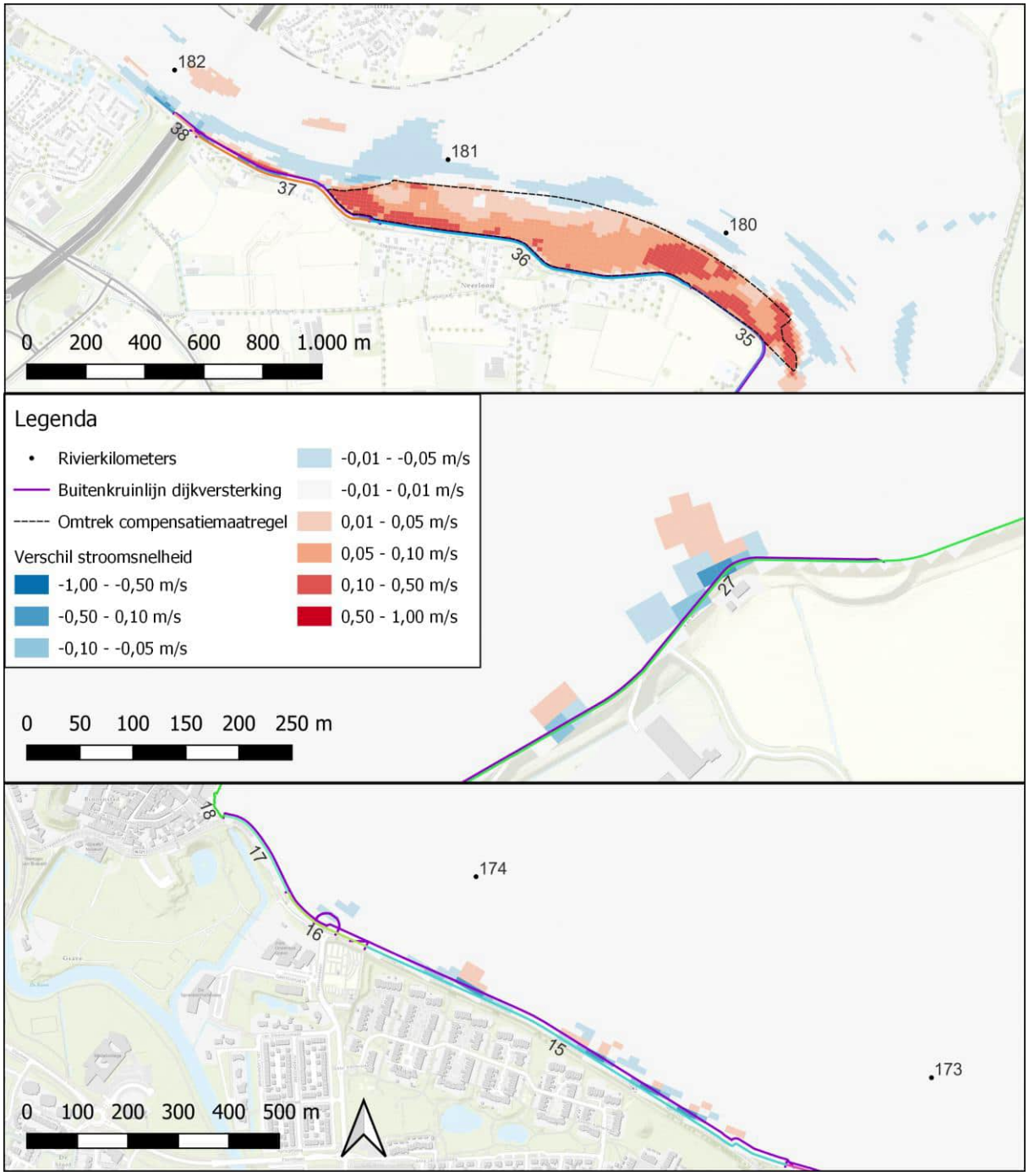
Figuur 6-61 Stroomsnelheid voor de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (niveau NAP +8,4 m) bij een afvoer van 2.500 m³/s bij Borgharen. Figuur 6-62 toont ingezoomde kaarten van de locaties die zijn aangeduid met een rood kader.



Figuur 6-62 Stroomsnelheid voor de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (niveau NAP +8,4 m) bij een afvoer van 2.500 m^3/s bij Borgharen op drie specifieke locaties waar stroomsnelheidsverschillen optreden ten opzichte van de projectreferentie (zie Figuur 4-4). De locaties zijn aangeduid in Figuur 6-61.

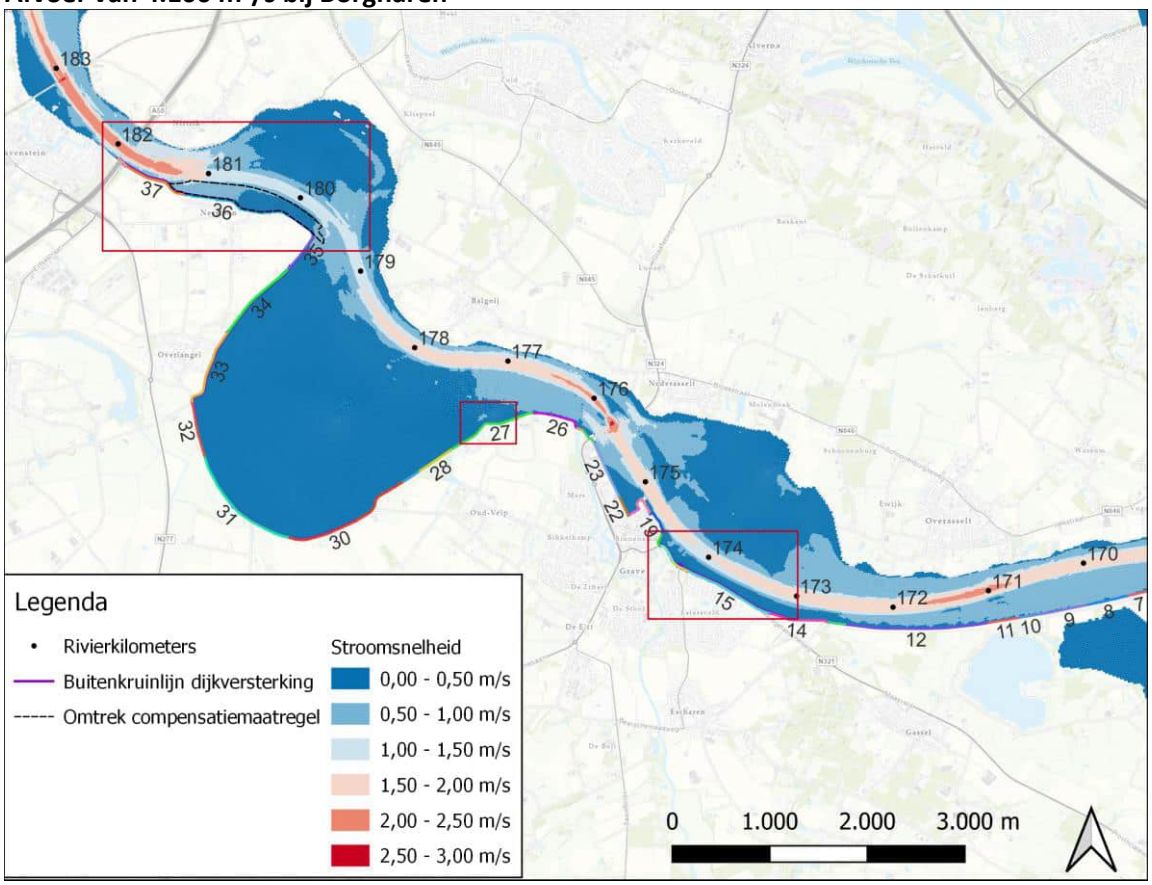


Figuur 6-63 Verschil in stroomsnelheid tussen de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (niveau NAP +8,4 m) en de projectreferentie bij een afvoer van 2.500 m^3/s bij Borgharen. Figuur 6-64 toont ingezoomde kaarten van de locaties die zijn aangeduid met een rood kader.

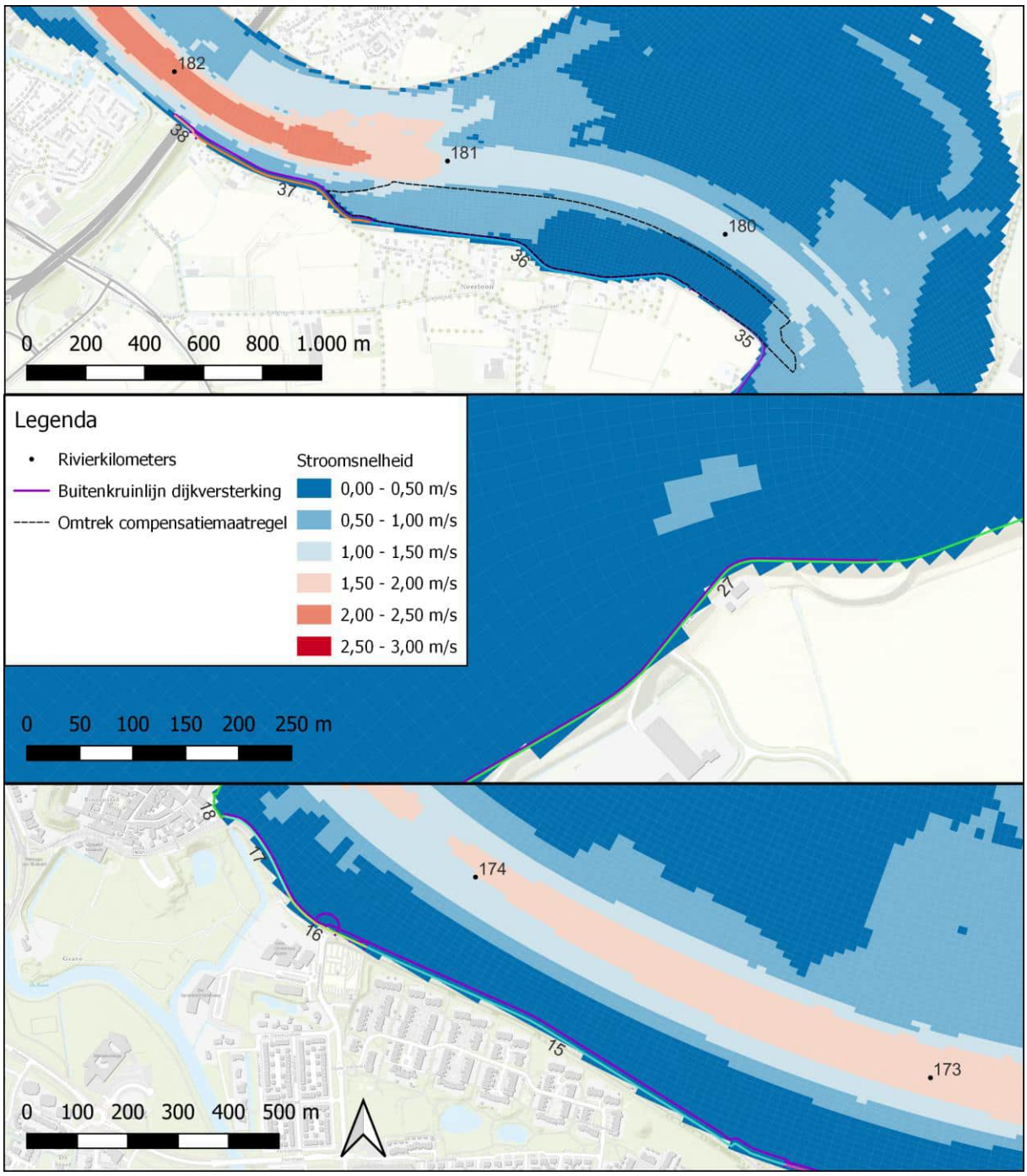


Figuur 6-64 Verschil in stroomsnelheid tussen de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (niveau NAP +8,4 m) en de projectreferentie bij een afvoer van 2.500 m^3/s bij Borgharen op drie specifieke locaties waar snelheidsveranderingen optreden. De locaties zijn aangeduid in Figuur 6-63.

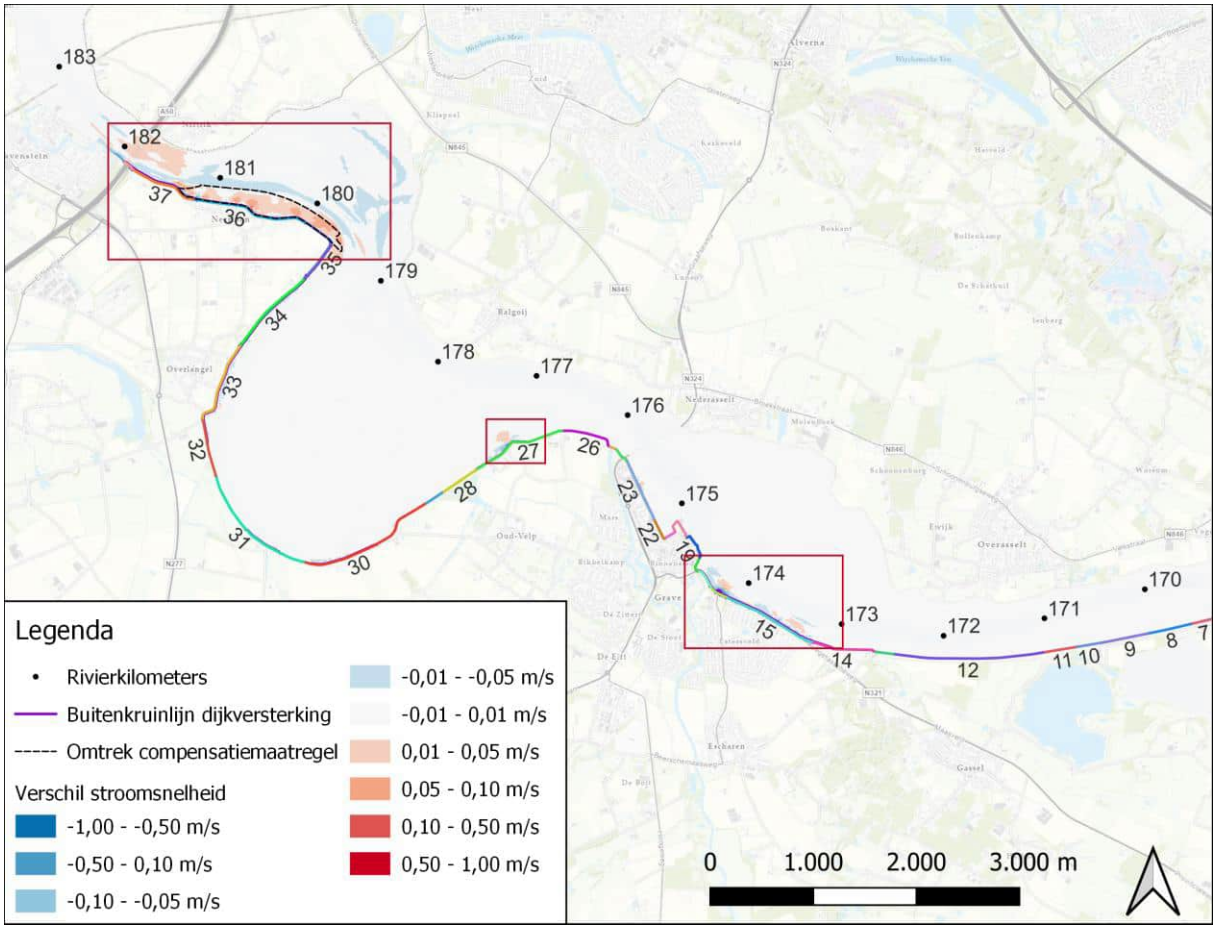
Afvoer van 4.100 m^3/s bij Borgharen



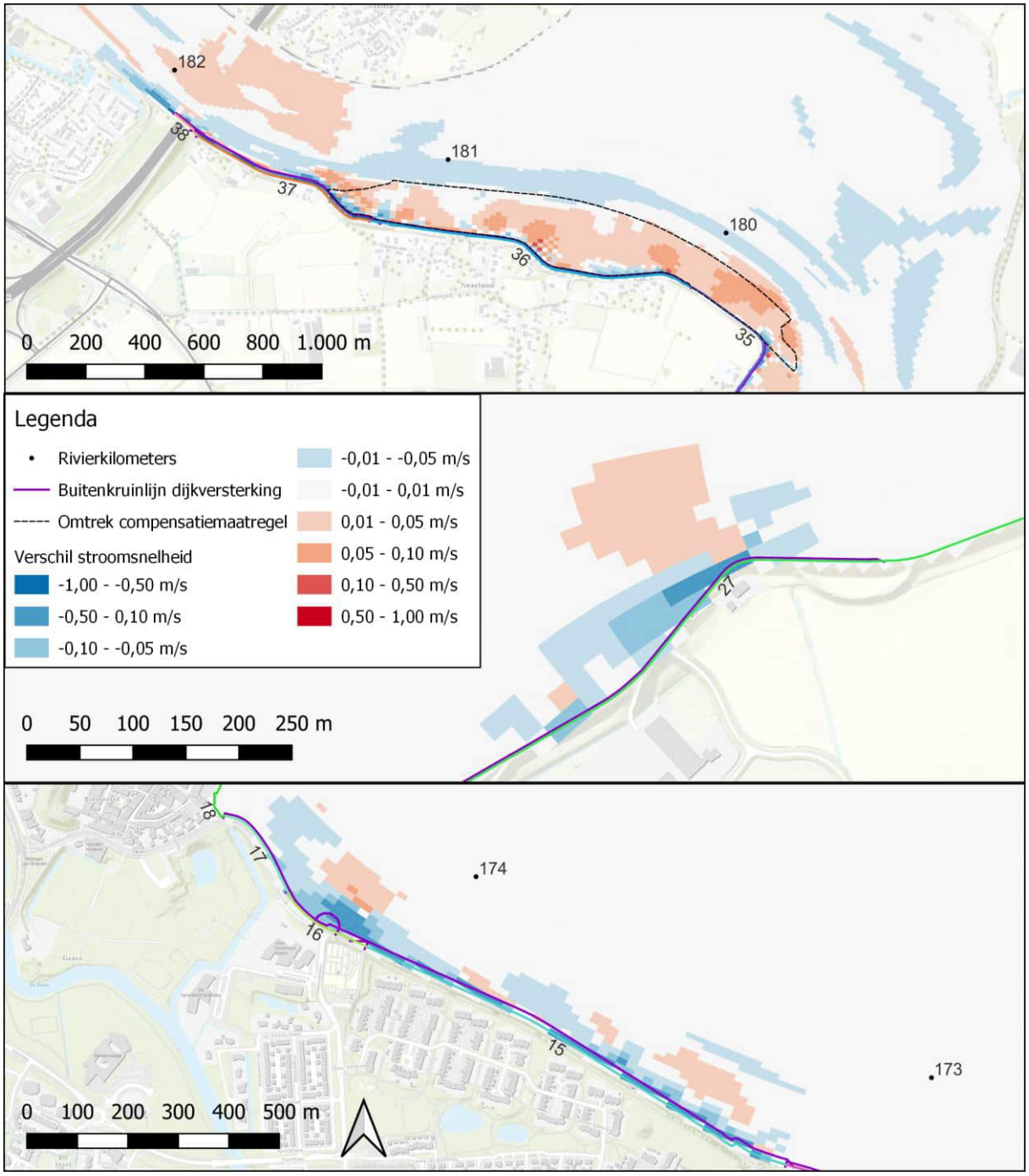
Figuur 6-65 Stroomsnelheid voor de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (niveau NAP +8,4 m) bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen. Figuur 6-66 toont ingezoomde kaarten van de locaties die zijn aangeduid met een rood kader. Deze figuur is identiek aan Figuur 4-3, maar hier nogmaals opgenomen voor de vergelijking met de overige afvoeren.



Figuur 6-66 Stroomsnelheid voor de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (niveau NAP +8,4 m) bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen op drie specifieke locaties waar stroomsnelheidsverschillen optreden ten opzichte van de projectreferentie (zie Figuur 4-4). De locaties zijn aangeduid in Figuur 6-65.



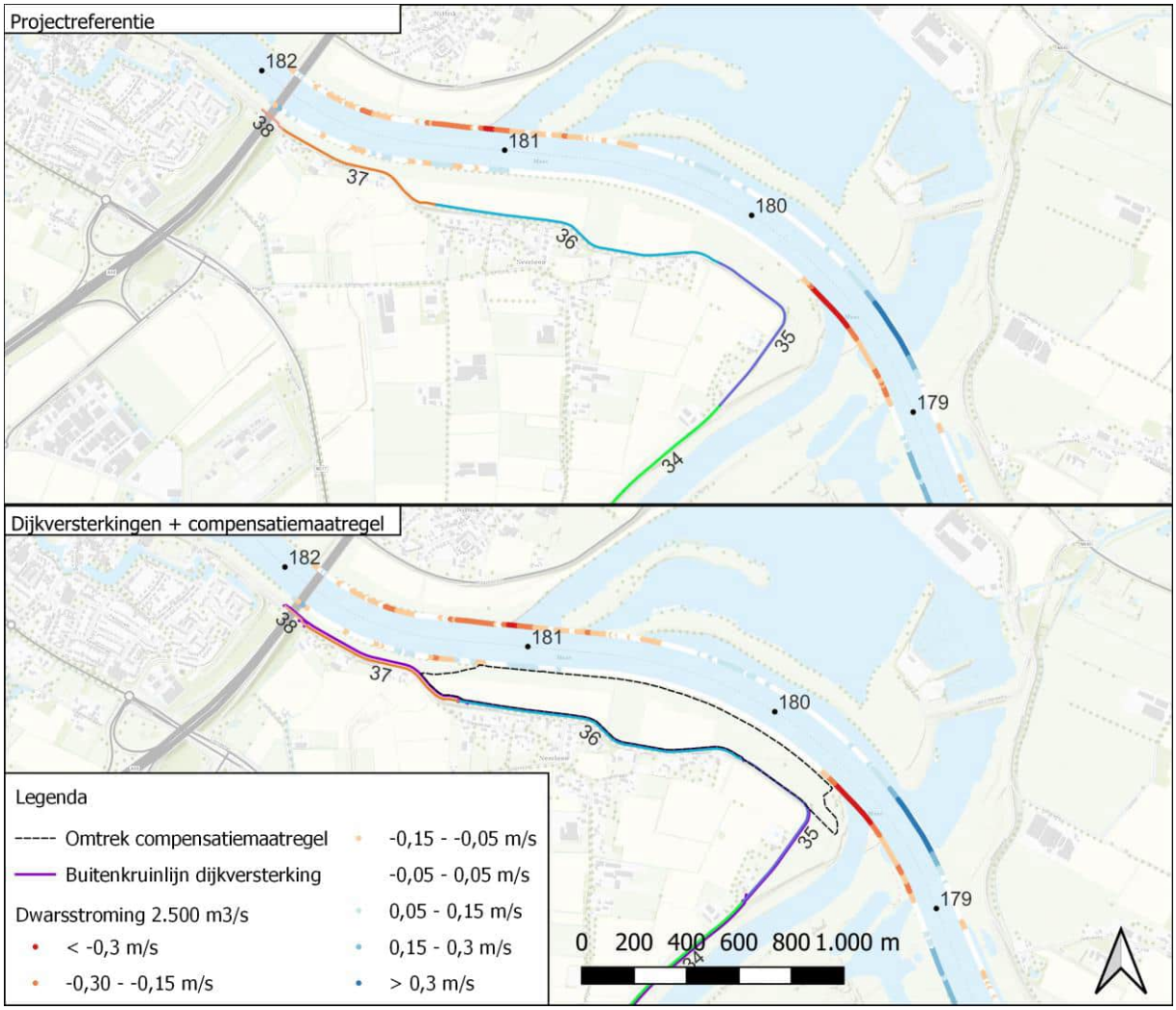
Figuur 6-67 Verschil in stroomsnelheid tussen de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (niveau NAP +8,4 m) en de projectreferentie bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen. Figuur 6-68 toont ingezoomde kaarten van de locaties die zijn aangeduid met een rood kader.



Figuur 6-68 Verschil in stroomsnelheid tussen de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (niveau NAP +8,4 m) en de projectreferentie bij een afvoer van 4.100 m^3/s (hoogwaterreferentie) bij Borgharen op drie specifieke locaties waar snelheidsveranderingen optreden. De locaties zijn aangeduid in Figuur 6-67.

Dwarsstroming

Afvoer van 2.500 m³/s bij Borgharen



Figuur 6-69 Dwarsstroming langs de oever van de rivier bij een afvoer van 2.500 m³/s voor de projectreferentie (CuRa_REF_a2) (boven) en voor de variant met dijkversterkingen en de compensatiemaatregel (CuRa_VO_maneerl_a2) (onder). Positieve waarden (blauw) geven een uitstroom aan, van zomer- naar winterbed. Negatieve waarden (rood) geven een instroom aan, van winter- naar zomerbed.

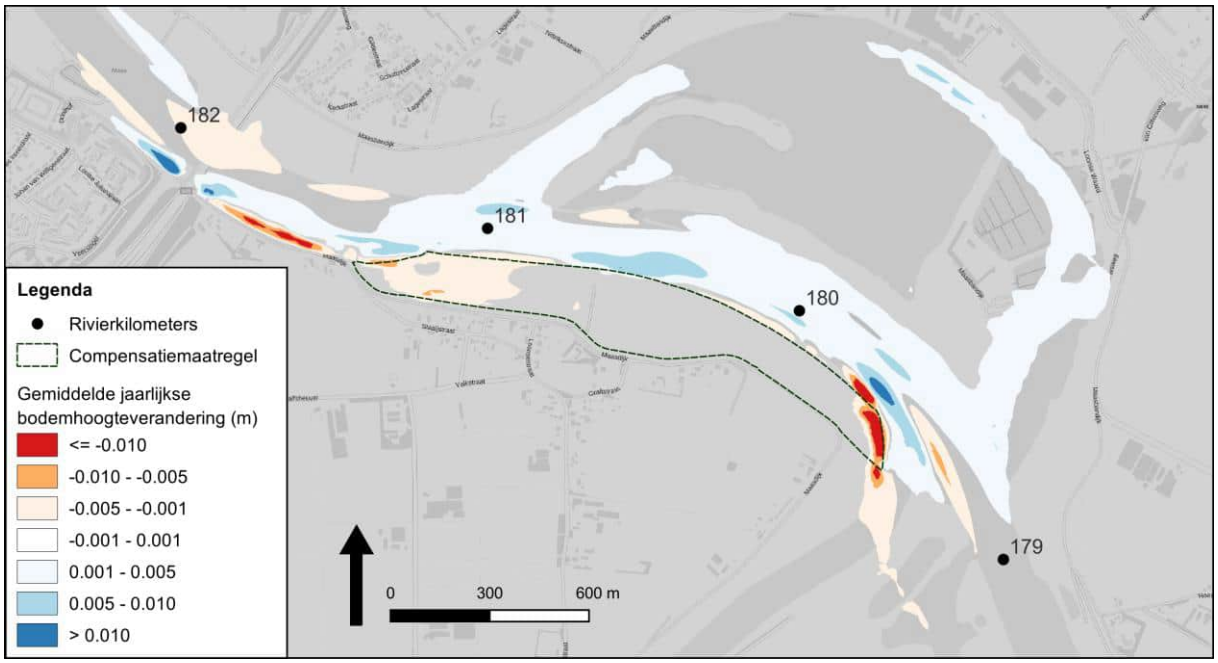
Bijlage F. Morfologische berekeningen D-FAST MI

De tool D-FAST Morphological Impact (MI) is gebruikt om op basis van de D-HYDRO-modelresultaten op een eenvoudige maar consistente manier een inschatting te krijgen van de morfologische effecten. De tool vereist modelresultaten van de situatie inclusief en exclusief maatregel voor alle afvoeren waarbij de maatregel actief is. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van modelresultaten bij de 2.500 en 3.200 m^3/s.

Als gevoeligheidsanalyse is een extra berekening uitgevoerd waarbij ook de afvoer 2.100 m^3/s is toegevoegd, omdat in de berekeningen met het deelmodel ook bij deze afvoer de uiterwaard actief is met een waterdiepte tot 0,4 m. Een verschilanalyse is voor deze afvoeren niet opgenomen in de modelrapportage [14]. Uit een vergelijking van het model met betrekkingslijnen (sectie 4.2.1) zijn de waterstanden 0,5 m hoger. Verwacht wordt dat de waterstanden uit de betrekkingslijnen betrouwbaarder zijn en daarom gebruikt worden voor de inundatiefrequentie.

Het resultaat van deze gevoeligheidsanalyse is weergegeven in Figuur 6-70. Omdat de uiterwaard nu vaker meestroomt is zowel de sedimentatie als de erosie groter:

- Een maximale sedimentatie in het zomerbed van 0,014 m bij de uitstroming van de oude Maasarm van Keent. Gemiddeld langs dijkvak 35 tot 36 is de sedimentatie 0,004 m.
- Een maximale erosie in het zomerbed bij Maasbrug A50 van 0,003 m (uitgaande van een alluviale bodem).
- Een maximale sedimentatie in de uiterwaard bij Maasbrug A50 van 0,055 m (uitgaande van een alluviale bodem).
- Een maximale sedimentatie in de Loonse Waard van 0,007 m.
- Een maximale erosie bij de instroming van de compensatiemaatregel van 0,053 m en bij de uitstroming van 0,010 m (uitgaande van een alluviale bodem).



Figuur 6-70 Inschatting van de gemiddelde jaarlijkse bodemhoogteverandering volgens de vuistregels in D-FAST MI. In deze gevoeligheidsanalyse is ook de afvoer 2.100 m^3/s meegenomen. Veranderingen kleiner dan 1 mm zijn niet weergegeven.

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

MilieuGezondheids Risico *(MGR)*

Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein
WBS: WSD.3.2
Datum: 28-05-2025
Versienummer: D1.0



Inhoud

Inhoud 3

1. Inleiding 4
   - 1.1 Aanleiding 4
   - 1.2 Doelstelling en korte projectbeschrijving 5
   - 1.3 Leeswijzer 6

2. Uitgangspunten effectonderzoek 7
   - 2.1 Project- en studiegebied 7
   - 2.2 Kaders wet- en regelgeving, beleid en richtlijnen 8
   - 2.3 Beoordelingskader 10
   - 2.4 Aannames en uitgangspunten 10

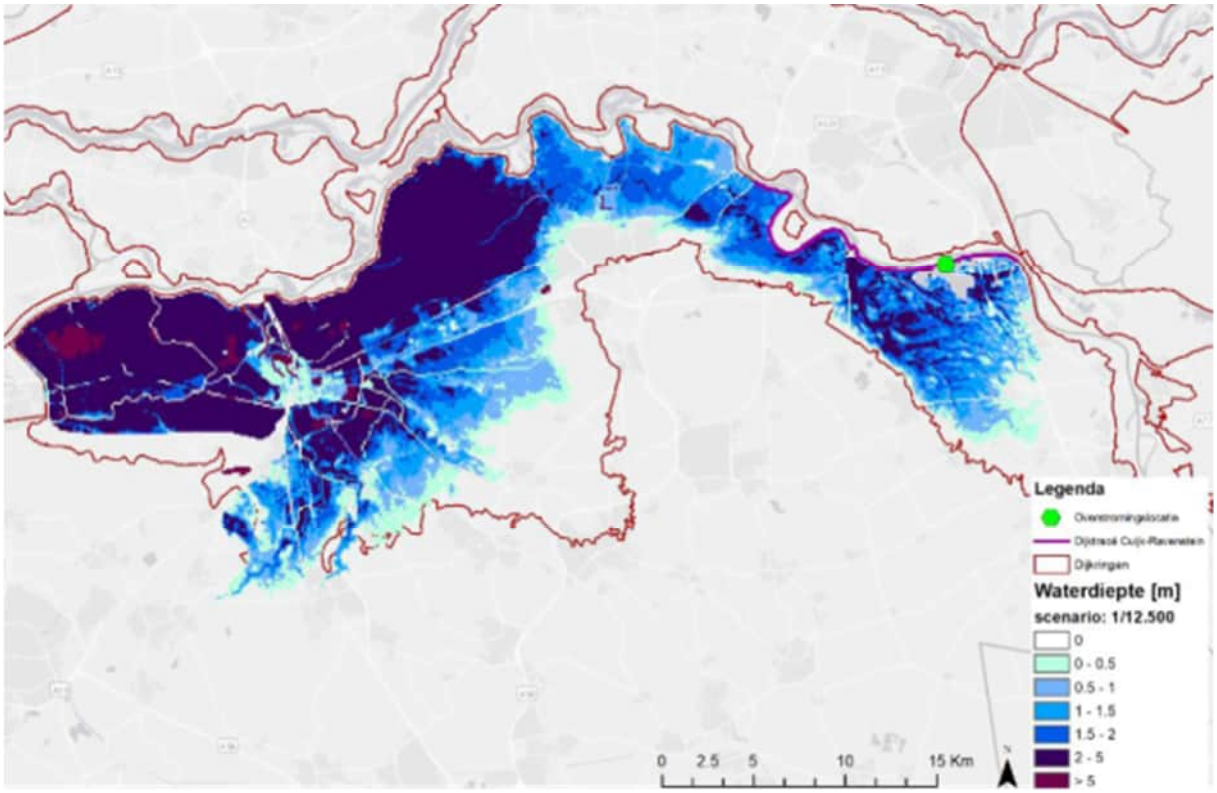
3. Referentiesituatie 13
   - 3.1 Huidige situatie 13
   - 3.2 Autonome ontwikkeling 18

4. Effectbeschrijving en -beoordeling 19
   - 4.1 Effectbeoordeling 19
   - 4.2 Cumulatieve effecten 19
   - 4.3 Maatregelen en aanbevelingen 19
   - 4.4 Leemten in kennis 19

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Door klimaatverandering valt er steeds meer neerslag en neemt de intensiteit van de buien toe. Dat betekent dat het water in de Maas in de toekomst steeds meer water moet afvoeren en daardoor vaker erg hoog staat. Alle dijken in Nederland moeten daarom voldoen aan de waterveiligheidseisen voor het beschermen van de inwoners en de economische waarden in het achterland. De normen voor waterveiligheid zijn in 2017 vastgelegd in de Waterwet en overgenomen in de Omgevingswet als zogenaamde omgevingswaarden. De dijk tussen Cuijk en Ravenstein is een van de trajecten met de strengste norm langs de Maas vanwege de grote gevolgen bij een dijkdoorbraak. Het gebied dat zou overstromen bij een dijkdoorbraak strekt zich uit tot en met ‘s-Hertogenbosch.



Figuur 1-1 Overstromingsscenario bij doorbraaklocatie Kraaijenbergse Plassen *(bron: Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen)*

De dijk tussen Cuijk en Ravenstein is beoordeeld aan de hand van de geldende veiligheidsnormen. Uit de uitgevoerde beoordeling blijkt dat vrijwel het hele traject niet voldoet aan de waterveiligheidseisen. Waterschap Aa en Maas (WSAM) gaat daarom aan de slag om de dijk te verbeteren. Het project Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein is opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het HWBP is onderdeel van het Deltaprogramma waarin de waterschappen en Rijkswaterstaat samenwerken om Nederland te beschermen tegen overstromingen.

Het verbeteren van de waterveiligheid aan de Brabantse zijde van de Maas heeft prioriteit ten opzichte van de Gelderse zijde en de dijkring Keent. De Brabantse zijde heeft namelijk meer inwoners en een hogere economische waarde, wat tot gevolg heeft dat het beschermingsniveau hier hoger is en dat de dijk hier nu eerst wordt aangepakt. Voor deze dijk geldt dat in 2050 een minimaal beschermingsniveau gegarandeerd dient te zijn met een overstromingskans van 1/10.000 per jaar.

1.2 Doelstelling en korte projectbeschrijving

De primaire doelstelling van het project is om de waterkering Cuijk-Ravenstein (dijktraject 36-2) te laten voldoen aan de landelijke normen voor primaire waterkeringen waarbij bestaande waarden en functies worden ingepast. De secundaire doelstelling van het project is om, waar mogelijk, een bijdrage te leveren aan (verbetering van) de kwaliteit van de leefomgeving. De opgave voor de dijkverbetering bestaat daarmee uit een opgave voor waterveiligheid, inclusief de daarbij behorende landschappelijke inpassing en meekoppelkansen.

Het dijktraject Cuijk-Ravenstein is circa 21 km lang en bestaat voor een groot deel uit een gronddijk. Halverwege het traject, in de vestingstad Grave, is een kademuur aanwezig als primaire waterkering. Daarnaast zijn ook diverse constructieve objecten (kunstwerken) in de dijk aanwezig, zoals onder andere de Keersluis Cuijk en Gemaal van Sasse. De gronddijk, de kademuur en de kunstwerken zijn allen onderdeel van het project dijkverbetering Cuijk-Ravenstein.

Hieronder is in Figuur 1-2 het dijktraject met een zwarte lijn weergegeven.



Figuur 1-2 Dijktraject Cuijk-Ravenstein met belangrijkste plaatsnamen, N-wegen en snelwegen

Een andere, belangrijke opgave is het beschermen en bevorderen van de gezondheid van de inwoners van Nederland, waar een ongezonde milieukwaliteit een negatief effect op kan hebben. Een slechte luchtkwaliteit kan leiden tot astma en vroegtijdige sterfte. Geluidshinder kan leiden tot ernstige slaapverstoring, hart- en vaatziekten en sterfte daaraan.
Het Milieugezondheidsrisico (MGR) geeft het risico op gezondheidseffecten door milieufactoren weer op lokaal niveau. Daarmee wordt een indicatie van de milieukwaliteit vanuit een gezondheidskundig perspectief gegeven, waarbij de cumulatieve invloed van milieubelasting op de gezondheid in beeld wordt gebracht. Daarnaast streeft de provincie Noord-Brabant naar drie gezonde levensjaren erbij in 2030 voor de inwoners, waarbij het beleidskader inzet op preventie. Een onderdeel is gezondheidswinst behalen door een verbeterde luchtkwaliteit en gezonde verstedelijking[1]. Ook de GGD in Brabant streeft naar een gezonde leefomgeving. Dit is een omgeving die als prettig wordt ervaren door de inwoners en uitnodigt tot gezond gedrag en waar tenslotte de druk op de gezondheid zo laag mogelijk is, waaronder fysieke aspecten van een omgeving vallen, zoals gezonde lucht en beperkt hinder van geur of geluid en hoe fysieke aspecten bijdragen aan sociale aspecten zoals veilig wonen, bewegen en elkaar ontmoeten[2].

De MGR score is opgebouwd uit geluid (wegverkeer, railverkeer, vliegverkeer, industrie) en luchtkwaliteit (PM_{10}, NO_2, roet) voor zover relevant voor het studiegebied; samen nemen deze factoren zo'n 90% van het milieugerelateerde gezondheidsverlies voor hun rekening. De MGR wordt toegepast ten behoeve van het Milieueffectrapport (MER).

[1] Beleidskader Gezondheid 2021-2030 - Brabant

[2] Gezonde Leefomgeving - GGD Hart voor Brabant

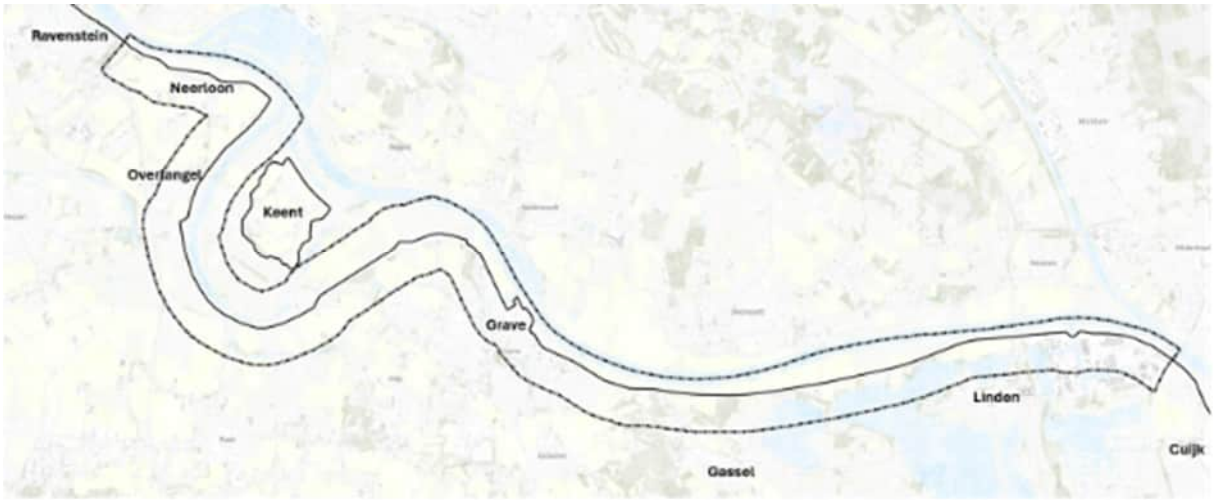
1.3 Leeswijzer

Dit MGR-rapport bestaat, naast dit inleidende hoofdstuk uit drie verdere hoofdstukken. Het volgende hoofdstuk (2) bevat een beschrijving van de uitgangspunten van de effecten, zoals het studiegebied, beoordelingskader en aannames en uitgangspunten. Daarop volgt in hoofdstuk 3 de beschrijving van de referentiesituatie. Als laatste hoofdstuk 4 wat ingaat op de effectbeoordeling en -beschrijving.

2. Uitgangspunten effectonderzoek

2.1 Project- en studiegebied

In het MER wordt onderscheid gemaakt tussen het projectgebied en het studiegebied. Het projectgebied omvat het gebied waarbinnen de ingrepen kunnen plaatsvinden voor de dijkverbetering en is hieronder in het kaartbeeld weergegeven. Het dijktraject Cuijk-Ravenstein heeft een lengte van ongeveer 21 km (van dijkpaal 174 tot en met dijkpaal 382) en ligt aan de zuidzijde van de Maas vanaf de spoorbrug nabij Katwijk (gemeente Land van Cuijk) tot direct westelijk van de autosnelweg A50 over de Maas nabij Ravenstein (gemeente Oss). Het dijktraject sluit aan de westzijde aan op project 'Meanderende Maas'. Het ingelegen dijktraject Keent (dijktraject 36a) valt buiten de scope van het project. Langs het traject liggen verschillende kernen, waarvan Grave de grootste is.



Figuur 2-1 Dijktraject Cuijk-Ravenstein (doorgetrokken zwarte lijn) en projectgrenzen (onderbroken zwarte lijn). Het dijktraject rondom Keent valt buiten de scope

De effecten van de dijkverbetering kunnen mogelijk verder reiken dan de grenzen van het projectgebied. In het MER wordt daarmee rekening gehouden door effecten te beschrijven binnen het studiegebied. Het studiegebied omvat het gebied binnen de onderbroken zwarte lijn in Figuur 2-1. Dit deelrapport gaat in op de locaties waar veranderingen binnen het studiegebied mogelijk zijn.

2.2 Kaders wet- en regelgeving, beleid en richtlijnen

Voor het thema gezondheid zijn de volgende wettelijke en/of beleidskaders relevant[3].

Tabel 2-1 Relevante regelgeving en beleid

Kaders	
Nationaal	
Nationale Omgevingsvisie (NOVI)	Er zijn 21 nationale belangen in de fysieke leefomgeving beschreven. Deze nationale belangen komen samen in vier prioriteiten: ruimte voor klimaatadaptatie en energietransitie, een duurzaam en (circulair) economisch groeipotentieel, sterke en gezonde steden en regio's, toekomstbestendige ontwikkeling van het landelijk gebied. Bij de afweging van de belangen staat een evenwichtig gebruik van de fysieke leefomgeving centraal voor zowel de boven- als de ondergrond. *Betekenis voor dit project* Er is een aantal uitgangspunten van belang: • De ontwikkeling van de leefomgeving moet zo veel als mogelijk in balans zijn met bescherming van waarden als gezondheid, veiligheid, landschap, natuur, cultureel erfgoed, leefomgevingskwaliteit en milieukwaliteit. • Leefomgevingskwaliteit bestaat uit zowel ruimtelijke kwaliteit als milieukwaliteit. Milieukwaliteit heeft betrekking op waarden die wij toekennen aan een gezonde en veilige woon-, werk- en leefomgeving. Het gaat onder andere om luchtkwaliteit en geluidshinder.
Omgevingswet	De Omgevingswet streeft naar een veilige en gezonde fysieke leefomgeving en een doelmatig beheer van de fysieke leefomgeving ter vervulling van maatschappelijke functies.
Provinciaal/regionaal beleid	
Omgevingsvisie provincie Noord-Brabant	De provincie Noord-Brabant heeft op 14 december 2018 de omgevingsvisie Noord-Brabant 'De kwaliteit van Brabant' vastgesteld. Het doel van de visie is om de kwaliteit van de leefomgeving voor alle Brabanders te verbeteren. In de visie is geformuleerd hoe de Brabantse leefomgeving er in 2050 uit moet zien. Daarbij zijn tussendoelen gesteld voor 2030 om het einddoel te kunnen bereiken. De basisopgave van de visie is het werken aan veiligheid, gezondheid en omgevingskwaliteit. Deze basisopgave is veelomvattend en gaat over milieuaspecten zoals een schone bodem, schoon water (ondergrond) en schone lucht. Maar ook over landschappelijke en cultuurhistorische aantrekkelijkheid, een goede woon- en werkomgeving met een aantrekkelijk aanbod aan voorzieningen, stilte en een natuurrijke omgeving, waarin biodiversiteit en recreatie hand in hand gaan. Voor 2030 heeft Brabant een aanvaardbare leefomgevingskwaliteit en voldoet het voor alle aspecten aan de wettelijke normen. Voor 2050 presteert Brabant voor alle aspecten beter dan de wettelijke normen. Naast de basisopgave staan er in de omgevingsvisie ook vier hoofdopgaven, namelijk: I. Werken aan de Brabantse energietransitie. II. Werken aan een klimaatproof Brabant: In 2030 zijn de eerste grote gebiedsopgaven ten behoeve van waterrobuustheid gerealiseerd. In 2050 is Brabant klimaatbestendig en waterrobuust ingericht. III. Werken aan de slimme netwerkstad. IV. Werken aan concurrerende, duurzame economie. Bij opgave II speelt waterveiligheid een belangrijke rol in het bestendig maken van de provincie tegen de effecten van klimaatverandering. Het initiatief draagt bij aan de waterveiligheid, door de dijkverbetering over een lengte van 21 kilometer aan de Brabantse zijde van de Maas.
Omgevingsverordening provincie Noord-Brabant	De Omgevingsverordening Noord-Brabant (hierna: omgevingsverordening) is op 5 december 2023 vastgesteld en in werking getreden. De omgevingsverordening is een nadere uitwerking van de omgevingsvisie, waarin regels staan over allerlei

[3] Hierin staan alleen voor dit deelrapport relevante documenten. Op gemeentelijk niveau zijn niet alle beleidsdocumenten opgenomen, maar alleen die documenten die een relevant kader meegeeft voor deze studie.

Kaders	
	activiteiten in de fysieke leefomgeving. Deze regels zijn nodig om de ambities van de omgevingsvisie te realiseren. Vanuit de Omgevingsverordening gelden er verschillende provinciale aanwijzingen voor het initiatiefgebied Cuijk-Ravenstein. Deze zijn relevant voor het uitwerken van het project.
Beleidskader Gezondheid 2021-2030	De provincie Noord-Brabant wil drie gezonde levensjaren erbij voor iedere Brabander in 2030. Alle provinciale programma's zetten zich maximaal in om dat doel te bereiken. Mogelijke acties om gezondheidswinst te behalen zijn: • schone lucht (50% gezondheidswinst via het Schone Luchtakkoord); • goede fiets- en wandelinfrastructuur t.b.v. een actieve leefstijl; • gezond aanbod van voedsel t.b.v. een gezond voedingspatroon; • verbeteraanpak m.b.t. hitte- en wateroverlast; • nabijheid van natuur en groen om te kunnen bewegen.
Gemeentelijk beleid	
Omgevingsvisie Land van Cuijk	De omgevingsvisie van gemeente Land van Cuijk wordt op moment van schrijven nog opgesteld. Op dit moment heeft de gemeente al een opgavenotitie en een perspectievennotitie opgesteld. Deze vormen de basis voor het uitwerken van de omgevingsvisie. De kernopgaves voor gemeente Land van Cuijk zijn onderverdeeld in thema's (zie Kernopgavenotitie Land van Cuijk, 28 juni 2023). *Betekenis voor dit project* 1. Ruimte voor een vitale samenleving • Leefbaarheid en voorzieningenniveau waarborgen • Gezonde leefomgeving inrichten • Goede milieukwaliteit nastreven 2. Klimaatbestendig en energieneutraal Land van Cuijk • Wateroverlast, droogte en oplossen • Energienetwerk innoveren • Klimaatbeheersing door CO_2-reductie en -opslag
Omgevingsvisie Oss	Het ontwerp Omgevingsvisie Oss 2024 vernieuwen, verduurzamen & verbinden heeft van 16 januari tot en met 26 februari 2025 ter inzage gelegen maar is op moment van schrijven nog niet vastgesteld. Deze paragraaf is geschreven op basis van de ontwerp-Omgevingsvisie. De visie geeft richting aan toekomstige ontwikkelingen, initiatieven en beleid van de gemeente Oss voor de komende jaren. Daarnaast beschrijft de visie hoe de gemeente daar op hoofdlijnen uitvoering aan wil geven. Oss heeft vier integrale kernambities richting 2040: 1. toekomstbestendige verstedelijking en vitale kernen; 2. een gezonde, veilige en groene leefomgeving; 3. energieneutraal, circulair en klimaatbestendig Oss in 2050; 4. ondernemend en uitnodigend Oss.
Omgevingsvisie Maashorst	De Omgevingsvisie van Maashorst (vastgesteld op 23 mei 2024) richt zich op de toekomst van de gemeente en heeft een driedelige missie: I. het bevorderen van gezondheid, II. het verbeteren van de omgevingskwaliteit en III. het werken aan een duurzame samenleving.

2.3 Beoordelingskader

Voor het MER is op basis van de notitie reikwijdte en detailniveau en het advies van de Commissie mer een beoordelingskader vastgesteld. Voor het thema gezondheid geldt het volgende beoordelingskader.

Tabel 2-2 Beoordelingskader dat in het MER is gehanteerd

Thema	Beoordelingscriteria	Beoordeling
Leefomgeving	Gezondheid	Gezondheid kwantitatief door middel van een MGR (Milieugezondheidsrisico)-indicator

Effecten op Milieugezondheidsrisico (MGR)

In het studiegebied kunnen verschillende gezondheidseffecten optreden. Het project kan effecten hebben op de luchtkwaliteit en op geluid. Voor luchtkwaliteit is gekeken naar de waarde van fijnstof (PM_{10}) en stikstofdioxiden (NO_2). Roet wordt niet in de berekening van de totale MGR betrokken, omdat de relatie tussen de roetconcentratie en gezondheidseffecten niet gecorrigeerd is voor de aanwezigheid van andere luchtverontreinigingscomponenten, zoals bij fijnstof en stikstofdioxide. Voor geluid is zowel de gehele etmaalbelasting (Lden) als de blootstelling voor de nacht (Lnight) voor wegverkeer gebruikt. Railverkeergeluid, industriegeluid en vliegtuiggeluid zijn in dit rapport niet meegenomen, omdat er in het studiegebied geen sprake is van deze bronnen van geluid. Daarna is de cumulatieve invloed van milieubelasting op de gezondheid in beeld gebracht.

Er is geen norm vastgesteld voor de afwijking ten opzichte van de Nederlandse gemiddelde MGR of voor het verschil in MGR bij twee of meer varianten of gebieden. Het is duidelijk dat als een MGR hoger is dan het Nederlands gemiddelde er relatief meer milieugezondheidsrisico's zijn op de betreffende locatie of het betreffende gebied. Als de MGR van de ene variant hoger is dan de MGR van de andere variant scoort de ene variant gezondheidskundig gezien slechter. Om de effecten te classificeren en te beoordelen zijn de volgende klassegrenzen gehanteerd.

Tabel 2-3 Klassegrenzen criterium 'Effect op Milieugezondheidsrisico'

+ +	De MGR scoort erg ver onder het Nederlands gemiddelde (MGR <4%)
+	De MGR scoort ver onder het Nederlands gemiddelde (MGR = 4% - 4,5%)
0/+	De MGR scoort onder het Nederlands gemiddelde (MGR = 4,5% - 5%)
0	De MGR scoort gelijk aan het Nederlands gemiddelde (MGR = 5% - 6%)
0/-	De MGR scoort boven het Nederlands gemiddelde (MGR = 6% - 6,5%)
-	De MGR scoort ver boven het Nederlands gemiddelde (MGR = 6,5% - 7%)
- -	De MGR scoort erg ver boven het Nederlands gemiddelde (MGR >7%)

2.4 Aannames en uitgangspunten

MGR-methode

De MGR-indicator geeft een indicatie van de milieukwaliteit vanuit een gezondheidskundig perspectief. De MGR-indicator is het milieugerelateerde gezondheidsrisico op een bepaalde plaats als percentage van de totale te verwachten gezondheidsrisico's. De berekeningswijze kent eenzelfde grondslag als de berekeningen van de milieugerelateerde ziektelast. Om de MGR-indicator in een meer begrijpelijke schaal uit te drukken is er voor gekozen om de milieugerelateerde ziektelast weer te geven als percentage van de totale gemiddelde ziektelast in Nederland. De totale gemiddelde ziektelast in Nederland is het gevolg van verschillende factoren, die een negatieve invloed op de gezondheid hebben. Een ongezond milieu draag 5,7% bij aan de totale ziektelast in Nederland.

De berekening van de MGR-indicator is gebaseerd op bloostelling-respons-relaties, het aantal verloren gegane jaren door sterfte of een mindere kwaliteit van leven en een wegingsfactor voor de ernst van het gezondheidseffect. Het (plaatsgebonden) MGR wordt door middel van een kleurcodering op een kaart weergegeven in een grid.

Voor het berekenen van de MGR-indicator is gebruik gemaakt van een geografisch, ruimtelijke analyse. Deze analyse is gedaan met behulp van geografisch-analyse-software, FME. De datasets die gebruikt zijn, zijn de volgende. Voor het thema geluid is gebruik gemaakt van datasets opgehaald van de Atlas-leefomgeving. De bronhouder van de data is het RIVM. De gegevens van geluid zijn uit 2022. Voor het thema luchtkwaliteit is de data ook afkomstig van de Atlas-leefomgeving. Ook hier is de bronhouder het RIVM. De gegevens zijn gemeten in 2023. Alle data gebruikt voor de analyse is rasterdata, welke landsdekkend is. De rasters hebben een verschillende gridgrootte. De data voor geluid heeft een grid van 10x10 meter en luchtkwaliteit 25x25 meter. Voor de analyse is een grid van 25x25 meter aangehouden.

Kaartweergave

Om de MGR-indicator op de kaart weer te kunnen geven zijn kleuren gekoppeld aan de verschillende percentages. Er is berekend wat de verdeling van het MGR in Nederland is. De MGR-indicator loopt uiteen van circa 3,5% tot ongeveer 11%. Gemiddeld is de MGR-indicator 5-6%. Boven dit gemiddelde zijn de kleuren geel, oranje tot rood gekoppeld aan de percentages MGR. Blauwe kleuren zijn gekoppeld aan percentages onder dit gemiddelde. Op deze wijze wordt in één oogopslag duidelijk hoe het milieugerelateerde gezondheidsverlies op een bepaalde plaats zich verhoudt tot het gemiddelde in Nederland.

Geen effectbeschrijving en effectbeoordeling van het voorkeursalternatief of varianten

In dit rapport is geen effectbeschrijving en -beoordeling gemaakt. De berekeningen richten zich uitsluitend op de MGR-indicator in de huidige situatie, waarvoor voldoende gegevens beschikbaar zijn. Hoewel verwacht wordt dat de luchtkwaliteit autonoom zal verbeteren, is dit geen direct effect van het project. Voor wegverkeergeluid wordt een negatieve autonome ontwikkeling aangegeven, maar ook dit is geen direct effect van het project.
Er zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om een analyse uit te voeren voor de referentiesituatie, het voorkeursalternatief en de varianten. De dijkverbetering leidt niet of nauwelijks tot een verlegging of verhoging van (dijk)wegen. Zo bedraagt de verhoging van dijkwegen maximaal 0,5 à 0,75 meter en verschuift de ligging van (dijk)wegen maximaal enkele meters. Ook leidt de dijkverbetering niet tot extra verkeer op de (dijk)wegen en zullen er geen effecten optreden op geluid. Doordat de ligging van (dijk)wegen niet of nauwelijks verandert en er geen sprake is van een verkeerstoename, zullen er geen effecten optreden op de luchtkwaliteit. Het verschil tussen de huidige situatie en de referentiesituatie is daarom niet onderscheidend genoeg om te berekenen en te beoordelen. Datzelfde geldt voor het in het MER te beoordelen voorkeursalternatief of de varianten.

Milieufactoren en gezondheidseffecten die niet zijn opgenomen in het MGR

Milieufactoren

Het MGR is momenteel gericht op de blootstelling aan omgevingsfactoren (luchtverontreiniging en geluid) die aan een substantieel deel van de milieugerelateerde ziektelast bijdragen. Voor deze omgevingsfactoren zijn binnen het RIVM voor geheel Nederland blootstellingsgegevens beschikbaar, zodat (relatief eenvoudig) voor deze factoren een landsdekkend beeld van het milieugezondheidsrisico kan worden gegeven, inclusief het risico door cumulatie. Lokale bronnen zoals bijvoorbeeld bodemverontreiniging, veiligheidsrisico's van industrie of geur van industrie of veehouderij zijn (nog) niet in het MGR opgenomen. Vooral geur(hinder) kan lokaal een bijdrage leveren aan de milieugerelateerde ziektelast.

Hinder

Geur- en geluidshinder beïnvloeden het welbevinden van een substantieel deel van de bevolking. In ziektelastberekeningen wordt niet eenduidig met hinder omgegaan. Zo publiceerde de WHO in 2011 en 2012 rapporten over de ziektelast van omgevingsgeluid, waarin (ernstige) geluidshinder in het ene rapport wel en in het andere rapport niet werd gekwantificeerd. Er is voor gekozen om deze gezondheidseffecten nu niet op te nemen in de berekeningswijze van de MGR.

Risicogroepen

Het is relevant om in milieubeleid aandacht te hebben voor groepen mensen die een groter risico lopen op ziekte of gezondheidsschade dan gemiddeld (hoog risicogroepen). De Gezondheidsraad onderscheidt twee benaderingen voor het definiëren van hoog-risico-groepen: vanuit de blootstelling of vanuit de ziekte. In het eerste geval gaat het om personen met een bepaald kenmerk dat de milieublootstelling of de gevoeligheid ervoor (of beide) ongunstig beïnvloedt. In het tweede geval gaat het om personen met een zekere eigenschap die de kans op ziekte verhoogt. Het MGR speelt in op (een deel van) de eerste benadering. Met het MGR kunnen locaties in beeld worden gebracht waar sprake is van een meer dan gemiddeld risico door verhoogde blootstelling aan milieufactoren. In de berekeningen van het MGR zitten echter geen elementen waarmee specifiek rekening kan worden gehouden met een verhoogde gevoeligheid voor de blootstelling of met een verhoogd risico op ziekte of een aandoening. Het MGR wordt weliswaar berekend op basis van de gehele Nederlandse bevolking waaronder zich ook mensen met een verhoogde gevoeligheid of een grotere ziektekans bevinden, maar hun verhoogd risico wordt ‘uitgemiddeld’: het MGR is de gemiddelde ‘respons’ van de bevolking.

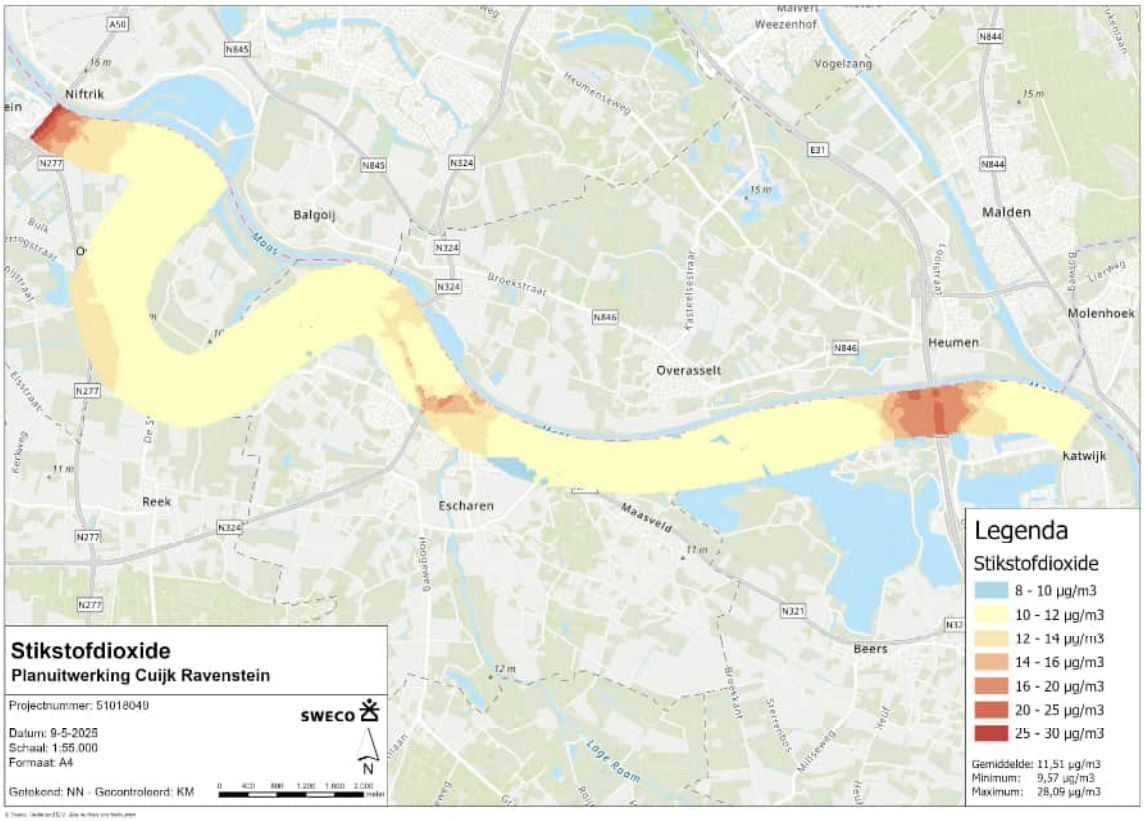
3. Referentiesituatie

3.1 Huidige situatie

Luchtkwaliteit

Stikstofdioxide (NO_2)

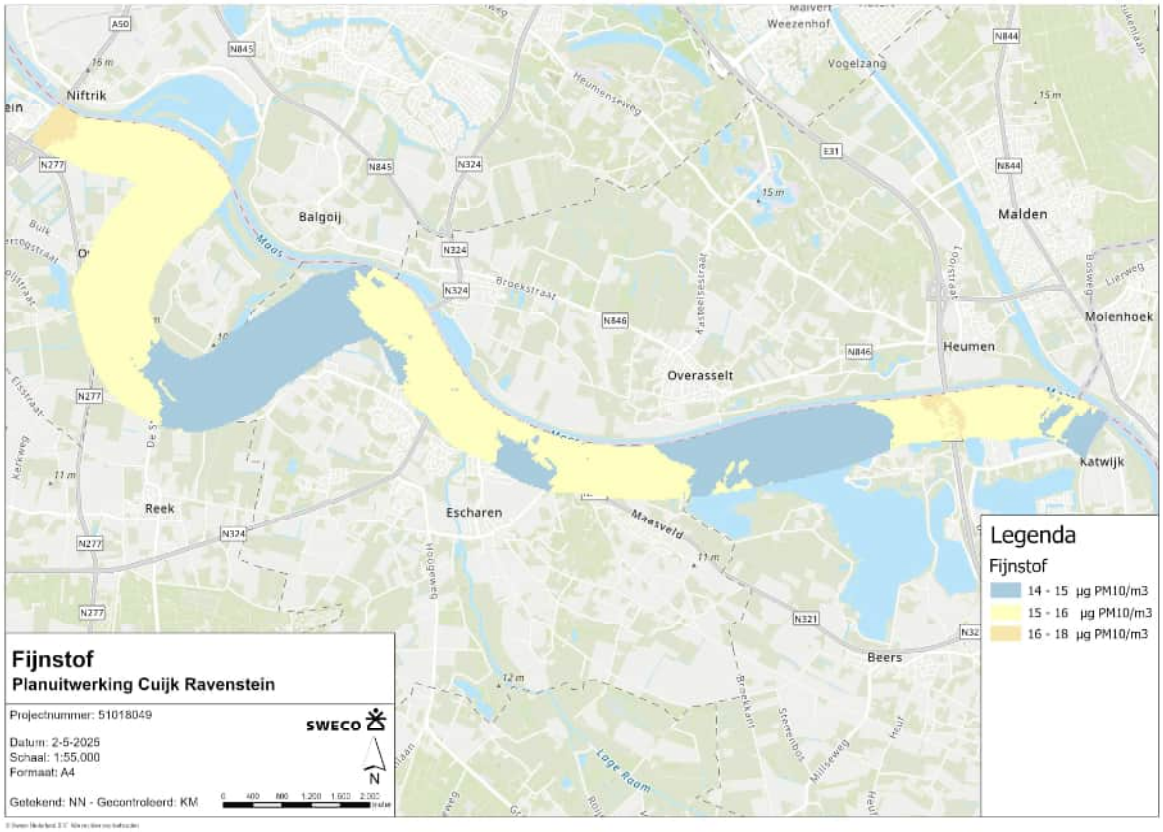
Voor stikstofdioxide (NO_2) zijn Europese normen vastgesteld. In Nederland is het jaargemiddelde vastgesteld op maximaal 40 µg/m^3, wat gelijk is aan de WHO-advieswaarde van 2005. Op basis van de WHO-advieswaarden heeft de Europese Unie richtlijnen opgesteld waarin grenswaarden zijn opgenomen. Voor stikstofdioxiden geldt een jaargemiddelde van 20 µg/m^3. De Europese grenswaarden dienen binnen twee jaar in de Nederlandse wetgeving overgenomen te zijn. Deze grenswaarden dienen uiterlijk op 1 januari 2030 te zijn bereikt. De WHO-advieswaarden van 2021 zijn vastgesteld op een jaargemiddelde van maximaal 10 µg/m^3.
De gemiddeld concentratie is 11,5 µg/m^3 voor het studiegebied. De maximale concentratie voor NO_2 ligt aan de wegdelen langs De A50 en de A73 tussen de 14 µg/m^3 en 28,1 µg/m^3. Over het algemeen genomen ligt de concentratie NO_2 onder de 14 µg/m^3, wat nog boven de (nieuwe) WHO-advieswaarden ligt.



Figuur 3-1 Concentratie stikstofdioxide in het studiegebied

Fijnstof (PM_{10})

Voor PM_{10} geldt op dit moment een jaargemiddelde EU-grenswaarde van 40 µg/m^3, de WHO heeft in 2021 de advieswaarde herzien en bijgesteld naar 15 µg/m^3. 20 µg/m^3 is de Europese grenswaarde voor 2030.
De gemiddelde concentratie voor PM_{10} is 15,1 µg/m^3 en ligt tussen de 14,8 µg/m^3 en 17,2 µg/m^3 binnen het studiegebied. De hoogste concentraties zijn te zien langs de A50 en A73. De gemiddelde concentraties liggen onder de wettelijke normen voor luchtkwaliteit, maar liggen voor het grootste gedeelte boven de (nieuwe) WHO-advieswaarden.

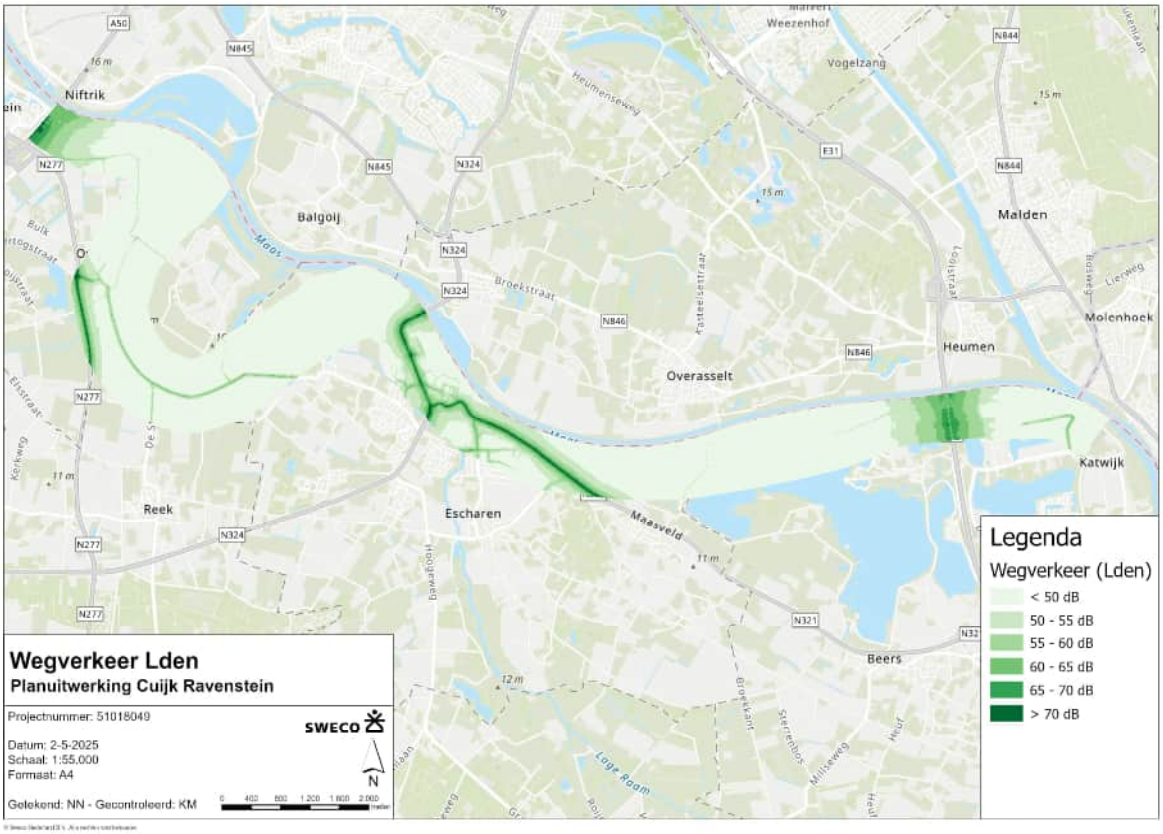


Figuur 3-2 Concentratie fijnstof in het studiegebied

Geluid

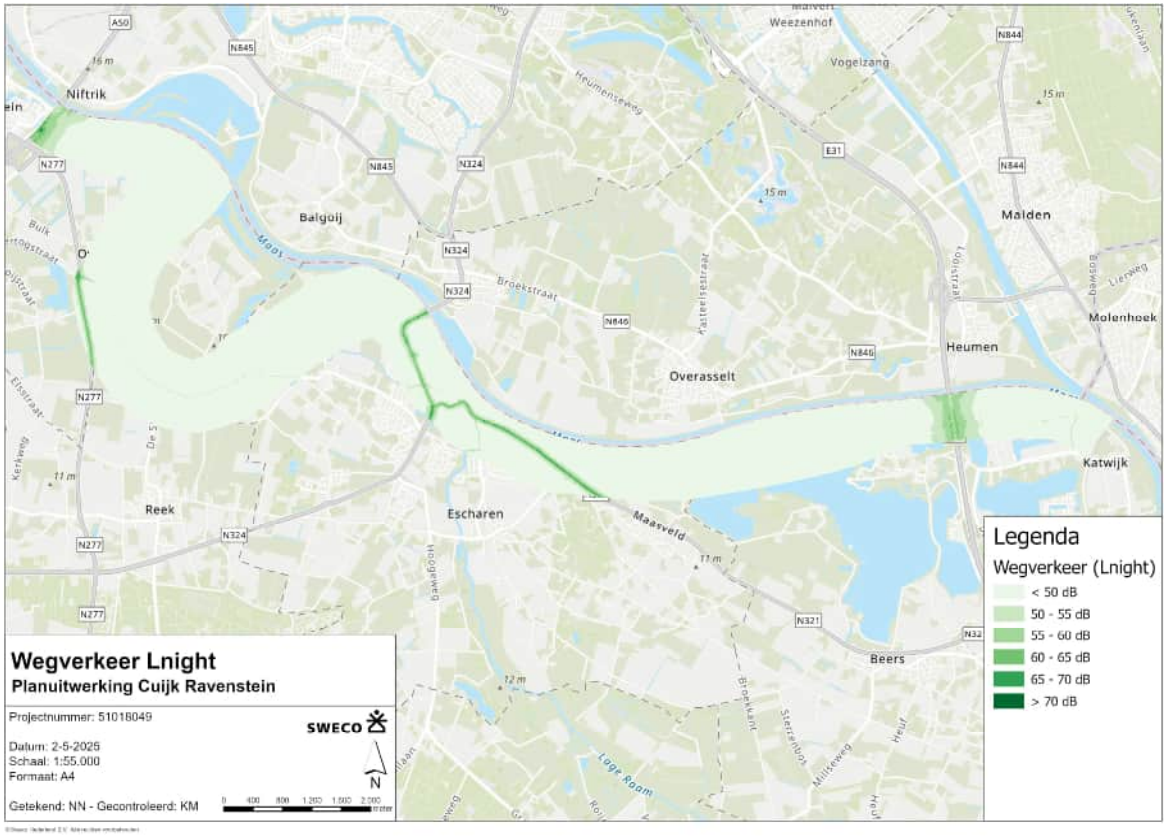
De hoeveelheid geluid is uitgedrukt in L_{den} (Level Day-Evening-Night). Dat is het gemiddelde in decibel (dB) per etmaal (24 uur), waarbij geluid 's avonds en 's nachts zwaarder meetelt dan overdag. De hoeveelheid geluid 's nachts is uitgedrukt in L_{night}. Dat is de gemiddelde geluidsbelasting van 23 uur 's avonds tot 7 uur 's ochtends.

Onder de Omgevingswet staan normen voor geluid in het Bkl (Besluit kwaliteit leefomgeving). De normen bestaan uit een standaardwaarde en een grenswaarde. Het doel is om onder de standaardwaarde te blijven. Meer geluid dan de grenswaarde is bijna nooit toegestaan. De standaardwaarde voor L_{den} voor gemeentewegen en waterschapswegen is 53 dB, voor L_{night} is dat 40 dB. De grenswaarde voor L_{den} voor gemeentewegen en waterschapswegen is 70 dB, voor L_{night} is dat 50 dB.
De gemiddeld geluidsbelasting van wegverkeer per etmaal is 45,4 dB en voor de meeste locaties lager dan 50 dB. Er is te zien dat rondom de A50, N277, N324, N321 en de A73 hoge belastingen kunnen ontstaan, hoger dan 70 dB, met een maximale waarde van 81 dB. Ook rond de oude Maasdijk, een aantal kleine wegen in Grave en waar de Lange Linden en Liefkeshoek samenkomen is een lichte verhoging tot 65 dB gemeten. Dit betekent dat standaard- en grenswaarden op een aantal locaties worden overschreden.



Figuur 3-3 Geluid van wegverkeer (Lden) in het studiegebied

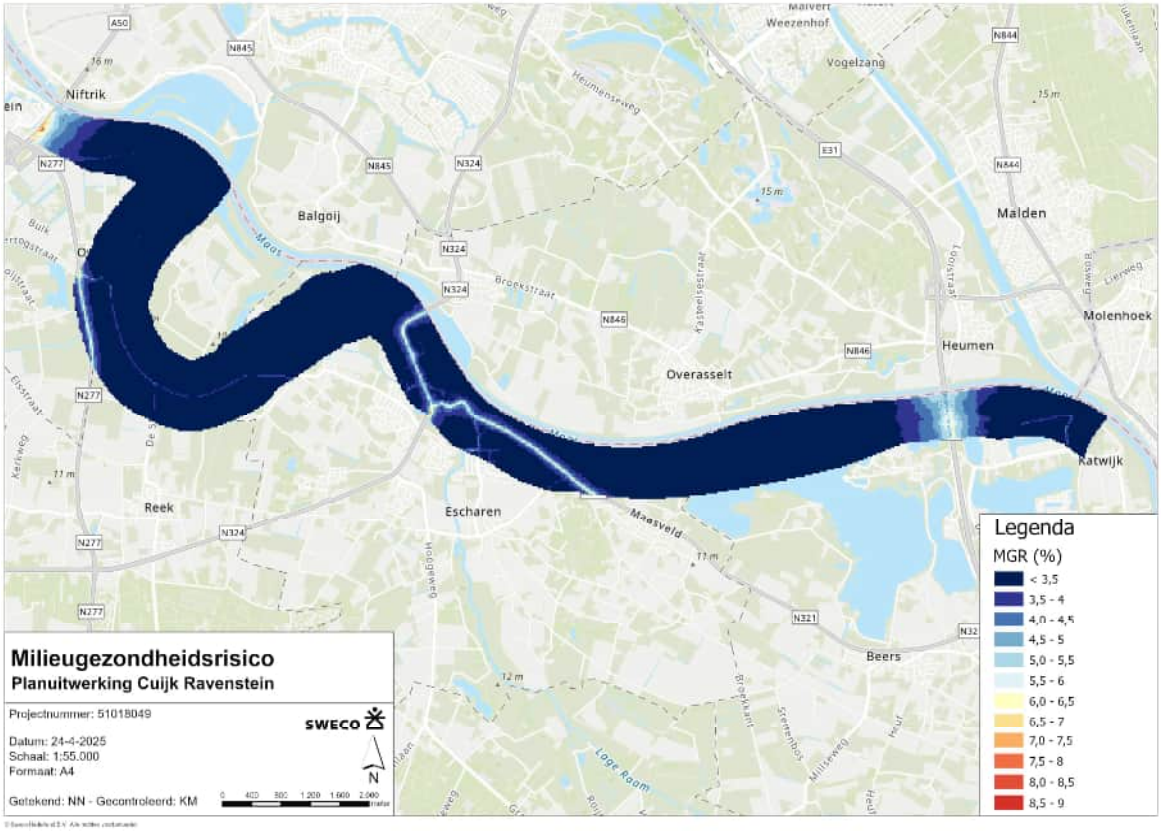
De gemiddelde geluidsbelasting van wegverkeer ‘s nachts is 37,3 dB en voor de meeste locaties lager dan 50 dB. Er is te zien dat rondom de A50, N277, N324, N321 en de A73 hoge belastingen kunnen ontstaan tot 65 dB, met een maximale waarde van 73 dB. Ook rond de oude Maasdijk, een aantal kleine wegen in Grave en waar de Lange Linden en Liefkeshoek samenkomen is een hele lichte verhoging tot 55 dB gemeten. Dit betekent dat standaard- en grenswaarden op een aantal locaties worden overschreden.



Figuur 3-4 Geluid van wegverkeer 's nachts (Lnight) in het studiegebied

Milieugezondheidsrisico (MGR)

Het gemiddeld MGR is 3,12% voor het studiegebied en is daarmee lager dan het Nederlands gemiddelde van 5,7%. Voor sommige locaties loopt de MGR-indicator op tot maximaal 8,76% terwijl voor andere locaties het MGR beperkt blijft tot minder dan 3,5%, met een minimum van 2,55%. Dit betekent dat het milieugezondheidsrisico in dit gebied circa een factor drieënhalf uiteenloopt. Dit verschil in MGR geeft aan dat verlaging van de milieubelasting, langs de drukste wegen, substantieel kan bijdragen aan verlaging van de gezondheidsrisico's in het gebied. Er is te zien dat rondom de A50 (max. 9%), N277 (max. 6,5%), N324 (max. 7,5%), N321 (max. 6,5%) en de A73 (max. 6,5%) een hogere score van het MGR berekend is. Ook voor luchtkwaliteit en geluid is te zien dat de effecten rond deze wegen het grootste zijn, daarom is de score van het MGR ook op deze locaties het hoogst.



Figuur 3-5 Milieugezondheidsrisico (%) in het studiegebied

Conclusie

Uit de diverse analyses blijkt dat de cumulatieve milieugezondheidsrisico's in het studiegebied over het algemeen lager zijn dan het Nederlands gemiddelde (3,12 % om 5,5 %). Dit wordt met name veroorzaakt door de landelijke omgeving rondom het dijktraject. Er zijn lagere (achtergrond)concentraties van PM_{10} en NO_2, waardoor de luchtkwaliteit redelijk goed is. De geluidsbelasting door wegverkeer is voornamelijk rond de drukke wegen hoog, dit neemt echter een klein deel van het studiegebied in. Hoewel het MGR gemiddeld overwegend goed scoort, zijn er nog steeds een aantal locaties waar inwoners worden blootgesteld aan milieugezondheidsrisico's. Het gaat om 26 woningen rondom Grave die een MGR-indicator van 5% of hoger hebben. Per saldo wordt de huidige situatie als 'zeer positief' beoordeeld (+ +).

3.2 Autonome ontwikkeling

De autonome ontwikkeling van milieugezondheidsrisico's is naar verwachting overwegend positief. Met name de luchtkwaliteit zal verbeteren door generieke maatregelen die luchtverontreiniging verminderen. Door de grote rol van achtergrondconcentraties hierin is ambitieus Europees-beleid veelbelovend, zoals de strengere verwachtte luchtnormen. Aanvullend hierop dragen de lokale ambities, zoals het Schoon Lucht Akkoord, bij aan de binnenlandse emissie-afnames. De (nieuwe) WHO-advieswaarden lijken hiermee in 2030 bereikt te worden. Bij het onderdeel geluid van het MGR is de autonome ontwikkeling negatief. Er wordt in algemene zin verwacht dat de geluidsbelasting in de toekomst zal toenemen door verdergaande verstedelijking, toenemende bevolkingsdichtheid en de groei van het verkeer. Daarnaast zullen bijvoorbeeld de energietransitie en het klimaatbeleid lokaal leiden tot een toename van geluid door windturbines, warmtepompen en mechanische ventilatiesystemen. Voor de autonome ontwikkeling worden er geen berekeningen uitgevoerd, omdat er geen toekomstige gegevens beschikbaar zijn op de gehanteerde gridgrootte van 25x25 meter. Gezien de omschreven ontwikkelingen worden er niet of nauwelijks veranderingen verwacht op de MGR-indicator. Daarnaast zijn er voor het MGR geen andere projecten die invloed hebben op de MGR-indicator.

4. Effectbeschrijving en -beoordeling

4.1 Effectbeoordeling

Voor dit rapport is een effectbeschrijving en -beoordeling niet mogelijk doordat de effecten ten aanzien van geluid en luchtkwaliteit van de alternatieven en varianten niet onderscheidend zijn en niet of nauwelijks anders zijn dan in de huidige situatie.

4.2 Cumulatieve effecten

Bij cumulatie wordt gekeken naar de kans dat er sprake is van een stapeling van gelijksoortige effecten door verschillende oorzaken, bronnen of projecten. Het moet gaan om projecten die nog niet zijn uitgevoerd, maar waarvan wel zeker is dat deze uitgevoerd gaan worden omdat er al juridisch bindende besluitvorming over heeft plaatsgevonden. In de omgeving van het projectgebied spelen geen andere projecten waar mogelijk lokaal cumulatieve effecten mee kunnen optreden (zie paragraaf 3.2). Voor het thema Gezondheid spelen verder geen andere projecten in de omgeving van het projectgebied waarmee cumulatieve effecten zullen optreden.

4.3 Maatregelen en aanbevelingen

Voor het MGR zijn er geen eventuele mitigerende, optimaliserende en compenserende maatregelen van toepassing.

4.4 Leemten in kennis

De ontbrekende informatie over luchtkwaliteit en geluid in de autonome ontwikkeling vormt een leemte in kennis, waardoor geen effectbeschrijving en -beoordeling is opgesteld. Dit is voor de besluitvorming echter niet van invloed. De analyse van de huidige situatie en de beperkte invloed van de autonome ontwikkelingen maken dat er naar verwachting geen onderscheidend verschil is tussen de huidige en de referentiesituatie, het voorkeursalternatief en de varianten.



Inventarisatie Landschap, Cultuurhistorie en Archeologie

Verkenning Cuijk-Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas

Organisatie
Lievense Milieu B.V.

Adres
Ringwade 41
3439 LM Nieuwegein

Telefoon
+31 (0)88 910 20 00

Projectnummer
WABO013032

Datum
8 december 2020

Documentnummer
D-019 versie 2

Inhoudsopgave

1 Inleiding 4
1.1 Projectbeschrijving 4
1.2 Doel en opzet rapportage 5

2 Landschap en Cultuurhistorie 6
2.1 Hoogteverschillen in het landschap 6
2.2 Geomorfologie 7
2.3 Cultuurhistorie 8
2.3.1 Historische stedenbouw 8
2.3.2 Historische landschappelijke structuren 8
2.3.3 Beschermde Vestingstad Grave 8
2.3.4 Watergeschiedenis van het gebied 8
2.4 Aardkundig waardevol gebied Keent 9
2.5 Archeologie 10

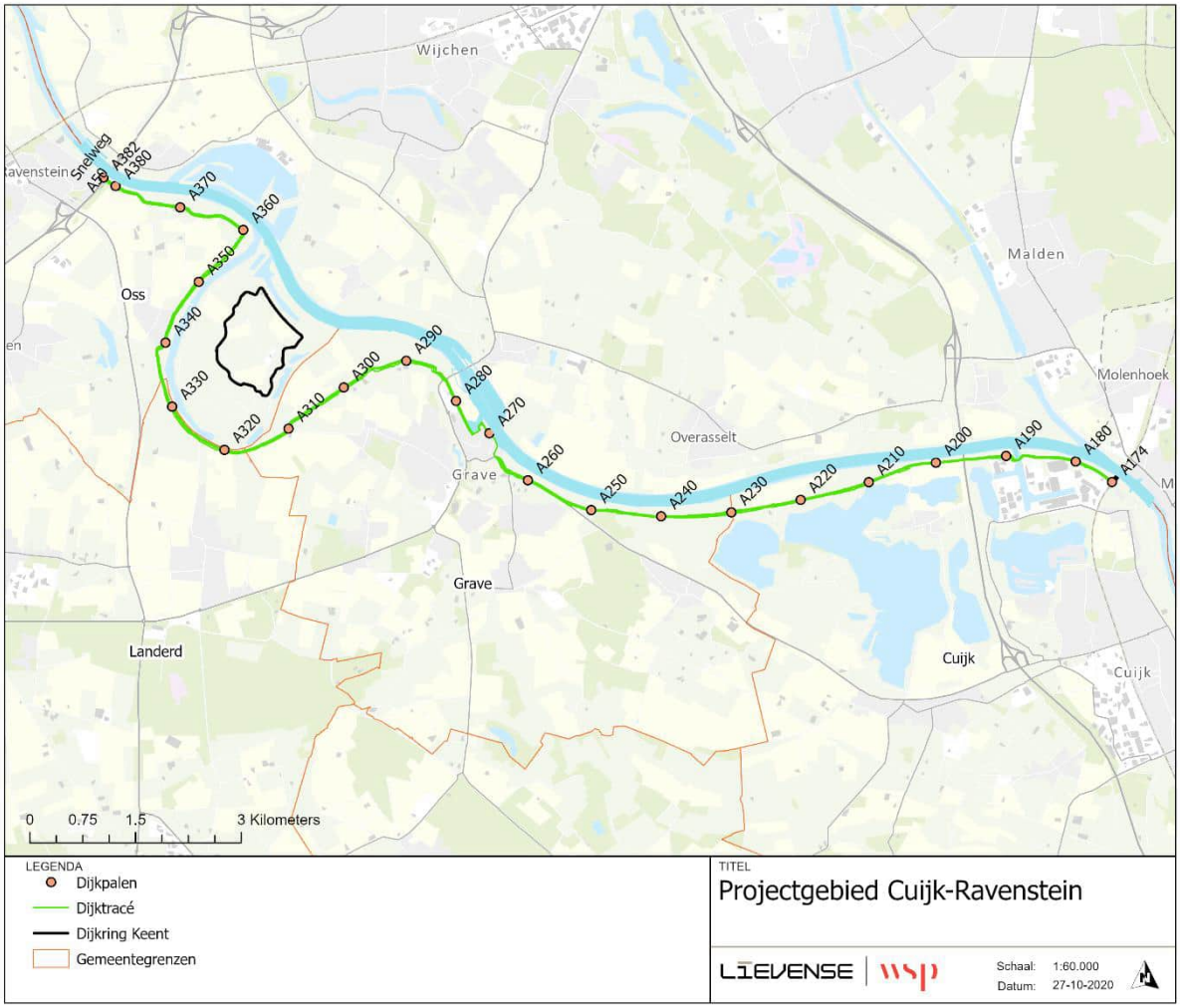
3 Belemmeringen en aandachtspunten met betrekking tot landschap, cultuurhistorie en archeologie 11

4 Literatuur 12

1 Inleiding

In opdracht van Waterschap Aa en Maas heeft Lievense Milieu B.V. een ‘conditionerend onderzoek Landschap, Cultuurhistorie en Archeologie’ uitgevoerd voor het plangebied Cuijk-Ravenstein. Aanleiding voor dit onderzoek is de start van de Verkenningsfase in dijkverbeteringsproject Cuijk-Ravenstein.

1.1 Projectbeschrijving



Figuur 1-1 Projectgebied Cuijk-Ravenstein.

Het dijktraject ligt tussen de plaatsen Cuijk en Ravenstein in Noordoost Brabant en is ongeveer 20 km lang (Figuur 1-1). De dijk vormt samen met de Maaskade en Vestingmuur bij Grave de primaire waterkering, en beschermt het gebied bij Cuijk en Ravenstein bij hoogwater, en het hele gebied erachter tot aan Den Bosch. Langs dit traject zijn ook verschillende kunstwerken aanwezig.

1.2 Doel en opzet rapportage

Het doel van de conditioneringsonderzoeken volgens WP1 is: “in beeld krijgen welke belemmeringen en aandachtspunten er zijn in de omgeving in relatie tot de uitvoeringswerkzaamheden rondom dit project. De uitkomst van de onderzoeken geeft inbreng voor het opstellen en beoordelen van de voorkeursalternatieven.”

Doel van deze rapportage is om de huidige situatie met betrekking tot landschap, cultuurhistorie en archeologie in beeld te brengen. De gegevens zijn grotendeels afkomstig uit het ruimtelijk kwaliteitskader [1].

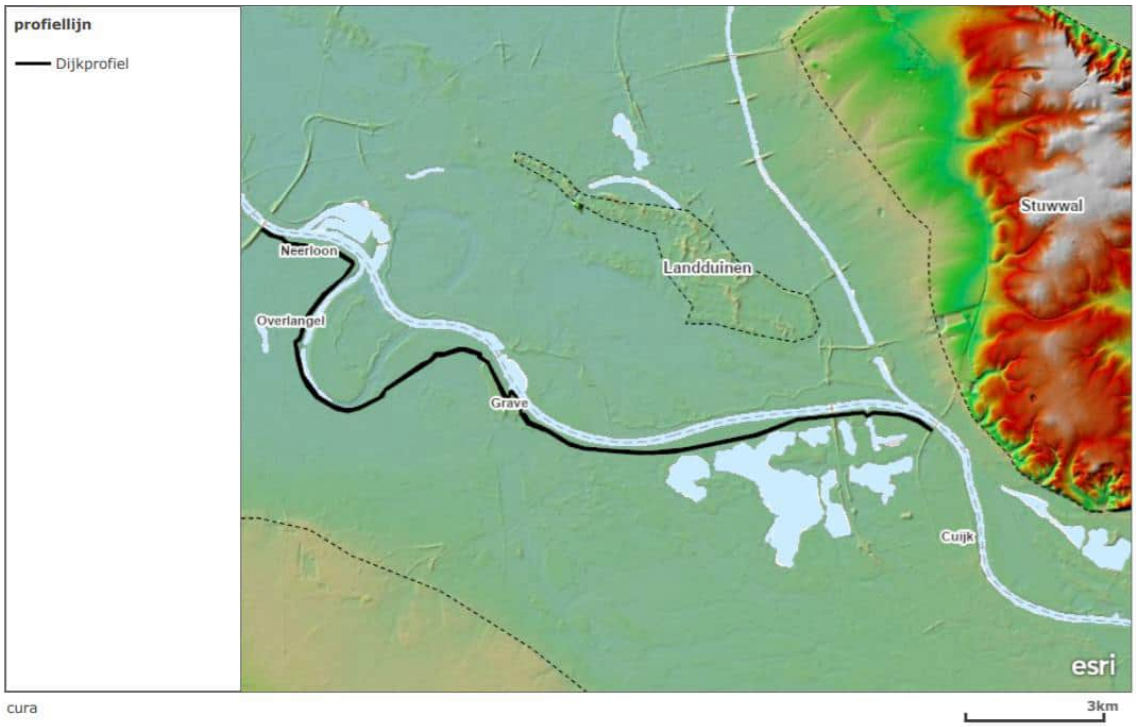
In de inleiding (Hoofdstuk 1) is kort de opgave en het projectgebied geschetst. Hoofdstuk 2 betreft de inventarisatie van de bekende en te verwachten landschappelijke, cultuurhistorische en archeologische waarden van het plangebied. In Hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de belemmeringen en aandachtspunten vanuit deze thema’s voor het vervolg van de verkenningsfase. Hoofdstuk 4 bevat een lijst van voor deze rapportage geraadpleegde literatuur.

2 Landschap en Cultuurhistorie

Het projectgebied Cuijk-Ravenstein ligt op de overgang van de Noordelijke Maasvallei naar de Bedijkte Maas. Bovenstrooms wordt de Maas begrensd door de hoge zandgronden die voorheen niet bedijkt waren. Benedenstrooms wordt de Maas aan weerszijden begrensd door dijken met daarachter en lagergelegen komgronden. Dit overgangsgebied wordt ook wel “terassenkruising” genoemd. Wanneer we naar de hoogteligging van het gebied kijken worden verschillende onderdelen van het landschap zichtbaar. Door naar de onderliggende bodem te kijken kunnen we vanuit de geomorfologie ook iets zeggen over vormen in het landschap, het reliëf en de ontstaansgeschiedenis.

Het dijktraject tussen Cuijk en Ravenstein is rijk aan cultuurhistorie. Zowel historische stedenbouw als historische landschappelijke structuren zijn te vinden langs de dijk en in de omgeving.

2.1 Hoogteverschillen in het landschap



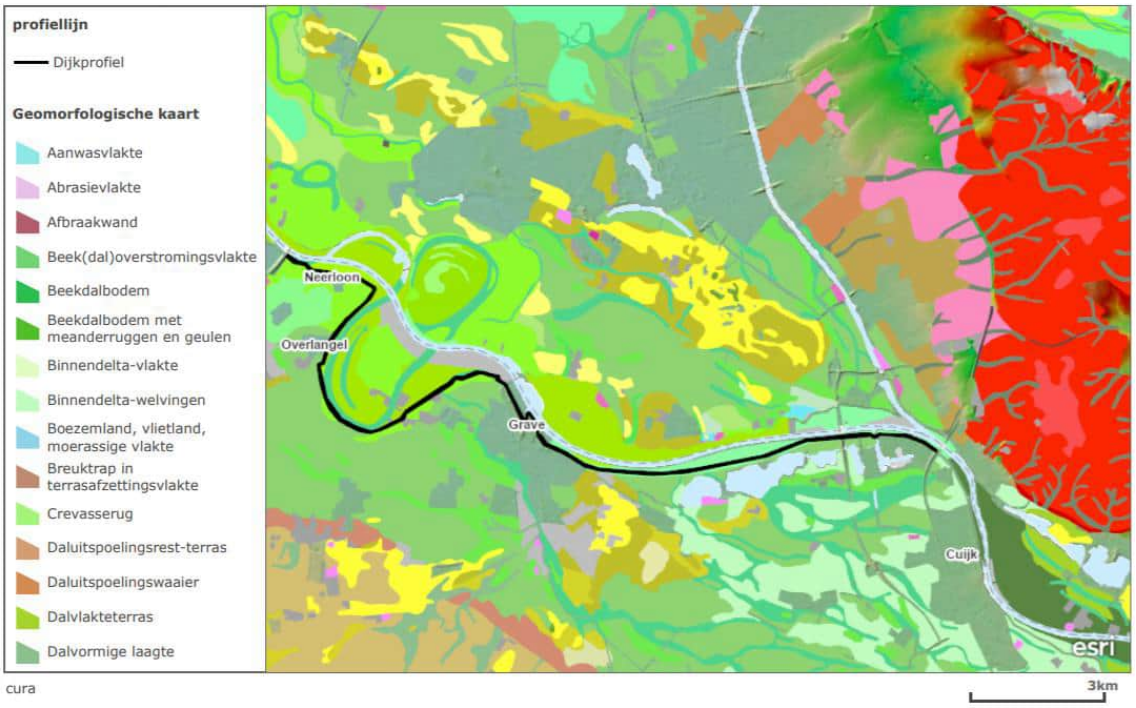
Figuur 2-1 Hoogtekaart

Op de hoogtekaart (Figuur 2-1) is duidelijk het lagergelegen rivierengebied te zien. Dit rivierengebied is gelegen tussen de stuwwal van Mook en de Maashorst. Inzoomend kunnen nog meer hoogteverschillen worden onderscheiden. Stroomopwaarts van Grave is met de geel/groene kleur het terassenlandschap te zien met daarin een geulenpatroon van oude rivierlopen. Benedenstrooms van Grave begint het gebied met Maasmeanders, grote lussen in de rivier. Hier is goed te zien dat de uiterwaarden bij Neerloon en Keent hoger liggen dan de

binnendijkse komgronden. Dit komt door het proces van opslibbing met rivierslib. Hierdoor zijn de oude maasmeanders hoog in het landschap komen te liggen. Er is een inversie van het landschap ontstaan: hoge, droge akkers buitendijks en lage, natte weidegronden binnendijks.

In de jaren ’30 is de Maas genormaliseerd. De meanders zijn afgetakt om de rivier beter bevaarbaar te maken. De oude maasmeanders zijn goed te zien als laag gelegen lussen in het landschap. De Maas werd een gestuwde rivier door de introductie van meerdere stuwen. Een van die stuwen ligt bij Grave. Op sommige plekken zijn de uiterwaarden langs de Maas verlaagd, zodat de rivier meer ruimte krijgt. Dit wordt de ‘Lelyzone’ genoemd en is goed te zien in de uiterwaard stroomafwaarts van Grave (Lage Wijth).

2.2 Geomorfologie



Figuur 2-2 Geomorfologische kaart

Aan weerzijden van de Maas ligt een dekzandgebied met dekzandruggen, terrasvlakten, terrasruggen, rivierduinen en landduinen. De hoger gelegen terrasruggen en duinen zijn op de geomorfologische kaart (Figuur 2-2) met gele kleur weergegeven. Grave ligt op een uitloper van zo’n hooggelegen terrasrug. Oostelijk van Grave zijn oude geulen te zien op de geomorfologische kaart. Deze zijn ontstaan in de periode vlak na de laatste ijstijd toen de Maas nog niet één duidelijke bedding had maar in een vlechtend patroon zijn weg zocht. Bij de Kraaijenbergse Plassen is dit patroon volledig verdwenen door zand- en kleiwinning.

Stroomafwaarts van Grave is met de lichter groene kleuren de stroomrug van de meanderende Maas weergegeven. Tot aan Overlangel grenst de Maas aan de terrasvlakte en stroomafwaarts bij Neerloon en Ravenstein beginnen de laag gelegen komgronden.

2.3 Cultuurhistorie

2.3.1 Historische stedenbouw

De volgende historisch-stedenbouwkundige structuren zijn aanwezig:

1. Neerloon: Oeverwaldorp met kerk aan de dijk.
2. De Bronkhorst: Complex van kloosters en parochiekerk op oeverwal.
3. Oud Velp: Nederzetting op zichtbare verhoging aan de rand van de voormalige Beerse Overlaat.
4. Woonwijk Bikkelkampplein: naoorlogse woonwijk met tuinstad-principe op opgehoogd inundatieveld.
5. Linden: donkdorp in het stroomgebied van de Beerse Overlaat, met kerk centraal op hoogste punt.

2.3.2 Historische landschappelijke structuren

In het gebied is een aantal historische landschappelijke structuren te vinden:

- Bakenbomen langs de Maasoever bestaande uit populieren
- Restanten van het Maasheggenlandschap
- Bos op voormalig ontginningsgebied uit 1850, nu: Gasselse bos

2.3.3 Beschermde Vestingstad Grave

Grave is een vestingstad met een verdedigingsstructuur rondom de stad, versterkt met bolwerken, grachten en poorten. Een gedeelte hiervan is vandaag de dag nog zichtbaar en is aangewezen als rijksbeschermd stadsgezicht.

Grave was een belangrijke stad in de militaire geschiedenis als 1 van de 11 vestingsteden van de Zuiderwaterlinie. Deze verdedigingslinie moest Holland beschermen tegen invallen uit het zuiden in de 17e en 18e eeuw. Ook was Grave onderdeel van de Peel-Raamstelling, aangelegd is in 1939. Hiervan zijn nog enkele kazematten in het gebied zichtbaar.

2.3.4 Watergeschiedenis van het gebied

In de Middeleeuwen werden er dijken aangelegd langs de Maas. Vanaf dit moment kon de rivier het water niet altijd goed kwijt. Wanneer de Maas dreigde te overstromen werd het gebied bij Beers onder water gezet, de ‘Beerse Overlaat’ genoemd. Deze overlaat voorkwam plotselinge dijkdoorbraken. De inlaat hiervan lag tussen Grave en Linden en ten zuiden van Cuijk. De overlaat liep dwars door het Maasland via de Graafsche Raam en de Hertogswetering. De Beerse Overlaat werd ook gebruikt als verdedigingsmechanisme als onderdeel van de Zuiderwaterlinie.

Een aantal overgebleven gebouwen zijn het voormalige café het Wachthuis langs de Oude Maasdijk, dat tijdens de werking van de Beerse Overlaat op een schiereiland lag, en boerderij Villa Nova waar het dijkmagazijn gevestigd was. In het dijkmagazijn lag al het materiaal opgeslagen dat nodig was om de dijk en het achterland extra te beschermen als de Beerse Overlaat in werking trad. Ook in het landschap zijn nog oude ringdijkjes te vinden die dorpen moest beschermen tegen het hoge water.

In de jaren ’30 werd begonnen aan de Maaswerken. Vele bochten werden uit de Maas gesneden en de karakteristieke bakenbomen werden geplant. De bakenbomen markeren de vaarroute bij

hoogwater. Door de Maaswerken is de doorstroming van de Maas sterk verbeterd en in 1942 werd de Beerse Overlaat gesloten.

2.4 Aardkundig waardevol gebied Keent

Door de provincie is Keent aangewezen als een aardkundig waardevol gebied omdat dit een mooi voorbeeld is van een grote Maasmeander met typische grootschalig-fluviatiele landvormen (vnl. kronkelwaardruggen en restgeulen).
Keent is een verzameling boerderijen en woningen gelegen in een dijkring tussen de Maas en de Maasdijk bij Overlangel. Hett is met 72 inwoners de kleinste kern van de voormalige gemeente Ravenstein. Om natuurontwikkeling en rivierverruiming in de Keentse uiterwaard te realiseren, heeft dit gebied in 2014 een reconstructie ondergaan. Er is een nieuwe brug aangelegd, waardoor het “eiland” tijdens hoogwater in de Maas beter bereikbaar is geworden. Bovendien is de Oude Maasarm rond het eiland over een lengte van vier kilometer uitgegraven. Hiermee heeft de Maas na tachtig jaar een stukje van haar oorspronkelijke loop teruggekregen, zij het als nevengeul (Figuur 2-3) [2].



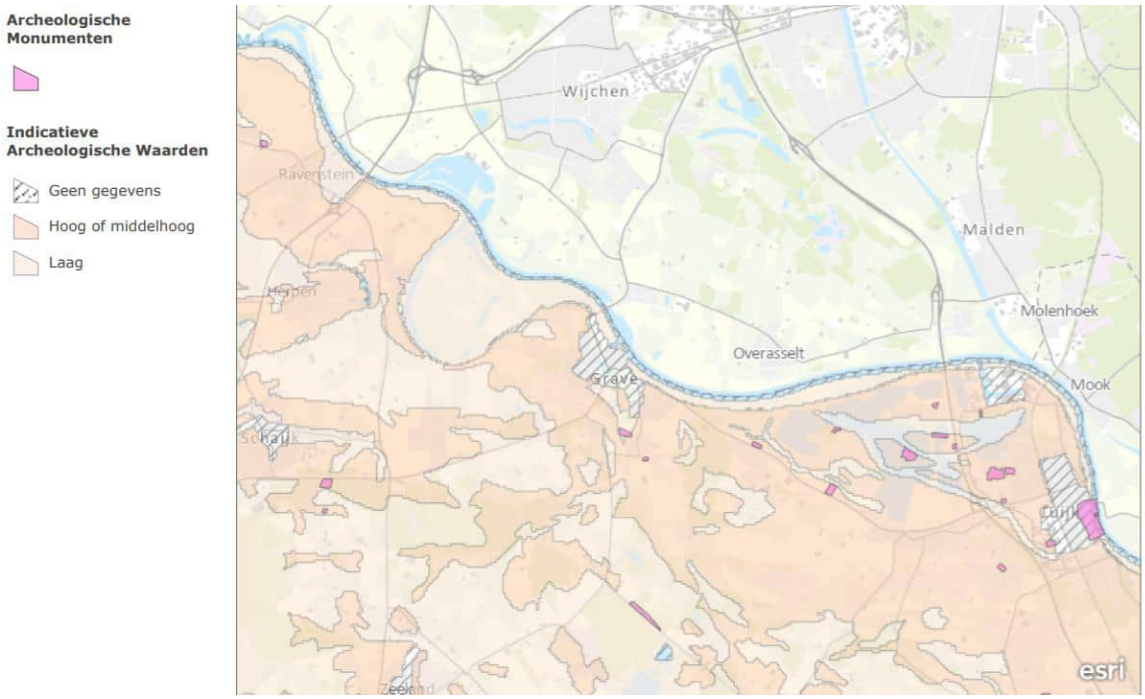
Figuur 2-3 Overzichtskaart natuurontwikkeling en vergravingen rondom Keent in 2014 [2]

2.5 Archeologie

In de Brabantse bodem zit informatie verborgen over de bewoningsgeschiedenis, die bij verstoring onherstelbaar verloren gaat. Deze verstoring kan plaatsvinden door grondverzet, maar ook bijvoorbeeld door grondwaterdaling. Soms is aantasting bij graafwerkzaamheden, bijvoorbeeld ten behoeve van de dijkverbetering, niet te vermijden. In dat geval moet er voorafgaand aan de werkzaamheden zorgvuldig onderzoek en een opgraving plaatsvinden.

De verwachtingswaardenkaart () is een eerste indicatie van de kans op het aantreffen van archeologische waarden. Op deze kaart is het gehele binnendijkse plangebied aangewezen als hoge of middelhoge waarde. Aannemelijk is dat de terrasruggen en beekdalen een hoge archeologische waarde hebben. In deze gebieden zal voorafgaand aan graafwerkzaamheden een Inventariserend vooronderzoek (met boringen) moet plaatsvinden. De dijk en de uiterwaard hebben een lage verwachting.

In het plangebied zijn geen archeologische monumenten aanwezig.



Figuur 2-4 Archeologische verwachtingswaardekaart

3 Belemmeringen en aandachtspunten met betrekking tot landschap, cultuurhistorie en archeologie

Voortbouwend op het Ruimtelijk Kwaliteitskader worden de volgende aandachtspunten voor landschap, cultuurhistorie en archeologie[1] geformuleerd. Hierbij moet worden aangetekend dat niet alle aandachtspunten primair aan dijkversterking gerelateerd zijn, maar vanuit een breed perspectief zijn opgesteld. Indien meekoppelkansen of raakvlakken daar aanleiding toe geven kunnen deze aandachtspunten worden meegenomen.

Rekening houden met de geomorfologische opbouw van het landschap

- Bij planvorming in buitendijkse gebieden de inversie van het landschap opheffen door verlagen uiterwaarden, dit zorgt tevens voor meer ruimte voor de rivier.
- Bij planvorming in buitendijkse gebieden het contrast tussen meanders en gekanaliseerde maas versterken, 'Lelyprofiel' herkenbaar maken.

Rekening houden met historische stedenbouw en landschappelijke structuren

- Bij dijkversterking rekening houden met waardevolle bebouwing historische dorpskernen langs de dijk (Neerloon).
- Bij dijkversterking rekening houden met waardevolle beplanting en bomen op de dijk (o.a. Neerloon en Grave).
- Bij planvorming in binnen en buitendijkse gebieden standhouden en versterken Maasheggenlandschap.

Herkenbaarheid militair erfgoed behouden en versterken

- Bij dijkversterking het verhaal van de Zuiderwaterlinie vertellen door de structuur van vestingstad Grave te behouden en te versterken.

Indien mogelijk de watergeschiedenis beleefbaar maken

- Bij dijkversterking indien mogelijk de locatie van de Beerse Overlaat ter hoogte van de zichtbaar maken.
- Bij planvorming in buitendijkse gebieden bakenbomen behouden of terugbrengen.

[1] De archeologische verwachtingswaardekaart geeft niet direct aanleiding tot aandachtspunten t.a.v. het vervolg van de verkenningsfase. Ter plaatse van het binnendijkse deel van het plangebied dient wel een inventariserend vooronderzoek te worden uitgevoerd maar er bevinden zich geen archeologische monumenten in het plangebied.

4 Literatuur

[1] H+N+S Landschapsarchitecten (2020), Ruimtelijk Kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein.
[2] Delgromij (n.d.), Keent. Website bezocht op 9-12-2020.

Waterschap
Aa en Maas

RUIMTELIJK KWALITEITSBEELD CUIJK - RAVENSTEIN

10 januari 2025
versie D2.0





INHOUD

1 INLEIDING **5**

1.1 Doel 5

2.1 Leeswijzer 5

2 VAN BEDIJKTE MAAS NAAR UITWERKING **7**

2.1 Het proces omtrent ruimtelijke kwaliteit 7

2.2 Ruimtelijk Perspectief Maas 8

2.3 Vestingvisie Grave en Schetsboek Waterveiligheid Grave 9

2.4 Ruimtelijk Kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein 11

2.5 Voorkeursalternatief dijkversterking Cuijk – Ravenstein 14

2.6 Update van het RKK en VKA 19

3 RUIMTELIJKE KWALITEITSEISEN DIJK **29**

3.1 Basis-uitgangspunten 29

3.2 Dwarsprofiel van de dijk 31

3.3 Lengteprofiel van de dijk 37

3.4 Inrichting van de dijk 41

3.5 Bouwwerken aan de dijk 48

3.6 Het landschap loopt door tot aan de dijk 53

3.7 Beplanting 55

4 RUIMTELIJKE KWALITEITSEISEN KADEMUUR GRAVE **57**

4.1 Ontwikkeling kademuur en omgeving 58

4.2 Beleving kademuur en omgeving 60

4.3 Materialisering kademuur 61

Foto voorpagina: de dijk bij de Beerse Overlaat, met links de Maasheggen en rechts de bakenbomen.

Foto pagina 2: de smalle uiterwaard bij de Everdineweerd, met de karakteristieke bakenbomen.


1

1 INLEIDING

Samen met Rijkswaterstaat, provincie Noord-Brabant, gemeenten en bewoners gaat waterschap Aa en Maas aan de slag om de dijk tussen Cuijk en Ravenstein te verbeteren. Dijkversterking Cuijk-Ravenstein bevindt zich momenteel in de planuitwerkingfase. Een fase waarin het ontwerp van de dijk iedere ontwerpronde steeds gedetailleerder wordt uitgewerkt. Dit Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld is opgesteld om bestaande ruimtelijke kwaliteitseisen te concretiseren naar het detailniveau van deze fase.

1.1 DOEL

Het Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld geeft invulling aan de eis: ”De waterkering dient zijn karakteristieke kenmerken ten aanzien van ruimtelijke kwaliteit te behouden ten opzichte van de aanvangssituatie, zoals gekwalificeerd in het Ruimtelijk Kwaliteitskader.”

Het kwaliteitsbeeld doet dit door vanuit ruimtelijke kwaliteit sturing te geven aan het ontwerpproces van het voorlopig ontwerp en het definitief ontwerp van de planuitwerkingsfase, met als doel een zorgvuldige vormgeving en inrichting van de dijk en een aantrekkelijke en samenhangende inpassing van de waterkering in haar omgeving.

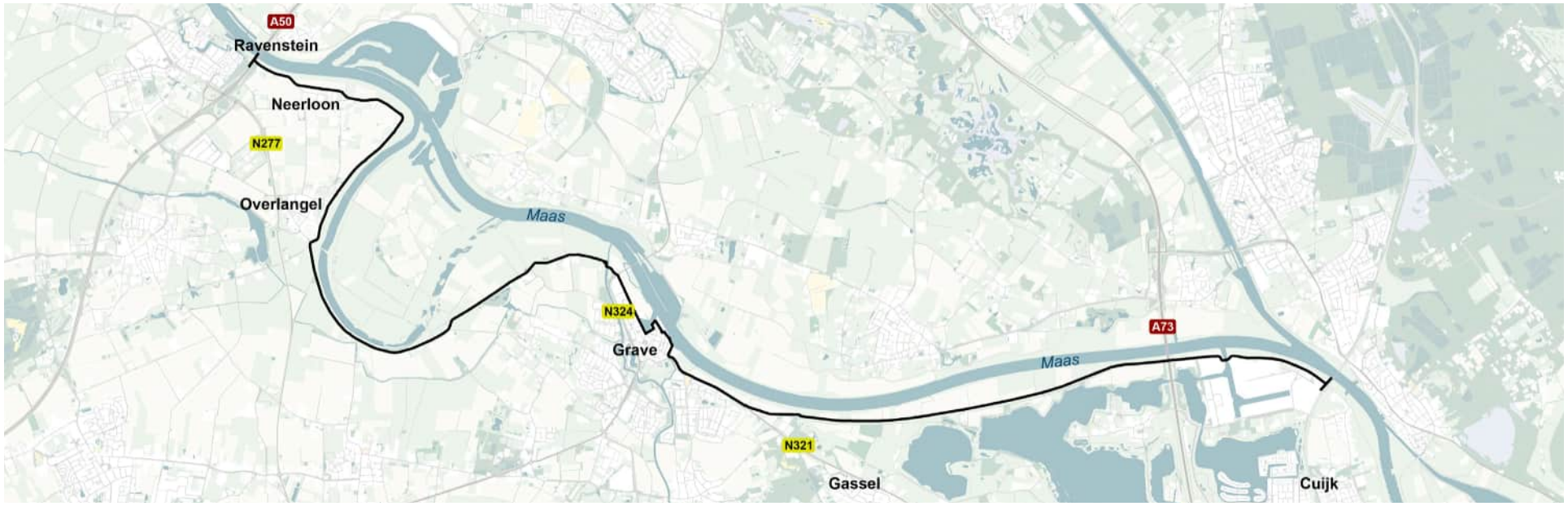
Dit document is tevens het toetsingskader voor de ruimtelijke kwaliteit in de planproducten van de planuitwerkingsfase, zoals het projectbesluit. Daarnaast is het een belangrijk document voor de vastlegging van de gehanteerde uitgangspunten voor de realisatiefase. In de realisatiefase dienen de uitgangspunten uit dit kwaliteitsbeeld gedetailleerd te worden uitgewerkt op uitvoeringsniveau. Na de dijkversterking zijn de uitgangspunten van dit document relevant bij aanvullende werkzaamheden aan de dijk.

Dit document is een verdieping van het Ruimtelijk Kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein (2023), het Ruimtelijk Perspectief Maas (2018) en de Visie op de vestingstad Grave (2018). Het zorgt, waar relevant, voor consistentie met flankerende ruimtelijke kwaliteitsdocumenten van Meanderende Maas en Noordelijke Maasvallei.

1.2 LEESWIJZER

Het voorliggende rapport bestaat uit drie delen. Hoofdstuk 2 bevat achtergrondinformatie en beschrijft het kader, de context, waarbinnen de beeldkwaliteitseisen zijn opgesteld. Dit is gedaan op basis van samenvattingen van voorgaande visies en kwaliteitskaders. Tevens worden onderbelichte, maar relevante, onderwerpen aangevuld (par. 2.5).

Hoofdstuk 3 en 4 zijn de kern en bevatten de daadwerkelijke ontwerpprincipes voor de gronddijk en de vesting Grave.



Figuur 1: het plangebied.

Foto pagina 4: de tuimeldijk met beeldbepalende bomen bij Neerloon.


2

2 VAN VISIES OP DE MAAS NAAR UITWERKING

Voorafgaand aan dit Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld zijn diverse visies en ontwerpprincipes opgesteld waarin uitgangspunten zijn geformuleerd. Deze zijn steeds verder geconcretiseerd en vormen de basis voor de ruimtelijke kwaliteitseisen in dit rapport. In dit hoofdstuk komen de voorgaande visies en bijbehorende uitgangspunten beknopt aan bod.

In de planuitwerkingsfase zijn op het niveau van het Voorkeursalternatief en het Ruimtelijk Kwaliteitskader uitgangspunten gesignaleerd die nog niet voldoende naar voren kwamen in deze documenten. Deze zijn in paragraaf 2.6 aangevuld.

2.1 HET PROCES OMTRENT RUIMTELIJKE KWALITEIT

Het voorliggende Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld is geen op zichzelf staand document, maar een voortzetting en vertaling van eerder opgestelde visies. Hierbij is steeds verder ingezoomd: van het hoge abstractieniveau van de visie voor de gehele Maas, naar het Voorkeursalternatief Cuijk-Ravenstein (VKA).

De volgende documenten liggen ten grondslag aan dit document:

Ruimtelijk Perspectief Maas
Een perspectief om voor het Maasdal kansen en ambities te positioneren in relatie tot maatregelen voor hoogwaterveiligheid. In dit document komt tevens Landschapsplan Bedijkte Maas aan de orde. Ruimtelijke Kwaliteit Noordelijke Maasvallei (2019) en Ruimtelijk Kwaliteitskader Ravenstein-Lith (2017) zijn hier een uitwerking van.

Visie op de vestingstad Grave en het Schetsboek Waterveiligheid
De Visie op de vestingstad Grave en het Schetsboek Waterveiligheid zijn samenhangende documenten opgesteld door gemeente Land van Cuijk. De vestingvisie doet globale uitspraken op stedenbouwkundig niveau en het schetsboek zoomt in op hoe om te gaan met de vesting in relatie tot de waterveiligheidsopgave. De documenten geven richtinggevende ideeën voor Grave.

Ruimtelijk Kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein (RKK)
Een visie en toetsingskader op abstractieniveau voor de verkenningsfase. Hierin zijn een gebiedsindeling, hoofdthema's en denkrichtingen aangegeven. Het doet een eerste aanzet naar principes om richting te geven aan het ontwerp van de dijk en kansen voor haar omgeving.

Voorkeursalternatief Cuijk-Ravenstein (VKA)
In het VKA zijn de hoofdthema's uit het RKK verder geconcretiseerd en verder uitgewerkt. Tevens is een integrale visie opgesteld voor de dijkversterking (Een herkenbare dijk met veel gezichten, onderdeel van een groter geheel).

Onderhavig Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld
Op basis van de hoofdthema's en ontwerpprincipes uit het RKK, en de integrale visie en principes uit het VKA zijn in dit kwaliteitsbeeld concrete ontwerpprincipes uitgewerkt ten behoeve van de planuitwerkingsfase en realisatie.

Foto pagina 6: het karakteristieke Schuttershuisje op een oude dijkhoogte aan de Mars en Wijthdijk.

2.2 RUIMTELIJK PERSPECTIEF MAAS

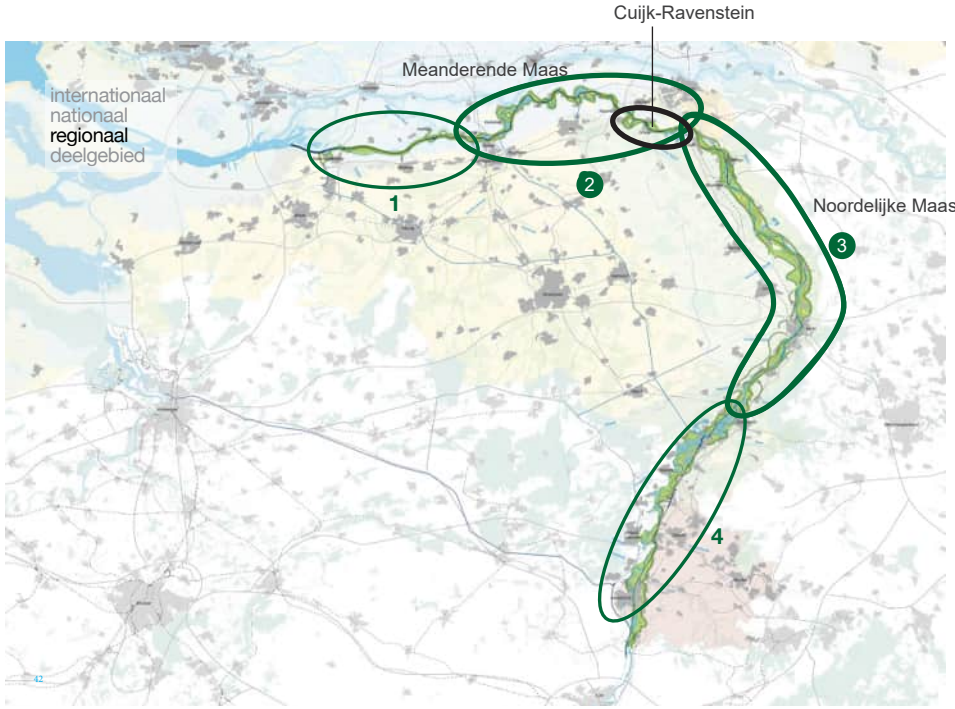
Ter hoogte van Cuijk ligt de terrassenkruising van de Maas: de overgang van eroderende Maas (met terrassen langs de Maas) naar sedimenterende Maas (het bedijkte gedeelte van de Maas). Deelgebied twee en drie in figuur 2 zijn de Meanderende Maas en de Noordelijke Maasvallei. Dijkversterking Cuijk-Ravenstein ligt grotendeels in deelgebied Meanderende Maas. De belangrijkste onderscheidende kenmerken tussen de deelgebieden zijn:

Meanderende Maas:
- oude meanders en bochtafsnijdingen;
- bedijkt en gekanaliseerd;
- forten, linies en vestingstadjes.

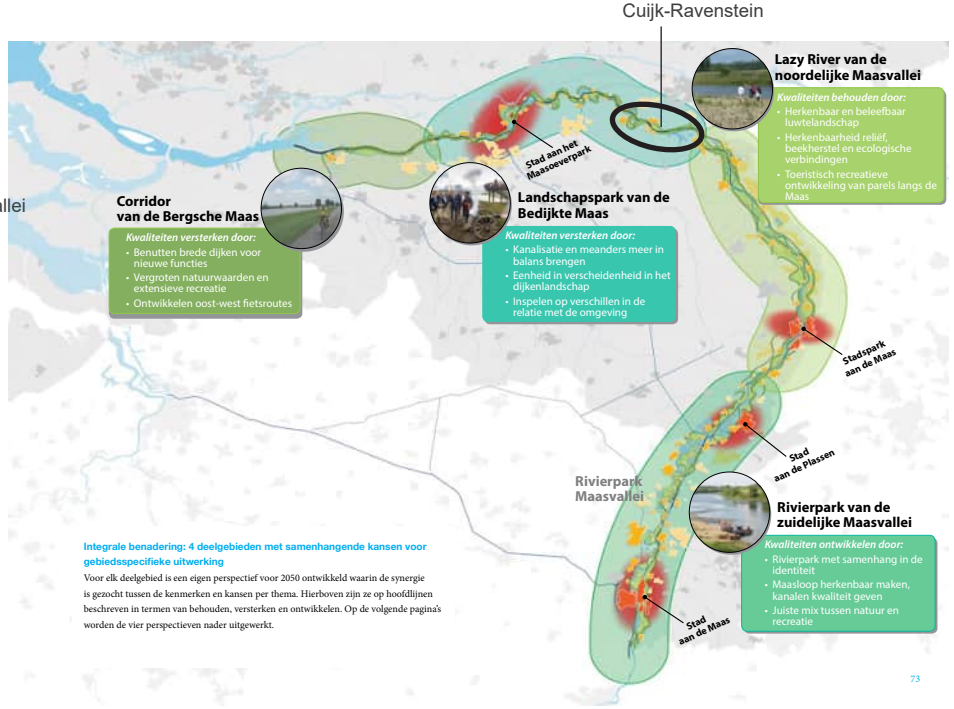
Noordelijke Maasvallei:
- terrassen en smal dal (Peelhorst);
- kerken, kastelen en kloosters.

Binnen deelgebied Meanderende Maas ligt landschapspark de Bedijkte Maas. Het traject Cuijk-Ravenstein is onderdeel van de Bedijkte Maas en wordt gekenmerkt door afgesneden meanders tussen dijken. Deze zijn ontstaan naar aanleiding van de Maas-kanalisatiewerken in de jaren ’30 van de 20e eeuw. Dit kenmerk onderscheidt de bedijkte Maas van de andere deelgebieden langs de Maas.

Landschapspark de Bedijkte Maas wil kwaliteiten versterken door:
- Kanalisatie en meanders meer in balans brengen;
- Eenheid in verscheidenheid in het dijkenlandschap;
- Inspelen op verschillen in de relatie met de omgeving.



Figuur 2: deelgebieden langs de Maas volgens Ruimtelijk Perspectief Maas.



Figuur 3: Landschapspark van de Bedijkte Maas volgens Ruimtelijk Perspectief Maas.

2.3 VESTINGVISIE GRAVE EN SCHETSBOEK WATERVEILIGHEID GRAVE

De Visie op de vestingstad Grave en het Schetsboek Waterveiligheid zijn samenhangende documenten, waarbij de vestingvisie globale uitspraken doet op stedenbouwkundig niveau en het schetsboek inzoomt op hoe om te gaan met de vesting in relatie tot de waterveiligheidsopgave.

Vestingvisie grave
De belangrijkste punten in relatie tot de waterveiligheidsopgave:

- Een compacte binnenstad (o.a. geen bomengordel aan Oude Haven);
- Een ruime groene vestinggordel (o.a. bomengordel langs de Maaskade en Havenstraat);
- Afnemende precisie van de vestingwerken van binnenstad naar buitengebied (o.a. gedetailleerde vestingmuur, minder gedetailleerd Halfbastion Blauwkop);
- Naar verwachting zal leefbaarheid voor bewoners belangrijker worden gevonden dan toeristische waarde voor bezoekers.

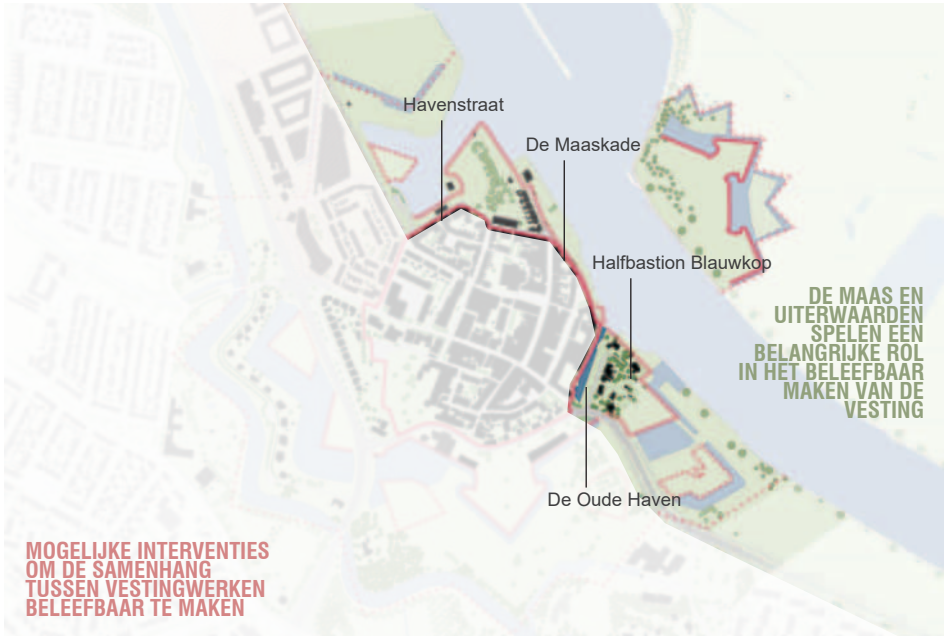


Figuur 4: de Vestingvisie (bron: Visie op de vestingstad Grave).

Schetsboek Waterveiligheid Grave aan de Maas
Het ontwerp van de vesting is bij eerste opzet zeer methodisch. De opeenvolging van krijgsinzichten over tijd resulteert er uiteindelijk in dat de vesting een complex stelsel werd met onderdelen uit meerdere tijdslagen. De `Vestingwet` uit 1874, die de ontmantelingsprocedure voor tal van vestingsteden in beweging zette, leidde tot veel sloopwerkzaamheden die de integriteit van het geheel steeds verdergaand heeft aangetast. Samen met de nieuwbouw van woningen en wegen heeft dit proces geleid tot de huidige gefragmenteerde en vaak onbegrijpelijke ruimtelijke structuur aan de randen van de historische binnenstad.

Om de vesting in de toekomst te kunnen begrijpen als een samenhangend stelsel van verschillende vestingwerken, is het van belang dat deze ruimtelijk beleefbaar worden gemaakt. Op veel locaties is het fysiek beleefbaar maken van de vestingwerken niet of zeer beperkt mogelijk, vanwege bijvoorbeeld de aanleg van grootschalige infrastructuur en woonwijken. Het is daarom van belang dat de plekken waar dit nog wel mogelijk is, de kansen met beide handen aangegrepen worden.

De Maas en de uiterwaarden vormen een belangrijke kans om de vestingwerken weer beleefbaar te maken. Om een samenhangende beleving van de vestingwerken te bewerkstelligen, dienen de verschillende onderdelen van de vesting een relatie met elkaar aan te gaan. Gebiedsoverschrijdende structuren, zoals een dijklichaam, dienen op een heldere manier afgetekend te worden in het landschap, zodat deze niet versmelten met de vestingwerken. Daarnaast is het van belang dat dergelijke structuren de continuïteit van de vesting zo min mogelijk belemmeren, zodat de samenhang beleefbaar blijft.



Figuur 5: de verschillende onderdelen van de vesting volgens Schetsboek Waterveiligheid Grave aan de Maas.

2.4 RUIMTELIJK KWALITEITSKADER CUIJK-RAVENSTEIN

De visie is om het dijktracé als een herkenbaar landschapselement te ontwikkelen. Naast dat de primaire functie van een dijk is om het achterliggende land te beschermen, is het ook een landschapselement dat twee werelden (landschappen) van elkaar scheidt: een binnendijkse en buitendijkse wereld. Een klein gedeelte van de tijd is de dijk in gebruik als waterkering. Een groot gedeelte van de tijd is de dijk iets anders. Het is onder andere een oriëntatiepunt vanuit de beleving van het landschap en een mooi balkon met uitzicht over de rivier. De leidende principes zijn:

Eén herkenbare dijk
- Het huidige tracé vormt zo veel mogelijk de basis.
- Voorkom lokale asverschuiving en handhaaf vloeiende bewegingen.
- Er wordt ingezet op een herkenbaar en continu dijkprofiel met een standaard hoofdvorm.
- De dijk is zichtbaar als een continu landschapselement.
- Het landschap loopt door tot aan de teen van de dijk.
- Er is samenhang in detaillering en materialisatie op het gehele traject.

Een cultuurhistorische dijk
- De dijkversterking houdt rekening met waardevolle bestaande beplanting.
- De continuïteit van de bakenbomen blijft behouden of wordt teruggebracht.
- De dijkversterking houdt rekening met waardevolle bebouwing langs de dijk.
- Cultuurhistorische elementen worden behouden of opnieuw beleefbaar gemaakt.

Een ecologische dijk
- Verbeteren ecologische waarden buitendijks.
- Een ecologisch interessanter dijktalud.

Een recreatieve dijk
- Ontwikkelen van de dijk als recreatieve route (doorgaande fietsroute en recreatieve vaarverbinding tussen steden).
- Rustpunten op de dijk met eenduidige inpassing, materialisering en meubilair.
- Vergroten toegankelijkheid naar de Maas en de uiterwaarden.
- Karakter van de verschillende deelgebieden behouden en versterken.

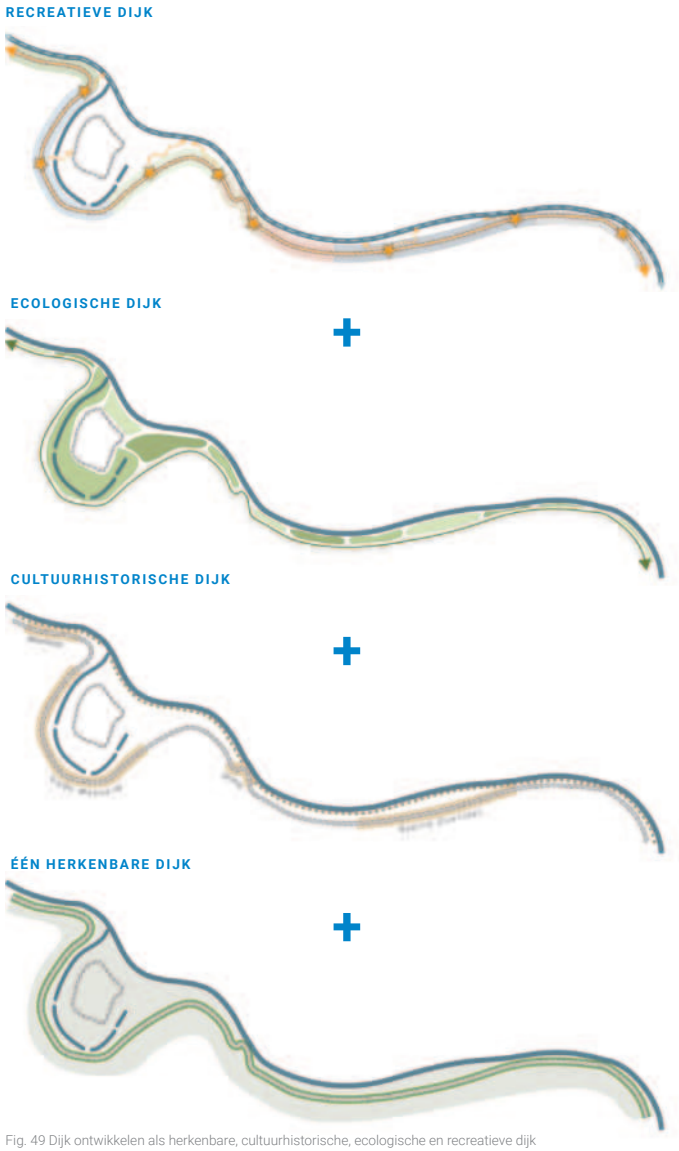
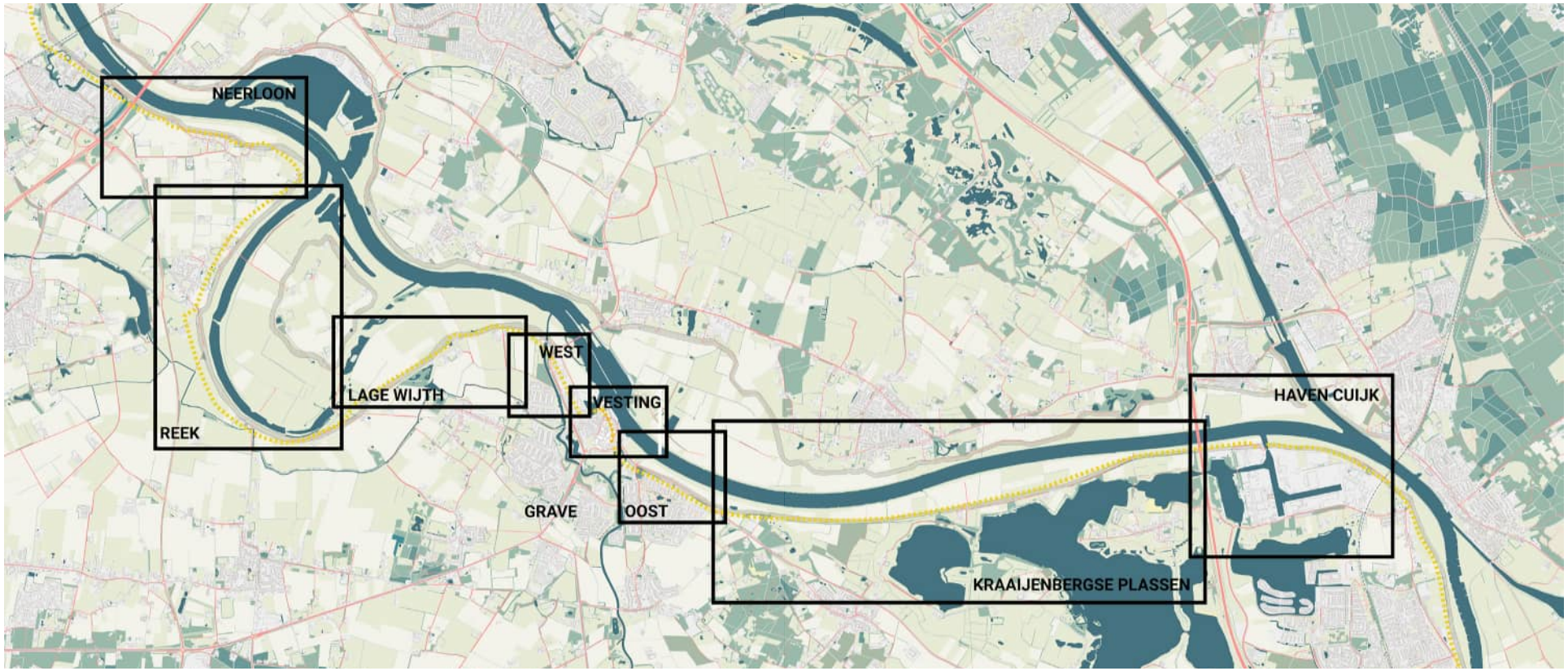


Fig. 49 Dijk ontwikkelen als herkenbare, cultuurhistorische, ecologische en recreatieve dijk

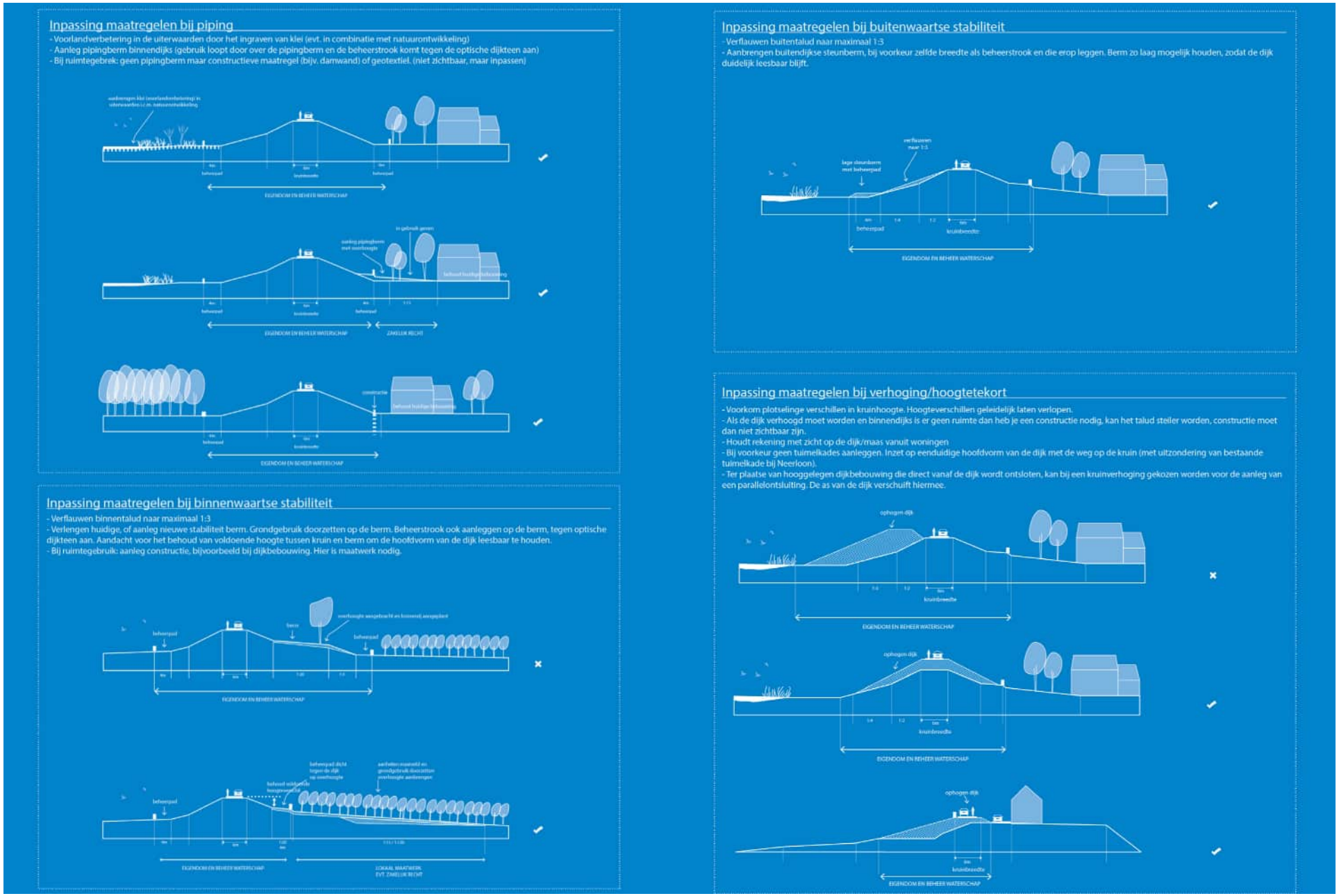
Figuur 6: visie en principes Ruimtelijk Kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein.

In het ruimtelijk kwaliteitskader zijn per faalmechanisme basisprincipes voor het dijkontwerp gegeven. Tevens is het projectgebied ingedeeld in ruimtelijk eenheden. Per ruimtelijke eenheid zijn aandachtspunten en kansen benoemd als suggestie voor de verkenningsfase. Het betreft de volgende ruimtelijke eenheden:

- Haven Cuijk
- Kraaijenbergse Plassen
- Grave Oost
- Grave Vesting
- Grave West
- Lage Wijth
- Reek
- Neerloon



Figuur 7: de ruimtelijke eenheden volgens Ruimtelijk Kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein.



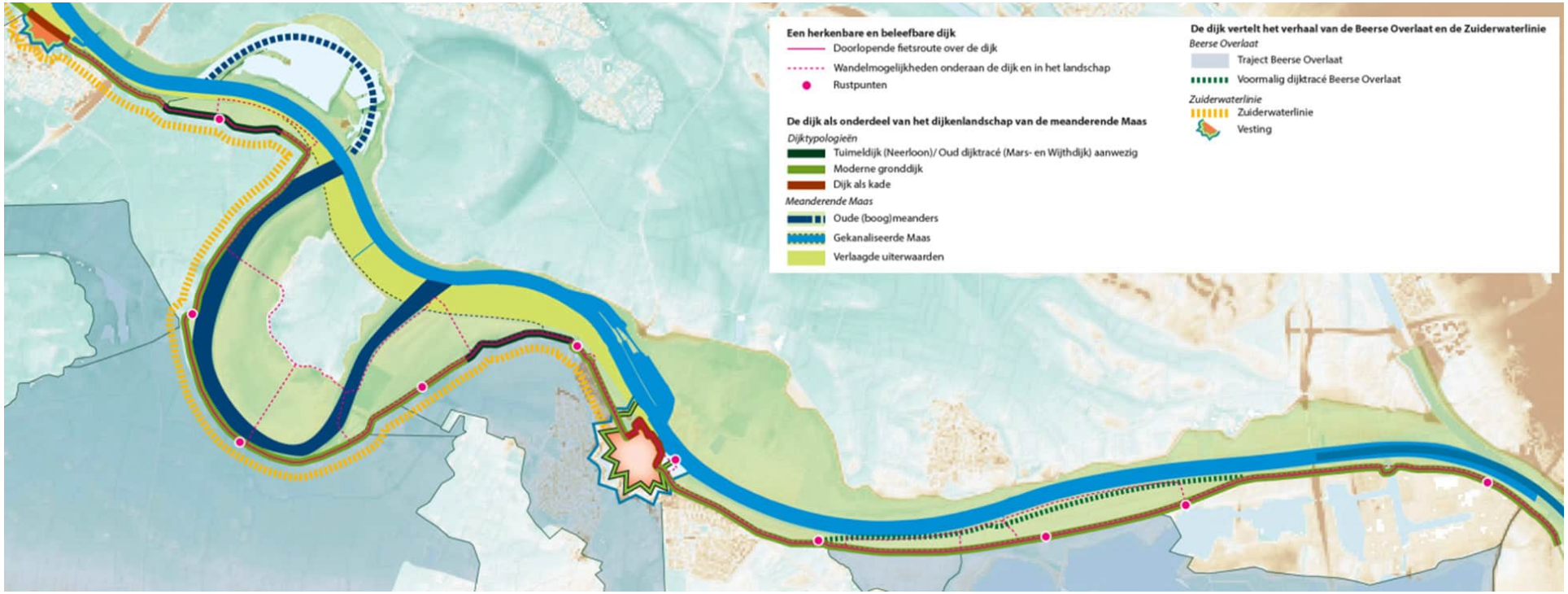
Figuur 8: inpassingsmaatregelen per faalmechanisme (bron: Ruimtelijk Kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein).

2.5 VOORKEURSALTERNATIEF DIJKVERSTERKING CUIJK – RAVENSTEIN

In het VKA zijn per thema de kernkwaliteiten, opgaven en kansen voor de verschillende deelgebieden nader uitgewerkt (zie figuur 10). Deze kernkwaliteiten moeten behouden of versterkt worden. Hiervoor kunnen opgaven worden aangegrepen om de kwaliteiten te versterken of soms toe te voegen.

Een beleefbare dijk met veel gezichten, als onderdeel van een groter geheel
Als je uitzoomt en naar de gehele bedijkte Maas kijkt, zie je dat traject Cuijk-Ravenstijn deel uitmaakt van een complex en gelaagd landschap dat doorloopt tot aan ’s-Hertogenbosch. We zien een afwisseling van Maasmeanders en gekanaliseerde delen, en een reeks van 11 meer of minder gave vestingsteden als onderdeel van de Zuiderwaterlinie. Bij een dijkverbetering gaat het om een goede inpassing in het landschap als onderdeel van de hoofdopgave. Ook kan aanvullend een bijdrage geleverd worden aan het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit van het landschap. Dat kan door de eenheid in de verscheidenheid te benoemen en aan te geven hoe het streven naar deze eenheid uiteindelijk richting geeft aan het type versterking dat we kiezen. Het motto van het VKA is daarom: een herkenbare dijk met veel gezichten, als onderdeel van een groter geheel. In de kaart zijn die vele gezichten weergegeven. In het VKA is dit als volgt uitgewerkt:

Een herkenbare en beleefbare dijk
Een herkenbare en beleefbare dijk wordt bereikt met een eenduidig dijkprofiel en doorlopende routestructuren voor langzaam verkeer. In het dijkprofiel zelf gebeurt dit door voor de gehele dijk te kiezen voor een eenduidige profielopbouw met 1:3 taluds en stabiliteitsbermen.



Figuur 9: integrale visie Nota Voorkeursalternatief Dijkversterking Cuijk-Ravenstein.

De dijk als onderdeel van het dijkenlandschap van de meanderende Maas

Het contrast tussen oude en nieuwe dijken is kenmerkend voor de gehele bedijkte Maas. De dijk is onderdeel van het dijkenlandschap van de meanderende Maas, van Cuijk tot ’s-Hertogenbosch, met een opeenvolging van oude meanders en gekanaliseerde delen. Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein maakt onderdeel uit van dit grotere geheel en wil bijdragen aan verbetering van het landschap van de bedijkte Maas door het contrast tussen ‘oude’ en ‘nieuwe’ dijken te handhaven en eventueel te vergroten. Dat contrast zit hem vooral in het behoud van kleinschaligheid en een goede inpassing van bijzondere beplanting, bebouwing en erven direct aan de dijk in het gedeelte Neerloon-Overlangel. De dijk behoudt hier zijn ontsluitende functie en krijgt een opeenvolging van maatwerklocaties en korte stabiliteitsbermen. Ter hoogte van de Kraaijenbergsche plassen komt een eenduidig dijkprofiel met een stabiliteitsberm over grote lengte. De dijk heeft hier geen ontsluitende functie (hooguit voor fietsers).

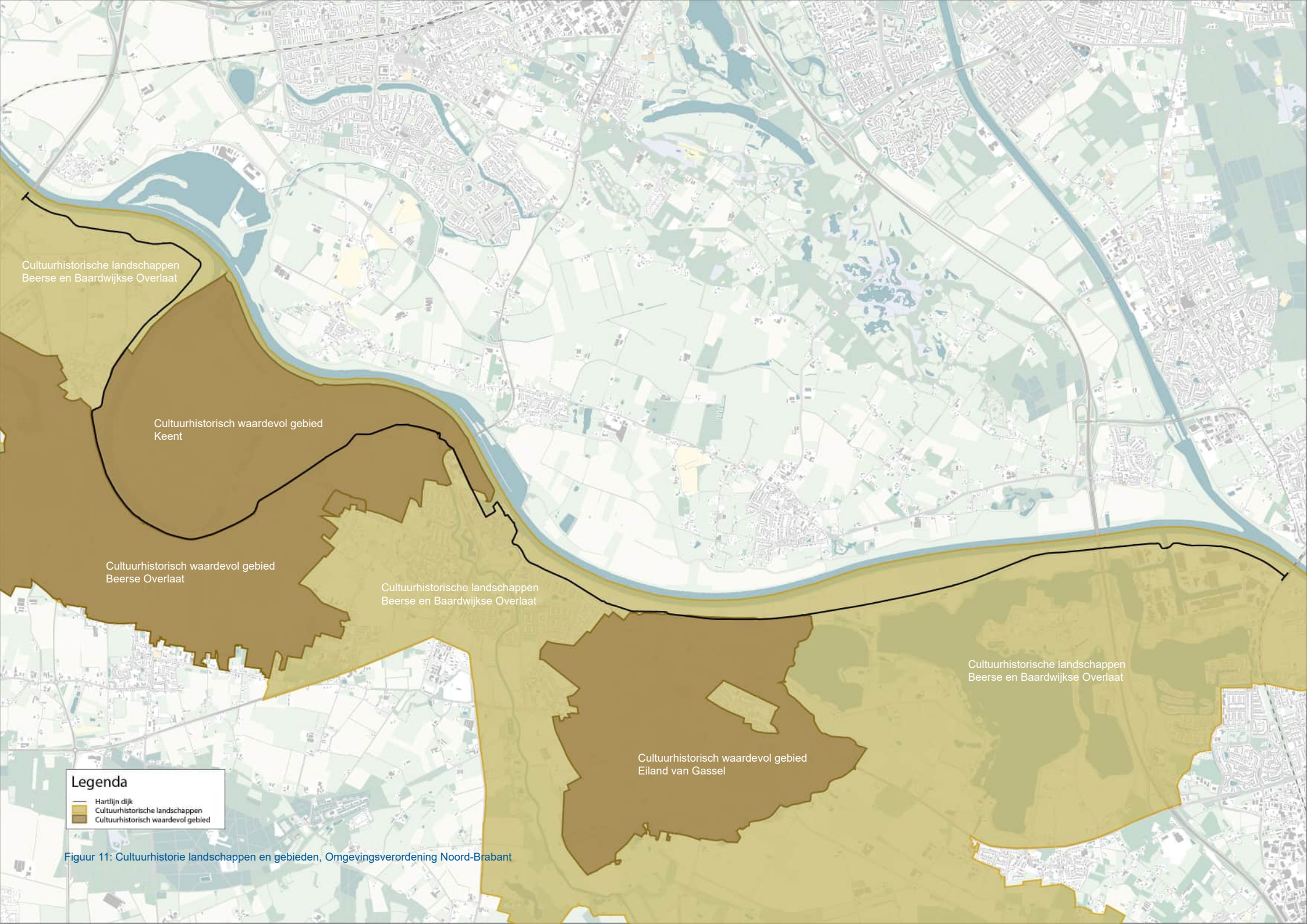
De dijk vertelt het verhaal van de rijke cultuurhistorie van de Zuiderwaterlinie en de Beerse Overlaat

De verschillende onderdelen van de vestingstructuur (Prinsenstal, Maaskade, Nieuwe Haven, Jan van Cuijk-Dijk en Koninginnedijk) krijgen elk een eigen aanpak. Het bewaken van de samenhang van waterveiligheidsmaatregelen binnen de vesting is daarbij cruciaal. De hoogteoplossingen moeten samen een familie vormen die het karakter van de vestingstad behoudt of versterkt. Vanwege de complexiteit van de situatie in Grave is ervoor gekozen om in het VKA voor de Maaskade extra speelruimte te creëren voor het ontwerp samen met de betrokken partijen in de volgende planfase.

De dijkverbetering kan een bijdrage leveren aan het verhaal van de rijke cultuurhistorie van de Beerse Overlaat en de Zuiderwaterlinie. Dat kan door extra aandacht te schenken aan het verbeteren van de beleefbaarheid en herkenbaarheid van de vestingstructuur van Grave en de nu niet meer zichtbare locatie van de inlaat van de Beerse Overlaat ter hoogte van de Kraaijenbergse Plassen.

	Één herkenbare dijk	Een cultuurhistorische dijk	Een ecologische dijk	Een recreatieve dijk
Algemeen	**Kwaliteit** • de dijk is een herkenbaar element dat een buiten- en binnendijkse wereld scheidt **Bouwsteen** • het landschap loopt door tot aan de teen van de dijk • taluds en kruinbreedte zijn eenduidig over de gehele dijk • meer samenhang in materialisatie van de dijk over gehele traject • geen volledige eenheid in het gehele dijkprofiel, maar de inrichtingsmiddelen van wegprofiel en taluds op elkaar afstemmen	**Kwaliteit** • de dijk is een cultuurhistorische structuur. • Beerse Overlaat en Zuiderwaterlinie zijn belangrijkste cultuurhistorische structuren van dit landschap	**Kans** • de dijk als ecologische verbinding door natuurvriendelijke bekleding • koppeling van weerdverlaging en buitendijks natuurontwikkeling	**Kwaliteit** • de dijk als doorlopende langzaam-verkeersverbinding **Bouwsteen** • nieuwe rustpunten op elkaar aansluiten qua materiaalkeuze, eenduidige inpassing en meubilair. **Kans** • maken van een doorlopende fiets- en wandelroute onderaan de dijk
Cuijk en Kraaijenbergse Plassen	**Kwaliteit** • de dijk is een duidelijke scheiding tussen bosschages, bomenrijen en bebouwing binnendijks en weids uitzicht buitendijkse **Bouwsteen** • beplanting is een kwaliteit die dient te worden behouden of teruggebracht **Kans** • één doorlopend dijkprofiel met een continu pad en eenzelfde soort bekleding.	**Kwaliteit** • bakenbomen zijn belangrijke cultuurhistorische structuur **Bouwsteen** • inpassen 2 kazematten in dijk bij Cuijk **Kans** • Beerse Overlaat beter zichtbaar maken	**Kwaliteit** • de dijk ligt tussen de Natuurnetwerk Brabant-gebieden (NNB) het Gasselse Bos, de Raamvallei, de Kraaijenbergse Plassen, het Maasheggengebied en de Tochtsloot binnendijks en de agrarische weerden buitendijks.	**Kwaliteit** • weidse uitzicht vanaf de dijk dat wordt gestuurd door de beplanting langs de dijk **Kans** • doorgaande fietsverbinding • meer rustpunten op de dijk en struinroutes in de uiterwaarden rond de voormalige Beerse Overlaat • rustpunt bij de uitloper van de Maashorst bij de Driesenweg
Grave	**Kwaliteit** • watercontact en beplanting langs de kades • de zichtbare vestingstructuren. **Bouwsteen** • de vestingstructuur is sterk bepalend voor de waterveiligheidopgave	**Bouwsteen** • vestingstructuur van de stad zoveel mogelijk zichtbaar te maken (Vestingvisie) • bij verticale constructies een afweging maken tussen het terugbrengen van bestaande kwaliteiten of het toevoegen van nieuwe kwaliteiten. **Kans** • zichtbaar maken bastion Blauwkop • aansluiten op ontwikkeling Visioterrein • aansluiten op ontwikkeling EMAB	**Kans** • natuurvriendelijkere beekmonding Raam bij Gemaal van Sasse • beekherstel en een ecologische verbindingszone (EVZ) van de Raam langs het Visioterrein	**Kans** • opwaarderen van de verblijfskwaliteit van het waterfront: • Grave als schakel in het fietsnetwerk over de Maasdijk.
Neerloon-Overlangel-Reek	**Bouwsteen** • steun- en pipingbermen dienen rekening te houden met kernkwaliteit van dit landschap: afwisselend tussen open landschap en de besloten en soms beplante bebouwingsstructuren. • steun- en pipingbermen lopen vloeiend in elkaar over en het liefst over een langere lengte • de tuimeldijk bij Neerloon is een afwijkend element: behouden ensemble van bebouwingslint en beplanting op de dijk • wegaantakkingen zijn ondergeschikt en de weg op de dijk moet continu worden doorgezet. Verkeerskundige aanpassingen dienen rekening te houden met de dijk als leidende vorm in dit landschap.	**Bouwsteen** • inpassen historische gebouwen aan de dijk: het Schuttershuisje, het Wachthuis, het Veerhuis, de woningen bij Overlangel en Neerloon. • zichtbaar houden historisch dijktracé met wielen en kronkels aan Mars en Wijthdijk • Neerloon is een afwijkend element: behouden ensemble van bebouwingslint en beplanting **Kans** • zichtbaar maken van de Beerse Overlaat (Velpse Sluisje en Pannestaart)	**Kans** • verbinding tussen dijk en NNB gebieden Putwielen/Herperduin via de Hertogswetering en Erfdijk	**Kwaliteit** • beleving van de buitendijkse rivierna-tuur en het weidse open landschap met verschillende vergezichten **Kans** • meer recreatieve verbindingen met de uiterwaard • verbeteren van de verkeersveiligheid van de dijk voor fietsers (met name op het traject tussen Reek en Overlangel)

Figuur 10: per thema de kernkwaliteiten, opgaven en kansen (bron: Nota Voorkeursalternatief Dijkversterking Cuijk-Ravenstein).



Figuur 11: Cultuurhistorie landschappen en gebieden, Omgevingsverordening Noord-Brabant

2.6 UPDATE VAN HET RKK EN VKA

In de planuitwerkingsfase zijn op het niveau van het Voorkeursalternatief en het Ruimtelijk Kwaliteitskader uitgangspunten gesignaleerd die nog niet voldoende naar voren kwamen in deze documenten. Deze zijn in dit hoofdstuk aangevuld.

2.6.1 Cultuurhistorie landschappen en gebieden, Omgevingsverordening Noord-Brabant

Provincie Noord-Brabant heeft gebieden aangewezen die planologisch beschermd zijn in de Omgevingsverordening Noord-Brabant. De beschrijving uit de verordening geeft handvatten voor de inpassing van de dijkversterking. In deze paragraaf zijn de voor de dijkversterking relevante onderdelen van de beschrijving samengevat.

Cultuurhistorisch waardevol gebied Keent
Planologische bescherming van de waarden/kenmerken:
- De oude Maasmeander
- De dijken rondom Keent
- De wielen
- Het microreliëf
- De Maasdijk
- Buurtschap Keent
- Het Veerhuis en veerstoepen
- De relicten van Maasheggen
- Het Van Sassegemaal met kazemat
- De stuw en schutsluizen in de Maas bij Grave

Het gebied Keent heeft zijn huidige vorm gekregen door afsnijding van een Maasmeander omstreeks 1935. Het dijkenpatroon en de goed herkenbare meander illustreren de belangrijke werken die in de crisisjaren zijn uitgevoerd om de afvoer van de Maas te verbeteren.

Zowel het binnendijkse gebied als de uiterwaard zijn in gebruik als grasland en weiland. De rivierbedding wordt momenteel ingericht ten behoeve van natuurontwikkeling. Het water zal gedeeltelijk terugkeren in de oude bedding (red. deze tekst uit Omgevingsverordening d.d. 5-12-2023 is verouderd. De natuurontwikkeling is reeds uitgevoerd). In de uiterwaard liggen nog enkele waardevolle relicten van Maasheggen. Ook de veerstoepen en het veerhuis van het vroegere Reekse Voetveer zijn er nog (red. deze informatie is achterhaald. Stoepen en veerhuis zijn inmiddels verdwenen).

In de Tweede Wereldoorlog is dit gebied in gebruik geweest als militair hulpvliegveld. In het uiterste oosten van het gebied staat het Van Sassegemaal, in 1929 gebouwd in het kader van de verbetering van de waterhuishouding van de Raam. Dit was nodig geworden door de bouw van de stuw in de Maas ten noorden van Grave. Vlakbij ligt een brugkazemat uit 1937.Waardevolle samenhang bestaat tussen de oude Maasmeander en de zuidelijke Maasdijk. En tussen de Maaswerken, de afsnijding van de meander en de bouw van het Van Sassegemaal.

Cultuurhistorisch waardevol gebied Beerse Overlaat
Planologische bescherming van de waarden/kenmerken:
- De Hertogswetering
- De Roode Wetering
- De eendenkooien
- De huizen op terpen
- De Peeldam bij Velp

De Beerse Maas is een overlaatsysteem dat eeuwenlang het landschap en het bodemgebruik heeft bepaald. Tal van dijken, kaden, weteringen en sluizen herinneren aan de wateroverlast, die vrijwel ieder jaar plaatsvond. Het verschijnsel van de Beerse Maas trad vanaf 1700 steeds frequenter op. De overlaat is pas gesloten in 1942.

Grote delen van de voormalige Beerse Overlaat zijn in de periode 1950 - 1980 onderhevig geweest aan ruilverkavelingen, waarbij de percelering grootschaliger is geworden en er voor het eerst boerderijen werden gebouwd in dit vroeger geheel onbebouwde gebied. Het zeer open en weidse karakter is echter nog goed bewaard gebleven. Het landschap, met de dijken, wielen en historische bebouwing op terpen laat nog veel zien van de historie van de Beerse Overlaat. De Hertogswetering is met zijn lengte van ruim dertig kilometer een van de langste weteringen van ons land. De wetering begint bij Grave en loopt door de laagste delen van het terrein naar Gewande, waar het water op de Maas wordt geloosd.

De samenhang tussen dijken, dwarskaden, weteringen, terpen en sluizen is waardevol. Ook de relatie tussen de openheid en het vrijwel ontbreken van bebouwing met de Beerse Maas is waardevol. Ondanks de bouw van nieuwe boerderijen heeft het gebied zijn weidse en open karakter behouden. Het gebied maakte als inundatiegebied onderdeel uit van de Zuiderwaterlinie.

Cultuurhistorisch waardevol gebied Eiland van Gassel
Planologische bescherming van de waarden/kenmerken:
- De Escharense Dijk
- De Hogendijk
- De wielen
- De akkercomplexen
- Het hakhout
- De onverharde wegen
- De terpen met bebouwing
- De verhoogd aangelegde wegen

Het oude cultuurland van het ‘eiland’ van Gassel werd met een omringdijk beschermd tegen het water van de Maas en de Beerse Maas. Het gebied is qua inrichting en landschapsbeeld goed bewaard gebleven. Het contrast tussen het besloten kleinschalige landschap van het ‘eiland’ en het open uitgestrekte landschap van de Beerse Overlaat is nog goed te zien.

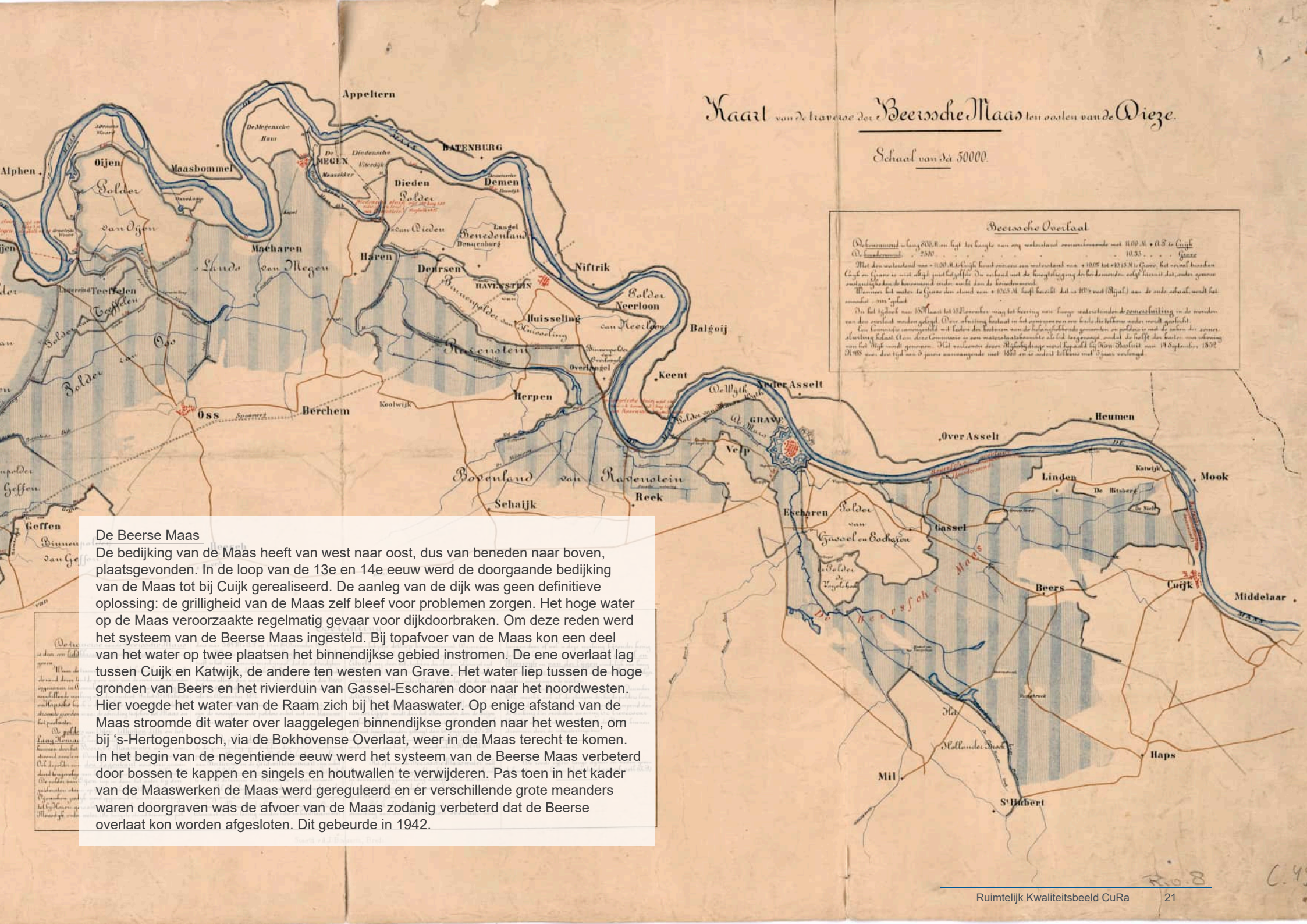
De dorpsgebieden van Escharen, Gassel, Nieuw-Gassel en Heihoek werden door een dijk beschermd tegen het water van de Maas. Delen van deze omringdijk, de Hooge Dijk (nu Hogendijk), zijn nog aanwezig. Verschillende wielen getuigen van dijkdoorbraken. Vroeger, als de Maas ‘om’ was lag dit gebied als een schiereiland tussen de Maas en de Beerse Maas. Alleen in het noordwesten was het met Grave verbonden dankzij de Escharense dijk, die voor 1850 is aangelegd.

De dijken, wielen, bewoning op terpen en de verhoogde wegen herinneren nog aan het oude landschap. Op de zandopduiking is de voormalige heide ontgonnen en bebost. In het noorden is een hakhoutgebied met veel onverharde wegen terug te vinden. Rond 1900 was het eiland van Gassel een kleinschalig gebied met een mozaïek van akkers, graslanden bosjes en kleine heideveldjes met enkele grotere akkercomplexen. De kleinschaligheid en de vormen van bodemgebruik zijn nauwelijks gewijzigd, behalve dat de heideterreinen vrijwel allemaal zijn omgezet in bos. Ook de wegenstructuur is vrijwel onveranderd.

Cultuurhistorische landschappen Beerse (en Baardwijkse) Overlaat
Het gebied van de Beerse Overlaat weerspiegelt 700 jaar waterstaatgeschiedenis. Het systeem van de Beerse Maas was het meest uitgebreide overlaatstelsel van ons land. De inrichting en het gebruik van het gebied waren geheel op deze functie afgestemd. De vele landschapselementen vertellen het verhaal van deze bijzondere vorm van waterbeheer.

Ontwikkelstrategie:
- Behoud open landschap.
- Behoud en beleefbaar maken van eendenkooien, dijken, waterlopen, wielen, en terpen.
- Natuurontwikkeling, waterberging en stedelijke uitbreiding afstemmen op de cultuurhistorische identiteit van de Beerse Overlaat.
- Vergroten cultuurhistorische waardering door vergroting van beleving.

<u>Het gebied tussen Cuijk en ’s-Hertogenbosch</u>
In het noorden ligt de Maas met haar uiterwaarden. Ten zuiden daarvan ligt een strook oud cultuurland op oeverwallen en donken, waar de dorpen en stadjes op liggen. Aan de zuidkant van deze vanouds bewoonde zone ligt een aaneenschakeling van laaggelegen komgebieden. Door deze kommen stroomde vroeger, bij hoge waterstanden op de Maas, een parallelrivier: de Beerse Maas. Het water uit de Maas stroomde bij Cuijk het land binnen om vervolgens een brede, traag stromende rivier te vormen naar ‘s-Hertogenbosch. Hierdoor was het lange tijd niet mogelijk om in deze komgebieden huizen te bouwen of akkers aan te leggen. De komgebieden werden extensief gebruikt als hooi- of weiland, als griend of als eendenkooi. Veel opgaande bomen trof men niet aan in de loop van deze Beerse Maas; bossen zouden de doorstroming van het water belemmeren.
De boerderijen, dorpen en steden, boomgaarden en akkers lagen op de donken en de stroomruggen langs de Maas en op de brede dekzandrug tussen ‘s-Hertogenbosch en Grave. Er was dus vanouds een groot verschil in visueel-landschappelijk opzicht tussen de vrij besloten oeverwallen en donken, de zeer open komgebieden en de besloten landschappen met elzen- en meidoornsingels en populierenbeplanting op de flanken van de dekzandruggen in het zuiden.



De Beerse Maas

De bedijking van de Maas heeft van west naar oost, dus van beneden naar boven, plaatsgevonden. In de loop van de 13e en 14e eeuw werd de doorgaande bedijking van de Maas tot bij Cuijk gerealiseerd. De aanleg van de dijk was geen definitieve oplossing: de grilligheid van de Maas zelf bleef voor problemen zorgen. Het hoge water op de Maas veroorzaakte regelmatig gevaar voor dijkdoorbraken. Om deze reden werd het systeem van de Beerse Maas ingesteld. Bij topafvoer van de Maas kon een deel van het water op twee plaatsen het binnendijkse gebied instromen. De ene overlaat lag tussen Cuijk en Katwijk, de andere ten westen van Grave. Het water liep tussen de hoge gronden van Beers en het rivierduin van Gassel-Escharen door naar het noordwesten. Hier voegde het water van de Raam zich bij het Maaswater. Op enige afstand van de Maas stroomde dit water over laaggelegen binnendijkse gronden naar het westen, om bij ‘s-Hertogenbosch, via de Bokhovense Overlaat, weer in de Maas terecht te komen. In het begin van de negentiende eeuw werd het systeem van de Beerse Maas verbeterd door bossen te kappen en singels en houtwallen te verwijderen. Pas toen in het kader van de Maaswerken de Maas werd gereguleerd en er verschillende grote meanders waren doorgraven was de afvoer van de Maas zodanig verbeterd dat de Beerse overlaat kon worden afgesloten. Dit gebeurde in 1942.

2.6.2 Cultuurhistorische tijdlaag 2e wereldoorlog

De Tweede Wereldoorloglinies de Maaslinie en de Peel-Raamstelling zijn niet in kaartmateriaal opgenomen en worden niet genoemd in de VKA-visie “De dijk vertelt het verhaal van de rijke cultuurhistorie van de Zuiderwaterlinie en de Beerse Overlaat”. Aangezien het rijksmonumenten zijn is het van belang hun historische en ruimtelijk context scherp te hebben.

De twee kazematten in de dijk bij Cuijk zijn onderdeel van de Maaslinie die vanuit het zuiden langs de Maas bij Cuijk doorliep richting Nijmegen. Deze twee kazematten verdedigden de brug van de A73.

De Kazemat bij het Gemaal van Sasse behoort tot de Peel-Raam stelling. Deze liep vanuit het zuiden via te Peel tot de Maas. Deze kazemat verdedigde de Thompsonbrug.



Figuur 12: kazemat bij Cuijk, onderdeel van de Maaslinie.



Figuur 13: Maaslinie en de Peel-Raamstelling.

2.6.3 Cultuurhistorische landschapselementen Mars en Wijthdijk

In de visie van het VKA staat de Mars en Withdijk afgebeeld als een kanteldijk, gelijk aan de kanteldijk van Neerloon. Ze zijn echter niet als gelijke kanteldijken te beschouwen. Ze hebben een verschillende ontstaansgeschiedenis en verschijningsvorm. Daarom verdienen ze ieder een specifieke benaderen voor de landschappelijk inpassing en behoud van cultuurhistorie.

De tuimeldijk bij Neerloon is in 1998 ontstaan door het buitenwaarts versterken van de Maasdijk om de bomen op de dijk bij Neerloon te sparen. Deze lijn is reeds doorgezet in het VKA.

Bij de tuimeldijk bij Mars en Wijthdijk is omstreeks 1955 tijdens de aanleg van de moderne gronddijk een oude kronkeldijk rechtgetrokken, waarbij de oude dijkkronkels en wielen bewaard zijn gebleven. Het bewaren van deze cultuurhistorische landschapselementen lijkt een bewuste keuze te zijn geweest. Zo dient er met de toekomstige dijkversterking ook mee om te worden gegaan.



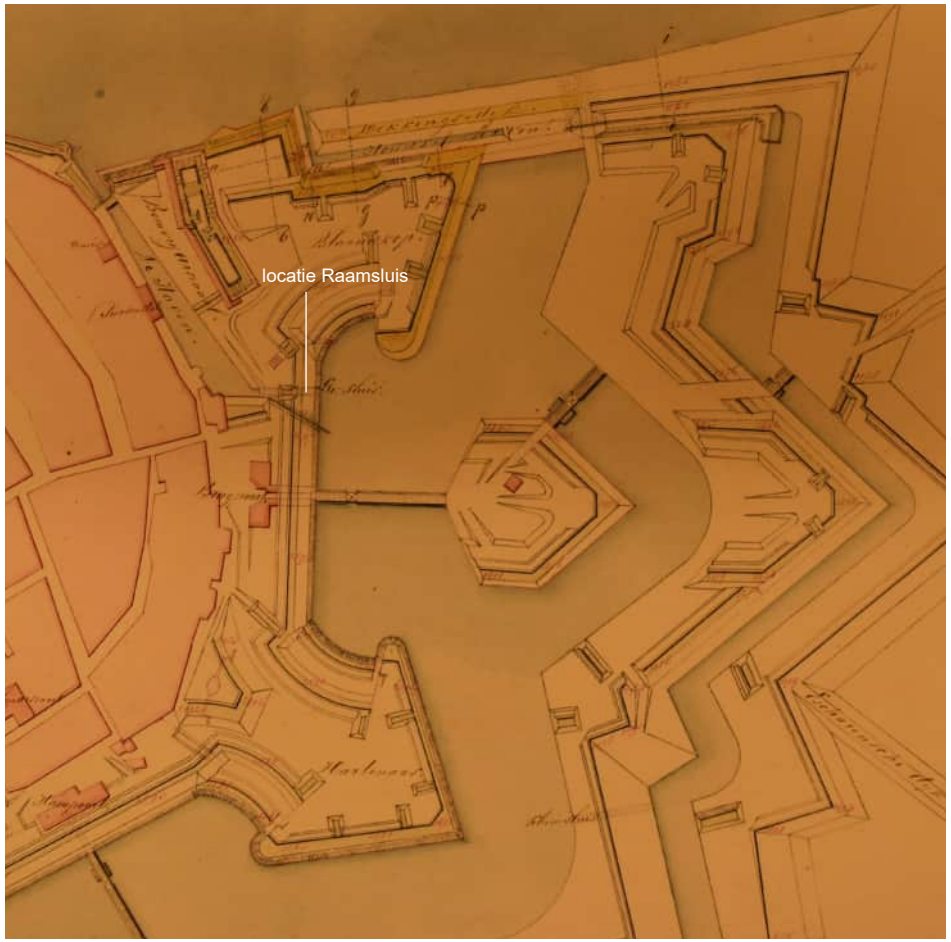
Figuur 14: historische kaart ca.1930 met de wielen en kronkels in de dijk.



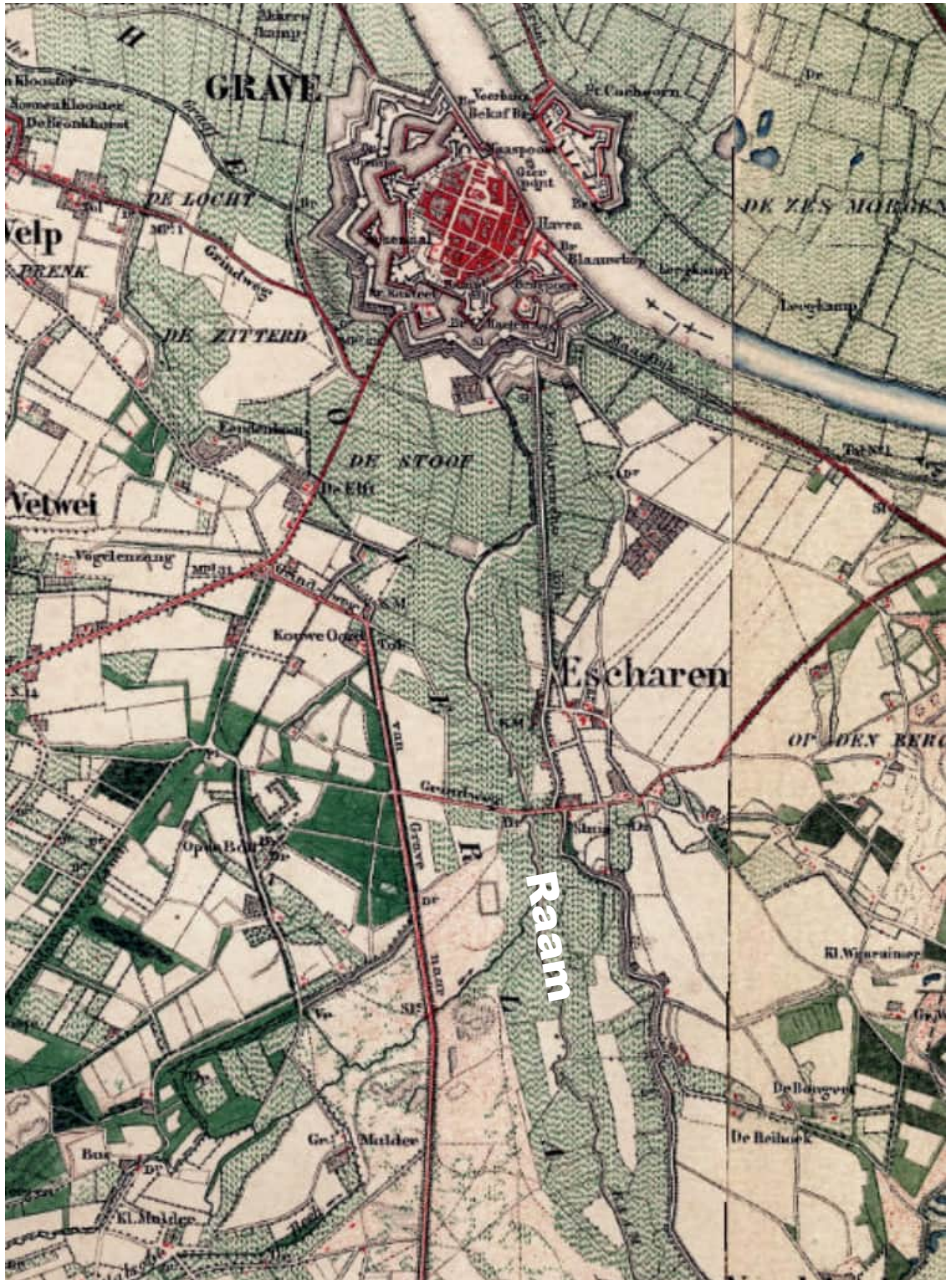
Figuur 15: de huidige rechtgetrokken dijk, met binnendijks twee restanten van de oude dijk.

2.6.5 Cultuurhistorische kunstwerk Raamsluis

De rivier de Raam mondde vroeger uit in de gracht van vesting Grave. Het water uit de gracht liep via de Oude Haven weg naar de Maas. Dat gebeurde via een sluis, ook wel Kapitale sluis genoemd. Met de sluis kon het waterpeil van de gracht worden geregeld en mogelijk het achterland worden geïnundeerd. Na de sloop van de vestingwerken behield de Raam een watergang parallel aan de Jan van Cuijkdijk, met een uitweg via de sluis naar de Oude Haven. Dat was niet meer de Kapitale sluis, maar een kleinere sluis en die is er nog steeds (bron: Stadsmuseum Grave). De huidige Raamsluis bestaat uit twee gedeelten. Het oudste deel dateert uit 1793 vanaf de rivierzijde richting de Raam over een lengte van 22,5 meter.



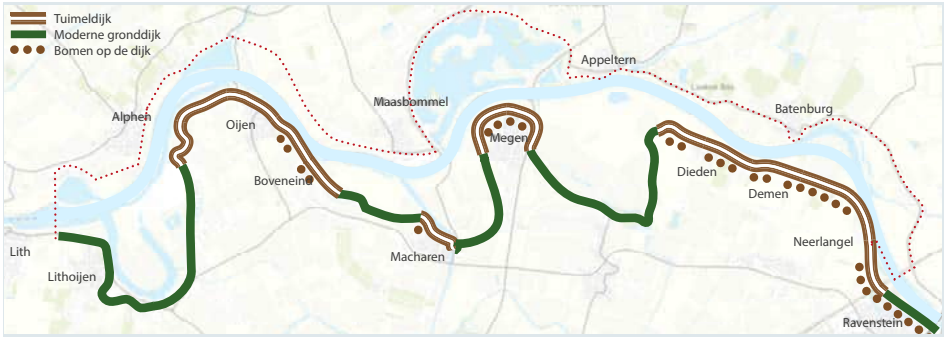
Figuur 16: Vesting Grave volgens tekeningen uit 1845, met de Raamsluis.



Figuur 17: De vesting omstreeks 1875, met aan de zuidzijde de Raamvallei en de Raam die uitmond in de vesting.

2.6.5 Bomendijken bij oeverwaldorpen

De bomendijken ter hoogte van kernen zijn karakteristiek voor het gebied van de Meanderende Maas. Bomendijken horen bij de oeverwaldorpen in het gebied, welke een sterke verbinding hebben met de dijk. Bomendijken komen vooral voor bij tuimeldijken. Figuur 18 geeft de hoofdopbouw voor tuimeldijk, moderne gronddijk en bomen op de dijk, zoals gehanteerd bij Dijkversterking Meanderende Maas. In projectgebied CuRa zijn Overlangel en Neerloon oeverwaldorpen die liggen in het gebied van de Meanderende Maas. Vanuit een eenduidig perspectief voor de inpassing van de dijk dient de opbouw uit onderstaande kaart door te worden getrokken naar deze dorpen, als daar wordt gekozen voor het aanleggen van een tuimeldijk.



Figuur 18: Hoofdopbouw tuimeldijk, moderne gronddijk en bomen op de dijk bij Dijkversterking Meanderende Maas.

2.6.4 Twee typen gronddijk

De moderne gronddijk binnen CuRa is te onderscheiden in twee dijktypen (los van het onderscheid tussen gewone dijk en tuimeldijk). Het onderscheid is ontstaan door hun ontwikkeling. Deze ontwikkeling bepaalt hun verschijningsvorm en type bebouwing en beplanting aan de dijk, wat relevant is voor de ruimtelijke inpassing van de dijk.

Nieuwe/verplaatste moderne gronddijk

Dijktraject Cuijk-Grave is grotendeels een moderne, verplaatste (of geheel nieuwe) gronddijk. Het traject ligt in het gebied waar de Maas overgaat van een rivier die zich insnijdt in het landschap (de Noordelijk Maasvallei) naar een rivier die hoog in het landschap ligt (de Meanderende Maas / de Bedijkte Maas). Het gegeven dat dit de eerste plek is waar de Maas buiten zijn natuurlijke oevers kan treden en het Maaswater breed uit kan stromen en meanderen is de geologische basis waarom hier de instroomlocatie van de Berge Maas ligt: de Beerse Overlaat.

Tijdens de werking van de Beerse Overlaat waren de dijken langs de Maas beperkt tot lage zomerdijkjes dicht bij de rivier. Door de jaarlijkse overstroming door de Beerse Overlaat is er nagenoeg geen bebouwing van voor 1940. Na het sluiten van de Beerse Overlaat werd de moderne gronddijk aangelegd. De dijk werd zuidelijker aangelegd dan de oude lage dijkjes bij de rivier. Pas na 1970 worden enkele boerderijen, bedrijventerrein Haven Cuijk en woonwijk Esterveld (Grave) binnendijks tegen de dijk gebouwd.

De dijk is strak en recht. Alleen bij Grave en Cuijk zijn enkele bochten in dijk die te relateren zijn aan bochten van een oude dijk.



Figuur 19: landschap tussen Cuijk en Grave zonder winterdijk (1900).



Figuur 20: landschap tussen Cuijk en Grave met winterdijk (2024).

Moderne gronddijk op locatie oude gronddijk
Traject Grave-Ravenstein is een moderne gronddijk op de locatie van een oude gronddijk. Tijdens de werking van de Beerse Overlaat lag hier ook een relatief hoge gronddijk. Tussen Grave en Overlangel stroomde het water van de overlaat door het laag gelegen binnendijks gebied tegen de dijk, waardoor daar weinig bebouwing is. Het gebied Overlangel-Neerloon-Ravenstein lag hoog en veilig voor het water van de overlaat, waardoor zich hier veel oude bebouwing aan de dijk bevindt.
Op enkele plekken is de oorspronkelijke dijk nog zichtbaar door:

- Dijkhuizen op kruinhoogte van de oude dijk (Schuttershuisje, Wachthuis en woningen hoog aan de dijk in Neerloon).
- Restanten van wielen en de kronkeldijk langs of tegen de dijk bij Mars en Wijth.
- De tuimeldijk bij Neerloon met de rijbaan en bomen op de oorspronkelijke dijk en een nieuwe verhoogde dijk daarvoor.
- Bochten in dijk die te relateren zijn aan bochten van de oude kronkeldijk. De bochten uit de kronkeldijk zijn tijdens de aanleg van de moderne gronddijk rechter getrokken, maar nog soms nog steeds herkenbaar.



Figuur 22: Dijkhuis het wachthuis.



Figuur 21: Het landschap tussen Grave en Ravenstein met de oude gronddijk (1900). Duidelijk is de concentratie aan bebouwing en hoger gelegen akkers tussen Neerloon en Overlangel te zien.



Figuur 23: Het landschap tussen Grave en Ravenstein met de moderne gronddijk (2024).


3

3 RUIMTELIJKE KWALITEITSEISEN DIJK

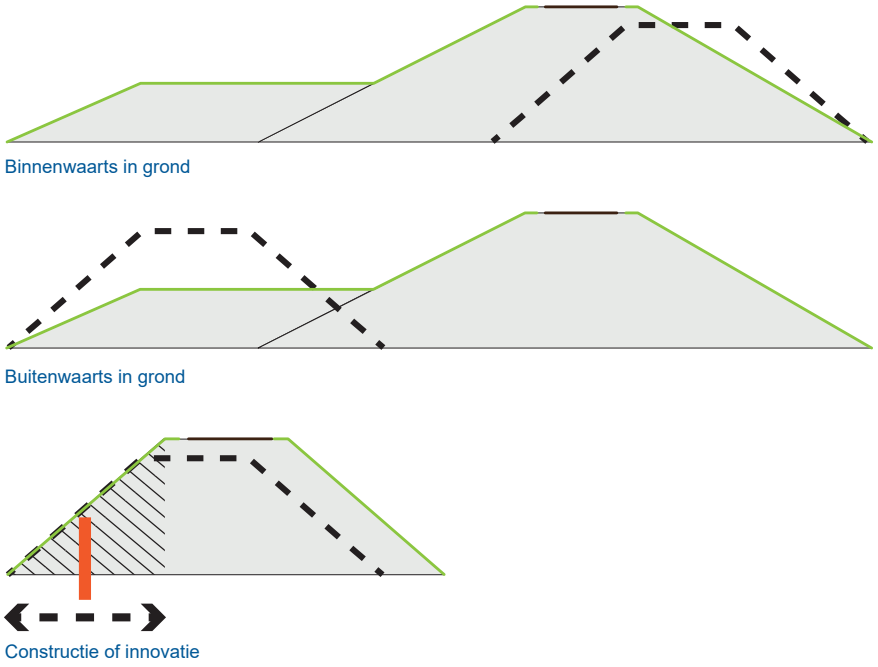
Het realiseren van een veilige dijk is de hoofdopgave. Daarnaast is ook de ruimtelijke kwaliteit van belang en spelen andere uitgangspunten een belangrijke rol, zoals als een goed ingepaste dijk, een herkenbare dijk met eenheid in verscheidenheid, continuïteit en behoud van bestaande kwaliteiten, zoals het landschap aan de dijk. Geen eenvoudige opgave. Dit Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld biedt een handreiking voor een goede inpassing en zorgt voor borging van de ruimtelijke kwaliteit, nu en in de toekomst.

3.1 BASIS-UITGANGSPUNTEN

Voor de vormgeving en inrichting van de dijk gelden een aantal uitgangspunten:

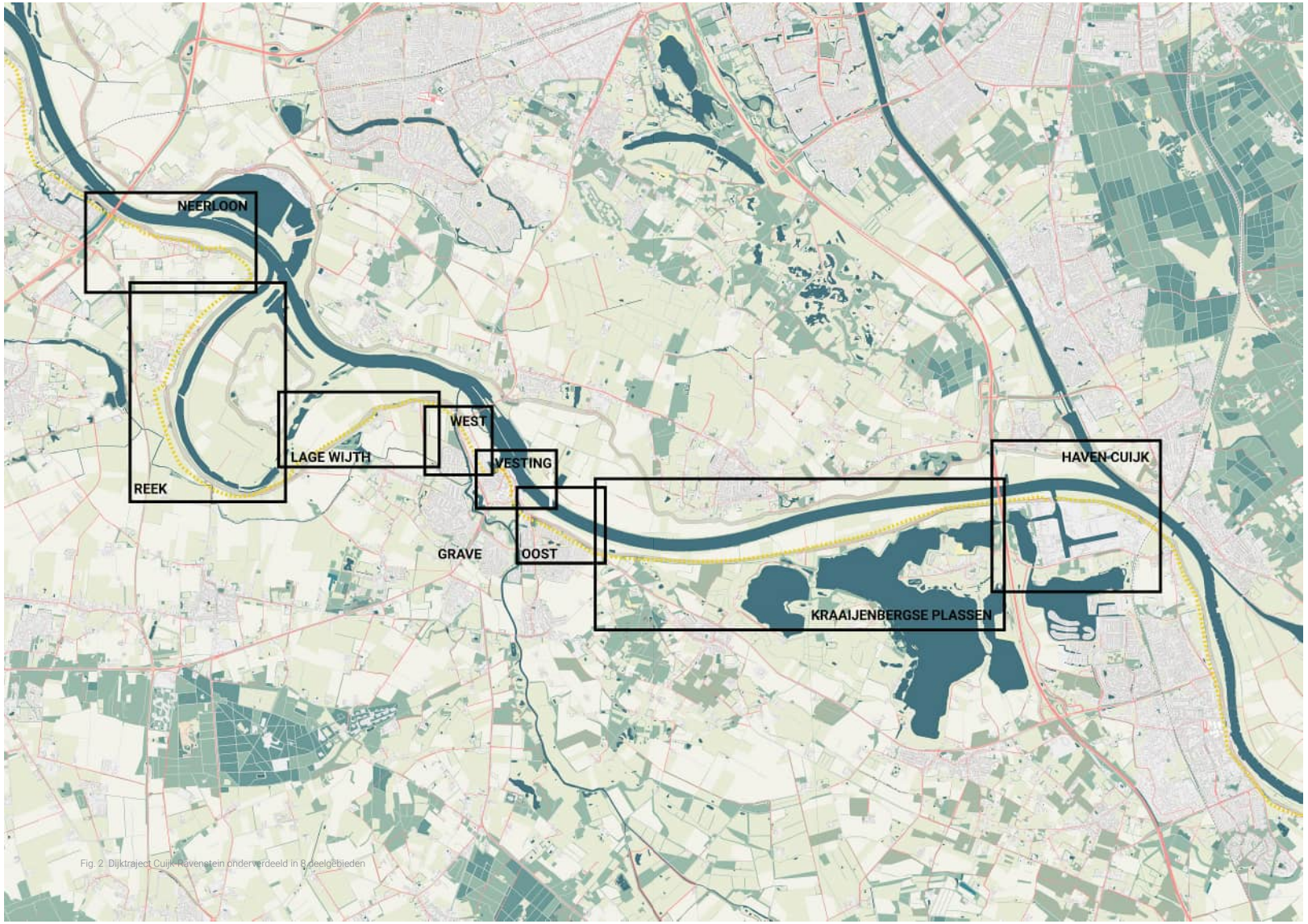
- Een sobere en doelmatige inpassing.
- De huidige dijkvorm is de basis: dijk met tuimelkade of moderne gronddijk.
- Geen grote as-verschuivingen.
- Continuïteit in het ruimtelijk beeld en een eenduidige profielopbouw.
- Inpassing in het landschap en reageren op het landschap: behouden van essentiële waarden en bestaande kwaliteiten, zoals wielen, historische bebouwing en landschappelijke structuren.
- Het landschap loopt door tot aan de teen van de dijk.
- Eenheid in verscheidenheid: grotere aaneengesloten dijksecties en tegengaan van versnippering. Dit geldt in het bijzonder binnen de in het ruimtelijk kwaliteitskader benoemde ruimtelijke eenheden (zie figuur 25). Tussen de eenheden is reeds verscheidenheid waar te nemen. Binnen de eenheden de eenheid waarborgen:
  - Haven-Cuijk
  - Kraaijenbergse Plassen
  - Jan van Cuykdijk (“oost” in ruimtelijk kwaliteitskader)
  - Vesting Grave
  - Koninginnedijk (“west” in ruimtelijk kwaliteitskader)
  - Lage Wijth
  - Reek
  - Neerloon
- Toepassen van de volgende hiërarchie voor de versterking van de gronddijk:
  1. Binnenwaarts in grond waar ruimte is.
  2. Buitenwaarts in grond bij belemmeringen binnendijks en beperkte invloed op rivier.
  3. Constructies of innovaties bij belemmeringen binnendijks (zoals bebouwing) en belemmeringen buitendijks (grote invloed op rivier). Tevens kan kosteneffectiviteit een motivatie zijn.

Deze uitgangspunten leiden tot de spelregels en ontwerpprincipes zoals hierna geformuleerd.



Figuur 24: hiërarchie voor versterking van de gronddijk.

Foto pagina 28: de dijk bij de Driesenweg, met links de cultuurhistorische beplanting van het Gasselse Bos en in de verte de bomen aan Jan van Cuykdijk.

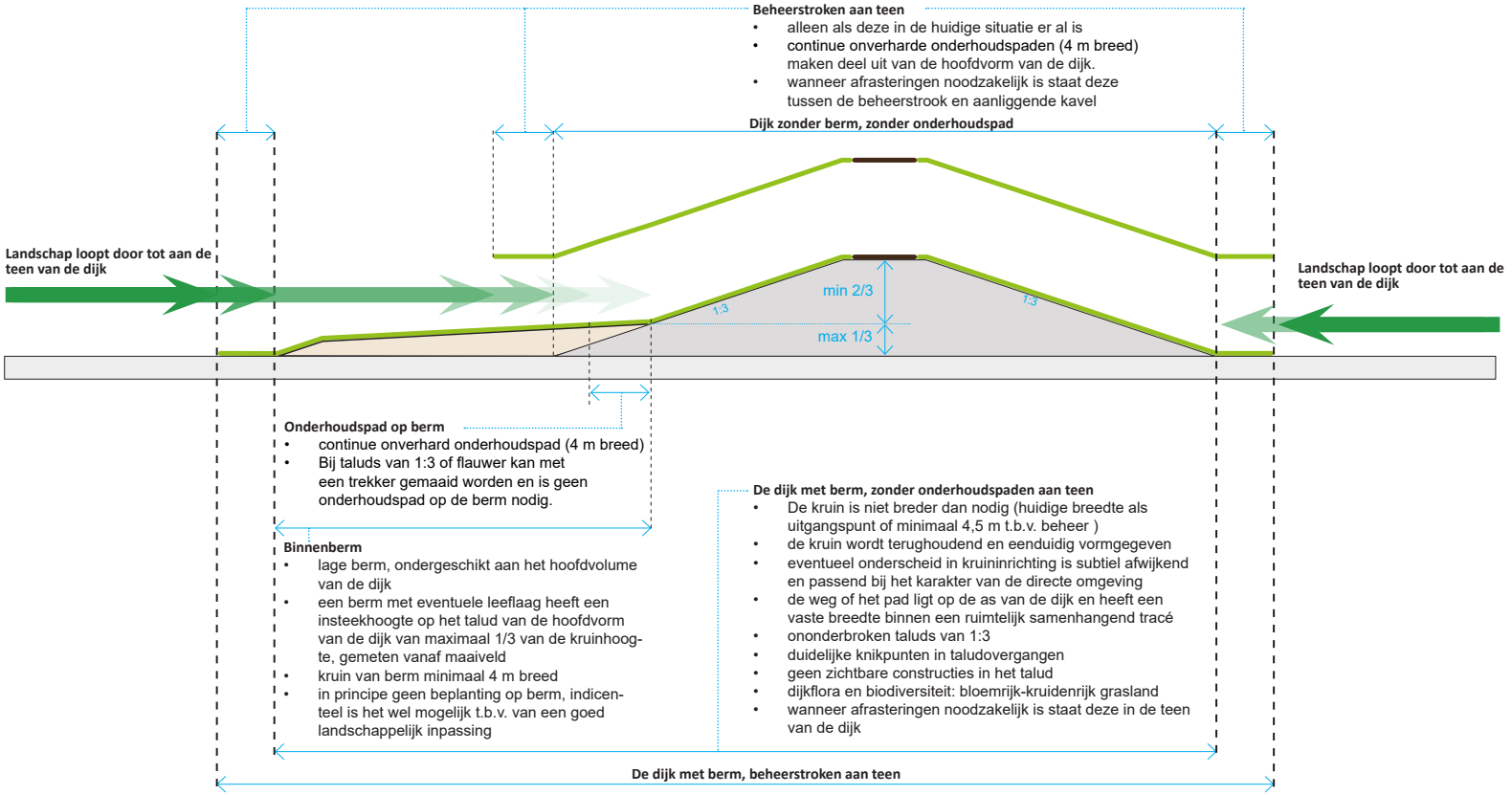


Figuur 25: de ruimtelijke eenheden (bron: Ruimtelijk Kwaliteitskader Cuijk-Ravenstein).

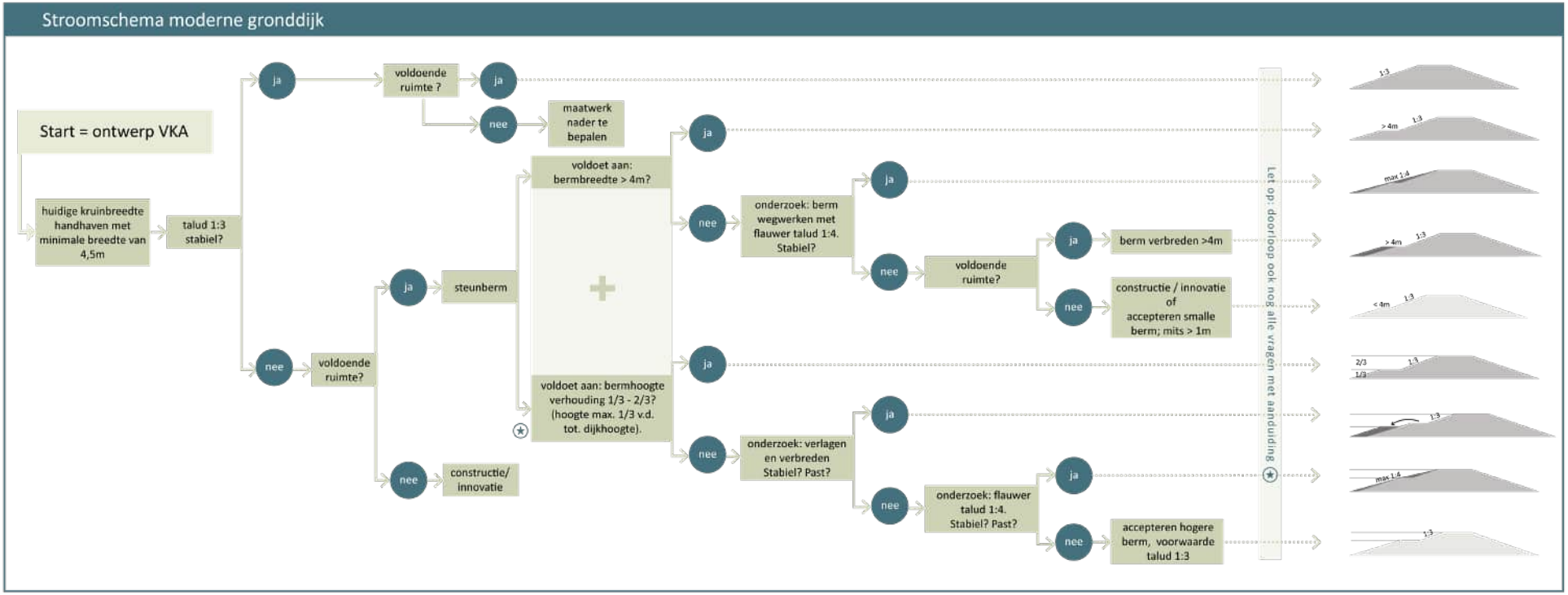
3.2 DWARSPROFIEL VAN DE DIJK

3.2.1 Moderne gronddijk

- De kruin is niet breder dan nodig. Minimaal 4,5 meter ten behoeve van beheerpad op de kruin.
- Overal dezelfde taludhelling. 1:3 ten behoeven van beheerbaarhied. Bij hoge uitzondering kan hiervan bij maatwerk worden afgeweken, mits de helling binnen de volgende range valt:
  - Taluds niet flauwer dan 1:4 t.b.v een herkenbare dijk in het landschap.
  - Taluds niet steiler dan 1:2 t.b.v van een robuste groene gronddijk.
- Steunbermen ondergeschikt aan het hoofdvolume van de dijk en niet hoger dan 1/3 van de totale hoogte van de dijk (gemeten vanaf binnendijkse maaiveld).
- Een herkenbaar volume en afmeting van steunbermen. Breedte steunberm minimaal 4 (tevens minimale breedte voor beheerbaarheid).
- Herkenbare overgang tussen hoofdvorm van de dijk en bermen door knik.
- Herkenbare overgang tussen hoofdvorm van de dijk en het aanliggende landschap/ landgebruik door knik en door middel van een duidelijke overgang tussen type vegetatie of landgebruik. Wanneer afrasteringen noodzakelijk is staat deze tussen het onderhoudspad of de teen van de dijk en de aanliggende kavel.
- Om onnodige en nauwelijks waarneembare knikpunten in de berm te voorkomen, bij bermhoogtes kleiner dan 0,5 meter een taludverflauwing toepassen zodat de berm vloeiend overloopt in het aanliggende maaiveld.



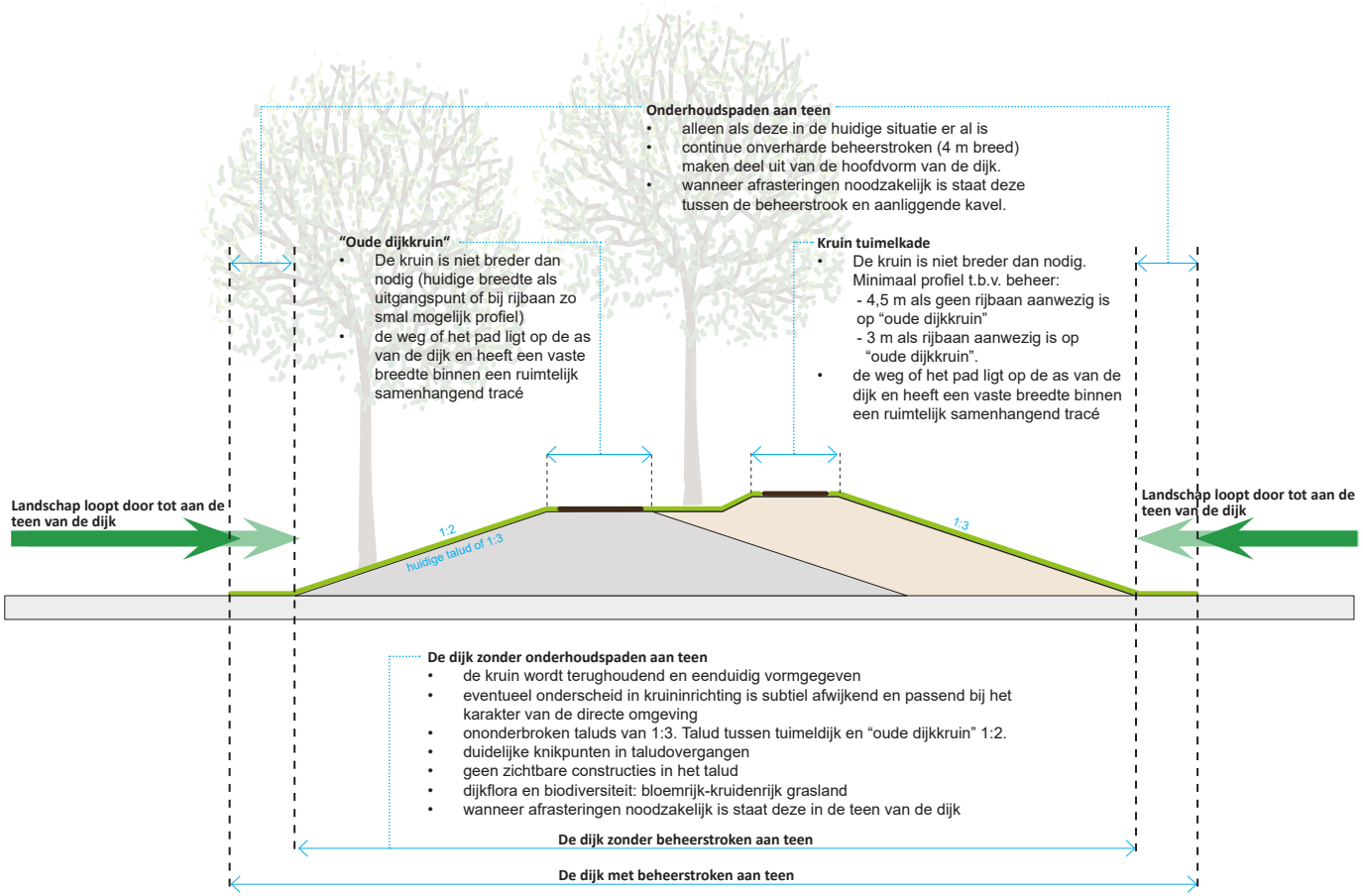
Figuur 26: principeprofiel dijk



Figuur 27: stroomschema moderne gronddijk bij binnenwaartse instabiliteit

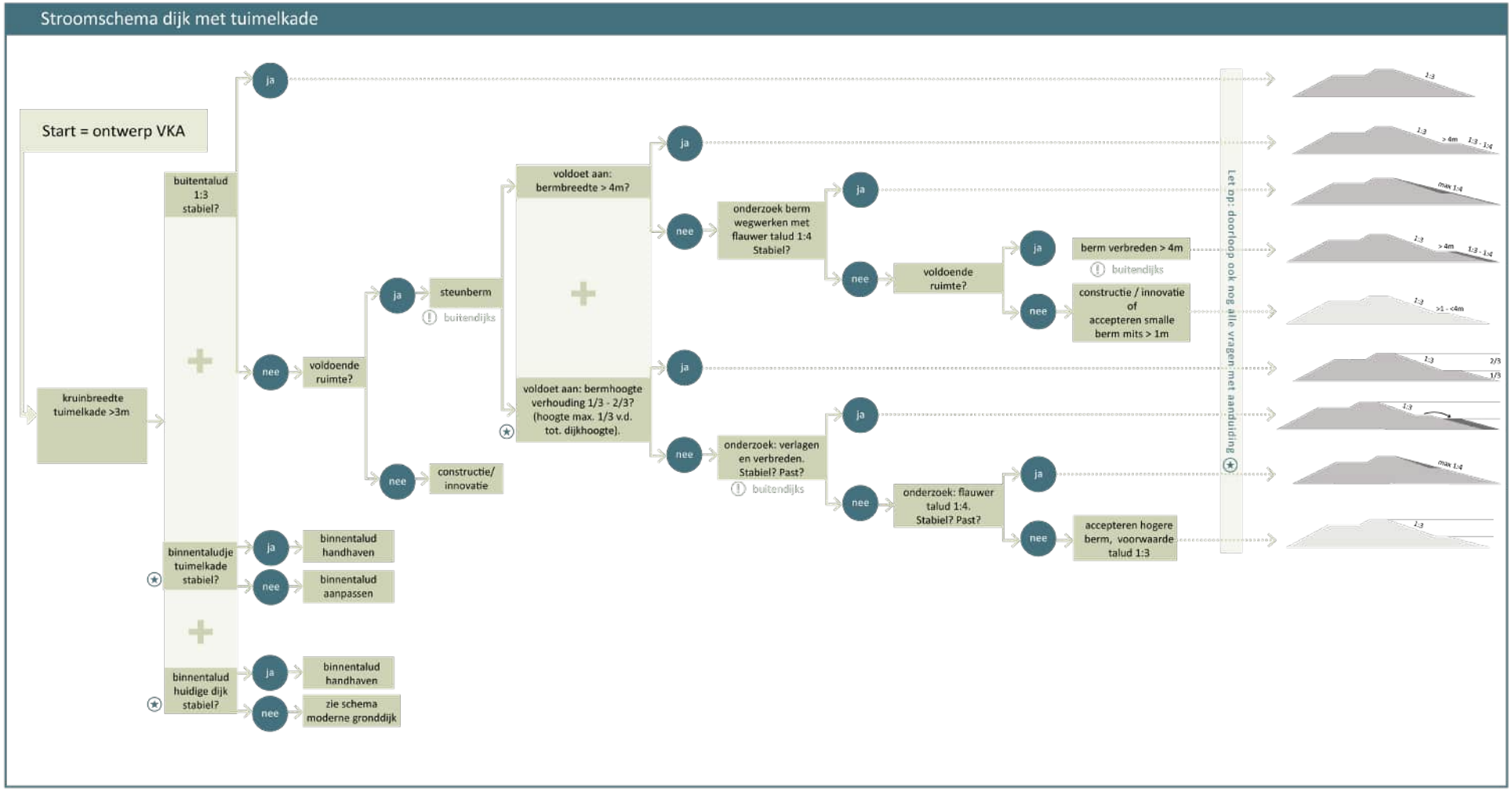
3.2.2 Dijk met tuimelkade

- Huidige ruimtelijk opbouw en maatvoering kruin van een bestaande tuimeldijk is uitgangspunt.
- De kruin van de tuimelkade is niet breder dan nodig.
  - Minimaal 4,5 meter beheerpad als geen rijbaan aanwezig is op “oude dijkkruin”.
  - Minimaal 3 meter beheerpad als rijbaan aanwezig is op “oude dijkkruin”.
- De kruin van de dijk is niet breder dan nodig.
  - huidige breedte handhaven.
  - bij een nieuwe rijbaan een zo smal mogelijk profiel passend bij het verkeersregime.



Figuur 28: principeprofiel dijk met tuimelkade.

- Waar binnendijks geen maatregelen nodig zijn aan het dijklichaam of deze anders worden getroffen (bijvoorbeeld middels constructie), blijven huidige taludhellingen zoveel mogelijk behouden.
- Bij aanpassingen aan het talud overal dezelfde taludhelling toepassen. 1:3 ten behoeven van beheerbaarhied. Bij maatwerk kan hiervan worden afgeweken, mits de helling binnen de volgende range valt:
  - Taluds niet flauwer dan 1:4 t.b.v een herkenbare dijk in het landschap.
  - Taluds niet steiler dan 1:2 t.b.v van een robuste groene gronddijk.
- Om een compacte kruin te verkrijgen talud tussen tuimelkade tuimeldijk en “oude dijkkruin” 1:2
- Bomen op een bestaande tuimeldijk behouden (hiermee rekening houden met grondophogingen en plaatsen constructies) en aanvullen waar gaten zijn ontstaan: aansluiten op bestaande bomenlaan/rij. Als meer dan 50% van de bomenlaan/rij moet worden aangevuld de gehele bomenlaan vervangen.
- Bij eventuele nieuwe tuimeldijken bij oeverwaldorpen beplanting op de dijk toepassen tussen oude dijkkruin en tuimeldijk en/of op het binnentalud van de oude dijk.
- Herkenbare overgang tussen hoofdvorm van de dijk en het aanliggende landschap/ landgebruik door middel van een duidelijke overgang tussen type vegetatie. Wanneer afrasteringen noodzakelijk is staat deze tussen het onderhoudspad of de teen van de dijk en de aanliggende kavel.



Figuur 29: stroomschema tuimelkade.

3.2.3 Bij ruimtegebrek

Constructies worden onzichtbaar weggewerkt en onder het maaiveld opgenomen. Waar dit niet kan, wordt de damwand netjes afgewerkt, met een groene aankleding of architectonische afwerking passende bij de locatie. Zichtbare damwanden over lange lengtes van de dijk zijn ongewenst. Een groene dijk door taludversteiling (tot 1:2) heeft dan de voorkeur boven het toepassen van damwanden.

In de openbare ruimte:

- Indien wegens ruimtegebrek damwanden moeten worden toegepast om het hoogteverschil op te vangen:
  - worden deze bij hoogteverschillen los in het veld uitgevoerd in beton, al dan niet voorzien van reliëf/structuur daar waar het gewenst.
  - worden deze bij hoogteverschillen aansluitend op bestaande objecten en bouwwerken uitgevoerd in materialen passend bij het object of gebouw.
- Damwanden sluiten aan op reliëf van het maaiveld.
- Alle randen worden afgewerkt.
- De vestingwerken van Grave, meekoppelkansen en aansluiting daarop zijn uitzondering.

Bij woningen:

- Indien wegens ruimtegebrek damwanden moeten worden toegepast om het hoogteverschil op te vangen, worden deze bekleed in afstemming met bewoners.
- Damwanden uitgevoerd afgewerkt met materialen passend bij het gebouw.
- Damwanden sluiten aan op reliëf van het maaiveld.
- Alle randen worden afgewerkt.



Figuur 30: bij hoge uitzondering toepassen van damwanden (bron: Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld MeMa)

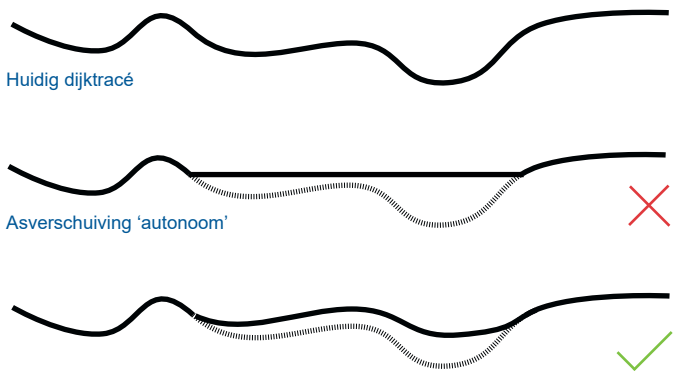
3.3 LENGTEPROFIEL VAN DE DIJK

Er is gezocht naar grote eenheden in continuïteit van het profiel, waarbij de huidige dijkvorm en de as van de dijk steeds het uitgangspunt vormen. Dit houdt in dat er steeds over grotere lengten een eenduidig profiel wordt toegepast: de moderne gronddijk met berm, de moderne gronddijk zonder berm, of de dijk met tuimelkade.

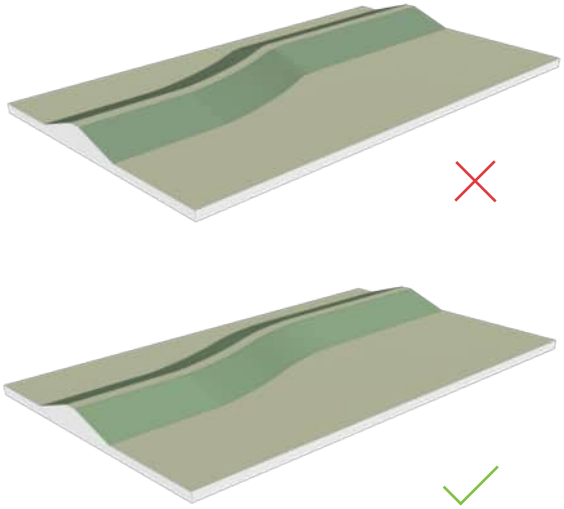
3.3.1 Een continu dijkprofiel

De continuïteit wordt gevormd door:

- Over langere lengte continuïteit in het profiel (zie dwarsprofielen in par. 3.2). Per ruimtelijk eenheid wordt zo veel mogelijk een eenduidig profiel toegepast. Mocht dit door technische of ruimtelijke redenen niet mogelijk zijn, dan wordt een minimale lengte van 150 meter gehanteerd voor het toepassen van een profiel.
- De huidige dijkvorm en tracé zijn uitgangspunt:
  - geen grote asverschuivingen. Bij eventuele verschuivingen zijn de kenmerken van het huidige tracé leidend.
  - behoud van subtiele bochten in de dijk.
- In het ruimtelijk beeld horen de steunbermen bij de dijk; dit komt tot uiting in een kruidenrijke grasbekleding en door de begrenzing met een afrastering in de teen van de dijk. In situaties waar in de huidige situatie het landschap doorloopt op de steunberm wordt dit behouden (bijvoorbeeld deelgebied Kraaijenbergse Plassen).
- Een zoveel mogelijk vaste taludhelling van de dijk van 1:3.
- Een zoveel mogelijk uniforme inrichting van de rijbaan.
- Een draadraster (waar nodig) onderaan de dijk die de ruimtelijke eenheid van dijk en steunberm begrenst; door dit raster iets uit de dijkteen te plaatsen, ontstaan kansen voor een smal graspaadje. Wanneer aan de teen van de dijk een onderhoudspad aanwezig is komt het onderhoudspad tussen teen van de dijk en het draadraster.



Figuur 31: huidige tracé is het uitgangspunt.



Figuur 32: vloeiend vormgegeven overgang bij asverschuiving.

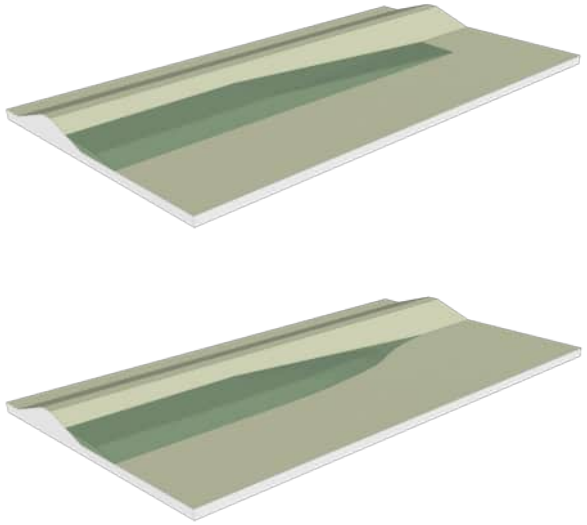
3.3.2 Overgangen tussen verschillende dijkvormen

Overgangen tussen de twee hoofdvormen van de moderne gronddijk (met en zonder steunberm) en dijken met tuimelkade zijn onvermijdelijk. Daarbij is de omgeving van grote invloed op de vormgeving van de dijkverbetering (lengte en hoogte van de bermen, constructie). Zorgvuldig vormgegeven overgangen zijn een vereiste om een zo rustig en helder mogelijk beeld te verkrijgen, zonder onduidelijke tussenvormen. Scherpe hoeken en abrupte overgangen zijn niet wenselijk.

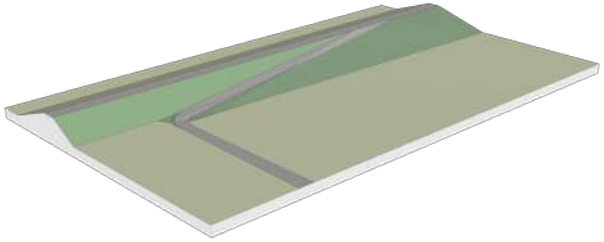
De rijbaan op de moderne gronddijk gaat met een flauwe en vloeiende beweging over in de lager gelegen rijbaan op de dijk naast de tuimelkade.

Er zijn meerdere opties mogelijk.

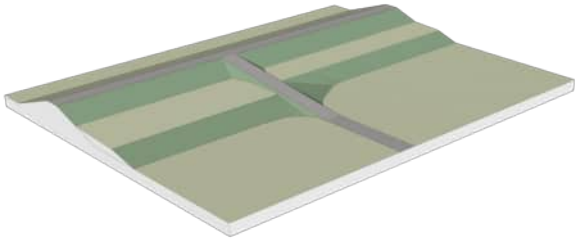
1. Waar mogelijk worden aanwezige ruimtelijke structuren, zoals wegen, inritten, perceelsgrenzen, watergangen en dergelijke, aangegrepen om deze overgangen te creëren. Dit betekent dat soms een overmaat aan het profiel gegeven wordt, of dat een profiel langer doorloopt dan technisch noodzakelijk is.
2. Daar waar mogelijk en/of wenselijk worden nieuwe landschappelijke aanleidingen aangegrepen en deze zo gepositioneerd dat ze de overgang tussen dijkvormen kunnen opvangen. Denk daarbij bijvoorbeeld aan een nieuwe dijkopgang ten behoeve van een recreatieve route in het buitendijkse gebied.
3. Mochten bovengenoemde opties niet mogelijk zijn, dan dienen overgangen vloeiend in elkaar over te gaan, door taludhellingen en bermlengtes langzaam weg te laten lopen. Door hier vooral bochten in de dijk te benutten, kunnen deze overgangen zo onopvallend mogelijk gerealiseerd worden. In deze situatie (zie figuur 37 en 38):
   - overgangen in bermhoogtes vloeiend vormgeven in verhouding 1:50.
   - overgangen in bermbreedtes en taludhellingen vloeiend vormgeven in verhouding 1:30.
   - overgangen van verschillende kruinhoogtes vloeiend vormgeven in verhouding 1:100.



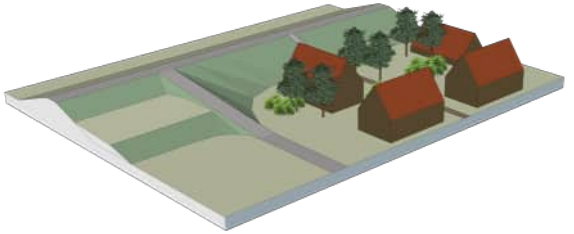
Figuur 33: vloeiend vormgegeven overgangen tussen dijkprofielen.



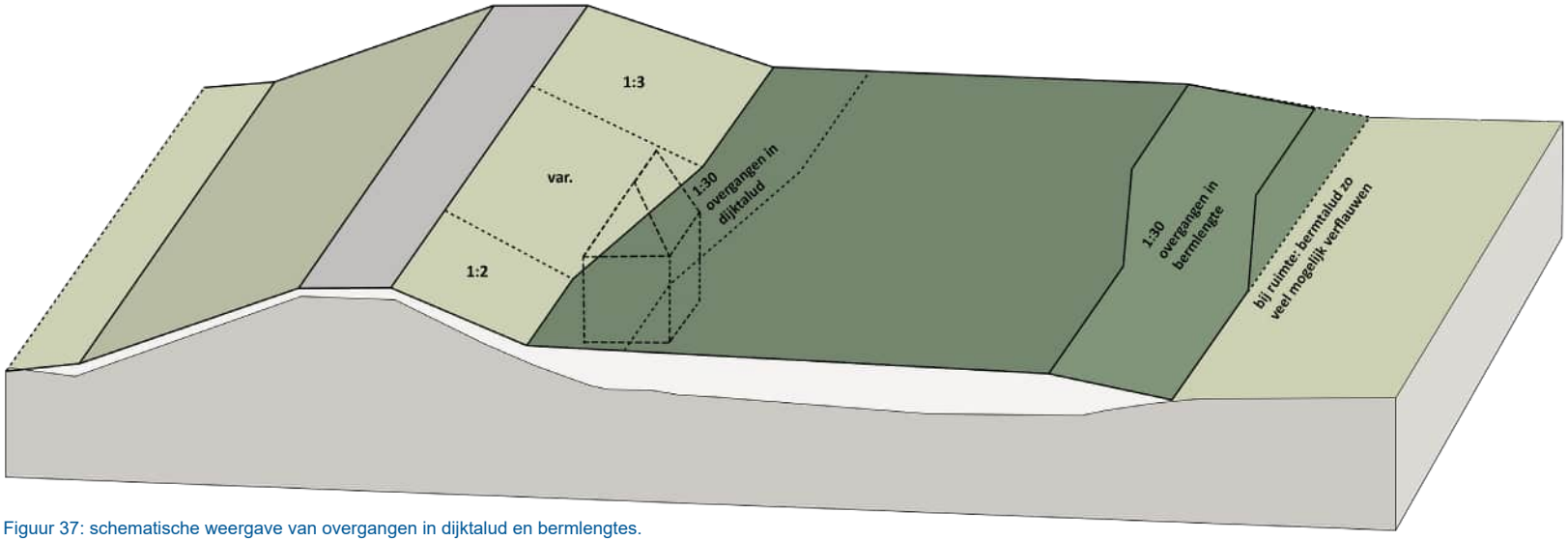
Figuur 34: overgang tussen taluds met verschillende hellingen.



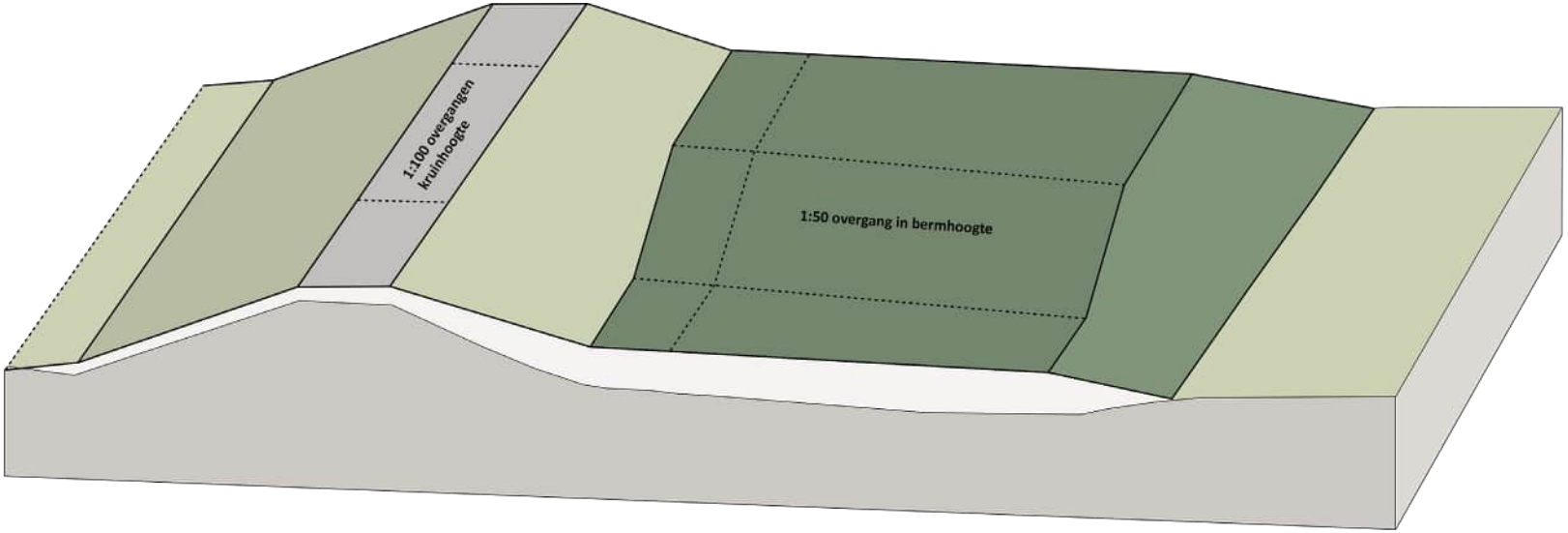
Figuur 35: overgang tussen binnenbermen van verschillende breedte.



Figuur 36: overgang tussen dijk met binnenberm en dijk met bebouwing.



Figuur 37: schematische weergave van overgangen in dijktalud en bermlengtes.



Figuur 38: schematische weergave van overgangen in kruinhoogtes en bermhoogtes.

3.4 INRICHTING VAN DE DIJK

3.4.1 Omgaan met verschillende verkeersregimes

De dijk kent een grote variatie aan verkeerregimes en -intensiteiten, wat resulteert in veel variatie in de weginrichting. De inrichting van de wegen varieert door:

- Maximale snelheid → 50, 60 en 80 (N321) wegen.
- de locatie van de fietser → gemengd verkeer, fietssuggestiestrook op rijbaan, vrij liggend fietspad onder aan de dijk, vrij liggende fietspad op de dijk.
- intensiteit aan vrachtverkeer → veel vrachtverkeer bij bedrijventerreinen, weinig tot geen vrachtverkeer bij de dorpen.

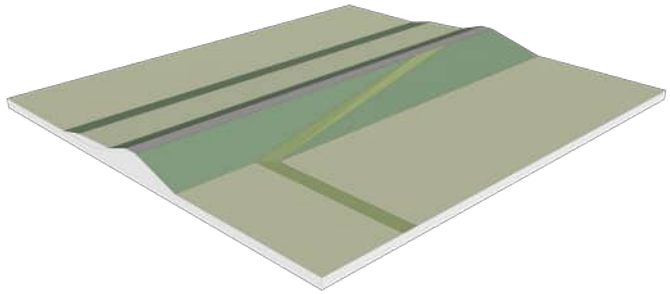
Het uitgangspunt is dat de inrichting van de kruin over grote lengtes, gemeentegrenzen overschrijdend, zo eenduidig en sober mogelijk is. Er wordt minimaal gestreefd naar een eenduidige inrichting per ruimtelijk eenheid (zie par. 3.1).

- Behouden van het huidige sobere karakter.
- De rijbaan of het fietspad, inclusief bermen, zijn niet breder dan nodig.
- De rijbaan of het fietspad liggen gecentreerd op de as van de dijk en hebben een vaste breedte binnen een ruimtelijke eenheid
- Rijbanen en fietspaden in grijs asfalt.
- Er is sprake van gedeeld weggebruik en er worden bij voorkeur geen aparte fietssuggestiestrook aangebracht.
- De rijbaan is sober vormgegeven met zo in mogelijk aanduidingen en markeringen.
- Een eenduidige bermverharding.
- Bij aansluitende wegen wordt de bermverharding onderbroken.
- Te handhaven delen van de rijbaan uniform afwerken en qua hoogte en weginrichting aansluiten op de nieuwe wegdelen.
- De rijbaan op een verhoogde moderne gronddijk ligt hoger dan de rijbaan op een aansluitende tuimeldijk. De overgang in rijbaanhoogtes is vloeiend en onzichtbaar, maar desgewenst kan deze plek juist aangegrepen worden voor een snelheidsbeperkende maatregel, door het hoogteverschil op te vangen in een (kleine) drempel.
- Zeer terughoudend omgaan met het toepassen van bebording, verlichting en overige inrichtingselementen.

3.4.2 Op- en afritten

Bij woningen, bedrijven en percelen

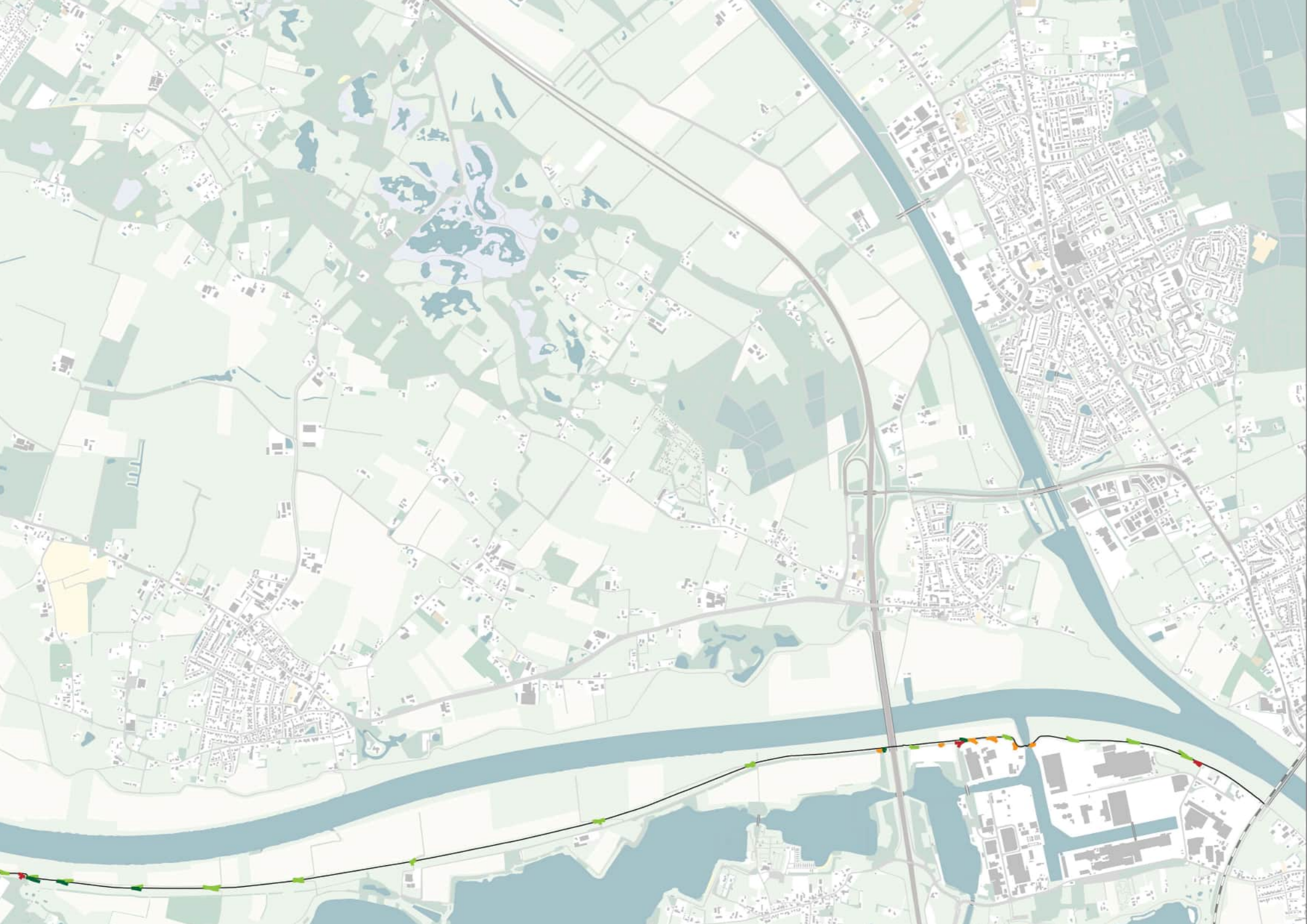
- Ondergeschikt aan de dijk.
- Ze liggen parallel aan de dijk.
- Eenduidige vormgeving in op- en afritten.
- Elk kavel behoudt minimaal één aansluiting, maar het is wel wenselijk het aantal inritten te minimaliseren waar mogelijk. Het toevoegen van nieuwe op- en afritten moet zoveel mogelijk voorkomen worden.
- De verharding van de dijk is altijd leidend en wordt niet onderbroken ten behoeve van op- en afritten. Eventuele kantstukken van grasbetonsteen mogen wel onderbroken worden ten behoeve van een goede aansluiting.
- Op- en afritten naar woningen en bedrijven hebben bij voorkeur een afwijkend materiaal dan de rijbaan op de dijk, zodat duidelijk onderscheid ontstaat tussen opritten, rijbaan en aansluitende wegen.
- Op- en afritten naar landbouwpercelen en uiterwaarden worden uitgevoerd in grasbetonsteen, om zo het groene karakter van de dijk te versterken.



Figuur 39: oprit naar uiterwaarden in grasbetonsteen.

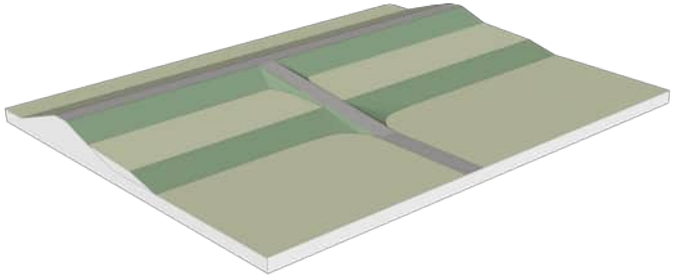


Figuur 40: verkeersaansluiting op de dijk.



Op- en afritten van aansluitende wegen

- Bijzonder moment op de dijk, in plaats van ondergeschikt.
- Veelal haaks op de dijk.
- De kantverharding langs de weg op de dijk wordt onderbroken
- Markering middels laanbeplanting, een boom of boomgroep (zie paragraaf 3.7), passend binnen de lokale ruimtelijke context.



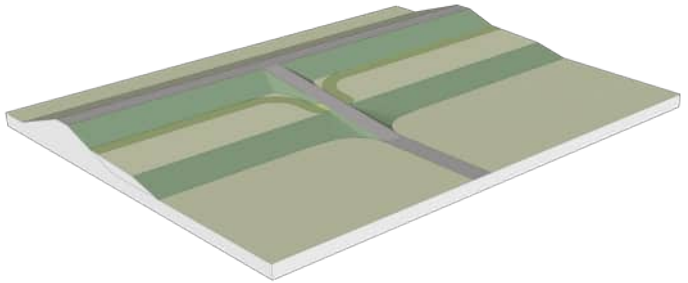
Figuur 41: oprit naar van aansluitende weg, haaks op de dijk.

Beheertoeritten

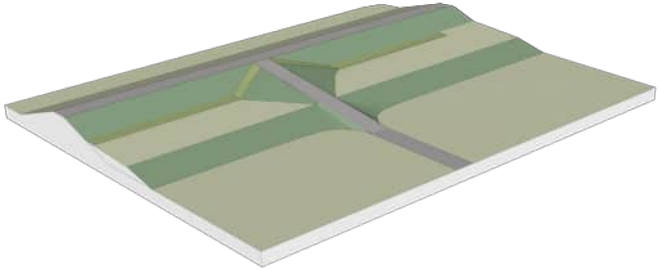
- Zoveel mogelijk aanwezige infrastructuur benutten.
- Ondergeschikt aan de dijk; hoofdvorm van de dijk moet herkenbaar blijven.
- Worden uitgevoerd in grasbeton, om zo het groene karakter van de dijk te versterken.

De volgende redeneerlijn is van toepassing:

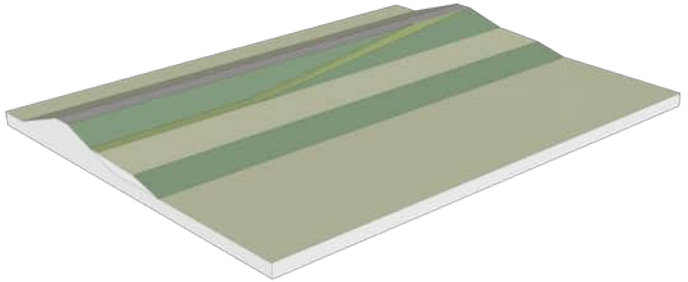
1. Indien een bestaande weg of toerit op hetzelfde niveau als de steunberm uitkomt, wordt het onderhoudspad via deze toerit of weg ontsloten. Deze oplossing heeft ook de voorkeur bij aansluitende wegen op een dijk zonder steunberm.
2. Wanneer de weg of toerit niet op hetzelfde niveau als de steunberm ligt, vindt toegang naar het onderhoudspad plaats in de oksel. Wanneer bij afwezigheid van een steunberm optie 1 niet mogelijk wordt deze optie toegepast.
3. Indien er geen weg of toerit aanwezig is en toegang tot het onderhoudspad is gewenst, wordt een eenvoudige toerit in gras voorgesteld.



Figuur 42: toegang naar beheerstrook via bestaande weg of oprit.



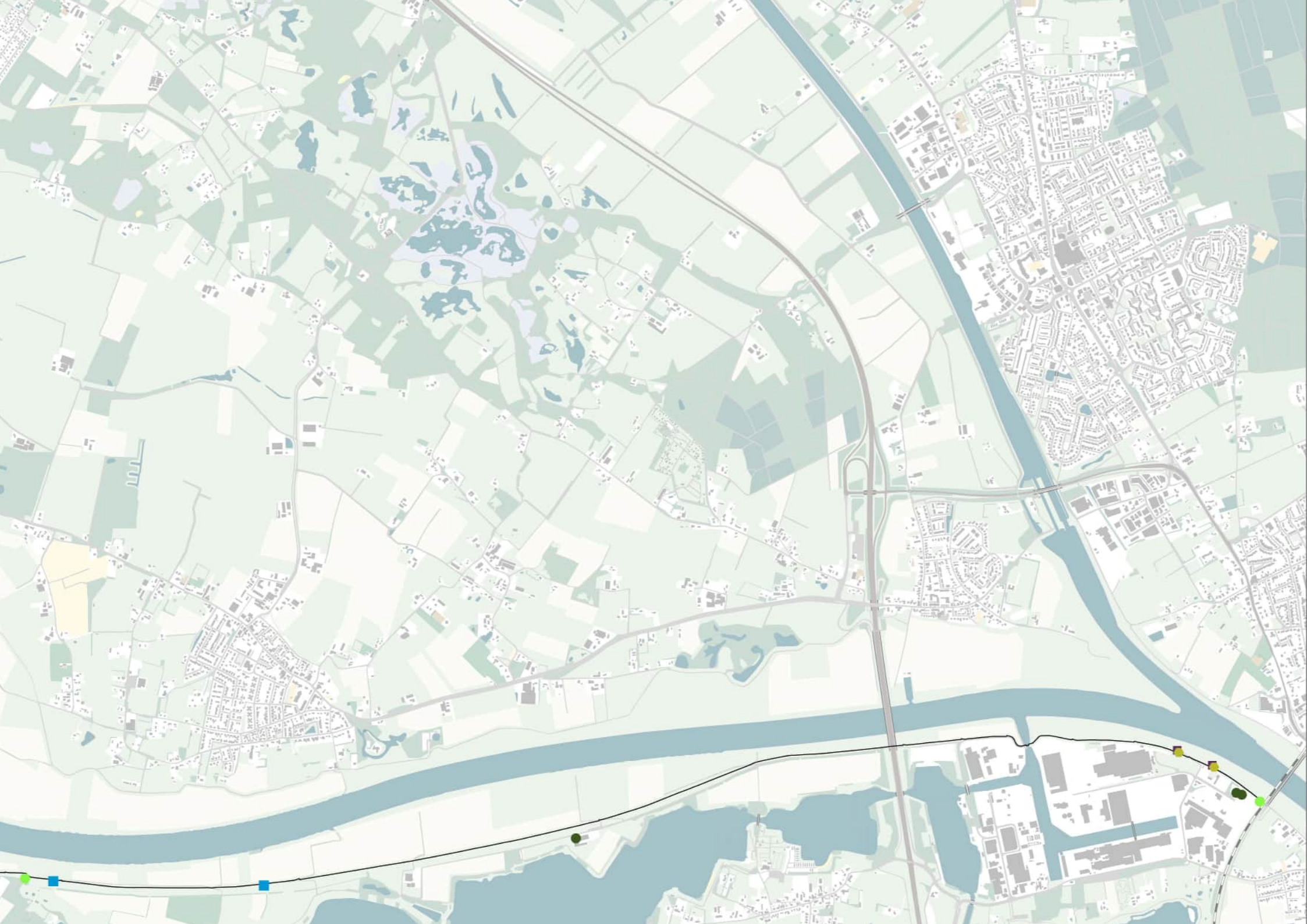
Figuur 43: toegang naar beheerstrook via de okstel van de oprit.



Figuur 44: toegang naar beheerstrook via eenvoudige oprit.



Figuur 45: bouwwerken aan de dijk.



3.5 BOUWWERKEN AAN DE DIJK

3.5.1 Monumenten op, in en langs de dijk

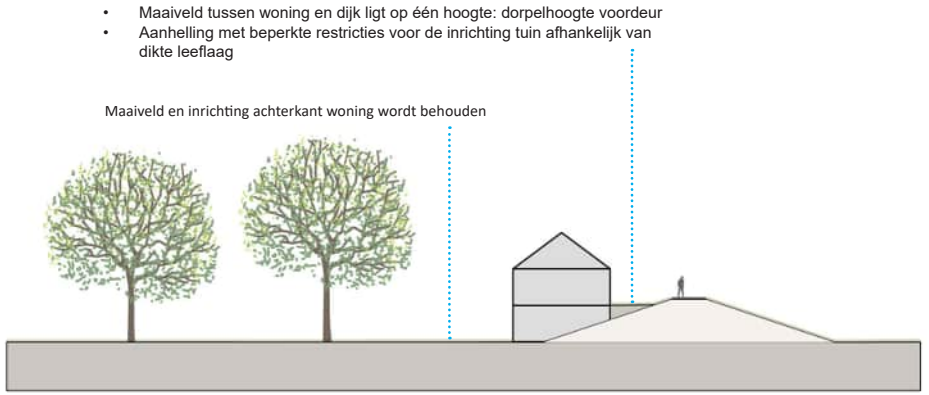
Daar waar zich monumenten en/of beschermde stads- en dorpsgezichten langs en op de dijk bevinden is maatwerk vereist. Er dient een zorgvuldige inpassing plaats te vinden, waarbij behoud van de aanwezige (cultuurhistorische, belevings-) waarden voorop staat. Generieke uitgangspunten voor specifieke monumenten (kazematten, dijkhuizen op de dijk, huizen aan de teen) zijn opgenomen in dit hoofdstuk. Voor vesting Grave zijn uitgangspunten opgenomen zijn in hoofdstuk 4.

3.5.2 Dijkhuizen op de dijk

Woningen op de dijk worden behouden. Het visueel contact met het buitendijkse gebied wordt zo veel als mogelijk in stand gehouden, mits dit mogelijk is door middel van een gronddijk. Technische maatregelen zoals coupures, glasschermen of het optillen van woningen worden hiervoor niet ingezet.

Het maaiveld tussen de woning en dijk ligt op één hoogte: dorpelhoogte voordeur. Bij oude woningen is dit maaiveld vaak de kruin van een voormalige dijk. Het maaiveld en inrichting aan de achterkant van de woning blijft behouden. De aansluiting van de tuinen wordt hersteld.

Om de woning ruimtelijk goed in te passen kan een buitenwaartse asverschuiving van de dijk noodzakelijk zijn. Hierbij dient de continuïteit van het dijkprofiel te worden gehandhaafd conform de uitgangspunten in paragraaf 3.2.1.



Figuur 46: inpassing dijkhuizen op de dijk.

3.5.3 Huizen aan de teen van de dijk

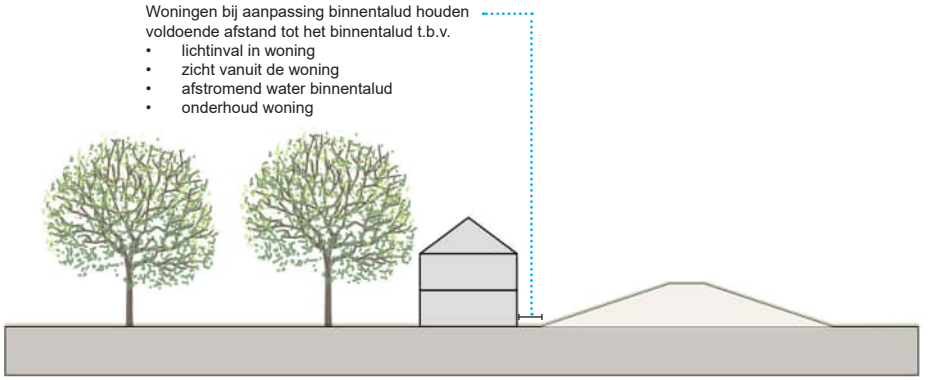
Woningen aan de teen van de dijk worden behouden. De aansluiting van de tuinen wordt herstel. Tussen bebouwing en de binnenteen van de dijk wordt ruimte gelaten voor een goede aansluiting op de omgeving en voldoende licht en lucht voor de huizen. Het streven is de huidige binnenteen te handhaven ten behoeve van:

- lichtinval in woning
- zicht vanuit de woning
- afstromend water binnentalud
- onderhoud woning

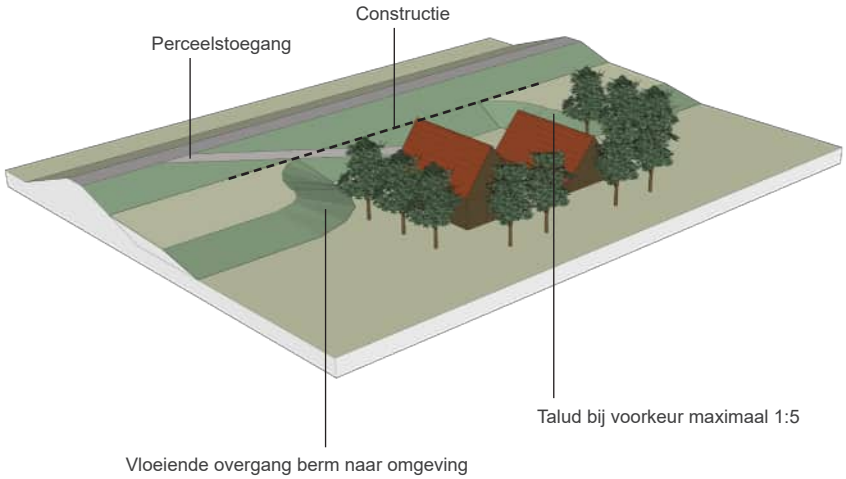
Om de woning ruimtelijk goed in te passen kan een buitenwaartse asverschuiving van de dijk noodzakelijk zijn. Hierbij dient de continuïteit van het dijkprofiel te worden gehandhaafd conform de uitgangspunten in paragraaf 3.2.1..

Waar een berm de bebouwing raakt wordt het huis met tuin en erf op een zodanige wijze ingepast dat de continuïteit van de dijk niet wordt aangetast:

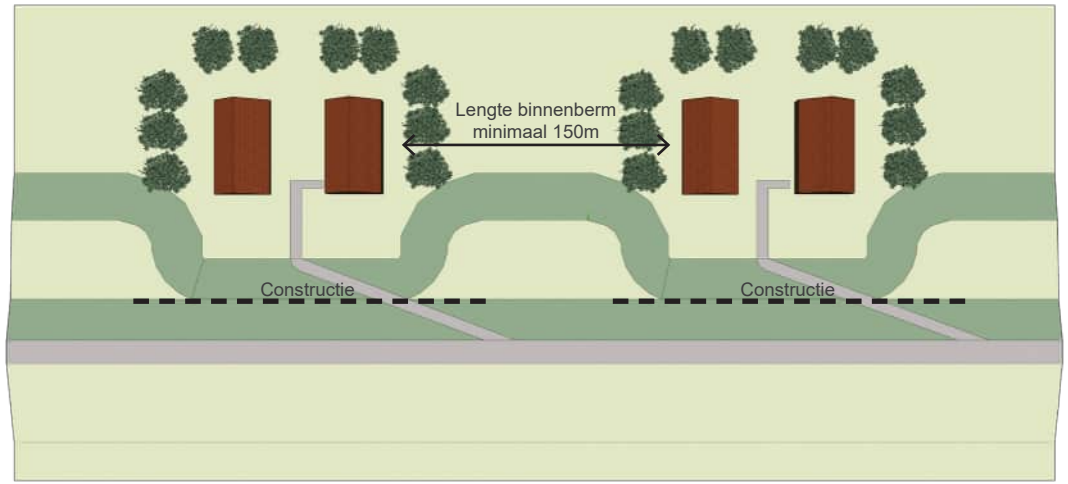
- bebouwing krijgt voldoende ruimte binnen de berm;
- de overgangen tussen tuin en binnenberm worden bij voorkeur met flauwe taluds (maximaal 1:5) gerealiseerd zodat er licht en ruimte om de bebouwing aanwezig blijft;
- tuinen worden waar mogelijk behouden of hersteld;
- bij overgangen met erfbeplanting mogen taluds van maximaal 1:3 worden toegepast, bij voorkeur op het talud;
- de lengte van de binnenbermen tussen onderbrekingen door individuele bebouwing met erven is niet minder dan 150 meter om een versnipperd beeld van de binnenbermen te voorkomen is.



Figuur 47: inpassing huizen aan de teen van de dijk.



Figuur 48: huis en tuin in binnenberm.



Figuur 59: onderbreking binnenbermen tussen individuele bebouwing met erven.

3.5.4 Dijkwoningen bij Neerloon

De dijkwoningen aan de binnenteen van de dijk worden niet geraakt aangezien de versterking buitenwaarts plaatsvindt. Het binnentalud blijft gehandhaafd.

3.5.5 Kazematten in de dijk

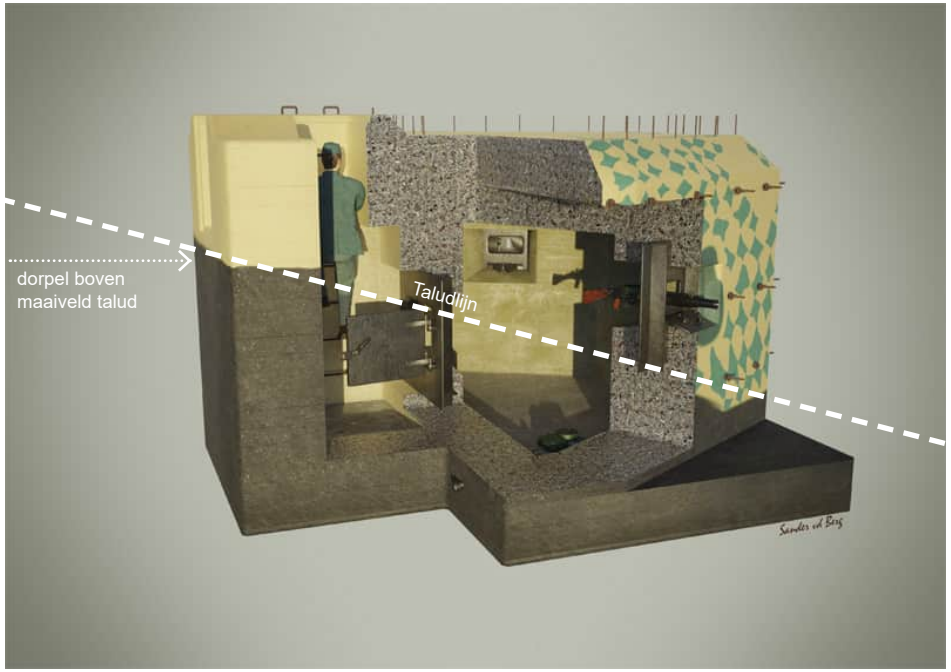
De twee S3-kazematten zijn rijksmonumenten en liggen ingegraven in het buitentalud van de dijk. Ze liggen in de huidige situatie ogenschijnlijk dieper in het talud dan in de oorspronkelijke situatie, aangezien de entreedorpel onder maaiveld van het talud ligt. Dit kan het gevolg zijn van de vorige dijkversterking. De entreedorpels lagen in de oorspronkelijke situatie op kruinhoogte van de dijk. Door een vorige dijkverhoging is de kruinhoogte echter hoger komen te liggen.

De dijk wordt vanuit de buitenkruin binnenwaarts versterkt en verhoogd. Vooralsnog blijft het buitentalud ongewijzigd en de kazematten blijven op hun huidige locatie en hoogte liggen. De locaties van de entreedorpels van de kazematten verwijzen naar de kruinhoogte zoals deze tijdens de tweede wereldoorlog was.

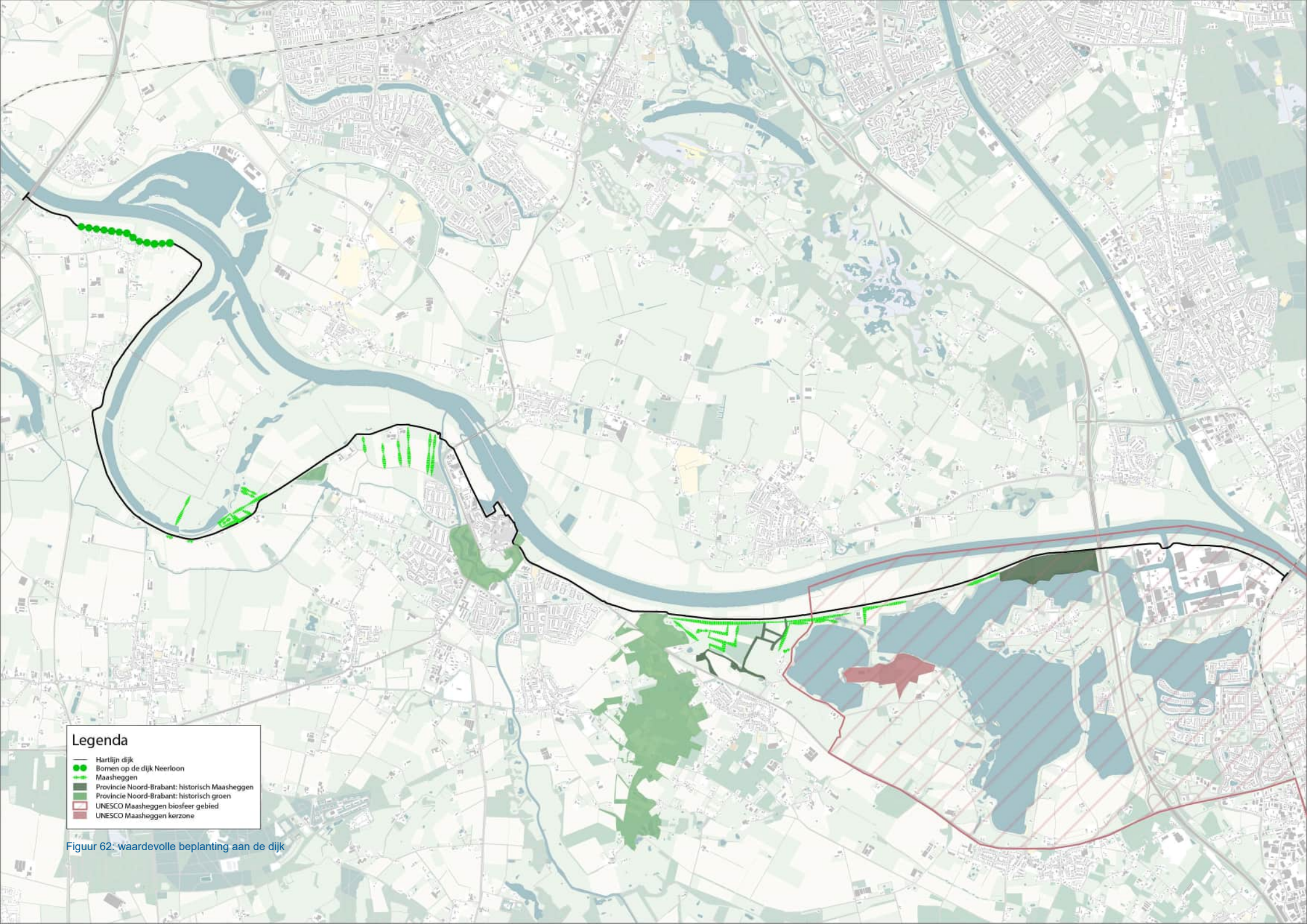
Vanuit de dijkversterking blijft het buitentalud ongewijzigd en verlagingen in het talud zijn ongewenst. Mochten hier wel aanpassingen aan gebeuren dan is het een kans de entreedorpels net boven maaiveld te leggen, conform de oorspronkelijke situatie. Mochten de kazematten te hoog boven het talud uit komen, dan dient het maaiveld rond de dorpels buiten het dijkprofiel te worden opgehoogd.



Figuur 60: voorbeeld van een S3 kazemat met dorpelhoogte op kruinhoogte.



Figuur 61: impressie S3 Kazemat in het talud van de dijk.



Figuur 62: waardevolle beplanting aan de dijk

3.6 HET LANDSCHAP LOOPT DOOR TOT AAN DE DIJK

De dijk is een landschapselement dat twee werelden (landschappen) van elkaar scheidt. Een binnendijkse en buitendijkse wereld. Een klein gedeelte van de dag is de dijk in gebruik als waterkering, een groot gedeelte van de tijd is de dijk iets anders. Het is een balkon met uitzicht over de rivier en beleving van het aanliggende landschap. Vanuit deze gedachte maakt de dijkversterking onderdeel uit van een groter geheel en wil bijdragen aan verbetering van het landschap door behoud van kleinschaligheid en een goede inpassing van bijzondere beplanting, bebouwing en erven direct aan de dijk.

Een belangrijk uitgangspunt hierbij is een herkenbare overgang tussen hoofdvorm van de dijk en het aanliggende landschap/landgebruik door middel van een duidelijke overgang tussen type vegetatie of landgebruik. Voor een groot deel bestaat deze overgang uit het goed aan laten sluiten van het huidige landgebruik tegen de dijk. Daar waar specifieke beplanting of inrichting op deze overgang staat is deze nader uitgewerk

3.6.1 Maasheggen en struweelhagen

De dijk ligt in het Biosfeergebied de Maasheggen (bufferzone en transititiezone) en Natura 2000 gebied. Tevens zijn een aantal hagen als historisch groen (cultuurhistorische waardenkaart 2006, Provincie Noord Brabant) aangeduid en benoemd in de Omgevingsverordening van de provincie (Cultuurhistorisch waardevol gebied Keent). Naast deze planologisch beschermde structuren liggen meer Maasheggen en struweelhagen in het gebied. Het Maasheggenlandschap wordt algemeen als waardevol beschouwd en het versterken waard.

De hagen worden zo veel mogelijk behouden. Hagen die worden geraakt door de dijkversterking worden bij voorkeur op dezelfde locatie terug geplant. De aanplant vindt plaats conform de huidige situatie: parallel aan de dijk en/of haaks op de dijk.

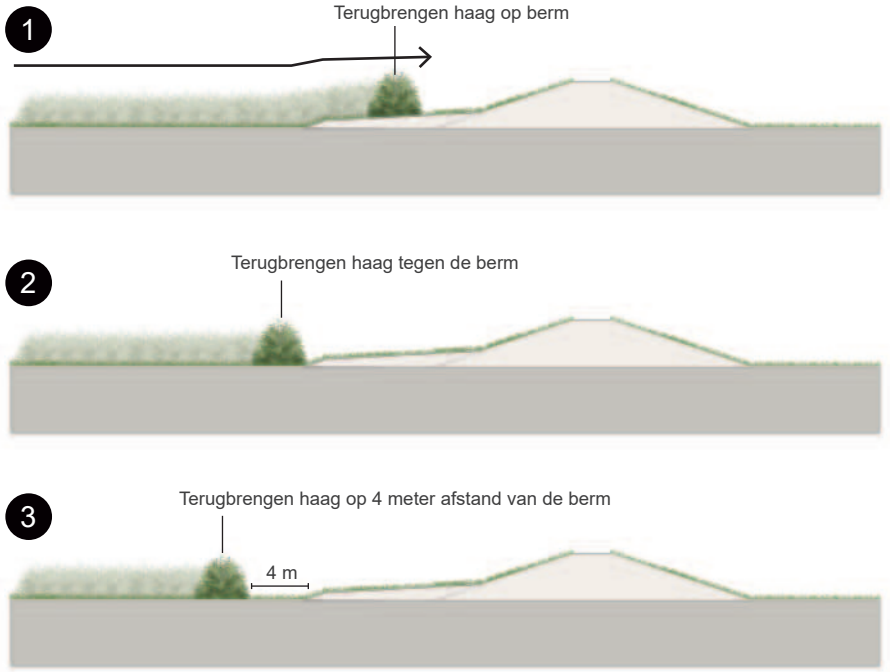
- Kraaijenbergse Plassen: de hagen zorgen voor een kleinschalig coulissenlandschap en schermen de Kraaijenbergse plassen af van de dijk. Ze worden haaks en parallel aan de dijk aangeplant.
- De (relicten van) haagstructuren ten zuiden van de Mars en Wijthdijk staan alleen haaks op de dijk en maken de zichtrelatie tussen de dijk en de religieuze drie-eenheid in Velp mogelijk. Ze worden hier alleen haaks op de dijk terug geplant.
- De binnendijks haagstructuren bij de Hans en Grietweg zorgen voor een pittoresk kleinschalig landschapje. Ze worden haaks en parallel aan de dijk aangeplant.

Vanuit waterveiligheid zijn heggen op een waterkering mogelijk, mits maatregelen worden genomen om de waterveiligheid van de kering te waarborgen.

Het waterschap heeft als eis dat binnen 4 meter van de binnenteen en 10 meter vanuit de buitenteen geen bomen of struiken mogen staan i.v.m. dierlijke graverij, een stevige graszode en inspecteerbaarheid. Van deze eis kan worden afgeweken mits mitigerende maatregelen worden getroffen.

Voor het terugbrengen van de hagen zijn de volgende opties mogelijk, waarbij vanuit landschappelijke inpassing de voorkeur afloopt van optie 1 naar 3. De uiteindelijke keuze volgt uit een integrale afweging per locatie.

1. Terugbrengen van de haag op de berm of tegen de dijk. Het landschap loopt hierbij door tot aan de hoofdvolume van de dijk (dijk zonder berm). Deze optie maakt het tevens mogelijk de berm landschappelijk in te passen door de berm te maskeren. Aandachtpunten hierbij zijn inspecteerbaarheid van de berm en antigraverij.
2. Terugbrengen van de haag tegen de berm. Het landschap loopt hierbij door tot aan de berm. Deze optie maakt het tevens mogelijk de berm landschappelijk in te passen door de berm te maskeren. Aandachtpunten hierbij zijn antigraverij en een groter oppervlakte aan grondverwerving.
3. Terugbrengen van de haag op 4 meter afstand van de berm. Het landschap loopt hierbij niet helemaal door tot aan de dijk. Aandachtpunt hierbij is een groter oppervlakte aan grondverwerving.

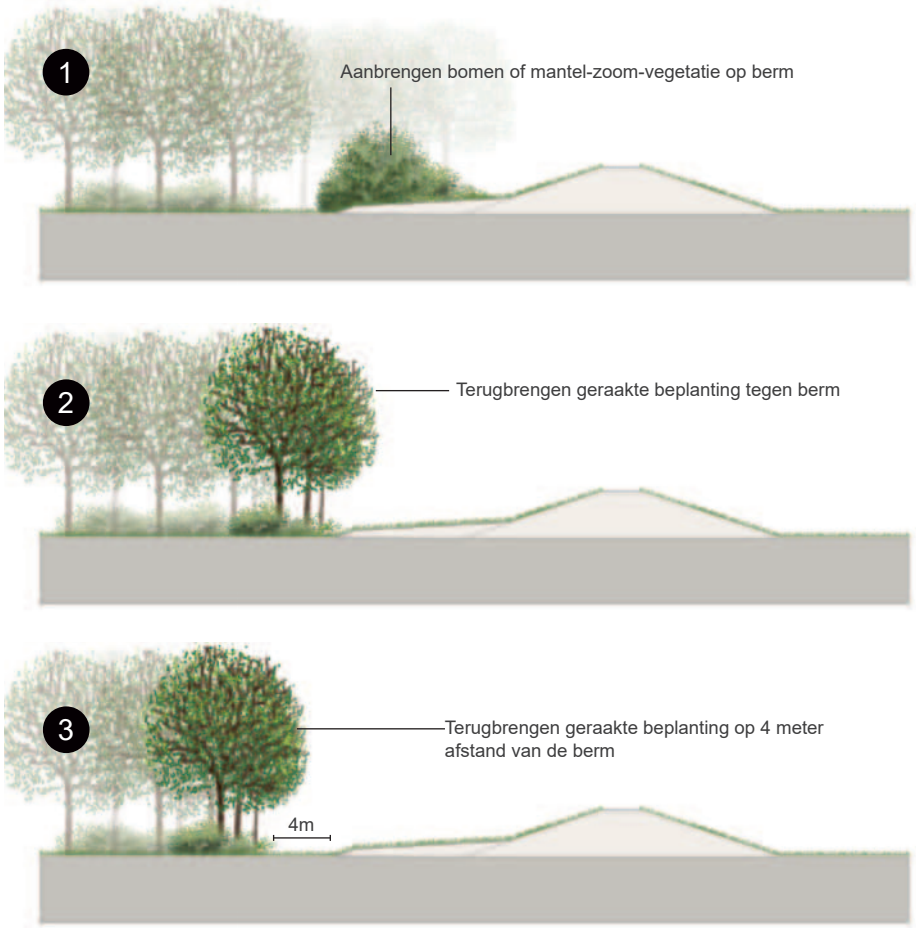


Figuur 63: inpassingmogelijkheden Maasheggen en struweelhagen.

3.6.2 Bomen en boomstructuren

Beeldbepalende en waardevolle boomstructuren aan de dijk (bomenrij dijkvak 1 en 2, Jan van Cuykdijk, Gasselse bos, historisch bos bij Velpse Sluis en erfbeplanting) worden zo veel mogelijk behouden. Beplanting dat wordt geraakt door de dijkversterking wordt bij voorkeur op dezelfde locatie teruggeplant.

Vanuit waterveiligheid zijn bomen op een waterkering mogelijk, mits maatregelen worden genomen om de waterveiligheid van de kering te waarborgen.



Figuur 64: inpassingmogelijkheden bomen en boomstructuren.

Het waterschap heeft als eis dat binnen 4 meter van de binnenteen en 10 meter vanuit de buitenteen geen bomen of struiken mogen staan in verband met dierlijke graverij, een stevige graszode en inspecteerbaarheid. Van deze eis kan worden afgeweken mits mitigerende maatregelen worden getroffen.

Voor het behouden of terugbrengen van geraakte boomstructuren zijn de volgende opties mogelijk, waarbij vanuit landschappelijke inpassing de voorkeur afloopt van optie 1 naar 3. De uiteindelijke keuze volgt uit een integrale afweging per locatie.

1. Aanbrengen van bomen of een mantel-zoom-vegetatie (tot 5 meter hoogte) op de berm. Het landschap loopt hierbij door tot aan de hoofdvolume van de dijk (dijk zonder berm). Deze optie maakt het tevens mogelijk de berm landschappelijk in te passen door de berm te maskeren. Tevens draagt een mantel-zoom bij aan het vergroten van de biodiversiteit door een gevarieerdere vegetatie. Aandachtpunten hierbij zijn inspecteerbaarheid van de berm en antigraverij.
2. Terugbrengen van de geraakte beplanting tegen de berm. Het landschap loopt hierbij door tot aan de berm. Deze optie maakt het tevens mogelijk de berm landschappelijk in te passen door de berm te maskeren. Aandachtpunten hierbij zijn antigraverij en een groter oppervlakte aan grondverwerving.
3. Terugbrengen van de geraakte beplanting op 4 meter afstand van de berm. Het landschap loopt hierbij niet helemaal door tot aan de dijk. Aandachtpunt hierbij is een groter oppervlakte aan grondverwerving.

3.6.3 Open binnen- en buitendijks landschap

De uiterwaarden zijn grotendeels open en weids, waarin natuur en landbouw afwisselen. Tussen Grave en Neerloon ligt binnendijks een open cultuurhistorisch landschap als gevolg van het stroomgebied van de voormalige Beerse overlaat. Deze open landschappen raken de dijk, waarbij een raster de scheiding vormt tussen de dijk (met kruidenrijke vegetatie) en het landschap. Aanwezige opgaande beplanting als hagen, struweel, houtwallen en bosschages blijven behouden of worden teruggeplant tegen de dijk.



Figuur 65: locatie rasters.

3.7 BEPLANTING OP DE DIJK

3.7.1 Bomen op de dijk

De bomendijk bij Neerloon is karakteristiek voor het projectgebied. De dijk wordt hier zo ontworpen dat de bomen behouden kunnen blijven. Het groene en besloten karakter is van grote (cultuurhistorische) waarde en het behoud van de karakteristieke bomenstructuur doet recht aan de essentiële waarden van ruimtelijke kwaliteit.

Bij eventuele nieuwe tuimeldijken wordt beplanting op de dijk toegepast (tussen oude dijkkruin en tuimeldijk en/of op het binnentalud van de oude dijk). Uitzondering hierop is de Koninginnedijk bij Grave. Daar is de “klare lijn” die de vestingstructuren doorsnijdt en het contrast tussen de vesting met bomen en de boomloze dijk uitgangspunt:

- Behouden van de waardevolle bomen op de dijk (linde, noot, eik, es, kastanje). De bomen staan buiten de kernzone van de dijk.
- Waar gaten zijn gevallen in een laanstructuur, worden deze aangevuld; in soort en positie aansluiten op bestaande laanbeplanting.
- Ook in de toekomst is het van belang de waardevolle groenstructuren te behouden en toekomstig ontstane gaten (bijvoorbeeld door storm, ziekte, aanrijding) weer aan te vullen met nieuwe bomen. Hierbij wordt in soort en positie aangesloten op de bestaande bomenstructuur. Als meer dan 50% van een bomenlaan/rij moet worden aangevuld de gehele bomenlaan vervangen.
- Soorten als wilg en populier zijn minder behoudenswaardig en zullen hier en daar moeten wijken vanwege de dijkverbetering.

3.7.2 Beplanting bij dijkopgangen

- Bij dijkopgangen is de beplanting soms gekoppeld aan de beplanting in de aantakkende straat. Daar waar bomen langs dijkopgangen gekapt moeten worden ten behoeve van de dijkverbetering en die deel uitmaken van een laanstructuur, wordt dezelfde soort bomen teruggeplant in aansluiting op de soort en positie van de bomen langs de aantakkende straat.
- Op locaties waar dijkopgangen gemarkeerd worden middels een boom of boomgroep wordt deze behouden of teruggebracht.
- Daar waar een beeldbepalende boomgroep of solitaire boom bij de dijkopgang verwijderd moet worden ten behoeve van de dijkverbetering, worden soorten als eik, linde, noot, kastanje teruggeplant. Soorten als populier zijn minder behoudenswaardig.

3.7.3 Incidentele beplanting op de steunberm op bijzondere plekken

In principe wordt geen beplanting op de steunberm toegestaan. Indien er sprake is van aanzienlijke landschappelijke-, ecologische en/of culturele waarden kan, onder voorwaarden, een vergunning worden verleend voor nieuwe bomen en struiken. Voorbeelden zijn:

- De steunberm met beplanting maakt deel uit van een ensemble met een erf en/of bebouwing.
- Een nieuwe steunberm raakt waardevolle landschappelijke beplanting dat bijdraagt aan de ruimtelijke kwaliteit en belevingswaarde, bijvoorbeeld een bosrand of Maasheggen.
- De beplanting is ecologisch waardevol.



4

4 RUIMTELIJKE KWALITEITSEISEN KADEMUUR GRAVE

Het realiseren van een veilige kade als kering is de hoofdopgave. Daarnaast is de ruimtelijke kwaliteit van belang en spelen andere uitgangspunten een belangrijke rol, zoals een recreatief en toeristisch aantrekkelijke binnenstad, een goed leefklimaat in vestingstad Grave en een herkenbare vestingstructuur die recht doet aan haar historie.

De vestingwerken zijn een Rijksmonument en de binnenstad van Grave is een Beschermd stads- en dorpsgezicht. De monumentenstatus is een aanwijzing zonder visie over hoe om te gaan met het erfgoed. Het beschermd stadgezicht beschrijft voornamelijk de binnenstad binnen de oude vesting. Het geeft de volgende, voor de kademuur, belangrijke kenmerken:

- **Het stratenpatroon van de binnenstad van drie evenwijdig lopende straten haaks op de Maaskade.**
- **Vanaf de kade is zicht over de Maas en op het agrarisch gebied aan de Gelders zijde.**

Vestingvisie Grave en Schetsboek Waterveiligheid Grave doen op hoofdlijnen uitspraken over de ontwikkeling van de vesting Grave. Dit Ruimtelijk Kwaliteitsbeeld maakt op basis van deze visie een concretiserings- en detailleringsslag voor de vestingwerken waarvan de vestingmuur tevens de waterkering vormt. Dit wordt gedaan aan de hand van drie thema's:

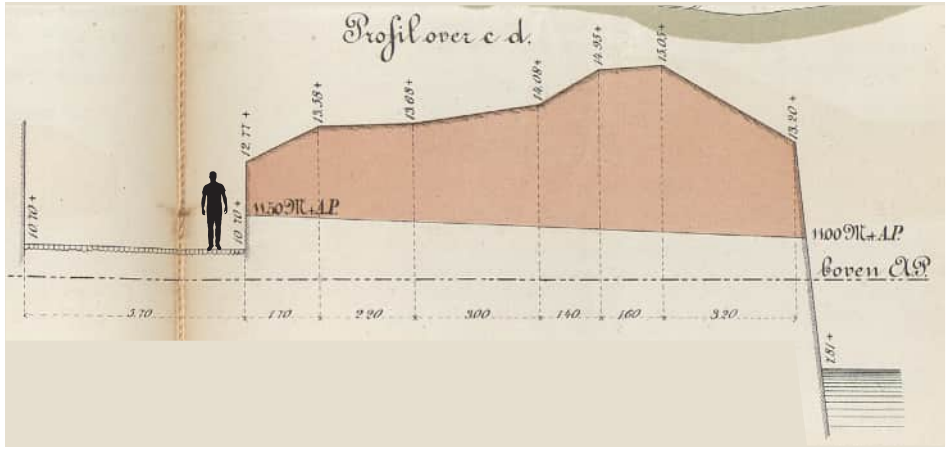
- **De ontwikkeling van de kademuur en zijn omgeving;**
- **De beleving van de kademuur en haar omgeving;**
- **De materialisering van de kademuur.**

Foto pagina 56: de Maaskade met uitzicht op de Maas en uiterwaarden.

4.1 ONTWIKKELING KADEMUUR EN OMGEVING

Het momentum van de waterveiligheidsopgave wordt benut om waar mogelijk (fysiek, financieel en draagvlak) de vesting meer beleefbaar te maken. Dit draagt bij aan een recreatief en toeristisch aantrekkelijke vestingstad, behoud van cultuurhistorie (Zuiderwaterlinie en nalatenschap Menno Coehoorn) en een fijne woonomgeving voor de Gravenaar.

- Bestaande onderdelen van de vestingwerken worden behouden. Door de versterkingsopgave geraakte onderdelen worden zo goed mogelijk teruggebracht.
- Het is niet het doel 100% historisch correct te zijn, maar zo veel mogelijk de vesting beleefbaar te houden en te maken binnen de huidige beschikbare mogelijkheden.
- De vestingwerken kennen in de loop der jaren veel veranderingen en aanpassingen. De vesting ontworpen door vestingbouwkundige Menno van Coehoorn volgens tekeningen uit 1845 wordt gezien als het optimum in de ontwikkeling van de vesting. Daarna werden delen van de vesting gesloopt. De vesting uit 1945 wordt gehanteerd als referentie voor de ontwikkeling van de vestingwerken.
- Tijdens de ontwikkeling van de werken wordt toekomstgericht gedacht. Huidige ontwikkeling faciliteren waar mogelijk toekomstige verdere ontwikkeling van de vestingwerken. Dit geld ook voor de zichtjaren van de dijkversterking. Voor de vestingwerken wordt zichtjaar 2075 aangehouden, waardoor de hoogteopgave van de kering beperkt blijft. Tijdens de planvorming wordt wel een doorkijk gemaakt naar zichtjaar 2125 waarin de kering beduidend hoger moet zijn.



Figuur 66: profiel oude vesting ter hoogte van de Oliestraat (links weergegeven in het profiel) in Grave.



Figuur 67: situatie van de oude vesting op een actuele luchtfoto.



Figuur 68: de vesting door Menno van Coehoorn volgens tekeningen uit 1845.

4.2 BELEVING KADEMUUR EN OMGEVING

De vestingwerken, waaronder de kademuur, worden beleefbaar gehouden en gemaakt. Enerzijds voor de bewoners van Grave, anderzijds voor bezoekers van Grave. Het is echter belangrijk te beseffen dat de huidige beleefbaarheid niet altijd historisch correct is met de historische vestingwerken waar naar wordt gerefereerd (vesting 1845). Na het slechten van de hoge grondwallen en muren (zie figuur 66) van de vestingwerken is men aan de nieuwe situatie gewend geraakt. De vestingmuur en de Maaskade kregen een heel andere functie. De vestingmuur werd een waterkering en de Maaskade een openbare ruimte voor bewoners, passanten en recreanten. Daarmee is een nieuwe situatie ontstaan, waarin net als bij andere riviersteden het contact tussen de stad en de rivier als zeer belangrijk wordt ervaren. Het houden van zicht op het rivierenlandschap is belangrijk.

- Maaskade, Havenstraat en Bomvrije zijn onderdeel van de groene vestinggordel rond de binnenstad. Dit vertaalt zich in een bomenrij achter de kademuren (bron: Vestingvisie Grave).
- Prinsenstal is geen onderdeel van de groene vestinggordel rond de binnenstad. De kade is hier overwegend stenig en verhard (bron: Vestingvisie Grave).
- De relatie tussen vestingstad, kademuur en Maas is complex en op meerdere manier uit te leggen. Voor de dijkversterking wordt uitgegaan van het volgende:
  - Het zicht op de Maas door passanten en bewoners direct achter de muur is belangrijker dan zicht van verder af vanuit de vestingstad. Beleving van de vestingwerken is daar belangrijker.
  - Het verhogen van de kademuren is historisch gezien correct en maakt de beleving van de vestingwerken vanuit de omgeving van Grave sterker.
  - Fysieke verbindingen worden behouden en waar mogelijk verbeterd: doorgang bastion Prinsenstal, brug Oude Haven, wandelmogelijkheid onderlangs kademuur over Loswal, doorgang Maaspoort.
- Duidelijk onderscheid maken tussen de vestingmuur en objecten in de muur:
  - De bastions hebben een andere vormgeving dan de kademuur (zie par. 4.3).
  - De Maaspoort wordt weer open gemaakt.
  - De houten brug over de Oude Haven blijft een opzichzelfstaand element.
- Duidelijk onderscheid maken tussen vestingmuur - geen vestingmuur
  - De Raamsluis is geen onderdeel van de muur.
  - Duidelijk, harde overgangen tussen gronddijk en vestingmuur.



Figuur 69: de historische hoge vestingmuur en de huidige lage vestingmuur (Bron: Schetsboek Waterveiligheid Grave).



Figuur 70: bomen rond de binnenstad (Bron: Vestingvisie Grave).

4.3 MATERIALISERING KADEMUUR

Om de beleving van de vesting helder en duidelijk te houden wordt onderscheid gemaakt tussen de “feel en look” van de historische onderdelen van de muur en de moderne toevoegingen daaraan. Dit wordt gedaan met recht aan het historische karakter van de muur, vestingwerken en vestingstad.

Historische onderdelen

Vestingmuur (Maaskade en Havenstraat)
- Een zware robuuste muur.
- De bovenkantbreedte is overal 80cm.
- Nieuwe en te herstellen delen uitgevoerd in metselwerk gelijk aan de huidige historische muren (steen, voegen en verbanden nader te bepalen). De huidige hellingshoek van de muur wordt doorgezet.
- De bovenrand van de muur wordt afgewerkt met een rollaag in metselwerk (verbanden nader te bepalen).
- Om ervoor te zorgen dat passenten goed over de muur heen kunnen kijken bedraagt de hoogte van de muur ten opzichte van het maaiveld aan de kant van de binnenstad minstens 60 of 70cm (conform Bouwbesluit: nieuwbouw of bestaande bouw) en maximaal 100cm. Over korte lengtes mag de muur hoger zijn.

Muur Oude Haven
- Een zware robuuste muur, ondergeschikt aan de vestingmuur.
- De bovenkantbreedte is overal 40cm.
- Nieuwe en te herstellen delen uitgevoerd in metselwerk gelijk aan de huidige historische muren (steen, voegen en verbanden nader te bepalen). De huidige hellingshoek van de muur wordt doorgezet.
- De bovenrand van de muur wordt afgewerkt met een rollaag in metselwerk (verbanden nader te bepalen).
- Om ervoor te zorgen dat passenten goed over de muur heen kunnen kijken bedraagt de hoogte van de muur ten opzichte van het maaiveld aan de kant van de binnenstad minstens 60 of 70cm (conform Bouwbesluit: nieuwbouw of bestaande bouw) en maximaal 100cm. Over korte lengtes mag de muur hoger zijn.

Bastions
- De bastions zijn bijzondere elementen in de vestingmuren. Om dit te benadrukken wijken ze in vormgeving af van de vestingmuur.
- De bovenkantbreedte is overal 100cm.
- Altijd 30cm hoger dan vestingmuren. Wanneer de muur hoger wordt dan 130cm ten opzichte van het maaiveld aan de kant van de binnenstad plaatselijk een verhoogd maaiveld aanleggen.
- Nieuw en te herstellen delen uitgevoerd in metselwerk gelijk aan de huidige historische bastions (steen, voegen en verbanden nader te bepalen). De huidige hellingshoek van de muur wordt doorgezet.

Maaspoort
- Om de functie van de Maaspoort weer te herstellen en de relatie tussen Maaskade en Loswal te verbeteren wordt de doorgang van de Maaspoort weer open gemaakt.
- De maaspoort is een bijzonder element in de vestingmuur. Door zijn vormgeving en materiaalgebruik is dit al duidelijk. Aanpassingen aan van de poort worden in dezelfde stijl en materialen uitgevoerd.

Brug over Oude haven
- De houten brug over de Oude Haven blijft een op zicht zelf staand historisch element aan de vestingmuur. Aanpassingen aan de brug worden in dezelfde stijl en materialen uitgevoerd.



Figuur 71: de vestingmuur.

Raamsluis
- De Raamsluis wordt in zijn oude staat hersteld en vanaf de N321 beter zichtbaar gemaakt door de muur op de Raamsluis te verwijderen. Hierdoor komt het oude hefmechanisme van de sluis weer in het zicht.
- Aanpassingen aan de sluis worden in dezelfde stijl en materialen uitgevoerd.

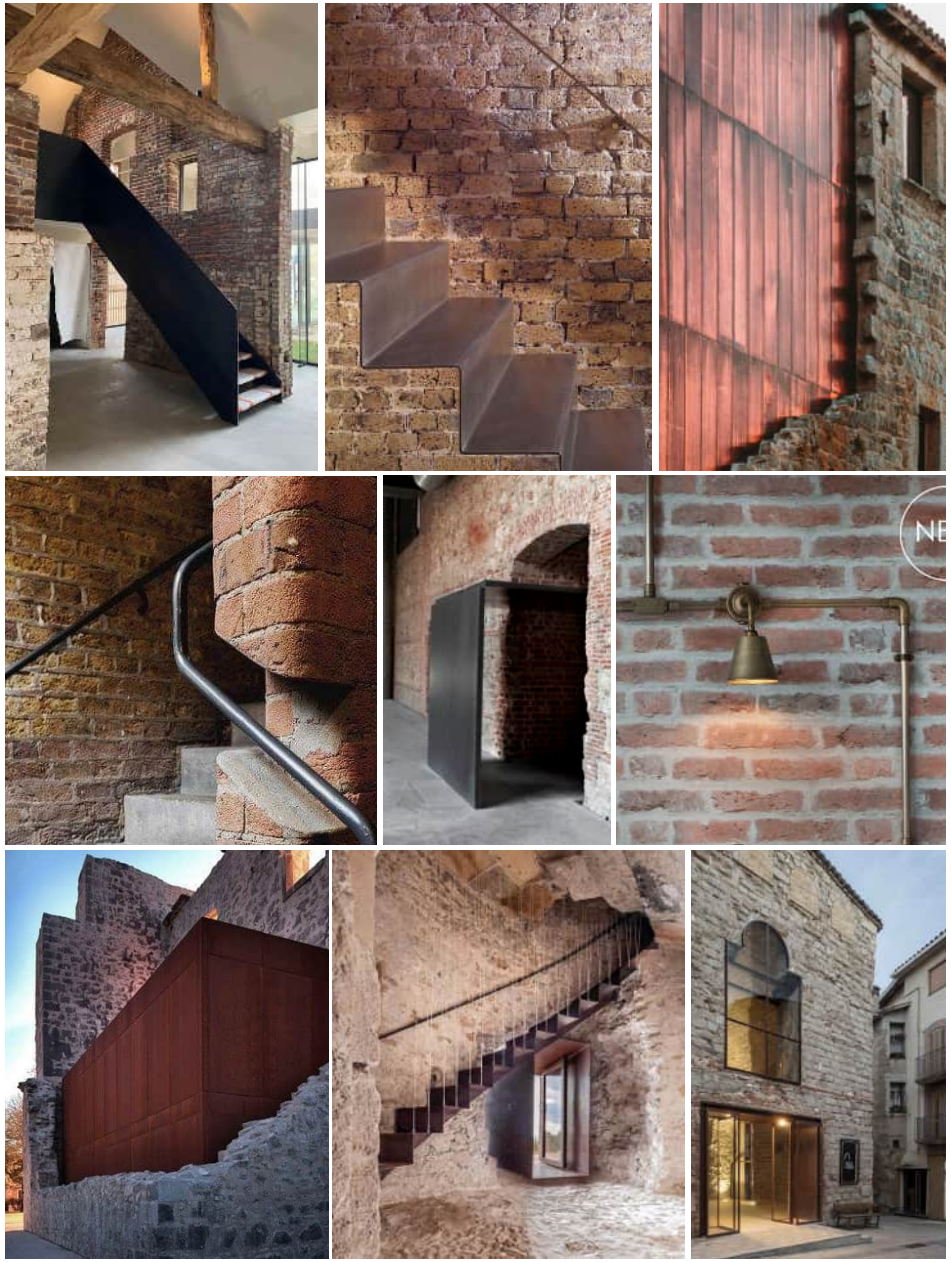
Overige elementen
- Bijzondere historische elementen in de muur zijn uitgevoerd in natuursteen: geïntegreerde trappen, platen en details.

Moderne onderdelen
Moderne toevoegingen worden in afwijkend materiaal dan de oude materialen van de vestingwerken (baksteen, natuursteen) uitgevoerd. Hierbij wordt niet een groot contrast opgezocht, maar een subtiele afwijking in materialiseren om binnen de “look en feel” van de oude binnenstad en vestingwerken te blijven. Het subtiele contrast wordt gezocht in textuur en vorm zodat duidelijk is wat afwijkend is, maar passend binnen kleurfamilie van de bakstenen muur.

- **Textuur:** ruwe, plastische kademuur VS gladde moderne toevoeging
- **Vorm:** dikke, brede, zware, robuuste kademuur VS dunne, smalle, lichte moderne toevoegingen
- **Kleurfamilie:** roodbruine bakstenen en grijsblauwe natuursteen van de kademuur VS rood-bruine-grijze moderne toevoegingen (corten, koper, metaal in een specifieke RAL-kleur (nader te bepalen))

Onder moderne onderdelen worden verstaan:
- Hekwerken
- Nieuwe, losse trappen
- Elementen die behoren bij de waterkering (coupures, flexibele keringen, keringen die geen vestingmuur zijn)

De waterkering volgt overwegend de historische vestingmuur. De kering achter het clubgebouw van Watersportvereniging De Stuw volgt niet de historische muur. Dit wordt zichtbaar gemaakt door middel van een afwijkende, moderne uitstraling in metaal gelijk aan de andere moderne onderdelen (nader te bepalen).



Figuur 72: voorbeelden van modern materiaalgebruik in combinatie met een oude muur.


Kijk voor een overzicht van onze vestigingen
op www.sweco.nl/contact
SWECO

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Archeologisch bureauonderzoek Dijkverbetering Cuijk-Ravenstein, gemeenten Land van Cuijk, Maashorst en Oss

SWAR 2733

Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein
WBS: […]
Datum: 01-04-2025
Versienummer: D1
Referentienummer: NL25-648800269-117432



Samenvatting

In opdracht van Waterschap Aa en Maas heeft Sweco Nederland B.V. een archeologisch bureauonderzoek uitgevoerd naar het dijktracé Cuijk - Ravenstein, gemeenten Land van Cuijk, Maashorst en Oss. De aanleiding voor dit onderzoek is de geplande dijkverbetering langs het tracé, waar verschillende grondroerende werkzaamheden mee gemoeid zijn.

De aardwetenschappelijke situatie in het plangebied is zeer divers. Het plangebied ligt in een gebied waar rivierterrassen aanwezig zijn in de ondergrond. Deze afzettingen kunnen plaatselijk relatief ondiep verwacht worden vanaf de Haven van Cuijk tot Overlangel. Door de verschuiving van de terrassenkruising begonnen de rivieren in dit gebied te accumuleren vanaf circa 3300 voor Chr. Vanaf deze periode komen er gestapelde stroomgordels voor. Binnen het plangebied betreffen dat de stroomgordels Haren (verland tijdens de Midden-Bronstijd circa 1.260 v. Chr. met als hoogste voorkomen van het beddingzand op +4,7 tot 4,1 m NAP), Huisseling-Demen (vanaf de Bronstijd en IJzertijd tot Romeinse tijd, met als hoogste voorkomen van het beddingzand op +6,1 tot +5,1 m NAP) en mogelijk een oudere stroomgordel met code 731 die nog niet goed te reconstrueren is, maar uit 4150-3690 voor Chr. (Midden-Neolithicum) dateert en in de ondergrond aanwezig is ten zuiden van Neerloon.
Verder vormen zich meerdere fasen van oeverwallen langs de Maas, en zijn er afzettingen van de zijtak de Graafsche Raam en afzettingen van de Beerse Maas. Door deze lokale verschillen kunnen relatief oude afzettingen ondiep voorkomen, plaatselijk kunnen deze afzettingen zijn opgeruimd door latere rivieractiviteit en/of zijn afgedekt door dikke pakketten stroomgordelafzettingen, overstromingsmateriaal en uiterwaardenpakketten. Daarnaast zijn er rivierduinen mogelijk aanwezig in de ondergrond. Deze zijn ontstaan tijdens koude en droge perioden aan het einde van de laatste IJstijd.
Na de bedijking in het gebied vanaf de Late Middeleeuwen heeft er nog sedimentatie plaatsgevonden van de Maas in de buitendijkse gebieden en tot circa 1942 van de Beerse Maas in de nu binnendijkse gebieden. Hierdoor kunnen oudere afzettingen zijn bedekt met uiterwaardenafzettingen of een overstromingsdek. Na het afsnijden van de Maas rond 1937 is het gebied rondom de Keent verder van de rivier af en Neerloon dichterbij de Maas komen te liggen.

Op basis van de tijdens het bureauonderzoek verzamelde gegevens is een gespecificeerd verwachtingsmodel opgesteld per deelgebied.

Archeologische verwachting

Dijkvak 1 t/m 3
In het gebied ter hoogte van de haven van Cuijk is er een lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. Er geldt op de oeverafzettingen van de Maas een hoge verwachting voor archeologische resten uit de Romeinse tijd, waaronder een mogelijke Romeinse weg in dijkvak 1, en Vroege Middeleeuwen. Ook is er in de omgeving een Romeins urnenveld aangetroffen. Andere resten uit de Romeinse tijd kunnen zijn beschoeiingen, mijlpalen, etc.
Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.
Er geldt een middelhoge verwachting voor archeologische bewoningsresten uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd. Rondom de bekende kazematten langs de Maas en langs de spoorbrug kunnen archeologische resten worden aangetroffen uit de Tweede Wereldoorlog. Het kan hier gaan om schutterputjes, loopgraven, grachten en linies en losse resten. Deze resten kunnen voorkomen vanaf het maaiveld. In dijkvak 1 en 2 komen tevens militaire terreinen voor, naast drie bekende kazematten.

Dijkvak 4 en 5
Er geldt lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag

van circa 1 tot 1,5 m dik. Er geldt op de oeverafzettingen van de Maas een hoge verwachting voor archeologische resten uit de Romeinse tijd en vroege Middeleeuwen.
Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.
Resten uit de late Middeleeuwen en Nieuwe tijd hebben een lage trefkans, deze kunnen vanaf de bouwvoor aanwezig zijn.
Ter hoogte van dijkvak 5 is nog een deel van de dijk intact aanwezig. Ook kruist er een deels verdwenen waterloop de dijk. Aan dijkvak 5 is mogelijk nog een deel van de aanzet aanwezig van het dijkrelict de Beerse Overlaat. Over de dijk steekt een deels verdwenen pad over.

Dijkvak 6 t/m 10
Er geldt een middelhoge tot hoge verwachting voor archeologische resten vanaf het Laat-Paleolithicum in de top van terrasafzettingen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en de preboreale loop van de Maas in dijkvak 9. Er geldt een hoge verwachting voor vindplaatsen uit het Neolithicum, Bronstijd, IJzertijd, Romeinse tijd en Middeleeuwen. Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.
Voor de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd geldt een lage verwachting voor bewoningsresten in de afzettingen van de Beerse Maas (zie Bijlage I). Deze resten kunnen voorkomen vanaf het maaiveld.
Door dijkvak 7 lopen tevens divers verdwenen wegen.

Dijkvak 11 t/m 13
middelhoge tot hoge verwachting voor archeologische resten vanaf het Laat-Paleolithicum in de top van terrasafzettingen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk). Ter plaatse van het voormalige ‘Eiland van Gassel’ kunnen archeologische waarden uit het Paleolithicum tot en met de vroege Middeleeuwen direct onder het plaggendek aanwezig zijn. Deze archeologische verwachting is hoog. Archeologie uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd kan zich op en in het plaggendek bevinden, hiervoor geldt een lage verwachting voor bewoningsresten op basis van historische kaarten. Een dergelijke bodem kan direct vanaf maaiveld worden aangetroffen (aan de voet van de dijk).

Voor andere zones geldt een middelhoge archeologische verwachting uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. Er geldt op de oeverafzettingen van de Maas een middelhoge verwachting voor archeologische resten uit de Romeinse tijd en vroege Middeleeuwen.
Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.
Voor de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd geldt een lage verwachting voor bewoningsresten in de afzettingen van de Beerse Maas (zie Bijlage I). Deze resten kunnen voorkomen vanaf maaiveld.
Voor de Voor de Beerse Overlaat geldt een lage verwachting voor bewoningsresten uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd (zie Bijlage I).
In dijkvak 12 steekt een nog deels intacte weg de dijk over. Daarnaast steken diverse deels verdwenen watergangen door de dijk. Langs deze watergangen zijn diverse bruggen en duikers aanwezig. Aan de noordzijde van dijkvak 12 zijn diverse scheepswrakken bekend.
Daarnaast bevindt zich binnen dijkvak 12 een verdwenen Spaanse legerplaats en diverse circumvallatielinies. Deze lopen ook deels nog langs de dijk. Deze resten kunnen vanaf het maaiveld aanwezig zijn.
Langs dijkvak 13 zijn nog twee relicten van de Beerse en Hogendijkse overlaat aanwezig. Hierlangs liep tevens een verdwenen weg. In dijkvak 13 is ook een zogenaamd wiel aanwezig, het gevolg van een dijkdoorbraak.

Dijkvak 14 t/m 21
Er geldt lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. De archeologische verwachting voor deze resten is laag tot middelhoog vanwege de vele activiteiten in de Middeleeuwen in het gebied die mogelijk ondiepe sporen verstoord

hebben. Er geldt op de oeverafzettingen van de Maas een middelhoge verwachting voor archeologische resten uit de Romeinse tijd en vroege Middeleeuwen.
Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.
Voor de periode late Middeleeuwen en Nieuwe tijd is een hoge verwachting. Deze resten kunnen direct onder het maaiveld voorkomen. Deze verwachting hangt samen met de stad Grave, en zijn vele stadsmuren en verdedigingsstructuren vanaf de 13e eeuw. In het gebied zijn tevens vele verdwenen redoutes aangegeven, met bijbehorende circumvallatielinies.
Daarnaast zijn er diverse geschutsopstellingen bekend, naast loopgraven en wapenopstellingen uit de 2e wereldoorlog.
In het noordwesten van Grave is het industrieterrein met circa 1 m opgehoogd: circa +13 m NAP in plaats van rond de +12 m NAP van de kade in het middeleeuwse deel van de stad.
Rond de nog historische dijk kunnen tevens historische huisplaatsen worden verwacht.

In de ondergrond onder Grave is daarnaast nog een stroomgordel aanwezig, de Haren stroomgordel. Op de oeverafzettingen van deze stroomgordel is een middelhoge archeologische verwachting voor de Bronstijd en IJzertijd. Deze afzettingen worden vanaf ca. 4,7 m + NAP of hoger verwacht. Deze stroomgordel wordt waarschijnlijk afgedekt door een kleidek van de Maas dat is afgezet in de late Middeleeuwen.

<u>Dijkvak 22 t/m 30</u>
In dijkvak 27 en 28 is opnieuw sprake van de Haren stroomgordel in de ondergrond. Op de oevers van deze stroomgordel is een middelhoge archeologische verwachting voor bewoningssporen. In de diepere ondergrond zouden echter ook nog Paleolithische en Mesolithische resten kunnen voorkomen, hoewel het mogelijk is dat deze stroomgordel deze heeft opgeruimd. Deze verwachting is daarom laag voor nog eventuele onderliggende Paleolithische stroomgordels. Rondom de stroomgordel is deze verwachting nog wel aanwezig.
De maximale zanddiepte is ca. 4,7 m + NAP, eventuele oeverafzettingen worden boven dit niveau verwacht.
Eventuele archeologische waarden uit de Romeinse tijd en vroege Middeleeuwen kunnen voorkomen op Maasafzettingen, deze archeologische verwachting is middelhoog.
Voor de late Middeleeuwen en Nieuwe tijd is de verwachting tevens hoog. In de omgeving komen veel verdwenen redoutes voor met circumvallatielinies voor uit de Staats-Spaanse tijd. Daarnaast is er ook hier mogelijk een verdwenen legerkamp uit de vroege Nieuwe tijd aanwezig.
Het gebied is onderdeel geweest van de Zuiderfrontier gedurende de 16e tot en met de 19e eeuw. Er geldt een hoge verwachting voor bewoningsresten en resten van militaire activiteit uit de Nieuwe tijd.
Er geldt een lage verwachting voor losse archeologische resten die te maken hebben met de geallieerde dropzone in de Hoge Wijth en rondom de bekende kazematten en het Van Sassegemaal.
Wel zijn er diverse geschutsopstellingen, kazematten en tankgrachten bekend op en rondom de dijk.
In het gebied zijn tevens diverse deels verdwenen watergangen en wegen aangegeven. Daarnaast komt tegen de grens met de gemeente Maasdijk bij dijkvak 30 nog een Schans en twee redoutes voor met diverse circumvallatielinies.
Deze resten kunnen voorkomen vanaf maaiveld.

<u>Dijkvak 30 t/m 32 (gemeentegrens)</u>
Er geldt lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. De archeologische verwachting voor deze resten is laag tot middelhoog
Op de oeverafzettingen van de Maas geldt een middelhoge verwachting voor archeologische vindplaatsen vanaf de Romeinse tijd en Vroege Middeleeuwen. Deze zijn te verwachten op oeverafzettingen die vanaf ca. 80 cm – mv aanwezig zijn onder een overstromingdek.
De archeologische verwachting op bewoningsresten uit de late Middeleeuwen is middelhoog. Er zijn uit deze zone diverse historische erven bekend aan de dijk. Deze resten zijn vanaf het maaiveld mogelijk of onder een dun overstromingdek.
In dijkvak 31 is een verdwenen pad aanwezig. Ook zijn er wapenopstellingen en geschutsopstellingen bekend langs de dijk.

<u>Dijkvak 32 (vanaf de gemeentegrens) t/m dijkvak 34</u>

Er geldt lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. De archeologische verwachting voor deze resten is laag tot middelhoog
Op de oeverafzettingen van de Maas geldt een middelhoge verwachting voor archeologische vindplaatsen vanaf de Romeinse tijd en Vroege Middeleeuwen. Deze zijn te verwachten op oeverafzettingen die vanaf ca. 80 cm – mv aanwezig zijn onder een overstromingdek.

Ter hoogte van de Harense stroomgordel zijn archeologische resten mogelijk uit de Bronstijd en IJzertijd op de oeverafzettingen. De top van de zandige beddingafzettingen bevindt zich hier op 4,7 tot 4,1 m +NAP, een eventuele oever zal op een hoger niveau liggen.
Daarnaast is er ter hoogte van Overlangel tevens een archeologische vindplaats uit de Bronstijd/IJzertijd aangetoond vanaf ca. 1 tot 1,5 m – mv.

Op de cultuurhistorische waardenkaart (provincie NB) is aangegeven dat op de hoek van de Oude Graafsestraat met de Maasdijk in dijkvak 33 een stenen sluis ligt uit 1950.

De archeologische verwachting uit de late Middeleeuwen en Nieuwe tijd is hoog. In de omgeving is veel historische bewoning bekend, en tevens heeft er ten zuiden van het dorp Overlangel een sluis gelegen, en heeft er een spoorbrug gelopen. Archeologische resten uit de late Middeleeuwen en Nieuwe tijd kunnen voorkomen vanaf het maaiveld. Dit deel van de dijk is tevens een historische dijk.

<u>Dijkvak 35 t/m 37 en verlagingszone</u>
Ook ter hoogte van Neerloon liggen stroomgordels in de ondergrond. Dit zijn de Harense stroomgordel, de Huisseling-Demen stroomgordel en stroomgordel nr. 731.
Voor de stroomgordelafzettingen van 731 geldt een middelhoge verwachting voor resten uit het Neolithicum en Bronstijd. De NAP-hoogte van de top van de zandige beddingafzettingen van deze stroomgordel is onbekend.
Voor de Harense stroomgordel zijn archeologische resten mogelijk vanaf het Neolithicum maar hiervoor geldt een middelhoge verwachting voor de Bronstijd en IJzertijd. De top van de zandige beddingafzettingen bevindt zich hier op 4,7 tot 4,1 m +NAP, een eventuele oever zal op een hoger niveau liggen. Voor de afzettingen van de Huisseling-Demenstroomgordel geldt een middelhoge verwachting voor resten uit het Neolithicum t/m de IJzertijd. Bij eerder onderzoek bij Neerloon in 2016 door Archeodienst[1] zijn de beddingafzettingen van deze stroomgordel aangetroffen op circa 1,8 m -mv (circa +6,3 m NAP).
Daarnaast is in de uiterwaarden van Neerloon een archeologische laag aangetroffen tijdens een geo-archeologisch onderzoek (2413746100). Deze laag is aanwezig op +7 tot +7,5 m NAP (1 tot 1,5 m -mv).

Binnen deze dijkvakken zijn op de cultuurhistorische waardenkaarten tevens diverse historische huisplaatsen aangegeven, en een verdwenen weg naar een afgesneden stuk maasmeander. Bij Neerloon ligt de uiterwaarde in het verlengde van de Loonsestraat (dijkvak 36) een houten duiker en twee stenen duikers in de richting naar het veerhuis uit de 19e eeuw. Op de grens met dijkvak 37 ligt een stenen duiker, stenen sluis en een lijnbrug.

Voor de oeverwal van de Maas geldt een verwachting voor bewoningsresten uit de Romeinse tijd, Vroege Middeleeuwen, Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd. In de uiterwaarden ten noorden van Neerloon geldt een hoge verwachting voor een nederzetting uit de Late Middeleeuwen op basis van het reeds uitgevoerde onderzoek van BAAC. Deze resten zijn vanaf de bouwvoor, of onder een dun overstromingsdek te verwachten.[2] Er is kans op een historische vindplaats uit de Middeleeuwen ten zuiden van het gebied wat reeds is onderzocht door BAAC.
Vanaf het maaiveld kunnen resten van historische erven worden verwacht en de aanzet naar een kade aan de noordzijde van de dijk, evenals een veerhuis in de uiterwaarden.
Daarnaast lopen er door het gebied diverse deels verdwenen historische wegen.

[1] Schorn & Nillesen, 2016.

[2] De Winter, 2016.

Uit diverse bronnen is tevens bekend dat er een Romeinse weg aanwezig zou zijn in de omgeving van Neerloon. Dit zou een doorwaardbare plaats zijn geweest waar een zandweg naartoe liep. Op zowel historische als paleogeografische kaarten zijn hier echter geen aanwijzingen naar gevonden. Ook liep navraag bij de diverse heemkundekringen op niets uit.

Archeologische waarden gerelateerd aan natte context
Er kunnen tevens vondsten gedaan worden die gerelateerd zijn aan natte contexten. Deze verwachting is middelhoog tot hoog vanaf het Neolithicum in het gehele plangebied. Voor de periode Paleolithicum en Mesolithicum is deze laag, aangezien vondsten uit deze periode zeldzaam zijn. Vanaf het Neolithicum werden er onder andere beschoeiingen geplaatst langs water, maar kunnen tevens fuiken, waterwerken, visgerei, aanlegsteigers, boten en scheepjes worden aangetroffen. Deze resten kunnen bijvoorbeeld in restgeulen worden aangetroffen. Tevens kunnen rituele deposities worden verwacht.

Omvang van vindplaatstypes
Er kunnen uit het Paleolithicum en/of Mesolithicum jachtkampjes aangetroffen worden met kuil- en/of vlakhaarden en strooiingen van vuursteenvondsten en bijvoorbeeld houtskoolresten met een omvang van ca. 50-100 m^2. Vanaf het Neolithicum kunnen ook nederzettingen (huisplaatsen) aangetroffen worden van 200-2000 m^2. Hier kan aardewerk, dierlijk bot, bewerkt natuursteen, en vanaf de metaaltijden ook metaal worden aangetroffen, en sporen zoals (verkavelings- en erf)greppels, grafvelden, paalgaten, waterputten en afvalkuilen; voor de Late Middeleeuwen/Nieuwe tijd aangevuld met periode specifiek keramiek (aardewerk/steengoed/porselein) en bouwmateriaal (baksteen/dakpan), glas, natuursteen.
Lineaire structuren zoals oude wegen kunnen erg smal zijn, met als voorbeeld Romeinse wegen. Deze vindplaatsen kunnen binnen 10 m doorsnede liggen en bestaan uit een smal wegdek aangevuld met (aangestampt) grind, soms aan weerszijden geflankeerd door een greppel en/of aarden wallen (aggers). Langs een Romeinse weg kunnen individuele graven of grafvelden aanwezig zijn.
Vestingwerken en linies uit de Nieuwe tijd hebben een kleine omvang: circa 200-2000 m^2 of zijn in lineaire structuren aan te treffen. Deze structuren zijn tijdelijk van aard en zijn opgebouwd uit aarden wallen en rechte vergravingen. Er moet gedacht worden aan redoutes, circumvallatielinies, aarden schansen, legerkampen van tenten met aarden wallen en tijdelijke structuren als kleine greppels en vuurplaatsen.
Verdedigingswerken uit de Tweede Wereldoorlog zijn klein van omvang: circa 50-100 m^2, bestaande uit kazematten, aanzetten van tijdelijke bruggen. Daarnaast zijn atypische vindplaatsen mogelijk zoals tankgrachten met een breedte van circa 4m en minstens 1 m -mv, en dropzones, waar enkel een strooiing van vondsten kan worden verwacht. Daarnaast dient er rekening te worden gehouden met mogelijke begravingen van militairen.

Conservering
Archeologische waarden kunnen op diverse niveaus voorkomen. Er zijn reeds archeologische waarden uit de late Middeleeuwen en Nieuwe tijd mogelijk direct vanaf het maaiveld, hoewel die mogelijk deels worden afgedekt door Maasafzettingen uit de late Middeleeuwen of Nieuwe tijd. De resten die niet of nauwelijks zijn afgedekt zullen vanwege de dieper gelegen grondwaterstand minder goed geconserveerd zijn. Ook zijn deze resten snel onderhevig aan (semi)recente bodemverstoringen zoals ploegen, vergravingen etc.
Diepere archeologische waarden kunnen zich bevinden vanaf ca. 1 tot 3 m – mv in de top van oudere oeverafzettingen van de Maas, of van andere Holocene stroomgordelafzettingen. Deze afzettingen zijn afgedekt door een pakket overstromingsafzettingen uit de late Middeleeuwen en Nieuwe tijd en kunnen goed geconserveerd zijn, zeker gezien deze zich doorgaans onder het grondwaterniveau bevinden en deze tevens minder snel vergraven zullen worden.
Op een dieper niveau kunnen nog Meso- of Paleolithische resten aanwezig zijn in de top van de pleistocene terrasafzettingen.
Deze zullen echter deels verspoeld zijn door de Holocene rivierafzettingen.
Organische materialen, zoals leer, bewerkt of constructiehout, en textiel zullen waarschijnlijk niet worden aangetroffen in delen waar de grondwaterstand laag is en in de lokaal aanwezige zandbodems. Organische resten (vondsten en paleobotanische resten) zijn mogelijk alleen bewaard gebleven in diepere sporen zoals waterputten- of kuilen en bijvoorbeeld in de zones met natuurlijke kleiafzettingen in de ondergrond die minder gevoelig zijn voor lage grondwaterstanden. In de delen waar de grondwaterstand hoger staat en de bodem bestaat uit klei en leem, zullen organische

materialen beter geconserveerd zijn. Deze zullen tevens goed geconserveerd zijn op diepere niveaus in de ondergrond.

Gaafheid
De aanleg van 20e -eeuwse wegen en bebouwing met bijbehorende ondergrondse infrastructuur kunnen voor de nodige verstoringen hebben gezorgd. Met name in de binnenstad van Grave zullen plaatselijk oudere archeologische resten al sinds de Late Middeleeuwen zijn vergraven. Daarbij dient vermeld te worden dat er sprake is van stadsophogingspakketten die onderliggende lagen hebben afgedekt. Bij grootschalige afgravingen zoals de Kraaijenbergse Plassen zelf en het water van de Haven van Cuijk zijn veel archeologische niveaus vergraven. Tijdens eerdere dijkversterkingen zijn delen van het dijktalud en de uiterwaarden al eens vergraven of verstoord door bijvoorbeeld klei-inkassingen.

Advies
Op basis van de resultaten van het bureauonderzoek heeft Sweco Nederland een risicokaart opgesteld waarin in kaart is gebracht waar zich zones in het plangebied bevinden waar een hogere kans is dat archeologische en cultuurhistorische waarden kunnen worden verstoord.
Deze kaart kan als basis worden gebruikt bij de uitvoering van het vervolgonderzoek in de vorm van een inventariserend verkennend booronderzoek. Voor het gehele plangebied wordt dan ook een verkennendbooronderzoek geadviseerd.

Besluit bevoegd gezag ten aanzien vervolgonderzoek
De bevoegde overheden - in dezen de (adviseur van) de gemeenten Land van Cuijk, Maashorst en Oss, provincie Noord-Brabant en de adviseur van de RCE - nemen op basis van dit rapport een (selectie)besluit. Voor de aan te leggen nevengeul of uiterwaardverlaging en klei-inkassingen bij Neerloon is de Provincie Noord-Brabant de bevoegde overheid voor ontgrondingsvergunningen. Voor Rijksmonumentale kunstwerken en rijksbeschermde archeologische monumenten is de RCE de bevoegde overheid. De mogelijkheid bestaat dat dit besluit afwijkt van het door ons opgestelde advies.

Inhoud

Samenvatting **3**

Inhoud **9**

1. Inleiding **11**

1.1 Aanleiding van het onderzoek 11

1.2 Kader onderzoek 11

1.3 Uitvoering onderzoek 13

1.4 Doelstelling en vraagstelling 13

2. Bureauonderzoek **14**

2.1 Afbakening plangebied, huidig gebruik en toekomstig gebruik 14

2.1.1 Afbakening plan- en onderzoeksgebied 14

2.1.2 Huidig gebruik van het plangebied 14

2.1.3 Toekomstig gebruik van het plangebied 15

2.2 Aardwetenschappelijke situatie 23

2.2.1 Landschapsgenese omgeving 24

2.2.2 Geomorfologie 29

2.2.3 Bodem 31

2.2.4 Grondwatertrappen 31

2.2.5 DINO-loket 31

2.2.6 AHN-kaart 32

2.2.7 Samenvatting aardwetenschappelijke situatie 34

2.3 Archeologische waarden 35

2.3.1 Overheidsbeleid 35

2.3.2 Archeologische monumenten 35

2.3.3 Archeologische vondstmeldingen 36

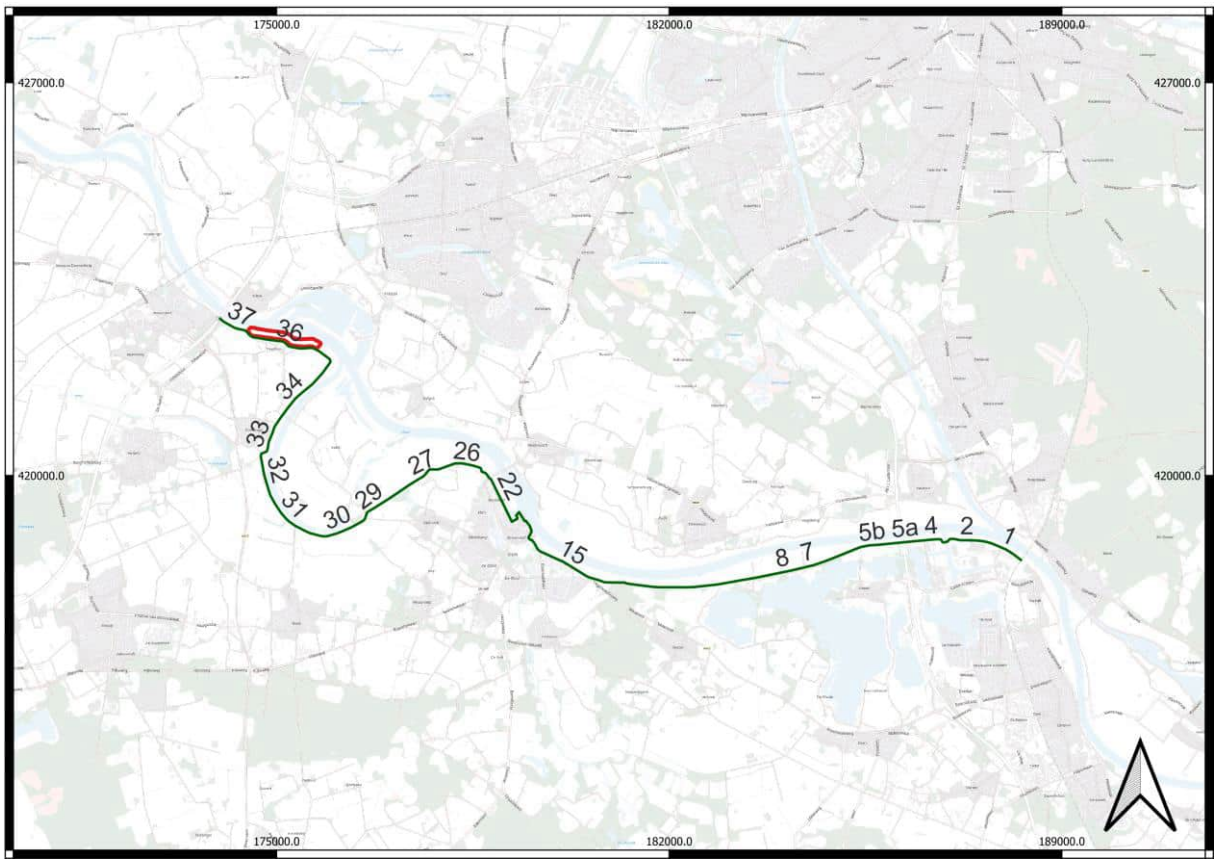
2.3.4 Archeologische onderzoeksmeldingen 41
2.3.5 Overige archeologische gegevens 46
2.4 Historische situatie 47
2.4.1 Cultuurhistorische Waarden 59
2.4.2 Historische kaarten 81
2.4.3 Tweede Wereldoorlog 89
2.5 Ondergrondse bouwhistorische waarden en mogelijke verstoringen 97
3. Gespecificeerde archeologische verwachting 100
4. Conclusie en advies 105
4.1 Beantwoording onderzoeksvragen 105
4.2 Conclusie 105
4.3 Advies 105
5. Referenties 106
5.1 Richtlijnen 106
5.2 Beleidsdocumenten 106
5.3 Projectdocumenten 106
5.4 Conditionerende onderzoeken 107
5.5 Data 108
Bijlage A. Locatie van het plangebied 109
Bijlage B. Beleidskaart gemeente Oss 110
Bijlage C. Beleidskaart gemeente Maashorst 111
Bijlage D. Beleidskaart gemeente Land van Cuijk 112
Bijlage E. Bekende archeologische gegevens 113
Bijlage F. Cultuurhistorische gegevens 114
Bijlage G. Geomorfologische kaart 115
Bijlage H. Bodemkaart 116
Bijlage I. Stroomgordelkaart 117
Bijlage J. Verwachtings- en risicokaart 118
Bijlage K. Kadastrale minuut 119
Bijlage L. Dijkontwerpen 120

1. Inleiding

1.1 Aanleiding van het onderzoek

In opdracht van Waterschap Aa en Maas heeft Sweco Nederland B.V. een archeologisch bureauonderzoek uitgevoerd naar het dijktracé Cuijk - Ravenstein, gemeenten Land van Cuijk, Maashorst en Oss. De aanleiding voor dit onderzoek is de geplande dijkverbetering langs het tracé, waar verschillende grondroerende werkzaamheden mee gemoeid zijn.

Dit bureauonderzoek dient als basis bij de ontwikkeling van de verdere concrete planuitwerking en realisatie van de voorgenomen dijkverbetering. Zodra de concrete exacte bodemingrepen in een volgend stadium bekend zijn, kan een aanvullend bureauonderzoek noodzakelijk zijn om de risico's op verstoring of vernietiging van archeologische waarden beter in kaart te brengen. Deze verdieping van het advies kan ook toegevoegd worden aan een eventuele volgende fase in het proces van de Archeologische Monumentenzorg (AMZ-proces), bijvoorbeeld voorafgaand aan de uitvoering van inventariserende veldonderzoeken d.m.v. boringen of proefsleuven.



Figuur 1 Onderzoeksgebied met dijkvakken

1.2 Kader onderzoek

Met ingang van 1 januari 2024 is de Omgevingswet van kracht geworden en hebben gemeenten hun beleid voor ruimtelijke ordening en omgevingsfactoren vast gelegd in omgevingsplannen. Indien een gemeente nog geen omgevingsplan heeft vastgesteld blijven de eerder vastgestelde bestemmingsplannen van kracht voor het ruimtelijk beleid en de omgevingsfactoren.

Tabel 1-1 Vrijstellingsgrenzen Land van Cuijk

Dubbelbestemming	Vrijstellingsgrenzen
Waarde – Archeologie 2	0 m2 en dieper dan 0,30 m onder maaiveld
Waarde – Archeologie 3	50 m2 en dieper dan 0,30 m onder maaiveld
Waarde – Archeologie 4	100 m2 en dieper dan 0,30 m onder maaiveld
Waarde – Archeologie 5	250 m2 en dieper dan 0,30 m onder maaiveld
Waarde – Archeologie 6	1000 m2 en dieper dan 0,30 m onder maaiveld

Tabel 1-2 Vrijstellingsgrenzen Maashorst

Dubbelbestemming	Vrijstellingsgrenzen
Waarde – Archeologie 3	100 m2 en dieper dan 0,50 m onder maaiveld
Waarde – Archeologie 4	250 m2 en dieper dan 0,50 m onder maaiveld
Waarde – Archeologie 5	2500 m2 en dieper dan 0,50 m onder maaiveld
Waarde – Archeologie 6	Geen onderzoeksplicht
Waarde – Archeologie 7	Geen onderzoeksplicht

Tabel 1-3 Vrijstellingsgrenzen Oss

Dubbelbestemming	Vrijstellingsgrenzen
Waarde – Archeologie 4	100 m2 en dieper dan 0,30 m onder maaiveld
Waarde – Archeologie 5	250 m2 en dieper dan 0,30 m onder maaiveld
Waarde – Archeologie 7	1000 m2 en dieper dan 0,30 m onder maaiveld
Waarde – Archeologie 8	50.000 m2 en dieper dan 0,30 m onder maaiveld
Waarde – Archeologie 9	Geen onderzoeksplicht

De bovenstaande vrijstellingsgrenzen worden door de voorgenomen ontwikkeling in het plangebied overschreden (zie paragraaf 2.1.3). Conform het archeologiebeleid / de planregels is archeologisch onderzoek noodzakelijk.

Verdere toepassing van het vigerende overheidsbeleid met betrekking tot archeologie staat beschreven in paragraaf 2.3.1.

1.3 Uitvoering onderzoek

Dit rapport betreft een standaardrapport zoals genoemd in de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie. Het bureauonderzoek is uitgevoerd conform SIKB BRL 4000 protocol 4002 en bestaat uit elf processtappen:

1. afbakenen plan- en onderzoeksgebied; vaststellen consequenties toekomstig gebruik (LS01);
2. aanmelden onderzoek bij Archis;
3. vermelden (en toepassen) overheidsbeleid (LS01);
4. beschrijven huidig gebruik (LS02);
5. beschrijven historische situatie en mogelijke verstoringen (LS03);
6. beschrijven mogelijke aanwezigheid bouwhistorische waarden ondergrond (LS02, LS03, LS04);
7. beschrijven bekende archeologische en aardwetenschappelijke kenmerken (LS04);
8. opstellen gespecificeerde verwachting en formuleren onderzoeksstrategie (LS05);
9. opstellen standaardrapport bureauonderzoek (LS06);
10. aanleveren standaardrapport - afmelden onderzoek in Archis;
11. aanleveren digitale gegevens bij e-depot (DS05).

Processtappen 1 tot en met 7 leveren gegevens op basis waarvan de gespecificeerde verwachting (stap 8) wordt opgesteld. Deze stappen worden behandeld in paragraaf 1.1 en hoofdstuk 2. Processtap 9 resulteert in het voorliggende rapport. Processtappen 10 en 11 hebben betrekking op het openbaar maken van het bureauonderzoek voor derden bij onder meer Archis en het e-Depot.

Bij de uitvoering van het onderzoek is niet afgeweken van de BRL.

1.4 Doelstelling en vraagstelling

De bodemingrepen die gepaard gaan met de geplande werkzaamheden zullen eventueel aanwezige archeologische resten in de bodem verstoren en/of vernietigen.[3] Doel van het onderzoek is een risico-analyse van de gevolgen van de voorgenomen maatregelen en bodemingrepen op het behoud in situ van (mogelijk) aanwezige archeologische waarden. Derhalve dienen voorafgaand aan die werkzaamheden de archeologische waarden binnen het plangebied in kaart te worden gebracht.

De vraagstelling voor het onderzoek is: welke archeologische waarden zijn in het plangebied (mogelijk) aanwezig of kunnen worden verwacht?

Op basis van de vraagstelling zijn onderzoeksvragen geformuleerd die kunnen bijdragen aan de beantwoording van de doel- en vraagstelling:

- Welke archeologische waarden zijn in het plangebied aanwezig of kunnen aanwezig zijn? Op welke diepte t.o.v. maaiveld kunnen deze worden verwacht en op welke wijze lopen deze verwachte waarden een risico op verstoring/vernietiging door de uitvoering van de voorgenomen werkzaamheden?
- Is het plangebied voldoende onderzocht. Zo nee, welke vorm van nader archeologisch onderzoek wordt geadviseerd?

[3] Een verstoring van archeologische waarden betekent dat deze waarden (deels) in situ aanwezig blijven, maar dat de conditie en conservering ervan verslechterd en daarmee de informatiewaarde. Vernietigen betekent dat de archeologische waarden verdwijnen.

2. Bureauonderzoek

2.1 Afbakening plangebied, huidig gebruik en toekomstig gebruik

2.1.1 Afbakening plan- en onderzoeksgebied

Het plangebied ligt aan de dijk langs de Maas vanaf de spoorbrug bij Linden tot aan de brug van de A50 bij Ravenstein. De exacte locatie van het plangebied wordt weergegeven in bijlage A. Het onderzoeksgebied betreft een straal van 500 m hieromheen.



Figuur 2 Ligging plangebied en onderzoeksgebied (Luchtfoto 2021: PDOK).

2.1.2 Huidig gebruik van het plangebied

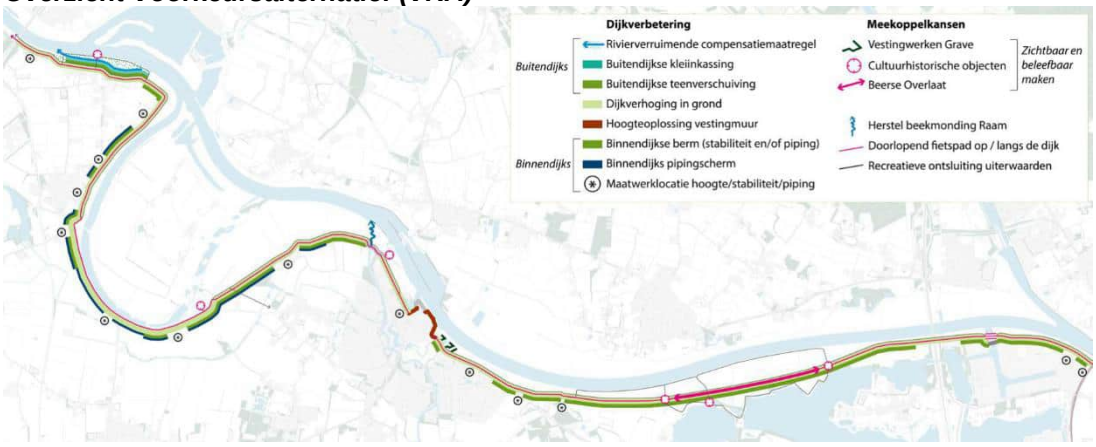
De huidige dijk is deels in gebruik als onverhard pad, verharde weg, N-weg, grasland en deels bij Grave als harde waterkering in de vorm van een historische stadmuur met (sub)recente wegen en straten. Met name in Grave is er sprake van kabels en leidingen in het plangebied. Bij Linden ligt er een brug van de A73 haaks over het dijktracé en wordt doorsneden door een sluis over de haven van Cuijk. Ten noorden van Grave wordt het plangebied doorsneden door de N324 en het gemaal van Sasse over de Graafsche Raam.

2.1.3 Toekomstig gebruik van het plangebied

Het voorgenomen plan bestaat uit dijkverbeteringsmaatregelen met verschillende werkzaamheden over het dijktracé. Het ontwerp is een integraal ontwerp in navolging van het Voorkeursalternatief, ten tijde van het opstellen van deze rapportage bevindt het project zich nog in de planuitwerkingsfase waarin de plannen nog niet definitief zijn.
Overigens is de nevengeul zeer recent aangepast van een nevengeul naar een verlaging in het gebied. Deze wijziging is wel meegenomen in de verwachtings- en risicokaart (bijlage J), maar nog niet overal in de afbeeldingen (van bijvoorbeeld het integraal ontwerp) verwerkt.

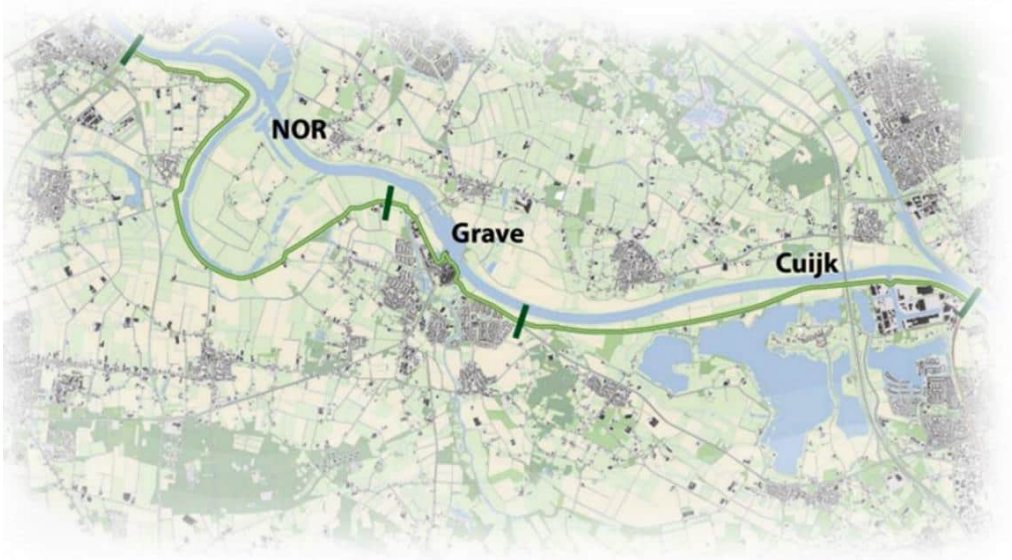
Het voorkeursalternatief wordt hieronder per deelgebied verder toegelicht. Er worden drie deelgebieden onderscheiden: Cuijk, Grave en Neerloon-Overlangel-Reek (NOR). Zie ook Figuur 3 en 4.

Overzicht Voorkeursalternatief (VKA)

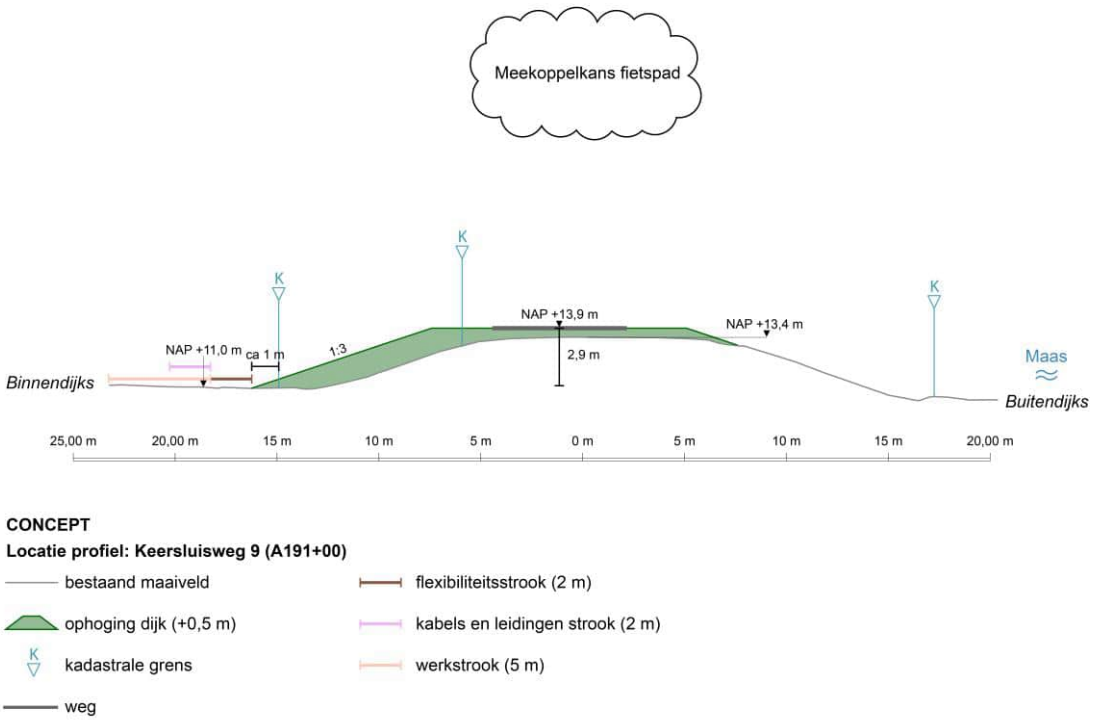


Figuur 3 *Overzicht Voorkeursalternatief (VKA 2022: WSP i.o.v. Waterschap Aa en Maas).*

Doorsneden



Figuur 4 *Overzicht Kenmerkende doorsneden (Integraal ontwerprapport VO C0.1 (18-06-2024) i.o.v. Waterschap Aa en Maas).*



Figuur 5: Voorbeeld van een van de aanpassingen aan de dijk ter indicatie. Dit is slechts een van de ca. 40 ontwerpen. Voor alle ontwerpen zie bijlage L.

Cuijk
Ten oosten van Grave, in het deelgebied Cuijk, wordt de dijk met grond opgehoogd en worden er stabiliteitsbermen aangelegd aan de binnenzijde van de dijk. Er zijn drie maatwerklocaties waar onvoldoende ruimte is voor de stabiliteitsberm, waardoor hier verticale maatregelen worden toegepast.

Grave
In vestingstad Grave ligt de nadruk op een goede inpassing van de maatregelen, mede doordat Grave een beschermd stadsgezicht is. Hierdoor wordt grotendeels gekozen voor verticale, ruimtebesparende maatregelen. Voor de Maaskade wordt in de planuitwerkingsfase samen met de betrokken partijen gezocht naar een goede inpassing van de kering. Zo wordt op een aantal plekken een coupure aangepast of aangelegd.

Deelgebied Neerloon-Overlangel-Reek
Aan de westzijde van Grave wordt de bestaande dijk ook verhoogd met grond en worden stabiliteitsbermen aangelegd. Hier bestaat ook een opgave voor piping.
In enkele dijkvakken kan dit worden opgelost met een pipingberm in combinatie met een stabiliteitsberm. Veelal wordt echter een verticale maatregel getroffen, zoals een kwelscherm of een innovatieve verticale oplossing. Verder staat er in dit deelgebied relatief veel bebouwing dicht bij de dijk. Dit zijn de maatwerklocaties die in de planuitwerking nader worden uitgewerkt.
Bij Neerloon wordt de bestaande tuimelkade aan de rivierzijde versterkt en wordt aan de buitendijkse zijde een klei-inkassing onder het voorland ingegraven.

Op basis van de kenmerkende doorsneden blijkt dat de dijk in het overgrote deel van het dijktracé zal worden verbreed door aan de binnendijkse zijde het talud te verflauwen (binnenwaardse kruinverhoging) met een stabiliteitsberm. Daarbij wordt een deel van de bestaande dijk vergraven om het talud aan de buitenzijde ook

te verflauwen. Hierbij wordt de binnenkant opgehoogd met grond. In alle gevallen wordt de bestaande toplaag van circa 30 cm verwijderd en na ophoging weer teruggeplaatst.
Dit geldt zowel voor vergravingen in het talud, als voor ophogingen van de kruin, talud en stabiliteitsbermen langs de dijk. Daarnaast worden er werkzones ingericht waarbij ook circa 30 cm van de bovenlaag wordt verwijderd.
Ter hoogte van Neerloon wordt de taludverflauwing buitendijks gerealiseerd (buitenwaardse kruinverhoging) en is een klei-inkassing gepland in de uiterwaarden die nog niet is uitgewerkt. De klei-inkassing kan horizontaal worden toegepast waarbij er tot 1,5 m -mv wordt vergraven over een groot gebied, of verticaal waarbij de diepte circa 8 m -mv bedraagt maar een relatief kleiner oppervlak verstoord. Er is ook een kans dat de aanwezige kleilaag voldoende blijkt en deze maatregel niet nodig wordt geacht.[4] In dit traject is een nevengeul of uiterwaardverlaging in de uiterwaarden mogelijk. Dit zou zijn als compensatie voor eventuele buitendijkse versterking bovenstrooms in het gebied.
In het Voorkeursalternatief is verder ingegaan op de voorgenomen werkzaamheden per dijkvak. Het dijktracé is opgedeeld in **37 dijkvakken** beginnend bij de Spoorbrug bij Katwijk (Cuijk) in het oosten en eindigend bij de A50-brug bij Ravenstein in het westen.

Dijkvak 1 t/m 4 (Haven van Cuijk, gem. Land van Cuijk)
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geplande ingrepen en maximale verstoring. Hieronder worden de ingrepen nader toegelicht.

Ingreep	Dijkvak	Verstoringsdiepte	Opmerkingen
Kruinverhoging met stabiliteitsberm	1, 2, 4	Ophoging van ca.0,5 m (zie figuur 3-4) en (aan de voet) een ontgraving tot ca. 0,3 m -mv	
Verticale constructie	1, 2, 4	Nog onbekend, maar indien nodig minimaal 1 m - mv	Is optioneel, zie tekst
Taludverflauwing Maaszijde (vergraven)	1, 2, 4	Vergraving tot 0,3 m -mv	
Keersluis aanpassen	3	Nog onbekend	kunstwerk
Fietsverbinding (mkk8)	3	Maximaal 1 meter - maaiveld	Meekoppelkans (optioneel)

Dit deel ligt langs het industriegebied en de Haven van Cuijk. Voor dijkvakken 1,2 en 4 is een dijkverhoging gepland van circa 0,1 tot 0,5 m. De ontwerphoogte is hier +13,7 à +13,8 m NAP. Er is een **binnenwaartse kruinverhoging** voorzien met een **stabiliteitsberm** van 5 meter breed en een leeflaag van 1 m breed voor het terugplaatsen van bomen. Wanneer deze strook van circa 6 m niet past tussen de dijk en de huidige bebouwing zal er maatwerk nodig zijn in de vorm van een verticale constructie. Dit wordt verder uitgewerkt in de planuitwerkingsfase. Voor de **taludverflauwing** wordt aan de Maaszijde een deel van de dijk vergraven om naar een helling van 1:3 te gaan. Dijkvak 3 betreft de huidige keersluis. Er zijn enkele aanpassingen voorzien aan het kunstwerk (kunstwerk 2). Een meekoppelkans (mkk8) kan de realisatie zijn van een doorlopende fietsverbinding over de dijk, wellicht over de huidige keersluis.

[4] Pers. comm. Jos van Zuylen, 26-06-2024.

Dijkvak 5 t/m 14 (Kraaijenbergse Plassen, gem. Land van Cuijk)
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geplande ingrepen en maximale verstoring. Hieronder worden de ingrepen nader toegelicht.

Ingreep	Dijkvak	Verstoringsdiepte	Opmerkingen
Kruinverhoging met stabiliteitsberm	5 t/m 14	Ophoging van ca. 0,30 tot 0,60 m tot +12,9 à +13,6 m NAP	In dijkvak 5a geen stabiliteitsberm
Taludverflauwing Maaszijde (vergraven)	5 t/m 14	Onbekend, maar verflauwing vindt naar verwachting plaats binnen bestaand profiel van de dijk waarbij met de buitenteen van de dijk op dezelfde plek.	Bebouwing in 13a en 14 aanwezig: maatwerk.
Wandelroute langs dijk (mkk11)	7 t/m 12	onbekend	Meekoppelkans (optioneel)
Fietsverbinding (mkk8)	7 t/m 13	Maximaal 1 meter - maaiveld	Meekoppelkans (optioneel)
Rustpunten (mkk9)	13	Verwachte aanleg bovenop de dijk zelf	Meekoppelkans (optioneel)
Zichtbaar maken voormalige Beerse Overlaat (mkk3)	7 t/m 12	onbekend	Meekoppelkans (optioneel)

Ter hoogte van de Kraaijenbergse Plassen is er een hoogteopgave van circa 0,3 tot 0,6 m. De ontwerphoogte ligt op +12,9 à 13,6 m NAP. Ook hier is een **kruinverhoging** voorzien met een **stabiliteitsberm** van 5 tot plaatselijk 20 m breed. Enkel in dijkvak 5a is geen opgave macrostabiliteit; daar wordt geen stabiliteitsberm nodig geacht. **Voor de taludverflauwing wordt aan de Maaszijde een deel van de dijk vergraven** om naar een helling van 1:3 te gaan, maar de diepte hiervan is nog niet bekend (naar verwachting binnen het bestaande profiel van de dijk, waarbij de buitenteen van de dijk op dezelfde plaats blijft). In dijkvak 13a en 14 is bebouwing aanwezig direct aan de binnenzijde van de dijk. Hiervoor wordt maatwerk ontworpen en verder uitgewerkt in de planuitwerkingsfase. Meekoppelkansen in dit traject zijn het realiseren van een doorlopende wandelroute langs de dijk en in de uiterwaarden (mkk11), een doorgaande fietsroute op of langs de dijk (mkk8) met rustpunten (mkk9) en het beter zichtbaar maken van de voormalige Beerse Overlaat (mkk3).

Dijkvak 15 t/m 22 (Grave, gem. Land van Cuijk)
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geplande ingrepen en maximale verstoring. Hieronder worden de ingrepen nader toegelicht.

Ingreep	Dijkvak	Verstoringsdiepte	Opmerkingen
Onderzoek kademuren Grave	18 t/m 21	Mogelijke graafwerkzaamheden tot ca. 3 m -mv en plaatselijk dieper.	De kademuren van Grave betreffen een gebouwd Rijksmonument
Kruinverhoging	15 en 16	Ophoging van 0,35 tot 0,50 meter tot +12,90 m NAP.	
Kruinverhoging	17	Ophoging van 0,35 tot 0,40 meter tot +12,80 m NAP.	
Aanleg grondberm en wateraanvoer	17	onbekend	Indien niet door gaat, damwand
Herstellen halfbastion Blauwkop	17	onbekend	meekoppelkans
Rustpunt	17	Verwachte aanleg bovenop de dijk zelf	meekoppelkans
Plaatsen muur met haag	17	Geen geplande verstoring, maar wel een geplande ophoging van 0,5 m hoog.	Langs Jan v. Cuijkdijk nr.2

		Ook mogelijk constructieve bodemingrepen tot nog onbekende diepte.	
Coupure	18	onbekend	
Ophoging bestaand muurwerk Prinsenstal	18	Geen geplande grondroering, 0,4 m metselwerk in hoogte. Ook mogelijk constructieve bodemingrepen tot nog onbekende diepte.	
Ophoging bestaande kademuur Maaskade-zuid	19	Geen grondroering, 0,7 m metselwerk in hoogte	Rijksmonument
Meekoppelkans Demontabele/ opduwbare/ glazen kering	17	onbekend	Meekoppelkans. Rijksmonument.
Ophoging bestaande kademuur Maaskade-noord	20	Geen grondroering, ophoging van 0,65m naar 1,5 m boven maaiveld.	
Ophoging aan Maaszijde Koninginnedijk	22	0,5 meter ophoging.	

De waterkering ter hoogte van Grave loopt van de Jan van Cuykdijk (dijkvak 15 en 16) langs het Raam/Visioterrein (17), de Prinsenstal en Oude Haven (18), Maaskade (19 en 20), Havenstraat (21) en Koninginnedijk (22). In Dijkvakken 18 tot en met 21 liggen de **kademuren** van Grave (een gebouwd Rijksmonument), waarvan middels een gravend constructief onderzoek moet worden vastgesteld hoe deze zijn opgebouwd, wat de staat is en tot welke diepte deze aanwezig zijn. Hierbij kunnen bodemingrepen tot circa 3 m -mv plaatsvinden. Indien de onderbouw niet blijkt te voldoen, zullen mogelijk bij de geplande werkzaamheden in deze dijkvakken nog meer bodemingrepen plaatsvinden (diepte nog onbekend).
Dijkvak 17 doorsnijdt de ring van bolwerken en bastions van de stad Grave.
Het plan in het Voorkeursalternatief behelst een **kruinophoging** van 0,35 tot 0,4 m tot +12,80 m NAP en de **aanleg van een grondberm** en wateraanvoer voor de nieuw aan te leggen gracht. Indien het plan van de gemeente niet doorgaat, wordt de optie opengelaten voor het **plaatsen van een damwand**. Een meekoppelkans is het **herstellen van het halfbastion Blauwkop** en het inrichten van een **rustpunt** en **parkeerplaats (mkk9**). Het herstellen van het halfbastion wordt niet meer uitgevoerd in deze vorm.
Langs de Jan van Cuijkdijk ter hoogte van nummer 2 komt een **muurtje** van circa 0,5m hoog met daarvoor een **haag.** Aan de Bomvrije komt een **coupure** met schotbalken, evenals bij de cultuurhistorische Raamsluis. Langs het laatste deel van de Prinsenstal wordt de **bestaande muur opgehoogd** met circa 0,4 m tot een muurhoogte van circa 1 m boven mv.
Aan de Maaskade-zuid wordt de **bestaande kademuur verhoogd** met circa 0,7 m naar circa 1,4 m. Om de zichtbaarheid en kwaliteitswaarde van het Rijksmonument te behouden is er een basisoplossing voorzien waarbij het straatniveau aan de binnenzijde wordt opgehoogd. De meekoppelkans hier is een demontabele, opduwbare of glazen kering. In de planuitwerking wordt de daadwerkelijke oplossing gekozen (i.e. glas, opdrijfbaar, demontabel of iets anders). Aan de **Maaskade-noord** is een hoogteopgave van gemiddeld 0,65 m. De plannen bestaan hier uit het **ophogen van de bestaande kademuur** en coupure met 0,65 m tot een hoogte van 1,5 m boven maaiveld.
Aan de Havenstraat is een hoogteopgave van circa 0,5 m voor zichtjaar 2075 en 1,2 m voor zichtjaar 2125. Voor een nieuwe kering moet de fundering voor zichtjaar 2125 aangebracht worden.
Aan de Koninginnedijk wordt circa 0,5 m opgehoogd naar +12,8 m NAP. Dit wordt uitgevoerd door middel van vierkant verhogen van de kruin. De dijkverhoging wordt voornamelijk aan de Maaszijde uitgevoerd, aangezien er aan de binnenzijde bedrijventerreinen aanwezig zijn.

Dijkvak 23 t/m 25 (Toerit N324 tot Gemaal van Sasse, gem. Land van Cuijk)
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geplande ingrepen en maximale verstoring. Hieronder worden de ingrepen nader toegelicht.

Ingreep	Dijkvak	Verstoringsdiepte	Opmerkingen
Ophogen weg	24, 25	Ophoging van max. 0,5 meter, geen grondroering.	Vanaf Gemaal van Sasse richting de Mars en Wijthdijk.
Muurwerk aanbrengen	25	0,45 m hoog, diepte fundering onbekend	Aan Maaszijde van het brugdek
Recreatief rustpunt	25	Verwachte aanleg bovenop de dijk zelf	Meekoppelkans

De toerit naar de N324 is al op hoogte, ter hoogte van dijkvak 24 en 25 ligt een hoogteopgave van **maximaal 0,5 m**. De plannen bestaan uit het **ophogen van de weg** vanaf het Gemaal van Sasse richting de Mars en Wijthdijk. Bij het gemaal zelf wordt een **muurtje** aangebracht van **circa 0,45 m hoog** aan de Maaszijde van het brugdek. Een meekoppelkans is hier een **nieuwe plek inrichten voor** een **recreatief rustpunt** langs de dijk.

Dijkvak 26 t/m 29 (Mars en Wijthdijk, gem. Land van Cuijk)
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geplande ingrepen en maximale verstoring. Hieronder worden de ingrepen nader toegelicht.

Ingreep	Dijkvak	Verstoringsdiepte	Opmerkingen
Dijkverhoging	26 t/m 29	Ophoging van 0,5 meter naar 12,4 of 12,5 m +NAP.	
Taludverflauwing Maaszijde (vergraven)	26 t/m 29	Onbekend, maar verflauwing vindt naar verwachting plaats binnen bestaand profiel van de dijk waarbij met de buitenteen van de dijk op dezelfde plek.	
Stabiliteitsberm binnendijks	26 t/m 29	5 tot 15 m breed	
Verticale pipingmaatregel	27 t/m 29	Meer dan 1 m -mv	
Beekmonding van de Raam (mkk6)	26	onbekend	meekoppelkans
Recreatief rustpunt (mkk9)	27	Verwachte aanleg bovenop de dijk zelf	meekoppelkans
Wandelroute langs dijk en door uiterwaarden (mkk11)	27	onbekend	meekoppelkans
Recreatieve route (mkk2)	29	onbekend	meekoppelkans

In dit traject wordt de **dijk verhoogd** met 0,1 tot 0,6 m naar +12,4 of 12,5 m NAP. Bij de verhoging en taludverflauwing wordt een deel van het talud aan de **buitenzijde van de dijk vergraven** (naar verwachting binnen het bestaande profiel van de dijk, waarbij de buitenteen van de dijk op dezelfde plaats blijft). Daarnaast wordt binnendijks een **stabiliteitsberm** aangebracht van 5 tot plaatselijk 15 m breed. In dijkvak 27 t/m 29 is een **verticale pipingmaatregel** nodig, dit wordt verder uitgewerkt in de planuitwerkingsfase. Er zijn hier meerdere meekoppelkansen mogelijk: het herstellen van de beekmonding van de Raam (mkk6), een extra recreatief rustpunt (mkk9) een wandelroute langs de dijk en door de uiterwaarden (mkk11) en de aanleg van een recreatieve route op de oude kade van de Beerse Overlaat (mkk2) richting het Emmausklooster in Velp.

Dijkvak 30 t/m 32 (Reek, gem. Land van Cuijk, gem. Maashorst & gem. Oss)

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geplande ingrepen en maximale verstoring. Hieronder worden de ingrepen nader toegelicht.

Ingreep	Dijkvak	Verstoringsdiepte	Opmerkingen
Dijkverhoging d.m.v. binnenwaardse kruinverhoging	30 t/m 32	Ophoging van 0,5 meter	Maatwerklocaties bij binnendijkse bebouwing
Taludverflauwing buitenwaards (vergraven)	30 t/m 32	Onbekend, maar verflauwing vindt naar verwachting plaats binnen bestaand profiel van de dijk waarbij met de buitenteen van de dijk op dezelfde plek.	
Stabiliteitsberm	30 t/m 32	5 tot 15 m breed	
Verticale pipingmaatregel	30 t/m 32	Meer dan 1 m -mv	
Aanleg fietspad	30 t/m 32	onbekend	Buitendijks, aan voet van de dijk, meekoppelkans

In deze dijkvakken is een hoogteopgave van circa 0,3 tot 0,8 m. Dit wordt opgelost door middel van een **binnenwaardse kruinverhoging**. Hierbij wordt een deel van het **buitenwaardse talud vergraven** (naar verwachting binnen het bestaande profiel van de dijk, waarbij de buitenteen van de dijk op dezelfde plaats blijft). Er is een stabiliteitsberm voorzien van 5 tot 15 m breed en een **verticale pipingmaatregel** langs het gehele traject (zie bovenstaande tabel voor de dieptes van deze bodemingrepen). Er zijn maatwerklocaties bij binnendijkse bebouwing. Een meekoppelkans is de **aanleg van een fietspad** buitendijks (mkk10) aan de voet van de dijk. Dit zijn optionele plannen.

Dijkvak 33 t/m 35 (Overlangel, gem. Oss)
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geplande ingrepen en maximale verstoring. Hieronder worden de ingrepen nader toegelicht.

Ingreep	Dijkvak	Verstoringsdiepte	Opmerkingen
Dijkverhoging d.m.v. binnenwaardse kruinverhoging	33 t/m 35	Ophoging van 0,5 meter naar 12,3 á 12,4 m +NAP.	Maatwerklocaties bij binnendijkse bebouwing
Taludverflauwing buitenwaards (vergraven)	33 t/m 35	Onbekend, maar verflauwing vindt naar verwachting plaats binnen bestaand profiel van de dijk waarbij met de buitenteen van de dijk op dezelfde plek.	
Stabiliteitsberm	33 t/m 35	5 tot 15 m breed	
Verticale pipingmaatregel	34	Meer dan 1 m -mv	
Pipingberm	33, 35	onbekend	
Recreatief rustpunt	33, 35	Verwachte aanleg bovenop de dijk zelf	meekoppelkans

In het dijktraject bij Overlangel wordt er **binnenwaardse kruinverhoging** toegepast van circa 0,3 tot 0,8 m naar een hoogte van +12,3 à +12,4 m NAP. Bij deze kruinverhoging is ook een **taludverflauwing** gemoeid, waarbij er buitenwaards wordt vergraven (naar verwachting binnen het bestaande profiel van de dijk, waarbij de buitenteen van de dijk op dezelfde plaats blijft). Daarnaast is een **stabiliteitsberm** nodig van 5 tot 15 m breed. In dijkvak 34 is een **verticale pipingmaatregel** voorzien. In de andere dijkvakken is de basisoplossing een **pipingberm** van 5 tot 40 m breed (zie bovenstaande tabel voor de dieptes van deze bodemingrepen). Voor de

aanwezige binnendijkse bebouwing is gekozen voor aaneensluiting van maatwerklocaties. Hier is voor gekozen vanwege de korte opeenvolging van deze maatwerklocaties. Dit wordt verder uitgewerkt in de planuitwerkingsfase.

Dijkvak 36 (Tuimeldijk Neerloon, gem. Oss)
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geplande ingrepen en maximale verstoring. Hieronder worden de ingrepen nader toegelicht.

Ingreep	Dijkvak	Verstoringsdiepte	Opmerkingen
Buitenwaardse verhoging tuimelkade	36	Ophoging met 0,40 tot 0,65 m.	
Klei-inkassing	36	60 meter breed tot 1,5 meter – mv.	Andere optie is verticaal, circa 1 m breed maar dan tot 8 m -mv
Nevengeul of weerdverlaging	36	Meer dan 1 m -mv	In uiterwaarden. Optioneel
Doorlopende wandelroute	36	onbekend	Aan voet van de dijk en in de uiterwaarden, meekoppelkans

Langs het historische dorp Neerloon zijn essen aanwezig op de dijk. Bij een vorige dijkverbetering is dan ook een tuimelkade aangelegd om deze hoger gelegen essen te behouden. De plannen bestaan hier uit **buitenwaardse verhoging van de tuimelkade** en een **klei-inkassing** van ruim 60 m breed in de uiterwaarden als piping-maatregel. **Deze klei-inkassing komt in plaats van een verticale piping-constructie**. Bij het aanbrengen van een dergelijke klei-inkassing wordt de grond tot 1,5 m -mv vergraven en vervolgens met klei gevuld. In dit traject is een nevengeul of uiterwaardverlaging in de uiterwaarden noodzakelijk. Dit zou zijn als compensatie voor eventuele buitendijkse versterking bovenstrooms in het gebied. Meekoppelkans is een doorlopende wandelroute (mkk11) aan de voet van de dijk en in de uiterwaarden.



Figuur 6 *Ligging nevengeul (o.b.v. VKA 2022: WSP i.o.v. Waterschap Aa en Maas).*

Dijkvak 37 (Neerloon-West, gem. Oss)
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geplande ingrepen en maximale verstoring. Hieronder worden de ingrepen nader toegelicht.

Ingreep	Dijkvak	Verstoringsdiepte	Opmerkingen
Macrostabiliteit en pipingmaatregel	37	Ophoging 0,3 tot 0,5 m tot +11,90 m NAP	
Tuimeldijk	37	onbekend	
Doorlopend wandelpad	37	onbekend	Onderaan de dijk, meekoppelkans

In dit dijkvak is een hoogteopgave van circa 0,3 tot 0,5 m, een opgave voor **macrostabiliteit** en **piping**. In dit dijkvak wordt ook een tuimeldijk gerealiseerd. Er kruisen zes hogedruk gasleidingen binnen het dijkvak. De (smalle) weg op de dijk wordt ingericht in overleg met gemeente Oss. Een meekoppelkans hierbij is het realiseren van een **doorlopend wandelpad** onderaan de dijk.
Ten westen van het dijkvak is bovendien nog circa 30 m aan dijktracé dat niet is meegenomen in het project Meanderende Maas. Dit stukje wordt als maatwerk meegenomen in de planuitwerkingsfase.

Kunstwerken
Op tien locaties langs het dijktracé zijn werkzaamheden voorzien die te maken hebben met renovatie van gemalen en sluizen (kunstwerken). In Grave zijn twee nieuwe coupures gepland. Bij de renovatie van de gemalen en sluizen en de aanleg van twee nieuwe coupures zijn nog te bepalen werkzaamheden verwacht. Deze ontwerpen worden in de planuitwerkingsfase uitgewerkt. Deze kunstwerken liggen allemaal in de gemeente Land van Cuijk.

Nummer	Kunstwerk	Code	Opmerkingen
1	Gemaal en riooloverstort Cuijk Haven	KW178	Dijkvak 1
2	Keersluis Cuijk	KW188	Dijkvak 3
3	Persleiding gemaal Sluisgraaf	KW197	Dijkvak 5
4	Uitwateringsluis Tochtsloot	KW232	Dijkvak 11
5	Uitwateringsluis Gasselse Loop	KW245	Dijkvak 13
6	Raamsluis Grave	KW266	Dijkvak 17
7	Nieuwe coupure Maaspoort Grave	KW269	Dijkvak 18
8	Nieuwe coupure Maasstraat Grave	KW270	Dijkvak 18
9	Uitwateringsluis Havenstraat Grave	KW274	Dijkvak 21
10	Gemaal van Sasse	KW286	Dijkvak 24



Figuur 7 *Ligging kunstwerken (VKA 2022: WSP i.o.v. Waterschap Aa en Maas).*

2.2 Aardwetenschappelijke situatie
Om de landschapsgenese in beeld te brengen is gebruik gemaakt van bodemkaarten, geologische en geomorfologische kaarten. Met behulp hiervan worden de bodem en het landschap beschreven. Onderdeel van deze studie vormt een analyse van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN), de

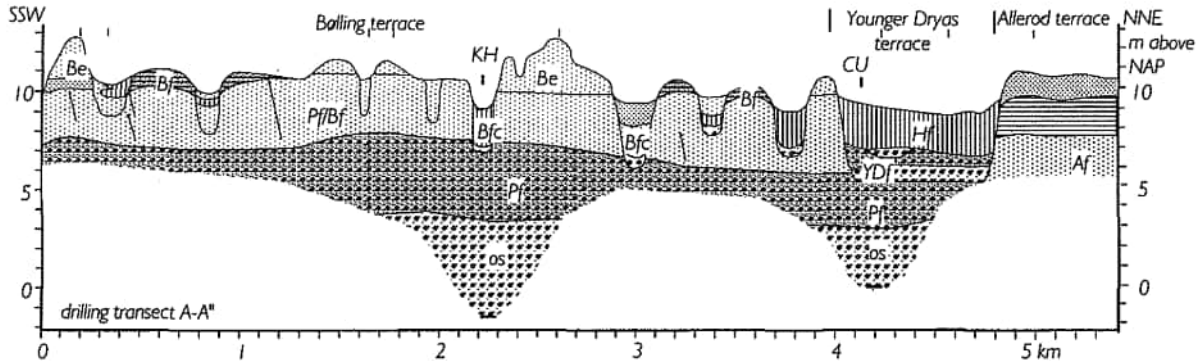
grondwatertrappen en gegevens uit het DINO-loket en reeds uitgevoerde archeologische veldonderzoeken.

Tabel 2-1 Aardwetenschappelijke informatie

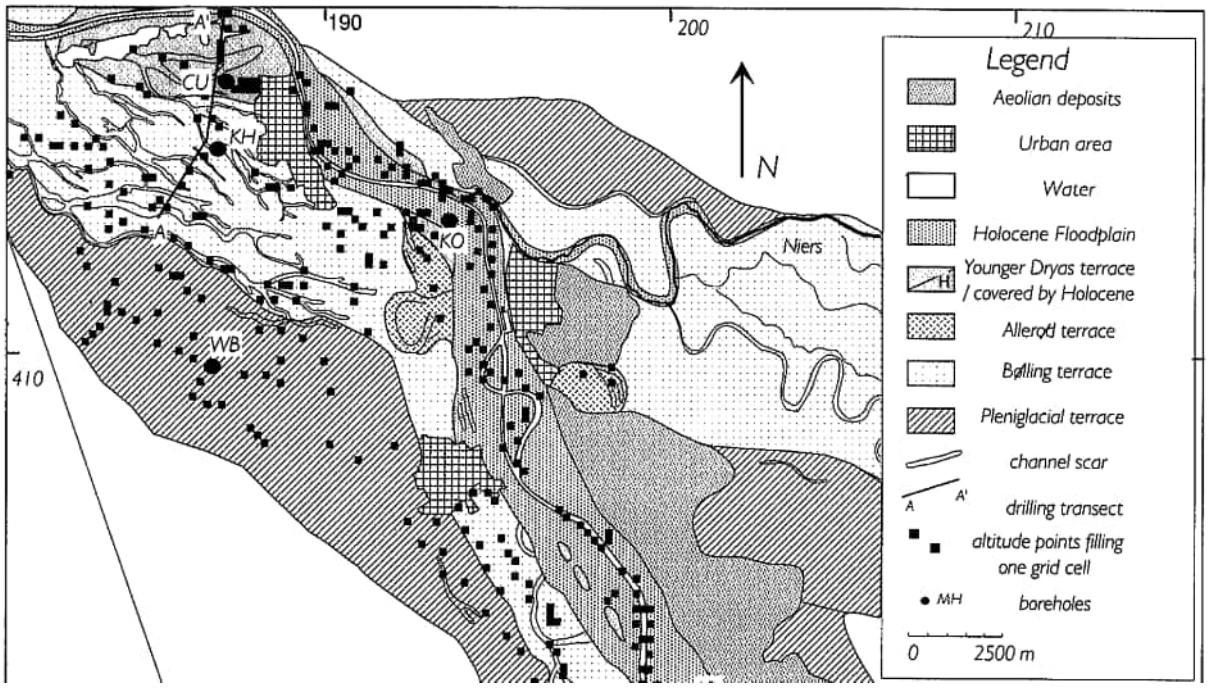
Bron	Informatie
Geologie	Formatie van Beegden; rivierzand- en grind Formatie van Echteld; rivierklei en -zand Formatie van Kreftenheye; rivierzand- en grind
Geomorfologie	Vlakte van rivierafzettingen (kaartcode M45) Dekzandwelvingen (kaartcode L51) Restgeul (kaartcode R43) Terrasvlakte (kaartcode M42) Stroomrug (kaartcode B44) Oeverwal (kaartcode B45) Meanderruggen en -geulen (kaartcode L42) Vlaktes door egalisatie (kaartcode M93) Laagten door afgraving (kaartcode N94)
Bodemkunde	Kalkloze poldervaaggronden (kaartcode Rn15C; Rn62C) Ooivaaggronden (kaartcode Rd10C; Rd90C) Vorstvaaggronden (kaartcode Zn30) Akkereerdgronden (kaartcode cZd30) Hoge bruine enkeerdgronden (bEZ30)
NAP	+11,5 tot +13,5 m NAP

2.2.1 Landschapsgenese omgeving

Het plangebied is gelegen aan de rand van een terrassenlandschap dat doorsneden is door de oude Maas in het noordoosten en de Peel in het zuidwesten. Het landschap is ontstaan onder sterke invloed van de Maas en de Rijn. In de ondergrond komen afzettingen van deze rivieren voor die zijn afgezet tijdens de laatste twee ijstijden, het Saalien (ca. 250.000 tot 130.000 jaar geleden) en het Weichselien (ca. 120.000 tot 10.000 jaar geleden). In deze ijstijden transporteerden de rivieren een grote hoeveelheid materiaal onder een hoge stroomsnelheid waardoor de rivieren een sterk vlechtend karakter hebben en waardoor een grote riviervlakte werd gevormd met zich snel verleggende riviergeulen. De oude afzettingen van de Rijn worden tot de **Formatie van Kreftenheye** gerekend. De afzettingen van de Maas behoren tot de **Formatie van Beegden.**



Figuur 8. *Doorsnede A-A' met rechts het Allerød-terras bij Linden / Haven van Cuijk (Huisink, 1998).*



Figuur 9 *Aanwezige terrassen in de gemeente Land van Cuijk. De doorsnede A-A' ligt ter hoogte van Linden (Huisink, 1998.)*

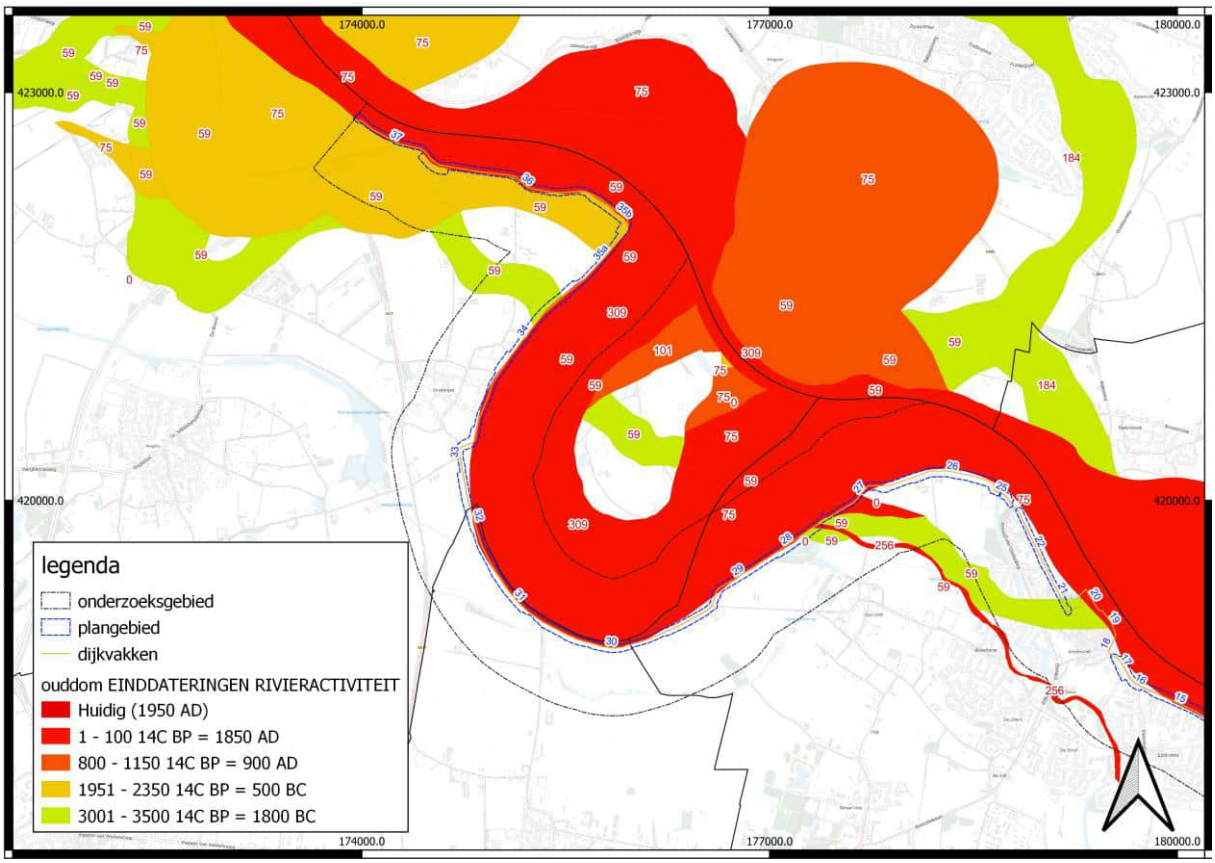
Gedurende het koudste deel (Pleniglaciaal) van de laatste ijstijd (het Weichselien) kwam de Rijn vanuit het huidige Niersdal samen met de Maas als vlechtende rivier met meer meerdere oppervlakkige geulen. Hierin is het **Pleniglaciaal terras** (Kreftenheye 4 afzettingen)[5] gevormd. Na het Pleniglaciaal is door insnijding een nieuw terras ontstaan. Dit vlechtende riviersysteem zorgde voor een brede riviervlakte die door Pons (1957) **Laagterras** is genoemd. Dit komt overeen met het Vierlingsbeek-terras door Huisink (1998) en de Kreftenheye 5 afzettingen (Verbraeck 1984). Delen van het Laagterras komen nog voor ter hoogte van de Kraaijenbergse Plassen bij dijkvak 12a, en aan de Lage Wijth en gemeente Maashorst (dijkvak 29 en 31).

Aan het eind van het Weichselien, van circa 15.000 tot circa 11.700 jaar geleden, kwamen warmere perioden voor, afgewisseld met koudere perioden. Het interstadiaal Bølling-Allerød duurde van circa 14.700 tot 12.900 jaar geleden, met een kortstondige koude periode rond 14.000-13.900 jaar geleden: de Oude Dryas genoemd. Tijdens deze warmere perioden veranderde tijdelijk de rivieractiviteit en de afvoer. Dit leidde tot een meanderend riviersysteem, waarbij de geulen zich verder insneden in de riviervlakte. In het Land van Cuijk waren meerdere restgeulen aanwezig, de hoofdgeul heeft door de tijd heen gemigreerd en heeft zowel ten zuiden van Linden gelegen[6] als bij het dorp Cuijk (zie Bijlage I). In het ontstane rivierdal kon komklei worden afgezet. Deze afzettingen behoren tot de **Formatie van Kreftenheye, Laag van Wijchen**. De resten van de meandergordel uit de Bølling-Allerød liggen ter hoogte van Linden, de Kraaijenbergse Plassen, ten noorden van Gassel (dijkvak 12 en 13) en ter hoogte van de Lage Wijth (dijkvak 29 en 30). Tijdens de koudere periode van de Jonge Dryas, van circa 12.900 tot 11.700 jaar geleden, gaat het riviersysteem weer vlechten en komen perioden voor waarbij de riviergeulen periodiek droog komen te liggen. In deze periode zijn ook rivierduinen gevormd, maar deze worden niet ter hoogte van het onderhavige plangebied verwacht. De vlechtende rivier sneed in het Laagterras met circa 1,5 tot 2 m. Dit wordt het **Terras X** genoemd door Pons (1957). Dit correspondeert met het Wanssum-terras[7] (Huisink 1998) en de Kreftenheye 5 afzettingen van Verbraeck (1984). Deze afzettingen zijn aanwezig ter hoogte van dijkvakken 6 t/m 8 en dijkvakken 10 en 11.

[5] Verbraeck, 1984

[6] Boreel, G, in: Habermehl, D.S. & J. van Renswoude, 2017, pagina 56

[7] Huisink 1998



Figuur 10 *Stroomgordels en oversnijdingen die aanwezig zijn vanaf dijkvak 19 (naar Cohen e.a., 2012.) Zie tevens bijlage I voor een gedetailleerdere kaart met tevens zanddieptes.*

Holocene stroomgordels

Vanaf het Holoceen, circa 11.700 jaar geleden, wordt het riviersysteem blijvend meanderend met stabiele oevers in een begroeid landschap (zie Figuur 10). De klei die bij hoogwater overstroomde tijdens het begin van het Holoceen (preboreaal) wordt ook nog gerekend tot de Laag van Wijchen. De loop van de rivier lag toen ten zuiden van de huidige stad Grave (dijkvak 15 t/m 17) van zuidoost naar noordwest (naar dijkvak 28).[8] Er is in deze periode ook een geulensysteem aanwezig ter hoogte van de Kraaijenbergse Plassen (dijkvak 9).

Deze meanderende rivieren sneden zich nog in het landschap in. De geulen van de Maas liepen grofweg op de huidige loop en ten zuiden van Klein Linden in noordoost en zuidwestelijke richting. De zuidelijke tak van de Maas werd verlaten tijdens het Boreaal, rond 9000-8000 jaar geleden. De noordelijke tak van de Maas werd de hoofdgeul en wordt de Katwijkse Maas genoemd. De Raam, momenteel stromend door Grave, is gaan stromen in de verlaten restgeul van de Maas ten zuiden van Grave.

Ten zuiden van Grave zijn tevens nog enkele stroomgordels aanwezig. Deze dateren ook grotendeels in het Holoceen.

Door de verschuiving van de terrassenkruising naar het zuidoosten, begonnen de rivieren in dit gebied te accumuleren vanaf circa 3300 voor Chr.[9]

De holocene rivierafzettingen vormen vanaf circa 3300 voor Chr. dus een gestapeld landschap. Oudere rivierafzettingen worden afgedekt door jongere rivierafzettingen. Hierdoor kunnen meerdere stroomgordels boven elkaar voorkomen, of kunnen jongere stroomgordels oudere stroomgordelafzettingen opruimen. Deze afzettingen worden gerekend tot de **Formatie van Echteld**.

Vanaf circa 3300 voor Chr. is ter hoogte van Grave een stroomgordel actief geworden als zijtak van de Maas. Dit betreft de **Haren-stroomgordel** (code: 59, lichtgroen op Figuur 10) die tijdens de

[8] Hebinck, 2018, in J. Oosterbaan & A. Griffioen, Grave Hofplein

[9] Stouthamer, Cohen & Hoek, 2020

Midden-Bronstijd (circa 1.260 v. Chr.) is verland[10]. Vanaf die periode kon de Raam weer in de restgeul van de Haren-stroomgordel stromen en liep ter plaatse van de huidige Hertogswetering.

De Haren-stroomgordel met oeverwallen kan aanwezig zijn ter hoogte van het noorden van Grave (dijkvakken 20 en 21), ten westen van Grave ter hoogte van dijkvak 28, en ten noorden van Overlangel (dijkvak 34). Het hoogste voorkomen van beddingzand is vastgesteld op +4,7 tot +4,1 m NAP.[11]

Tijdens de Bronstijd is parallel er langs de **Huisseling-Demen stroomgordel** (code 75, zie Figuur 10)[12] actief geworden en stroomde ter hoogte van het dorp Neerloon (dijkvakken 35 t/m 37). Deze stroomgordel is nog actief geweest tot het begin van de Romeinse tijd, circa 27 na Chr. Het hoogste voorkomen van beddingzand is vastgesteld op +6,1 tot +5,1 m NAP.[13]
Ten zuiden van Neerloon ligt mogelijk nog een stroomgordel in de ondergrond met de **code 731** waarvan nog te weinig gegevens zijn om de loop te kunnen reconstrueren, deze is dan ook niet afgebeeld op Figuur 10. Deze stroomgordel wordt gedateerd in het Midden-Neolithicum in 4150 – 3690 voor Chr. (Cohen et al. 2012).

Langs de huidige loop van de Maas die vanaf de Romeinse tijd grofweg dezelfde loop heeft gehad, zijn oeverwallen gevormd. In deze oeverwallen is mogelijk een fasering aanwezig, beddingafzettingen van deze fase van de Maas worden niet verwacht in het plangebied. Tijdens de Late Middeleeuwen, rond 1300, werd het gebied bedijkt, waardoor de Maas zich niet meer kon verleggen. Buitendijks is er sindsdien een pakket uiterwaardenafzettingen afgezet, waardoor het gebied hoger is komen te liggen dan sommige terreinen die binnendijks liggen. Archeologische niveaus die voor de bedijking aan het maaiveld lagen, zijn door deze uiterwaardenafzettingen afgedekt en kunnen circa 1 tot 1,5 m dieper liggen t.o.v. maaiveld.
Door de opslibbing van de geulen van de Rijn en Maas in de benedenlopen, werd de wateroverlast gedurende de Late Middeleeuwen steeds erger. Bij Cuijk werd een overlaat ingezet bij hoogwater, waardoor het gebied tussen Cuijk en Grave kon overstromen, tot in de gemeente Oss. De Beerse Overlaat was wel bedijkt, de rest van het gebied niet. Er werd een natuurlijke laagte gebruikt. Het gebied kon hier overstromen omdat er een oude Pleistocene geul gelopen heeft, en gelegen is in het lager gelegen Terras X. Deze afvoer wordt de Beerse Maas genoemd. Door sedimentatie door de Beerse Maas is het reliëf in het landschap van de Maasterrassen tot op zekere hoogte vervlakt.[14] De Beerse Maas is afgesloten in 1942, waarna de sedimentatie is gestopt. De Maas is in de jaren 30 van de 20e eeuw bovendien afgesneden voor een snellere afvoer en kortere vaarroute, waardoor de meander van Keent niet meer in de huidige loop van de Maas ligt (zie figuur 11).

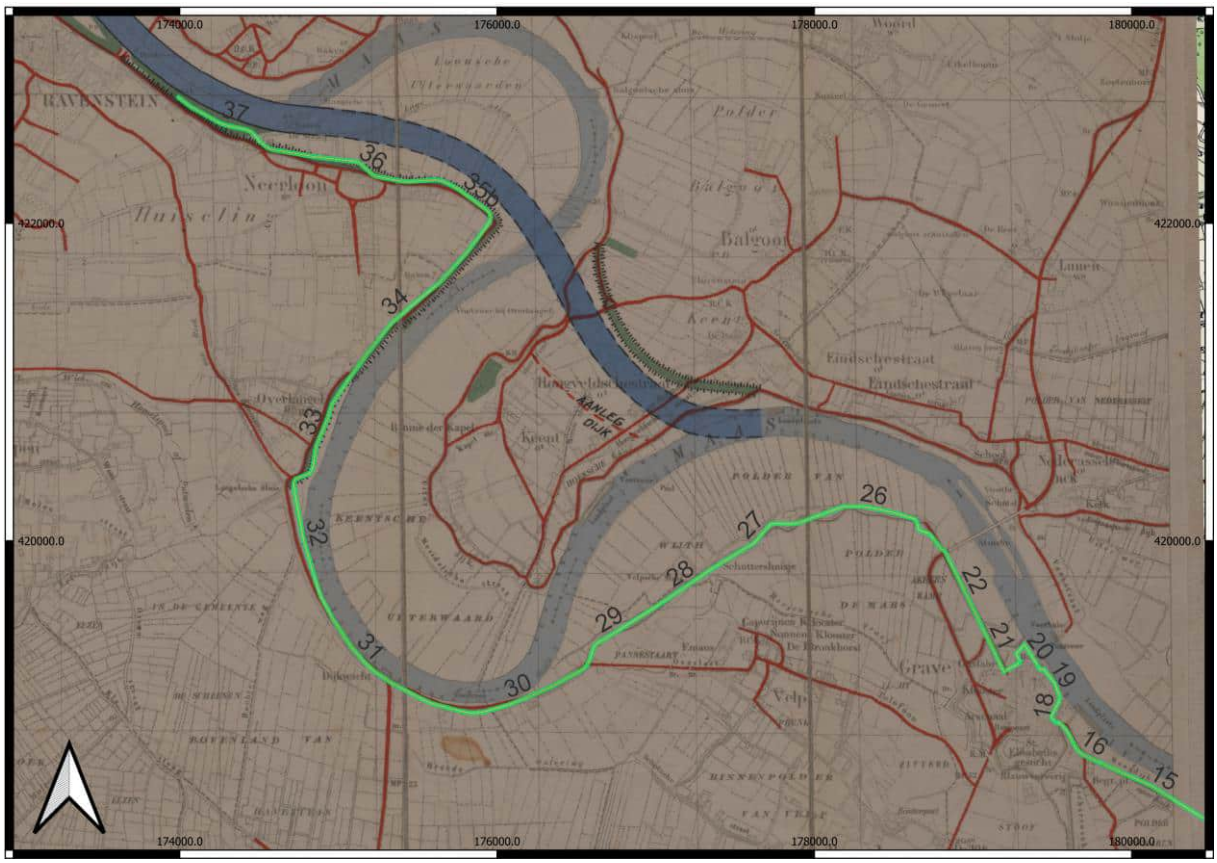
[10] Cohen et al. 2012.

[11] Cohen et al. 2012.

[12] Cohen et al. 2012.

[13] Cohen et al. 2012.

[14] [14] Boreel, G, in: Habermehl, D.S. & J. van Renswoude, 2017, pagina 57



Figuur 11 *Uitsnede van de kaart van de afsnijding van meanders in de Maas in 1937 (BHIC). De kaart is noord georiënteerd.*

Eolische afzettingen

Een deel van de maasafzettingen in het plangebied wordt afgedekt door dekzand. De dikte van dit pakket varieert sterk. Dekzanden die aan de oppervlakte liggen, zijn afzettingen uit de laatste IJstijd, het Weichselien. In deze periode heerste een toendraklimaat met een permanent bevroren bodem en weinig vegetatie. Door de wind werd in deze periode grote pakketten zand verplaatst. Tijdens natte zomers kwam ook veenvorming voor in de lagergelegen delen in het landschap en beekdalen waar het water stagneerde. De pakketten van zand worden tot de **Formatie van Boxtel** gerekend. Aan het einde van het Pleistoceen, het Laat-Glaciaal (ca. 15.500 tot 11.800 BP), veranderde het klimaat en ging het landschap over in een arctische steppe zonder begroeiing. Er ontstonden opnieuw zandverstuivingen, waardoor op de plaats waar zand wegstoof een dun grindlaagje overbleef. Het jonge dekzand werd afgezet in depressies van riviergeulen waardoor het landschap nivelleerde. Dit dekzand wordt gerekend tot het **Laagpakket van Wierden**.[15]

De rivierduinen in de omgeving van het plangebied zijn tijdens droge en koude perioden opgehoogd, maar door winderosie ook meerdere malen aangetast. Door deze erosie ontstaan gaten in deze duinen, zogeheten blowouts. Deze verstuiving wordt elders opgeworpen, waardoor delen van het oorspronkelijke oppervlak ter hoogte van de blowout zijn geërodeerd en de delen verderop zijn afgedekt door het stuifzand. Op basis van een fysisch geografische studie naar De Nielt[16], op circa 1 km ten zuiden van dijkvak 2, zijn er meerdere perioden van winderosie bekend. Er was periodiek sprake van verstuiving tijdens: het begin van het Holoceen, tijdens de Late Bronstijd, grootschalig tijdens de Vroege tot Midden IJzertijd en lokaal in de Midden IJzertijd t/m Romeinse tijd.[17] Het stuifzandpakket uit de Vroege-Midden IJzertijd heeft ter hoogte van De Nielt een dikte van circa 1 m.

[15] Berendsen, 2008.

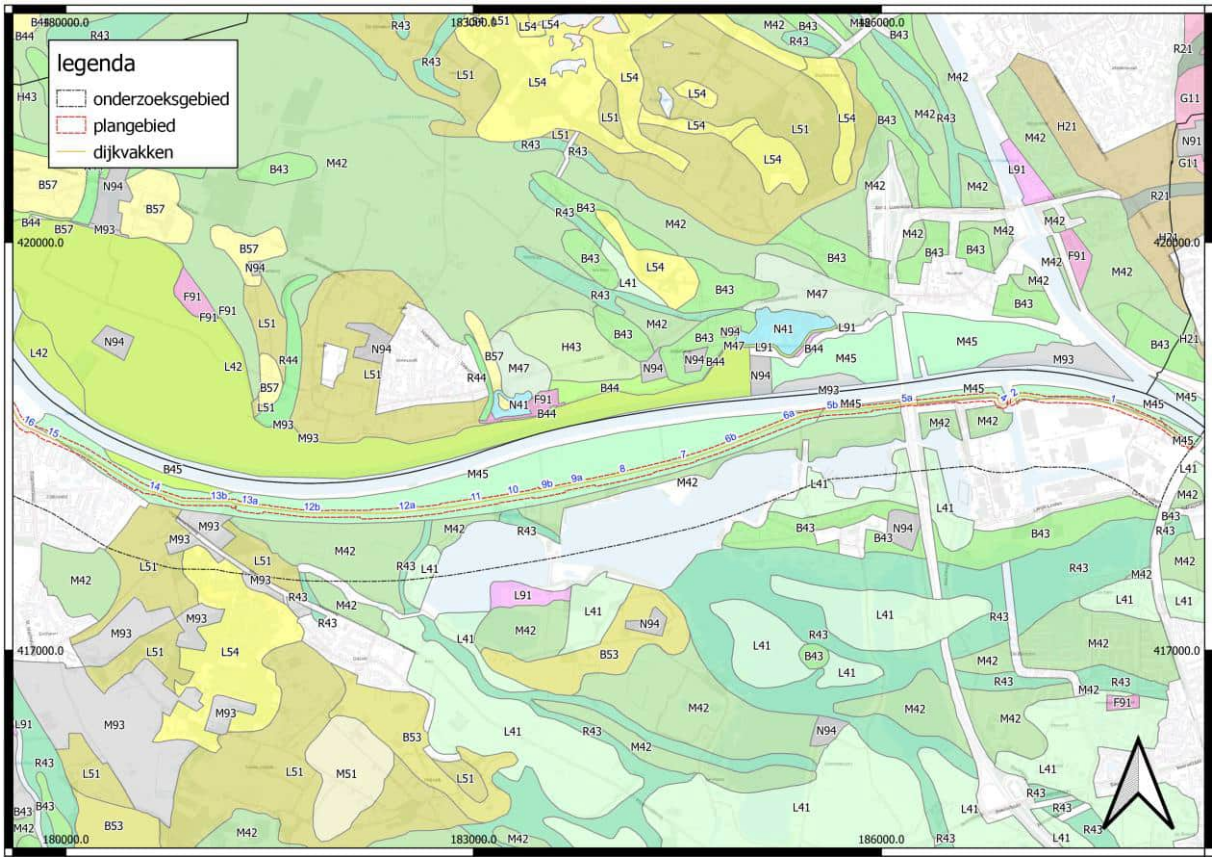
[16] Habermehl, D.S. & J. van Renswoude (red), 2017.

[17] Boreel, G, in: Habermehl, D.S. & J. van Renswoude, 2017, pagina 74-75

Van archeologische resten van voor deze periode zijn op dergelijke locaties in De Nielt door eerdere erosie enkel diepe sporen nog intact, de bodem is tot die diepte geërodeerd.[18]
Uitblazingen en overstuivingen zijn zeer lokale fenomenen en kunnen in het plangebied invloed hebben gehad op de lokale archeologische resten.

2.2.2 Geomorfologie

Dijkvakken 1 t/m 15 (gemeente Land van Cuijk)
Het plangebied tussen Linden en Grave (dijkvakken 1 t/m 15) heeft op de geomorfologische kaart een vrij uniforme samenstelling (zie figuur 12). Aan de maaszijde bevindt zich een vlakte van rivierafzettingen (M45) die deels binnendijks doorzet. Verder binnendijks (zuidelijker) is een terrasvlakte (M42) gekarteerd. Plaatselijk is op twee locaties een restgeul (R43) aangegeven die haaks op de dijk liggen maar worden onderbroken door de vlakte van rivierafzettingen (M45). Deze restgeulen dateren grotendeels uit het Holoceen, hoewel er ook rekening mee gehouden moet worden dat enkele uit het Paleolithicum kunnen dateren.
Op de kruising met de N321 (t.h.v. dijkvak 12b en 13a) is ca. 50 meter ten zuiden van de dijk een complex van dekzandwelvingen (L51) aanwezig. Aan de maaszijde is ter hoogte van dijkvak 13b, 14 en 15 een oeverwal van de Maas gekarteerd, maar deze bevindt zich op circa 40-80 meter ten noorden van de dijk.



Figuur 12 *Geomorfologie van dijkvakken 1 t/m 15.*

Dijkvakken 16 t/m 22 (gemeente Land van Cuijk)
Ter plaatse van Grave is het gebied niet gekarteerd vanwege bebouwing (zie figuur 13).

Dijkvakken 23 t/m 25 (gemeente Land van Cuijk)
Langs de post-Romeinse loop van de Maas is een vlakte door egalisatie (M93) aanwezig en deze omvat ten dele dijkvak 23 en in het geheel dijkvak 24 en 25 (zie figuur 13). Het is onduidelijk of het hier gaat om afgraven, afplaggen of ophogen. Dit heeft mogelijk te maken met de ingrepen in de afsnijding van de Maasloop aan het begin van de 20e eeuw, aangezien deze vlakte doorloopt langs Keent.

[18] Idem

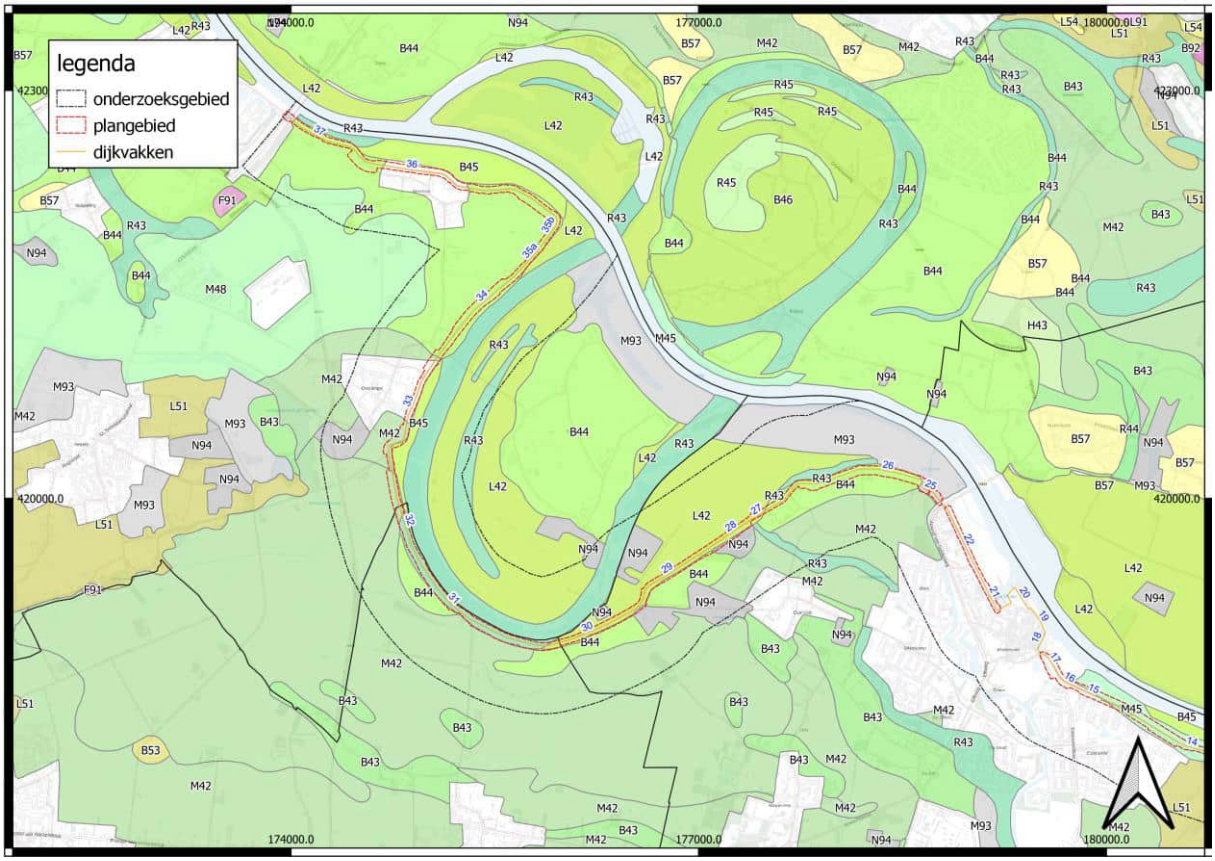
Dijkvakken 26 t/m 29 (gemeente Land van Cuijk)
In dijkvakken 26 en 27 is het plangebied gelegen op een stroomrug (B44). Deze loopt aan het einde van dijkvak 27 over in een gebied met meanderruggen- en geulen (L42). Aan de binnendijkse zijde (net buiten het plangebied) ter hoogte van Velp liggen op twee plaatsen laagtes door afgraving (N94) tussen stroomruggen of stroomgordels (B44; vanaf 10 meter ten zuiden van de dijk).

Dijkvak 30 (gemeente Land van Cuijk, gemeente Maashorst)
Dijkvak 30 ligt deels in een gebied met meanderruggen en -geulen (L42) en op de grens van de restgeul van de oude loop van de Maas van voor de afsnijding in de 20e eeuw (R43; Figuur 13).

Dijkvak 31 (gemeente Maashorst)
Op de geomorfologische kaart ligt dit dijkvak binnen de restgeul (R43) van de Maas (zie figuur 13). Direct ten zuiden ervan ligt een terrasvlakte (M42) en een gedeelte van een stroomrug (B44).

Dijkvak 32 (gemeente Maashorst, gemeente Oss)
Dit dijkvak ligt deels in een restgeul (R43), een terrasvlakte (M42) en een stroomrug (B44; figuur 13). Het noorden van het dijkvak grenst aan de oeverwal bij Overlangel.

Dijkvak 33 t/m 37 (gemeente Oss)
Het gedeelte langs de Maasdijk in gemeente Oss bestaat uit een afwisseling van terrasvlakte (M42) en stroomrug of stroomgordel (B44) aan de zuidkant en een restgeul van de Maas aan de noordkant (R43; zie figuur 13). Ter hoogte van Overlangel is een oeverwal (B45) aanwezig langs de restgeul van de Maas en is een deel van het dijkvak 33 niet gekarteerd vanwege bebouwing. Ten oosten van Neerloon zijn nog meanderruggen en -geulen aanwezig (L42) in de voormalige binnenbocht van de Maas. Bij Neerloon is binnendijks een stroomrug of stroomgordel (B44) aanwezig. Binnendijks bij Neerloon is een deel van dijkvak 36 niet gekarteerd vanwege bebouwing, ligt een oeverwal en tegen de A50 ligt buitendijks nog een deel van een restgeul van de Maas.



Figuur 13 *Geomorfologie van dijkvakken 15 t/m 37.*

2.2.3 Bodem

Het plangebied is grotendeels gekarteerd als dijk op de bodemkaart (zie Bijlage H). Direct langs de dijk zijn bodemtypen gekarteerd waaruit blijkt dat er poldervaaggronden (Rn15C en Rn62C), ooivaaggronden (Rd10C: kalkloze; Rd90C: kalkhoudende) en vorstvaaggronden (Zb21) voorkomen. Poldervaaggronden komen voor in afzettingen van oude geulen en op lagere delen van de terrasvlakte die slecht ontwaterd zijn. Ooivaaggronden komen vooral voor in oeverwallen langs de rivier.
De ooivaaggronden komen veelal buitendijks voor en in delen waar de Beerse Overlaat heeft gelegen ter hoogte van dijkvakken 6 t/m 12 en bij dijkvakken 26 en 27. Vorstvaaggronden zijn bodems die voorkomen in schrale zandgronden met een bruingekleurde B-horizont met ijzerhuidjes.

In de directe omgeving van het plangebied, ten zuiden van het tracé bij Grave, komen ook hoge bruine enkeerdgronden (bEZ30) en akkereerdgronden (cZ30) voor. Hoge enkeerdgronden ontstaan op ontwaterde zandgronden en zijn vaak sinds de Middeleeuwen gebruikt als landbouwgrond. Door langdurige bemestingen hebben de gronden een humeuze bovengrond van ten minste 50 cm dik. De oorspronkelijk aanwezige podzolbodem is in dit plaggendek opgenomen, waardoor er onder het dek slechts restanten van een podzol aanwezig zijn. Akkereerdgronden komen voor op hoge zandgronden en zijn oude akkers. Het betreffen bodems van hoge eerdgronden met een relatief dunner plaggendek.

2.2.4 Grondwatertrappen

Op de bodemkaart staat de grondwatertrap (Gt) aangegeven in Latijnse cijfers (zie tabel 2.2). De grondwatertrap (grondwaterstand) geeft een indicatie over de geschiktheid van de bodem voor agrarisch gebruik, waarbij de grondwatertrap is verdeeld in verschillende klassen gebaseerd op de gemiddeld hoogste en de gemiddeld laagste grondwaterstand (afgekort met GHG en GLG). De watertrappen op de bodemkaart zijn echter gebaseerd op (sub)recente metingen. Er dient rekening te worden gehouden met de invloed natuurlijke veranderingen en de mens, die bijgedragen hebben aan de huidige grondwaterstand. De huidige grondwaterstand kan aldus sterk afwijken van die in de prehistorie en historische perioden. Dit kan invloed hebben gehad op organische resten in de bodem.

Het gehele plangebied kent een grondwatertrap VI of VII. Dit houdt bij grondwatertrap VI in dat de gemiddeld hoogste grondwaterstand tussen de 40 en 80 cm beneden het maaiveld ligt. De gemiddeld laagste grondwaterstand ligt meer dan 120 cm beneden maaiveld. In het geval van grondwatertrap VII is de gemiddeld hoogste grondwaterstand meer dan 80 cm -mv en de gemiddelde laagste grondwaterstand meer dan 160 cm -mv. Het grondwaterpeil bepaalt voor een groot deel de mate van conservering van archeologische waarden in de bodem. Archeologische resten die zich onder de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) bevinden worden door het water tegen degradatie beschermd. Vooral organische resten blijven in een natte omgeving veelal goed geconserveerd. Resten die boven de GLG liggen, raken in de loop van de tijd met name in zandige bodems steeds ernstiger aangetast door verdroging en oxidatie. Wanneer de grondwaterstand door verstoringen verandert, kan dat ernstige gevolgen hebben voor het in de bodem aanwezige organische bodemarchief. Binnen het plangebied is veelal sprake van klei in de bodem, gezien de vele afzettingen van de maas in de bodem, en de vele kleinere stroomgordels. Deze klei heeft eventuele dieper gelegen archeologische waarden kunnen afdekken, waardoor deze goed geconserveerd kunnen zijn. De ligging van de archeologische waarden vanaf het maaiveld worden niet afgedekt door een kleilaag, en zijn daarom minder goed geconserveerd, ook vanwege de lager gelegen grondwaterstand.

Tabel 2-2 Grondwatertrappen

Grondwatertrap	GHG in cm -mv	GLG in cm -mv
VI	40-80	>120
VII	>80	>160

2.2.5 DINO-loket

Op basis van de ondergrondmodellen van het DINO-loket blijkt de ondergrond van het plangebied direct rondom de dijk te bestaan uit rivierafzettingen van de Formatie van Echteld op rivierzand en -

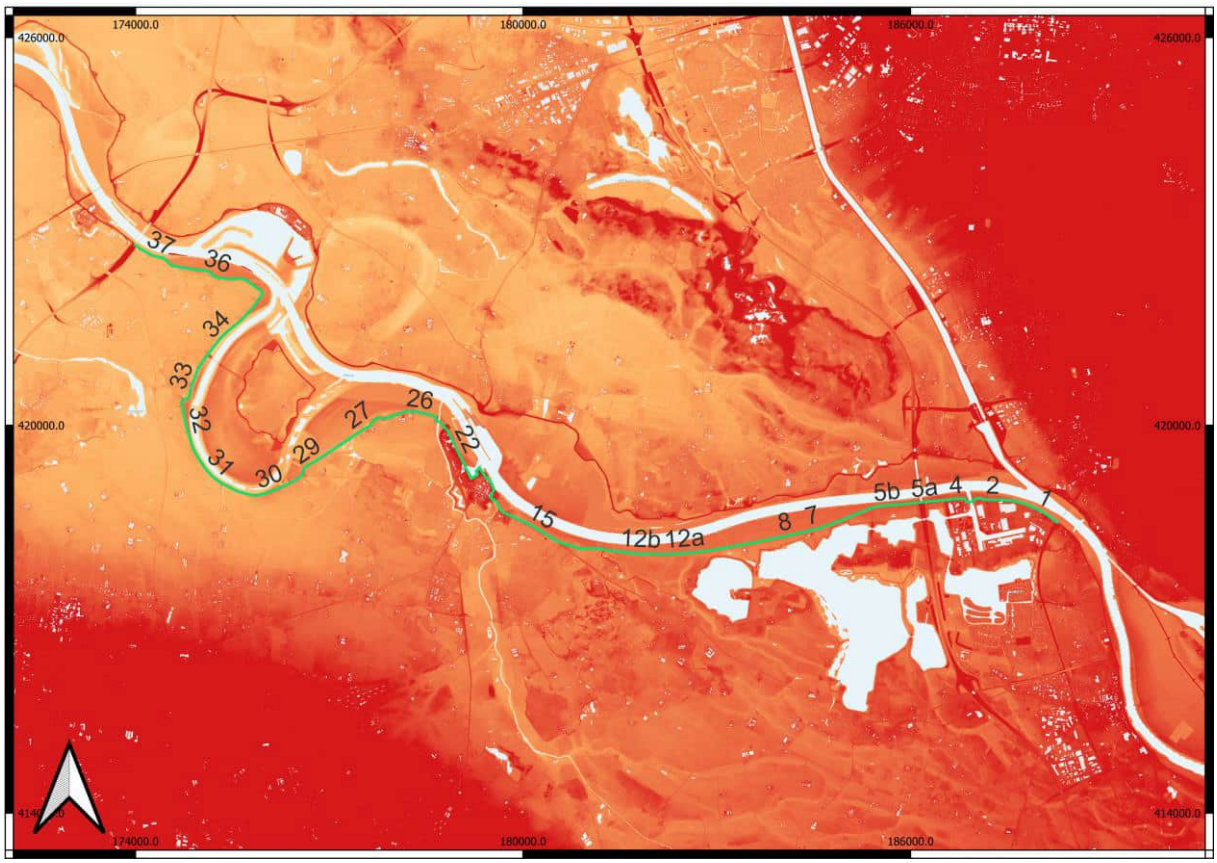
grind van de Formatie van Kreftenheye. Direct aan de huidige Maas worden de afzettingen in de Formatie van Beegden ondergebracht.

Op basis van de boringen uit het DINO-loket is niet duidelijk te achterhalen om welke Holocene stroomgordels het gaat en op welke diepte deze liggen. Dit wordt wel duidelijk op basis van een bodemprofiel[19] uit de binnenstad van Grave (opgraving Hofplein) zijn stroomgordelafzettingen van de Maas boven stroomgordelafzettingen van de Haren aangetroffen. In dit bodemprofiel liggen oeverafzettingen van de Maas van +8,6 m NAP tot +6,4 m NAP boven komafzettingen en veen tot +5,1 m NAP.
Onder het veen, tussen +5,1 m NAP en +4,4 m NAP liggen komafzettingen van de Haren stroomgordel. Onder deze komafzettingen liggen de kleiige afzettingen van de Laag van Wijchen (+4,4 tot +4,3 m NAP) op zandige afzettingen van de Formatie van Kreftenheye.

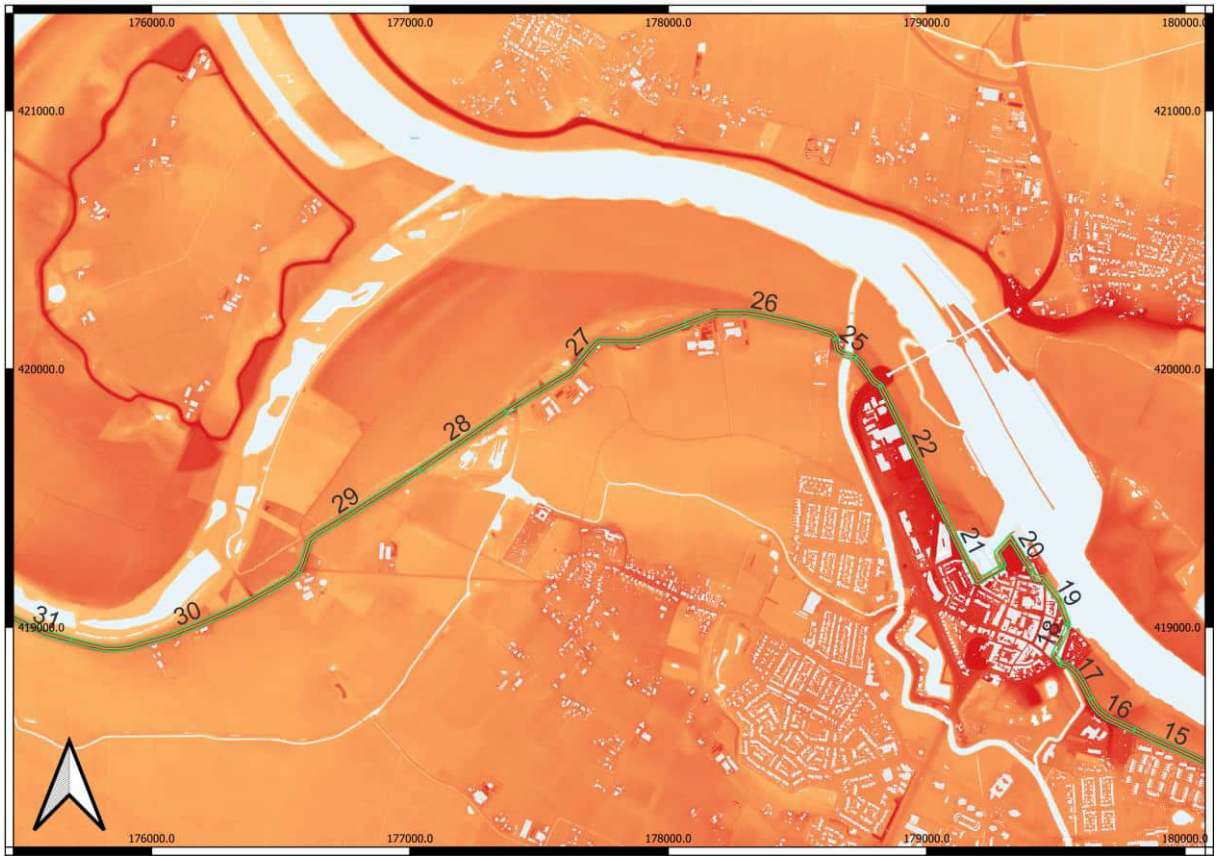
2.2.6 AHN-kaart

De hoogtekaart is gebaseerd op het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN4) en is tot stand gekomen door de toepassing van lidar-techniek. Deze techniek werkt als een radar, alleen wordt er licht gemeten in plaats van radiogolven. Heel Nederland is met deze lidar-techniek vanuit een vliegtuig gemeten, de samengevoegde data heeft geresulteerd in het AHN. In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van een 0,5 m raster (opgevuld). Op de hoogtekaart is duidelijk te zien dat het plangebied een maaiveldhoogte heeft van circa +11,50 m NAP op de kruin van de dijk ter hoogte van Neerloon, en een maaiveldhoogte van circa +13,50 m NAP op de kruin van de dijk ter hoogte van Linden (Zie Figuur 14-16).
Aan de voet van de dijk varieert de AHN hoogte iets meer, hoewel er op de meeste locaties zowel binnendijks, waar naar verwachting niet veel sedimentatie meer heeft plaatsgevonden, als buitendijks nauwelijks verschil in hoogte te zien is op de AHN. Op een aantal locaties, zoals bij dijkvakken 1 t/m 4 lijkt het zelfs zo dat de buitendijkse grond lager gelegen is dan binnendijks, mogelijk vanwege ophogingen die te relateren zijn aan verdedigingswerken, of recente ophoging.
Ten noordwesten van Grave, in dijkvak 24 t/m 26 lijkt langs de dijk enige ophoging plaats te hebben gevonden, en ook bij dijkvak 26 t/m 30 zijn er afzettingen te zien, die oplopen richting de rivier. Naast de dijk is er amper sprake van een afzettingspakket.
Nog twee locaties waar mogelijk sedimentatie is opgetreden buitendijks is bij dijkvak 32/33 en bij dijkvak 35a t/m 36. Hier is duidelijk een verhoging te zien in het landschap buitendijks. Indien hier alleen in deze recente afzettingen verstoringen gepland zijn dan is archeologisch vervolgonderzoek in deze zone mogelijk niet noodzakelijk, aangezien deze afzettingen waarschijnlijk pas na de bedijkingen zijn afgezet. Mensen woonden toendertijd binnendijks, dus in dit pakket worden geen archeologische resten verwacht. Dit zal verder worden afgewogen in het booronderzoek, als de resultaten, met de AHN hoogten worden vergeleken met de geplande ingrepen.

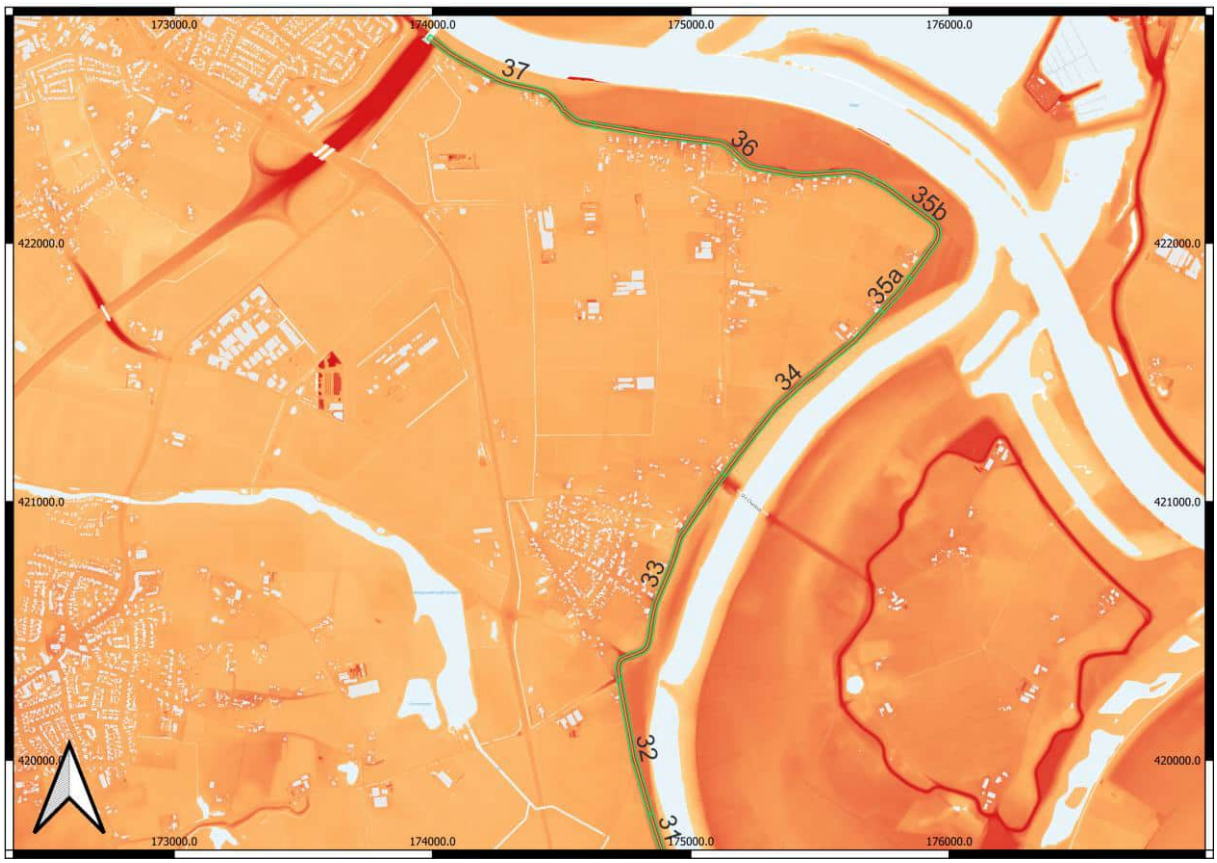
[19] Hebinck, K.A., 2018 in Oosterbaan & Griffioen, 2018.



Figuur 14 *Ligging plangebied op het Actueel Hoogtebestand Nederland (ahn4).*



Figuur 15: De verschillen in hoogten ten westen van grave op de AHN4.



Figuur 16: Het plangebied op de AHN, daar waar duidelijk verhogingen aanwezig zijn buitendijks.

2.2.7 Samenvatting aardwetenschappelijke situatie

De aardwetenschappelijke situatie in het plangebied is zeer divers. Het plangebied ligt in een gebied waar rivierterrassen aanwezig zijn in de ondergrond. Deze afzettingen kunnen plaatselijk relatief ondiep verwacht worden vanaf de Haven van Cuijk tot Overlangel. Door de verschuiving van de terrassenkruising begonnen de rivieren in dit gebied te accumuleren vanaf circa 3300 voor Chr.[20] Vanaf deze periode komen er gestapelde stroomgordels voor. Binnen het plangebied betreffen dat de stroomgordels Haren (verland tijdens de Midden-Bronstijd circa 1.260 v. Chr. met als hoogste voorkomen van het beddingzand op +4,7 tot 4,1 m NAP), Huisseling-Demen (vanaf de Bronstijd en IJzertijd tot Romeinse tijd, met als hoogste voorkomen van het beddingzand op +6,1 tot +5,1 m NAP) en mogelijk een oudere stroomgordel met code 731 die nog niet goed te reconstrueren is, maar uit 4150-3690 voor Chr. (Midden-Neolithicum) dateert en in de ondergrond aanwezig is ten zuiden van Neerloon.
Verder vormen zich meerdere fasen van oeverwallen langs de Maas, en zijn er afzettingen van de zijtak de Graafsche Raam en afzettingen van de Beerse Maas. Door deze lokale verschillen kunnen relatief oude afzettingen ondiep voorkomen, plaatselijk kunnen deze afzettingen zijn opgeruimd door latere rivieractiviteit en/of zijn afgedekt door dikke pakketten stroomgordelafzettingen, overstromingsmateriaal en uiterwaardenpakketten. Daarnaast zijn er rivierduinen mogelijk aanwezig in de ondergrond. Deze zijn ontstaan tijdens koude en droge perioden aan het einde van de laatste IJstijd.
Na de bedijking in het gebied vanaf de Late Middeleeuwen heeft er nog sedimentatie plaatsgevonden van de Maas in de buitendijkse gebieden en tot circa 1942 van de Beerse Maas in de nu binnendijkse gebieden. Hierdoor kunnen oudere afzettingen zijn bedekt met uiterwaardenafzettingen of een overstromingsdek. Na het afsnijden van de Maas rond 1937 is het gebied rondom de Keent verder van de rivier af en Neerloon dichterbij de Maas komen te liggen.

[20] Stouthamer, Cohen & Hoek, 2020

2.3 Archeologische waarden

Om de reeds bekende archeologische waarden in beeld te krijgen, zijn diverse bronnen geraadpleegd, zoals de Archeologische Monumentenkaart, Archis 3 en de archeologische verwachtings- en beleidskaarten van het betreffende gebied.

2.3.1 Overheidsbeleid

Gemeente Land van Cuijk

De gemeente Land van Cuijk heeft een archeologiebeleid opgesteld in 2023, deze is ten tijde van het schrijven van dit bureauonderzoek opgesteld.[21] Tevens heeft de gemeente Land van Cuijk een archeologische beleidskaart opgesteld. Volgens deze beleidskaart geldt voor de oude stadskern van Grave de Waarde Archeologie 2: gemeentelijk archeologisch monument. Hiervoor geldt dat bodemingrepen dieper dan 0,3 m -mv zonder of in afwijking van een vergunning op basis van de Erfgoedwet verboden is. Voor de vestingwerken om de stad, militaire linies en de historische dijk rondom Grave geldt Waarde Archeologie 4: terreinen met archeologische waarde. Voor deze beide zones wordt gestreefd naar behoud (in situ) en geldt bij Waarde Archeologie 4 dat archeologisch onderzoek verplicht is bij ingrepen groter dan 100 m^2 en dieper dan 0,3 m -mv.
Bij de haven van Cuijk en ten noorden van het dorp Linden geldt de Waarde Archeologie 5: een hoge verwachting, waarvoor een hoge verwachte dichtheid van vindplaatsen geldt. Archeologisch vooronderzoek is verplicht bij ingrepen groter dan 250 m^2 en dieper dan 0,3 m -mv.
Ter plaatse van de Beerse Overlaat geldt Waarde Archeologie 6: een middelhoge verwachting (Archeologisch vooronderzoek is verplicht bij ingrepen groter dan 1000 m^2 en dieper dan 0,3 m -mv) en ter hoogte van de oude afwateringsgeulen geldt Waarde Archeologie 7a: lage verwachting, wel kans op watergerelateerde resten (Archeologisch vooronderzoek is verplicht bij ingrepen groter dan 5000 m^2 en dieper dan 0,3 m -mv.). Bij de Beerse Overlaat en de Lage Wijth is een attentiegebied voor militaire resten (uit de Tachtigjarige Oorlog) aangegeven. Een dergelijk attentiegebied geldt als uitgangspunt, zodat bij archeologisch onderzoek rekening gehouden kan worden met de aanwezigheid van archeologische resten uit de Tachtigjarige Oorlog.

Gemeente Maashorst

Op de archeologische beleidsadvieskaart[22] van de voormalige gemeente Landerd uit 2012 (nu opgegaan in de grotere gemeente Maashorst) ligt het plangebied in drie zones. Het oostelijke deel aangrenzend aan Land van Cuijk ligt in een zone 3 (hoge archeologische waarde, vrijstellingsgrenzen 50 cm -mv en 100 m^2). Direct om de Maasdijk en een gebied in het oosten aangrenzend aan gemeente Land van Cuijk geldt grotendeels zone 2 (zeer hoge archeologische waarde en historisch geografische objecten met een archeologische relevantie, vrijstellingsgrenzen 50 cm -mv en 50 m^2) en langs de noordkant zone 7 (gebieden zonder archeologische verwachting of vrijgegeven, geen onderzoeksplicht). Het plangebied zelf is als historische dijk aangegeven.

Gemeente Oss

Op de archeologische beleidskaart[23] staat het hele plangebied aangegeven als zone met een hoge archeologische verwachting, direct aangrenzend aan de dorpskernen Overlangel en Neerloon. Hier geldt een hoge verwachting (onbebouwd; 30 cm -mv en 250 m2) en historische huisplaatsen waaronder een veerhuis in de uiterwaarden (30 cm -mv en 100 m2).

2.3.2 Archeologische monumenten

De Archeologische Monumentenkaart (AMK) bevat een overzicht van belangrijke archeologische terreinen in Nederland. In het onderzoeks- en plangebied is één AMK-terrein geregistreerd (zie tabel 2.3 en bijlage E).

Tabel 2.3 Archeologische monumenten in het onderzoeksgebied.

AMK nummer	Waarde	Complextype en datering

[21] Van Kampen, J., 2024. Beleidsnota Archeologie gemeente Land van Cuijk.

[22] Nota archeologie Maashorst, 2023.

[23] Boshoven, E.H. & L.J. Keunen, 2024.

16800	Hoge archeologische waarde	Onbepaalde nederzetting Oude Stadskern van Grave, bewoning vanaf de 13e eeuw.

AMK 16800 betreft de oude stadskern van Grave vanaf de 13e eeuw. Dit betreft de locatie van de vroegste bewoning in de stad op basis van de grenzen van de kaart van Jacob van Deventer uit de 16e eeuw.

2.3.3 Archeologische vondstmeldingen

In Archis 3 staan binnen het onderzoeksgebied 42 archeologische vondstmeldingen geregistreerd (zie tabel 2.4).

Tabel 2.4 Vondstmeldingen in het onderzoeksgebied

Zaakidentificatie	Complex	Datering	Locatie	Beschrijving
2882161100	Weg	Romeinse tijd	Katwijk	Bij de aanleg van de spoorbrug bij Katwijk is een Romeinse weg doorsneden. Nadere gegevens ontbreken.
3121791100	Weg	Romeinse tijd	Katwijk	Aan de overzijde van de Maas zou een Romeinse weg aanwezig zijn. Nadere informatie ontbreekt echter.
2781479100	Grafveld	Romeinse tijd	Mook	Aan de overzijde van de Maas bij de voet van de spoorbrug bij Mook. Keramiek, terra sigillata, glas en munten bij niet-archeologisch graafwerk in 1881. Vroeg Romeinse tijd B en Midden Romeinse tijd.
5143632100	Geen	Bronstijd/IJzertijd, Romeinse tijd en Nieuwe tijd	Katwijk	Losse vondsten zijn aangespoeld en uit context. Gevonden tijdens proefsleuvenonderzoek.
2875009100	Niet te bepalen	Neolithicum	Kraaijenbergse Plassen	Aardewerk lijkt erg op Vlaardingencultuur Midden Neolithicum B – Laat Neolithicum A, terrein compleet vergraven.
2874548100	Niet te bepalen	Neolithicum – Nieuwe tijd	Kraaijenbergse Plassen	Fels-Ovalbeil uit Vroeg Neolithicum tot Bronstijd en ondetermineerbaar aardwerk. Op basis van archief-fiches.
3121889100	Urnenveld	Bronstijd/IJzertijd	Kraaijenbergse Plassen	Aardewerk gevonden in 1930, opgetekend in Brabants Heem 19.
2769094100	Niet te bepalen	IJzertijd, Romeinse tijd	Kraaijenbergse Plassen	Aardewerk uit de IJzertijd, o.a. met kamversiering. Een fragment gedraaid Romeins aardewerk. Particuliere vondsten.
2770657100	Niet te bepalen	Neolithicum, Bronstijd, IJzertijd.	Kraaijenbergse Plassen	Klokbeker en aardewerk Bronstijd, IJzertijd van Kraaienberg. Particuliere vondsten.
2774723100	Begraving	Bronstijd	Kraaijenbergse Plassen	Vier crematiegraven uit Midden-Bronstijd met aardewerk en crematieresten; circa 2,5 tot 3 m uit elkaar. Over de Voort, Gassel. Particulier melding 1986.
2922467100	Niet te bepalen	Neolithicum	Kraaijenbergse Plassen	Spitsklingen en een klokbeker, veldkartering.
2921098100	Bewoning (onbepaald)	Bronstijd, IJzertijd Romeinse tijd	Kraaijenbergse Plassen	Vuursteen, wikkeldraadbeker, keramiek Belgisch grijs Romeins. Vondsten uit ontgrondingswerkzaamheden.

2109372100	Scheepswrak, waterweg	Late Middeleeuwen/Nieuwe tijd	Maas	Twee scheepswrakken en twee locaties met scheepshout, o.a. 13e-eeuws en 17e-eeuws.
3290190100	Niet te bepalen	Nieuwe Tijd	Kraaijenbergse Plassen	Metaaldetectorvondst van een Romeins bronzen beeldje uit de Nieuwe Tijd
3290644100	Niet te bepalen	Midden IJzertijd / Vroeg Romeinse tijd		Metaaldetectorvondst van een draadfibula van het vroege La Tène type
3232080100	Niet te bepalen	Romeinse tijd	Kraaijenbergse Plassen	Metaaldetectorvondst van een bronzen hanger in de vorm van een eikel.
3089684100	Niet te bepalen	Vroege Middeleeuwen C/D		Vondst van een geëmailleerde schijffibula, waarschijnlijk detectorvondst
3121961100	Bewoning (inclusief verdediging onbepaald)	Romeinse tijd/ Late Middeleeuwen en Neolithicum / Late Middeleeuwen	N321	Vondsten aangetroffen bij het cunet voor de nieuwe provinciale weg uit de jaren 60 van de vorige eeuw. Het gaat om keramiek uit de Romeinse tijd en de Middeleeuwen en tufsteen.
2921138100	Niet te bepalen	Romeinse tijd	Gassel	Keramiek uit de Romeinse tijd aangetroffen bij niet archeologische graafwerkzaamheden. Gemeld in 1981.
2923658100	Bewoning (inclusief verdediging onbepaald)	IJzertijd	Gassel	Vondstmelding bij niet archeologische graafwerkzaamheden uit de jaren 80 van de vorige eeuw. Het gaat om sporen, keramiek en houtskool daterend uit de IJzertijd.
2921454100	Niet te bepalen	Romeinse tijd/ Late Middeleeuwen	Gassel	Bij onbekende werkzaamheden is keramiek aangetroffen uit verschillende perioden. De meldingsdatum is de jaren 90 van de vorige eeuw.
2922450100	Bewoning (inclusief verdediging onbepaald)	Paleolithicum / Bronstijd	Gassel	Vondst van drie trapezia uit een veldkartering in een gebied van 10 x 10 meter.
2792884100	Niet te bepalen	Vroege Middeleeuwen	Gassel	Vondst bij niet archeologische graafwerkzaamheden uit de jaren 80 van de vorige eeuw. Het gaat om een schede voor een dolk of mes en een schijffibula – maltezer kruis.
2772228100	Bewoning (inclusief verdediging onbepaald)	Paleolithicum/ Romeinse tijd	Gassel	Archeologische vondst bij niet archeologisch graafwerk van twee fragmenten vuursteen in de vorm van schrabbers, handgevormd aardewerk uit de Late Bronstijd/ IJzertijd en keramiek uit de midden Romeinse tijd.
2753882100	Niet te bepalen	Romeinse tijd	Overasselt	Urn, in uiterwaardengronden van Overasselt gevonden door particulier.
3135586100	Bewoning (inclusief verdediging) onbepaald	IJzertijd / Middeleeuwen	N321	Bij niet archeologisch graafwerk, het uitgraven van een bouwput met een diepte van 70 tot 80 centimeter werden sporen en een waterput aangetroffen. Het aardewerk dateert voornamelijk uit de 12e en 13e eeuw. Ook zijn er 17 paalsporen gevonden.

3279507100	Niet te bepalen	Late Middeleeuwen/ Nieuwe tijd		Buiten context aardewerk in opgehoogde grond van de begraafplaats.
3262797100	Nederzetting met stedelijk karakter	Late Middeleeuwen/ Nieuwe tijd	Grave	Muur, Vestingwerken ontdekt door amateurarcheoloog tijdens rioolwerkzaamheden in 1986.
4887285100	Bewoning (inclusief verdediging) onbepaald	Middeleeuwen Nieuwe tijd	Grave	Aardewerk uit Vroege Middeleeuwen, Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd; booronderzoek 2020.
3262934100	Niet te bepalen	Nieuwe tijd	Grave	Vuursteen, losse vondsten door amateur.
2922548100	Bewoning (inclusief verdediging) onbepaald	Nieuwe tijd	Grave	Muurwerk, versterking en keramiek uit de 16e tot 19e eeuw (particuliere melding)
2924176100	Niet te bepalen	Romeinse tijd	Grave	Munten die gevonden zijn tijdens graafwerk aan de Maaskade in 1865.
2922272100	Niet te bepalen	Romeinse tijd	Grave	Romeinse munt uit de Maas bij Grave, baggerwerkzaamheden 1955. Sestertius van Hadrianus (119-138 AD).
3232778100	Niet te bepalen	Vroege Nieuwe tijd	Grave	Zwaard, loden kogel, houtskool, pijp en aardewerk mogelijk van belegering van Grave in 1602. Gevonden bij dijkversterkingswerkzaamheden.
2924143100	Niet te bepalen	Neolithicum t/m Romeinse tijd	Maas	Stenen bijl en aardewerk Neolithicum, armband en lanspunt uit IJzertijd/Romeinse tijd, keramiek en glas Romeinse tijd. Baggervondsten uit de Maas.
2901933100	Niet te bepalen	Bronstijd	Lage Wijth	Bronzen bijl en aardewerk, gevonden bij niet-archeologische werkzaamheden aan een dijk
2922078100	Kerkhof	Nieuwe tijd	Velp	Uiterwaarden bij Velp, bij het afkleien in 1940. Ook losse munten gevonden die vermoedelijk geen verband houden met de graven.
3280819100	Niet te bepalen	Romeinse tijd	Keent	Aardewerk, munten. Vermoedelijk secundair, komt uit metaaldetectorvondsten van de dempingslaag van de restgeul van de Maas bij Keent.
3234470100	Pannenoven	Nieuwe tijd	Keent	Waarneming van steenovens in de uiterwaarden tijdens werkzaamheden in 2009.
5463259100	Bewoning (inclusief verdediging) onbepaald	Bronstijd-IJzertijd en Romeinse tijd	Overlangel	Asboom: Tijdens archeologisch graafwerk een aantal haardkuilen uit de Late Bronstijd – Vroege IJzertijd en huisplattegrond uit Late IJzertijd. Losse munten uit de Romeinse tijd.
2457681100	Infrastructuur (onbepaald)	Nieuwe tijd	Neerloon	Aardewerk, paffrath en laatmiddeleeuws en nieuwetijds aardewerk bij een IVO-P.
2049327100	Scheepvaart onbepaald	Nieuwe tijd	Neerloon	Losse vondsten en scheepswrakken uit de Maas en overgang uiterwaarden, gevonden bij een onderwater archeologisch onderzoek door de RCE.
2413746100	Bewoning (inclusief verdediging) onbepaald	Late Middeleeuwen B - Nieuwe tijd	Neerloon	Ophogingslaag, gevonden in archeologisch booronderzoek.

De in tabel 2.4 genoemde Archis-vondstmeldingen worden hieronder kort besproken, gegroepeerd per gebied waar ze aangetroffen zijn.

Haven van Cuijk
Zowel bij de spoorbrug (2882161100) aan het begin van het dijktracé als aan de overzijde van de Maas (3121791100) zijn meldingen gedaan van een Romeinse weg. Mogelijk is er sprake geweest van een doorwaadbare plek in de rivier ter hoogte van het plangebied ter hoogte van de historische veer tussen Katwijk en Mook.[24] Verder zijn er verspoelde vondsten bekend uit een proefsleuvenonderzoek door Archol in 2022 op het bedrijventerrein met aardewerk uit de Bronstijd/IJzertijd, Romeinse tijd en Nieuwe tijd (5143632100).[25] Deze vondsten zijn gedaan in de top van een rivierduin in het zuidwesten van het terrein.

Kraaijenbergse Plassen
Vondstmeldingen met als toponiem Hooge Voort bevatten vondsten uit het Neolithicum/Bronstijd, zoals aardewerk gelijkend op Vlaardingencultuur-aardewerk (2875009100) uit het Midden Neolithicum B tot Laat Neolithicum A en een stenen bijl (type Fels-Ovalbeil; 2874548100) die te dateren is in het Vroeg Neolithicum tot en met de Bronstijd.
Ter plaatse van Groot Linden zijn aardewerkscherven bekend uit de periode Bronstijd/IJzertijd (3121889100) en IJzertijd (2769094100). Bij de rand van de huidige Kraaijenbergse Plassen zijn vondstmeldingen bekend van Bronstijd, IJzertijd en klokbeker (Neolithicum laat; 2770657100). Daar zijn in 1984 ook vier crematiegraven gevonden uit de Midden-Bronstijd (2774723100). In de buurt van het Ganzenorgel is in 1982 vuursteen uit het Midden Neolithicum A (spitsklingen) en een klokbeker uit het Laat Neolithicum B gevonden (2922467100). Daarnaast is een melding van een Wikkeldraadbeker uit de Vroege Bronstijd, aardewerk uit de Midden-Bronstijd, IJzertijd en Vroege Romeinse tijd (2921098100).
In de Maas ter hoogte van de Maaskampen zijn twee scheepswrakken bekend (2109372100).[26]

[24] Kruithof & Van der Feest, 2021.

[25] Cornelisse H. & E. Heunks, 2022.

[26] Van den Brink & Otte, 2005.

Grave
In en rondom Grave zijn er heel veel Archis-vondstmeldingen van met name muren aan de Bomvrije (3262797100) en losse aardewerkvondsten uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd (3279507100). Daarnaast zijn scherven van mogelijk Merovingische datering gevonden aan de Oliestraat (4887285100). Aan de Maaskade ofwel voormalig bastion Bekaf zijn losse vondsten gedaan (3262934100). Op de punt van de Maaskade is een melding van Romeinse munten die gevonden zouden zijn bij het graven van een vluchtheuvel in of voor 1887 (2924176100). Uit de Maas ter hoogte van Grave is bij baggerwerkzaamheden in 1955 een Romeinse munt naar boven gekomen die vervaardigd is in de 2e eeuw (sestertius van Hadrianus 119-138 AD; 2922272100)
Aan de Havenstraat zijn muren bloot komen te liggen tijdens niet-archeologisch graafwerk in 1995. Het betreft een deel van de stadsmuur die later bij het Bagynehof is getrokken, funderingen van vestingwerken, een onderaardse gang en een rondeel (2922548100). Tijdens dit graafwerk zijn er scherven gevonden uit de periode 16e tot en met 19e eeuw.

Ten westen van de Graafsche Raam zijn veel artefacten gevonden uit de Vroege Nieuwe tijd die duiden op oorlogsactiviteiten. Vermoedelijk gaat het om resten van één van de belegeringen van Grave. De vondsten betreffen onder andere een zwaard, een loden kogel, aardewerk en een pijp uit de Vroege Nieuwe tijd. Deze vondsten zijn gedaan tijdens werkzaamheden in het kader van dijkversteviging (3232778100).
Langs de Graafsche Raam zijn uit de Maas veel verschillende vondsten uit de late prehistorie en Romeinse tijd gebaggerd (2924143100). Het betreft onder andere een stenen bijl uit het Neolithicum, aardewerk uit de Bronstijd/IJzertijd, een armband en lanspunt uit de IJzertijd/Romeinse tijd en veel keramiek, een bronzen ketel, glas en munten uit de Romeinse tijd.

Lage Wijth
Tijdens werkzaamheden aan een dijk in 1932 is een bronzen bijl gevonden uit de Bronstijd en niet gedetermineerd aardewerk (2901933100). In de uiterwaarden zijn bij het afkleien in 1940 zeven inhumatiegraven uit de Nieuwe tijd gevonden (2922078100).

Overlangel
Bij de opgevulde restgeul van de Maas tussen Overlangel en Keent zijn in 2013 door een metaaldetectorist veel munten en aardewerkscherven uit de Romeinse tijd gevonden (3280819100). Vermoedelijk gaat het in ieder geval deels om secundaire vondsten die elders uit de Maas zijn gebaggerd en zijn meegekomen toen de restgeul is gedempt voor de Maaswerken in 1934. Iets ten westen van het dijktracé ligt de bekende vindplaats Overlangel-Asboom[27]. Er zijn losse vuursteenvondsten gedaan uit het Midden en Laat-Neolithicum. De vindplaats is met name belangrijk omdat er een archeologische laag (cultuurlaag) aanwezig is uit de Late Bronstijd en IJzertijd. Er zijn veel bewoningsresten aangetroffen waaronder kuilen en huisplattegronden. Losse vondsten uit de Romeinse tijd doen vermoeden dat er in de omgeving ook gewoond is in deze periode. Later is op het terrein nog bewoning geweest in de 12e en 13e eeuw. Uit deze periode zijn sporen van een laatmiddeleeuwse boerderij aangetroffen.

Neerloon
Bij de Kromme Hoek is in de uiterwaarden een waarneming gedaan tijdens werkzaamheden in 2009 (3234470100). Het gaat om steenovens. In de uiterwaarden buiten Neerloon is tijdens een proefsleuvenonderzoek aardewerk aangetroffen uit de Vroege Middeleeuwen D tot en met de Nieuwe tijd (2457681100).[28]
Op de grens van de uiterwaarden en de Maas zijn scheepswrakken en losse vondsten gedaan (2049327100). In de huidige uiterwaarden van Neerloon is een archeologische laag gevonden tijdens een geo-archeologisch onderzoek (2413746100).[29] Deze laag is aanwezig op +7 tot +7,5 m NAP (1 tot 1,5 m -mv).
Op basis van gegevens van de Heemkundekring Ravenstein blijkt dat er in Neerloon meerdere locaties zijn waar Romeinse munten zijn gevonden vanaf de Vroeg Romeinse tijd.

[27] Van der Linde, 2008; 2011.

[28] De Winter, J. 2016

[29] Kalisvaart, C.C., 2015.

2.3.4 Archeologische onderzoeksmeldingen

In Archis 3 staan binnen het plangebied 21 archeologische onderzoeksmeldingen geregistreerd (zie tabel 2.5).

Tabel 2.5 Onderzoeksmeldingen in het onderzoeksgebied

Zaakidentificatie	Type onderzoek	Uitvoerder / Jaar	Literatuur	Resultaat
2444534100	Bureauonderzoek	Econsultancy 2014		Onbekend
3989684100	Booronderzoek	Econsultancy 2016		Vrijgave
2354932100	Bureauonderzoek	Arcadis 2012	Vanderhoeven, T & P. Bringmans, 2012	Deels vervolg
2137366100	Booronderzoek	Synthegra 2006		Onbekend, documentatie online niet beschikbaar
2137374100	Booronderzoek	Synthegra 2006		Idem
2248052100	Booronderzoek	IDDS 2009	Berkhout, 2009.	Geen vervolg, verstoord
2173613100	Booronderzoek	Archeopro		Onbekend, documentatie niet online beschikbaar
2203891100	Booronderzoek	Archeopro 2008	Exaltus & Orbons, 2009	Geen vervolg
5068724100	Booronderzoek	Vestigia, 2021	Weerheijm, 2021	Geen vervolg
2260712100	Booronderzoek	ARC, 2009	Thijs & Stiekema, 2009	Geen vervolg
5085191100	Booronderzoek	Sweco, 2021	Ouwerkerk, 2022	Vervolg: IVO-P
2481210100	Booronderzoek	Transect 2015	De Ruiter & Wullink, 2015.	Zones met middelhoge verwachting en lage verwachting
4608677100	Proefsleuven	VUhbs 2018	Van Kampen, 2018.	Vervolg: opgraven
4869205100	Begeleiding	VUhbs 2020	Van Haasteren (ed), 2022	behoudenswaardig
2409129100	Begeleiding	De Steekproef	Tulp, 2014	Bij nadere werkzaamheden, archeologisch onderzoek nodig.
5336218100	Proefsleuven	VUhbs	Van Renswoude, 2023.	Behoudenswaardige vindplaats: gracht uit late middeleeuwen of vroege nieuwe tijd. Vervolgonderzoek wanneer nieuwbouw het gebied tot 1,2 m -mv of meer gaat verstoren.
2339031100	Begeleiding	RAAP 2011	Sprengers, 2013.	Onderzoek bij werkzaamheden dieper dan 1,5 m -mv.
2324979100	Booronderzoek	ARC 2011		Geen vervolg
5427902100	Booronderzoek	Transect 2023	Nog geen rapport.	Geen vervolg o.b.v. eerste bevindingen
2076049100	Booronderzoek	RAAP 1998		Onbekend, documentatie niet online beschikbaar
3985869100	Booronderzoek	Archeodienst 2016	Schorn & Nillisen, 2016	Geen vervolg
2457681100	Proefsleuven	BAAC	De Winter, 2016.	Vervolg nodig bij andere werkzaamheden in omgeving.

De resultaten van de voor dit onderzoek relevante veldonderzoeken worden hieronder nader beschreven per trajectdeel.

Katwijk (dijkvak 1 t/m 4)
Direct ten zuiden van de dijk ter hoogte van de haven van Cuijk is een verkennend booronderzoek uitgevoerd door Archeopro in 2008 (2203891100). Er werd rekening gehouden met archeologische resten uit de periode Neolithicum t/m de Middeleeuwen. Tijdens het veldwerk zijn er geen vegetatieniveaus of andere bodems waargenomen in de boringen. Er is geen vervolgonderzoek geadviseerd.

Verder ten zuiden van de dijk is op het bedrijventerrein van de haven van Cuijk een booronderzoek uitgevoerd door Vestigia in 2021 (5068724100).[30] Op basis van het bureau- en booronderzoek blijkt dat de bodemopbouw bestaat uit afzettingen van een Allerød -Maasterras met mogelijke rivierduinen daarboven. De top van het Allerød -terras is vergraven en opgenomen in de geroerde grond, de verwachting is daarom bijgesteld naar laag.

Kraaijenbergse Plassen (dijkvak 5 t/m 11)
Aan de Lommerstraat in Linden, ter hoogte van de Kraaijenbergse Plassen heeft ARC in opdracht van Econsultancy een booronderzoek uitgevoerd in 2009 (2260712100). Op basis van het bureauonderzoek door Econsultancy werd een Laat-Glaciaal terras verwacht. Tijdens het veldonderzoek zijn overstromingsafzettingen van de Maas aangetroffen tot minimaal 1,5 m -mv. Dit komt doordat de locatie tijdens de Nieuwe tijd aan de buitenzijde van de Beersche Overlaat heeft gelegen. Er is geen vervolg geadviseerd.

Tijdens een proefsleuvenonderzoek door Archol in 2022op circa 200 m ten zuiden van het plangebied, is een bodemopbouw aangetroffen van twee oeverpakketten: het jongste uit de Late Middeleeuwen – Nieuwe tijd van circa 1,5 m dik; en het oudere pakket is mogelijk het niveau uit de Romeinse tijd of Vroege Middeleeuwen. De top van het oudere oeverdek ligt op circa +8,1-8,3 m NAP.[31] Onder deze oeverpakketten is in het noordoosten (richting het huidige plangebied) de hoogvloedleem (Laag van Wijchen) aanwezig op een diepte van +7,3 à 7,8 m NAP. In het zuidwesten ligt een rivierduin met een dikte van 1,5 m. Onder het niveau van de rivierduin en de hoogvloedleem ligt een rivierterras op circa +7,1 à 6,2 m NAP uit het Bølling interstadiaal. In de top van de rivierduin zijn gefragmenteerde stukken aardewerk aangetroffen uit de IJzertijd en Romeinse tijd. In de top van het oudere oeverdek komen scherven uit de Late Middeleeuwen (vermoedelijk van een proto-steengoed kan) en een pijpekop en baksteen uit de Nieuwe tijd.[32]

Gassel (dijkvak 12 t/m 14)
Tussen de Hogendijk en het huidige dijktracé is een boomkwekerij onderzocht door Transect in 2015 (2481210100).[33] Op basis van dit booronderzoek blijkt dat er zonering is aan te brengen tussen hogere delen in het Pleistocene landschap die weinig tot niet zijn geërodeerd en lage delen in het Pleistocene landschap die door latere overstromingen verder zijn afgekalfd. Voor de hogere delen in het landschap (vanaf 8,9 m NAP) geldt de middelhoge verwachting voor de intacte vorstvaaggronden in de top van laatglaciale rivierterrassen. In het noorden van het terrein, tegen het huidige plangebied aan, is een bodemopbouw aangetroffen van holocene afzettingen van overstromingen van de Beersche Maas of de Beersche Overlaat op Pleistocene afzettingen van het Laagpakket van Wijchen (Formatie van Kreftenheye). In het noorden ligt het Pleistocene niveau lager en is geërodeerd. De archeologische verwachting van de zone aangrenzend aan het huidige plangebied is naar beneden toe bijgesteld naar een lage verwachting.

Bij Gassel is een bureauonderzoek uitgevoerd door Econsultancy in 2014 (2444534100). Het bureauonderzoek is echter niet online te raadplegen in Archis of Dans Easy. Het tweede onderzoek dat is uitgevoerd binnen het plangebied is een booronderzoek uit 2016, ook door Econsultancy (3989684100). Dit rapport is wel beschikbaar in Archis. Het plangebied is gelegen aan de Schuttersweg 12 te Gassel. Op basis van het bureauonderzoek was in het plangebied een middelhoge verwachting op archeologie uit het Paleolithicum en Mesolithicum en een hoge verwachting op archeologie vanaf het Neolithicum.

[30] Weerheijm, W., 2021.

[31] Cornelisse & Heunks, 2022 p13-14.

[32] Cornelisse & Heunks, 2022 p15.

[33] De Ruiter & Wullink, 2015.

Het booronderzoek toonde echter grote verstoringen aan tot op ca. 1,9 meter onder maaiveld. Daarom is aanbevolen het plangebied vrij te geven voor de voorgenomen ontwikkeling.[34]

Dwars op het plangebied ter hoogte van Gassel is ten behoeve van een nieuwe ecologische verbindingszone een archeologisch bureauonderzoek uitgevoerd door Arcadis in 2012.[35] Een groot deel van het plangebied bleek echter tot in de 20e eeuw zeer drassig en nat te zijn. Bewoning in het plangebied is wel mogelijk geweest op hoger gelegen delen. In gebieden met een hoge archeologische verwachting is een booronderzoek geadviseerd. In Archis is een dergelijk onderzoek niet bekend uit de directe omgeving van het plangebied.

In 2021 is door Sweco een bureauonderzoek geschreven en een booronderzoek uitgevoerd voor de N321 (5085191100).[36] Het onderzoek grenst aan het huidige plangebied op de kruising Jan van Cuijklaan en Vegetasscheweg. Op basis van de boringen is gebleken dat er intacte bodems aanwezig zijn. Er is vervolgonderzoek geadviseerd in de vorm van proefsleuvenonderzoek ten zuiden van het huidige plangebied, ter hoogte van Gassel. Op basis van het proefsleuvenonderzoek blijkt het bodemprofiel afgetopt te zijn in de meeste werkputten. In werkput 1,2 en 3 is nog een restant van de B-horizont aanwezig. In werkput 8 is een intact bodemprofiel aangetroffen met een A-E-B-C-profiel. Er zijn echter geen sporen aangetroffen in werkput 8, mogelijk waren er in de omgeving geschiktere locaties voor bewoning.[37]

Grave (dijkvak 15 t/m 22)
Aan de Prinsenstal in Grave is door VUhbs een proefsleuvenonderzoek uitgevoerd in 2018 (4608677100). Het gaat om het terrein direct ten westen van het huidige plangebied. De kademuur is destijds niet onderzocht. Aan de zuidkant van het terrein is muurwerk aanwezig en zijn historische ophogingslagen aangetroffen. In de noordelijke sleuf is het overgrote deel verstoord. De aangetroffen muurresten zijn behoudenswaardig geacht. Het terrein is vervolgens door VUhbs archeologisch begeleid in 2020 (4869205100). Tijdens het onderzoek zijn delen van een tunnel aangetroffen die op de historische kaart van 1758 staat ingetekend.[38] Waarschijnlijk had deze tunnel eerder een rioolfunctie dan dat het gebruikt is als bevoorradings- of vluchttunnel. De muur die is opgebouwd uit mergelblokken en tijdens het proefsleuvenonderzoek reeds is aangetroffen, bestaat wellicht uit hergebruikt ouder bouwmateriaal.[39]

Aan het begin van de Koninginnedijk in Grave, direct aan de oostzijde van het dijktracé, is door De Steekproef de aanleg van een parkeerterrein archeologisch begeleid in 2013 (2409129100).[40] In het vooronderzoek is geofysisch onderzoek verricht in de vorm van weerstandsmetingen. Op basis van deze metingen konden er geen structuren worden herkend, enkel verstoringen door kabels en leidingen die later tijdens de begeleiding zijn aangetroffen. Bij de werkzaamheden is 1 m diep uitgegraven. Tijdens het veldwerk is in het westen van het terrein het dijklichaam aangetroffen en recente ophogingen. Er zijn geen archeologische indicatoren of sporen in de dijk waargenomen. Er zijn enkel een aantal nieuwetijdse aardewerkscherven gevonden in een verstoorde laag. Wel wordt geadviseerd om nader archeologisch onderzoek uit te voeren bij toekomstige werkzaamheden.

Aan de Arnoud van Gelderweg is een proefsleuvenonderzoek uitgevoerd door VUhbs in 2023 (5336218100).[41] Dit onderzoek ligt direct aan de westkant van het dijktracé. Het terrein ligt net ten noorden van de vestingwerken van Grave. In het vooronderzoek was een mogelijke grachtvulling in een boring aangetroffen.
Als vervolgonderzoek is door Geonius in 2023 een booronderzoek uitgevoerd naar deze vermoedelijke gracht (5465519100). Hieruit is gebleken dat het terrein vermoedelijk tussen 1927 en 1929 is opgehoogd met ca. 4 meter. Later zijn deze ophogingen deels weer afgegraven. Vermoedelijk

[34] Stiekema 2016.

[35] Vanderhoeven, T & P. Bringmans, 2012

[36] Ouwerkerk, 2022.

[37] Ouwerkerk, 2024.

[38] Van Haasteren, (ed), 2022.

[39] Van Haasteren (ed) 2022, p14

[40] Tulp, 2014

[41] Van Renswoude, 2023.

zijn deze ophogingen aangezien voor een grachtvulling. Er blijkt dus geen gracht aanwezig te zijn geweests.[42]

Mars en Wijthdijk (dijkvak 23 t/m 29)
Aan de Marsstraat is in 2011 een booronderzoek uitgevoerd door ARC (2324979100). Op basis van de boringen blijkt de ondergrond te bestaan uit oeverafzettingen op beddingafzettingen van de Maas. Het gebied heeft in een lager en daarmee overstroombaar gebied gelegen. Op basis daarvan is geadviseerd de verwachting naar beneden bij te stellen naar laag.

Langs de Mars en Wijthdijk is een booronderzoek uitgevoerd door Transect (5427902100) in 2023. Op basis van de eerste bevindingen blijkt de ondergrond te bestaan uit dijkdoorbraakafzettingen op een geërodeerde top van een oever en restgeul van de Maas.

Aan de Mars en Wijthdijk en de Maasdijk en het dijkrelict om de Keent is een archeologische begeleiding uitgevoerd door RAAP in 2011 (2339031100). Deze extensieve begeleiding is uitgevoerd in het kader van dijkverbeteringsmaatregelen. Deze werkzaamheden bestonden uit de aanleg van een klei-inkassing met een ontgraving van 1,5 m -mv. Tijdens de werkzaamheden zijn ter hoogte van de Mars en Wijthdijk geen potentieel archeologische niveaus aangetroffen. De bodem hier bestond uit sterk gelaagd rivierzand en -grind, aan de oostzijde van het gebied zijn recente verstoringen aangetroffen. Onder de 1,5 m -mv kunnen nog wel archeologische sporen voorkomen. Bij nadere werkzaamheden wordt daarom geadviseerd archeologisch onderzoek te doen wanneer vergravingen plaatsvinden vanaf 1,5 m -mv.

Maasdijk (dijkvak 30 t/m 35)
Ter hoogte van de Maasdijk is tijdens de archeologische begeleiding door RAAP uit 2011 (2339031100) de oude Maasmeander aangetroffen in het vlak. Dit is te herkennen als donkergrijs, grofzandig spoor in de bruine maasafzettingen. Daarnaast is er een krib aangetroffen bij dijkpaaltjes 325 en 326. Net als in de Mars en Wijthdijk kunnen zich op een dieper niveau archeologische sporen bevinden.

Neerloon (dijkvak 36 t/m 37 en nevengeul)
Aan de Kromme Hoek in Neerloon is een verkennend en karterend booronderzoek uitgevoerd door Archeodienst in 2016 (3985869100).[43] Op basis van de boringen zijn er afzettingen aangetroffen die vermoedelijk afkomstig zijn van twee stroomgordels: de bovenste oever- komafzettingen van de Maas en oudere stroomgordelafzettingen, mogelijk de Huisseling-Demen stroomgordel vanaf circa 1,8 m -mv (circa +6,3 m NAP). Er zijn geen archeologische indicatoren aangetroffen en er is geen vervolgonderzoek geadviseerd.
In de uiterwaarden ten noorden van Neerloon is in 2014 een proefsleuvenonderzoek uitgevoerd door BAAC.[44] Op basis van dit onderzoek blijkt er mogelijk een veerhuis aanwezig is en een nederzetting uit de Volle Middeleeuwen. Er zijn uit deze periode ploegsporen (op circa +7,1 m NAP) en paalsporen (vanaf circa +7,5 m NAP) aangetroffen die kunnen duiden op perceelbegrenzingen. In de profielen is een bodemopbouw aangetroffen van boven naar beneden van een opgebracht zandpakket bovenop de voormalige top van de uiterwaardenafzettingen (verblauwde ks3 h2) op restgeulafzettingen van de Maas. Het potentiële archeologische niveau bevindt zich in de top van de oever of restgeul op beddingafzettingen op circa +7,4 tot +7,1 m NAP. In dit niveau zijn tijdens het veldonderzoek aardewerkscherven aangetroffen uit de periode 925 tot 1250 na Chr. (Vroege Middeleeuwen D tot Late Middeleeuwen A, ofwel Volle Middeleeuwen). Deze vondsten en sporen kunnen wijzen op een nederzetting uit de Volle Middeleeuwen in de buurt van de gegraven sleuven. De verwachte Romeinse weg die mogelijk leidt naar de veronderstelde ‘doorwaadbare plaats’ in de Maas is tijdens dit onderzoek niet aangetroffen.
Ook het verwachte veerhuis is niet in de sleuven aanwezig, vermoedelijk ligt het meer naar het westen.[45] Destijds is geadviseerd vervolgonderzoek uit te voeren naar het veerhuis bij werkzaamheden ten westen van werkputten 1, 2 en 26. Ook dient rekening te worden gehouden met een nederzetting uit de Volle Middeleeuwen ten zuiden van werkput 5. Aangezien er zich in de te

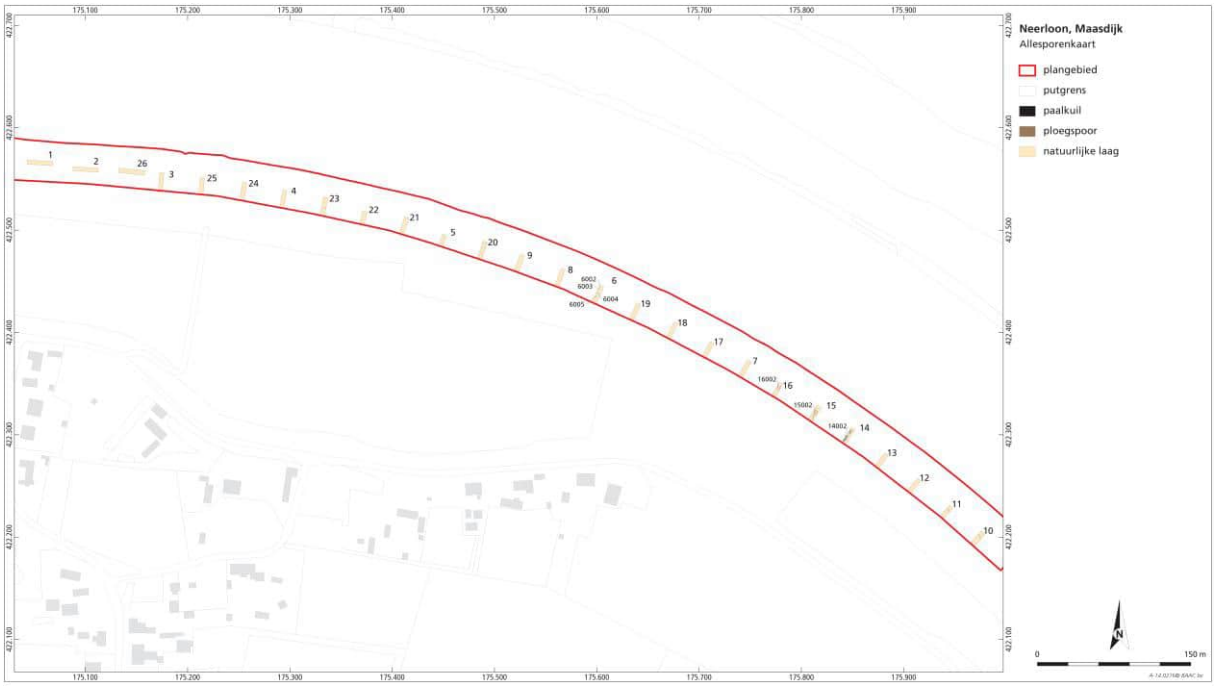
[42] Van de Graaf, 2024.

[43] Schorn & Nillesen, 2016.

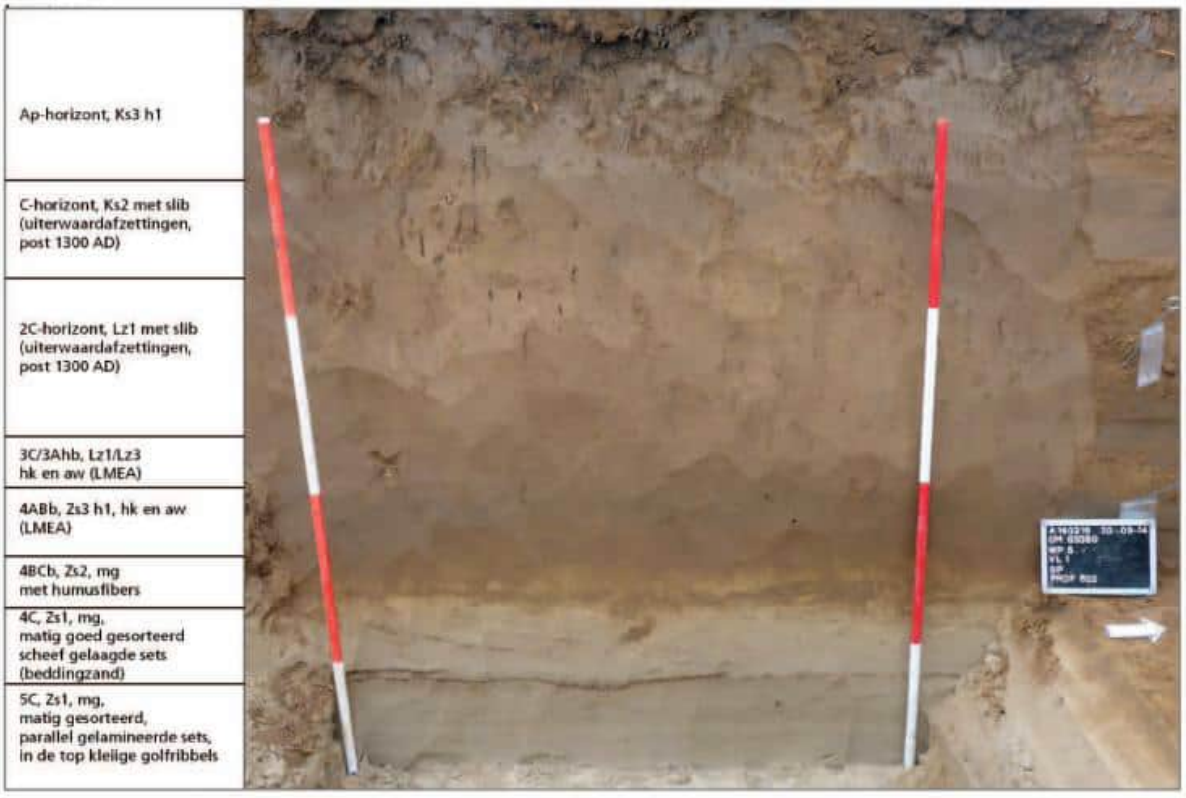
[44] De Winter, J., 2016.

[45] De Winter, J., 2016. P41.

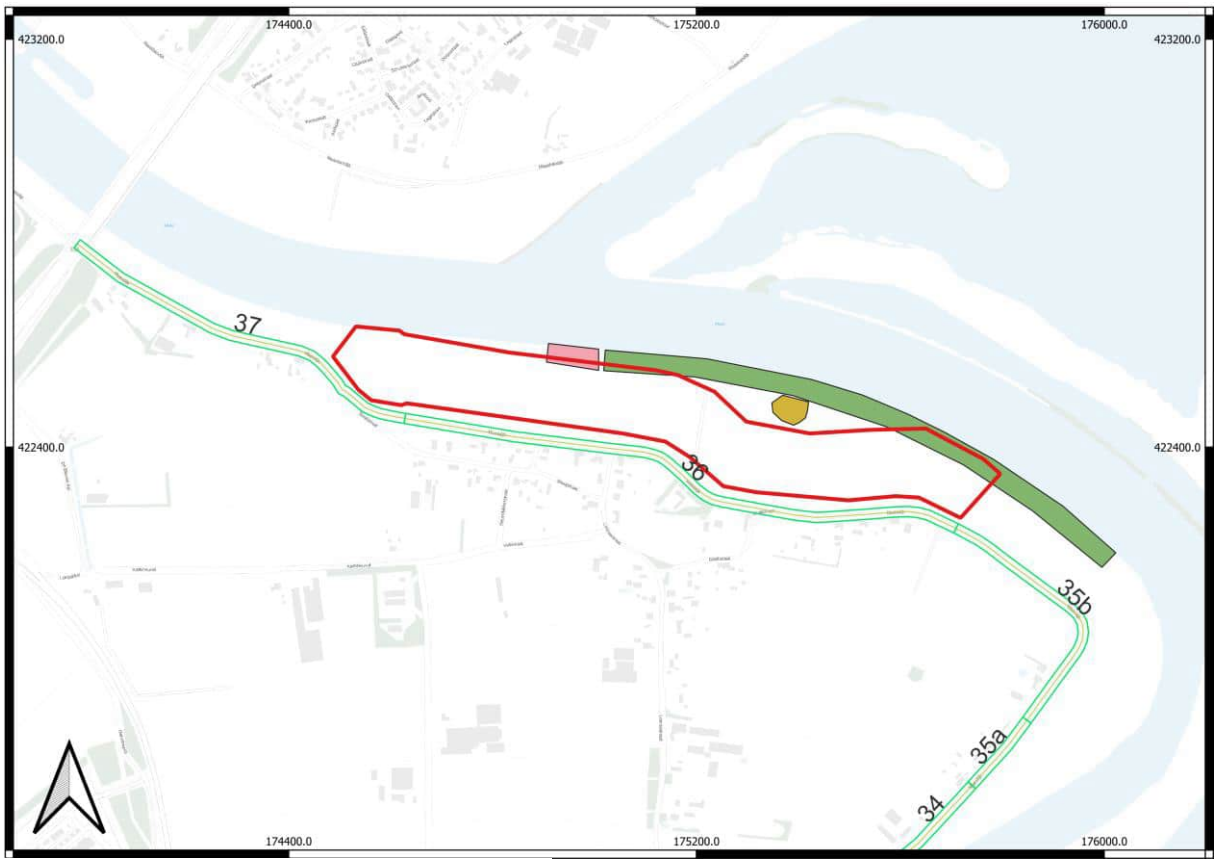
ontgraven zone geen nederzetting bevond is aanbevolen het plangebied vrij te geven voor de geplande werkzaamheden.



Figuur 17 *Ligging werkputten en allesporenkaart IVO-P BAAC 2014, uiterwaarden Neerloon (De Winter, 2016).*



Figuur 18: Een afbeelding uit het onderzoek van BAAC, profiel 502 (De Winter, 2016).



Figuur 19: Het onderzoeksgebied van BAAC, en de vermoedelijke locatie van de vindplaats uit de Middeleeuwen.

2.3.5 Overige archeologische gegevens

Verwachtingskaart uiterwaarden

Op de verwachtingskaart voor de uiterwaarden in het rivierengebied[46] blijkt dat de vaargeul van de Maas direct langs het plangebied een middelhoge trefkans heeft voor maritieme archeologische resten. Dit geldt voor de gehele vaargeul, met uitzondering van de nieuwe geul bij Neerloon. Voor de Mars en Wijtdijk en voor de Maasdijk in gemeente Maashorst tot aan Overlangel geldt een middelhoge trefkans op begraven aquatische (maritieme) archeologische resten.

Voor de terrestrische verwachting van de uiterwaarden geldt een lage verwachting voor het gedeelte bij dijkvak 1 t/m 11, een zeer hoge verwachting voor het deel buiten dijkvak 12a, een hoge verwachting voor dijkvak 12b en wederom een lage verwachting voor dijkvak 13 t/m 15. Ter hoogte van dijkvak 12a en 12b zijn scheepsonderdelen uit de 13e eeuw en een houten scheepswrak bekend. Rondom Grave kent de uiterwaarde een hoge archeologische waarde van dijkvak 16 t/m 22. Vanaf daar zijn ook begraven aquatische resten mogelijk, er geldt verder een lage tot middelhoge verwachting van dijkvak 23 t/m 27. Ter hoogte van dijkvak 28 is sprake van een hoge archeologische verwachting. Deze locatie correspondeert net als dijkvak 12 met een legerplaats uit de Spaanse tijd. Deze legerplaats is ook afgebeeld op historische kaarten van de belegering van Grave door Prins Maurits in 1602. Het betreft een Staatse legerplaats, het kwartier van de Engelsman Francis Vere. De legerplaats lag in de uiterwaarden met de dijk als grens en onderdeel van de stelling. Voor dijkvak 29

[46] Cohen e.a., 2014.

t/m 32 geldt een lage verwachting met een middelhoge trefkans voor begraven aquatische resten. Voor dijkvak 33 geldt een hoge verwachting op land. De uiterwaarde voor dijkvak 34 kent een lage verwachting. Voor Neerloon, bij dijkvakken 35a, 35b, 36 en de geplande nevengeul in de uiterwaarde of uiterwaardverlaging geldt een hoge verwachting voor archeologie in de bodem, al dan niet licht tot matig verstoord. Het laatste stuk uiterwaarde ter hoogte van dijkvak 37 kent een lage verwachting.

Onderzoeken Vrijwilligers in de Archeologie

Ter hoogte van Katwijk is een onderzoek verricht door de Werkgroep Archeologie Cuijk (WAC) in samenwerking met de Werkgroep voor Geofysische Meettechnieken in de Archeologie (WGMA) in 2022 en 2023[47]. Het betreft een onderzoek naar het opsporen van een deel van een Romeinse weg van Cuijk richting Mook, die onderdeel uitmaakte van de weg van Nijmegen naar Tongeren. De verwachte locatie van dit wegdeel correspondeert met de archismeldingen van de Romeinse weg ter hoogte van Katwijk (2882161100) en Mook (3121791100). Een deel van het wegtracé werd door middel van bodemradar opgespoord in een weiland tussen Mariagaarde 6 en Everdineweerd 27. Dit deel van de weg heeft een oriëntatie van zuidzuidwest naar noordnoordoost richting de Maas. Als dit tracé wordt doorgetrokken komt men net ten oosten van de huidige spoorbrug uit, buiten het plangebied.
De breedte van de weg bedraagt 6,9 m en diepte van de weg bedraagt circa 0,5 m -mv. De geschatte dikte van de grindlaag bedraagt 30 cm. Diepere reflecties die door de bodemradar zijn opgepikt liggen parallel langs de weg op circa 1,2 m -mv. Mogelijk gaat het hier om bermgreppels of delen van een beschoeiing[48].
De AWN en WAC hebben aangegeven dat ter hoogte van de Kraaijenbergsche Plassen vele vindplaatsen zijn gevonden uit de Steentijd, Bronstijd, IJzertijd, Romeinse tijd en Middeleeuwen. Deze vindplaatsen zijn beschreven in twee boeken door de AWN/WAC.[49]

2.4 Historische situatie

Het raadplegen van historische informatie dient twee doelen. Het eerste doel is inzicht verkrijgen in eventuele verstoringen die in het verleden hebben plaatsgevonden binnen het plangebied. Hierbij kan worden gedacht aan het graven van sloten, afgraven van percelen enzovoorts. Het tweede doel is om inzicht te verkrijgen in archeologisch relevante informatie in en rondom het plangebied. Hierbij kan gedacht worden aan de ligging van oude wegen, bebouwing, toponiemen enzovoorts.

Bewoningsgeschiedenis omgeving Grave (uit Van de Water & Kortlang, 2012 en Molenaar 2024)[50]

Vanaf het Paleolithicum en Mesolithicum vond er in omgeving Grave al bewoning plaats op de hoger gelegen ruggen en welvingen en met name op overgangszones naar water en vochtige laagten. In deze perioden werd gewoond op de hoger gelegen donken en oude terrasruggen. In het Neolithicum en tot in de Middeleeuwen hield de bewoning op hoger gelegen delen aan, al verspreidde de bewoning zich wel verder over de dekzandruggen en de flanken daarvan. Vanaf de IJzertijd en de Romeinse tijd lijkt er intensieve bewoning te zijn op de dekzandruggen, zoals kan worden afgeleid aan de hand van vondsten uit deze perioden. Sites uit deze perioden kunnen worden aangetroffen onder de plaggendekken die vanaf de Middeleeuwen zijn aangebracht ten behoeve van landbouw. Vanaf de Late Middeleeuwen verschuift de bewoning enigszins naar de flanken van de landbouwgebieden, langs doorgangswegen, op kruispunten van wegen en aan rivierovergangen.

In de directe nabijheid van rivieren bleef een hoge, droge ligging echter belangrijk in verband met overstromingsgevaar. De kernen van Grave, Velp, Escharen en Gassel zijn dan ook gesticht op hoger gelegen delen in het landschap. De hier aangetroffen archeologische resten wijzen erop dat deze plaatsen al in de Volle of Late Middeleeuwen bestonden. Er zijn echter onmiskenbare aanwijzingen dat veel historische kernen al ouder zijn.
Zo zijn er vlakbij de dorpskern van Gassel bewoningsresten uit de Vroege Middeleeuwen aangetroffen. De oudste vermelding van Escharen dateert uit de 13de eeuw. De oudste bouwfase van

[47] Seinen (ed), 2023.

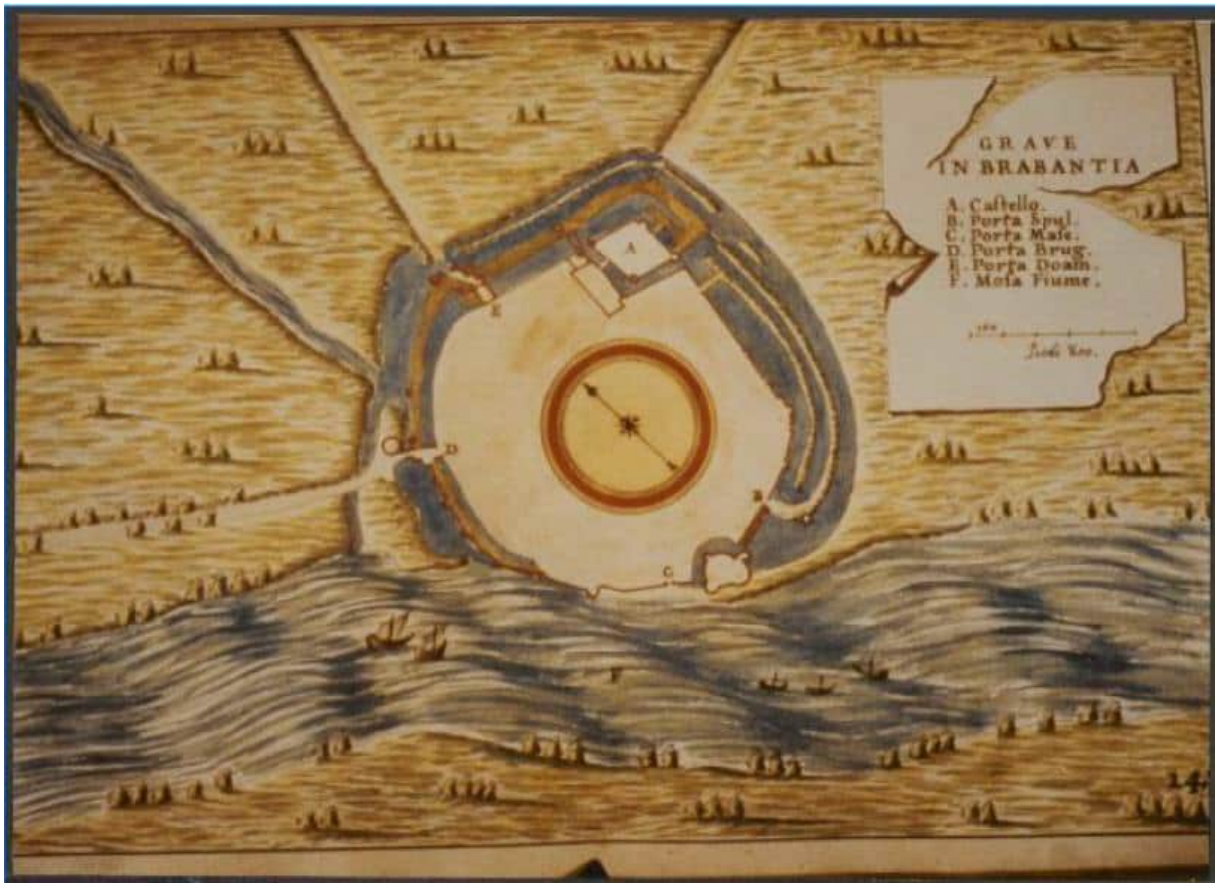
[48] Seinen (ed), 2023.

[49] Pers comm Jan Kusters.

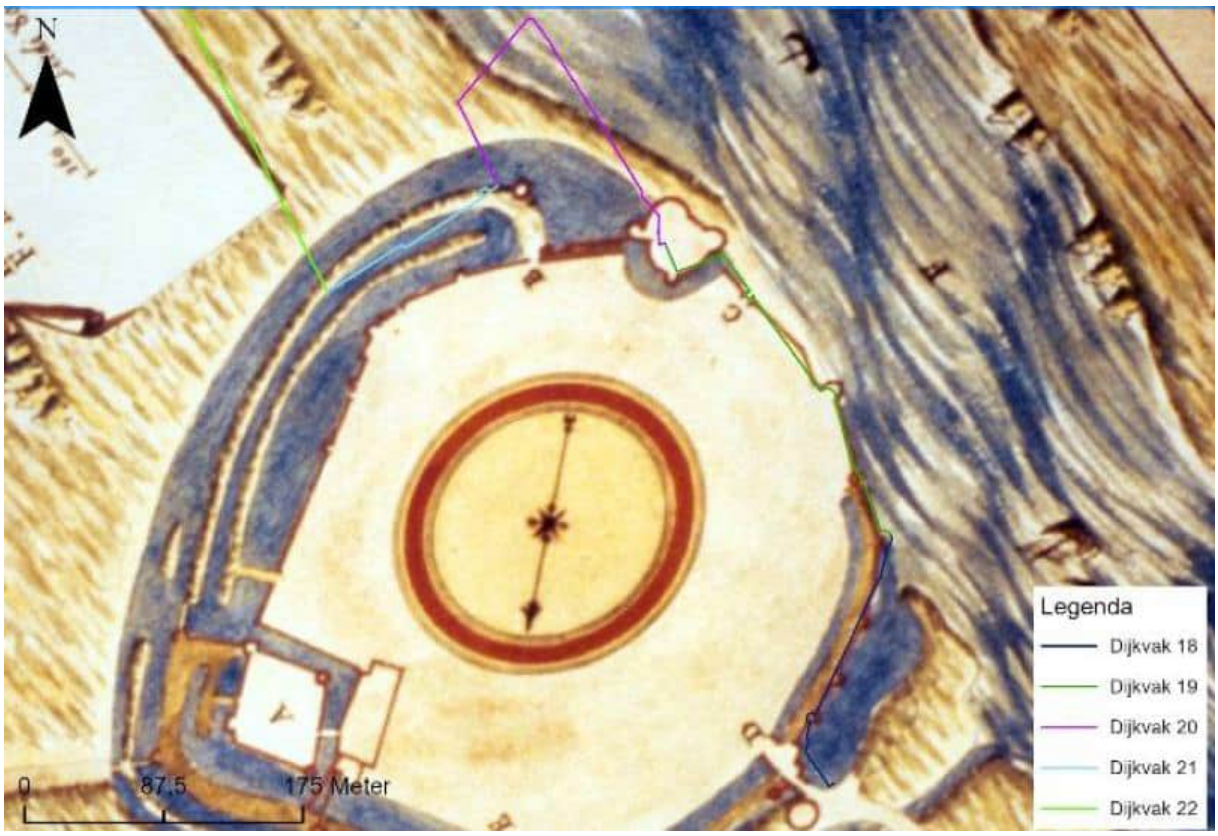
[50] Van de Water & Kortlang, 2012.

de St. Lambertuskerk wordt door archeologen gedateerd omstreeks 1000 na Christus. Ook de Vincentiuskerk van Velp dateert vermoedelijk al uit de 10de eeuw.

In het jaar 1137 liet Herman van Cuijk, de toenmalige heer van Cuijk, een burcht bouwen op een lage zandheuvel ter plaatse van het huidige Grave. In de jaren erna ontstond hieromheen de nederzetting Grave. Aan het einde van de 13e eeuw werden om de nederzetting verdedigingswerken aangebracht. Deze bestonden aanvankelijk waarschijnlijk uit een aarden wal en een gracht. In 1307 beschikte de stad in ieder geval over een stenen stadsomwalling. Deze werd gekenmerkt door steile muren, poorten en halfronde waltorens. Verder werd in 1510 naast de bestaande burcht nog een vestingwerk voltooid langs de Maas: het zogeheten Klein Kasteel (ook wel Brillenborch of 't Nieuwe Werck genoemd). Op basis van archeologisch veldonderzoek in het verleden is de verwachting dat de dikte van de middeleeuwse muurwerken ongeveer 0,8 m tot 1 m bedroegen. Verder zijn de muurfunderingen hiervan vanaf het maaiveld tot diverse meters hieronder te verwachten. Tijdens archeologisch veldonderzoek in het verleden bleek dat de funderingen van de muren die langs het water gesitueerd waren tot 7 m-mv diepte zijn gesitueerd. Onder de middeleeuwse funderingen bleken geen paalfunderingen aanwezig te zijn.[51]



[51] Molenaar 2024 (5).



Figuur 20: Prent (origineel en daarnaast met daarop het plangebied bij benadering weergegeven) 'Grave in Brabantia' uit circa 1550 met afgebeeld de ligging van het kasteel, de vier stadspoorten en de Maas. De aarden wallen voor de stadsmuren in de gracht (boven en rechts) beschermden de stadsmuur en de torens tegen vijandelijk geschutvuur. Het apart ommuurde verdedigingswerk langs de Maas is het rond 1500 gebouwde Klein Kasteel. De pijl van de windroos wijst naar het zuiden.
Bron: BHIC, 1503-8.2, Van Hoof & Roozenbeek, p. 16 (uit: Molenaar 2024, 6).

Omvorming naar een gebastioneerde vesting.

Toen met de introductie van het buskruit en bijgevolg het geschut de middeleeuwse verdedigingswerken niet langer toereikend waren, werden de vestingwerken van Grave hierop geleidelijk aangepast. Allereerst werden vanaf medio 16e eeuw aarden wallen voor de muren opgeworpen die de stadsmuren moesten beschermen tegen geschutvuur.

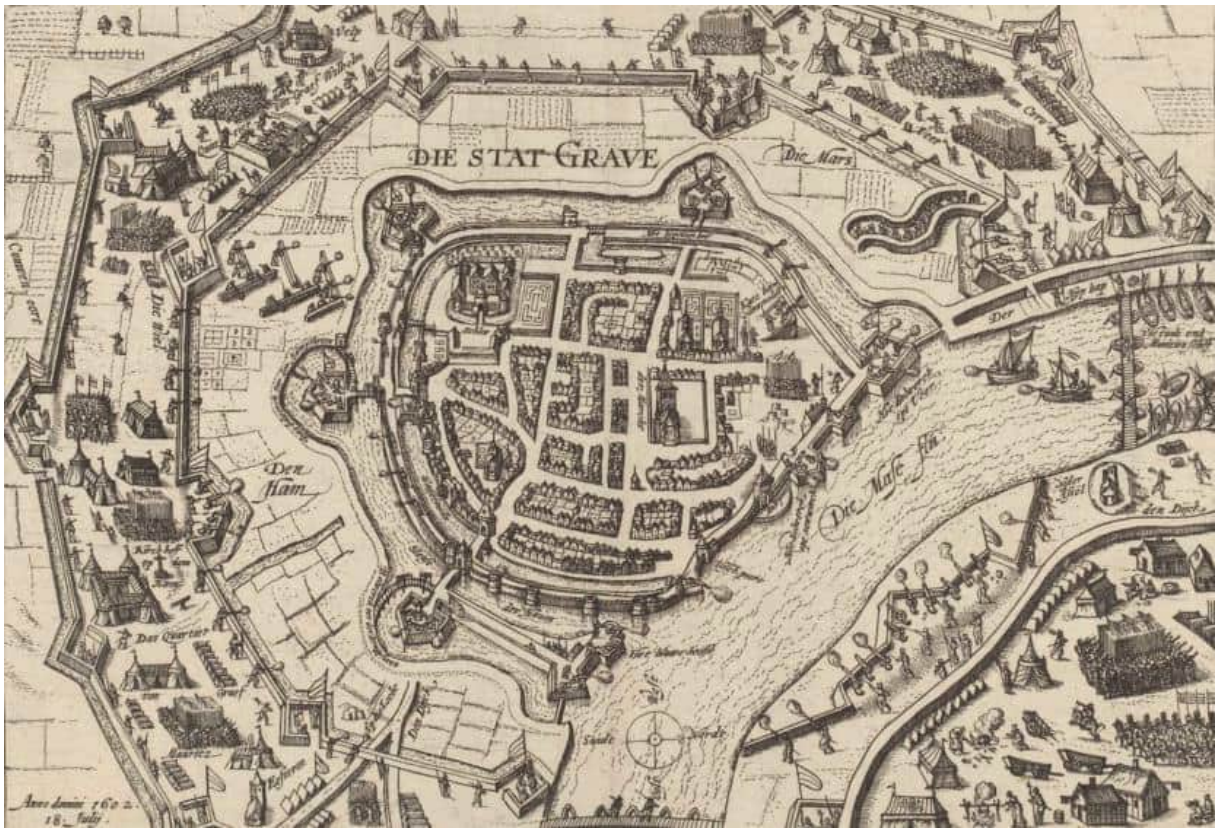


Figuur 21: Prent van Grave uit 1586 of kort daarna. Hierop is de middeleeuwse stadsomwalling goed zichtbaar. Voor de muren waren in de stadssingel aarden wallen opgeworpen als ad hoc maatregel ter bescherming tegen het nieuw geïntroduceerde geschut. Bron: BHIC, 343-1486 (uit: Molenaar 2024, 7).



Figuur 22: Prent van de inname van Grave door Spaanse troepen op 6 juni 1586, tijdens de Tachtigjarige Oorlog. Te zien hoe inmiddels voor de gehele middeleeuwse stadsmuur aarden wallen waren opgeworpen ter bescherming tegen geschutvuur. Bron: BHIC, 1503-8.12 (uit Molenaar 2024, 8).

Vanaf het einde van de 16e eeuw werden de vestingwerken op een meer duurzame wijze gemoderniseerd met de aanleg van bastions aan de landzijde: vijfhoekige opgemetselde bolwerken die naar buiten uitstaken. Voor een van deze bastions (Het Bolwerk op 't Veer, het latere bastion Bekaf) werd vermoedelijk nog een buitenwerk (contregarde) aangelegd. Langs de Maas werden de verdedigingswerken eveneens aangepast. Zo werd er op de plaats van het Klein Kasteel (dat tijdens de belegering van 1586 zo beschadigd was geraakt dat het gesloopt moest worden) een nieuw modern verdedigingswerk gebouwd: 'Het Bolwerk op 't Nieuwe Werck'.

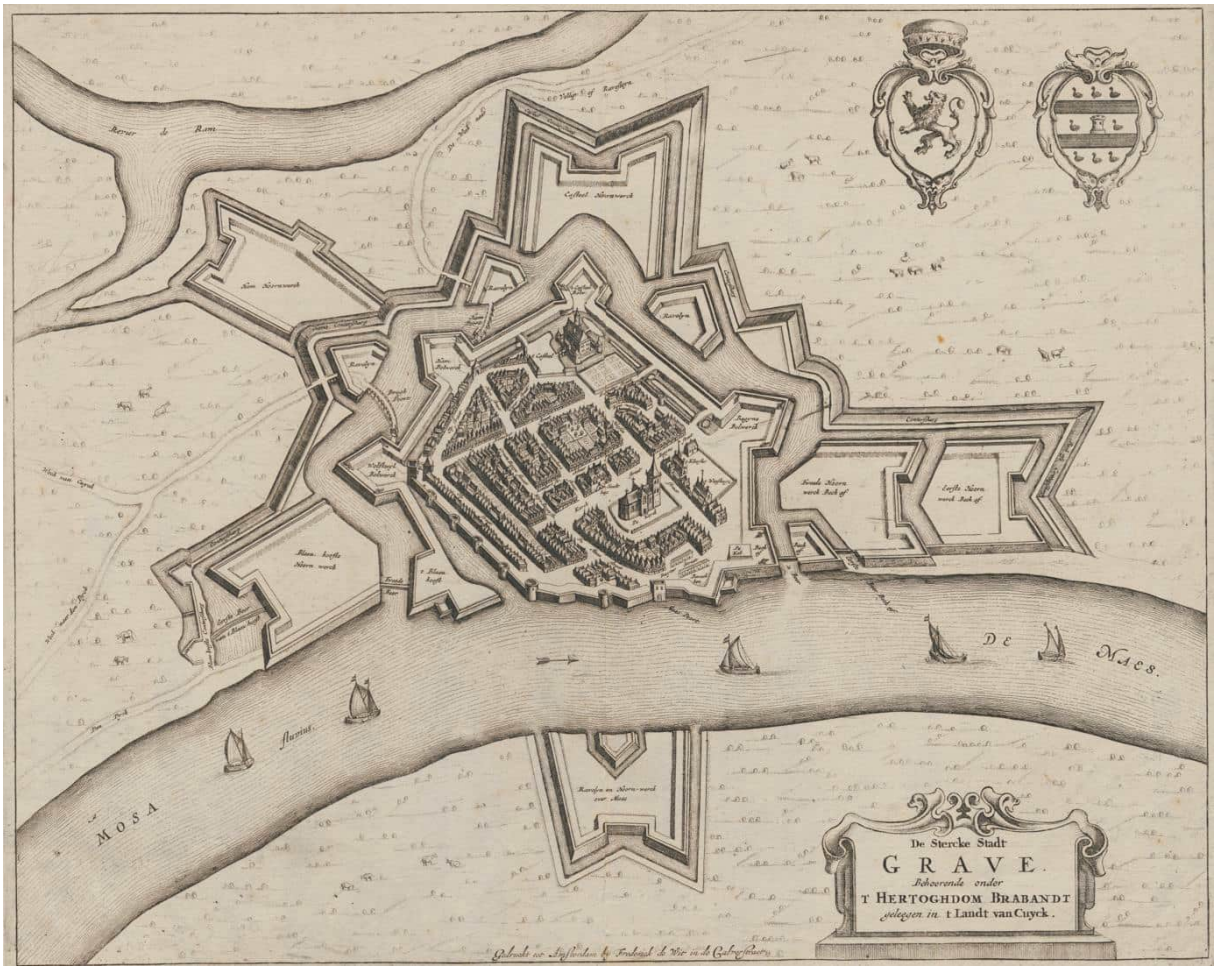


Figuur 23: Prent van de belegering van de stad Grave door de Staatse troepen in 1602. Te zien is de vesting met de omringende schansen van de belegeraars. Ten opzichte van de prent van 1586 is te zien hoe deels voor en deels op de middeleeuwse stadsmuren vijfhoekige bastions zijn aangelegd. Ook is te zien dat op de plaats waar eerst het Klein Kasteel stond een nieuw bolwerk was gerealiseerd.
Bron: BHIC, 343-3086 (uit: Molenaar 2024, 9).



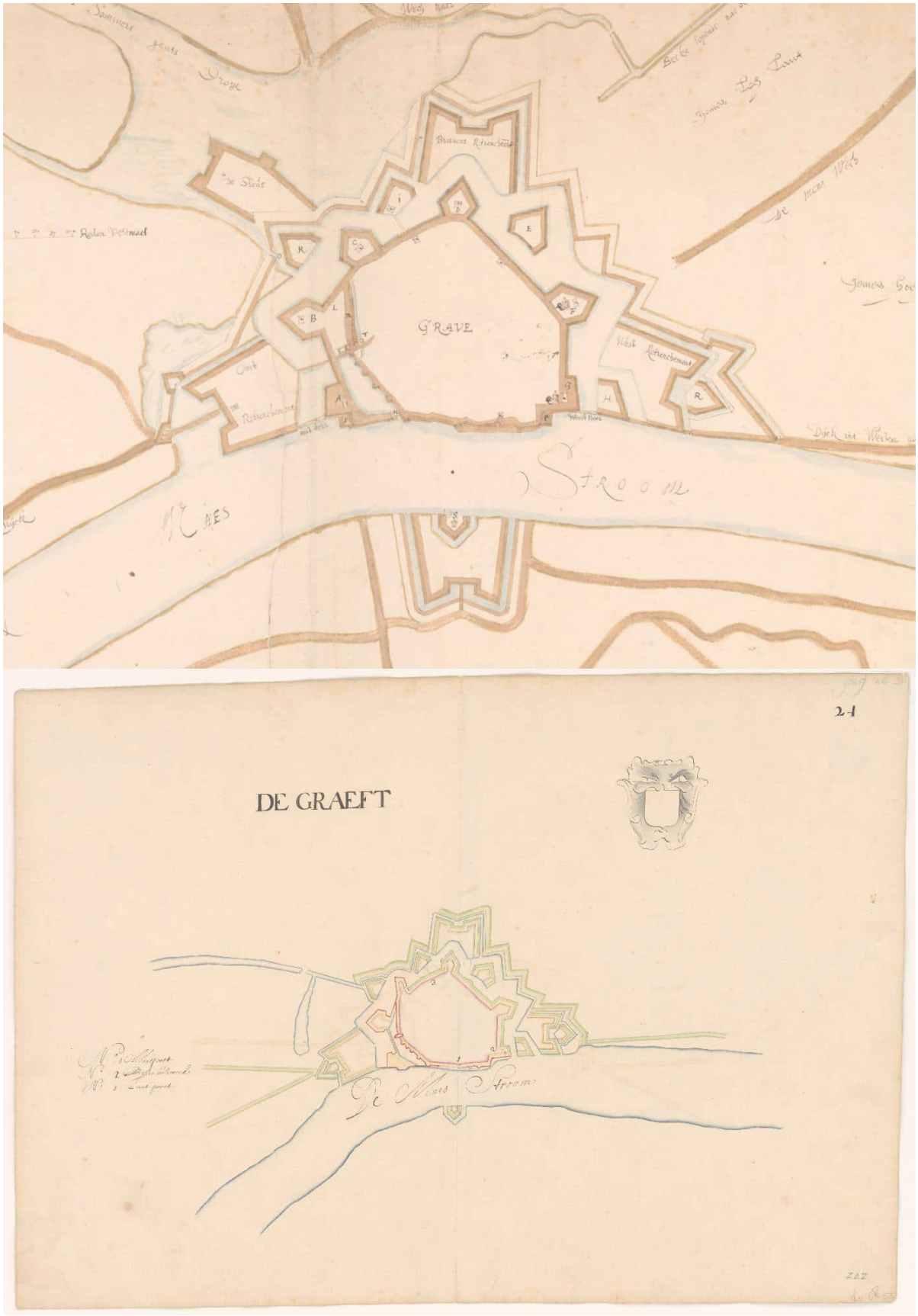
Figuur 24: Prent van de belegering van de stad Grave door de Staatse troepen in 1602. Een opvallend verschil met de vorige prent is dat voor het bastion (’t Bolwerk op ‘t Veer) langs de rivier aan de rechterzijde van de figuur een buitenwerk (contregarde) te zien is. Bron: BHIC, 343-2882 (uit: Molenaar 2024).

In de jaren 1620 werden voor de bastions diverse nieuwe buitenwerken aangelegd. Deze bestonden uit dubbele hoornwerken van verschillende hoogten, ravelijnen, een contrescarp met bedekte weg en nieuwe stukken gracht. De hoornwerken bestonden uit twee door courtines (verbindingswallen) verbonden halve bastions. Verder betroffen de ravelijnen redanvormige schiereilanden die in de vestinggracht waren opgetrokken. De contrescarp vormde ten slotte aan de uiterste buitenzijde van het verdedigingsstelsel opgeworpen bovenwallen en werd gekenmerkt door van buiten naar binnen glooiend omhoog lopend terrein. Achter het hoogste punt lag een bedekte weg. Verder werd in deze periode de middeleeuwse muur aan de westzijde van Grave gesloopt. Enkele tientallen meters voor deze muur werd een nieuwe en rechte muur tussen de nieuwe bastions aangelegd. De buitenkanten van de nieuwe werken waren vermoedelijk veelal opgemetseld terwijl de binnenkanten met aarde zullen zijn opgevuld.

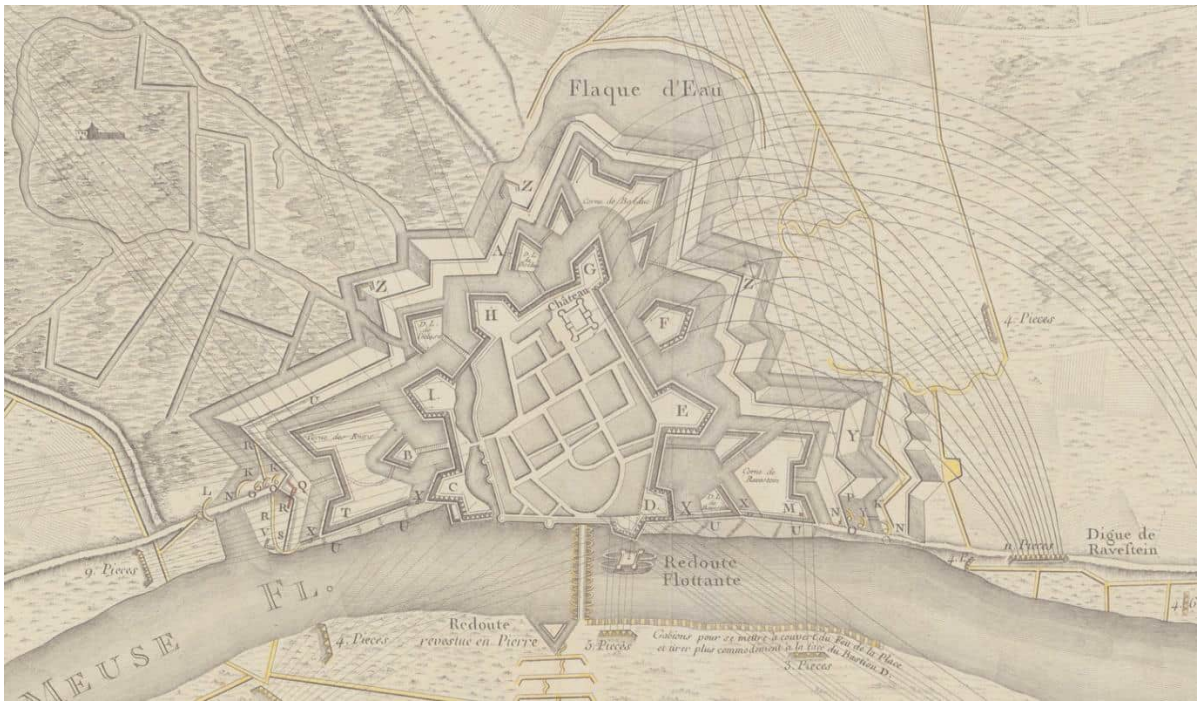


Figuur 25: Prent van Grave uit 1649. Hierop zijn de in de jaren 1620 gebouwde buitenwerken (hoornwerken, ravelijnen, contrescarp en nieuwe stukken gracht) zichtbaar. Verder is te zien hoe de middeleeuwse muur aan de westzijde van Grave, ter hoogte van de hoornwerken Bekaf, is gesloopt en op enige afstand hiervoor een nieuwe muur (een verbindingswal tussen twee bastions) is gebouwd.
Bron: BHIC, 343-6765 (uit: Molenaar 2024).

In de loop van de jaren 1660 werden de buitenwerken aan de noordwestzijde langs de Maas aangepast. Zo werd het voorste hoornwerk omgevormd tot een ravelijn. Verder werd een deel van het achterste hoornwerk afgegraven, waardoor ook hier een ravelijn ontstond.



Figuur 26: Kaarten van Grave, vermoedelijk uit de jaren 1660. Hierop zijn de aanpassingen van de in de jaren 1620 gebouwde buitenwerken (hoornwerken, ravelijnen, contrescarp en nieuwe stukken gracht) zichtbaar. Het voorste hoornwerk aan de rechterzijde langs de rivier is deels vergraven. Hierbij is een nieuwe ravelijn ('R') en een contrescarp gerealiseerd.
Bron: BHIC (uit: Molenaar 2024).

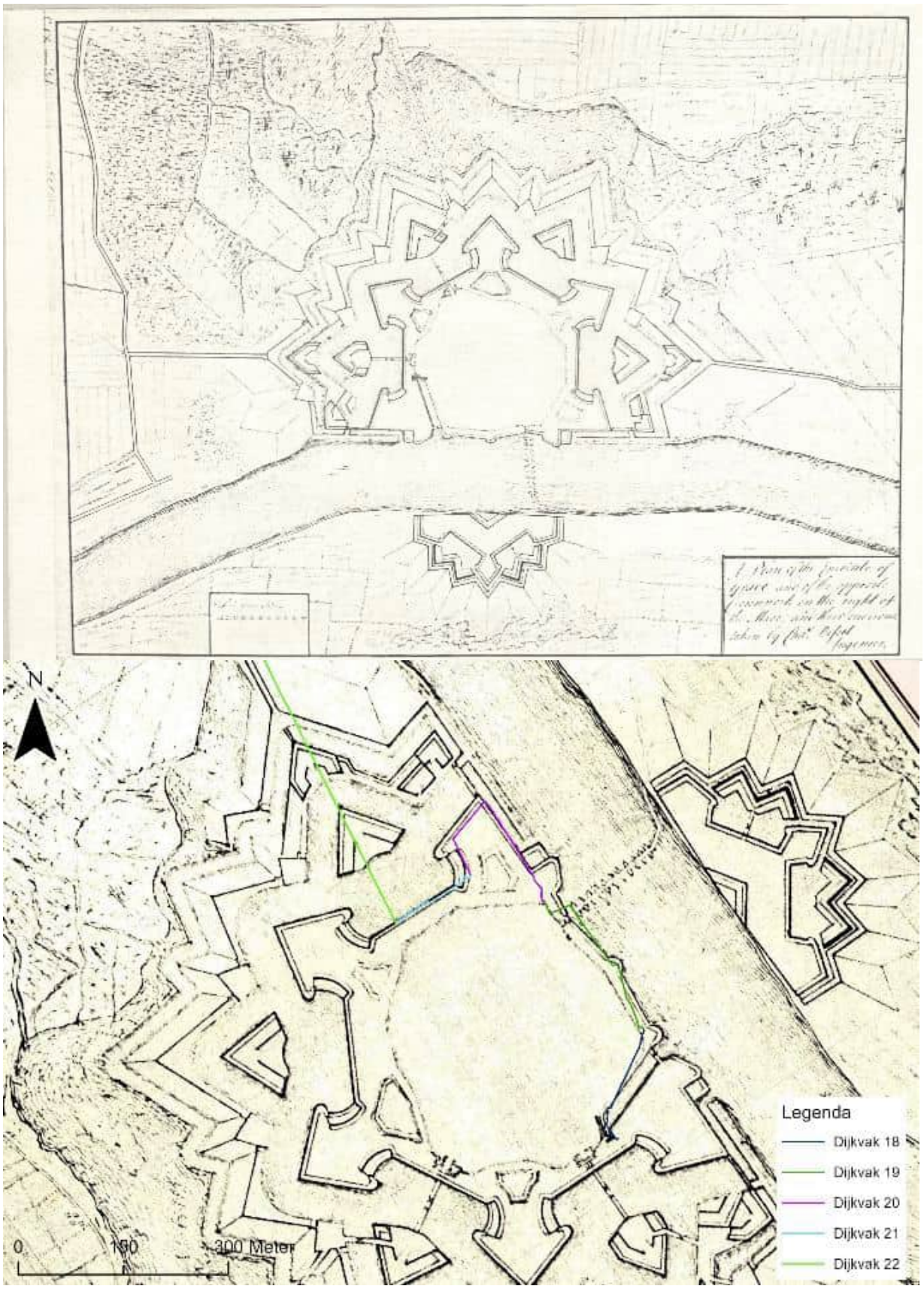


Figuur 27: Plattegrond van de belegering van de stad Grave door Staatse troepen in 1674. Ten opzichte van figuur 26 is te zien dat ter plaatse van het hoornwerk 'Corne de Ravenstein' bij de rivier aan de rechterzijde van de vesting en rechtsonder 'E' een nieuwe ravelijn is gerealiseerd.
Bron: BHIC, 343-2254 (uit: Molenaar 2024).

In de jaren 1680-1690 werden de oorspronkelijke gebastioneerde verdedigingswerken (Oud-Nederlands) van Grave omgevormd naar het Nieuw-Nederlands model van Menno van Coehoorn. Onder meer werden waar de vesting de Maas bereikte twee halfbastions gebouwd: Blauwkop (of Blauwhooft) en Bekaf. Deze bolwerken betroffen omvormingen en uitbreidingen van bestaande bastions. Verder werd de vesting aan de buitenzijde omsloten door een ononderbroken en in zigzag verlopende wal (enveloppe). Buiten deze wal werd nog een smalle gracht gegraven. Bij de aanleg van de nieuwe buitenwerken verdwenen de in de jaren 1620 gerealiseerde hoornwerken geheel.

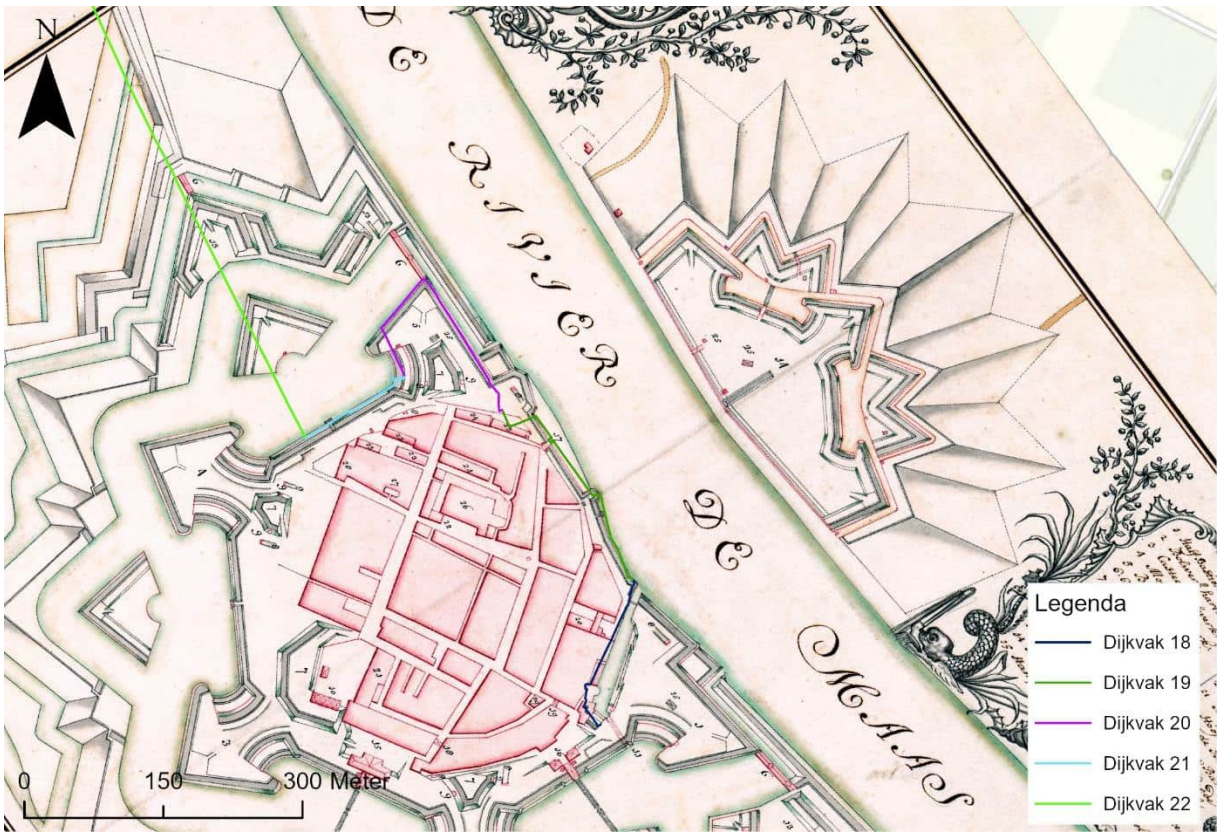
De nieuwe muurwerken werden opgemetseld met bakstenen en gefundeerd met houten palen. Een deel van de stenen was afkomstig van het voormalige 12e eeuwse kasteel, dat tijdens de belegering van 1674 zwaar was beschadigd en vervolgens werd gesloopt. Het grootste gedeelte van de bakstenen werd echter van buiten Grave aangevoerd. Buiten het kasteel werden ook de overige verdedigingswerken van Grave zwaar beschadigd tijdens het beleg. In 1698 stortte als gevolg een deel van de verzwakte middeleeuwse muren langs de Maas in, waarop een nieuwe, verbeterde en verhoogde muur werd opgetrokken en de Maaspoort werd vernieuwd. Een getuige vermeldde dat bij de werkzaamheden "diep in de gront" de resten van vroegere vestingbouw konden worden gezien.

Op basis van archeologisch veldonderzoek in het verleden ter plaatse van het Visioterrein (bastion Hartenaas, buiten onderzoeksgebied) is de inschatting dat de dikte van de muurwerken van de bastions circa 3 m bedraagt en de dikte van de verbindingswallen ongeveer 1,2 m. Hierbij dient te worden opgemerkt dat deze afmetingen respectievelijk ongeveer 2 m en 3 m groter zijn ter plaatse van de aangebrachte steunberen. Verder bleek dat de muurfunderingen tot circa 2 m-mv gesitueerd zijn en dat hieronder tot onbekende diepte paalfunderingen zijn bevestigd. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de mogelijkheid bestaat dat de vroegmoderne muurfunderingen in het plangebied dieper zijn aangebracht omdat deze behalve verdedigingswerken tevens een waterkerende functie hadden.

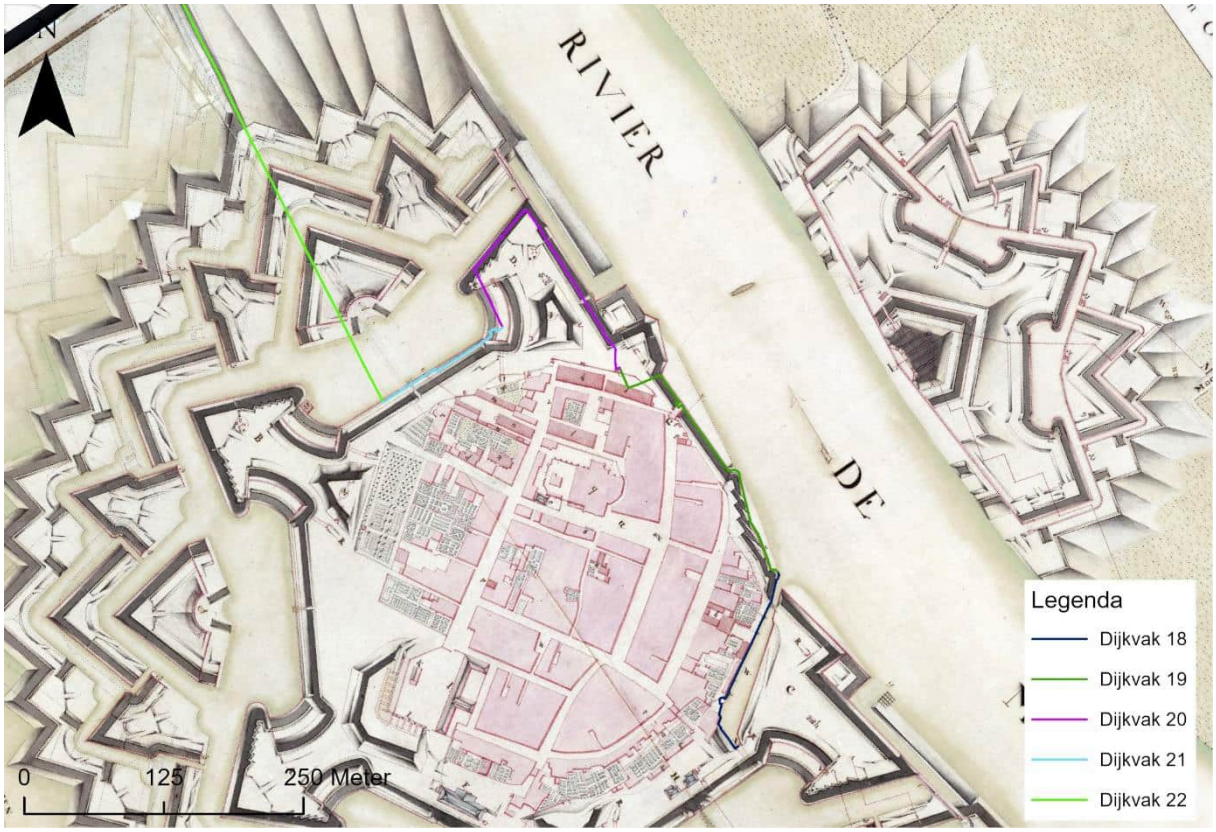


Figuur 28: Ontwerp uit 1680 (origineel en daarnaast met daarop het plangebied bij benadering weergegeven) voor de omvorming van de bestaande vestingwerken van Grave.
Bron: BHIC, 1503-8.23 (uit: Molenaar 2024).

In de periode tot de jaren 1870 werden geen structurele aanpassingen meer aan de vestingwerken Grave uitgevoerd.



Figuur 29: Plattegrond van Grave uit 1749 met daarop weergegeven het plangebied bij benadering. Hierop zijn de in de jaren 1680-1690 uitgevoerde aanpassingen goed zichtbaar.
Bron: BHIC, 343-685 (uit: Molenaar 2024).



Figuur 30: Plattegrond van Grave uit 1758 met daarop weergegeven het plangebied bij benadering. Bron: BHIC, 343-2040 (uit: Molenaar 2024).



Figuur31: Plattegrond van Grave uit 1845 met daarop weergegeven het plangebied bij benadering. Ten opzichte van 1758 hebben in en in de directe omgeving geen zichtbare aanpassingen aan de vestingwerken

plaatsgehad.
Bron: NA, 4.OPV-G171 (uit: Molenaar 2024).

Rond 1290 schonk Jan van Cuyk I Grave verschillende privileges waardoor het gasthuis en het kapittel konden worden gesticht. Tijdens zijn bewind werd Grave verder uitgebreid en versterkt. In 1415 brak een brand uit die nagenoeg alle huizen in as legde. Vanaf het midden van de 15de eeuw kwam de stad afwisselend onder Gelderse en Habsburgse heerschappij.

Tijdens de Tachtigjarige Oorlog was Grave afwisselend in Spaanse en Staatse handen. Om Grave stevig onder druk te zetten, liet Prins Maurits een militaire linie aanleggen. Rondom de stad (op enkele kilometers afstand) werden verschillende veldkwartieren en schansen met ophaalbruggen opgericht, allen onderling verbonden door wallen en grachten met sluizen: de circumvallatielinie. Recentelijk zijn hiervan de eerste archeologische bewijzen aangetroffen nabij het buurtschap Escharen. Vanaf 1602 bleef Grave echter definitief in Staatse handen. In 1672 kon Lodewijk XIV Grave zonder slag of stoot innemen en werden de vestingwerken versterkt en vergroot. Het leger van stadhouder Willem III had hierdoor vier maanden nodig om de stad te heroveren. Tijdens de belegering werd er zoveel schade aangericht dat nagenoeg de hele stad in puin lag. De vestingwerken werden daarom eind 17de eeuw volledig vernieuwd. De burcht van Grave, waar omheen de nederzetting was ontstaan werd niet meer opgebouwd. Na de Napoleontische tijd verloren de vestingwerken hun functie en zijn deze met de Vestingwet 1874 opgeheven. Door de opeenvolgende belegeringen en de talrijke overstromingen van de Beerse Maas werd de economische ontwikkeling van de stad eeuwenlang belemmerd. Pas in de twintigste eeuw is de stad (o. a. door de bouw van de brug over de Maas in 1929), economisch tot bloei gekomen. In de dertiger jaren van de twintigste eeuw hebben de zogenaamde Maasnormalisaties plaatsgevonden. Hierbij zijn meanders doorgesneden om de Maasloop te verkorten en zijn sommige plaatsen zoals Keent, plotseling aan de andere oeverzijde komen te liggen. De dieper gelegen Maasafzettingen vormen prima delfstoffen voor velerlei doeleinden. Ook in Grave zijn delen van het landschap ontgonnen voor de winning van grind en zand.

Bewoningsgeschiedenis omgeving Neerloon
Ter hoogte van Neerloon heeft in de bocht tussen Neerloon en Niftrik een doorwaadbare plaats in de Maas gelegen, vermoedelijk al vanaf de Romeinse tijd[52]. Gedurende drogere perioden, met name in de zomer, kon de rivier op deze plek nagenoeg droogvallen. Er is daarom ook een historische band met het Gelderse dorp Niftrik. Neerloon is voor het eerst genoemd in 1191[53] en was vanaf de 13e eeuw onderdeel van het Land van Cuijk, en was omgeven door het Land van Ravenstein. Het dorp heeft altijd ‘Loon’ geheten en is op deze manier op kaarten aangegeven. ‘Loon’ had al een curtis in de 13e eeuw en de Sint-Victorkerk stamt uit de 14e eeuw. Deze kerk is genoemd in archieven vanaf 1405 als een klein kerkje (quarta capella). De kerk is ernstig beschadigd geraakt bij de overstromingen van 1820, delen van de kerk (het koor en schip) zijn in 1821 herbouwd. Het gebouw is tevens een rijksmonument (32400).

2.4.1 Cultuurhistorische Waarden

CHW-kaart uiterwaarden RCE[54]
Het deel van de dijk in dijkvak 1 behoort nog tot de Maasdijk die uit circa 1200 na Chr. stamt. Het gedeelte dijk in dijkvakken 2 t/m 5 is relatief jong. Het deel ter hoogte van dijkvak 6 t/m 11 betreft de Beerse Overlaat, hier is de dijk aangelegd in de 19e en 20e eeuw. Ter hoogte van het Ganzenorgel tussen dijkvakken 10 en 11 ligt een stenen duiker uit circa 1950. Vanaf dijkvak 13b ligt er een historische dijk tot aan Grave. Ter hoogte van Grave, dijkvak 16 en 17 liggen vestingwerken in de uiterwaarden uit de 17e eeuw, periode 1680 tot 1690. In dijkvak 17 is een stenen sluis aanwezig uit circa 1950. De ommuring van de stad Grave stamt uit de Late Middeleeuwen en kent meerdere

[52] Heemkundekring Ravenstein

[53] BHIC

[54] https://rce.webgispublisher.nl/Viewer.aspx?map=Verwachtingskaart%2Duiterwaarden%2Drivierengebied

niveaus, ook uit de Nieuwe tijd. Ten noorden van de historische stad zijn vestingwerken aanwezig ter hoogte van dijkvak 21 en 22.
Ter hoogte van de Graafsche Raam, dijkvak 25 ligt een tankgracht uit 1939 en deze maakt deel uit van de Peel-Raamstelling. De dijken die het oudst zijn, liggen in de Mars- en Wijthdijk en stammen uit de 11e eeuw.[55] De Maasdijk stamt uit circa 1200 na Chr. Ter hoogte van dijkvak 30 ligt een stenen lijnbrug naar Keent uit 1850. Op de hoek van de Oude Graafsestraat met de Maasdijk in dijkvak 33 ligt een stenen sluis uit 1950. Bij Neerloon ligt in de uiterwaarde in het verlengde van de Loonsestraat (dijkvak 36) een houten duiker en twee stenen duikers in de richting naar het veerhuis uit de 19e eeuw. Op de grens met dijkvak 37 ligt een stenen duiker, stenen sluis en een lijnbrug.

CHW-kaart provincie Noord-Brabant[56]
De Cultuurhistorische Waardenkaart van de provincie Noord-Brabant en de Erfgoedatlas van de RCE geeft inzicht in de archeologische, historisch-stedenbouwkundige en de historisch-geografische waarden van de regio. Volgens de cultuurhistorische kaart van de provincie Noord-Brabant staat het plangebied aangegeven als van Provinciaal belang cultuurhistorie. Het gaat om het terrassenlandschap waar mogelijk archeologische waarden aanwezig zijn (code REMV).

Tussen de Kraaijenbergse Plassen en Grave ligt het onderzoeksgebied op de CHW binnen het 'Eiland van Gassel' (code OB09). Het gebied is besloten door een omringdijk (de Hogendijk) die het gebied beschermde tegen het water van de Beersche Overlaat. Deels ligt het huidige plangebied binnen de omringdijk, deels daarbuiten (dijkvakken 6 t/m 11). Langs de dijk komen wielen voor die duiden op dijkdoorbraken. Daarnaast zijn de aanwezige terpen, dijken en verhoogde wegen typisch voor het landschap. In het noorden van het Eiland van Gassel ligt een hakhoutgebied met onverharde wegen.

Ten westen van Grave is op de Cultuurhistorische Waardenkaart de zone van de Beerse Overlaat aangegeven (code OB01). De Beerse Maas betreft een overlaatsysteem dat tot 1942 nog in werking is geweest en het gebied achter Cuijk en Beers onder water liet lopen bij hoogwater. Dit water kwam langs Cuijk, Gassel, De Graafsche Raam en Velp en stroomde westwaarts. Door dit overlaatsysteem zijn er in dit gebied talloze terpen, dijkjes, sluizen, eendenkooien en weteringen aanwezig. Ter hoogte van het onderzoeksgebied is de Peeldam van Velp aanwezig.
Van oudsher is het een onbebouwd inundatiegebied en onderdeel van de Zuiderwaterlinie/ Zuiderfrontier uit de periode vanaf de 17e eeuw.

Ter hoogte van de Mars en Wijthdijk en Keent is de oude Maasmeander Keent weergegeven (Code OB07). Binnen het onderzoeksgebied is het Van Sassegemaal uit 1929 met kazematten uit de jaren 1930 aanwezig en de schutsluizen in de Maas bij Grave. Binnen de gemeente Maashorst ligt de Maasdijk en iets noordelijker ook de Reekse voetveer en veerstoepen naar de overkant, het buurtschap Keent. Deze cultuurhistorische waarden zijn in / nabij het onderzoeksgebied gelegen. De maasmeander bij Keent is een relict van de Maas die is afgesneden omstreeks 1935. Hierdoor kwam het Gelderse Keent aan de zuidkant van de Maas te liggen- en werd het onderdeel van Brabant. Op Keent is tijdens de Tweede Wereldoorlog een militair hulpvliegveld geweest. De percelering van de Wijthpolder is nog redelijk intact, in de uiterwaard liggen nog Maasheggen.

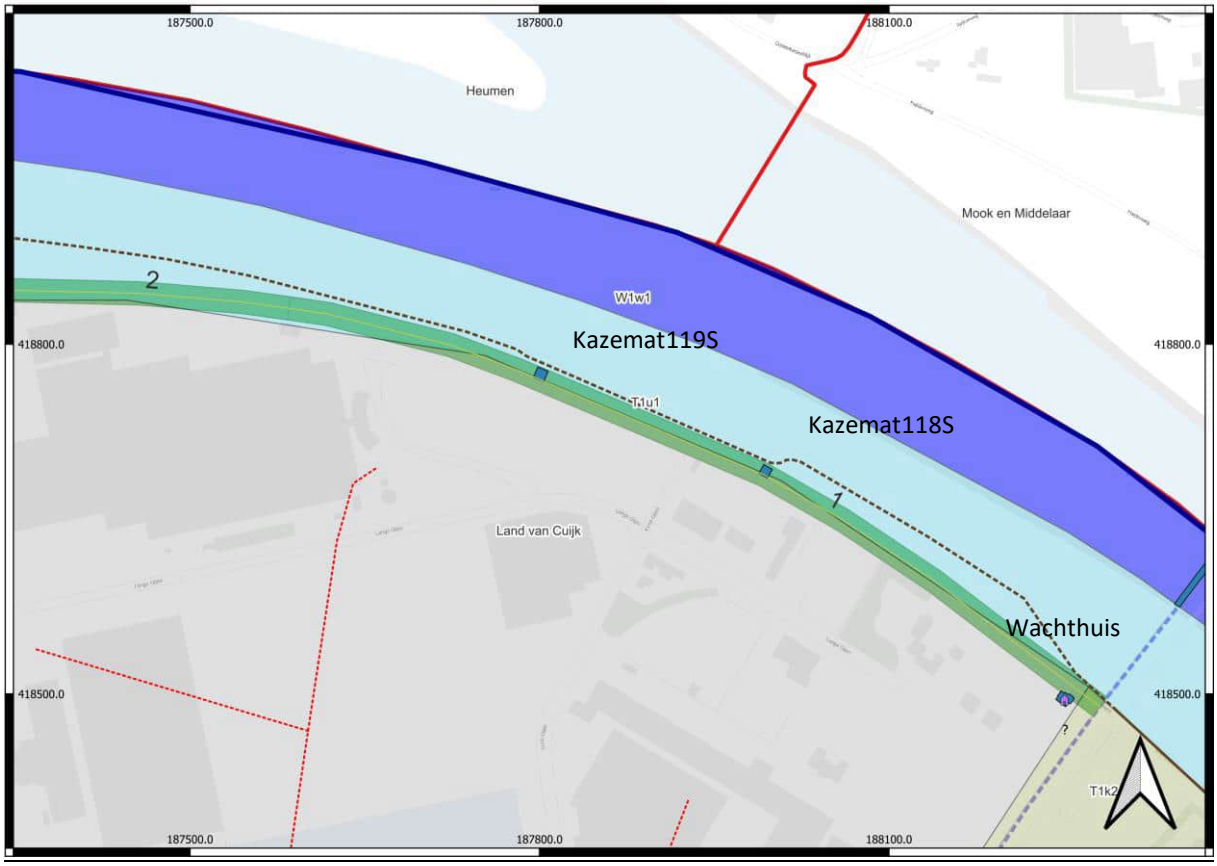
Ten zuiden van het onderzoeksgebied, ter hoogte van Velp, ligt een kapucijnerklooster genaamd Emmaus (code CC008). Het klooster is gesticht in 1645, het huidige gebouw is opnieuw gebouwd in 1733. Op het terrein is ook een pestkapel aanwezig uit 1670. Het kloostercomplex behoort tot het kloosterlandschap Megen-Ravenstein, dat eveneens buiten het onderzoeksgebied gelegen was. In dit gebied zijn veel kloosters gesticht in de 17e en 18e eeuw door gevluchte katholieken uit Staats-Brabant. In het Graafschap Megen en het Land van Ravenstein was het katholieke geloof nog wel vrij.

CHW-kaart gemeente Land van Cuijk[57]
<u>Dijkvak 1</u>
In het eerste dijkvak staan drie gebouwen die vallen onder Bouwkunst. Het betreft twee kazematten (figuur 32 en 33), een wachthuis bij het spoor en een oud pad van voor 1957. Kazemat 118S betreft een rijksmonument. Tevens wordt de oude dijk aangegeven.

[55] Uiterwaardenkaart RCE.

[56] https://noord-brabant.maps.arcgis.com/

[57] Snippenburg, 2023



Project data
- dijkvakken

CHW LVC

CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeervervoer_point
- ? spoorweghalte, verdwenen
- wachthuis, intact

CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeervervoer_multiline
- weg, vóór 1832, verdwenen

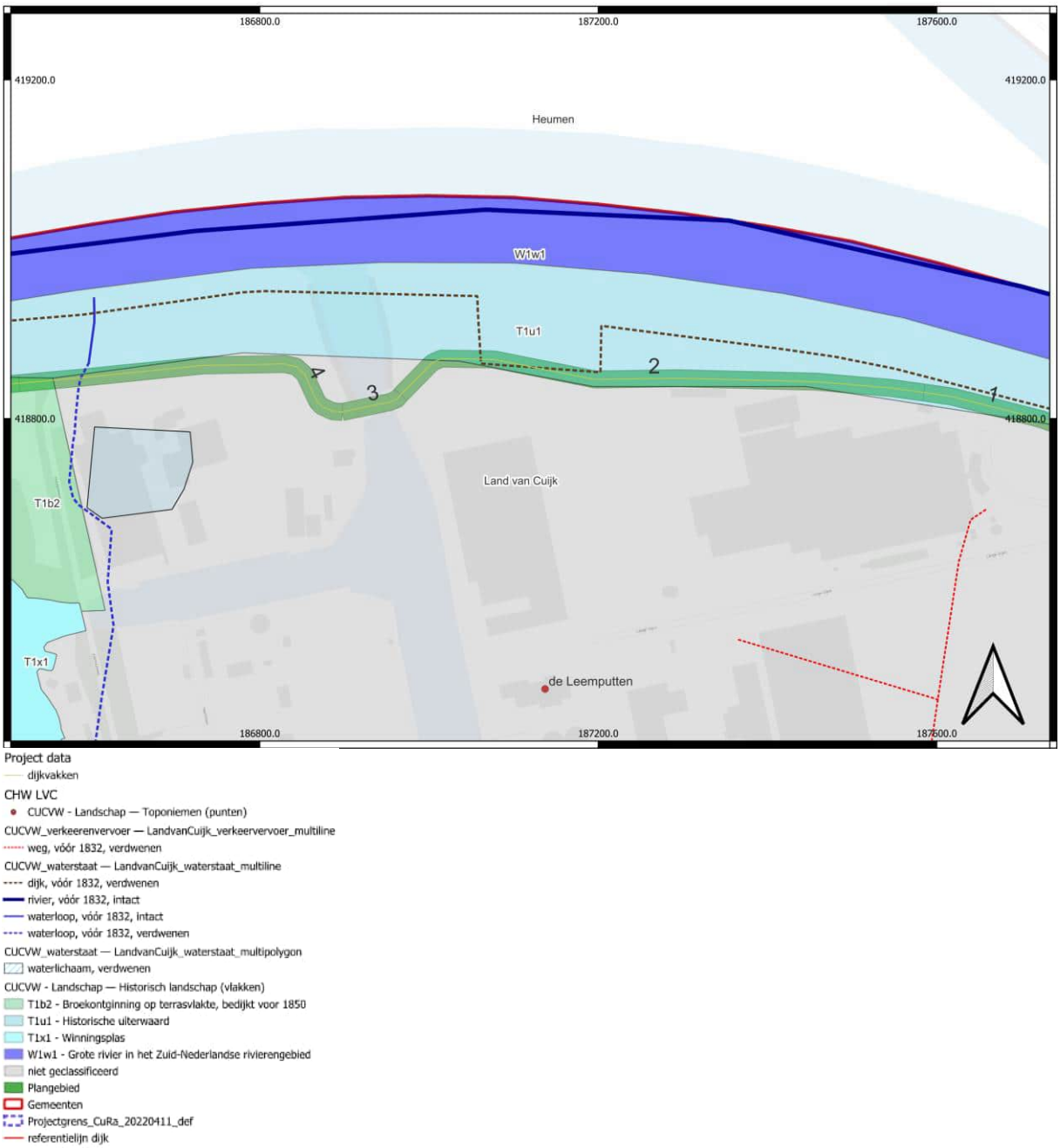
CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multiline
- dijk, vóór 1832, intact
- dijk, vóór 1832, verdwenen
- rivier, vóór 1832, intact

CUCVW - Landschap — Historisch landschap (vlakken)
- T1k2 - Oude kampontginning, open akkers
- T1u1 - Historische uiterwaard
- W1w1 - Grote rivier in het Zuid-Nederlandse rivierengebied
- niet geclassificeerd
- Plangebied
- Gemeenten
- Projectgrens_CuRa_20220411_def
- referentielijn dijk

Figuur32: De cultuurhistorische waarden van de gemeente Land van Cuijk in dijkvak 1

Dijkvak 2 t/m 4

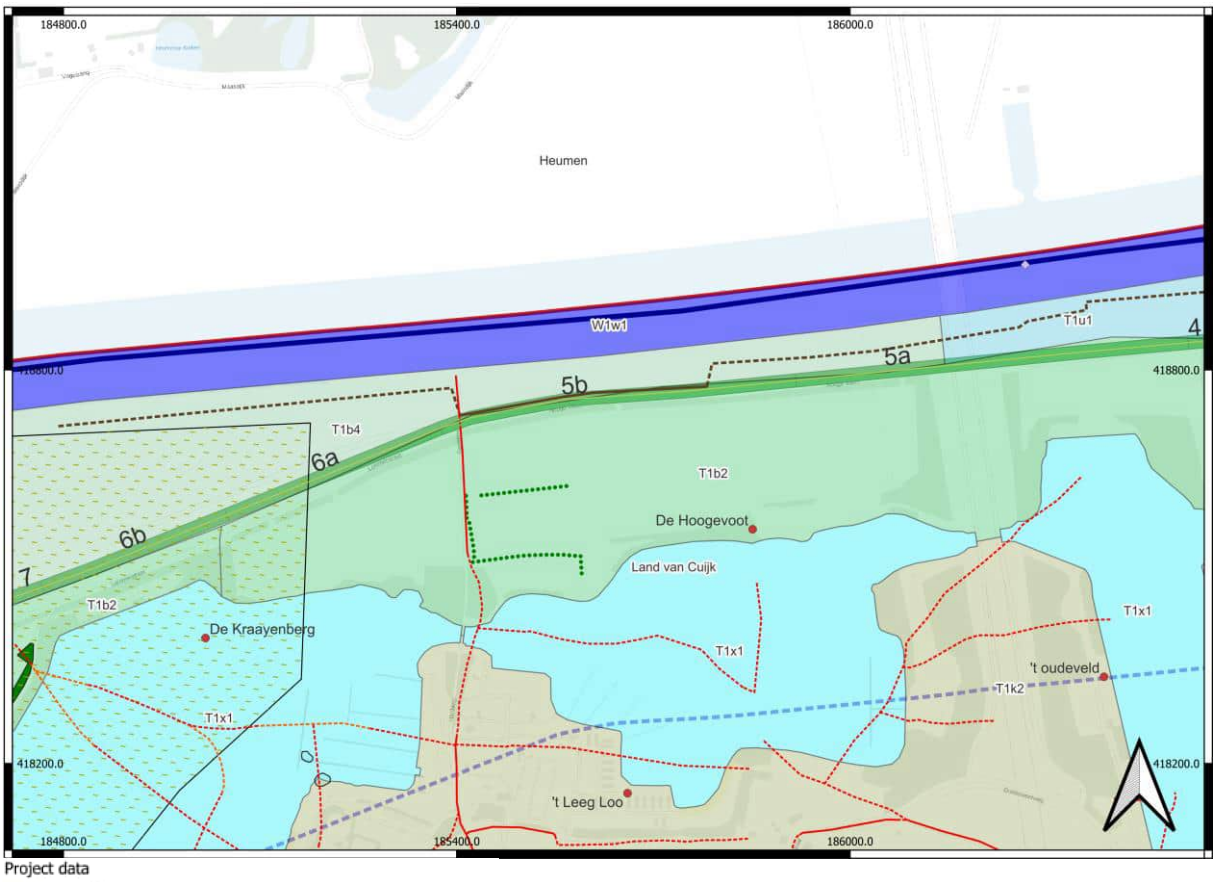
In dijkvak vier is een verdwenen waterlichaam aanwezig ten zuiden van het tracé. Tevens was hier een waterloop aanwezig die is verdwenen.



Figuur33: De cultuurhistorische waarden van de gemeente Land van Cuijk in dijkvak 2-4

<u>Dijkvak 5 en 6</u>

Binnen dijkvak 5 en 6 zijn een aantal cultuurhistorische waarden aanwezig, zo is er binnen dijkvak 5 een deel van de dijk nog intact, tevens is er nog een intacte historische weg gelegen. In dijkvak 6 is een verdwenen inundatiegebied aangegeven. Ook was er in deze zone sprake van broekontginningen op een terrasvlakte. Deze broekontginningen liggen op dieper gelegen natte plaatsen, waar akkerbouw niet mogelijk was. Dit werd gebruikt als hooiland. Na bedijking en betere afwatering vanaf de Late Middeleeuwen kon ook in deze landschappen akkerbouw worden bedreven.

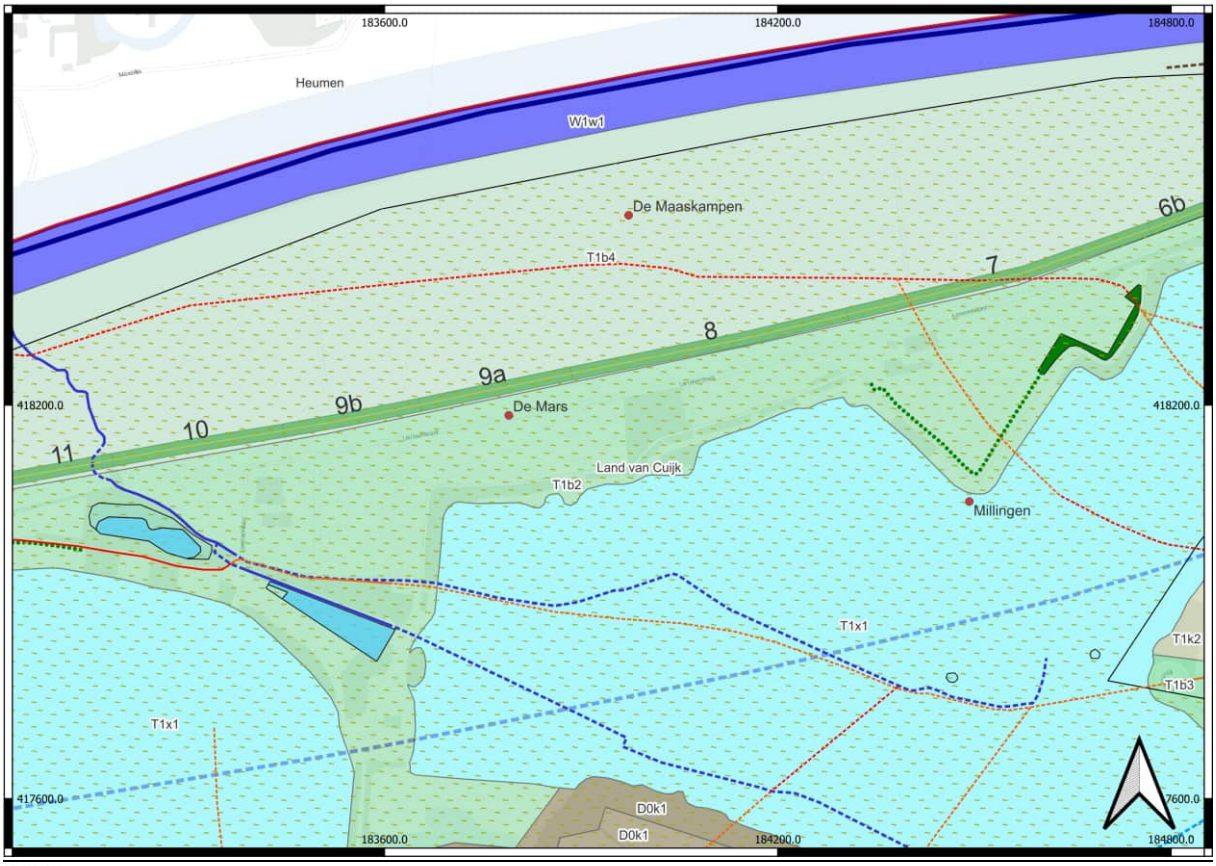


Project data
dijkvakken
CHW LVC
CUCVW - Landschap — Toponiemen (punten)
CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeervervoer_point
voetveer, verdwenen
CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeervervoer_multiline
weg, vóór 1832, intact
weg, vóór 1832, verdwenen
pad, vóór 1832, verdwenen
CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multiline
dijk, vóór 1832, intact
dijk, vóór 1832, verdwenen
rivier, vóór 1832, intact
CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multipolygon
poel, verdwenen
CUCVW_oorlogendefensie — LandvanCuijk_oorlogdefensie_multipolygon
inundatiegebied, verdwenen
CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multiline
bomenrij
CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multipolygon
bomenrij
CUCVW - Landschap — Historisch landschap (vlakken)
T1b2 - Broekontginning op terrasvlakte, bedijkt voor 1850
T1b4 - Broekontginning op terrasvlakte, bedijkt voor 1850, nu buitengedijkt
T1k2 - Oude kampontginning, open akkers
T1u1 - Historische uiterwaard
T1x1 - Winningsplas
W1w1 - Grote rivier in het Zuid-Nederlandse rivierengebied
niet geclassificeerd
Plangebied

Figuur 34: De cultuurhistorische waarden van de gemeente Land van Cuijk in dijkvak 5 en 6

<u>Dijkvak 7 t/m 10</u>

Ook in deze zone is sprake van broekontginningen, en van een historische weg die op twee plaatsen de dijk overstak, maar die inmiddels is verdwenen. Het gehele gebied was tevens een voormalig inundatiegebied.



CHW LVC
- CUCVW - Landschap — Toponiemen (punten)

CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeervervoer_multiline
- weg, vóór 1832, intact
- weg, vóór 1832, verdwenen
- pad, vóór 1832, intact
- pad, vóór 1832, verdwenen

CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multiline
- beek, vóór 1832, verdwenen
- dijk, vóór 1832, verdwenen
- rivier, vóór 1832, intact
- waterloop, vóór 1832, intact
- waterloop, vóór 1832, verdwenen

CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multipolygon
- poel, verdwenen
- waterlichaam, intact
- waterlichaam, verdwenen

CUCVW_oorlogendefensie — LandvanCuijk_oorlogdefensie_multipolygon
- inundatiegebied, verdwenen

CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multiline
- bomenrij

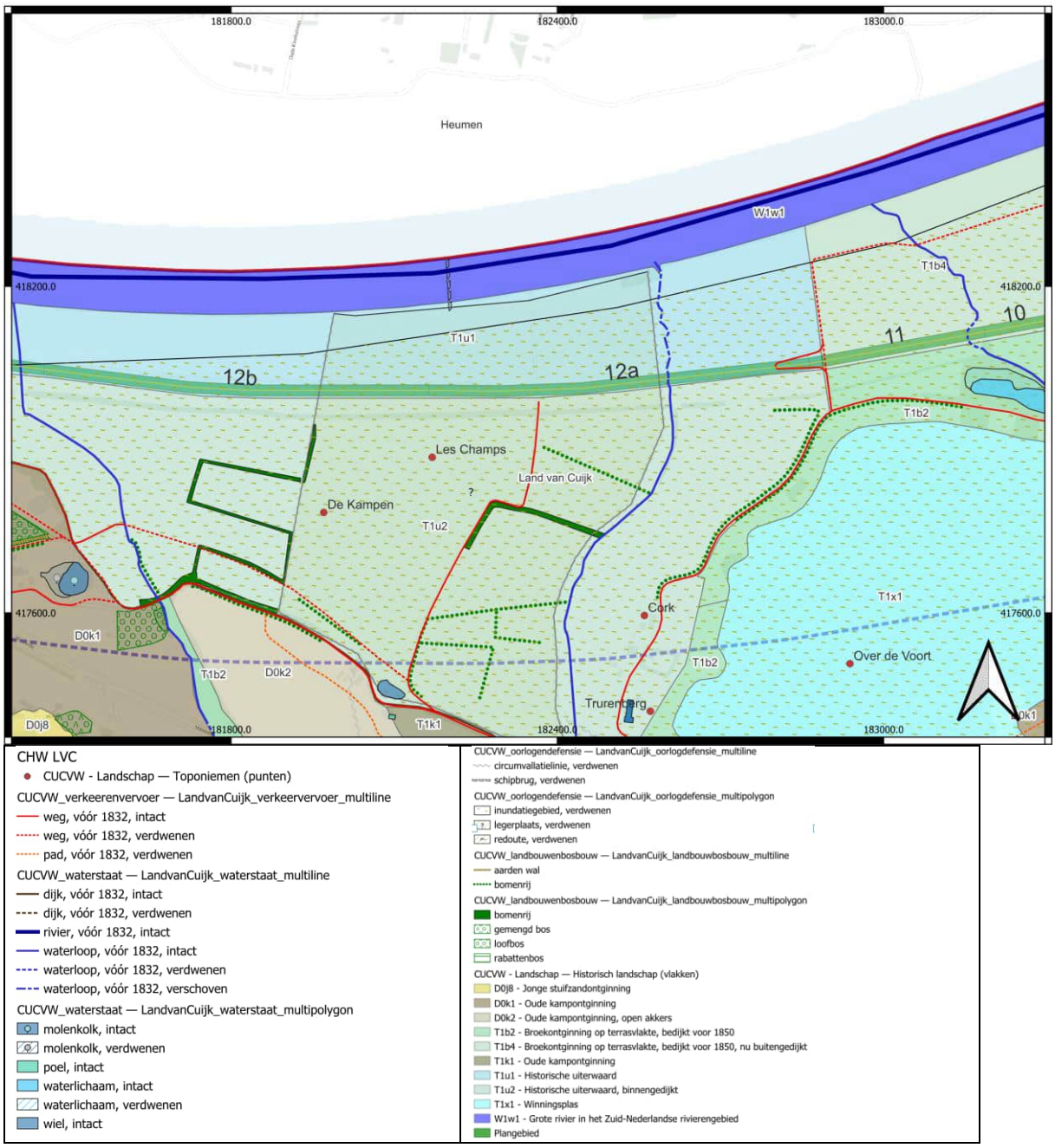
CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multipolygon
- bomenrij

CUCVW - Landschap — Historisch landschap (vlakken)
- D0k1 - Oude kampontginning
- T1b2 - Broekontginning op terrasvlakte, bedijkt voor 1850
- T1b3 - Broekontginning op terrasvlakte, bedijkt na 1850
- T1b4 - Broekontginning op terrasvlakte, bedijkt voor 1850, nu buitengedijkt
- T1k2 - Oude kampontginning, open akkers
- T1x1 - Winningsplas
- W1w1 - Grote rivier in het Zuid-Nederlandse rivierengebied
- Plangebied
- Gemeenten

Figuur 35: De cultuurhistorische waarden van de gemeente Land van Cuijk in dijkvak 7 t/m 10

Dijkvak 11-12

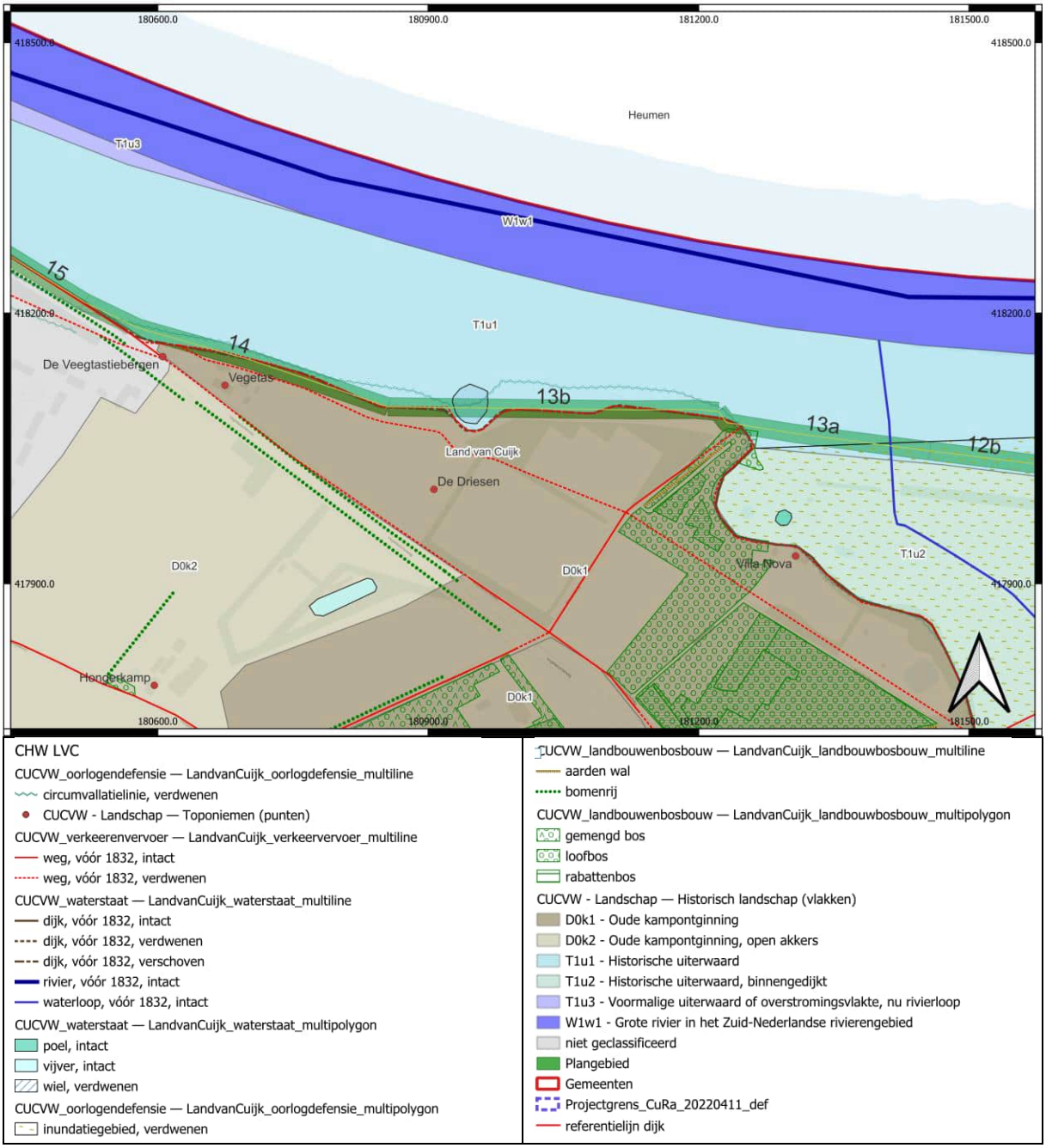
In dijkvak 11 en 12 is ook hier sprake van een verdwenen inundatiegebied, naast een historische uiterwaard, zowel buitendijks als binnengedijkt aan de zuidzijde, een nog aanwezige historische weg die tot aan de zuidzijde van de dijk loopt, en een nog aanwezige historische weg die over de dijk heen loopt. In dijkvak 12 is tevens mogelijk een verdwenen legerplaats uit de 80-jarige oorlog aanwezig met aan de buitenzuiden twee verdwenen circumvallatielinies. In zowel dijkvak 11 als 12 zijn twee waterlopen nog deels aanwezig, het deel wat de dijk kruiste is echter verdwenen.



Figuur 36: De cultuurhistorische waarden van de gemeente Land van Cuijk in dijkvak 10 t/m 12b.

Dijkvak 13 en 14

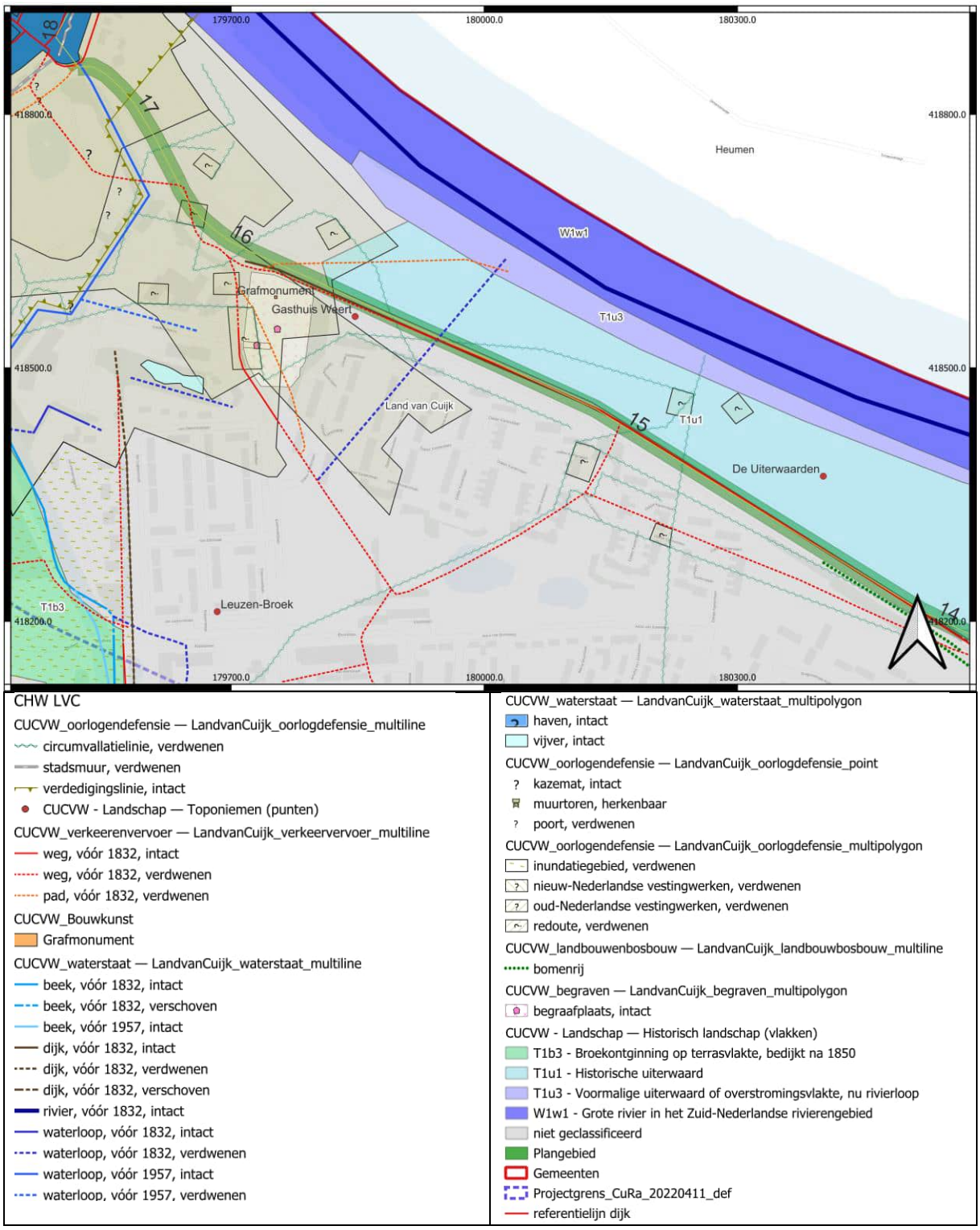
In dijkvak 13 en 14 is sprake van een oude kampontginning, ook is er een verdwenen circumvallatielinie die deels over de dijk loopt. Aan de uiterste oostzijde is nog sprake van een verdwenen inundatiegebied. Ook zijn er over de dijk diverse verdwenen historische wegen gelegen. Aan de zuidzijde van dijkvak 13a was een loofbos aanwezig. Binnen het plangebied in dijkvak 13b is een verdwenen Wiel weergegeven. Aan de westzijde van dijkvak 14 is een historische weg die over de dijk loopt naar dijkvak 15 aanwezig. Deze is nog intact. Ook is de historische dijk aangegeven, die sindsdien verplaatst is.



Figuur 37: De cultuurhistorische waarden van de gemeente Land van Cuijk in dijkvak 13 en 14

<u>Dijkvak 15 t/m 17</u>

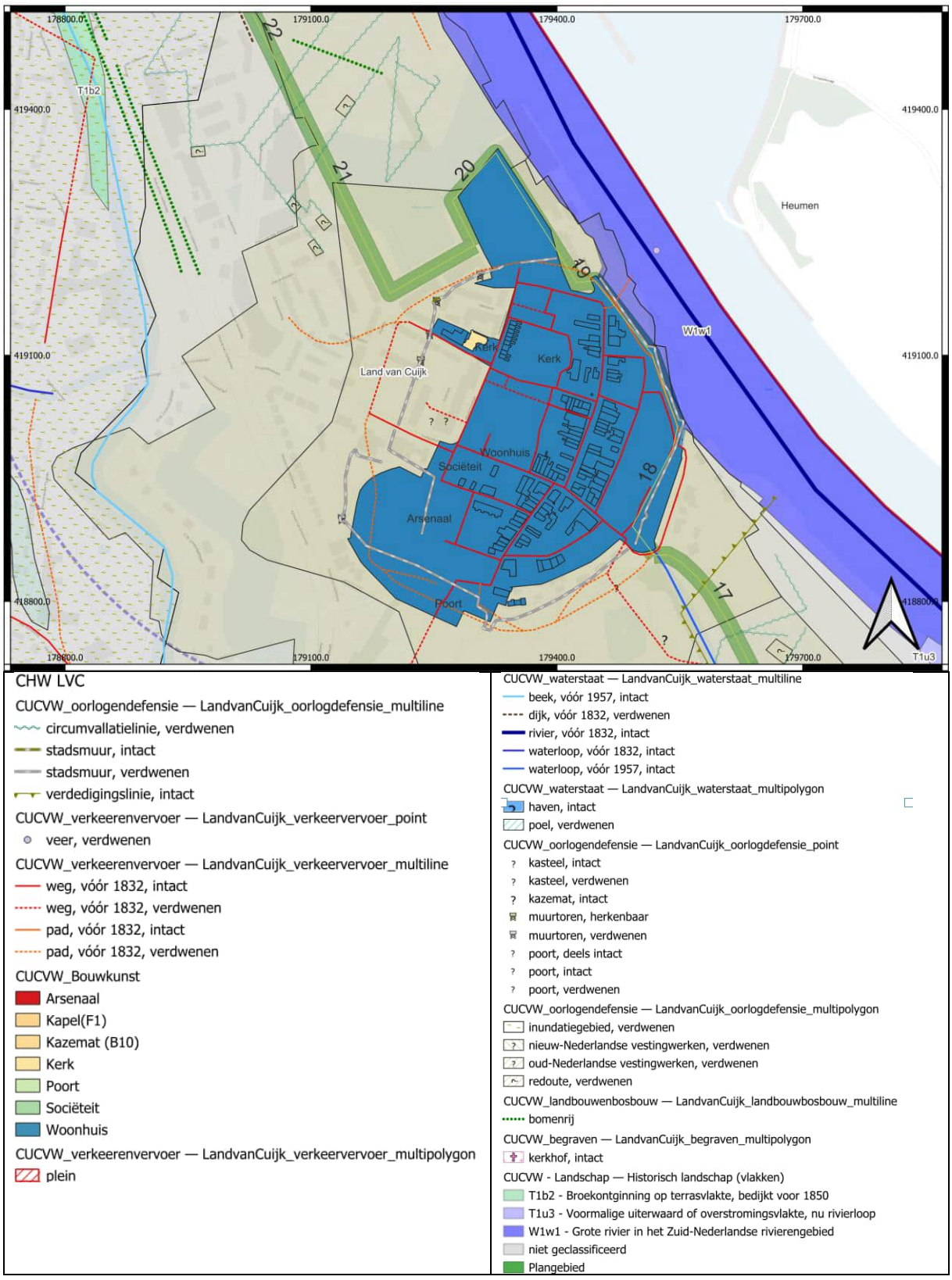
In dijkvak 15 bevind zich nog de historische weg die doorloopt vanaf dijkvak 14, richting dijkvak 16 loopt deze van de dijk af. Er zijn ten noorden en ten zuiden van de dijk van dijkvak 15 en 16 diverse verdwenen redoutes aangegeven. Deze redoutes waren verbonden door verdwenen circumvallatielinies die veelvuldig aanwezig zijn. Richting Grave, vanaf het einde van dijkvak 15 zijn tevens mogelijk vestingwerken aanwezig behorende bij de vestingwerken van Grave. Door dijkvak 17 loopt de nog intacte verdedigingslinie van Grave. Door dijkvak 16 loopt nog een verdwenen historische weg. Aan de zuidzijde van dijkvak 16 bevindt zich daarnaast een nog intacte Joodse begraafplaats.



Figuur 38: De cultuurhistorische waarden van de gemeente Land van Cuijk in dijkvak 14 t/m 17.

Dijkvak 18-21

Binnen deze dijkvakken bevindt zich de stad Grave met de bijbehorende versterkingen. In dijkvak 18 en 19 zijn dan ook diverse verdedigingswerken aanwezig. In het centrum van Graven zijn acht muurtorens en vier verdwenen poorten aanwezig ter hoogte van het tracé. Direct ten zuidoosten van de middeleeuwse stad liggen verdedigingslinies uit de Tweede Wereldoorlog met 2 kazematten en militaire structuren uit de 80-jarige oorlog waaronder twee circumvallatielinies en vier verdwenen redoutes. In het midden van de stad is historische bewoning aangegeven met deels nog aanwezige historische wegen. Langs de dijk is nog een historische haven aanwezig buiten de stadsmuren.

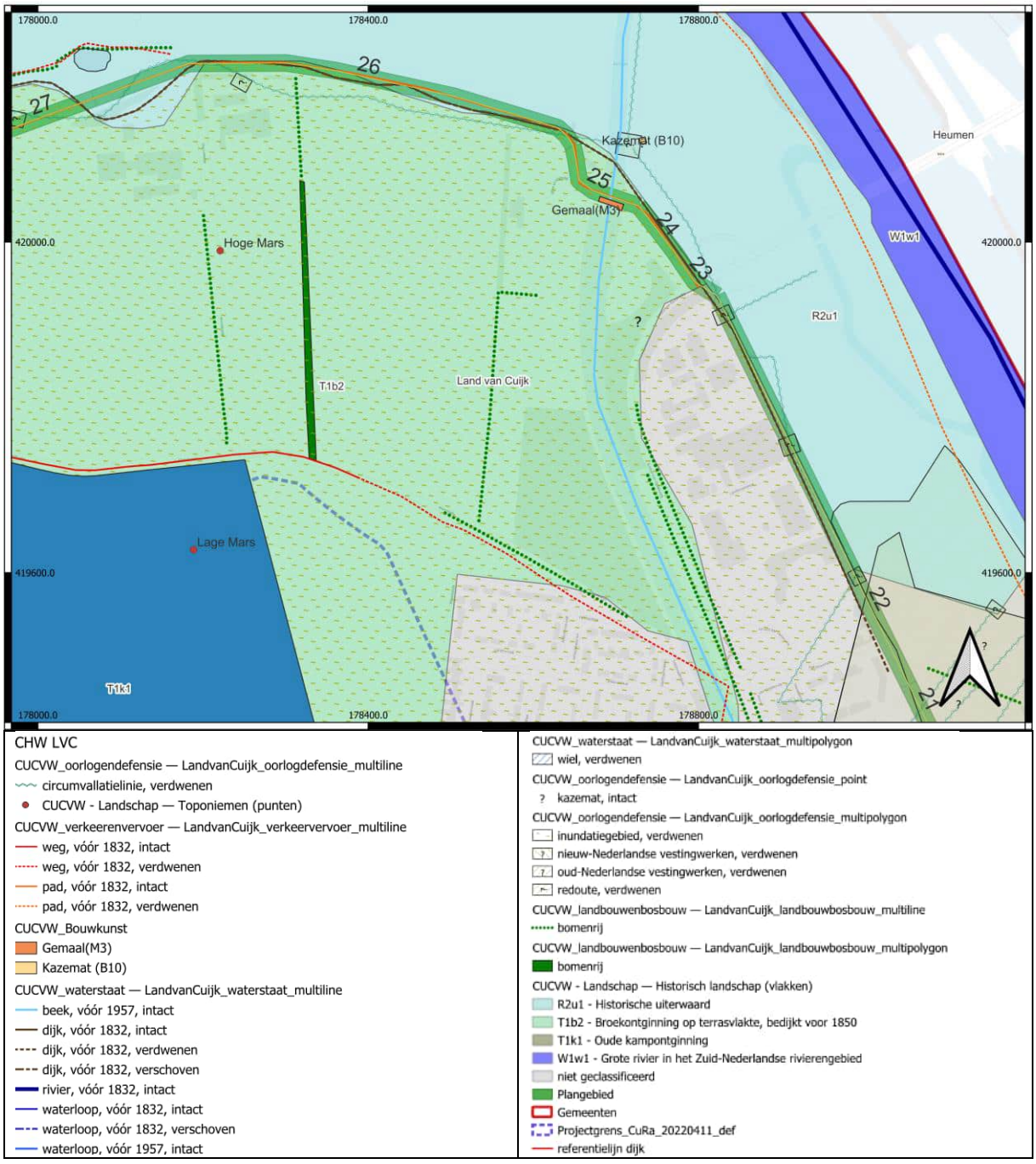


Figuur 39: De cultuurhistorische waarden van de gemeente Land van Cuijk in dijkvak 17 t/m 22

Dijkvak 21-26

Binnen deze dijkvakken is opnieuw sprake van een verdwenen inundatiegebied. De historische dijk is hier verdwenen. Er zijn op de dijk bij dijkvak 22 twee redoutes verdwenen, met de bijbehorende circumvallatielinies. Er zijn in dit gebied opnieuw broekontginningen op een terrasvlakte aanwezig. Deels aan het begin van dijkvak 22 kunnen ook nog vestingwerken van de stad Grave aanwezig zijn.

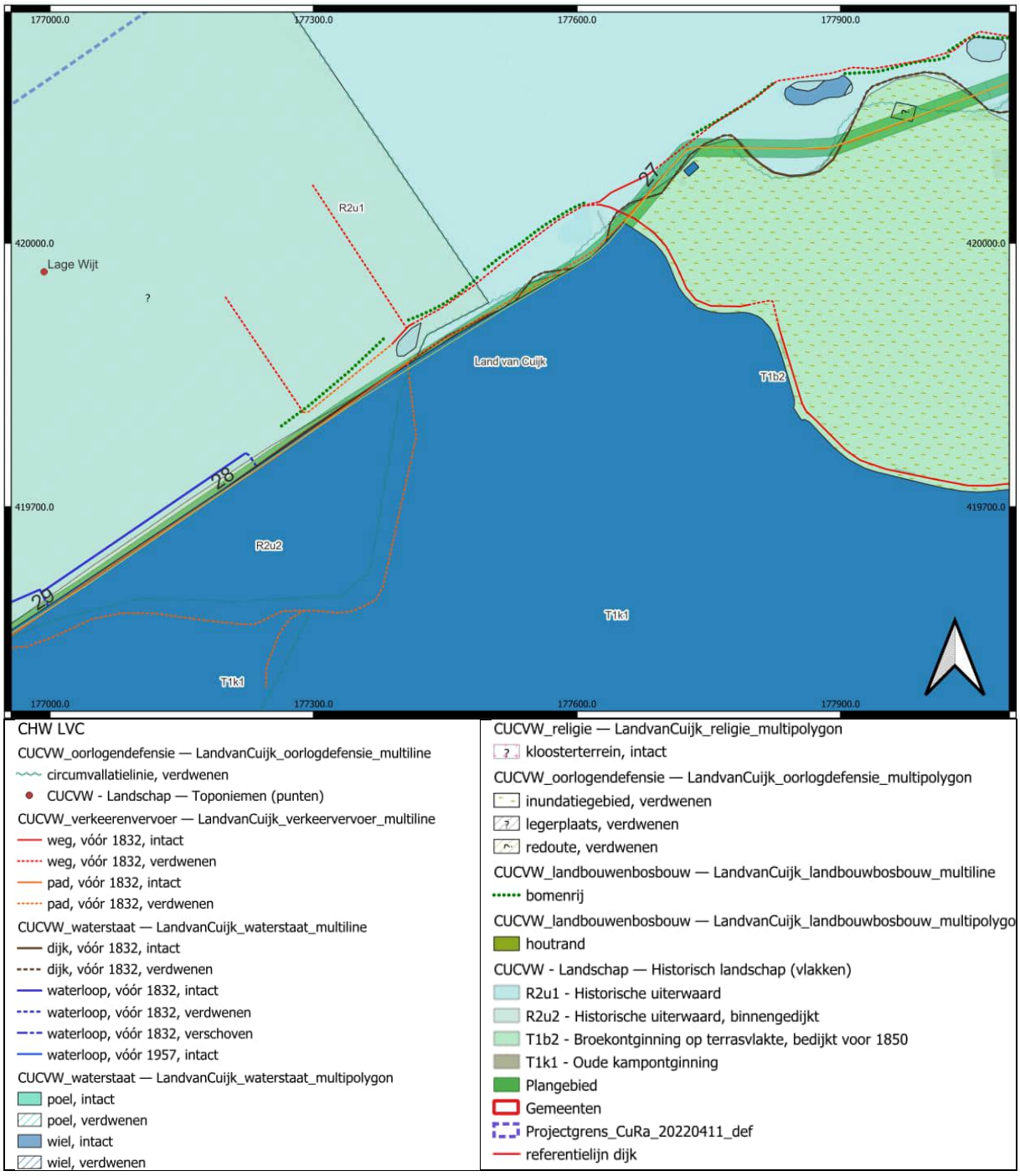
Aan de zuidzijde van de dijk van dijkvak 25 is een gemaal aanwezig, het Van Sassegemaal. Ten noorden van de dijk is een kazemat aanwezig en een verdwenen redoute.
Over de dijk is nog een historisch pad aanwezig, die nog intact is. Ook de kruisende beek is nog aanwezig en tevens historisch. Aan de zuidzijde van dijkvak 26 is nog een verdwenen redoute aanwezig met bijbehorende circumvallatielinies.
Aan de noordzijde van het einde van dijkvak 26 is tevens een verdwenen wiel aanwezig, naast een historische bomenrij en een verdwenen historische weg.



Figuur 40: De cultuurhistorische waarden van de gemeente Land van Cuijk in dijkvak 22 t/m 27.

Dijkvak 27-28
Binnen deze zone is opnieuw sprake van een verdwenen inundatiegebied en een broekontginning op een terrasvlakte. Deels is tevens een historische uiterwaard aanwezig, zowel buitendijks als binnengedijkt. Binnen dijkvak 27 is ook weer sprake van een verdwenen redoute en een circumvallatielinie. Over de dijk loopt een nog deels intact historisch pad. Aan de zuidzijde aan de dijk van dijkvak 27 staat een monumentale boerderij, en binnen dijkvak 28 is opnieuw mogelijk sprake van

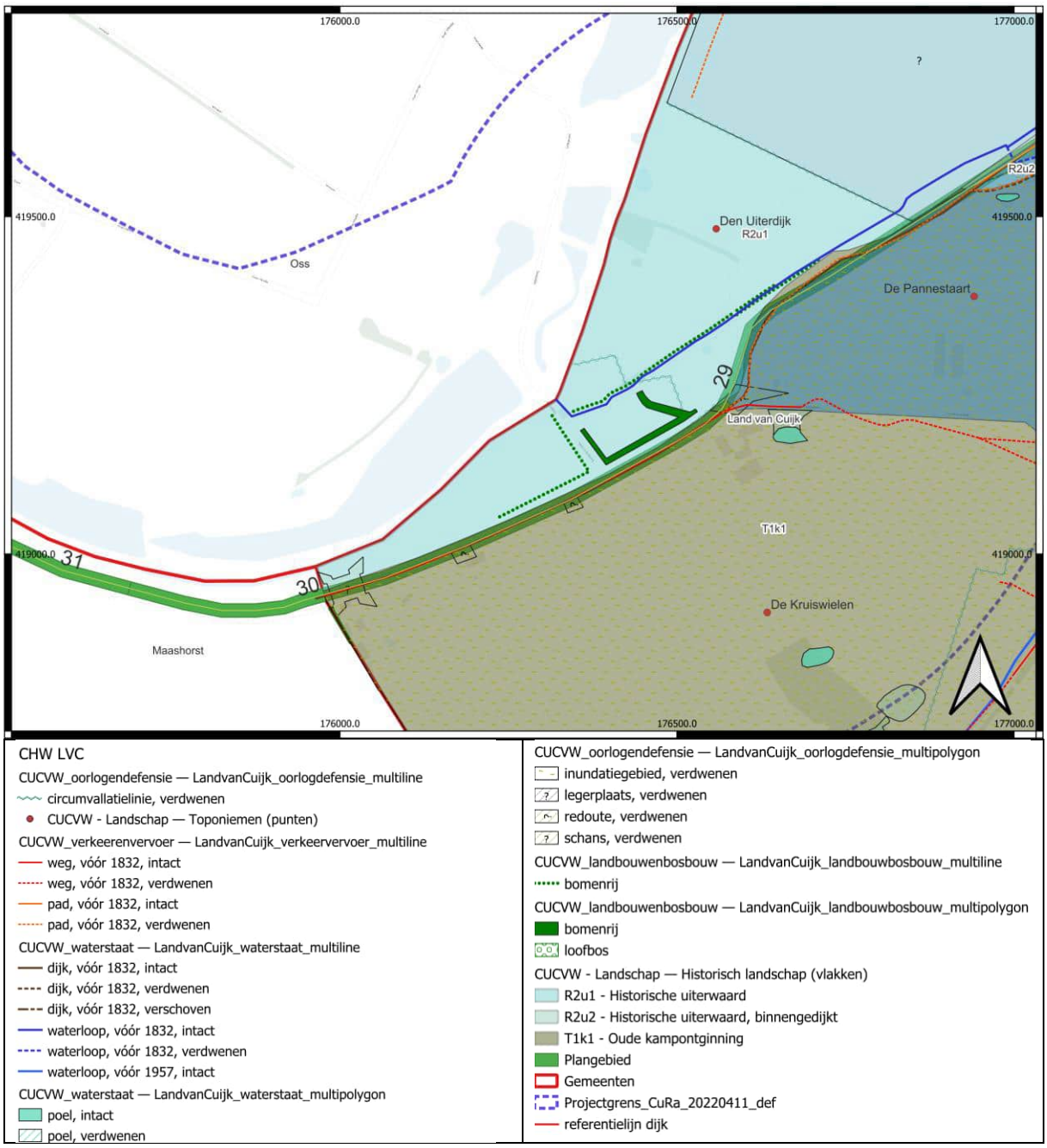
een verdwenen legerplaats uit de 80-jarige oorlog. Daarnaast is er nog een deels verdwenen waterloop die door het gebied loopt.



Figuur 41: De cultuurhistorische waarden van de gemeente Land van Cuijk in dijkvak 27 en 28.

<u>Dijkvak 29 en 30</u>

De Spaanse legerplaats loopt nog door tot in dijkvak 29 door, met een omringende circumvallatielinie. Ook is in het gebied nog sprake van een verdwenen inundatiegebied en een oude kampontginning. Deels over de (verdwenen) dijk loopt een tevens verdwenen weg. Aan de uiterste zijde van dijkvak 29 is mogelijk een verdwenen redoute aanwezig. In dijkvak 30 zijn nog eens twee verdwenen redoutes aangegeven, en aan het eind van het dijkvak is een verdwenen schans.



Figuur 42: De cultuurhistorische waarden van de gemeente Land van Cuijk in dijkvak 29 en 30.

CHW provincie Noord-Brabant, Gemeente Maashorst

Dijkvak 30-32

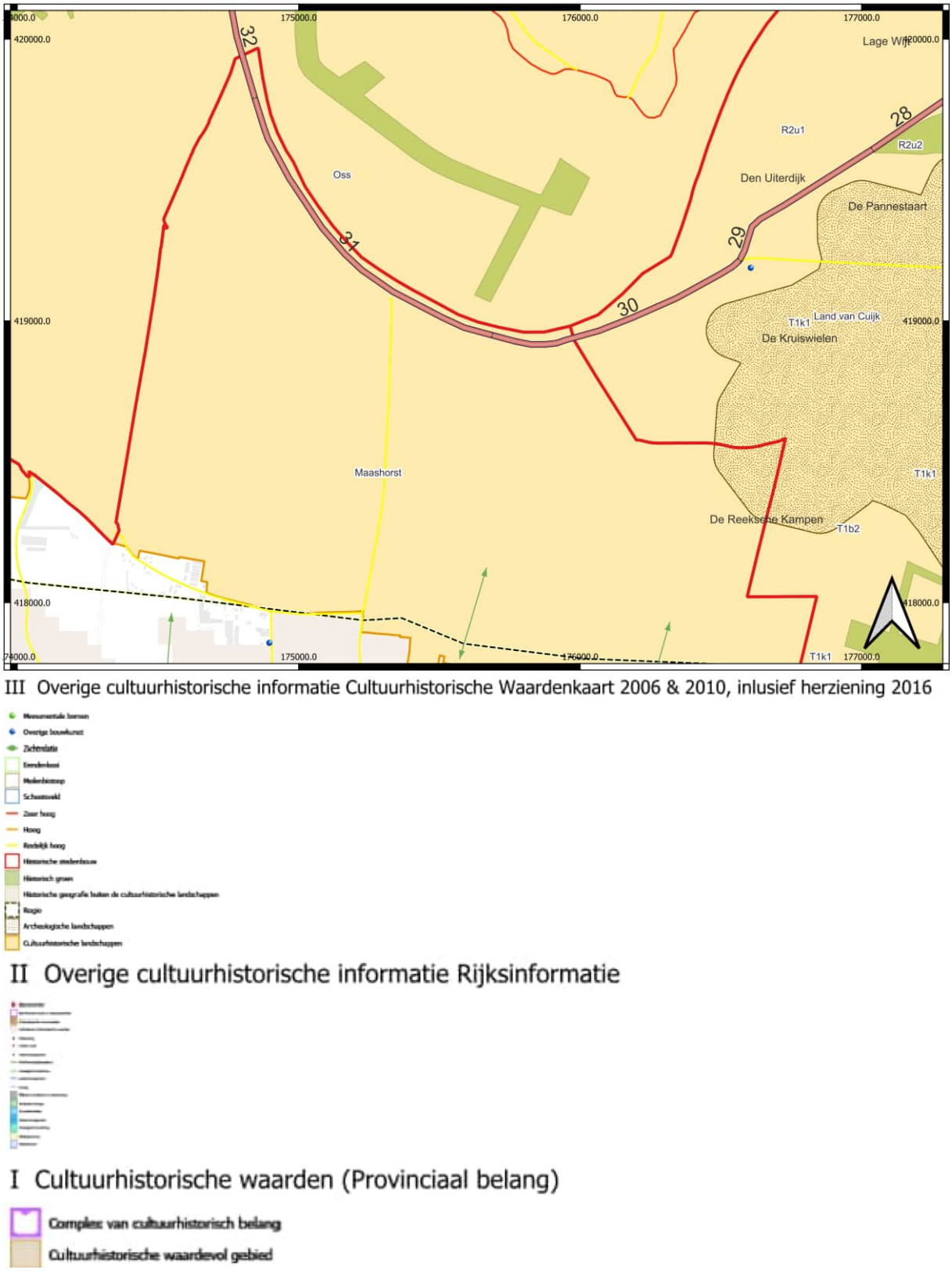
De gemeente Maashorst is momenteel een nieuwe Cultuurhistorische kaart aan het samenstellen.[58] Op de reeds raadpleegbare puntenkaart en lijnenkaart is de Maasdijk/ Oude Graafsestraat aangegeven als cultuurhistorisch element. Ook is De Steeg een historische weg. Verder zijn geen cultuurhistorische elementen aangegeven.
Op de Cultuurhistorische Waardenkaart van de provincie Noord-Brabant staat het hele gebied aangegeven als van Cultuurhistorisch belang[59];

[58] https://maashorstaanhetwoord.nl/nl-NL/projects/erfgoed/

[59] https://www.arcgis.com/apps/instant/sidebar/index.html?appid=cc65ce7c9a66445ea653a582f26e4b85

De strijd tegen het water en de voortdurend terugkerende overstromingen van de Beerse Maas hebben de inrichting en het gebruik van het gebied bepaald. De regio heeft een grote cultuurhistorische betekenis doordat de strijd tegen het water zich nog zo goed in het huidige landschap laat herkennen. Daarnaast verlenen de vele verdedigingswerken het gebied een grote cultuurhistorische waarde.

Daarnaast staat ook op deze kaart De Steeg aangegeven als een cultuurhistorische lijn.



Figuur 43: De cultuurhistorische waarden van de CHW Noord-Brabant binnen de gemeente Maashorst

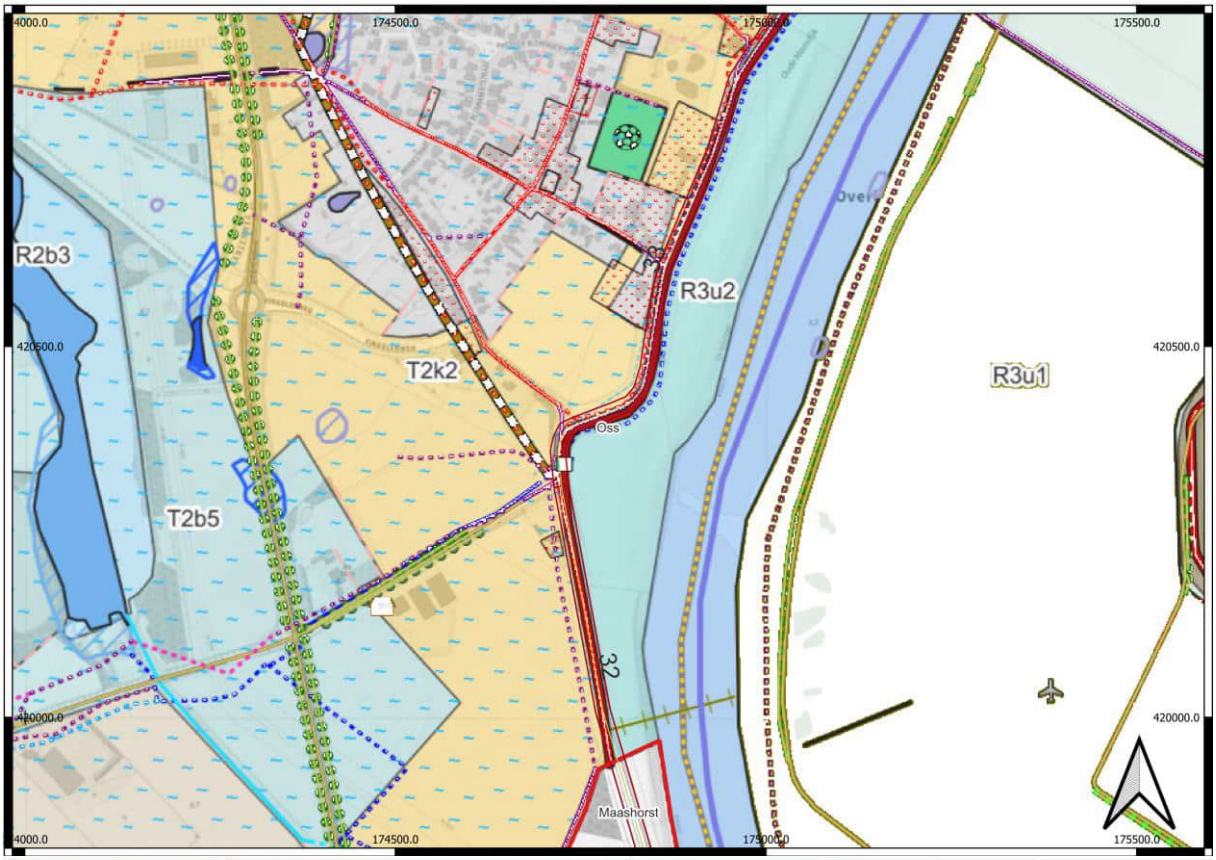
CHW-kaart gemeente Oss

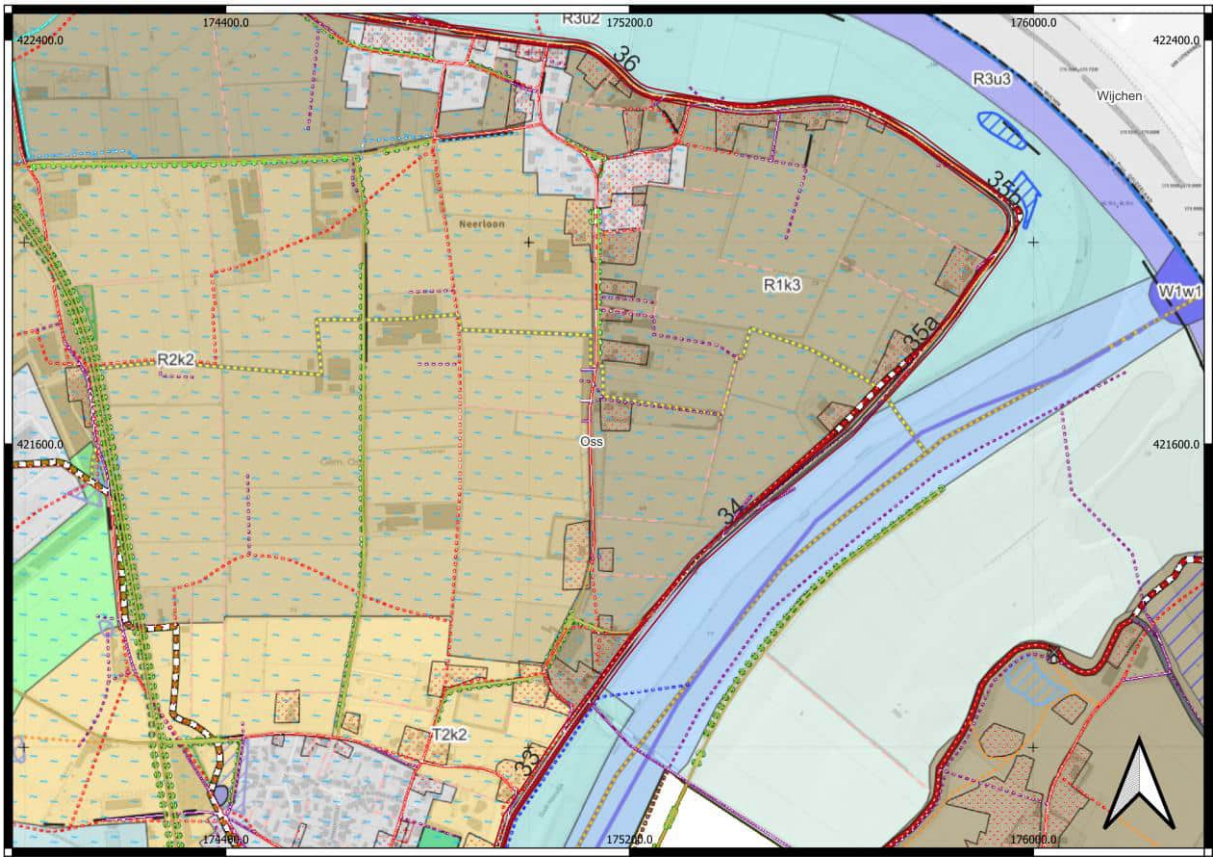
Dijkvak 32-33
Er is binnen het terrein sprake van onregelmatige nat-droge kampontginning op een terrasvlakte en een onregelmatig verkavelde uiterwaard met perceelsrandbeplanting.
Er is een verdwenen schipbrug bekend naar Keent, een verdwenen sluis op de hoek van de dijk en een deels verdwenen weg van voor 1832. Tegen de dijk zijn diverse historische erven aangegeven.
Op de waarderingskaart van het landschap staat aangegeven dat het plangebied in dijkvak 32 op de rand ligt van een gebied dat is aangegeven als gemiddeld (westzijde) tot een hoge (oostzijde) cultuurhistorische waardering. Dijkvak 33 ligt grotendeels in een zone met een hoge cultuurhistorische waardering.
Op de kaart waardering bouwkunst en stedenbouw is een deel van dijkvak 33 nog niet beoordeeld, maar zijn al wel enkele woningen aangegeven als zijnde met een positieve of hoge waarde. Tevens heeft het gehele gebied bij Overlangel een hoge ensemblewaarde op de CHW kaart.

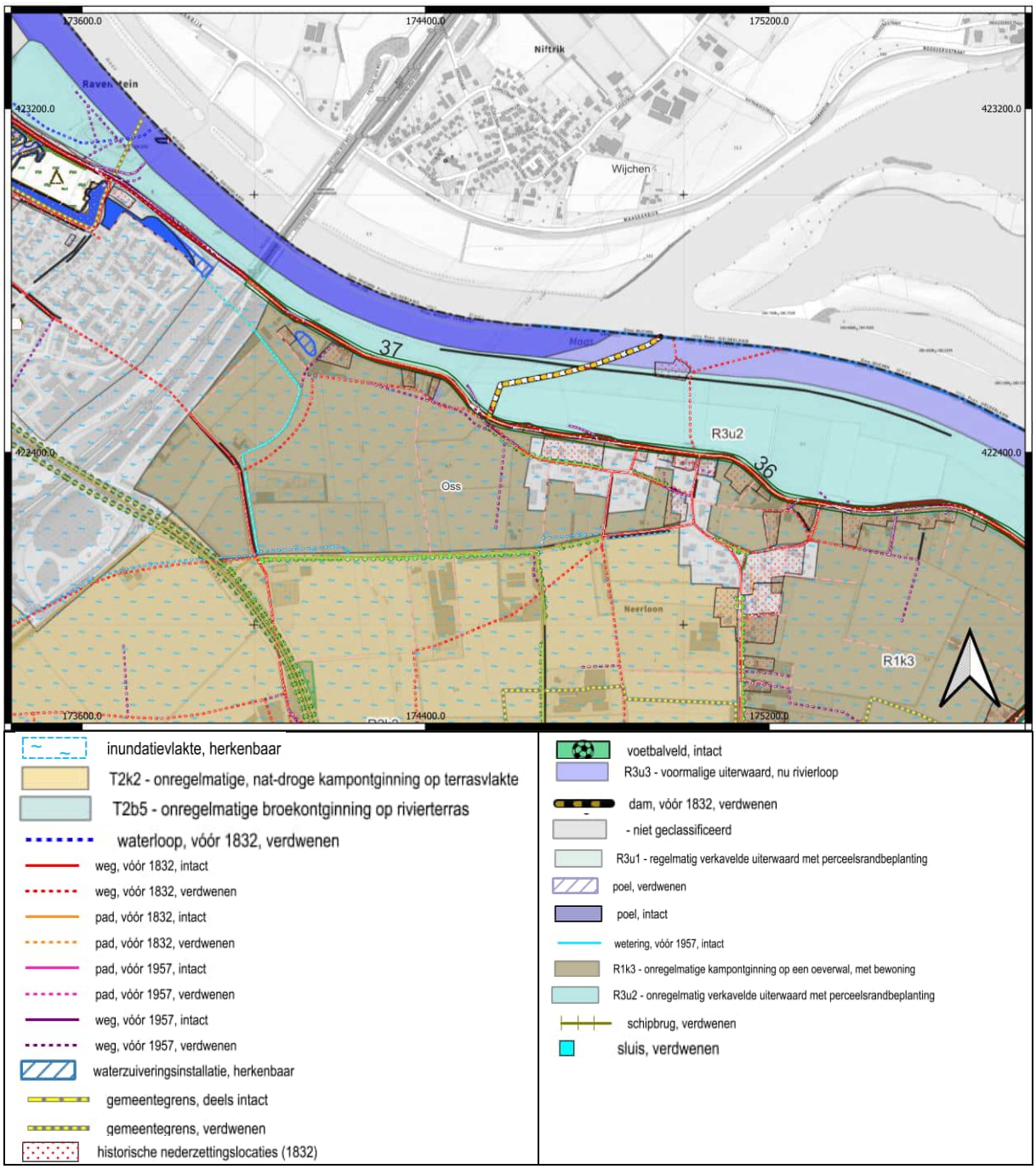
Dijkvak 34-35
In dit gebied is sprake van onregelmatige kampontginning op een oeverwal, met bewoning.
Tegen de dijk zijn opnieuw diverse historische huisplaatsen aangegeven langs de oostkant. Er is een verdwenen poel redelijk dicht tegen de dijk aan gelegen, en diverse deels nog aanwezige historische wegen.
Dijkvak 34 en 35 liggen op de waarderingskaart van het landschap aangegeven als zones met een hoge waardering, met uitzondering van de oostzijde van dijkvak 35, die gemiddeld wordt gewaardeerd.
Op de kaart waardering bouwkunst en stedenbouw staan een aantal gebouwen aan de noordwestzijde van de dijk aangegeven als zijnde met een positieve of hoge waarde.

Dijkvak 36-37
Ook in deze zone is weer sprake van onregelmatige kampontginningen op een oeverwal. Hier zijn tevens diverse historische huisplaatsen aangegeven, en een verdwenen weg, met een verdwenen naar een afgesneden stuk maasmeander.
Ook dijkvak 36 en 37 liggen op de waarderingskaart van het landschap aangegeven met een hoge waardering aan de zuidzijde, en een gemiddelde waardering aan de noordzijde van het plangebied.
Op de kaart waardering bouwkunst en stedenbouw is een groot deel van dijkvak 36 nog niet gewaardeerd, maar zowel binnen dijkvak 36 als 37 staan een aantal gebouwen aan de zuidzijde van de dijk aangegeven als zijnde met een positieve of hoge waarde.

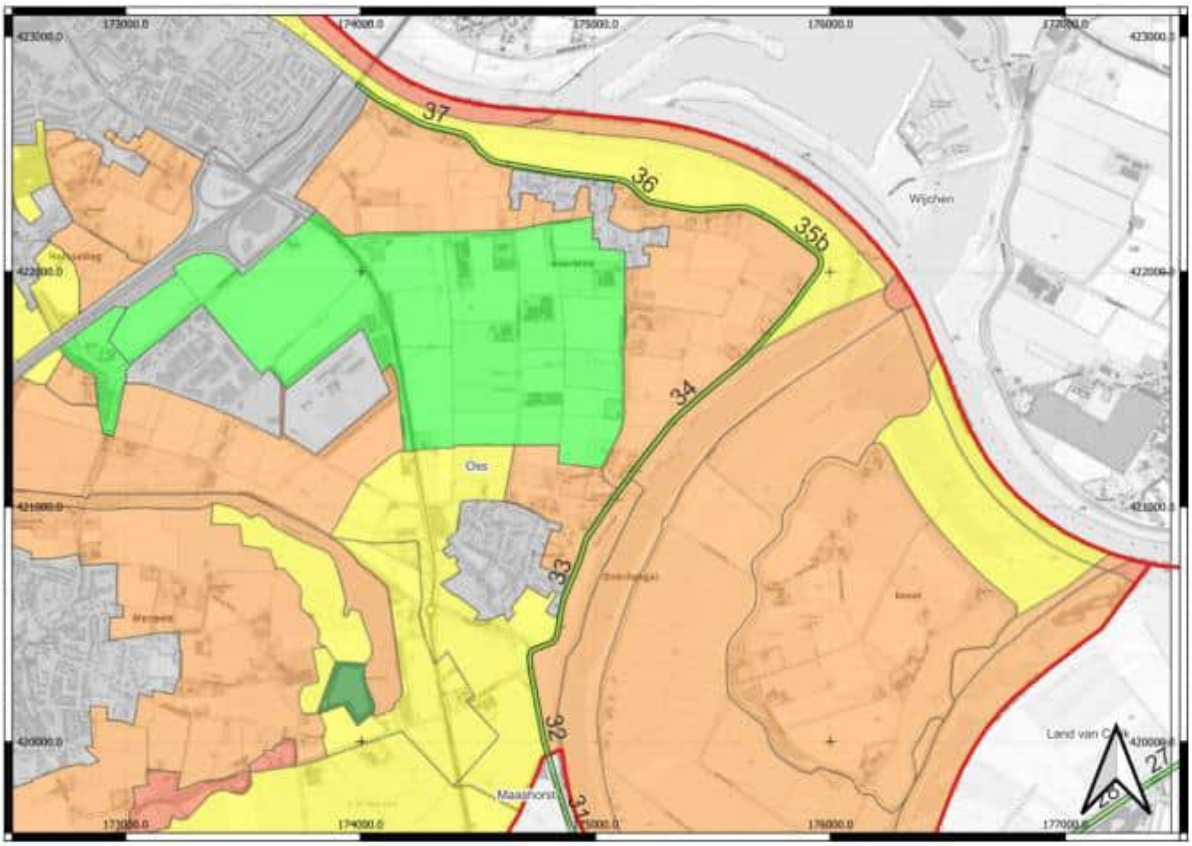
Gemeente Oss algemeen
Op de kenmerkenkaart bouwkunst en stedenbouw (figuur 46) is te zien dat het tracé door een gebied met stedenbouw loopt. Op de waarderingskaart (figuur 47) wordt deze zone gewaardeerd met een hoge waarde.
Op de ensemblekaart van de gemeente Oss is te zien dat het tracé en het verlagingsgebied gelegen zijn in ensemblewaarde 6 en 7 (zie figuur 48).


R2b3
T2k2
R3u2
R3u1
T2b5
Oss
Maashorst
32
4000.0
174500.0
175500.0
420500.0
420000.0


R3u2
R3u3
Wijchen
Neerloon
R1k3
W1w1
R2k2
Oss
T2k2
35a
35b
34
33
36
422400.0
421600.0
174400.0
175200.0
176000.0



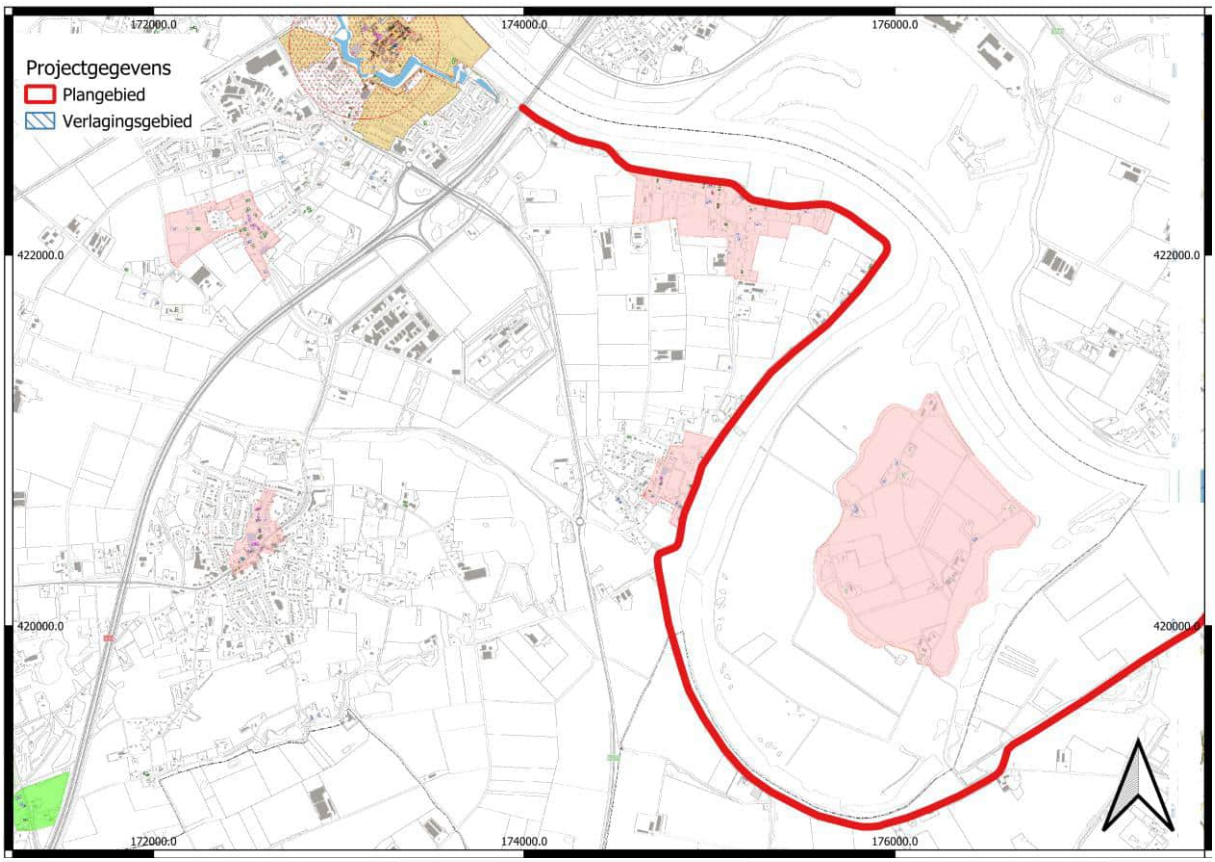
Figuur 44 *Dijkvakken 32 -37 op de kenmerkenkaart landschap van gemeente Oss (naar: Keunen, 2024).*

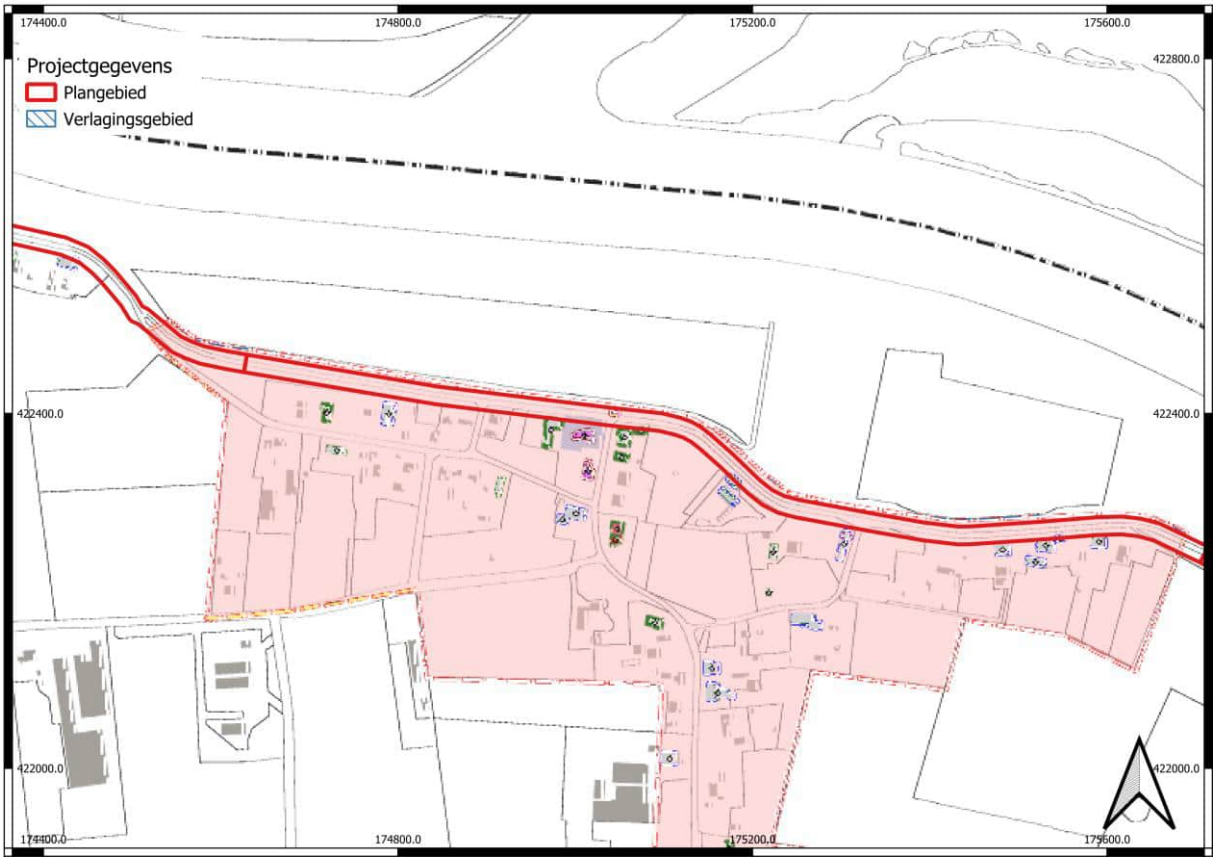


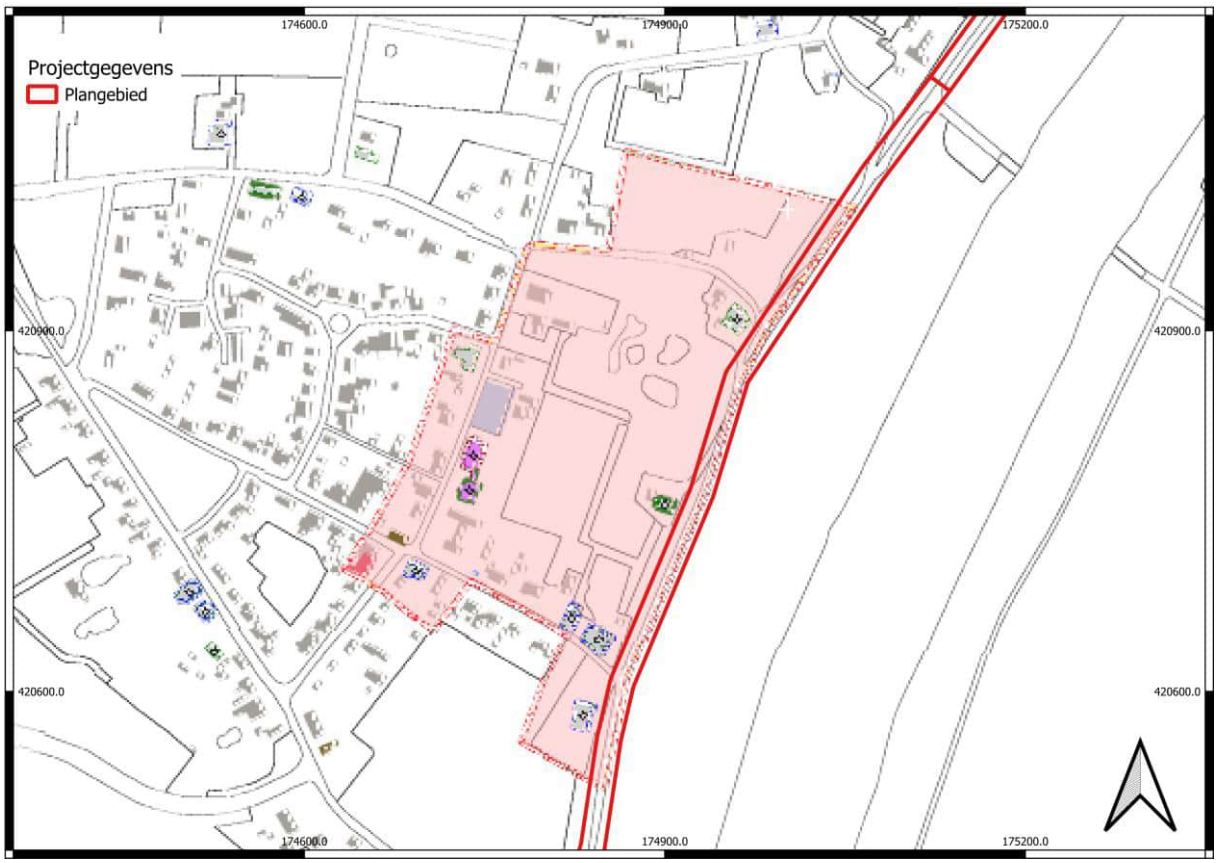
WAARDERING LANDSCHAPPEN

- zeer hoog
- hoog
- gemiddeld
- laag
- zeer laag
- niet gewaardeerd

Figuur 45: het plangebied op de Cultuurhistorische Waarderingskaart Landschap van de gemeente Oss.


Projectgegevens
Plangebied
Verlagingsgebied
172000.0
174000.0
176000.0
422000.0
420000.0


Projectgegevens
Plangebied
Verlagingsgebied
174400.0
174800.0
175200.0
175600.0
422800.0
422400.0
422000.0



HISTORISCHE BOUWKUNST

naar type
- begraven
- bestuur en recht
- handel en administratie
- herdenken
- horeca, sport en recreatie
- industrie en ambacht
- kunst en cultuur
- landbouw en bosbouw
- nutsvoorziening
- onderwijs en wetenschap
- oorlog en defensie
- religie
- verkeer en vervoer
- waterstaat
- wonen

naar status
- potentieel monumentGemeente
- potentieel monument
- rijksmonument
- gemeentelijk monument
- gemeentelijk karakteristiek pand

naar bouwhistorische verwachting
- bouwhistorische verwachting

HISTORISCHE STEDENBOUW

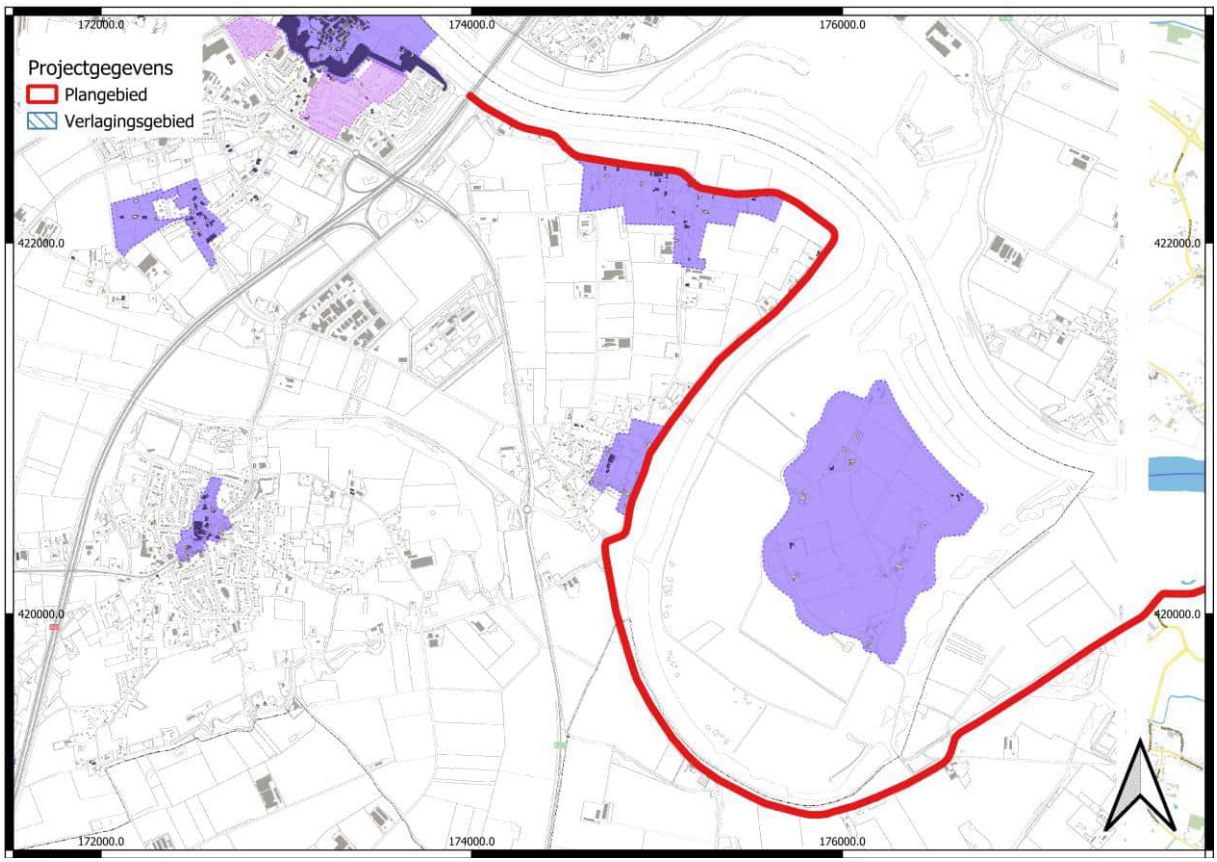
naar type
- dorpsontwikkeling
- landbouw en bosbouw
- religie
- stadsontwikkeling

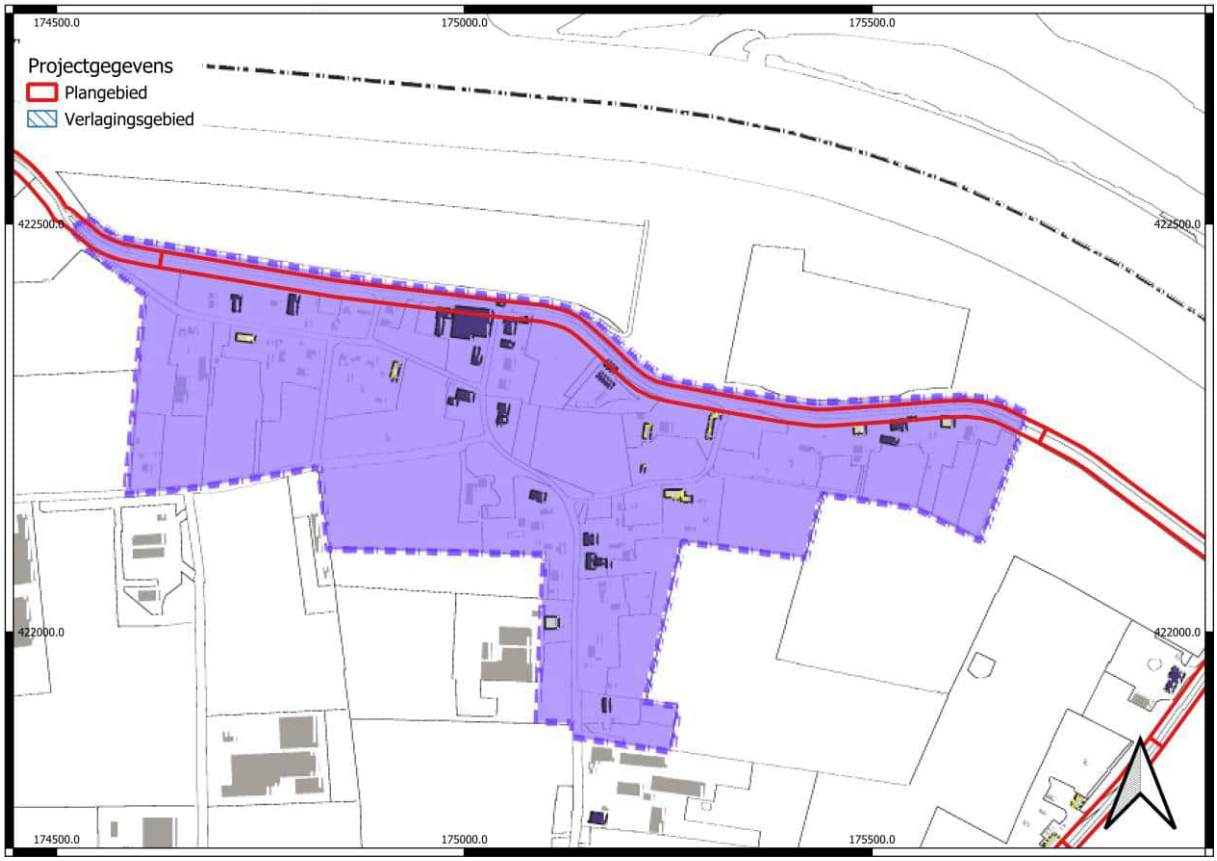
naar status
- beschermd

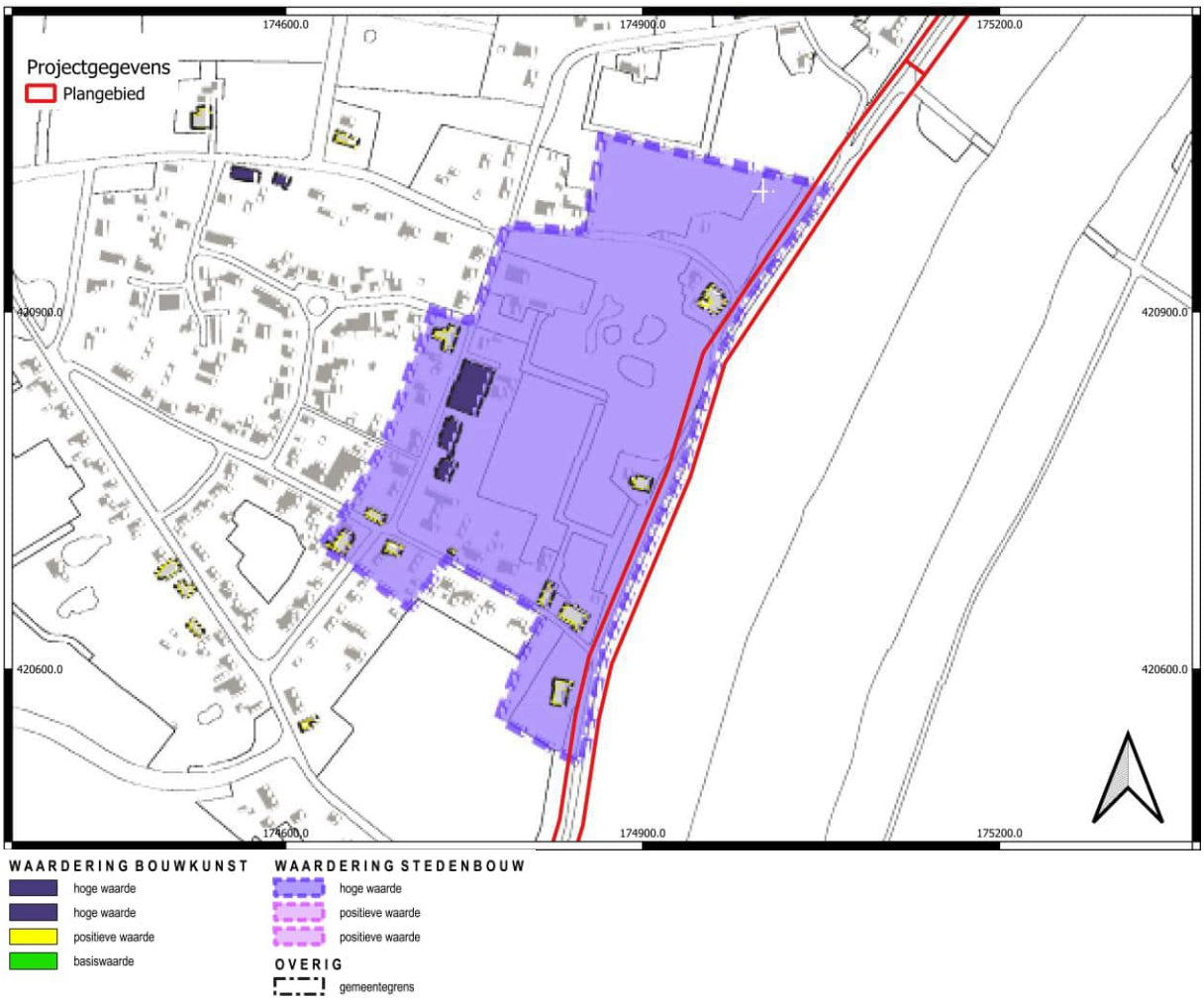
biotopen
- molenbiotoop

OVERIG
- gemeentegrens

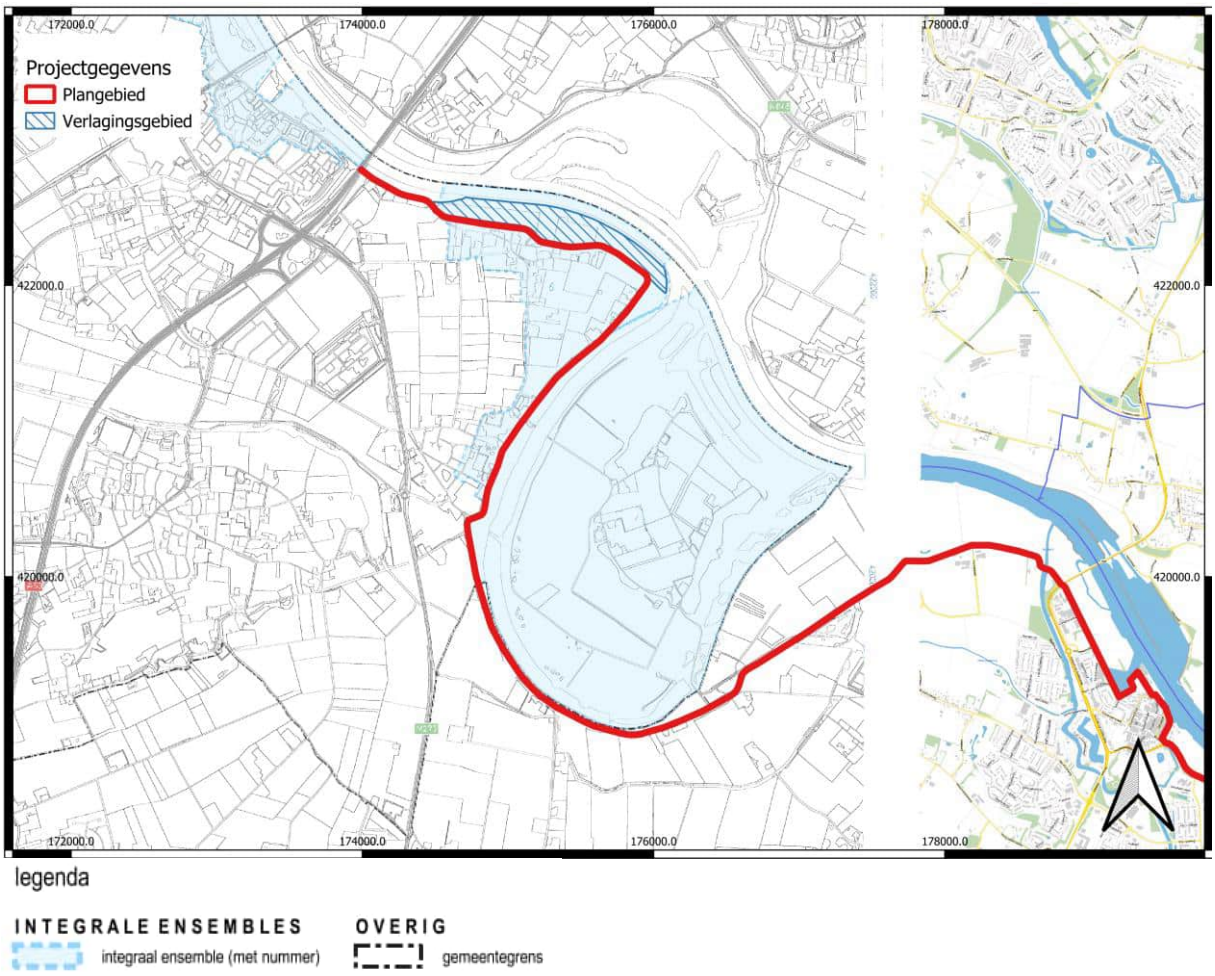
Figuur 46: het plangebied op de kenmerkenkaart bouwkunst en stedenbouw van de gemeente Oss


Projectgegevens
Plangebied
Verlagingsgebied
172000.0
174000.0
176000.0
422000.0
420000.0


Projectgegevens
Plangebied
Verlagingsgebied
174500.0
175000.0
175500.0
422500.0
422000.0



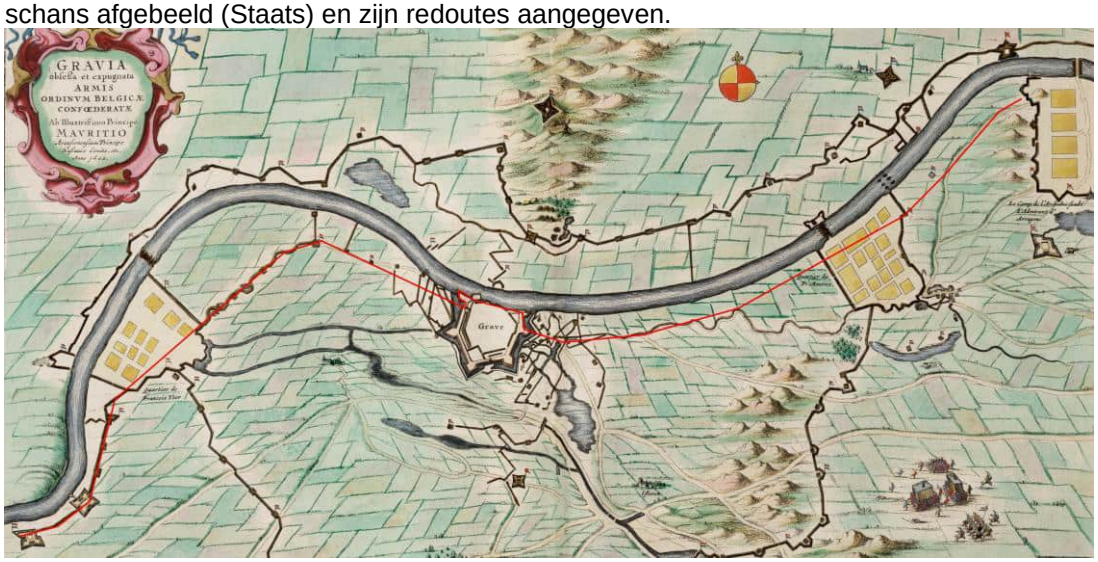
Figuur 47: het plangebied op de waarderingskaart bouwkunst en stedenbouw van de gemeente Oss



Figuur 48: het plangebied op de ensemblekaart van de gemeente Oss

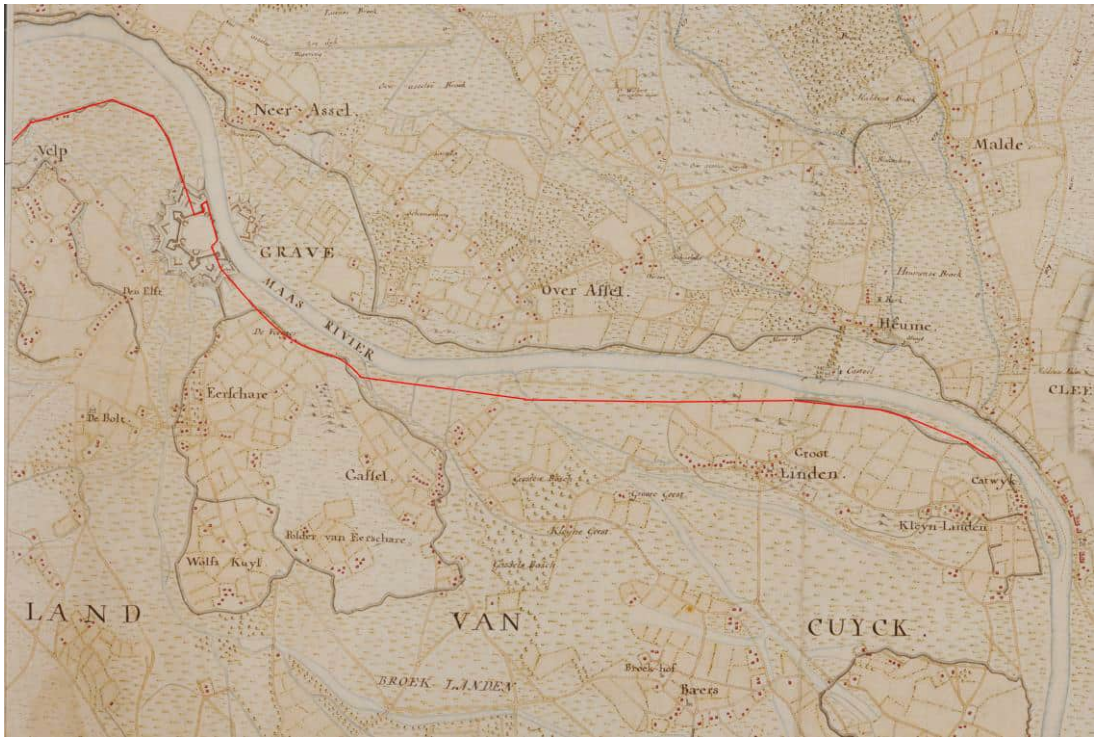
2.4.2 Historische kaarten

De oudste historische kaarten van het plangebied zijn gemaakt van de Spaanse en Staatse troepen en belegeringen. Een bekende kaart van Grave is dan ook het Beleg van Grave door Prins Maurits in het jaar 1602 (figuur 49). Op de kaart is Grave te zien met daar omheen allerlei linies. De Maas en de historische dijken zijn zichtbaar en het legerkamp van de Staatsen aan weerszijden van Grave: bij de Beerse Overlaat in het oosten ligt ‘het kwartier van Prins Maurits’ en aan het Lage Wijth ten westen van de stad ligt ‘het kwartier van Francis Vere’. In de rechterbovenhoek is nog een deel te zien van een Spaans legerkamp nabij Katwijk. In de linkeronderhoek is op de Maasdijk op twee plekken een schans afgebeeld (Staats) en zijn redoutes aangegeven.



Figuur 49 *Globale ligging van dijkvakken 1 t/m 30 op de kaart van het Beleg van Grave door Prins Maurits in 1602 (BHIC). De kaart is noordoost georiënteerd. Deze kaart is niet gegeorefereerd, daarom zijn geen coördinaten aangegeven. Het plangebied is een indicatie.*

Op de kaart van het Beleg van Grave door Prins Maurits uit 1602 is ook te zien dat het gebied laaggelegen is en Grave omringd wordt door water, met delen van de Graafsche Raam in het westen en water ter hoogte van de Beerse overlaat ten oosten. Dit is nog beter te zien op de kaart van 1760 waar het gebied te zien is dat onder invloed staat van de Beerse Overlaat (figuur 50) met de omringdijk van Gassel Escharen en de dijk om Velp. Ook zijn er twee schansen afgebeeld in dijkvak 29 en 30, op de huidige gemeentegrens.



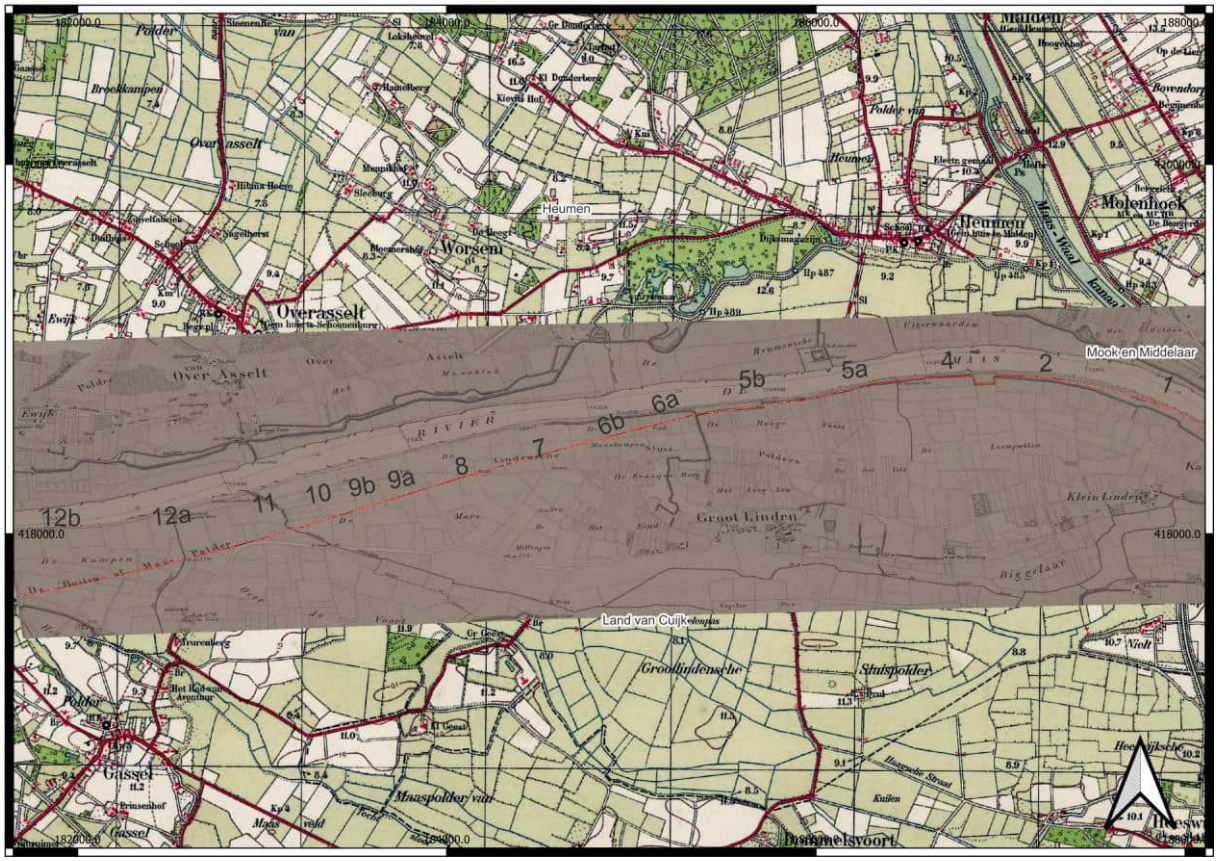
Figuur 50 *Het gebied tussen Cuijk en Grave omstreeks 1760 (BHIC). De kaart is noord georiënteerd. Ook deze is niet exact gegeorefereerd, vandaar het ontbreken van coördinaten. Het plangebied is indicatief aangegeven.*

Op oude topografische en militaire kaarten uit de 19e en vroeg 20e eeuw wordt duidelijk hoe het gebied er uit moet hebben gezien in de tweede helft van de Nieuwe tijd. Te zien is op de Tranchotkaart Nijmegen bij Linden (grofweg dijkvak 1 t/m 6) en de kaart van Mars en Wijthpolder dat het plangebied bijvoorbeeld rond het begin van de 19e eeuw sterk verkaveld was, ten zuiden van de dijk (figuur 51).
Op basis van de kaart van de vestingwerken van Grave uit 1845 dat zowel ten westen als ten zuidoosten van Grave, ter hoogte van het tracé, grote bastions aanwezig zijn geweest en waarvan mogelijk nog resten in de ondergrond verwacht kunnen worden.
Tevens is de kadastrale minuut bekeken uit 1811-1832 (zie bijlage K). De meeste historische en cultuurhistorische elementen uit deze kaart zijn opgenomen in de cultuurhistorische verwachtingskaart van de gemeente Land van Cuijk (zie 2.4.1) zoals historische bebouwing en (deels verdwenen) historische wegen. Het grootste deel van het plangebied is in gebruik als weiland in dijkvak 1 t/m 5. Er is maar weinig bewoning aanwezig in de omgeving. Richting Grave is zijn op deze kaart tevens de vestingwerken aangegeven van de stad, vanaf de zuidzijde van dijkvak 27 is er tevens wat bewoning aanwezig. Ook ten zuiden van dijkvak 30 is er op twee locaties bewoning aanwezig langs de zuidzijde van de dijk. Bij dijkvak 31 is tevens bewoning te zien aan de noordzijde van het onderhavige plangebied. Vanaf dijkvak 32 wordt de bewoning intensiever, nabij Oss. Hier is aan de westzijde van de dijk al veel bewoning aanwezig t/m dijkvak 34, ook in dijkvak 35, 36 en 37 is veelvuldig bewoning aanwezig, zelfs binnen het onderhavige plangebied, waarschijnlijk vanwege het verplaatsen van de dijk.

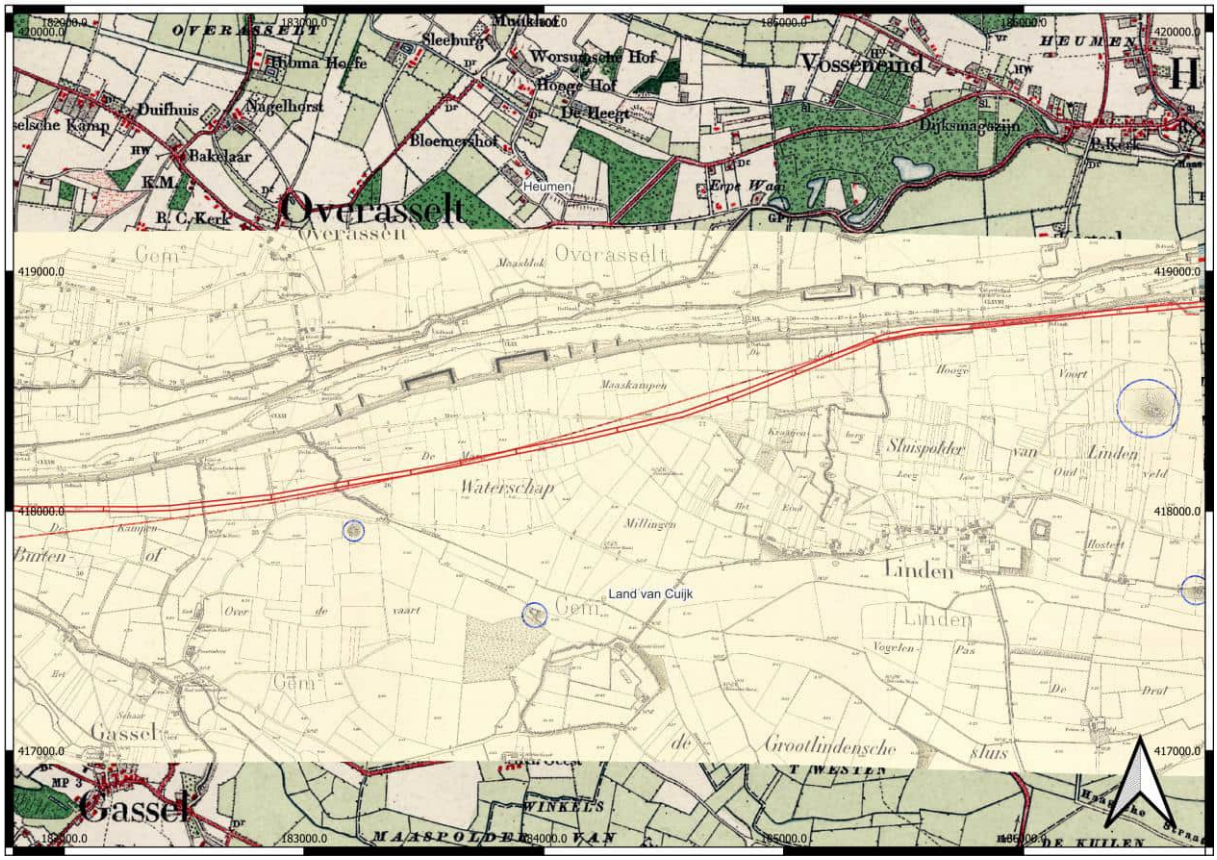
Daarnaast is er gezocht op de historische kaarten naar mogelijke tekenen van de Romeinse wegen in het gebied. In het proefsleuvenonderzoek van BAAC noemen zij dat er mogelijk een bij Overlangel een mogelijk doorwaadbare plaats zijn geweest door de Maas, waar een Romeinse weg langs zou hebben gelegen. Zowel het bureauonderzoek (Grontmij rapport 953) als het voorgaande booronderzoek door BAAC zijn doorgenomen, echter in geen van deze documenten wordt iets over een Romeinse weg genoemd.
Bij Katwijk is reeds een Romeinse weg gelokaliseerd, deels door geofysisch onderzoek, maar bij Neerloon is deze nog niet gelokaliseerd.
Op de paleogeografische kaart van 500 v. Chr. Is geen duidelijk smaller of ondieper deel van de Maas te onderscheiden, wel is er een kleine meander te zien ten noorden van Neerloon. Het is mogelijk dat de stroomsnelheid hier trager was dan in de rest van het gebied, en dat hier een doorwaardbare locatie was. Echter in 100 na Chr. Is deze hel lus verlegd richting de bovenzijde van het plangebied, richting het zuidoosten. Rond 800 na Chr. Is deze lus nog dieper richting het zuiden verlegd, bijna tot zijn huidige ligging.
Ook op basis van historische kaarten zal het lastig zijn om deze zone te reconstrueren, gezien er zoveel verleggingen optraden in het verleden. Ook na onderzoek in diverse onderzoeken in de omgeving, en na navraag bij diverse Heemkundekringen is er helaas niet meer informatie boven water gekomen.



Figuur 51 *Een uitsnede van de Tranchotkaart Nijmegen bij Linden uit 1803-1820 (BHIC).*



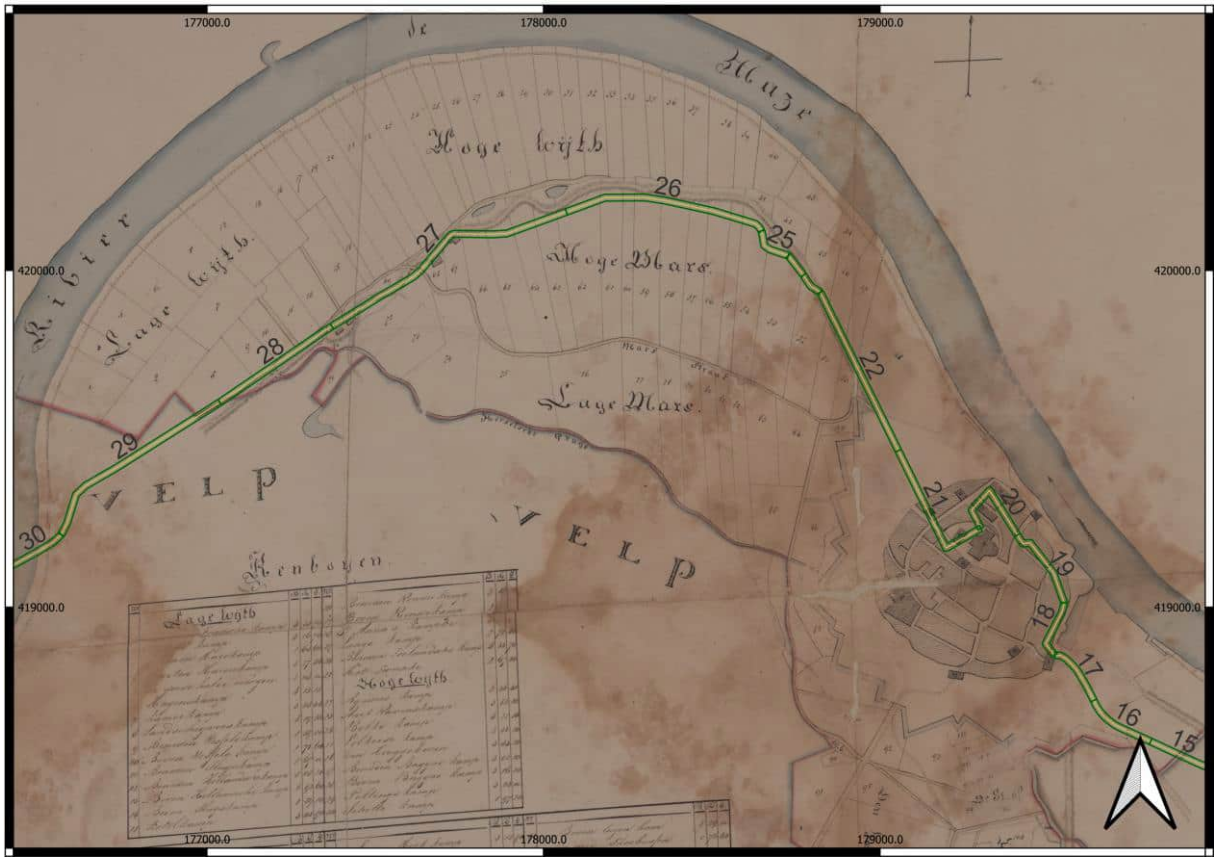
Figuur 52 *Ligging Linden tot Gassel omstreeks 1850 (BHIC).*



Figuur 53 *Het gebied ter hoogte van de huidige Kraaijenbergse Plassen in 1913, waarbij er twee terpen te zien zijn bij Linden en twee bij de Beerse Overlaat (BHIC). De terpen zijn aangegeven middels de blauwe circels. De kaart is noord georiënteerd.*



Figuur 54 *Een afbeelding van de vestingwerken van Grave van 1845 met het stratenpatroon van 1978 (BHIC).*



Figuur 55 *Een uitsnede van de kadastrale kaart van Mars en Wijthpolder uit 1822 (BHIC). De kaart is noord georiënteerd.*



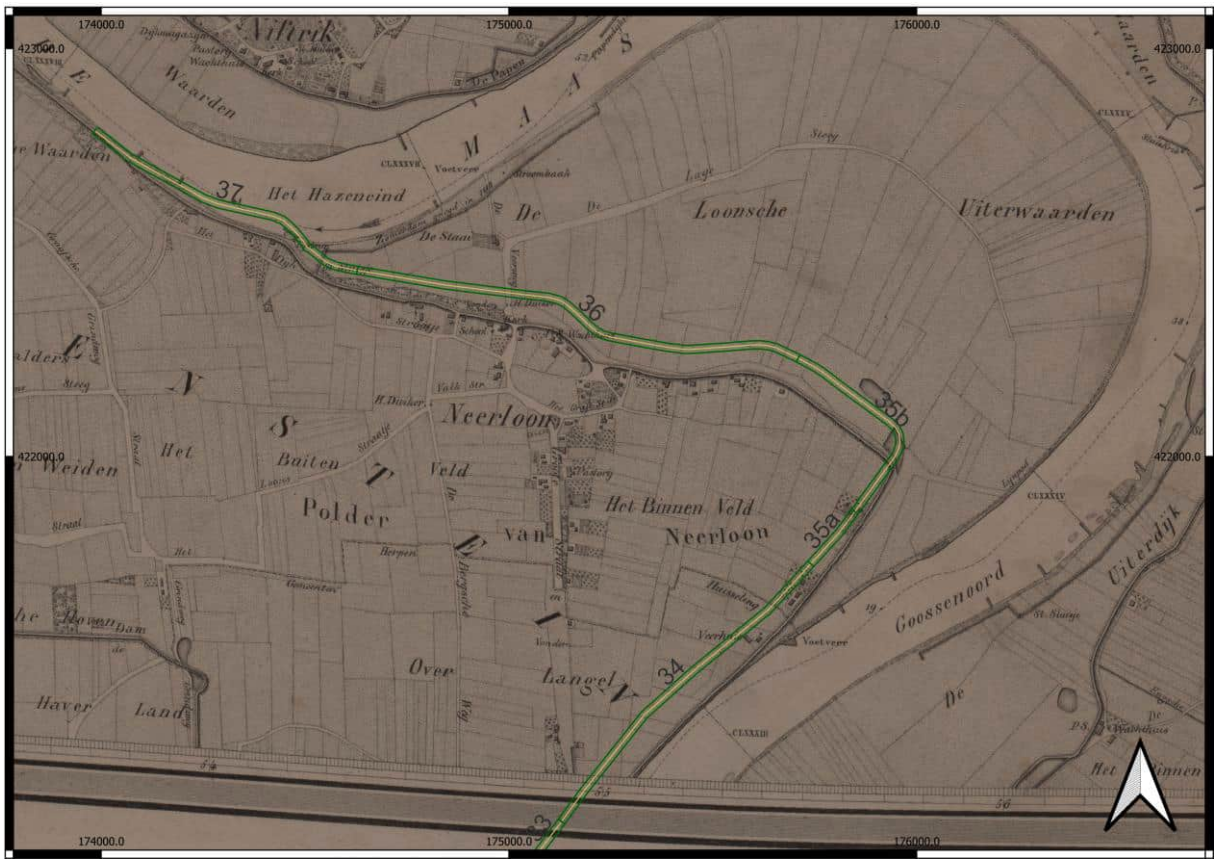
Figuur 56 *Een uitsnede van de polderkaart Mars en Wijth met Velp uit 1829 (BHIC).*



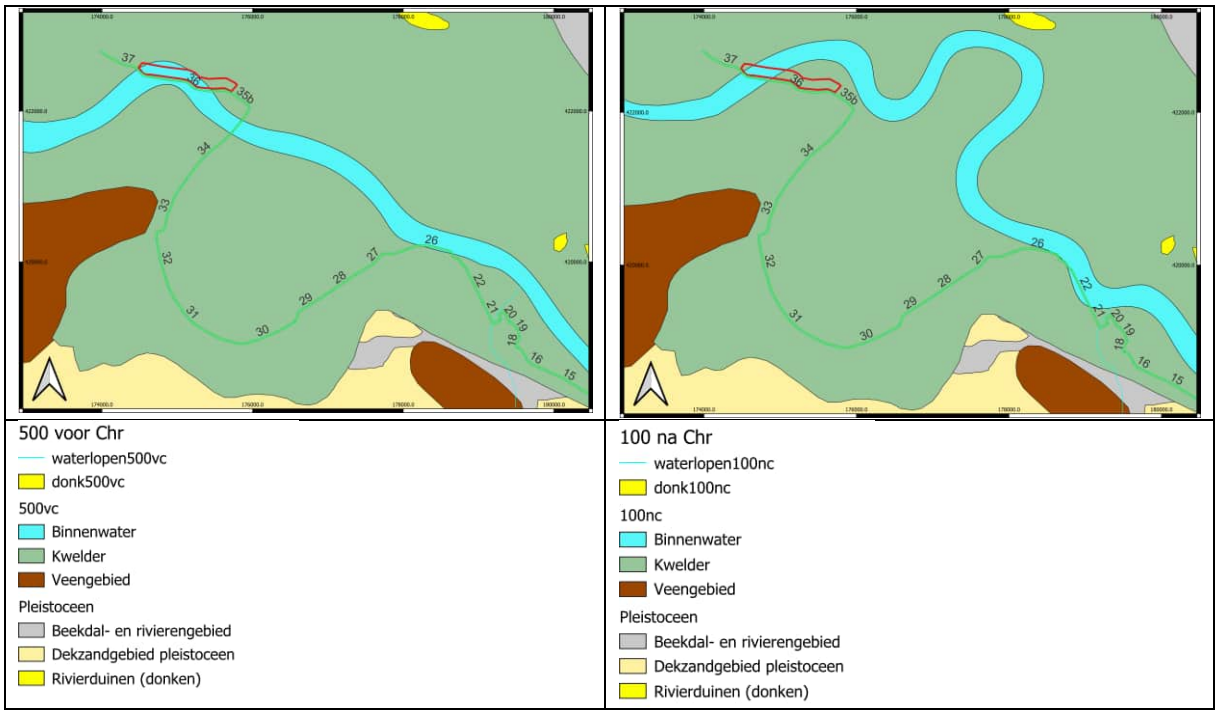
Figuur 57 *Topografische kaart van Grave tot Keent in 1928 (BHIC).*



Figuur 58 *Uitsnede van de kadastrale kaart van Overlangel uit 1891. Het noorden is rechts (BHIC).*



Figuur 59 *Uitsnede van de militaire kaart van Balgoij en Neerloon uit 1850 (BHIC).*



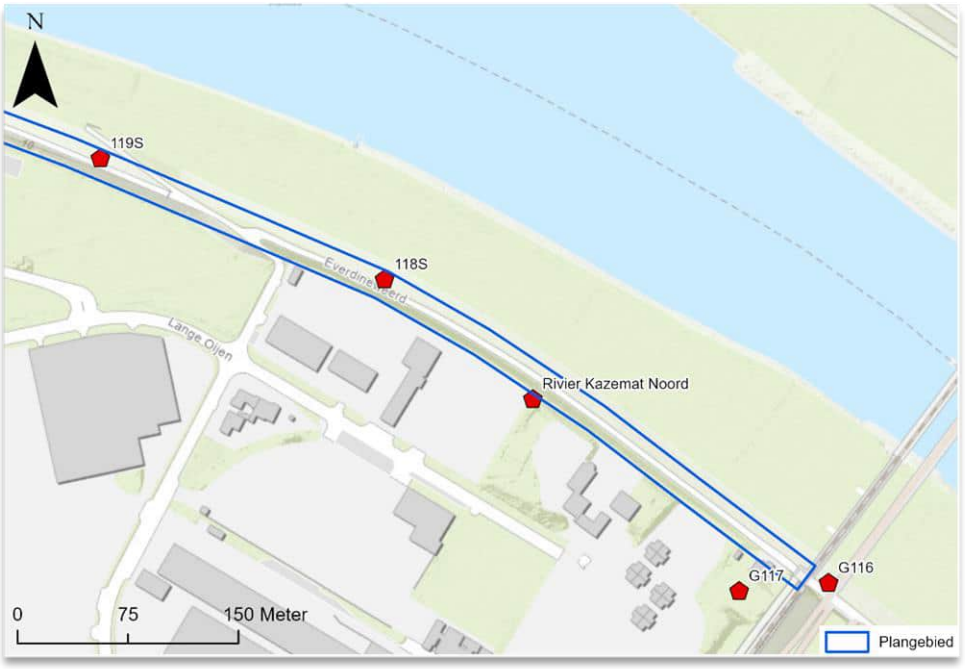
Figuur 60: Het plangebied op de paleogeografische kaart van Vos (2013). Links 500 v. Chr. Rechts 100 na Chr.

2.4.3 Tweede Wereldoorlog

Militair-historisch erfgoed

Het plangebied valt volgens de Indicatieve Kaart Militair Erfgoed (IKME) binnen diverse zones waarbinnen een verhoogde kans bestaat op het aantreffen van militair erfgoed. Het gaat hierbij om de verdedigingslinies Maaslinie en Peel-Raamstelling. Deze waren in de jaren 1930 door de Nederlandse strijdkrachten ingericht om weerstand te kunnen bieden bij een eventuele invasie door Duitsland. De Maaslinie diende als vertragingslinie om het Nederlandse leger de tijd te geven de achterliggende Peel-Raamstelling in gereedheid te brengen. De Peel-Raamstelling werd gebouwd om de eerste aanval vanuit het oosten tegen te houden zodat het Nederlandse leger de tijd kreeg de belangrijkste stellingen in het westen van het land op sterkte te kunnen brengen.

Binnen zowel de Maaslinie als de Peel-Raamstelling zijn vele militaire structuren gerealiseerd in de vorm van verdedigingswerken met een permanent karakter, namelijk kazematten (betonnen bunkers met een gevechtsfunctie). Binnen het plangebied zijn twee van deze gevechtsbunkers gebouwd. Het betreft de kazematten 118S en 199S ter hoogte van de Lange Ooijen en de Everdineweerd te Katwijk bij Cuijk. Beide werken betreffen zogeheten S(tekelvarken)-kazematten. In dezelfde omgeving was op enkele meters buiten het plangebied nog een kazemat aanwezig: de Rivierkazemat Katwijk Noord. De S-kazematten zijn tegenwoordig nog zichtbaar in het landschap aanwezig en aangemerkt als rijksmonumenten; Rivierkazemat Katwijk Noord is in het verleden geamoveerd.



Figuur 61 Positionering Nederlandse kazematten uit de jaren 1930 ter hoogte van het oostelijke deel van het plangebied (Katwijk-Cuijk).

Navolgend zijn nadere gegevens van de boven besproken kazematten weergegeven.

Kazemat 118S en 119S

Categorie	Informatie
Model	S (3k) (stekelvarken)
Bouwjaar	1939
Muurdikte dak / front	0,8m / 1m gewapend beton
Nummer rijksmonument	420214
Bijzonderheden	Met klimkoker, nog aanwezig







Figuur 62: *Foto's van kazemat 118S.*
Bron: www.tracesofwar.nl, privécollectie Hein Veld via www.standhouden.nl.



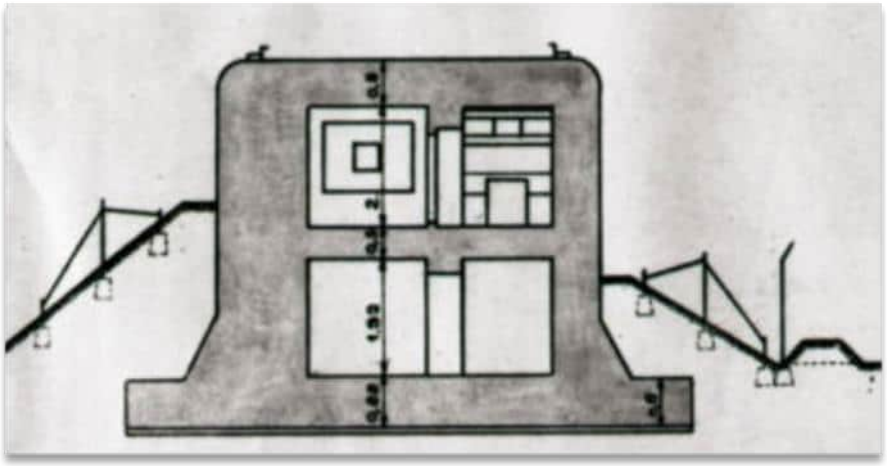


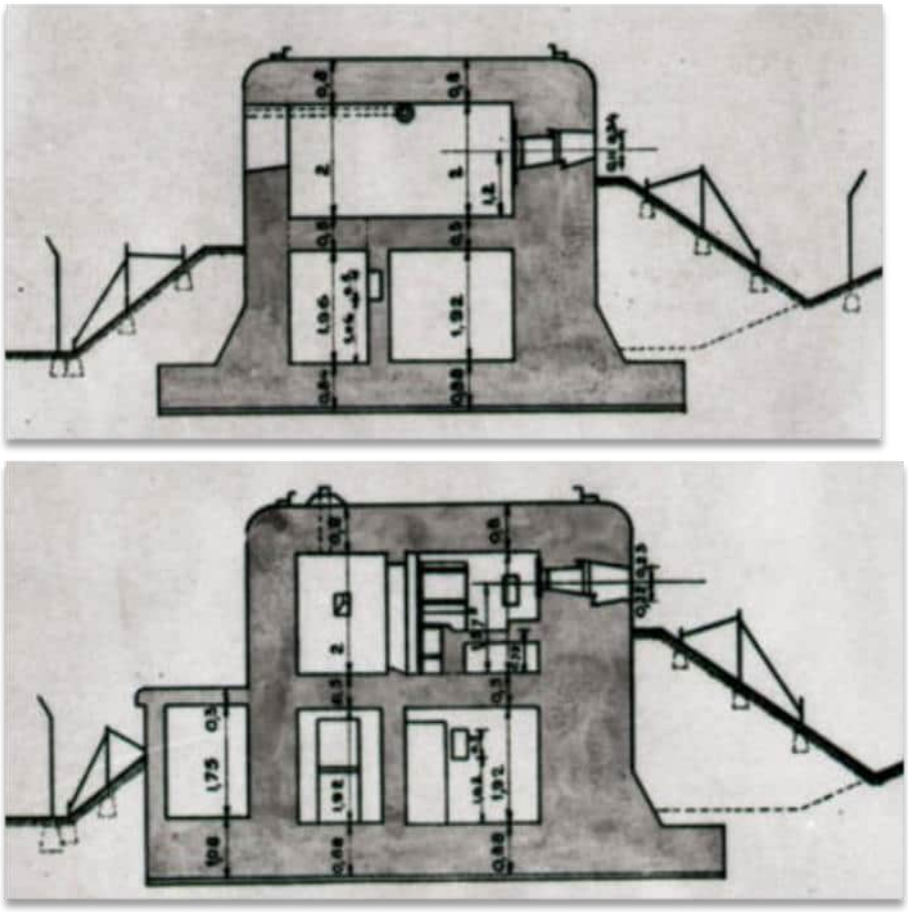


Figuur 63: Foto's van kazemat 119S.
Bron: www.tracesofwar.nl, privécollectie Hein Veld via www.standhouden.nl.

Rivierkazemat Katwijk Noord

Categorie	Informatie
Model	Type B
Bouwjaar	1936
Muurdikte dak / front	0,8m / 1.50m gewapend beton
Nummer rijksmonument	Nvt (gesloopt), de identieke Rivierkazemat Katwijk Zuid is nog wel in situ en is een Rijksmonument onder nummer 420215
Bijzonderheden	Kazemat met twee verdiepingen, gesloopt





Figuur 64: Doorsnedetekeningen van Rivierkazemat Katwijk Noord.
Bron: www.standhouden.nl.





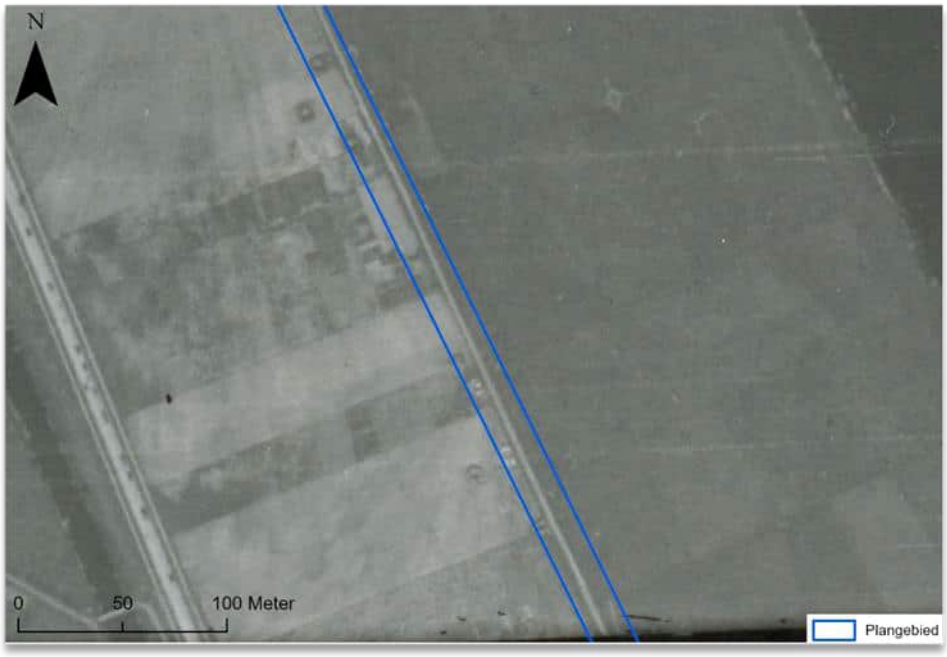
Figuur 65: Foto's van Rivierkazemat Katwijk Noord van vòòr de sloop. Goed zichtbaar is de schade die tijdens de gevechten in mei 1940 is ontstaan.
Bron: NIMH.

Aan de oostkant van Grave waren in het kader van de Peel-Raamstelling diverse kazematten gebouwd door de Nederlandse strijdkrachten. Verder waren ten westen van het stadje, ter hoogte van de verkeersbrug (tegenwoordig John S. Thompsonbrug, N234) en het gemaal 'Van Sasse', nog twee rivierkazematten gerealiseerd. De kazematten rond Graven waren alle buiten de contouren van het plangebied gesitueerd.

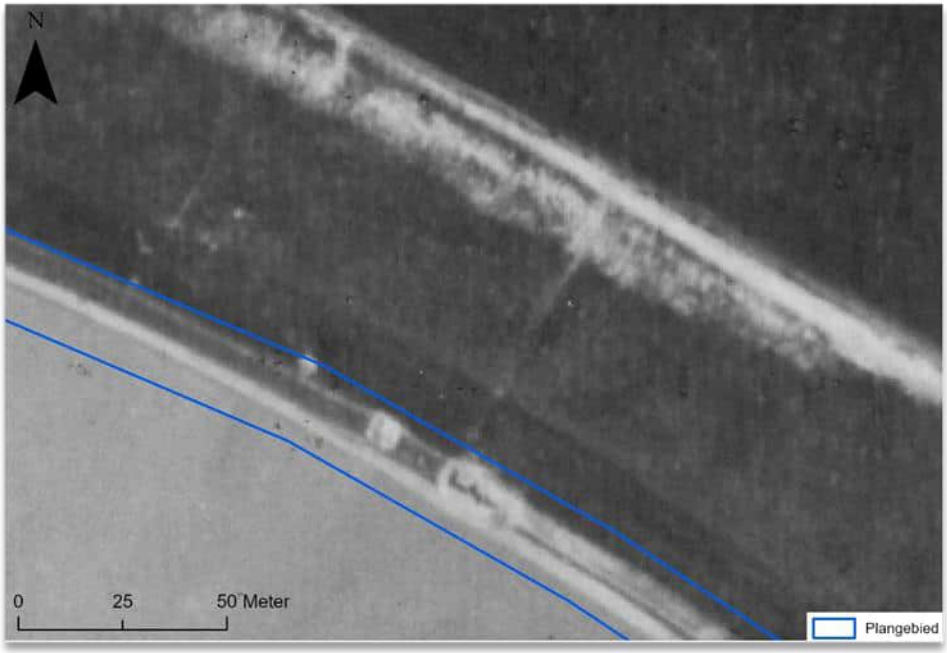
Tijdens de Tweede Wereldoorlog (1940-1945) werden nog diverse militaire structuren aangelegd in en in de directe omgeving van het plangebied. Het betrof semipermanente (aarden, hout) verdedigingswerken als geschutopstellingen, wapenopstellingen en loopgraven. De maximale diepte van deze werken betrof naar inschatting 2 m-mv.



Figuur 66: Wapenopstelling bij de verkeersbrug bij Grave in september 1944 (tegenwoordig John S. Thompsonbrug).
Bron: www.prinsesirenebrigade.nl.



Figuur 67: Uitsnede van een luchtfoto van 19 september 1944 waarop stellingen zichtbaar zijn binnen en nabij het plangebied ter hoogte van de Koninginnedijk te Grave.



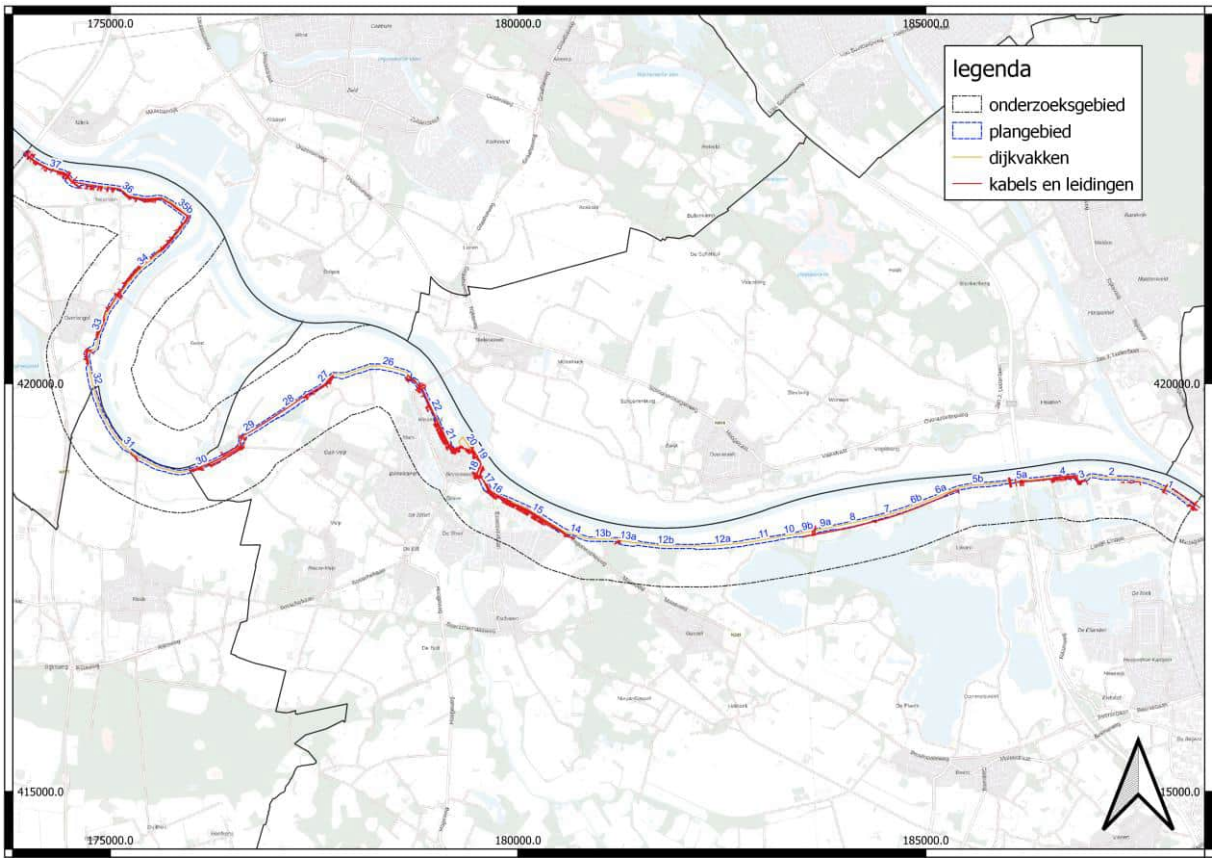
Figuur 68: Uitsnede van een luchtfoto van 17 april 1945 waarop stellingen zichtbaar zijn binnen het plangebied ter hoogte van de Everdingeweerd te Katwijk-Cuijk.

2.5 Ondergrondse bouwhistorische waarden en mogelijke verstoringen

In het plangebied is ter hoogte van de historische stad Grave en de vestingwerken om Grave bebouwing bekend op basis van historische kaarten en een archiefinventarisatie van bekende structuren in vesting Grave[60] en worden ondergrondse bouwhistorische waarden verwacht. De kademuur van Grave is een Rijksmonument.

Volgens de verstoringsbronnenkaart[61] van de RCE zijn er verstoringen aanwezig in grote delen van het plangebied vanwege de 20e -eeuwse landinrichtingsprojecten. De oude restgeul van de Maas, de buitendijkse percelen buiten de Koninginnedijk ten noorden van Grave en de woonwijk ten zuiden van Grave zijn zones waar grootschalige ophogingen en dempingen hebben plaatsgevonden. Het buitendijkse gebied ter hoogte van dijkvakken 6 t/m 15 net als de Lage en Hoge Wijthpolder ter hoogte van dijkvak 25 t/m 30 zijn meegenomen in de ruilverkaveling vanaf 1981. Volgens het bodemloket[62] is er binnen het plangebied geen sprake van een verdacht gebied of reeds uitgevoerde bodemsanering op deze locatie. Ontgrondingen en eerdere werkzaamheden door het waterschap konden voor het deel tussen Katwijk en Grave niet worden achterhaald.

Binnen het plangebied zijn er langs grote delen van het tracé kabels en leidingen aanwezig (figuur 69 en 70). In dijkvakken 6 t/m 14, 26 en 30 komen bijna geen kabels en leidingen voor, deze liggen dan voornamelijk binnendijks aan de voet of in het talud. Deze kabels en leidingen komen in een leidingsleuf voor langs de dijk. In de kernen zoals in Grave en bij Neerloon zijn de kabels en leidingen overal aanwezig parallel en dwars op het tracé, in dijkvak 20 zijn geen kabels en leidingen bekend. In en rondom Grave gaat het om kabelsleuven aan de binnenkant van de dijk en de kade.

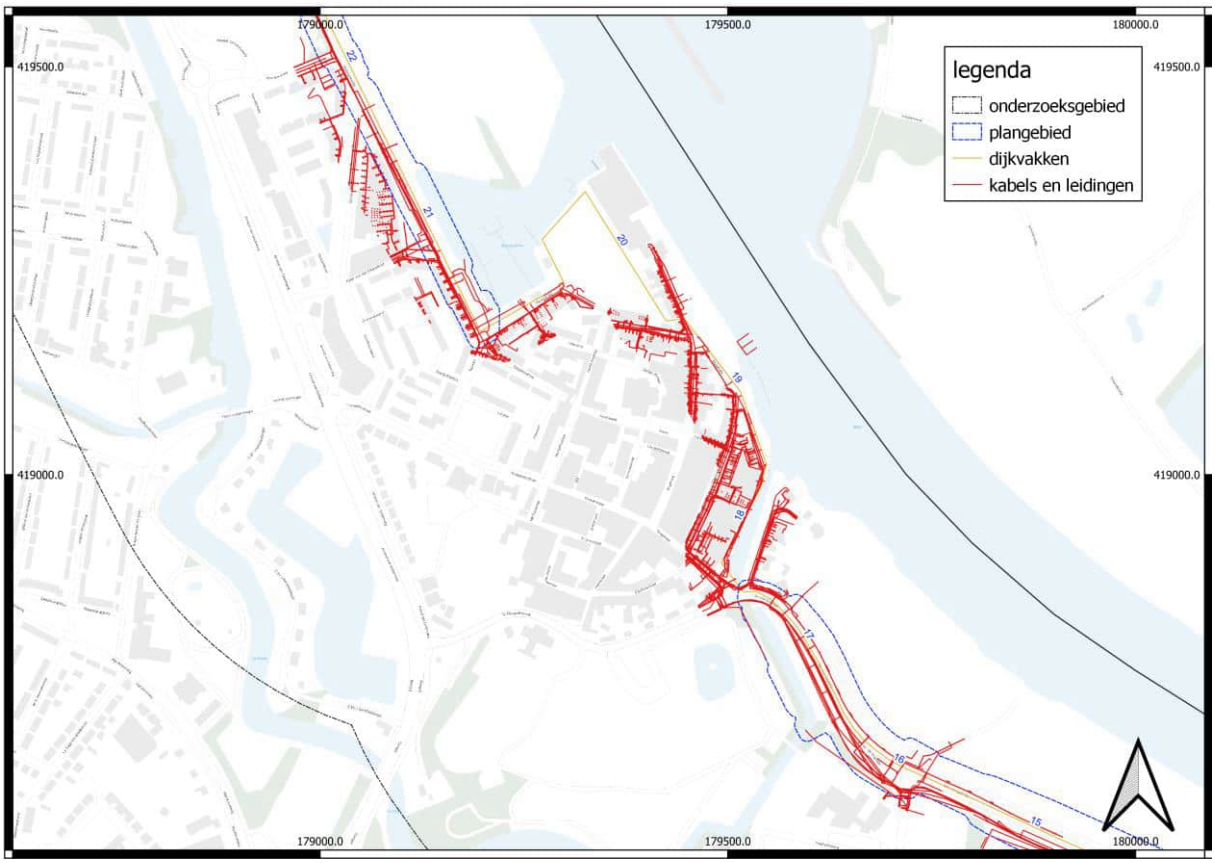


Figuur 69: *Verspreiding van kabels en leidingen in het plangebied.*

[60] Molenaar, J., 2023. Inventarisatie van ondergrondse bouwkundige waarden in Grave

[61] Geraadpleegd via https://rce.webgispublisher.nl/Viewer.aspx?map=Verstoringsbronnenkaart

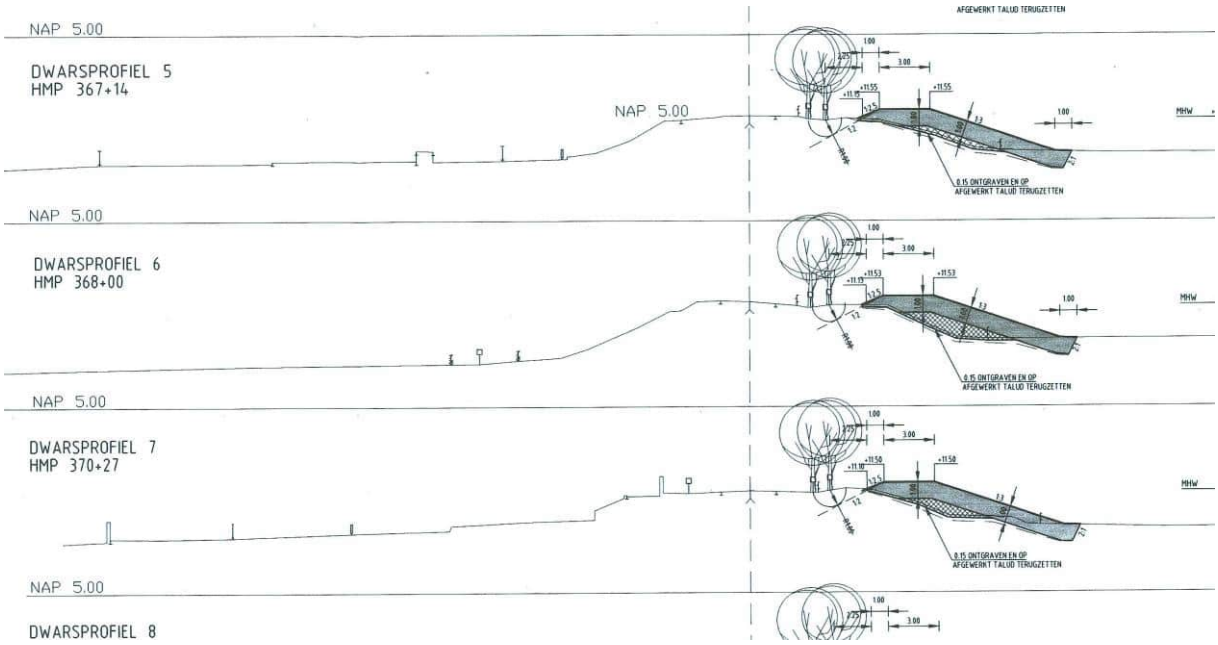
[62] www.bodemloket.nl



Figuur 70: *Kabels en leidingen in Grave.*

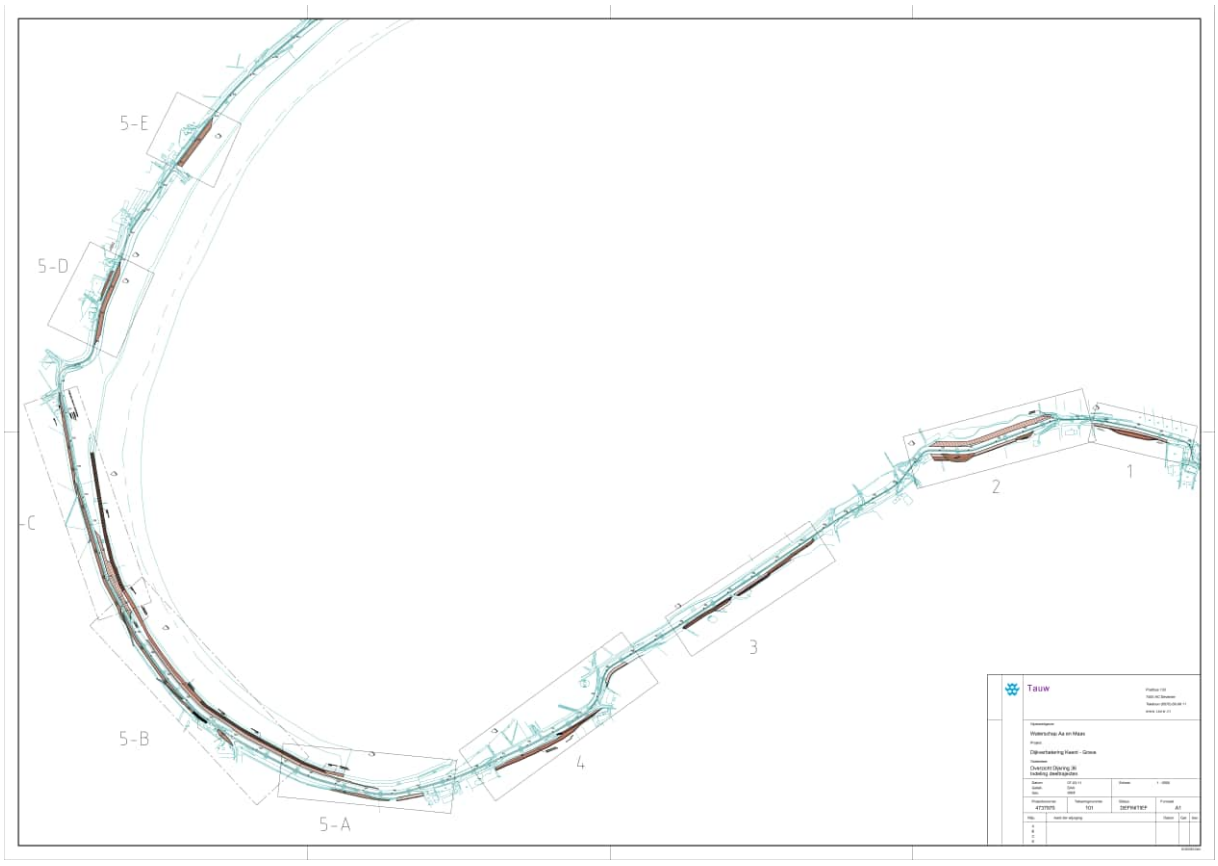
Eerdere dijkversterkingsprojecten
In 1998 is door Grontmij een dijkversterkingsproject uitgevoerd voor het traject Grave-Neerloon. Hierbij zijn werkzaamheden uitgevoerd zoals het graven van teensloten en teelaarde en grond afgraven tot een onbekende diepte.

In 1998 zijn de dijkversterkingen voor traject Neerloon-Demen uitgevoerd door Arcadis. In de hoek van de dijk ten oosten van Neerloon (huidige dijkvak 35B) zijn horizontale kwelschermen aangelegd, waarbij de grond tot 1 m in de uiterwaarde aan de voet van de dijk is vergraven. De rest van de dijk langs Neerloon is verbreed en verhoogd door buitendijks het talud deels af te graven ter hoogte van de bomenrij met circa 1 m -mv en op te hogen tot circa +11,5 m NAP.



Figuur 71: *Dwarsprofielen langs de bomenrij van Neerloon (Arcadis, 1998).*

In 2011 is rondom de Keent, grofweg de huidige dijkvakken 25 t/m 32 een pakket maatregelen getroffen t.b.v. dijkverbetering. Deze plannen zijn ontworpen door Tauw. Tijdens het project zijn zowel binnendijks als buitendijks werkzaamheden uitgevoerd in de vorm van taludverflauwingen waarbij het onduidelijk is of en hoeveel er van het talud is vergraven. Uitgegaan kan worden van de standaardwerkzaamheden van 30 cm toplaag afgraven en herstellen. Tijdens het project zijn ook klei-inkassingen uitgevoerd. Langs een deel van de Maasdijk in gemeente Maashorst is de grond buitendijks afgegraven tot plaatselijk 1,5 m -mv, waarna er een kleilaag is aangebracht van 1 m en een toplaag van 0,5 m is hersteld.



Figuur 72 *Overzicht van de locaties van de werkzaamheden uit 2011 (Tauw).*

3. Gespecificeerde archeologische verwachting

Op basis van de tijdens het bureauonderzoek verzamelde gegevens is een gespecificeerd verwachtingsmodel opgesteld per deelgebied.

Archeologische verwachting

Dijkvak 1 t/m 3
In het gebied ter hoogte van de haven van Cuijk is er een lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. Er geldt op de oeverafzettingen van de Maas een hoge verwachting voor archeologische resten uit de Romeinse tijd, waaronder een mogelijke Romeinse weg in dijkvak 1, en Vroege Middeleeuwen. Ook is er in de omgeving een Romeins urnenveld aangetroffen. Andere resten uit de Romeinse tijd kunnen zijn beschoeiingen, mijlpalen, etc.
Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.
Er geldt een middelhoge verwachting voor archeologische bewoningsresten uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd. Rondom de bekende kazematten langs de Maas en langs de spoorbrug kunnen archeologische resten worden aangetroffen uit de Tweede Wereldoorlog. Het kan hier gaan om schutterputjes, loopgraven, grachten en linies en losse resten. Deze resten kunnen voorkomen vanaf het maaiveld. In dijkvak 1 en 2 komen tevens militaire terreinen voor, naast drie bekende kazematten.

Dijkvak 4 en 5
Er geldt lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. Er geldt op de oeverafzettingen van de Maas een hoge verwachting voor archeologische resten uit de Romeinse tijd en vroege Middeleeuwen.
Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.
Resten uit de late Middeleeuwen en Nieuwe tijd hebben een lage trefkans, deze kunnen vanaf de bouwvoor aanwezig zijn.
Ter hoogte van dijkvak 5 is nog een deel van de dijk intact aanwezig. Ook kruist er een deels verdwenen waterloop de dijk. Aan dijkvak 5 is mogelijk nog een deel van de aanzet aanwezig van het dijkrelict de Beerse Overlaat. Over de dijk steekt een deels verdwenen pad over.

Dijkvak 6 t/m 10
Er geldt een middelhoge tot hoge verwachting voor archeologische resten vanaf het Laat-Paleolithicum in de top van terrasafzettingen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en de preboreale loop van de Maas in dijkvak 9. Er geldt een hoge verwachting voor vindplaatsen uit het Neolithicum, Bronstijd, IJzertijd, Romeinse tijd en Middeleeuwen. Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.
Voor de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd geldt een lage verwachting voor bewoningsresten in de afzettingen van de Beerse Maas (zie Bijlage I). Deze resten kunnen voorkomen vanaf het maaiveld.
Door dijkvak 7 lopen tevens divers verdwenen wegen.

Dijkvak 11 t/m 13
middelhoge tot hoge verwachting voor archeologische resten vanaf het Laat-Paleolithicum in de top van terrasafzettingen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk). Ter plaatse van het voormalige ‘Eiland van Gassel’ kunnen archeologische waarden uit het Paleolithicum tot en met de vroege Middeleeuwen direct onder het plaggendek aanwezig zijn. Deze archeologische verwachting is hoog. Archeologie uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd kan zich op en in het

plaggendek bevinden, hiervoor geldt een lage verwachting voor bewoningsresten op basis van historische kaarten. Een dergelijke bodem kan direct vanaf maaiveld worden aangetroffen (aan de voet van de dijk).

Voor andere zones geldt een middelhoge archeologische verwachting uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. Er geldt op de oeverafzettingen van de Maas een middelhoge verwachting voor archeologische resten uit de Romeinse tijd en vroege Middeleeuwen.
Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.
Voor de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd geldt een lage verwachting voor bewoningsresten in de afzettingen van de Beerse Maas (zie Bijlage I). Deze resten kunnen voorkomen vanaf maaiveld.
Voor de Voor de Beerse Overlaat geldt een lage verwachting voor bewoningsresten uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd (zie Bijlage I).
In dijkvak 12 steekt een nog deels intacte weg de dijk over. Daarnaast steken diverse deels verdwenen watergangen door de dijk. Langs deze watergangen zijn diverse bruggen en duikers aanwezig. Aan de noordzijde van dijkvak 12 zijn diverse scheepswrakken bekend.
Daarnaast bevindt zich binnen dijkvak 12 een verdwenen Spaanse legerplaats en diverse circumvallatielinies. Deze lopen ook deels nog langs de dijk. Deze resten kunnen vanaf het maaiveld aanwezig zijn.
Langs dijkvak 13 zijn nog twee relicten van de Beerse en Hogendijkse overlaat aanwezig. Hierlangs liep tevens een verdwenen weg. In dijkvak 13 is ook een zogenaamd wiel aanwezig, het gevolg van een dijkdoorbraak.

<u>Dijkvak 14 t/m 21</u>
Er geldt lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. De archeologische verwachting voor deze resten is laag tot middelhoog vanwege de vele activiteiten in de Middeleeuwen in het gebied die mogelijk ondiepe sporen verstoord hebben. Er geldt op de oeverafzettingen van de Maas een middelhoge verwachting voor archeologische resten uit de Romeinse tijd en vroege Middeleeuwen.
Het gaat hier om het diepere oeverdek dat kan voorkomen vanaf 0,8 m -mv onder een jonger oeverdek van de Maas uit de Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd.
Voor de periode late Middeleeuwen en Nieuwe tijd is een hoge verwachting. Deze resten kunnen direct onder het maaiveld voorkomen. Deze verwachting hangt samen met de stad Grave, en zijn vele stadsmuren en verdedigingsstructuren vanaf de 13e eeuw. In het gebied zijn tevens vele verdwenen redoutes aangegeven, met bijbehorende circumvallatielinies.
Daarnaast zijn er diverse geschutsopstellingen bekend, naast loopgraven en wapenopstellingen uit de 2e wereldoorlog.
In het noordwesten van Grave is het industrieterrein met circa 1 m opgehoogd: circa +13 m NAP in plaats van rond de +12 m NAP van de kade in het middeleeuwse deel van de stad.
Rond de nog historische dijk kunnen tevens historische huisplaatsen worden verwacht.

In de ondergrond onder Grave is daarnaast nog een stroomgordel aanwezig, de Haren stroomgordel. Op de oeverafzettingen van deze stroomgordel is een middelhoge archeologische verwachting voor de Bronstijd en IJzertijd. Deze afzettingen worden vanaf ca. 4,7 m + NAP of hoger verwacht. Deze stroomgordel wordt waarschijnlijk afgedekt door een kleidek van de Maas dat is afgezet in de late Middeleeuwen.

<u>Dijkvak 22 t/m 30</u>
In dijkvak 27 en 28 is opnieuw sprake van de Haren stroomgordel in de ondergrond. Op de oevers van deze stroomgordel is een middelhoge archeologische verwachting voor bewoningssporen. In de diepere ondergrond zouden echter ook nog Paleolithische en Mesolithische resten kunnen voorkomen, hoewel het mogelijk is dat deze stroomgordel deze heeft opgeruimd. Deze verwachting is daarom laag voor nog eventuele onderliggende Paleolithische stroomgordels. Rondom de stroomgordel is deze verwachting nog wel aanwezig.

De maximale zanddiepte is ca. 4,7 m + NAP, eventuele oeverafzettingen worden boven dit niveau verwacht.
Eventuele archeologische waarden uit de Romeinse tijd en vroege Middeleeuwen kunnen voorkomen op Maasafzettingen, deze archeologische verwachting is middelhoog.
Voor de late Middeleeuwen en Nieuwe tijd is de verwachting tevens hoog. In de omgeving komen veel verdwenen redoutes voor met circumvallatielinies voor uit de Staats-Spaanse tijd. Daarnaast is er ook hier mogelijk een verdwenen legerkamp uit de vroege Nieuwe tijd aanwezig.
Het gebied is onderdeel geweest van de Zuiderfrontier gedurende de 16e tot en met de 19e eeuw. Er geldt een hoge verwachting voor bewoningsresten en resten van militaire activiteit uit de Nieuwe tijd.
Er geldt een lage verwachting voor losse archeologische resten die te maken hebben met de geallieerde dropzone in de Hoge Wijth en rondom de bekende kazematten en het Van Sassegemaal.
Wel zijn er diverse geschutsopstellingen, kazematten en tankgrachten bekend op en rondom de dijk.
In het gebied zijn tevens diverse deels verdwenen watergangen en wegen aangegeven. Daarnaast komt tegen de grens met de gemeente Maasdijk bij dijkvak 30 nog een Schans en twee redoutes voor met diverse circumvallatielinies.
Deze resten kunnen voorkomen vanaf maaiveld.

Dijkvak 30 t/m 32 (gemeentegrens)
Er geldt lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. De archeologische verwachting voor deze resten is laag tot middelhoog
Op de oeverafzettingen van de Maas geldt een middelhoge verwachting voor archeologische vindplaatsen vanaf de Romeinse tijd en Vroege Middeleeuwen. Deze zijn te verwachten op oeverafzettingen die vanaf ca. 80 cm – mv aanwezig zijn onder een overstromingdek.
De archeologische verwachting op bewoningsresten uit de late Middeleeuwen is middelhoog. Er zijn uit deze zone diverse historische erven bekend aan de dijk. Deze resten zijn vanaf het maaiveld mogelijk of onder een dun overstromingdek.
In dijkvak 31 is een verdwenen pad aanwezig. Ook zijn er wapenopstellingen en geschutsopstellingen bekend langs de dijk.

Dijkvak 32 (vanaf de gemeentegrens) t/m dijkvak 34
Er geldt lage tot middelhoge verwachting voor intacte archeologische resten uit het Paleolithicum en Mesolithicum op terrasruggen. Archeologische waarden uit deze perioden kunnen voorkomen vanaf circa 1 m -mv (vanaf de voet van de dijk) en bevinden zich direct onder een Holocene afdekkingslaag van circa 1 tot 1,5 m dik. De archeologische verwachting voor deze resten is laag tot middelhoog
Op de oeverafzettingen van de Maas geldt een middelhoge verwachting voor archeologische vindplaatsen vanaf de Romeinse tijd en Vroege Middeleeuwen. Deze zijn te verwachten op oeverafzettingen die vanaf ca. 80 cm – mv aanwezig zijn onder een overstromingdek.

Ter hoogte van de Harense stroomgordel zijn archeologische resten mogelijk uit de Bronstijd en IJzertijd op de oeverafzettingen. De top van de zandige beddingafzettingen bevindt zich hier op 4,7 tot 4,1 m +NAP, een eventuele oever zal op een hoger niveau liggen.
Daarnaast is er ter hoogte van Overlangel tevens een archeologische vindplaats uit de Bronstijd/IJzertijd aangetoond vanaf ca. 1 tot 1,5 m – mv.

Op de cultuurhistorische waardenkaart (provincie NB) is aangegeven dat op de hoek van de Oude Graafsestraat met de Maasdijk in dijkvak 33 een stenen sluis ligt uit 1950.

De archeologische verwachting uit de late Middeleeuwen en Nieuwe tijd is hoog. In de omgeving is veel historische bewoning bekend, en tevens heeft er ten zuiden van het dorp Overlangel een sluis gelegen, en heeft er een spoorbrug gelopen. Archeologische resten uit de late Middeleeuwen en Nieuwe tijd kunnen voorkomen vanaf het maaiveld. Dit deel van de dijk is tevens een historische dijk.

Dijkvak 35 t/m 37 en verlagingszone
Ook ter hoogte van Neerloon liggen stroomgordels in de ondergrond. Dit zijn de Harense stroomgordel, de Huisseling-Demen stroomgordel en stroomgordel nr. 731.

Voor de stroomgordelafzettingen van 731 geldt een middelhoge verwachting voor resten uit het Neolithicum en Bronstijd. De NAP-hoogte van de top van de zandige beddingafzettingen van deze stroomgordel is onbekend.
Voor de Harense stroomgordel zijn archeologische resten mogelijk vanaf het Neolithicum maar hiervoor geldt een middelhoge verwachting voor de Bronstijd en IJzertijd. De top van de zandige beddingafzettingen bevindt zich hier op 4,7 tot 4,1 m +NAP, een eventuele oever zal op een hoger niveau liggen. Voor de afzettingen van de Huisseling-Demenstroomgordel geldt een middelhoge verwachting voor resten uit het Neolithicum t/m de IJzertijd. Bij eerder onderzoek bij Neerloon in 2016 door Archeodienst[63] zijn de beddingafzettingen van deze stroomgordel aangetroffen op circa 1,8 m -mv (circa +6,3 m NAP).
Daarnaast is in de uiterwaarden van Neerloon een archeologische laag aangetroffen tijdens een geo-archeologisch onderzoek (2413746100). Deze laag is aanwezig op +7 tot +7,5 m NAP (1 tot 1,5 m -mv).

Binnen deze dijkvakken zijn op de cultuurhistorische waardenkaarten tevens diverse historische huisplaatsen aangegeven, en een verdwenen weg naar een afgesneden stuk maasmeander. Bij Neerloon ligt de uiterwaarde in het verlengde van de Loonsestraat (dijkvak 36) een houten duiker en twee stenen duikers in de richting naar het veerhuis uit de 19e eeuw. Op de grens met dijkvak 37 ligt een stenen duiker, stenen sluis en een lijnbrug.

Voor de oeverwal van de Maas geldt een verwachting voor bewoningsresten uit de Romeinse tijd, Vroege Middeleeuwen, Late Middeleeuwen en Nieuwe tijd. In de uiterwaarden ten noorden van Neerloon geldt een hoge verwachting voor een nederzetting uit de Late Middeleeuwen op basis van het reeds uitgevoerde onderzoek van BAAC. Deze resten zijn vanaf de bouwvoor, of onder een dun overstromingsdek te verwachten.[64] Er is kans op een historische vindplaats uit de Middeleeuwen ten zuiden van het gebied wat reeds is onderzocht door BAAC.
Vanaf het maaiveld kunnen resten van historische erven worden verwacht en de aanzet naar een kade aan de noordzijde van de dijk, evenals een veerhuis in de uiterwaarden.
Daarnaast lopen er door het gebied diverse deels verdwenen historische wegen.

Uit diverse bronnen is tevens bekend dat er een Romeinse weg aanwezig zou zijn in de omgeving van Neerloon. Dit zou een doorwaardbare plaats zijn geweest waar een zandweg naartoe liep. Op zowel historische als paleogeografische kaarten zijn hier echter geen aanwijzingen naar gevonden. Ook liep navraag bij de diverse heemkundekringen op niets uit.

Archeologische waarden gerelateerd aan natte context
Er kunnen tevens vondsten gedaan worden die gerelateerd zijn aan natte contexten. Deze verwachting is middelhoog tot hoog vanaf het Neolithicum in het gehele plangebied. Voor de periode Paleolithicum en Mesolithicum is deze laag, aangezien vondsten uit deze periode zeldzaam zijn. Vanaf het Neolithicum werden er onder andere beschoeiingen geplaatst langs water, maar kunnen tevens fuiken, waterwerken, visgerei, aanlegsteigers, boten en scheepjes worden aangetroffen. Deze resten kunnen bijvoorbeeld in restgeulen worden aangetroffen. Tevens kunnen rituele deposities worden verwacht.

Omvang van vindplaatstypes
Er kunnen uit het Paleolithicum en/of Mesolithicum jachtkampjes aangetroffen worden met kuil- en/of vlakhaarden en strooiingen van vuursteenvondsten en bijvoorbeeld houtskoolresten met een omvang van ca. 50-100 m^2. Vanaf het Neolithicum kunnen ook nederzettingen (huisplaatsen) aangetroffen worden van 200-2000 m^2. Hier kan aardewerk, dierlijk bot, bewerkt natuursteen, en vanaf de metaaltijden ook metaal worden aangetroffen, en sporen zoals (verkavelings- en erf)greppels, grafvelden, paalgaten, waterputten en afvalkuilen; voor de Late Middeleeuwen/Nieuwe tijd aangevuld met periode specifiek keramiek (aardewerk/steengoed/porselein) en bouwmateriaal (baksteen/dakpan), glas, natuursteen.
Lineaire structuren zoals oude wegen kunnen erg smal zijn, met als voorbeeld Romeinse wegen. Deze vindplaatsen kunnen binnen 10 m doorsnede liggen en bestaan uit een smal wegdek aangevuld

[63] Schorn & Nillesen, 2016.

[64] De Winter, 2016.

met (aangestampt) grind, soms aan weerszijden geflankeerd door een greppel en/of aarden wallen (aggers). Langs een Romeinse weg kunnen individuele graven of grafvelden aanwezig zijn.
Vestingwerken en linies uit de Nieuwe tijd hebben een kleine omvang: circa 200-2000 m^2 of zijn in lineaire structuren aan te treffen. Deze structuren zijn tijdelijk van aard en zijn opgebouwd uit aarden wallen en rechte vergravingen. Er moet gedacht worden aan redoutes, circumvallatielinies, aarden schansen, legerkampen van tenten met aarden wallen en tijdelijke structuren als kleine greppels en vuurplaatsen.
Verdedigingswerken uit de Tweede Wereldoorlog zijn klein van omvang: circa 50-100 m^2, bestaande uit kazematten, aanzetten van tijdelijke bruggen. Daarnaast zijn atypische vindplaatsen mogelijk zoals tankgrachten met een breedte van circa 4m en minstens 1 m -mv, en dropzones, waar enkel een strooiing van vondsten kan worden verwacht. Daarnaast dient er rekening te worden gehouden met mogelijke begravingen van militairen.

Conservering
Archeologische waarden kunnen op diverse niveaus voorkomen. Er zijn reeds archeologische waarden uit de late Middeleeuwen en Nieuwe tijd mogelijk direct vanaf het maaiveld, hoewel die mogelijk deels worden afgedekt door Maasafzettingen uit de late Middeleeuwen of Nieuwe tijd. De resten die niet of nauwelijks zijn afgedekt zullen vanwege de dieper gelegen grondwaterstand minder goed geconserveerd zijn. Ook zijn deze resten snel onderhevig aan (semi)recente bodemverstoringen zoals ploegen, vergravingen etc.
Diepere archeologische waarden kunnen zich bevinden vanaf ca. 1 tot 3 m – mv in de top van oudere oeverafzettingen van de Maas, of van andere Holocene stroomgordelafzettingen. Deze afzettingen zijn afgedekt door een pakket overstromingsafzettingen uit de late Middeleeuwen en Nieuwe tijd en kunnen goed geconserveerd zijn, zeker gezien deze zich doorgaans onder het grondwaterniveau bevinden en deze tevens minder snel vergraven zullen worden.
Op een dieper niveau kunnen nog Meso- of Paleolithische resten aanwezig zijn in de top van de pleistocene terrasafzettingen.
Deze zullen echter deels verspoeld zijn door de Holocene rivierafzettingen.
Organische materialen, zoals leer, bewerkt of constructiehout, en textiel zullen waarschijnlijk niet worden aangetroffen in delen waar de grondwaterstand laag is en in de lokaal aanwezige zandbodems. Organische resten (vondsten en paleobotanische resten) zijn mogelijk alleen bewaard gebleven in diepere sporen zoals waterputten- of kuilen en bijvoorbeeld in de zones met natuurlijke kleiafzettingen in de ondergrond die minder gevoelig zijn voor lage grondwaterstanden. In de delen waar de grondwaterstand hoger staat en de bodem bestaat uit klei en leem, zullen organische materialen beter geconserveerd zijn. Deze zullen tevens goed geconserveerd zijn op diepere niveaus in de ondergrond.

Gaafheid
De aanleg van 20^e -eeuwse wegen en bebouwing met bijbehorende ondergrondse infrastructuur kunnen voor de nodige verstoringen hebben gezorgd. Met name in de binnenstad van Grave zullen plaatselijk oudere archeologische resten al sinds de Late Middeleeuwen zijn vergraven. Daarbij dient vermeld te worden dat er sprake is van stadsophogingspakketten die onderliggende lagen hebben afgedekt. Bij grootschalige afgravingen zoals de Kraaijenbergse Plassen zelf en het water van de Haven van Cuijk zijn veel archeologische niveaus vergraven. Tijdens eerdere dijkversterkingen zijn delen van het dijktalud en de uiterwaarden al eens vergraven of verstoord door bijvoorbeeld klei-inkassingen.

4. Conclusie en advies

4.1 Beantwoording onderzoeksvragen

Met de bevindingen en resultaten uit het bureauonderzoek kunnen de onderzoeksvragen worden beantwoord.

- *Welke archeologische waarden zijn in het plangebied aanwezig of kunnen aanwezig zijn? Op welke diepte t.o.v. maaiveld kunnen deze worden verwacht en op welke wijze lopen deze verwachte waarden een risico op verstoring/vernietiging door de uitvoering van de voorgenomen werkzaamheden?*

De aanwezige archeologische waarden en verwachtingen zijn per dijktracé beschreven in hoofdstuk 3.

- *Is het plangebied voldoende onderzocht. Zo nee, welke vorm van nader archeologisch onderzoek wordt geadviseerd?*

In deze fase van het onderzoek is het nog niet mogelijk in detail te onderzoeken wat de invloed van de voorgenomen ingrepen zullen zijn op de archeologische en cultuurhistorische waarden in het plangebied. De uiteindelijke bodemingrepen zijn namelijk ook nog niet voor alle delen van het plangebied bepaald in deze fase van het project. Geadviseerd wordt om archeologisch vervolgonderzoek uit te laten voeren in het plangebied, zodat vastgesteld kan worden of de verwachte niveaus waarvoor in het plangebied een archeologische verwachting is opgesteld (nog intact) aanwezig zijn. In eerste instantie wordt voor het gehele plangebied een verkennend booronderzoek geadviseerd.

4.2 Conclusie

In het plangebied geldt een verwachting voor archeologische resten vanaf het Paleolithicum tot en met de Nieuwe tijd. Er zijn archeologische waarden bekend en veel cultuurhistorische waarden in het plangebied aanwezig. Per deelgebied binnen het dijktracé is een archeologische verwachting opgesteld, waaruit blijkt dat voor het gehele plangebied een verkennend booronderzoek uitgevoerd dient te worden (zie hoofdstuk 3).
Vervolgens wordt na uitvoering van het booronderzoek bepaald of de geplande ingrepen de eventueel aanwezige archeologische waarden zullen aantasten. Tegen deze tijd zullen de plannen ook definitief zijn.

4.3 Advies

Op basis van de resultaten van het bureauonderzoek heeft Sweco Nederland een risicokaart opgesteld waarin in kaart is gebracht waar zich zones in het plangebied bevinden waar een hogere kans is dat archeologische en cultuurhistorische waarden kunnen worden verstoord.
Deze kaart kan als basis worden gebruikt bij de uitvoering van het vervolgonderzoek in de vorm van een inventariserend verkennend booronderzoek. Voor het gehele plangebied wordt dan ook een verkennend booronderzoek geadviseerd.

Selectiebesluit bevoegd gezag

De bevoegde overheden - in dezen de (adviseur van) de gemeenten Land van Cuijk, Maashorst en Oss, provincie Noord-Brabant en de adviseur van de RCE - nemen op basis van dit rapport een besluit. Voor de aan te leggen nevengeul of uiterwaardverlaging en klei-inkassingen bij Neerloon is de Provincie Noord-Brabant de bevoegde overheid voor ontgrondingsvergunningen. Voor Rijksmonumentale kunstwerken en rijksbeschermde archeologische monumenten is de RCE de bevoegde overheid. De mogelijkheid bestaat dat dit besluit afwijkt van het door ons opgestelde advies.

5. Referenties

5.1 Richtlijnen

5.2 Beleidsdocumenten

Boshoven, E.H. & L.J. Keunen, 2024. Archeologie in de gemeente Oss; actualisatie archeologische verwachtings- en beleidskaart. RAAP-rapport 5923. Weesp, RAAP.

Cohen, K.M., S. Arnoldussen, G. Erkens, Y.T. van Popta & L.J. Taal, 2014. Archeologische verwachtingskaart Uiterwaarden Rivierengebied. Deltares-rapport 1207078, versie 11 mei 2014. Utrecht, Deltares.

Keunen, L.J., S.P.H. Bouwmans, C.J.B.P. Frank & J. de Jong, 2024. *Dorp en stad aan de rivier, dorp* en stad op het zand. Een cultuurhistorische waardenkaart van de gemeente Oss. RAAP-rapport 6567. RAAP, Weesp.

Snippenburg, B.J.G., 2023. *Erfgoed in de gemeente Land van Cuijk. Een cultuurhistorische waardenkaart.* RAAP-rapport 6742. RAAP Archeologisch Adviesbureau B.V.

Van Kampen, J., 2024. Het oude behouden voor de toekomst met een beleid van nu. Beleidsnota archeologie gemeente Land van Cuijk 2024. Land van Cuijk, gemeente Land van Cuijk.

Molenaar, J. 2024. Notitie Historische ondergrondse objecten vesting Grave. Dijkverbeteringstraject Cuijk-Ravenstein.

Van de Water, A.E.M. & F.P. Kortlang, 2012. Nota Archeologie Grave. De implementatie van de Wet op de archeologische monumentenzorg in het gemeentelijke beleid.

5.3 Projectdocumenten

Berendsen, H.J.A., 2011. De vorming van het land: inleiding in de geologie en de geomorfologie. Utrecht.

Berendsen, H.J.A., E. Stouthamer, K.M. Cohen & W.Z. Hoek, 2021. *Landschap in delen – De fysisch-geografische regio's*. Utrecht.

Boreel, G., 2017. Fysische geografie, in: Habermahl, D.S. & J. van Renswoude, 2017. Duizenden jaren wonen op een rivierduin. Archeologisch onderzoek naar sporen van nederzettingsactiviteit tussen het Mesolithicum en de Nieuwe tijd te Cuijk-De Nielt. Nederlandse Archeologische Rapporten 44. Amersfoort, RCE.

Hebinck, K.A., 2018. Fysische geografie, in: Oosterbaan & A. Griffioen, 2018. In het hart van de stad: Laat Middeleeuwse bebouwing, vermogende lieden en oorlogsgeweld op het Hofplein in Grave. DNA Rapport 1; Griffioen reeks 1.

Seinen, P., 2023. De Romeinse weg tussen Cuijk en Katwijk aan de Maas, Quo Vadis, waar loopt gij heen… Rapport WGMA/AWN en WAC.

5.4 Conditionerende onderzoeken

Berkhout, M., 2009. Inventariserend veldonderzoek (IVO) dmv boringen: Centrumplan, Gassel, gemeente Grave. Becker en Van de Graaf rapport 25652. Noordwijk, IDDS.

Cornelisse, H. & E. Heunks, 2022. Sleuven op een rivierduin: Proefsleuvenonderzoek (IVO-P), Korte Oijen 3 Katwijk (gemeente Cuijk). Archol Rapport 629. Leiden, Archol B.V.

De Ruiter, D.L. & A.J. Wullink, 2015. Grave, Hogendijk, gemeente Grave. Archeologisch bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek (IVO; verkennende fase). Transect-rapport 649. Utrecht, Transect.

De Winter, J., 2016. Neerloon (gemeente Oss) NVO-2, traject Neerloon; inventariserend veldonderzoek door middel van proefsleuven. BAAC-rapport A14.0216. Den Bosch, BAAC.

Exaltus, R. & J. Orbons, 2009. *Haven te Cuijk.* ArcheoPro rapport 856. Eijsden, ArcheoPro.

Habermehl, D.S. & J. van Renswoude (red), 2017. Duizenden jaren wonen op een rivierduin; archeologisch onderzoek naar sporen van nederzettingsactiviteit tussen het Mesolithicum en de Nieuwe Tijd te Cuijk-De Nielt. Deel 1. Nederlandse Archeologische Rapporten 44. VUhbs/RCE, Amersfoort.

Kalisvaart, C.C., 2015. Gemeente Oss, Maasdalwerken tranche NVO-2, deelgebied Neerloon; geo-archeologisch onderzoek. BAAC-rapport V-13.0140. 's Hertogenbosch, BAAC B.V.

Kruithof, L. & N.J.W. van der Feest, 2021. Archeologisch verkennend veldonderzoek door middel van boringen Korte Oijen 3 te Katwijk (gemeente Cuijk). AM21277-2, Roermond.

Molenaar, J., 2023. Inventarisatie van ondergrondse bouwkundige waarden in Grave, notitie. De Bilt, Sweco.

Ouwerkerk, L., 2021. Archeologisch onderzoek herinrichting N321; bureau- en inventariserend onderzoek door middel van verkennende boringen. Sweco Archeologische Rapporten 2450. De Bilt, Sweco.

Schorn, E.A. & R. Nillesen, 2016. Bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek, verkennende/karterende fase Landgoed 'Kromme Hoek' te Neerloon. Archeodienst rapport 816. Zevenaar, Archeodienst.

Sprengers, N., 2013. Dijkverbetering Dijkring 36 te Grave, gemeenten Grave, Ravenstein en Oss; een archeologische begeleiding van de graafwerkzaamheden. RAAP-notitie 4404. Weesp, RAAP.

Stiekema, M., 2016. Archeologisch bureauonderzoek en verkennend booronderzoek Schuttersweg 12 te Gassel in de gemeente Grave.

Thijs, W.J.F. & M. Stiekema, 2009. Een archeologisch inventariserend veldonderzoek door middel van boringen aan de Lommertstraat 6 te Linden, gemeente Cuijk (NB). ARC rapport 2009-207. Groningen, ARC.
Tulp, C., 2014. Grave, Koninginnedijk (gemeente Grave, Noord-Brabant); Archeologische begeleiding. De Steekproef rapport 2013-06/03Z. Zuidhorn, De Steekproef.

Van de Graaf, W.S., 2024. Archeologisch booronderzoek in plangebied Arnoud van Gelderweg te Grave (naast nr. 97), gemeente Land van Cuijk. Archeologische Rapporten Geonius 563. Geleen, Geonius.

Van den Brenk, S. & M. Otte, 2005. Maritiem inventariserend veldonderzoek stuwpanden Grave en Sambeek; een Maritiem Inventariserend Veldonderzoek in de vorm van geofysisch onderzoek (opwaterfase) en inspectieduiken (onderwaterfase). ADC-rapport 448. Amersfoort, ADC ArcheoProjecten.

Van der Linden, C., 2008. Sporen van inheemse bewoning uit de ijzertijd-Romeinse tijd te OverlangelAsboom, gemeente Oss. IVO d.m.v. boringen en proefsleuven. Archol-rapport 108. Leiden, Archol B.V.

Linde, C. van der, 2011. *Het verleden van Overlangel aan de Maas*. Archol-rapport 164. Leiden, Archol B.V.

Van Haasteren, M., (ed) 2022. Een opgraving, variant Archeologische Begeleiding, aan de Prinsenstal te Grave, gemeente Grave. Zuidnederlandse Archeologische Rapporten 1104. Beesd, Vuhbs archeologie.

Van Kampen, J., 2018. Proefsleuven aan de Prinsenstal te Grave. Zuidnederlandse Archeologische Notities 610. Beesd, Vuhbs archeologie.

Van Renswoude, J., 2023. Grave-Arnoud van Gelderweg (naast 97); inventariserend veldonderzoek door middel van proefsleuven. Zuidnederlandse Archeologische Notities 1171. Amsterdam, VUhbs archeologie.

Weerheijm, W.J., 2021. Archeologisch vooronderzoek in het kader van de uitbreiding van een bedrijfspand aan de Lange Oijen 16 te Katwijk, gemeente Cuijk. Ruimtelijk advies op basis van archeologisch bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek door middel van boringen (verkennende fase). Vestigia rapport V2117. Amersfoort, Vestigia.

5.5 Data

www.ahn.nl
archis.cultureelerfgoed.nl, geraadpleegd 15-01-2024.
www.bodemloket.nl
www.dinoloket.nl
www.ikme.nl
www.pdok.nl
www.topotijdreis.nl

Bijlage A. Locatie van het plangebied

176000
180000
184000
188000
424000
420000
Nijmegen
Berg en Dal
Wijchen
Heumen
Oss
Mook en Middelaar
Land van Cuijk
Maashorst

Legenda

- onderzoeksgebied
- plangebied
- Gemeenten

Ligging locatie

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

Datum: 02-01-2024
Schaal: 1:40000
Formaat: A3

0 500 1.000 1.500 2.000 2.500 meters

N

O:\K\GRO\BU500\Aldemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9 GIS\3 standaard siablonen\OGIS\OGIS CuRa aldemeen, blad 1 van 1

Bijlage B. Beleidskaart gemeente Oss

172500 174000 175500 177000

421500 420000

Gemeente Oss
Actualisatie archeologiebeleid
Archeologische beleidskaart
RAAP-rapport 5923, kaartbijlage 7, schaal 1:20.000

legenda

beleidscategorie	vrijstellingsgrens verstoringsoppervlakte	vrijstellingsgrens diepte
	bindend advies door RCE	bindend advies door RCE
beleidscategorie 1 - archeologisch beschermd rijksmonument		
beleidscategorie 2 - Archeologisch (AMK) monument, bekende vindplaats	0 m²	tot 0,30 m beneden maaiveld
beleidscategorie 3 - historische stads-/ dorpskern, historische locatie (uitzondering: historische kern Ravenstein)	tot 50 m² (tot 35 m²)	tot 0,30 m beneden maaiveld
beleidscategorie 4 - historische hulsplaats	tot 100 m²	voor beleidscategorie 4 t/m 6:
beleidscategorie 5 - hoge verwachting (onbebouwd)	tot 250 m²	tot 0,30 m beneden maaiveld
beleidscategorie 6 - hoge verwachting (bebouwd; overig stedelijk, bedrijventerrein)	tot 500 m²	Uitzondering reguliere agrarische werkzaamheden: tot 0,50 m beneden maaiveld
beleidscategorie 7 - middelhoge verwachting; hoge verwachting met beperkere kennismeerwaarde (o.b.v. Jansen & Laan, 2022); specifieke verwachting (eendenkooien)	tot 1.000 m²	
beleidscategorie 8 - lage verwachting	tot 5 hectare	
beleidscategorie 9 - geen verwachting (verstoord en/of volledig onderzocht en/of onvoldoende kennismeerwaarde o.b.v. Jansen & Laan, 2022)	geen onderzoeksplicht	

attentiegebied
- bodemverstoring of -sanering, Verstoringsdiepte niet bekend

overslaggrond (afdekkende laag in twee klassen: < 50 cm en > 50 cm)
- <50 cm
- >50 cm
- linie Beleg van Sint Andries (1599/1600) / Circumvallatielinie Grave (1602)

overig
- gemeentegrens
- bebouwd gebied
- onderzoeksgebied "Van kennis naar beleid"
- topografie

37 36 35b 35a 34 33 32 21

422000

Legenda
- plangebied
- onderzoeksgebied
- dijkvakken

Beleidskaart Oss
Cuijk - Ravenstein dijkverbetering

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

Datum: 25-07-2024
Schaal: 1:15000
Formaat: A3

0 100 200 300 400 500 meters

N

O:\K\GRO\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbeterinq\9 GIS\3 standaard siablonen\nieuwe GIS\OGIS\Format OGIS beleid3. b

Bijlage C. Beleidskaart gemeente Maashorst

174000 175000 176000 177000

420000

419000

33 32 31 30

gemeente Landerd, schaal: 1: 15000
vastgesteld door de gemeenteraad op 24 mei 2012

legenda

categorie

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

historische bebouwing

- boerderij
- kerk, kapel of klooster
- molen
- steenbakkerij
- nijverheid, onbekend
- galgenberg
- bruggen en voorden

overig

- dijken of kades
- peelraamstelling (contour)
- water

toelichting op de categoriën

Categorie 1: niet van toepassing

Categorie 2: gebieden van zeer hoge archeologische waarde en historisch geografische objecten met een archeologische relevantie
Onderzoeksplicht bij een verstoringsdiepte van meer dan 50 cm en een verstoringsoppervlakte van meer dan 50 m².

Categorie 3: gebieden van hoge archeologische waarde
Onderzoeksplicht bij een verstoringsdiepte van meer dan 50 cm en een verstoringsoppervlakte van meer dan 100 m².

Categorie 4: gebieden met een hoge archeologische verwachting
Onderzoeksplicht bij een verstoringsdiepte van meer dan 50 cm en een verstoringsoppervlakte van meer dan 250 m².

Categorie 5: gebieden met een middelhoge archeologische verwachting en na-oorlogse woonwijken en industriegebieden die in een gebied van hoge archeologische verwachting liggen.
Onderzoeksplicht bij een verstoringsdiepte van meer dan 50 cm en een verstoringsoppervlakte van meer dan 2500 m².

Categorie 6: gebieden met een lage archeologische verwachting
Geen onderzoeksplicht

Categorie 7: gebieden zonder een archeologische verwachting of archeologisch vrijgegeven
Geen onderzoeksplicht

Legenda

- plangebied
- onderzoeksgebied
- dijkvakken

Beleidskaart Maashorst

Cuijk - Ravenstein dijkverbetering

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

Datum: 25-07-2024
Schaal: 1:10000
Formaat: A3

0 100 200 300 400 500 meters

N

O:\K\GRO\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein diikverbetering\9 GIS\3 standaard siablonen\nieuwe GIS\OGIS\Format OGIS beleid2. b

Bijlage D. Beleidskaart gemeente Land van Cuijk

176000 180000 184000 188000

420000

416000

Gemeente Land van Cuijk
Archeologiebeleid
Archeologische beleidskaart
RAAP-rapport 6589, kaartbijlage 3, schaal 1:30.000

legenda

beleidscategorie

- waarde - archeologie 1: archeologisch rijksmonument
- waarde - archeologie 2: (potentieel) gemeentelijk archeologisch monument en historische begraafplaatsen/kerkhoven
- waarde - archeologie 3: terreinen met archeologische waarde 1 (AMK-terreinen, bekende vindplaatsen; locaties met geringere omvang en/of grotere dichtheid aan sporen)
- waarde - archeologie 4: terreinen met archeologische waarde 2 (historische dorpskernen, historische bebouwing, militaire linies, vindplaatsen met grotere omvang en/of lagere dichtheid aan sporen)
- waarde - archeologie 5: hoge verwachting (hoge verwachte dichtheid aan vindplaatsen)
- waarde - archeologie 6: middelhoge verwachting (gematigde verwachte dichtheid aan vindplaatsen)
- waarde - archeologie 7a: lage verwachting (lage verwachte dichtheid aan vindplaatsen: specifiek watergerelateerde resten)
- waarde - archeologie 7b: lage verwachting Maasterrassen en uiterwaard (lage verwachte dichtheid aan vindplaatsen)
- waarde - archeologie 7c: lage verwachting Peelhorstgebied (lage verwachte dichtheid aan vindplaatsen)
- waarde - archeologie 8: geen verwachting

beleid

Elke vorm van bodemingrepen (dieper dan 0,3 m -mv) zonder of in afwijking van een vergunning op basis van de Erfgoedwet is verboden.

Streven naar behoud in huidige staat; archeologisch (voor)onderzoek is verplicht als de oppervlakte van de ingreep groter is dan 0 m² én de diepte van de ingreep dieper reikt dan 0,3 m -mv.

Streven naar behoud in huidige staat; archeologisch (voor)onderzoek is verplicht als de oppervlakte van de ingreep groter is dan 50 m² én de diepte van de ingreep dieper reikt dan 0,3 m -mv.

Streven naar behoud in huidige staat; archeologisch (voor)onderzoek is verplicht als de oppervlakte van de ingreep groter is dan 100 m² én de diepte van de ingreep dieper reikt dan 0,3 m -mv.

Archeologisch (voor)onderzoek is verplicht als de oppervlakte van de ingreep groter is dan 250 m² én de diepte van de ingreep dieper reikt dan 0,3 m -mv.

Archeologisch (voor)onderzoek is verplicht als de oppervlakte van de ingreep groter is dan 1.000 m² én de diepte van de ingreep dieper reikt dan 0,3 m -mv.

Archeologisch (voor)onderzoek is verplicht als de oppervlakte van de ingreep groter is dan 5.000 m² én de diepte van de ingreep dieper reikt dan 0,8 m -mv.

Archeologisch (voor)onderzoek is verplicht als de oppervlakte van de ingreep groter is dan 10.000 m² én de diepte van de ingreep dieper reikt dan 0,5 m -mv.

Geen onderzoek noodzakelijk.

Geen onderzoek noodzakelijk.

attentiegebieden

- attentiegebied - landgoederen, militair erfgoed
- attentiegebied: verwachting voor watergerelateerde resten
- attentiegebied - ondiepe verstoringen dan wel verstoringen met onbekende diepte
- archeologisch onderzoek
- attentiegebied - vondstlocatie

Onderliggend beleidscategorie geldt als uitgangspunt. Bij onderzoek(strategie) rekening houden met mogelijke aanwezigheid van resten van landgoederen en/of Tachtigjarige Oorlog

Onderliggend beleidscategorie geldt als uitgangspunt. Bij onderzoek(strategie) rekening houden met mogelijke aanwezigheid van watergerelateerde archeologische resten.

Onderliggend beleidscategorie geldt als uitgangspunt. Bij onderzoek(strategie) rekening houden met mogelijke aanwezigheid van van mogelijke bodemverstoringen en/of ophogingen.

Onderliggend beleidscategorie geldt als uitgangspunt. Contact met archeologisch adviseur van de gemeente om na te gaan of dan wel welk onderzoekstype archeologisch onderzoek nodig is.

Legenda

- plangebied
- onderzoeksgebied
- dijkvakken

Beleidskaart Land van Cuijk

Cuijk - Ravenstein dijkverbetering

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

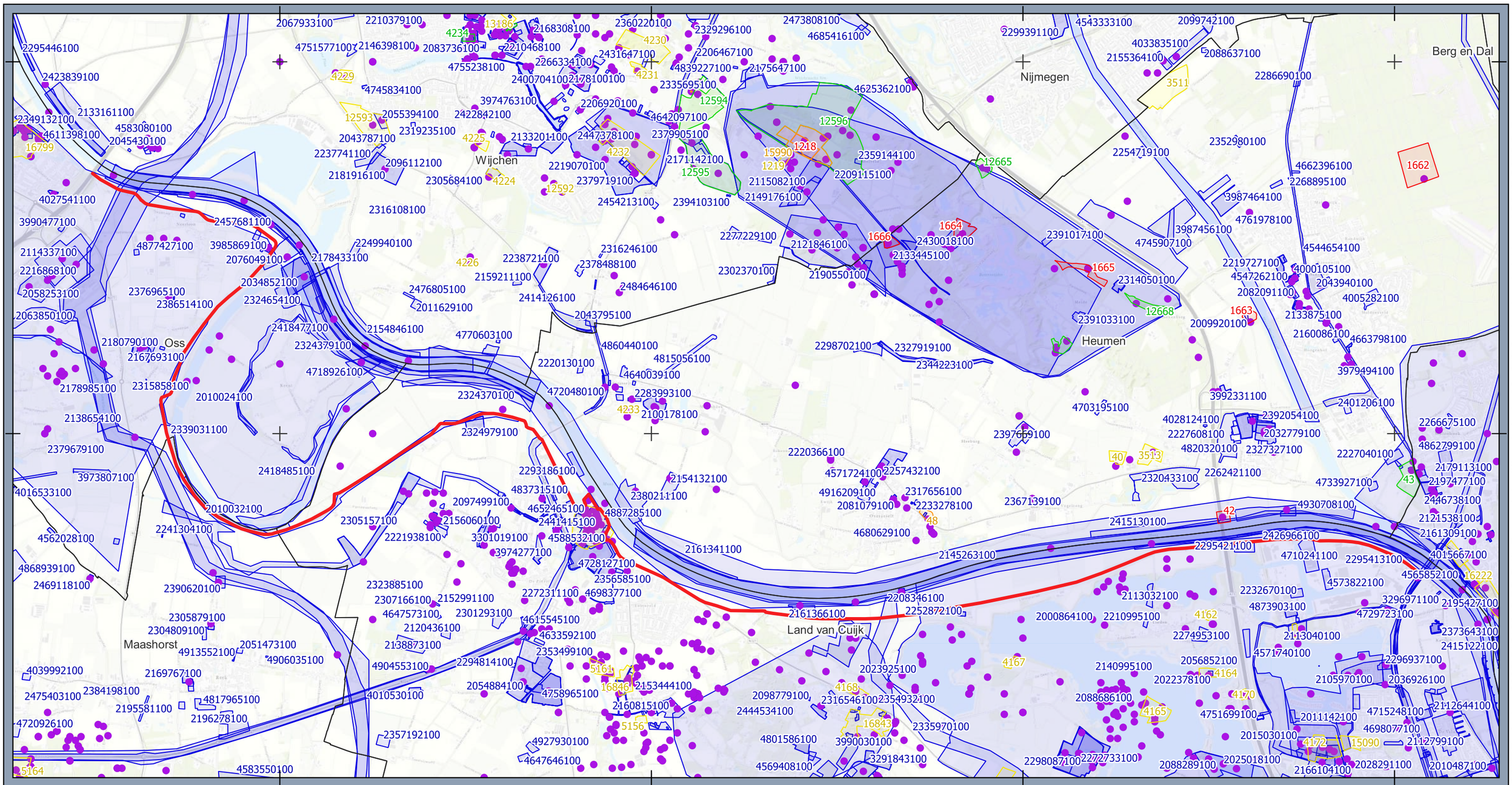
Datum: 25-07-2024
Schaal: 1:40000
Formaat: A3

0 500 1.000 1.500 2.000 2.500 meters

N

O:\K\GRO\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbeterina\9 GIS\3 standaard siablonen\nieuwe GIS\OGIS\Format OGIS beleid, bl

Bijlage E. Bekende archeologische gegevens



Legenda

- dijktrace

Archis3 en AMK

- Archeologische waarde
- Hoge archeologische waarde
- Zeer hoge archeologische waarde
- Archeologisch Rijksmonument
- Onderzoeksmeldingen
- Vondstlocaties

Archeologische gegevens

Cuijk - Ravenstein dijkverbetering

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

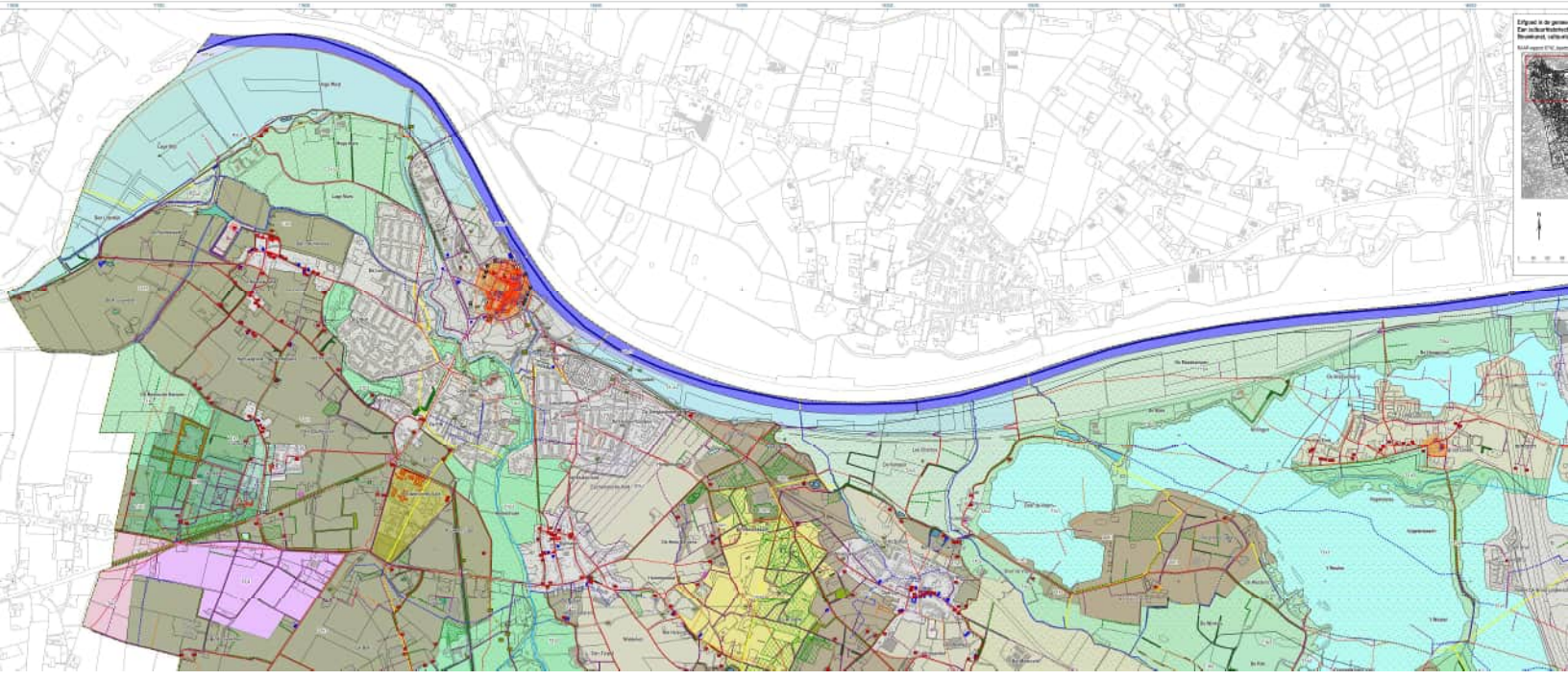
Datum: 01-12-2023
Schaal: 1:40000
Formaat: A3

0 500 1.000 1.500 2.000 meters

N

O:\K\GRO\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2023\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9 GIS\3 standaard siablonen\QGIS\QGIS CuRa archeologie, blad 1 van 1

Bijlage F. Cultuurhistorische gegevens



Erfgoed in de gemeente Land van Cuijk.
Een cultuurhistorische waardenkaart
Bouwkunst, cultuurlandschappen en landschapselementen

RAAP-rapport 6742, kaartbijlage 1, schaal 1:10.000

legenda

Gemeentegrens

BOUWKUNST

Beschermde bouwkunst

- rijksmonument
- gemeentelijk monument
- beeldbepalend pand
- beeldbepalend pand - Welstandsniveau 1
- karakteristiek

CULTUURLANDSCHAPPEN

Dekzandlandschap

- D0b1 - Oude beekdalontginning
- D0b2 - Broekontginning, bedijkt voor 1850
- D0j1 - Jonge broekontginning
- D0j2 - Jonge ontginning op droge heide
- D0j3 - Jonge bossen op droge heide
- D0j4 - Jonge ontginning op natte heide
- D0j5 - Jonge bossen op natte heide
- D0j8 - Jonge stuifzandontginning
- D0k1 - Oude kampontginning
- D0k2 - Oude kampontginning, open akkers
- D0l1 - Oude buitens
- D0o1 - Nog bestaande oude bossen
- D0o2 - Voormalige oude bossen, omgezet in landbouwgrond
- niet geclassificeerd

Plateaulandschap

- P0b1 - Oude beekdalontginning
- P0j1 - Jonge broekontginning
- P0j2 - Jonge ontginning op droge heide
- P0j3 - Jonge bossen op droge heide
- P0j4 - Jonge ontginning op natte heide
- P0j5 - Jonge bossen op natte heide
- P0j6 - Jonge ontginning op grasheide
- P0j7 - Jonge bossen op jonge broekontginning
- P0j8 - Jonge stuifzandontginning
- P0k1 - Oude kampontginning
- P0k2 - Oude kampontginning, open akkers
- P0l2 - Jong landgoed op voormalige heide
- P0x1 - Winningsplas
- niet geclassificeerd

Rivierenlandschap

- R2u1 - Historische uiterwaard
- R2u2 - Historische uiterwaard, binnengedijkt

Rivierterrassenlandschap

- T1b1 - Oude beekdalontginning
- T1b2 - Broekontginning op terrasvlakte, bedijkt voor 1850
- T1b3 - Broekontginning op terrasvlakte, bedijkt na 1850
- T1b4 - Broekontginning op terrasvlakte, bedijkt voor 1850, nu buitengedijkt
- T1j1 - Jonge broekontginning
- T1j2 - Jonge ontginning op droge heide
- T1j4 - Jonge ontginning op natte heide
- T1j8 - Jonge stuifzandontginning
- T1k1 - Oude kampontginning
- T1k2 - Oude kampontginning, open akkers
- T1l1 - Oude buitens
- T1n1 - Dalvlakteterras, onverkaveld
- T1n2 - Maasgeulontginning, overwegend onverkaveld
- T1n3 - Maasgeulontginning
- T1n4 - Kampontginning langs Maasgeul
- T1n5 - Overstromingsvlakte, overwegend onverkaveld
- T1n6 - Overstromingsvlakte, overwegend verkaveld
- T1o1 - Nog bestaande oude bossen
- T1o2 - Voormalige oude bossen, omgezet in landbouwgrond
- T1u1 - Historische uiterwaard
- T1u2 - Historische uiterwaard, binnengedijkt
- T1u3 - Voormalige uiterwaard of overstromingsvlakte, nu rivierloop
- T1x1 - Winningsplas
- T2j8 - Jonge stuifzandontginning
- T2k1 - Oude kampontginning
- T2k2 - Oude kampontginning, open akkers
- T2l1 - Oude buitens
- T2n4 - Kampontginning langs Maasgeul
- T2o1 - Nog bestaande oude bossen
- T2o2 - Voormalige oude bossen, omgezet in landbouwgrond
- niet geclassificeerd

Water

- W1w1 - Grote rivier in het Zuid-Nederlandse rivierengebied
- W1w2 - Afgesneden rivierarm
- W1w3 - Afgesneden rivierarm, grotendeels verland of gedempt

LANDSCHAPSELEMENTEN

Verkeer en vervoer

- weg, vóór 1832, intact
- weg, vóór 1832, verdwenen
- pad, vóór 1832, intact
- pad, vóór 1832, verdwenen
- weg, vóór 1957, intact
- weg, vóór 1957, verdwenen
- pad, vóór 1957, intact
- pad, vóór 1957, verdwenen
- spoorlijn, intact
- spoorlijn, verdwenen
- plein
- spoorweghalte, verdwenen
- spoorwegstation, intact
- spoorwegstation, verdwenen
- veer, intact
- veer, verdwenen
- voetveer, verdwenen
- wachthuis, intact
- wachthuis, verdwenen

Waterstaat

- beek, vóór 1832, intact
- beek, vóór 1832, verdwenen
- beek, vóór 1832, verschoven
- beek, vóór 1957, intact
- beek, vóór 1957, verdwenen
- beek, vóór 1957, verschoven
- dijk, vóór 1832, intact
- dijk, vóór 1832, verdwenen
- dijk, vóór 1832, verschoven
- rivier, vóór 1832, intact
- waterloop, vóór 1832, intact
- waterloop, vóór 1832, verdwenen
- waterloop, vóór 1832, verschoven
- waterloop, vóór 1957, intact
- waterloop, vóór 1957, verdwenen
- waterloop, vóór 1957, verschoven
- wetering, vóór 1832, intact
- wetering, vóór 1832, verdwenen
- wetering, vóór 1832, verschoven
- eendenkooi, verdwenen
- gracht, intact
- gracht, verdwenen
- haven, intact
- molenkolk, intact
- molenkolk, verdwenen
- poel, intact
- poel, verdwenen
- ven, intact
- ven, verdwenen
- vijver, intact
- vijver, verdwenen
- waterlichaam, intact
- waterlichaam, verdwenen
- wijer, verdwenen
- wiel, intact
- wiel, verdwenen

Bestuur en recht

- grenspaal, intact
- grenspaal, verdwenen
- grenspol, verdwenen
- justitieplaats, intact
- justitieplaats, verdwenen
- paal, verdwenen
- historische gemeentegrens

Historische nederzettingslocaties

- erf
- kerkelijk erf
- rosmolenerf
- watermolenerf
- windmolenerf
- dorpskern

Landbouw en bosbouw

- aarden wal
- bomenrij
- heg
- houtrand
- steilrand
- stuifwal
- bomenrij
- gemengd bos
- houtrand
- loofbos
- MKZ-massagraf
- naaldbos
- ontwaterde laagte
- populieren
- rabattenbos
- terrein met restanten delfstoffenwinning

Landgoederen en buitenplaatsen

- domeinbossen, verdwenen
- landgoed, herkenbaar
- landgoed, intact
- landgoed, verdwenen
- sterrenbos, intact
- sterrenbos, verdwenen
- tuinen, intact
- tuinen, verdwenen
- uitzichtheuvel, intact
- warande, intact
- warande, verdwenen

Religie

- kloosterterrein, intact

Begraven

- kerkhof, intact
- kerkhof, verdwenen
- begraafplaats, intact
- begraafplaats, verdwenen
- grafkelder, intact

Oorlog en defensie

Middeleeuwen

- kasteel, herkenbaar
- kasteel, intact
- kasteel, verdwenen
- moated site, intact
- moated site, verdwenen
- muurtoren, herkenbaar
- muurtoren, verdwenen
- poort, verdwenen
- landweer, intact
- landweer, verdwenen
- stadsmuur, intact
- stadsmuur, verdwenen

Tachtigjarige Oorlog (1568-1648)

- circumvallatielinie, verdwenen
- schipbrug, verdwenen
- batterij, verdwenen
- hoornwerk, verdwenen
- legerplaats, verdwenen
- oud-Nederlandse vestingwerken, verdwenen
- redoute, verdwenen
- schans, verdwenen

Dynamiek van staten (1648-1795)

- poort, deels intact
- poort, intact
- poort, verdwenen
- inundatiegebied, verdwenen
- nieuw-Nederlandse vestingwerken, verdwenen
- oud-Nederlandse vestingwerken, verdwenen

Lange 19e eeuw (1815-1914)

- kogelvanger, intact
- militair oefenterrein, verdwenen
- oefenschans, intact
- schietbaan, herkenbaar

Interbellum (1918-1939)

- kazemat, intact
- oefenloopgraaf, intact
- oefenstelling, intact
- kazerne, intact
- kogelvanger, intact
- schietbaan, herkenbaar
- schietbaan, intact
- schietbaan, verdwenen

Tweede Wereldoorlog (1940-1945)

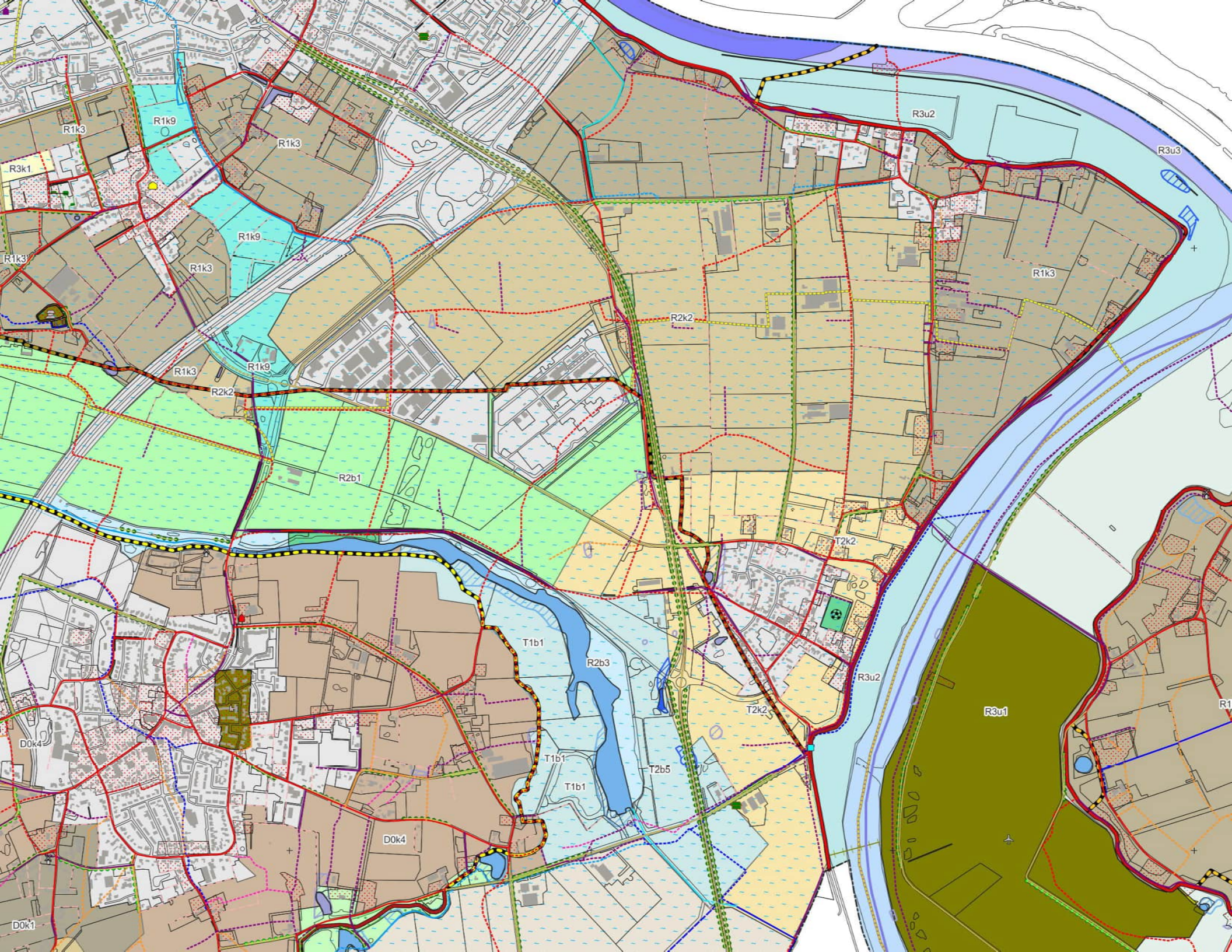
- acces, intact
- kazemat, deels intact
- kazemat, intact
- kazemat, verdwenen
- schuilplaats, intact
- stuw, intact
- antitankgracht, intact
- aspergeversperring, intact
- loopgraaf, intact
- verdedigingslinie, intact
- arbeidskamp, verdwenen
- militair vliegveld, verdwenen
- militaire begraafplaats, intact

Koude Oorlog (1949-1991)

- luchtwachttoren, intact
- militair oefenterrein, verdwenen
- mobilisatiecomplex, intact
- mobilisatiecomplex, verdwenen

Nutsvoorziening

- antennemast
- huis medewerkers radio-ontvangststation
- ingenieurshuis
- ontvangstgebouw
- radio-ontvangststation


R1k3
R1k9
R3k1
R1k3
R1k9
R1k3
R1k3
R1k9
R1k3
R2k2
R2k2
R2b1
R3u2
R3u3
R1k3
T2k2
T1b1
R2b3
R3u2
T2k2
R3u1
D0k4
T1b1
T2b5
T1b1
D0k4
D0k1

Dorp en stad aan de rivier, dorp en stad op het zand
Een cultuurhistorische waardenkaart van de gemeente Oss
Kenmerkenkaart landschap

RAAP-rapport 6567, kaartbijlage 1, legenda

legenda

HISTORISCHE CULTUURLANDSCHAPPEN

Dekzandlandschappen

kampontginningen met plaatselijk essen
- D0k1 - open akker met beperkte compartimentering
- D0k2 - kleinschalige kampontginning
- D0k3 - onregelmatige droge kampontginning met houtsingels
- D0k4 - onregelmatige droge kampontginning met perceelsrandbeplanting
- D0k5 - zeer kleinschalige, regelmatige kampontginning met strokenverkaveling
- D0k6 - zeer kleinschalige, onregelmatige kampontginning met strokenverkaveling

beekdal- en broekontginningen
- D0b1 - grotendeels open broek met strook- en blokverkaveling
- D0b2 - volledig open broek, vanouds beperkt verkaveld
- D0b3 - kwelkom en/of laagte met wielen

oude bossen
- D0o1 - oude heidebebossing

jonge heide- en broekontginningen
- D0h1 - kleinschalige regelmatige heideontginning
- D0h2 - kleinschalige venontginning
- D0h3 - jonge regelmatige heidebebossing
- D0h4 - jonge onregelmatige heidebebossing met cultuurland
- D0h5 - jonge regelmatige stuifzandbebossing

Rivierlandschappen

oeverwal

kampontginningen met plaatselijk essen
- R1k1 - regelmatige kampontginning op een oeverwal, met bewoning
- R1k11 - voormalige kampontginning, nu rivierloop
- R1k2 - regelmatige kampontginning op een oeverwal, zonder bewoning
- R1k3 - onregelmatige kampontginning op een oeverwal, met bewoning
- R1k4 - onregelmatige kampontginning op een oeverwal, met bewoning, buitengedijkt
- R1k5 - onregelmatige kampontginning op een oeverwal, zonder bewoning
- R1k7 - enigszins regelmatige ontginning op de overgang van kom naar oeverwal
- R1k8 - enigszins regelmatige ontginning op de overgang van kom naar oeverwal, buitengedijkt

beekdal- en broekontginningen
- R1k10 - kwelkom en/of laagte met wielen
- R1k9 - deels beboste restgeulontginning

landgoederen en buitenplaatsen
- R1k6 - kasteelterrein op een oeverwal

rivierduin

kampontginningen met plaatselijk essen
- R3k1 - onregelmatig verkaveld rivierduin

rivierkom

kampontginningen met plaatselijk essen
- R2k1 - regelmatige kampontginning op een oeverwal, met bewoning
- R2k2 - regelmatige kampontginning op een oeverwal, zonder bewoning

beekdal- en broekontginningen
- R2b1 - onregelmatig verkaveld broek
- R2b2 - enigszins onregelmatig verkaveld broek
- R2b3 - bekade laagte met watergang

uiterwaard

uiterwaardontginningen
- R3u1 - regelmatig verkavelde uiterwaard met perceelsrandbeplanting
- R3u2 - onregelmatig verkavelde uiterwaard met perceelsrandbeplanting
- R3u3 - voormalige uiterwaard, nu rivierloop

landgoederen en buitenplaatsen
- R3l1 - kasteelterrein in een uiterwaard

Rivierterraslandschappen

terrasrug

beekdal- en broekontginningen
- T1b1 - onregelmatige broekontginning op rivierterras

terrasvlakte

kampontginningen met plaatselijk essen
- T2k1 - open akker met beperkte compartimentering
- T2k2 - onregelmatige, nat-droge kampontginning op terrasvlakte
- T2k3 - zeer kleinschalige, regelmatige kampontginning met strokenverkaveling
- T2k4 - zeer kleinschalige, onregelmatige kampontginning met strokenverkaveling

beekdal- en broekontginningen
- T2b1 - volledig open broek met strook- en blokverkaveling
- T2b2 - volledig open broek, vanouds beperkt verkaveld
- T2b3 - grotendeels open broek met strook- en blokverkaveling
- T2b4 - kleinschalige, enigszins onregelmatige broekontginning
- T2b5 - onregelmatige broekontginning op rivierterras
- T2b6 - zeer kleinschalige, regelmatige broekontginning

Water
- W1w1 - grote rivier in het Midden-Nederlandse rivierengebied
- W1w2 - afgesneden riviermm in het Midden-Nederlandse rivierengebied
- W1w3 - afgesneden riviermm in het Midden-Nederlandse rivierengebied, grotendeels verland of gedempt

Niet geclassificeerd
- - niet geclassificeerd

HISTORISCHE LANDSCHAPSELEMENTEN

Verkeer en vervoer

objecten
- pontveer
- schutenveer
- tolhuis
- treinstation
- veer
- voetveer
- wachthuis

wegen
- weg, vóór 1832, intact
- weg, vóór 1832, verdwenen
- pad, vóór 1832, intact
- pad, vóór 1832, verdwenen
- pad, vóór 1957, intact
- pad, vóór 1957, verdwenen
- weg, vóór 1957, intact
- weg, vóór 1957, verdwenen

ruilverkavelingsstructuren
- niet uitgevoerde ruilverkavelingsbeplanting, verdwenen
- ruilverkavelingsbeplanting, deels intact
- ruilverkavelingsbeplanting, intact
- ruilverkavelingsbeplanting, verdwenen
- ruilverkavelingsweg, intact
- ruilverkavelingsweg, verdwenen

spoorwegen
- fabrieksspoorweg, verdwenen
- spoorlijn, intact
- tramlijn, verdwenen
- traverse, verdwenen

wegbegeleidend groen en terreinen
- bomenrij, intact
- bosplantsoen, intact
- kamersporen, intact

Waterstaat

objecten
- poldermolen, verdwenen
- schutsluis, verdwenen
- sluis, intact
- sluis, verdwenen
- stoomgemaal, intact

structuren
- dam, vóór 1832, intact
- dam, vóór 1832, verdwenen
- dijk, vóór 1739, intact
- dijk, vóór 1739, verdwenen
- dijk, vóór 1832, intact
- dijk, vóór 1832, verdwenen
- dijk, vóór 1957, intact
- kade, vóór 1739, intact
- kade, vóór 1739, verdwenen
- kade, vóór 1832, intact
- kade, vóór 1832, verdwenen
- kade, vóór 1957, intact
- kade, vóór 1957, verdwenen
- rivier, vóór 1832, intact
- rivier, vóór 1832, verdwenen
- rivier, vóór 1957, intact
- waterloop, vóór 1832, intact
- waterloop, vóór 1832, verdwenen
- waterloop, vóór 1832, verschoven
- waterloop, vóór 1957, intact
- waterloop, vóór 1957, verdwenen
- waterloop, vóór 1957, verschoven
- wetering, vóór 1832, intact
- wetering, vóór 1832, verdwenen
- wetering, vóór 1832, verschoven
- wetering, vóór 1957, intact
- wetering, vóór 1957, verschoven

wateren en hoogwatervrije zones
- fruitvijver, intact
- poel, intact
- poel, verdwenen
- ven, intact
- ven, verdwenen
- waterlichaam, intact
- waterlichaam, verdwenen
- wiel, intact
- wiel, verdwenen
- dijkput, intact
- woerd, intact

Landbouw en bosbouw

objecten
- brandtoren, intact
- brandtoren, verdwenen
- ruilverkavelingserf, intact
- ruilverkavelingserf, verdwenen
- ruilverkavelingserf, herkenbaar

structuren
- perceelsgrens, intact

groen en terreinen
- bomenrij, intact
- boomgaard, intact
- bosplantsoen, intact
- eendenkooi, intact
- eendenkooi, verdwenen
- gemengd bos, intact
- houtwal, intact
- loofbos, intact
- naaldbos, intact
- ontwaterde laagte, intact
- overstoven bouwland, intact
- rabattenbos, intact
- stuifwal, intact
- zone rond eendenkooi, intact

Begraven

kerkhoven en begraafplaatsen
- begraafplaats, intact
- begraafplaats, verdwenen
- kerkhof, intact
- kerkhof, verdwenen

Industrie en ambacht

objecten
- korenmolen, deels intact
- korenmolen, intact
- korenmolen, verdwenen
- rosmolen, intact
- rosmolen, verdwenen

terreinen
- fabrieksterrein, intact
- fabrieksterrein, verdwenen

Delfstoffenwinning

terreinen
- kleiput, intact
- winningsplas, intact
- zandwinningskuil, verdwenen
- zandwinningsplas?, intact

Oorlog en defensie

objecten
- inslagkrater V1, intact
- luchtwachtpost, intact

structuren
- landweer, verdwenen
- schipbrug, verdwenen
- stadsmuur, verdwenen

terreinen
- circumvallatielinie, verdwenen
- fort, verdwenen
- glacis, verdwenen
- hoornwerk, verdwenen
- inundatievlakte, herkenbaar
- kasteel, verdwenen
- kasteelgracht, deels intact
- kasteelgracht, verdwenen
- kasteelterrein, deel intact
- kasteelterrein, deels intact
- kasteelterrein, verdwenen
- lunet, verdwenen
- mitrailleurkazemat, deels intact
- mitrailleurkazemat, verdwenen
- omgracht terrein, verdwenen
- ravelijn, deels intact
- ravelijn, verdwenen
- stadsgracht, verdwenen
- stadspoort, intact
- stadspoort, verdwenen
- versterkt huis, verdwenen
- vestingwerken, verdwenen
- vliegveld, verdwenen

Bestuur en recht

objecten
- galg, intact
- galg, verdwenen
- gemeentehuis,
- gemeentehuis, intact
- grenspaal, intact
- grenspaal, verdwenen
- raadhuis, intact
- raadhuis, verdwenen
- stadhuis, intact
- stadhuis, verdwenen

grenzen
- gemeentegrens, deels intact
- gemeentegrens, verdwenen
- gemeentegrens/gewestelijke grens, verdwenen
- gewestelijke grens, verdwenen
- provinciale grens, verdwenen

Landgoederen en buitenplaatsen

objecten
- koepel, verdwenen

terreinen
- landgoed, verdwenen
- parkaanleg, verdwenen
- sterrenbos, verdwenen

Horeca, sport en recreatie

objecten
- blokhut katholieke jeugdbeweging/scouting, verdwenen
- kruisbeeld, verdwenen

structuren
- toegangspoort, verdwenen

terreinen
- bungalowpark, intact
- crossterrein, intact
- crossterrein, verdwenen
- evenemententerrein, verdwenen
- fietscrossbaan, intact
- kampeerterrein, intact
- openlucht- en overdekt zwembad, intact
- openluchtkerk, verdwenen
- openluchttheater, intact
- openluchtzwembad, intact
- openluchtzwembad, verdwenen
- recreatieplassen, intact
- sportpark, intact
- sportpark, verdwenen
- voetbalveld, intact
- voetbalveld, verdwenen
- wielerbaan, verdwenen
- zwembad, verdwenen

Nutsvoorziening

objecten
- watertoren, intact
- watertoren, verdwenen

structuren
- hoogspanningsleiding, verdwenen
- telefoonlijn, verdwenen

terreinen
- pompstation, deels intact
- trafostation, verdwenen
- waterzuiveringsinstallatie, herkenbaar

Wonen
- historische nederzettingslocaties (1832)

OVERIG
- gemeentegrens

Bijlage G. Geomorfologische kaart

176000 180000 184000 188000

424000 420000

Wijchen Nijmegen Berg en Dal Heumen Oss Maashorst Land van Cuijk

Legenda

- dijktrace
- dijkvakken
- Onderzoeksgebied
- nevengeul

Geomorfologische kaart

- B43 - Terrasrest-rug
- B44 - Stroomrug
- B45 - Oeverwal
- B46 - Kronkelwaardrug
- B53 - Dekzandrug
- B57 - Rivierduin
- B92 - Storthoop
- F01 - Plateau-achtige horst
- H43 - Stroomrugglooiing
- L41 - Terrasafzettingswelvingen
- L42 - Meanderruggen en -geulen
- L51 - Dekzandwelvingen
- L54 - Landduinen met vlakten en laagten
- M42 - Terrasvlakte
- M45 - Vlakte van rivierafzettingen
- M47 - Vlakte van fluv. doorbraakafzettingen
- M48 - Rivierkom en oeverwalachtige vlakte
- M51 - Dekzandvlakte
- M93 - Vlakte door afgraving of egalisatie
- N51 - Laagte zonder randwal
- N91 - Groeve
- N94 - Laagte ontstaan door afgraving
- R23 - Dalvormige laagte
- R41 - Rivierdalbodem
- R43 - Restgeul
- R44 - Overloop- of crevassegeul
- R45 - Kronkelwaardgeul

Geomorfologie

Cuijk - Ravenstein dijkverbetering

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

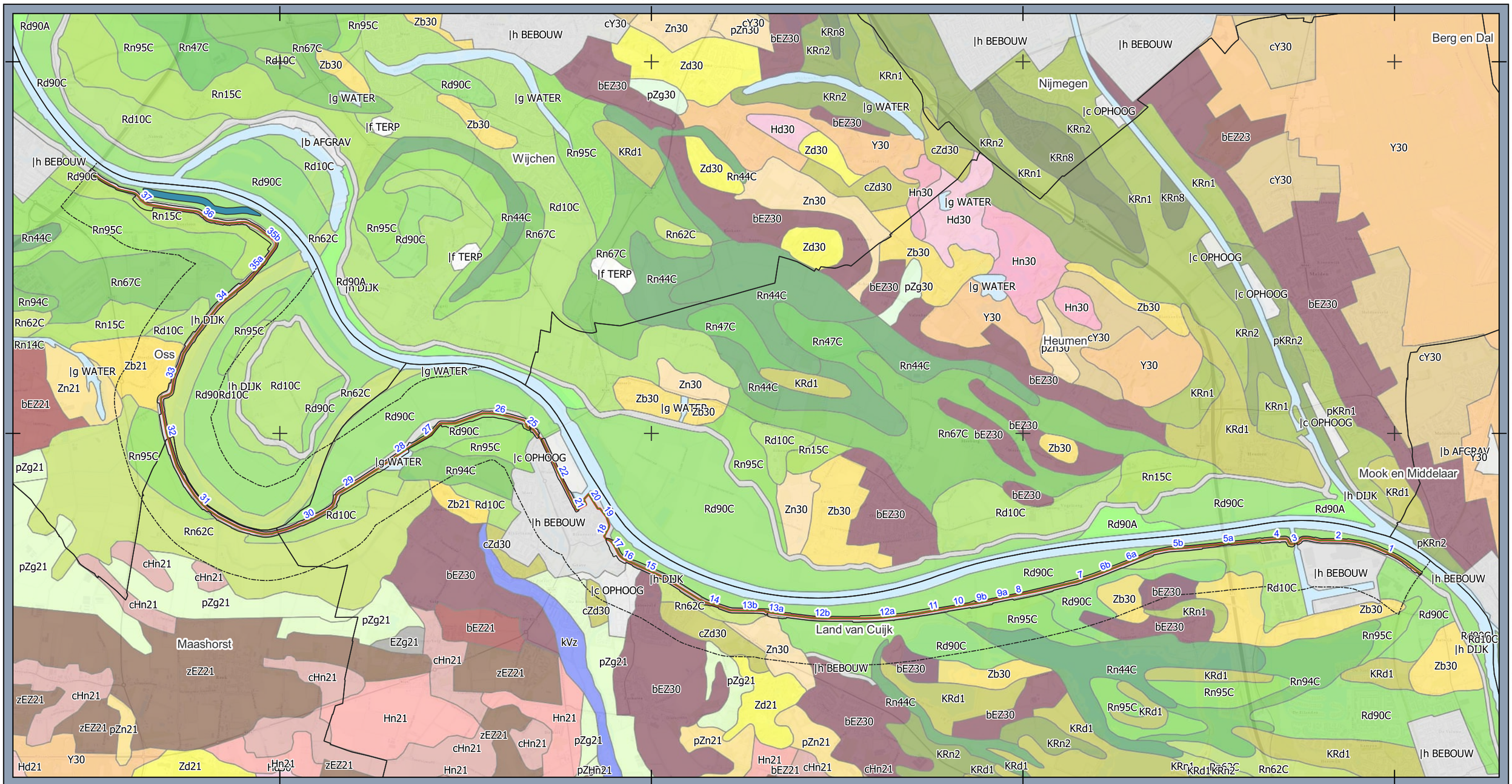
Datum: 01-05-2024
Schaal: 1:40000
Formaat: A3

0 500 1.000 1.500 2.000 meters

N

O:\K\GRO\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein diikverbetering\9 GIS\3 standaard siablonen\QGIS\QGIS CuRa algemeen, blad 1 van 1

Bijlage H. Bodemkaart



Legenda

- dijkvakken
- referentielijn dijk
- nevengeul
- Onderzoeksgebied

Bodemkaart

- Water
- Bebouwing
- Dijk
- bEZ21 - Hoge bruine enkeerdgronden
- bEZ23 - Hoge bruine enkeerdgronden
- bEZ30 - Hoge bruine enkeerdgronden
- cY30 - Loopodzolgronden
- cZd30 - Akkereerdgronden
- Hd21 - Haarpodzolgronden
- Hd30 - Haarpodzolgronden
- Hn21 - Veldpodzolgronden
- Hn30 - Veldpodzolgronden
- KRd1 - Ooivaaggronden
- KRn1 - Poldervaaggronden
- KRn2 - Poldervaaggronden
- KRn8 - Poldervaaggronden
- kVz - Waardveengronden
- pKRn1 - Leek-/woudeerdgronden
- pKRn2 - Leek-/woudeerdgronden
- pZg21 - Beekeerdgronden
- pZg30 - Beekeerdgronden
- pZn21 - Gooreerdgronden
- pZn30 - Gooreerdgronden
- Rd10C - Kalkloze ooivaaggronden
- Rd90A - Kalkhoudende ooivaaggronden
- Rd90C - Kalkloze ooivaaggronden
- Rn14C - Kalkloze poldervaaggronden
- Rn15C - Kalkloze poldervaaggronden
- Rn44C - Kalkloze poldervaaggronden
- Rn47C - Kalkloze poldervaaggronden
- Rn62C - Kalkloze poldervaaggronden
- Rn67C - Kalkloze poldervaaggronden
- Rn94C - Kalkloze poldervaaggronden
- Rn95C - Kalkloze poldervaaggronden
- Zb21 - Vorstvaaggronden
- Zb30 - Vorstvaaggronden
- zEZ21 - Hoge zwarte enkeerdgronden
- Zn21 - Vlakvaaggronden
- Zn30 - Vlakvaaggronden

Bodemkaart

Cuijk - Ravenstein dijkverbetering

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

Datum: 01-05-2024
Schaal: 1:40000
Formaat: A3

0 500 1.000 1.500 2.000 meters

N

O:\K\GRO\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9 GIS\3 standaard siablonen\QGIS\QGIS CuRa algemeen, blad 1 van 1

Bijlage I. Stroomgordelkaart

Legenda

Plangebied

Stroomgordels

- Haren
- Huiisseling-Demen
- Huisseling-Demen stroomgordel
- Laagterras
- Maas
- Terras X

Landschap

Rijn-Maas Delta (Cohen/Stouthamer 2012)

daloudd EINDDATERINGEN RIVIERACTIVITEIT

- 1951 - 2350 14C BP = 500 BC
- 4501 - 5000 14C BP = 3800 BC = 5800 cal BP
- 8001 - 9400 14C BP = 8600 BC = 10600 cal BP
- 9401 - 10000 14C BP = 9700 BC = 11700 cal BP
- 10010 - 10500 14C BP = 10500 BC = 12400 cal BP
- 10510 - 12000 14C BP = 12000 BC = 13900 cal BP
- 12010 - 14000 14C BP = 15000 BC = 17000 cal BP

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

standaard

Stroomgordelkaart

Cuijk - Ravenstein dijkverbetering

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 06-01-2025 17:08
Schaal: 1:23.371,21076
Formaat: A1

SWECO

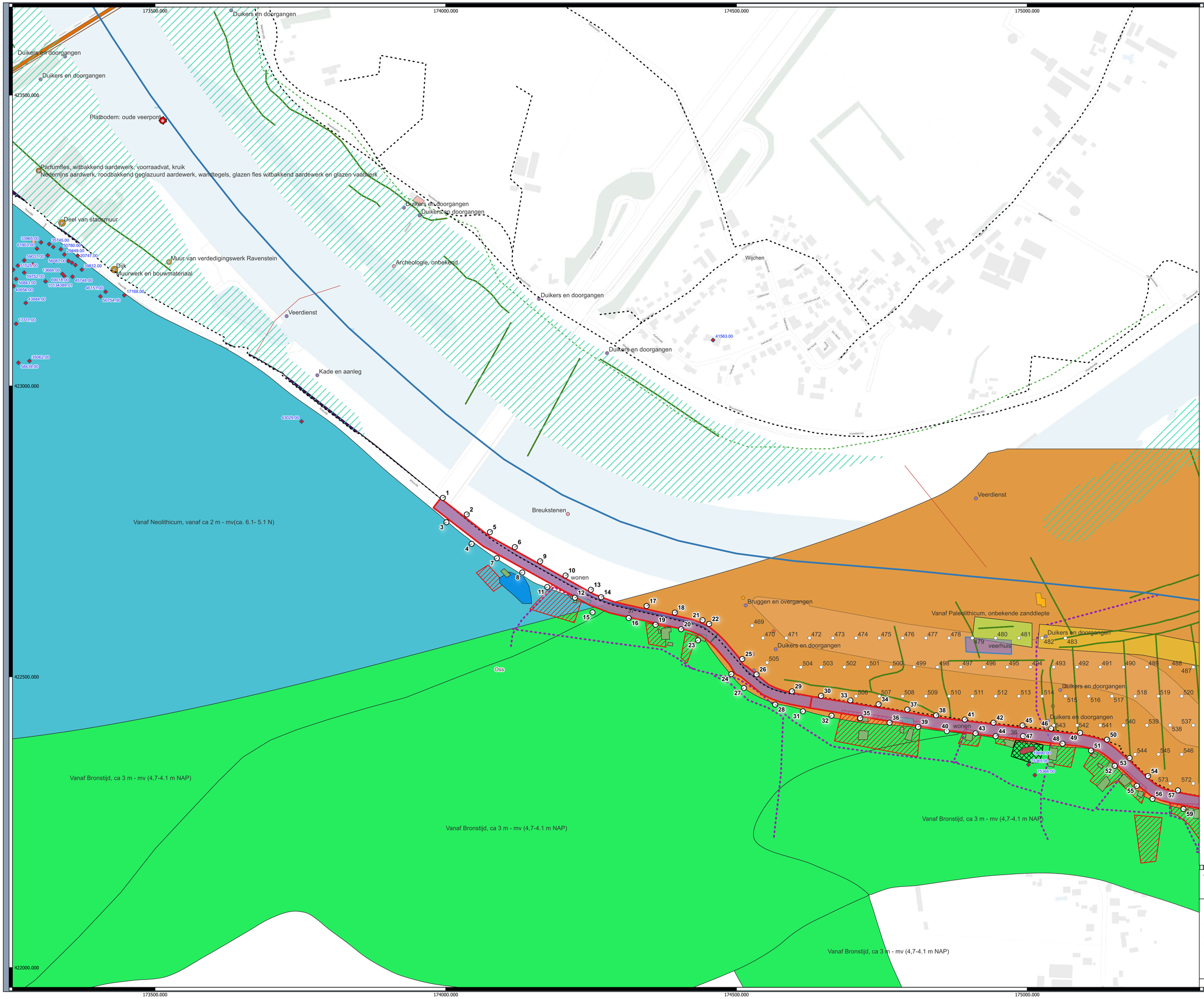
0 400 800 1.200 1.600 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Users\NLLEOO\OneDrive - Sweco AB\CuijkRavenstein dijkverbetering\plots tekale versie, blad 1 van 1

Bijlage J. Verwachtings- en risicokaart



Legenda

Project data

- kerngebieden_bomrijpen_ontwikkelgebied
- kerngebieden_bomrijpen_totaal
- Plangebied
- Gemeenten

uiterwaarden 2

Verwachtingskaart uiterwaarden rivierengebied

verwachting uiterwaarden

- Uiterwaarden_Rivieren_Lijn
- Verdedigingswerken_historische_ranges_1850
- Verdedigingswerken_historische_typeranges
- Verdedigingswerken_verdedigingswerken
- Verdedigingswerken_overige_verdedigingswerken_1850
- verwachtingskaart_cultuurwaarden (2024)/Archeologische gebieden
- verwachtingskaart_cultuurwaarden (2024)/Archeologische gebieden/archeologische gebieden
- Cultuurhistorie_cultuurwaarden punten_cultuurhistorie
- verwachtingskaart_cultuurwaarden (2024)/Archeologische gebieden/archeologische gebieden

lijnen_cultuurhistorie

cultuurhistorische objecten kopie

Uiterwaarden puntinformatie cultuurhistorie

Inundaties

gemalen

molens en gemalen (droogmakerijen)

UDKAW Archeologie en Cultuurhistorie (puntinformatie archeologie)

Uiterwaarden IKAW basis

Uiterwaarden puntinformatie archeologie

- Ring
- Regionale locatie Interhuis
- Onderzoeksgebied BAAC
- Outlier

verwachtingskaart

- Regionale locatie Interhuis
- Bewoning Kabbelaar Hiervall 1011-1052
- Kerk Kabbelaar Hiervall 1011
- Kasteel
- Ambachtsheer Jeer
- Ambachtsheer Heikenhuijsenlocatie
- Historische weg

Specifieke verwachting

- Interhuis
- Kasteel

OHW LVC

Rijksmonumenten, Stads- en Dorpsgezichten en het Nederlandse culturele Werelderfgoed

- Rijksmonumenten

uiterwaarden vlakken cultuurhistorie AVM style

- Bewoning
- Bruggen en overgangen
- Dammen
- Defensie, vesting- en liniewerken
- Dijken
- Fabriek
- Opslag
- Overige
- Railinfrastructuur
- Recreatie
- Religie
- Scheepvaart
- Sluis of stuw
- Veerdienst
- Verdedigbaar woongebouw
- Voorziening
- Waterstaat overig
- Wegen

Verwachtingswaarde laag-hoog

- hoog
- middelhoog

Stroomgordels

- Kern
- Nabedding Dennen
- Fase 4

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart grijs

Verwachtings- en risicokaart

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 27-02-2025 17:33
Schaal: 1:2.936,247304
Formaat: A_1

0 50 100 150 200 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

O:\AVGAC\Bui\SOV\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2025\51018049 RO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\3. GIS\1 standaard sjabloon\ACTIVDOS Cuijk verwachting_blad 1 van 1

174500.000
175000.000
175500.000
176000.000
423000.000
422500.000
422000.000

Duikers en doorgangen
Duikers en doorgangen
41563.00
Wijchen
Veerdienst
Breukstenen
Bruggen en overgangen
Duikers en doorgangen
veerhuis
Duikers en doorgangen
Duikers en doorgangen
Archeologie, onbekend
Vanaf Paleolithicum, onbekende zanddiepte
Scheepszwaard
Stalen bak
Vanaf Bronstijd, ca 3 m - mv (4,7-4.1 m NAP)
Vanaf Bronstijd, ca 3 m - mv (4,7-4.1 m NAP)
Vanaf Bronstijd, ca 3 m - mv (4,7-4.1 m NAP)
Vanaf Bronstijd, ca 3 m - mv (4,7-4.1 m NAP)
Vanaf Bronstijd, ca 3 m - mv (4,7-4.1 m NAP)
Vanaf Romeinse tijd, ca 3 m - mv
wonen
wonen
10830.00
10385.00
75366.00
Oss
Veldoven en 'brickstack'
35a
35b
34

Verwachtings- en risicokaart

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 27-02-2025 17:30
Schaal: 1:2.936,247304
Formaat: A1

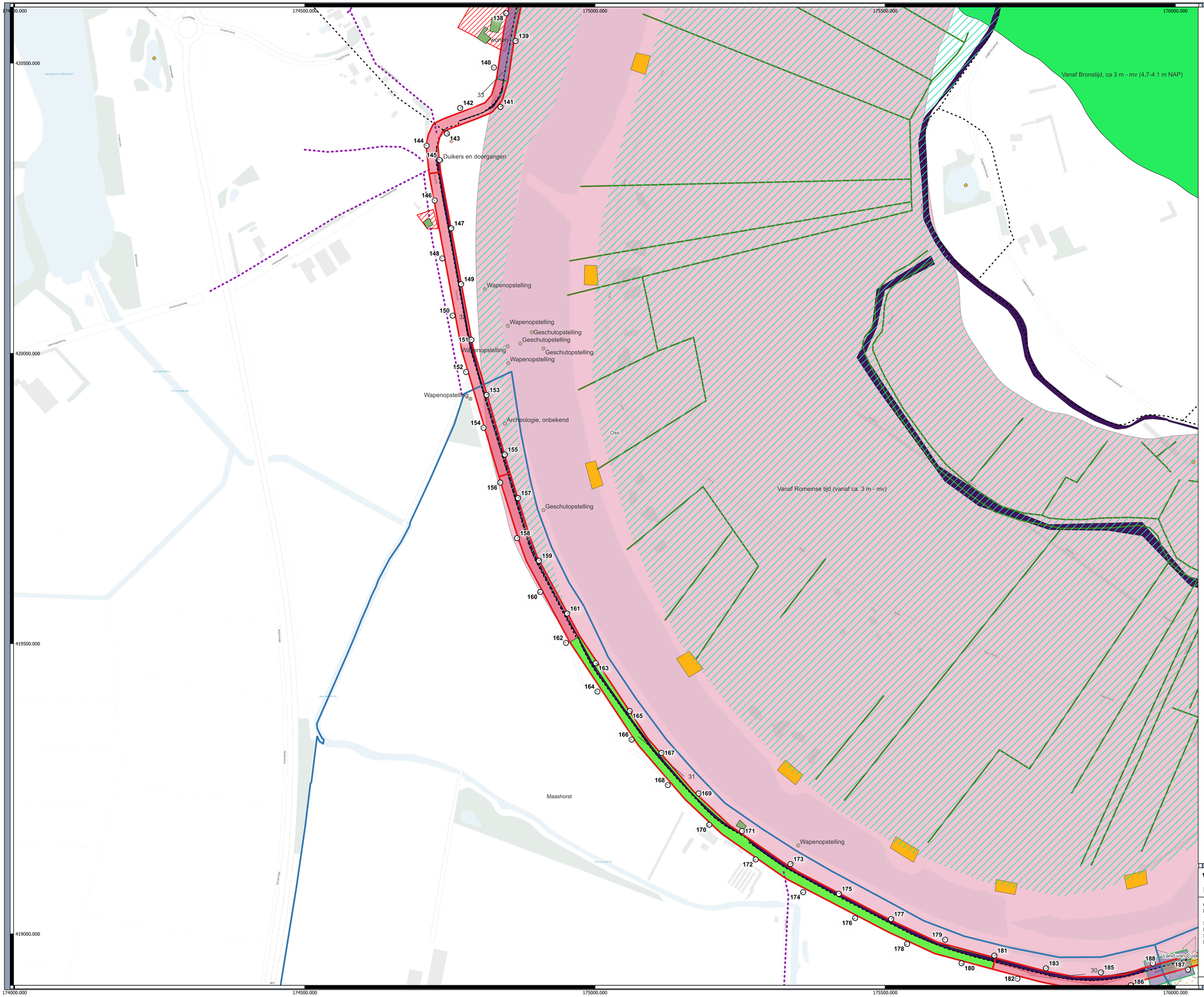
SWECO

0 50 100 150 200 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

O:\VC\RQ\218\500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9. GIS\3_standaard sjablonen\QGIS\QGIS Cuijk verwachting_blad 1 van 1



Legenda

Project data

- Aanpassing_boringen_traject
- Peilgebied
- Dijkvakken

uiterwaarden 2

Verwachtingskaart uiterwaarden rivierengebied

verwachting uiterwaarden

- Uiterwaarden_2
- landschapsatlas relicten
- verwachtingskaart_uiterwaarden (2RARN:hoogteligplaatsen
- verwachtingskaart_uiterwaarden (2RARN:hoogteligplaatsinrijvlakkenlijnvlak
- cultuurhistorie_uiterwaarden punten_cultuurhistorie
- verwachtingskaart_uiterwaarden (2RARN:hoogteligplaatsinrijvlakkenlijnvlak

lijnen_cultuurhistorie

cultuurhistorische objecten kopie

- economisch

Uiterwaarden puntinformatie cultuurhistorie

Inundaties

gemalen

molens en gemalen (droogmakerijen)

UKAW Archeologie en Cultuurhistorie (puntinformatie archeologie)

Uiterwaarden IKAW basis

Uiterwaarden puntinformatie archeologie

- Duiker

verwachtingskaart

- ak_hoeveelheid
- Bewoning kadastrale minuut 1811-1832
- Historische waterstaatkundige
- Historische weg

Specifieke verwachting

- archeo
- paleo

CHW LVC

CUCVW_oorlogsdefensie — LandvanCuijk_oorlogsdefensie_multiline

- oorlogsdefensie, verbeterd

CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeerenvervoer_multiline

- weg, vóór 1832, nfwb

CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multiline

- waterstaat, vóór 1832, nfwb

CUCVW_oorlogsdefensie — LandvanCuijk_oorlogdefensie_multipolygon

- oorlogsdefensie, verbeterd
- archeo, verbeterd

CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multipolygon

- boffos

uiterwaarden vlakken cultuurhistorie AVM style

- Bewoning
- Bruggen en overgangen
- Dammen
- Defensie, vesting- en liniewerken
- Dijken
- Fabriek
- Opslag
- Overige
- Railinfrastructuur
- Recreatie
- Religie
- Scheepvaart
- Sluis of stuw
- Veerdienst
- Verdedigbaar woongebouw
- Voorziening
- Waterstaat overig
- Wegen

Verwachtingswaarde laag-hoog

- hoog
- laag
- middelhoog

Stroomgordels

- buiten
- binnen

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart grijs

Verwachtings- en risicokaart

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 27-02-2025 17:23
Schaal: 1:2.936,247304
Formaat: A_1

SWECO

0 50 100 150 200 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

176000.000
176500.000
177000.000
420000.000
419500.000
419000.000

Vanaf Neolithicum, vanaf ca 2 m - mv (4,7-4.1 m NAP)
Bronzen beitel "Zeer veel schervenmateriaal"
Lage Wijt
Vanaf Bronstijd, ca 3 m - mv (4,7-4.1 m NAP)
?
Vanaf Neolithicum, vanaf ca 2 m - mv (ca. 6.1- 5.1 N)
Duikers en doorgangen
Duikers en doorgangen
Duikers en doorgangen
Graven met daarin skeletten, rozenkransen en munten
Dijk
Oss
Vanaf Romeinse tijd (vanaf ca. 3 m - mv)
Bebouwing
Rivierwaterkerende dijk
Den Uiterdijk
De Pannestaart
Bebouwing
Brug/voorde
Duikers en doorgangen
Duikers en doorgangen
Bruggen en overgangen
Geschutopstelling
Bruggen en overgangen
Land van Cuijk
Bebouwing
Bebouwing
Bebouwing
redoute
Rivierwaterkerende dijk
redoute
schans
De Kruiswielen
Maashorst

223 222 221 220 219 218 217 216 215 214 213 212 211 210 209 208 207 206 205 204 203 202 201 200 199 198 197 196 195 194 193 192 191 190 189 188 187 186 185 184 183 182 181 180 179 178

28 29 30 31

Legenda

Project data
- Aanpgeste_borngen_tracé
- Plangebied
- Gemeenten

risicokaart

uiterwaarden 2

Verwachtingskaart uiterwaarden rivierengebied

verwachting uiterwaarden
- dijken dijklijnenkaart_rce
- landschapsatlas:wielen
- verwachtingskaart_uiterwaarden:UIKAWCultuurhistorienpunten
- verwachtingskaart_uiterwaarden:UIKAWArcheologiepunten
- verwachtingskaart_uiterwaarden:UIKAWArcheologiepuntenvultypklapteklegenda
- cultuurhistorie_uiterwaarden:punten_cultuurhistorie
- verwachtingskaart_uiterwaarden:UIKAWArcheologiepuntencompactelegenda

lijnen_cultuurhistorie

Uiterwaarden puntinformatie cultuurhistorie

Inundaties

gemalen

molens en gemalen (droogmakerijen)

UIKAW Archeologie en Cultuurhistorie (puntinformatie archeologie)

Uiterwaarden IKAW basis

Uiterwaarden puntinformatie archeologie
- Duiker

Culthist_point
- Brug/voorde

verwachtingskaart
- pt_inventarisatie

Specifieke verwachting
- redoute
- schans

CHW LVC

CUCVW_oorlogendefensie — LandvanCuijk_oorlogdefensie_multiline
- circumvallatielinie, verdwenen
- CUCVW - Landschap — Tijponiemen (punten)

CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeervervoer_multiline
- weg, vóór 1832, intact
- weg, vóór 1832, verdwenen
- pad, vóór 1832, intact
- pad, vóór 1832, verdwenen

CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multiline
- dijk, vóór 1832, intact
- dijk, vóór 1832, verdwenen
- dijk, vóór 1832, verschoven
- waterloop, vóór 1832, intact
- waterloop, vóór 1832, verdwenen
- waterloop, vóór 1957, intact
- wetering, vóór 1832, intact
- wetering, vóór 1832, verschoven

CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multipolygon
- poel, verdwenen

CUCVW_oorlogendefensie — LandvanCuijk_oorlogdefensie_multipolygon
- Hunebedgetekend, verdwenen
- legerplaats, verdwenen
- redoute, verdwenen
- schans, verdwenen

CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multiline
- bomenrij

CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multipolygon
- bomenrij
- hoffos

CUCVW_Bouwkunst

vlakken_cultuurhistorie
- Bebouwing
- Dijk
- Overlaatgebied
- Rivierwaterkerende dijk

Verwachtingswaarde laag-hoog
- hoog
- laag
- middelhoog

Stroomgordels
- Hanen
- Huisseling-Oemen
- Huisseling-Oemen stroomgordel

OOO risicokaart

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

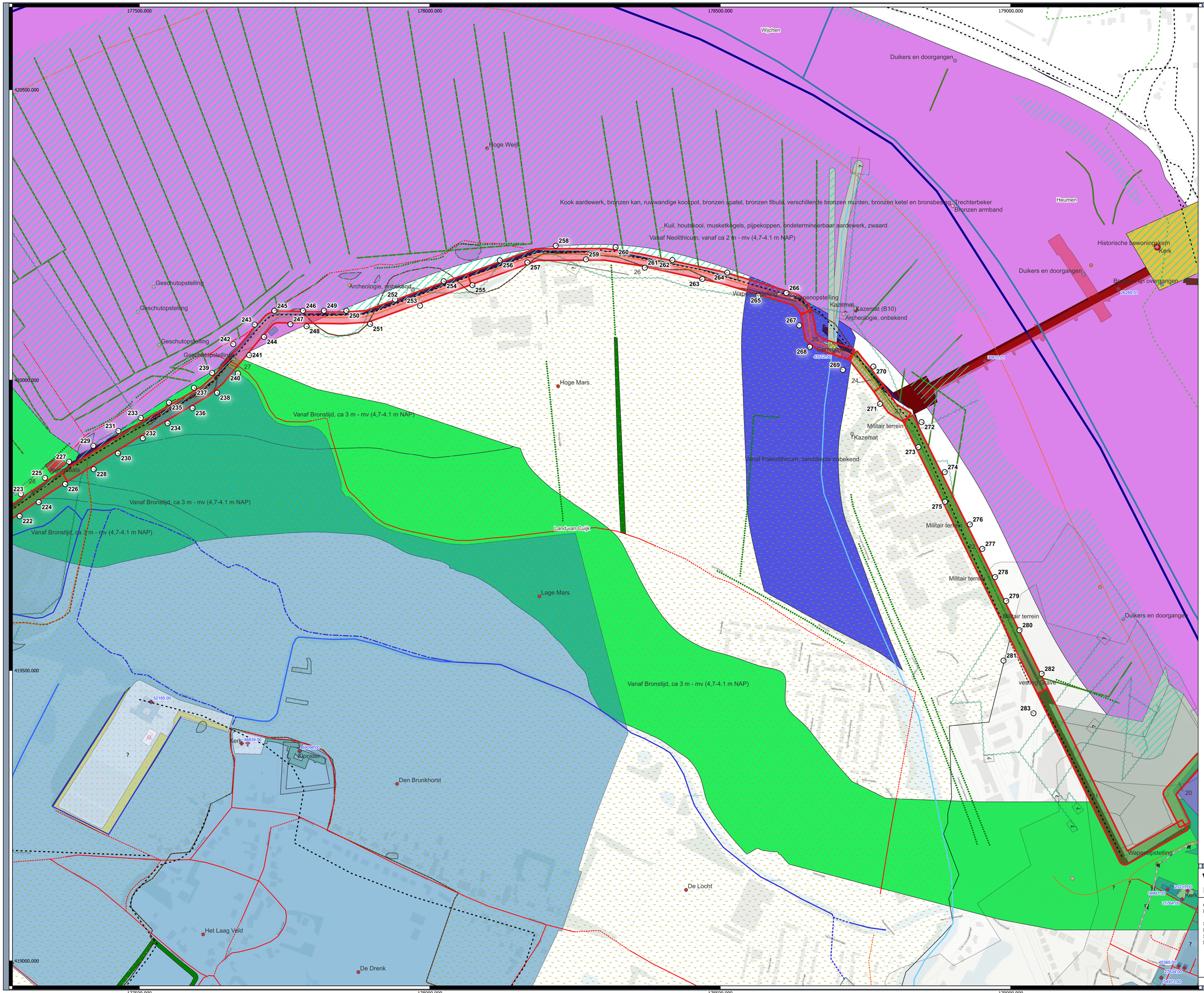
Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 27-02-2025 19:13
Schaal: 1:3.948,574415
Formaat: A2

0 70 140 210 280 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden



O:\AGW\ZB\500\Alkmmen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 RV Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9 GIS\3_standaard stukken\QGIS\QGIS Cuijk verwachting_blad 1 van 1

Verwachtings- en risicokaart

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 27-02-2025 17:03
Schaal: 1:2.936,247304
Formaat: A1

SWECO

0 50 100 150 200 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\KJK\ZB\51018049\Algemeen\GIS\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\151018049 RK Cuijk Ravenstein gdbverbetering\9.GIS\3_standaard sjabloon\QGIS\QGIS Cuijk verwachting_blad 1 van 1

Vanaf Paleolithicum, zanddiepte onbekend
Militair terrein
Duikers en doorgangen
Vanaf Bronstijd, ca 3 m - mv (4,7-4.1 m NAP)
Zilveren en bronzen munten
Veerdienst
Bronzen munt: sestertius van Hadrianus
Defensie, kleine objecten
Veerdienst
Wapenopstelling
Wapenopstelling
Kerk
Kerk
vesting Gravé
Woonhuis
Société
Arsenaal
Poort
Kazemat
Kazemat
Kazemat
Kazemat
Archeologie, onbekend
Archeologie, onbekend
Duikers en doorgangen
Land van Cuijk
Geschutopstelling
Duikers en doorgangen
Duikers en doorgangen
Schans
Greppels, dijkje, loden musketkogels, roodbakkend aardewerk, vingerhoedje, knoop, gewicht, koperen gesp
Dakpan, gevernist aardewerk, dolium, ruwwandig aardewerk, terra nigra, dikwandig amfoor, gesp
Grijsbakkend aardewerk, steengoed
Badorf
Handgevormd aardewerk
Duikers en doorgangen
Heumen
Vanaf Neolithicum, vanaf ca 2 m - mv (4,7-4.1 m NAP)
Bedrijvigheid overig
De Uiterwaarden
De Honger-Campen
Lage Stoof
Hoge Stoof
De Elft
Den Elt
Leuzen-Broek
Ophaagh
279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309
179000.000
179500.000
180000.000
180500.000
419500.000
419000.000
418500.000
418000.000

Legenda

Project data
- kerpunten_boringen_tracé
- hoogtebeid
- contourlijnen

uiterwaarden 2

Verwachtingskaart uiterwaarden rivierengebied

verwachting uiterwaarden
- bijlen-tijdsgrenzen1_mi
- lerdschappelijke-historische_zeegen_1850
- lerdschappelijke-verdedigingswerken
- lerdschappelijke-veen-ontginningen_1850
- verwachtingsgebied_uiterwaarden (2BAWA-hoofdgroep)polygon
- verwachtingsgebied_uiterwaarden (2BAWA-hoofdgroep)-overstromingsgebiedpolygon
- cultuurhistorie_uiterwaarden-punten_cultuurhistorie
- verwachtingsgebied_uiterwaarden (2BAWA-hoofdgroep)uiterwaardenpolygon

lijnen_cultuurhistorie

cultuurhistorische objecten kopie
- Vulkpr

Uiterwaarden puntinformatie cultuurhistorie

Inundaties

gemalen

molens en gemalen (droogmakerijen)

UKAW Archeologie en Cultuurhistorie (puntinformatie archeologie)

Uiterwaarden IKAW basis

Uiterwaarden puntinformatie archeologie
- Vulkpr

verwachtingskaart
- ik_hoeveinstallatie
- ik_hoeveinstallatie

OHW LVC

Rijksmonumenten, Stads- en Dorpsgezichten en het Nederlandse culturele Wereelderfgoed
- Rijksmonumenten

CUCVW_oorlogendefensie — LandvanCuijk_oorlogdefensie_multiline
- Duitse linie
- Stellingen, verdwenen
- Stellingen, verdwenen
- Verdedigingslijn, inkart
- CUCVW - Landschap — Tracéminten (vorken)

CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeervervoer_point
- rails, verdwenen

CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeervervoer_multiline
- weg, vlak 1832, inkart
- weg, vlak 1832, verdwenen
- spoor, vlak 1832, inkart
- spoor, vlak 1832, verdwenen

CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeervervoer_multipolygon
- stat

CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multiline
- beek, vlak 1832, inkart
- Wetbeek, vlak 1832, verschoven
- beek, vlak 1907, inkart
- Kijk, vlak 1832, inkart
- Kijk, vlak 1832, verdwenen
- Kijk, vlak 1832, verschoven
- waterloop, vlak 1832, inkart
- waterloop, vlak 1832, verdwenen
- waterloop, vlak 1832, verdwenen
- waterloop, vlak 1907, inkart
- waterloop, vlak 1907, verdwenen

CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multipolygon
- beek, inkart
- dek, verdwenen
- dam, inkart
- dam, verdwenen

CUCVW_oorlogendefensie — LandvanCuijk_oorlogdefensie_point
- stelling, inkart
- stelling, verdwenen
- kazemat, inkart
- kazemat, verdwenen
- mazemat, fietsbrug
- mazemat, verdwenen
- stort, dekk inkart
- stort, inkart
- stort, verdwenen

CUCVW_oorlogendefensie — LandvanCuijk_oorlogdefensie_multipolygon
- Duitse linie
- noord-Nederlandse verdingwerken, verdwenen
- zuid-Nederlandse verdingwerken, verdwenen
- Vestingwerken, verdwenen

CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multiline
- Bomenrij

CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multipolygon
- Bomenrij

CUCVW_begraven — LandvanCuijk_begraven_multipolygon
- kapel, inkart
- begraafplaats, inkart

CUCVW_Bouwkunst
- Kasteel
- Stadsmuurtoren
- Kapel(?)
- Kasteel (XVI)
- Kerk
- Kapel
- Stadspoort
- Klooster

uiterwaarden vlakken cultuurhistorie AVM style
- Bewoning
- Bruggen en overgangen
- Dammen
- Defensie, vesting- en liniewerken
- Dijken
- Fabriek
- Opslag
- Overige
- Railinfrastructuur
- Recreatie
- Religie
- Scheepvaart
- Sluis of stuw
- Veerdienst
- Verdedigbaar woongebouw
- Voorziening
- Waterstaat overig
- Wegen

Verwachtingswaarde laag-hoog
- hoog

180500.000
181000.000
181500.000
182000.000
182500.000
418500.000
418000.000
417500.000

Vanaf Neolithicum, vanaf ca 2 m - mv (4,7-4,1 m NAP)
Vanaf Romeinse tijd, ca 3 m - mv (4,7-4,1 m NAP)
Heumen
Bruggen en overgangen
Duikers en doorgangen
Duikers en doorgangen
Houten schip: type aak, ijzeren werktuigen, een munt en een touwkous
Aardewerken urn
Brug/voorde
Duikers en doorgangen
13421.00
25688.00
De Veegtasvijvbergen
Vegetas
stellingen
De Driesen
Villa Nova
Hongerkamp
Landvan Cuijk
Molen
De Hees Akkers
De Hees Bergens
De Molenakker
Les Champs
De Kampen
Het Schaar
Legerplaats

Legenda

Project data
- Aangepaste_boringen_tracé
- Plangebied
- Gemeenten

uiterwaarden 2

Verwachtingskaart uiterwaarden rivierengebied

verwachting uiterwaarden
- dijken:dijklijnenkaart_ncx
- landschapsatlas:wielen
- landschapsatlas:historische_wegen_1850
- landschapsatlas:verdwenenmolens
- verwachtingskaart_uiterwaarden:UDKAW/Cultuurhistoriepunten
- verwachtingskaart_uiterwaarden:UDKAW/Archeologiepunten
- verwachtingskaart_uiterwaarden:UDKAW/Archeologiepuntenuitgeklaptelegenda
- cultuurhistorie_uiterwaarden:punten_cultuurhistorie
- verwachtingskaart_uiterwaarden:UDKAW/Archeologiepuntencompacteslegenda

lijnen_cultuurhistorie

cultuurhistorische objecten kopie
- militair

Uiterwaarden puntinformatie cultuurhistorie

Inundaties

gemalen

molens en gemalen (droogmakerijen)

UDKAW Archeologie en Cultuurhistorie (puntinformatie archeologie)

Uiterwaarden IKAW basis

Uiterwaarden puntinformatie archeologie
- Brug
- Duiker

Culthist_point
- Brug/voorde

verwachtingskaart
- Aanzet dijkrelict Beerse Overlaat
- Aanzet dijkrelict Hogendijk
- Aanzet dijkrelict Beerse Overlaat
- Aanzet dijkrelict Hogendijk

Verwachtings type
- Aanzet dijkrelict Beerse Overlaat
- Aanzet dijkrelict Hogendijk
- Scheepswrak/ scheepsonderdelen 13e eeuw

CHW LVC
Rijksmonumenten, Stads- en Dorpsgezichten en het Nederlandse culturele Werelderfgoed
- Rijksmonumenten

CUCVW_oorlogendefensie — LandvanCuijk_oorlogdefensie_multiline
- circumvallatielinie, verdwenen
- schipbrug, verdwenen
- CUCVW - Landschap — Toponiemen (punten)

CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeerenvervoer_multiline
- weg, vóór 1832, intact
- weg, vóór 1832, verdwenen
- pad, vóór 1832, intact
- pad, vóór 1832, verdwenen

CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multiline
- dijk, vóór 1832, intact
- dijk, vóór 1832, verdwenen
- dijk, vóór 1832, verschoven
- river, vóór 1832, intact
- waterloop, vóór 1832, intact
- waterloop, vóór 1832, verdwenen

CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multipolygon
- molenkolk, intact
- molenkolk, verdwenen
- ven, intact
- wiel, intact
- wiel, verdwenen

CUCVW_oorlogendefensie — LandvanCuijk_oorlogdefensie_multipolygon
- mundabegebied, verdwenen
- legerplaats, verdwenen
- redoute, verdwenen
- schietbaan, verdwenen

CUCVW_bestuurenrecht — LandvanCuijk_bestuurrecht_point
- justitieplaats, verdwenen

CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multiline
- aarden wal
- boomenrij

CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multipolygon
- boomenrij
- gemengd bos
- houtrand
- loofbos
- naaldbos
- rabatterbos

CUCVW_Bouwkunst
- Molen

uiterwaarden vlakken cultuurhistorie AVM style
- Bewoning
- Bruggen en overgangen
- Dammen
- Defensie, vesting- en liniewerken
- Dijken
- Fabriek
- Opslag
- Overige
- Railinfrastructuur
- Recreatie
- Religie
- Scheepvaart
- Sluis of stuw
- Veerdienst
- Verdedigbaar woongebouw
- Voorziening
- Waterstaat overig
- Wegen

Verwachtingswaarde laag-hoog
- hoog

Verwachtings- en risicokaart

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 27-02-2025 16:58
Schaal: 1:2.936,247304
Formaat: A1

0 50 100 150 200 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

O:\AVI\PROJECTEN\51018049\03 GIS\1 standaard sjabloon\QGIS\QGIS CuIJk verwachting_blad 1 van 1

182500.000 183000.000 183500.000 184000.000 184500.000

418500.000 418000.000 417500.000

46552.00

Heumen

Boerderij

Veerdienst

Vanaf Romeinse tijd, ca 3 m - mv (4,7-4.1 m NAP)

Plank met houten pennen en spijkers, onderdeel van scheepswrak: mogelijk vlakplank. IJzeren beslag op eikenhout

Kade beschoeiing

De Maaskampen

Scheepsonderdelen (balken) uit de 13e eeuw

Bruggen en overgangen

Duikers en doorgangen

Duikers en doorgangen

Bruggen en overgangen

Brug/voorde

Duikers en doorgangen

De Mars

Millingen

Land van Cuijk

Cork

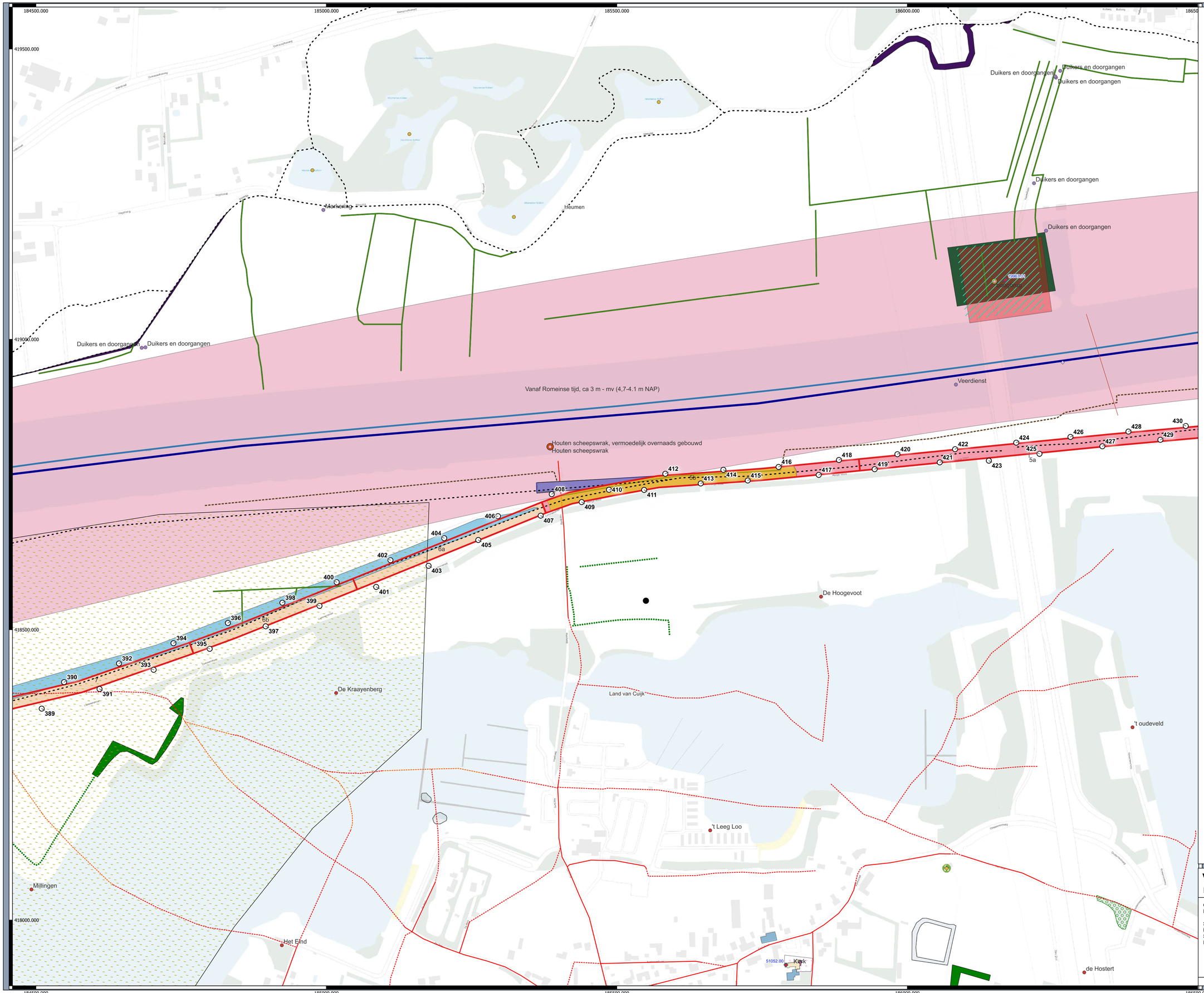
Over-de Voort

Trurenberg

Ravenstein

Ravenstein

Ravenstein



Legenda

Project data
- Aangepaste_boringen_tracé
- Plangebied
- Gemeenten

uiterwaarden 2

Verwachtingskaart uiterwaarden rivierengebied

verwachting uiterwaarden
- dijken:dijklijnenkaart_rce
- landschapsatlas:wielen
- landschapsatlas:veenverbindingen_1850
- landschapsatlas:gemalen
- verwachtingskaart_uiterwaarden:LDKAWArcheologiepunten
- verwachtingskaart_uiterwaarden:LDKAWArcheologiepuntenuitgeklaptelegenda
- cultuurhistorie_uiterwaarden:punten_cultuurhistorie
- verwachtingskaart_uiterwaarden:LDKAWArcheologiepuntencompactelegenda

lijnen_cultuurhistorie

cultuurhistorische objecten kopie
- economisch

Uiterwaarden puntinformatie cultuurhistorie

Inundaties

gemalen

molens en gemalen (droogmakerijen)

UKAW Archeologie en Cultuurhistorie (puntinformatie archeologie)

Uiterwaarden IKAW basis

Uiterwaarden puntinformatie archeologie

verwachtingskaart
- Aanzet dijkreclict Beerse Overlaat
- Aanzet dijkreclict Beerse Overlaat

Verwachtings type
- aanzet dijkreclict Beerse Overlaat
- Urnenveld Bronstijd(12aertjid

CHW LVC
Rijksmonumenten, Stads- en Dorpsgezichten en het Nederlandse culturele Werelderfgoed
- Rijksmonumenten

polygonen
- Rijksmonumenten
- CUCVW - Landschap — Toponiemen (punten)

CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeervervoer_point
- voetveer, verdwenen

CUCVW_verkeerenvervoer — LandvanCuijk_verkeervervoer_multiline
- weg, vóór 1832, intact
- weg, vóór 1832, verdwenen
- pad, vóór 1832, verdwenen

CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multiline
- dijk, vóór 1832, intact
- dijk, vóór 1832, verdwenen
- river, vóór 1832, intact

CUCVW_waterstaat — LandvanCuijk_waterstaat_multipolygon
- gracht, verdwenen
- poel, verdwenen

CUCVW_oorlogsdefensie — LandvanCuijk_oorlogdefensie_multipolygon
- inundatiegebied, verdwenen

CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multiline
- bomenrij

CUCVW_landbouwenbosbouw — LandvanCuijk_landbouwbosbouw_multipolygon
- bomenrij
- loofbos

CUCVW_begraven — LandvanCuijk_begraven_multipolygon
- kerkhof, intact

CUCVW_Bouwkunst
- Kerk

uiterwaarden vlakken cultuurhistorie AVM style
- Bewoning
- Bruggen en overgangen
- Dammen
- Defensie, vesting- en liniewerken
- Dijken
- Fabriek
- Opslag
- Overige
- Railinfrastructuur
- Recreatie
- Religie
- Scheepvaart
- Sluis of stuw
- Veerdienst
- Verdedigbaar woongebouw
- Voorziening
- Waterstaat overig
- Wegen

Verwachtingswaarde laag-hoog
- hoog
- middelhoog

Stroomgordels
- Maas

Achtergrond
BRT Achtergrondkaart

grijs

Verwachtings- en risicokaart

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 27-02-2025 16:52
Schaal: 1:2.936,247304
Formaat: A1

0 50 100 150 200 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\VUGRZ\BUS000\Algemeen\GIS\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 RX Cuijk Ravenstein dijkverbetering\03_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS\QGIS Cuijk verwachting_blad 1 van 1

186500.000 187000.000 187500.000 188000.000

419500.000 419000.000 418500.000 418000.000

55900.00 52499.00 19839.00

Duikers en doorgangen
Duikers en doorgangen
Duikers en doorgangen
Duikers en doorgangen
Duikers en doorgangen
Duikers en doorgangen

Heumen
Kasteel: grondsporen
Mook en Middelaar
Weg
Roodgeel aardewerk, poly- van roodachtig aardewerk, knikwandpot met ingedrukte versiering, Niet herkenbare aardewerken schalen
Vanaf Romeinse tijd, ca 3 m - mv (4,7-4.1 m NAP)

430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468

5.8 1 4 3 2 1 1 1

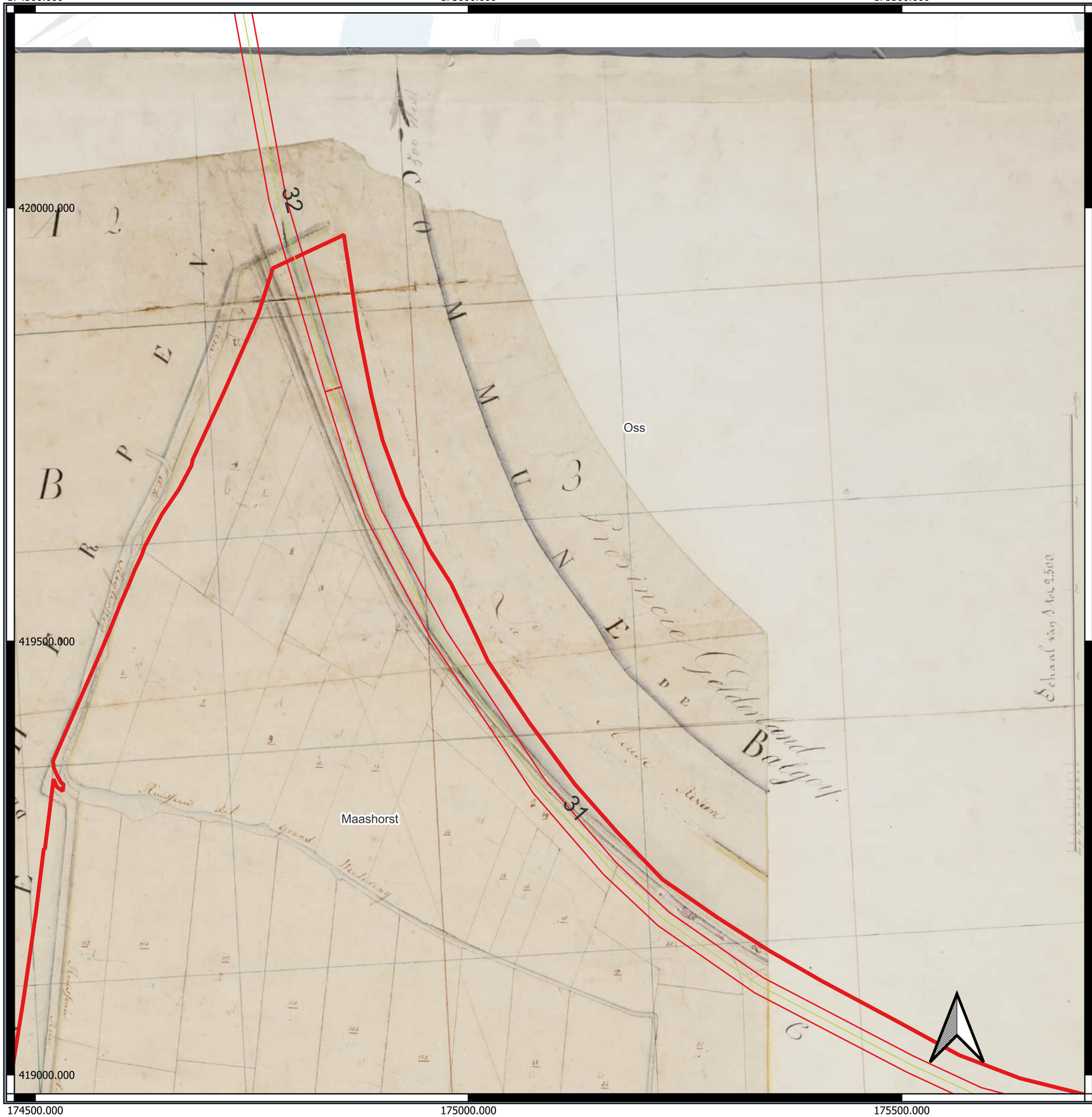
Bijlage K. Kadastrale minuut

174500.000 175000.000 175500.000

420000.000

419500.000

419000.000



Legenda

Project data

- dijkvakken
- Plangebied
- Gemeenten

MIN10129A01_aangepast

- Band 1 (Red)
- Band 2 (Green)
- Band 3 (Blue)

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 16:49
Schaal: 1:4.500
Formaat: A3

0 90 180 270 360 meters

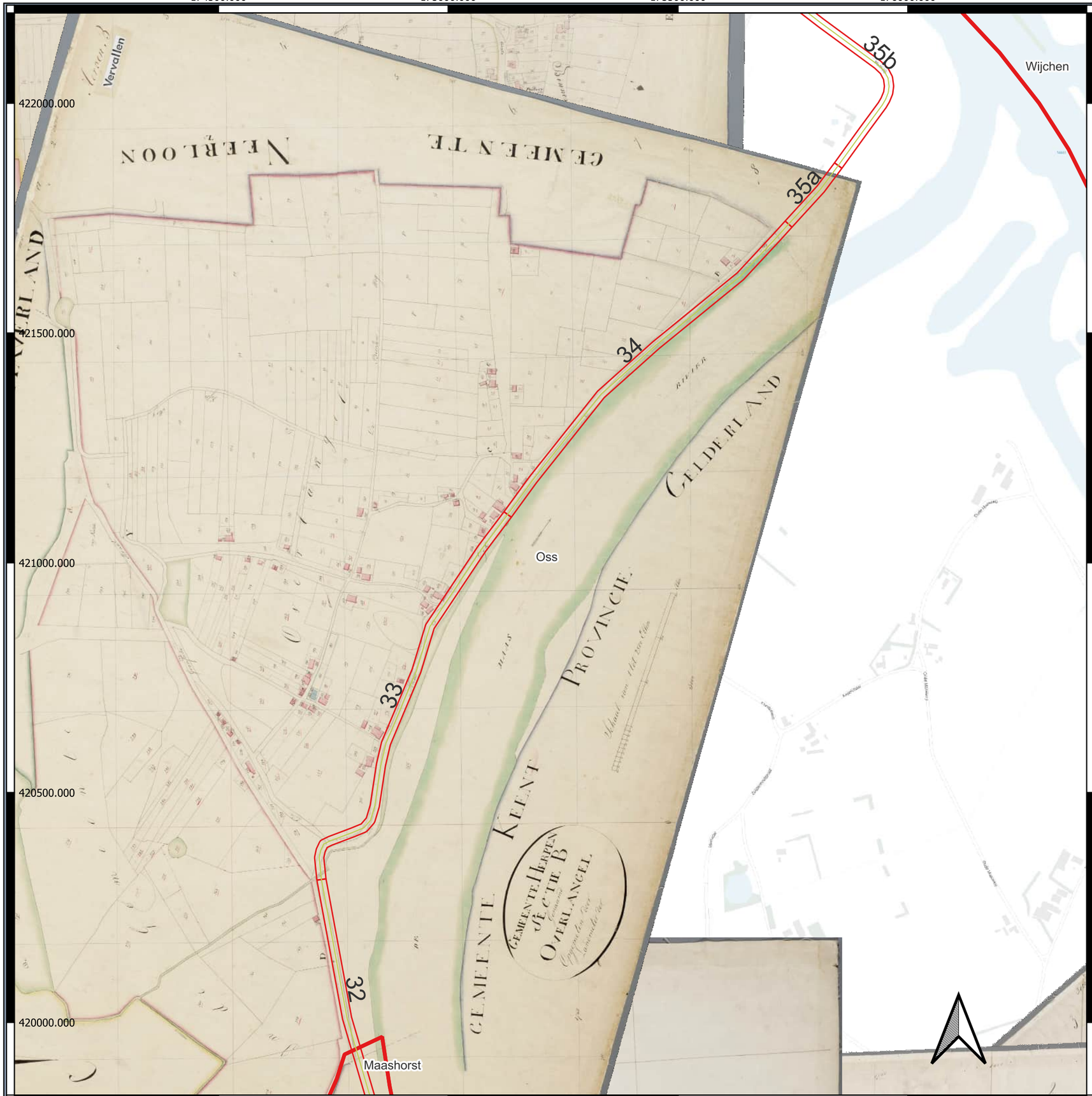
N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRQ\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

174500.000 175000.000 175500.000 176000.000

422000.000 421500.000 421000.000 420500.000 420000.000



Legenda

Project data

- dijkvakken
- Plangebied
- Gemeenten

MIN10129A01_aangepast

- Band 1 (Red)
- Band 2 (Green)
- Band 3 (Blue)

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 16:52
Schaal: 1:8.500
Formaat: A3

0 100 200 300 400 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRQ\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

175000.000 175500.000 176000.000

422500.000

422000.000

421500.000



175000.000 175500.000 176000.000

Legenda

Project data

- dijkvakken
- Plangebied
- Gemeenten

MIN10129A01_aangepast

- Band 1 (Red)
- Band 2 (Green)
- Band 3 (Blue)
- nevengeul en kleiinkassing

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 16:57
Schaal: 1:5.400
Formaat: A3

0 100 200 300 400 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRQ\BU5000\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

174000.000 174500.000 175000.000 175500.000

423000.000

422500.000

422000.000

HUISSELING A2

GEMEENTE NIFTRIK

PROVINCIE GELDERLAND

Wijchen

Oss

GEMEENTE HERPEN

37

36

Legenda

Project data

- dijkvakken
- Plangebied
- Gemeenten

MIN10129A01_aangepast

- Band 1 (Red)
- Band 2 (Green)
- Band 3 (Blue)
- nevengeul en kleiinkassing

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 16:59
Schaal: 1:6.500
Formaat: A3

0 100 200 300 400 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRO\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 20241510180 49 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

186500.000 187000.000 187500.000 188000.000

419500.000

419000.000

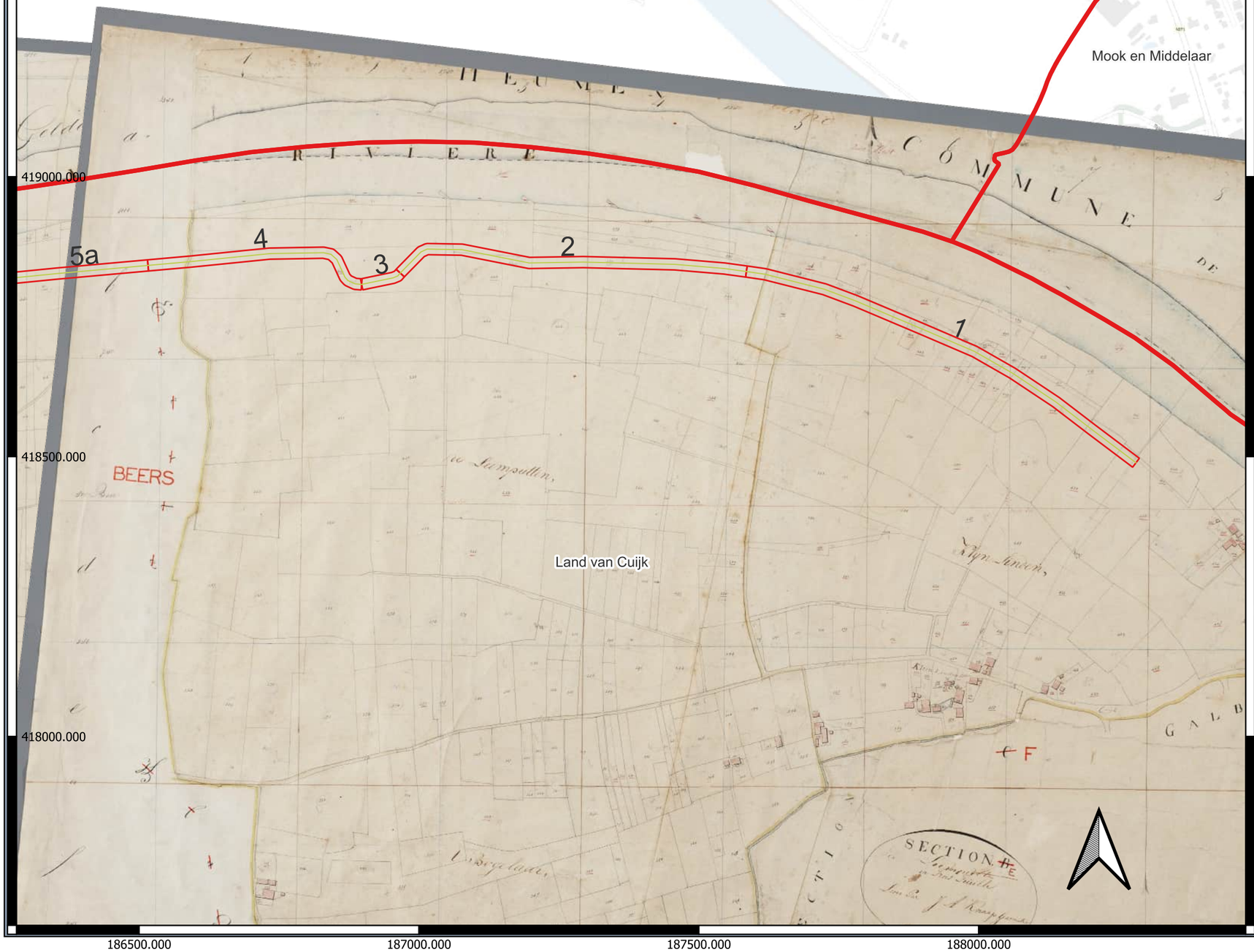
418500.000

418000.000

Heumen

Mook en Middelaar

Land van Cuijk



Legenda

Project data

- dijkvakken
- Plangebied
- Gemeenten

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 15:49
Schaal: 1:8.000
Formaat: A3

0 100 200 300 400 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRQ\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

185500.000

186000.000

186500.000



Legenda

Project data

- dijkvakken
- Plangebied
- Gemeenten

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 15:57
Schaal: 1:5.400
Formaat: A3

0 100 200 300 400 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRQ\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

183000.000 183500.000 184000.000 184500.000 185000.000 185500.000

419500.000
419000.000
418500.000
418000.000
417500.000

Heumen

Land van Cuijk

5b 6a 6b 7 8 9a 9b 10 11

Legenda

Project data
- dijkvakken
- Plangebied
- Gemeenten

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 15:57
Schaal: 1:10.079,233554
Formaat: A3

0 200 400 600 800 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRQ\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

181500.000 182000.000 182500.000 183000.000

419000.000

418500.000

418000.000

417500.000

Heumen

Land van Cuijk

13a 12b 12a 11 10

BEERS

GRAVE

Legenda

Project data

- dijkvakken
- Plangebied
- Gemeenten

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 16:01
Schaal: 1:7.500
Formaat: A3

0 100 200 300 400 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRQ\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

180000.000 180500.000 181000.000 181500.000

419000.000

418500.000

418000.000

417500.000

Heumen

Land van Cuijk

16 15 14 13b 13a 12b

A2

MEUSE

Gemeente Eschaten
Sectie A in 2 bladen
genaamd
De Maas
Blad 1 en 2 - 15
Vervaardigd door den Landmeter
der 1e Klasse J. Ahmaus

GRAVE

Schaal van 1 tot 2500

Legenda

Project data

- dijkvakken
- Plangebied
- Gemeenten

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 16:04
Schaal: 1:7.500
Formaat: A3

0 100 200 300 400 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRQ\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1



Legenda

Project data

- dijkvakken
- Plangebied
- Gemeenten

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 16:06
Schaal: 1:4.500
Formaat: A3

0 90 180 270 360 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRQ\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

178000.000 178500.000 179000.000

420500.000

420000.000

419500.000

Wijchen

Heumen

Land van Cuijk

26 27 25 24 23 22 21 20

Legenda

Project data

- dijkvakken
- Plangebied
- Gemeenten

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 16:08
Schaal: 1:4.800
Formaat: A3

0 90 180 270 360 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRQ\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

178000.000 178500.000 179000.000

177000.000 177500.000 178000.000

420500.000

420000.000

419500.000

419000.000

Oss

Land van Cuijk

26

27

28

29

Legenda

Project data

dijkvakken

Plangebied

Gemeenten

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 16:13
Schaal: 1:6.500
Formaat: A3

0 100 200 300 400 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRQ\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

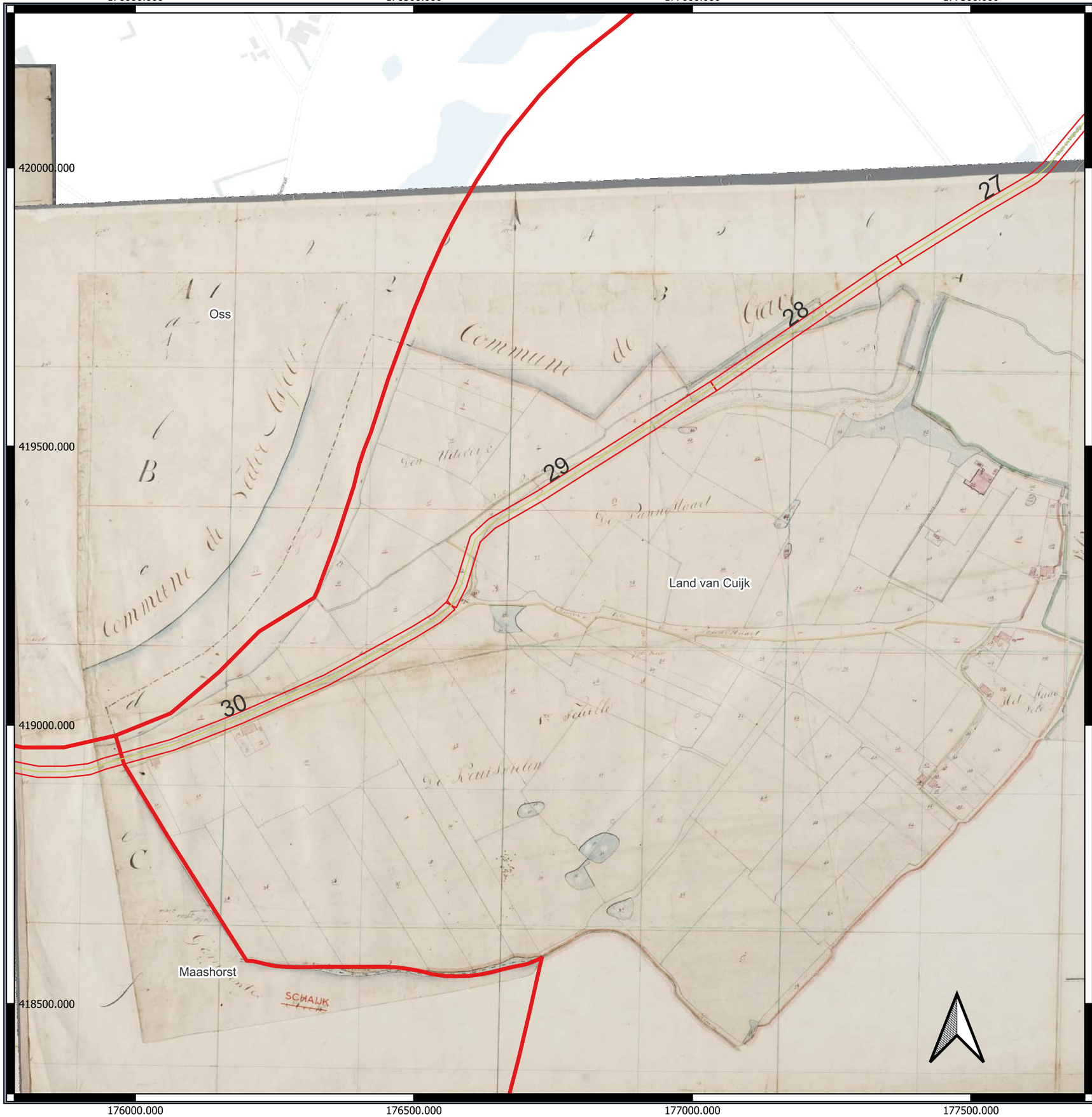
176000.000 176500.000 177000.000 177500.000

420000.000

419500.000

419000.000

418500.000



176000.000 176500.000 177000.000 177500.000

Legenda

Project data

- dijkvakken
- Plangebied
- Gemeenten

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 16:17
Schaal: 1:7.000
Formaat: A3

0 100 200 300 400 meters

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRO\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

175500.000

176000.000

176500.000

419000.000

418500.000

Oss

Land van Cuijk

Maashorst

31

30

5

7

Legenda

Project data

dijkvakken

Plangebied

Gemeenten

Achtergrond

BRT Achtergrondkaart

grijs

Kadastrale minuut 1811-1832

Dijkverbetering Cuijk - Ravenstein

Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Projectnummer: 51018049

SWECO

Status: Definitief
Datum: 12-12-2024 16:47
Schaal: 1:4.500
Formaat: A3

0 90 180 270 360 meters

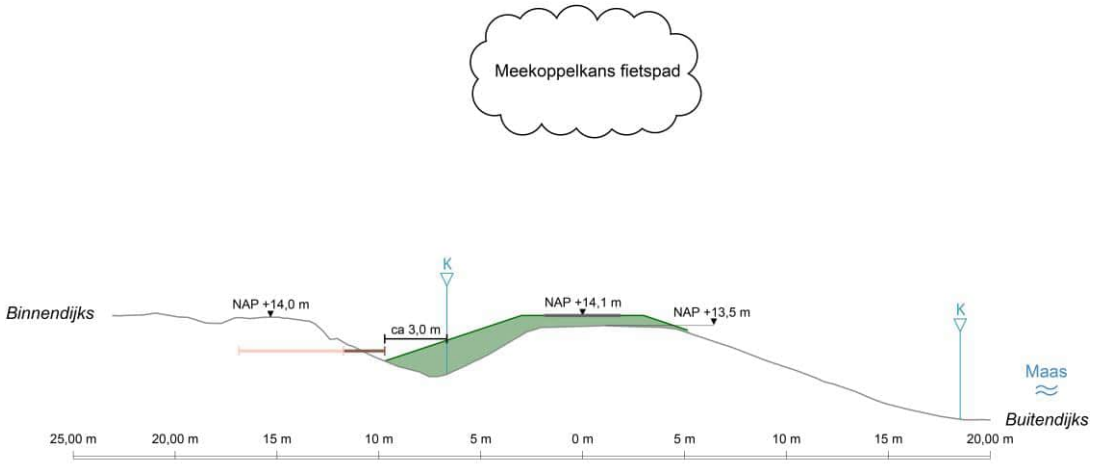
N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Q:\K\GRQ\BU500\Algemeen\GEO\ARCHEOLOGIE\Projecten 2024\51018049 BO Cuijk Ravenstein dijkverbetering\9_GIS\3_standaard sjablonen\QGIS\QGIS CuRa verwachting, blad 1 van 1

Bijlage L. Dijkontwerpen

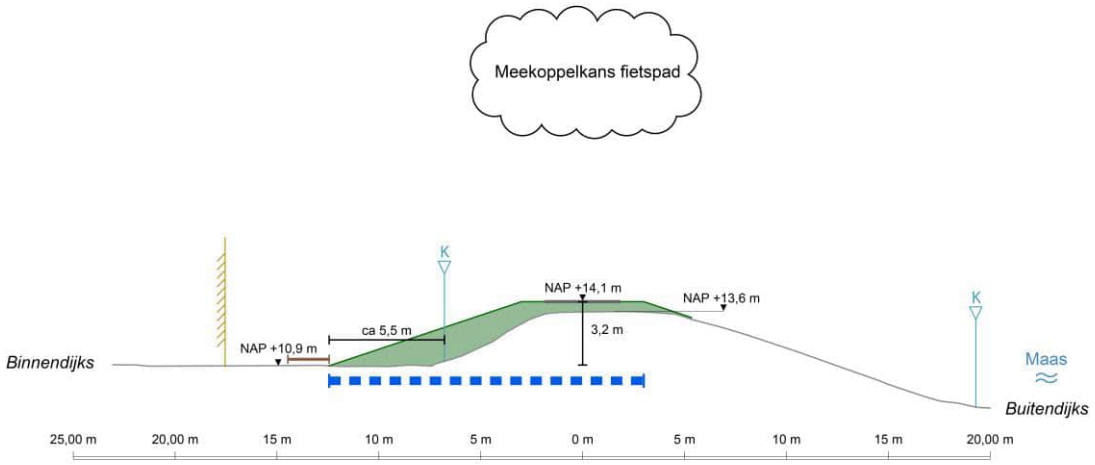
Dijkvak 1 t/m 5



CONCEPT

Locatie profiel: Lange Oijen 2 (A175+25)

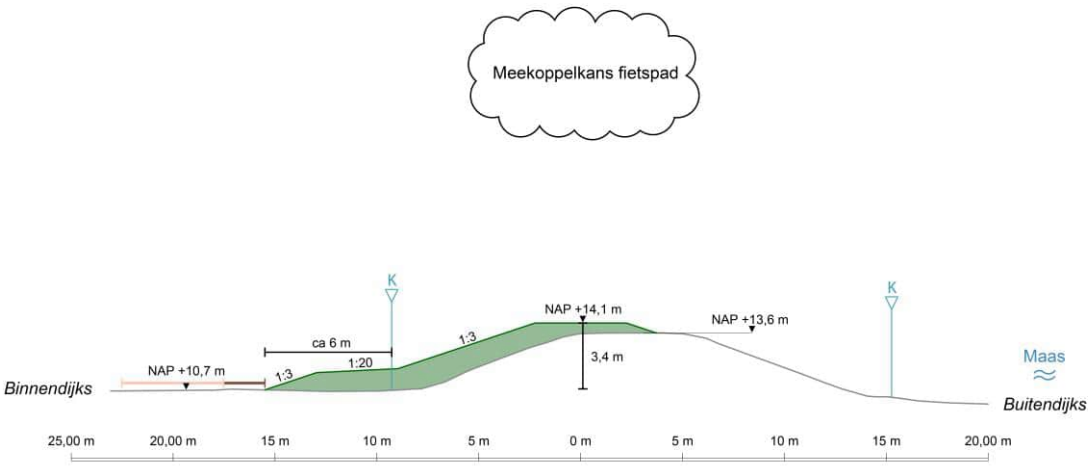
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,6 m)
- kadastrale grens
- weg
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)



CONCEPT

Locatie profiel: Lange Oijen 8 (A177+00)

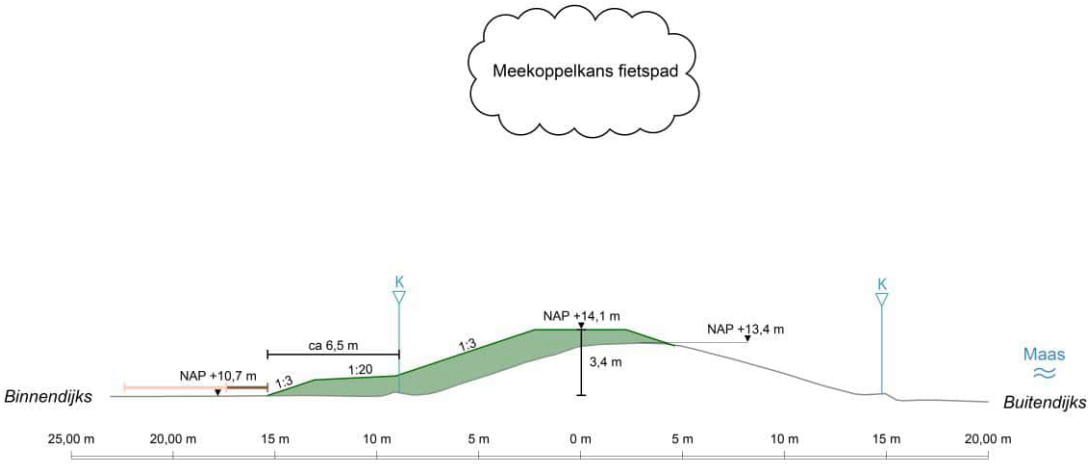
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,5 m)
- kadastrale grens
- gevellijn pand
- constructiezone
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Lange Oijen 16 (A182+00)

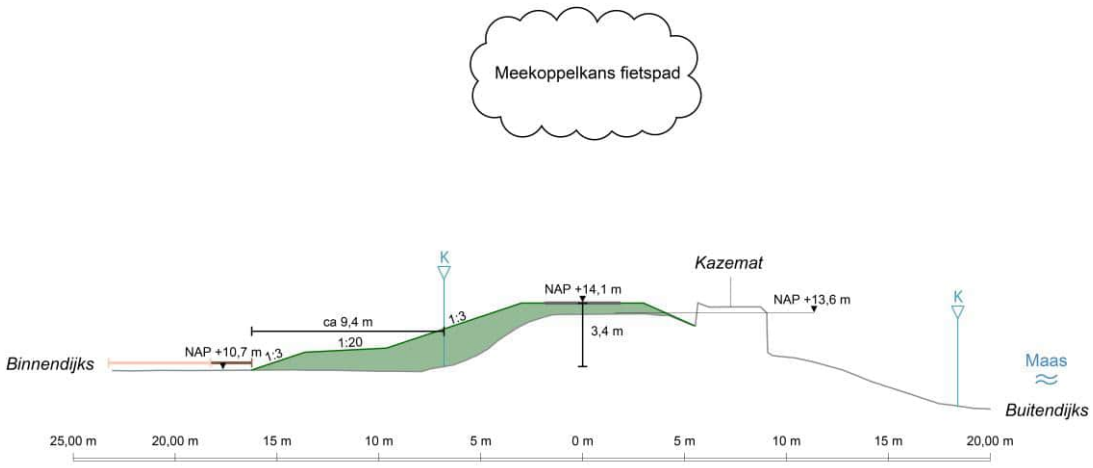
- bestaand maaiveld
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- ophoging dijk (+0,5 m)
- werkstrook (5 m)
- K kadastrale grens



CONCEPT

Locatie profiel: Lange Oijen 24 (A187+00)

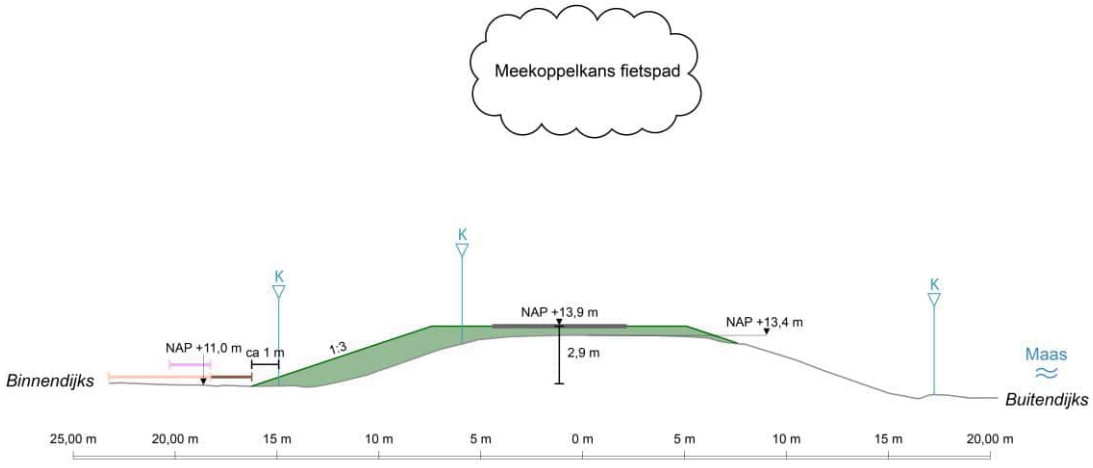
- bestaand maaiveld
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- ophoging dijk (+0,7 m)
- werkstrook (5 m)
- K kadastrale grens



CONCEPT

Locatie profiel: Kazemat (A177+50)

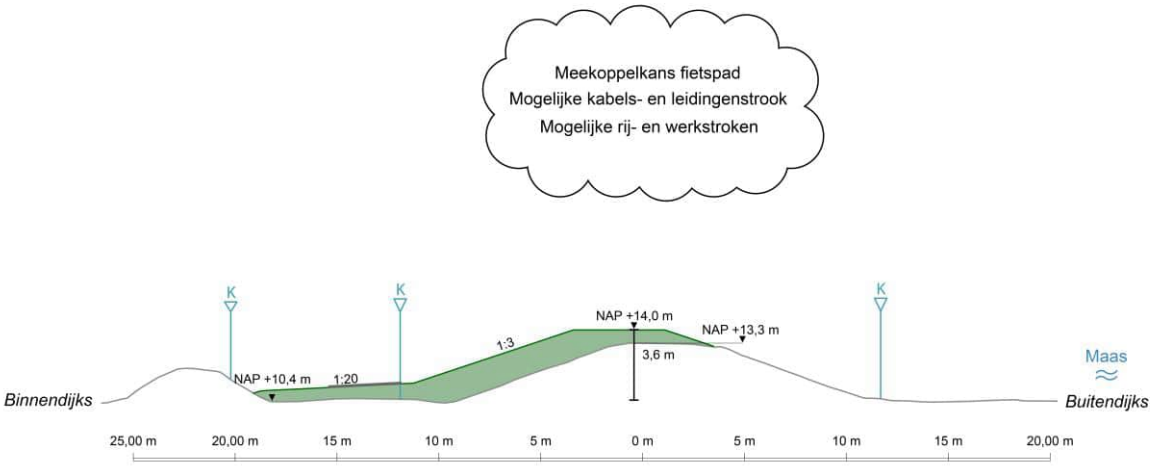
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,5 m)
- kadastrale grens
- weg
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)



CONCEPT

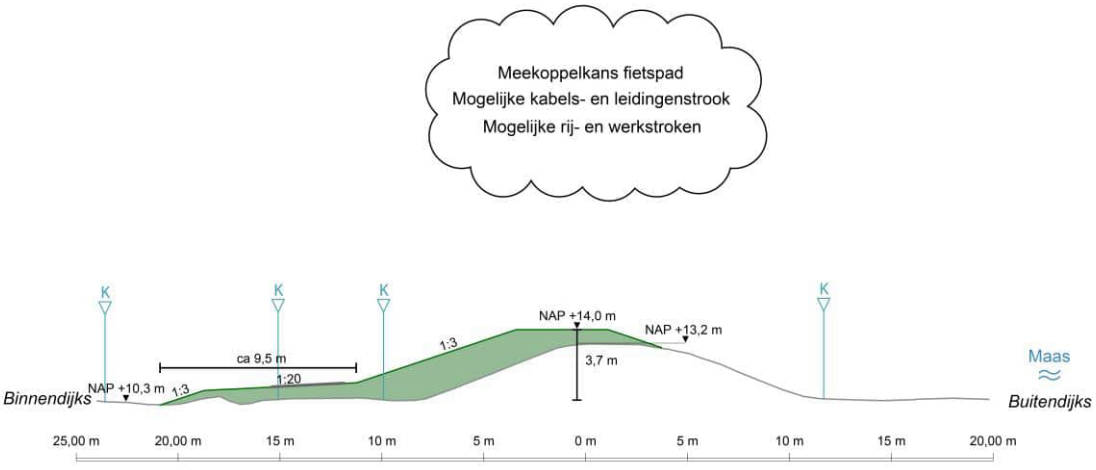
Locatie profiel: Keersluisweg 9 (A191+00)

- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,5 m)
- kadastrale grens
- weg
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- kabels en leidingen strook (2 m)
- werkstrook (5 m)



CONCEPT
Locatie profiel: Perceel 102 (A194+00)

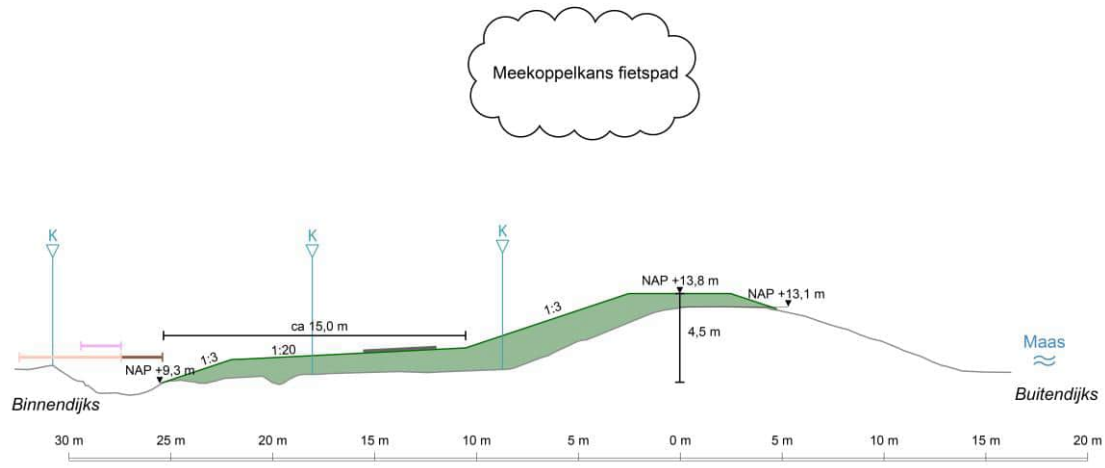
bestaand maaiveld
ophoging dijk (+0,7 m)
K kadastrale grens
weg



CONCEPT
Locatie profiel: Perceel 641 (A199+00)

bestaand maaiveld
ophoging dijk (+0,80 m)
K kadastrale grens
weg

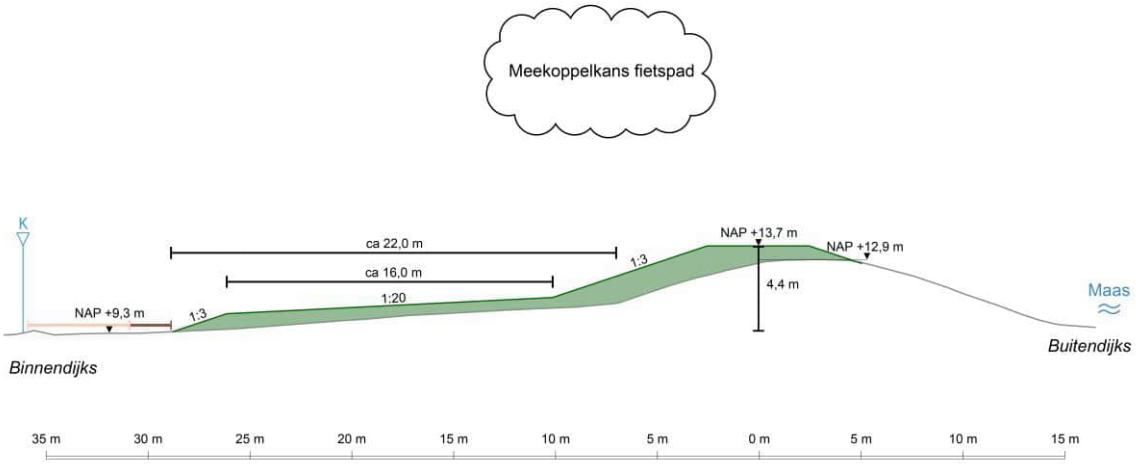
Dijkvak 6 t/m 12



CONCEPT

Locatie profiel: Perceel 69 (A205+00)

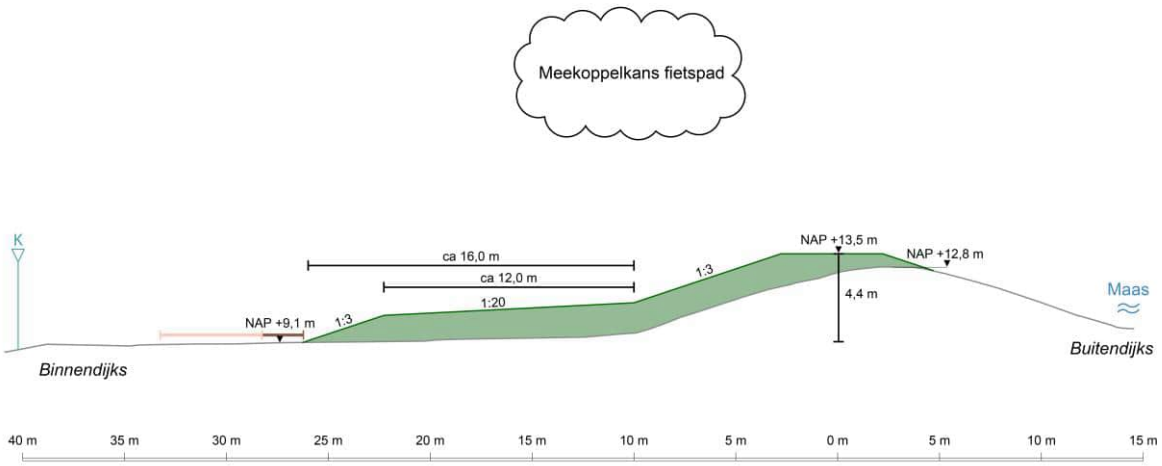
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,7 m)
- kadastrale grens
- weg
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- kabels en leidingen strook (2 m)
- werkstrook (5 m)



CONCEPT

Locatie profiel: Lommerstraat 3 (A214+80)

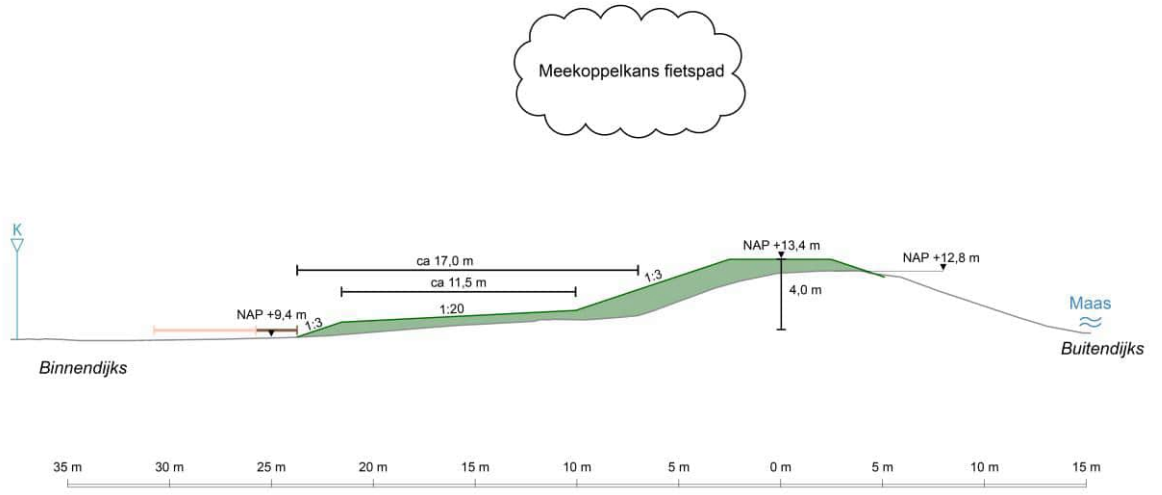
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,8 m)
- kadastrale grens
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)



CONCEPT

Locatie profiel: Lommerstraat 6 (A224+50)

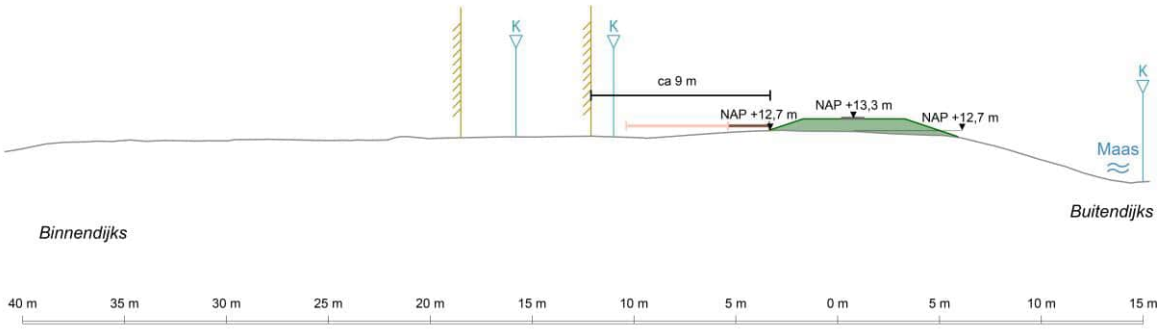
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,7 m)
- K kadastrale grens
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)



CONCEPT

Locatie profiel: Perceel 1667 (A236+00)

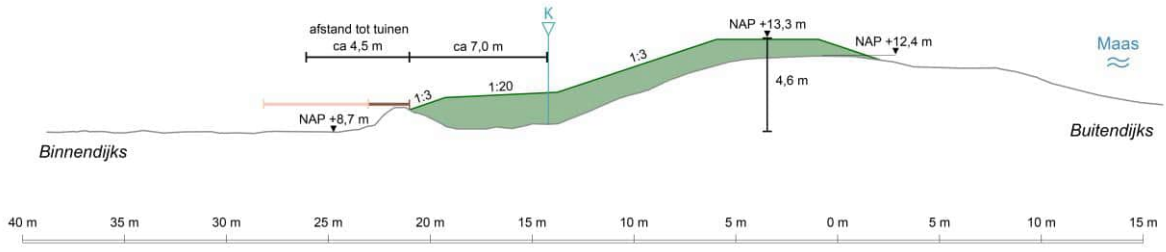
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,6 m)
- K kadastrale grens
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)



CONCEPT

Locatie profiel: Driesenweg 4 (A246+15)

- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (0,6 m)
- kadastrale grens
- gevellijn pand
- fietspad
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)

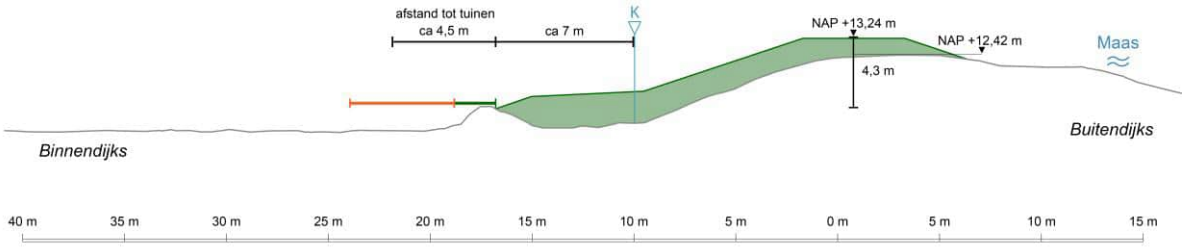


CONCEPT

Locatie profiel: Driesenweg 1 (A247+70)

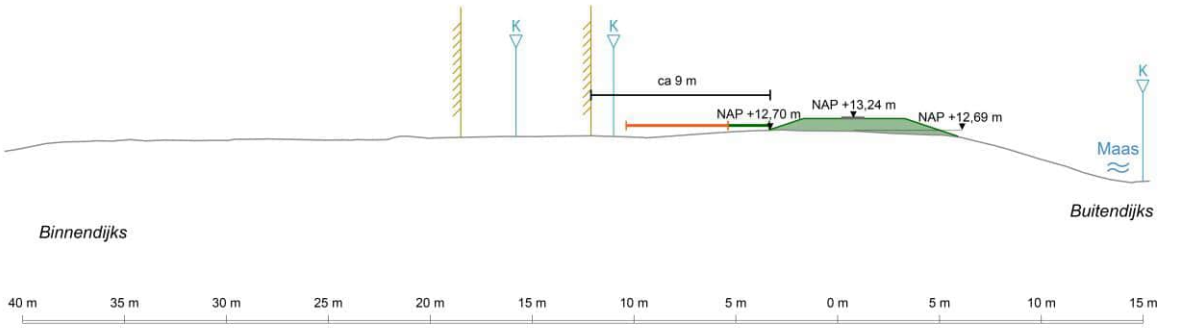
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,9 m)
- kadastrale grens
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)

Dijkvak 13 en 14



CONCEPT
Locatie profiel: Driesenweg 1 (A247+70)

- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,82 m)
- K kadastrale grens
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)

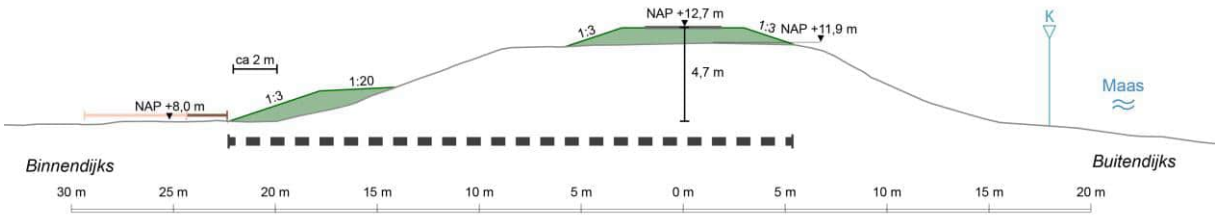


CONCEPT
Locatie profiel: Driesenweg 4 (A246+15)

- bestaand maaiveld
- ophoging dijk
- K kadastrale grens
- gevellijn pand
- fietspad
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)

Dijkvak 15 t/m 29: Nog niet bekend

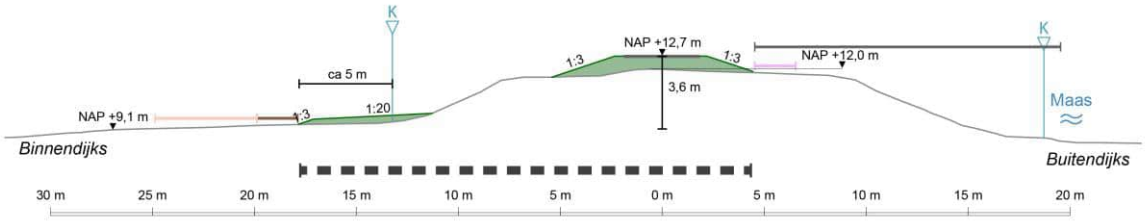
Dijkvak 30 t/m 32:



CONCEPT

Locatie profiel: Perceel 909 (A319+00)

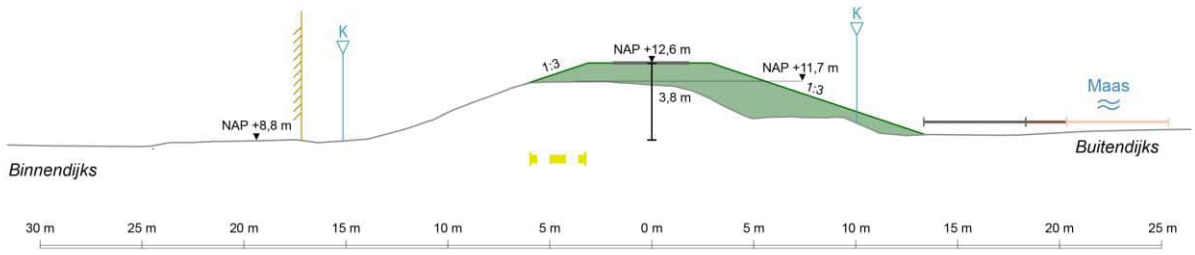
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,7 m)
- kadastrale grens Waterschap
- pipingmaatregel: filterconstructie
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Pannestaartweg 3 (A309+90)

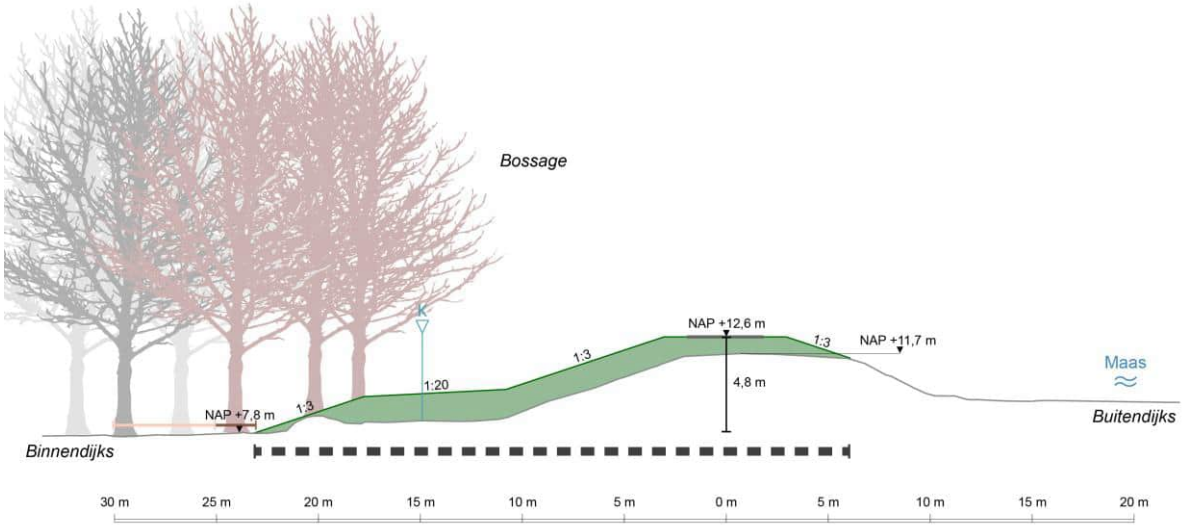
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,7 m)
- kadastrale grens Waterschap
- pipingmaatregel: filterconstructie
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- kabels en leidingen strook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- ruimtereservering oprit
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Maasdijk 1 (A337+00)

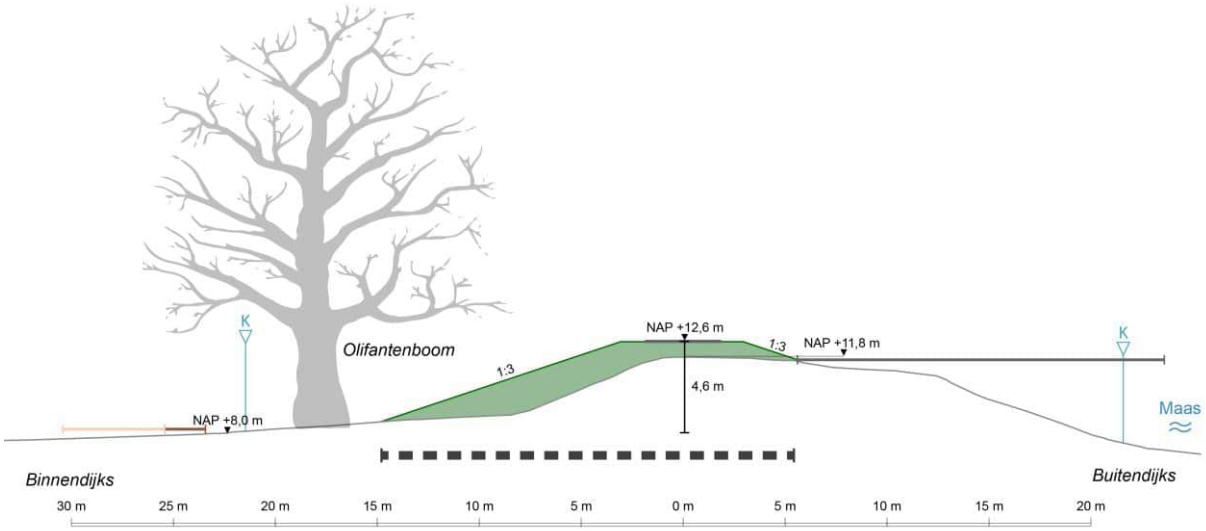
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,9 m)
- kadastrale grens Waterschap
- gevellijn pand
- constructiezone (stabiliteit en piping)
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- ruimtereservering oprit
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Perceel 1 (bossage) (A333+50)

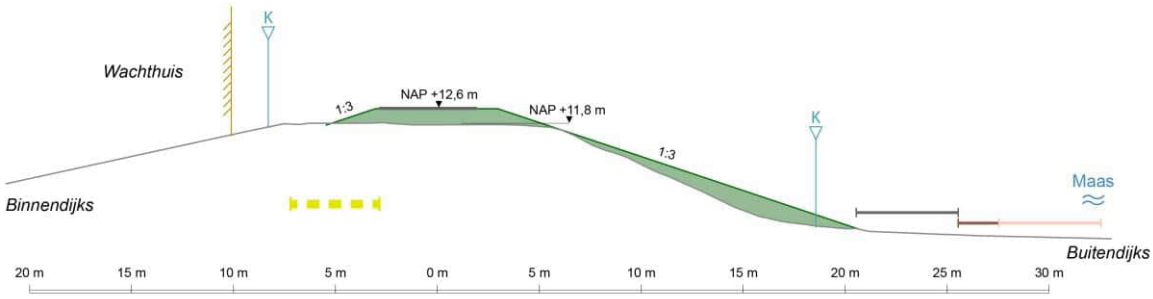
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,9 m)
- kadastrale grens Waterschap
- pipingmaatregel: filterconstructie
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Olifantenboom (A329+50)

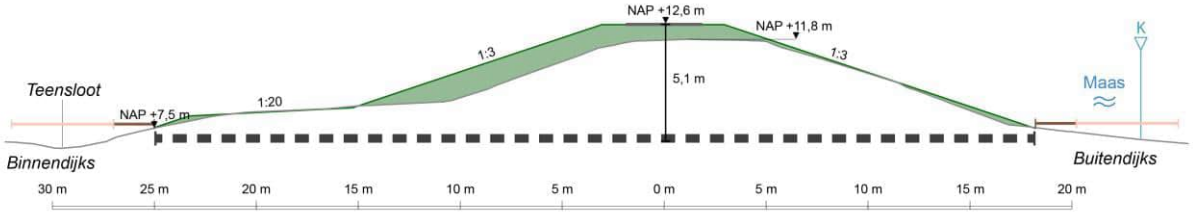
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,8 m)
- kadastrale grens Waterschap
- pipingmaatregel: filterconstructie
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- ruimtereservering oprit
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Oude Maasdijk 1 (A324+70)

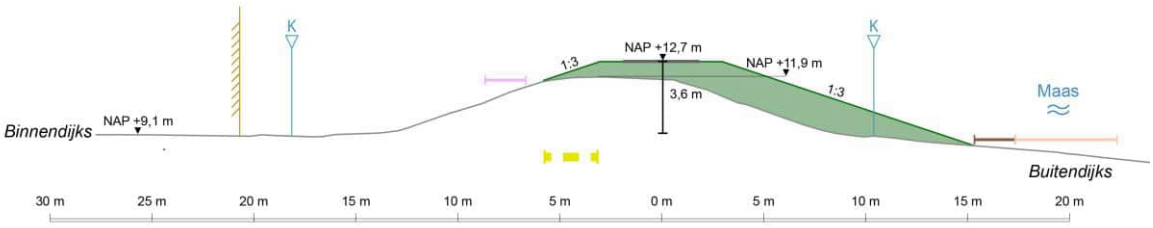
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,8 m)
- kadastrale grens Waterschap
- gevellijn pand
- constructiezone (stabiliteit en piping)
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- ruimtereservering oprit
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Perceel 882 (A322+50)

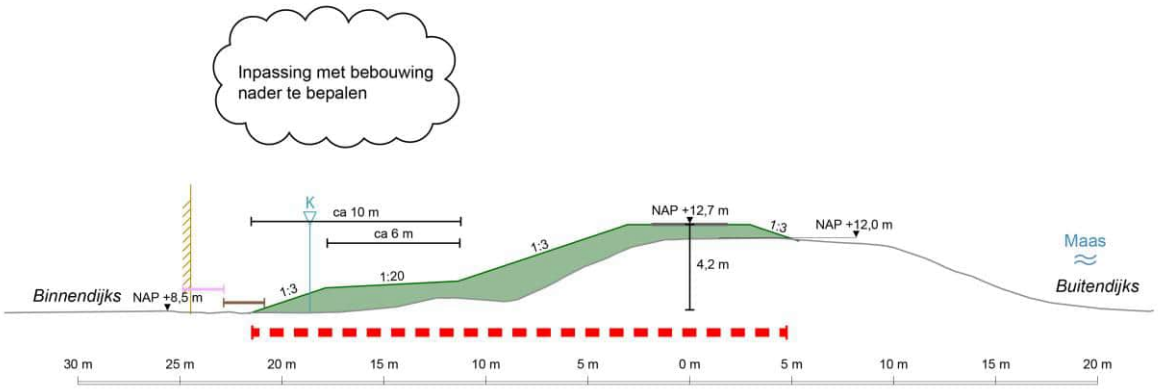
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,8 m)
- kadastrale grens Waterschap
- pipingmaatregel: filterconstructie
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Oude Maasdijk 8 (A316+90)

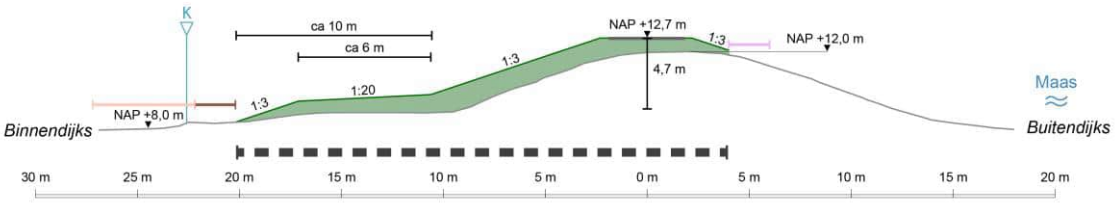
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,8 m)
- kadastrale grens Waterschap
- gevellijn pand
- constructiezone (stabiliteit en piping)
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- kabels en leidingen strook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Oude Maasdijk 2 (A310+80)

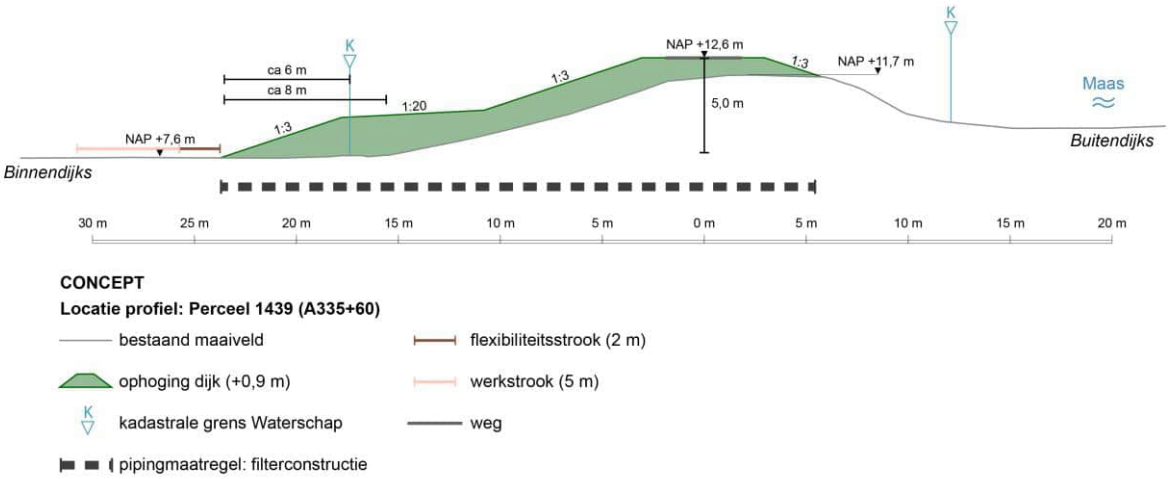
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,7 m)
- kadastrale grens Waterschap
- gevellijn pand
- pipingscherm
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- kabels en leidingen strook (2 m)
- weg



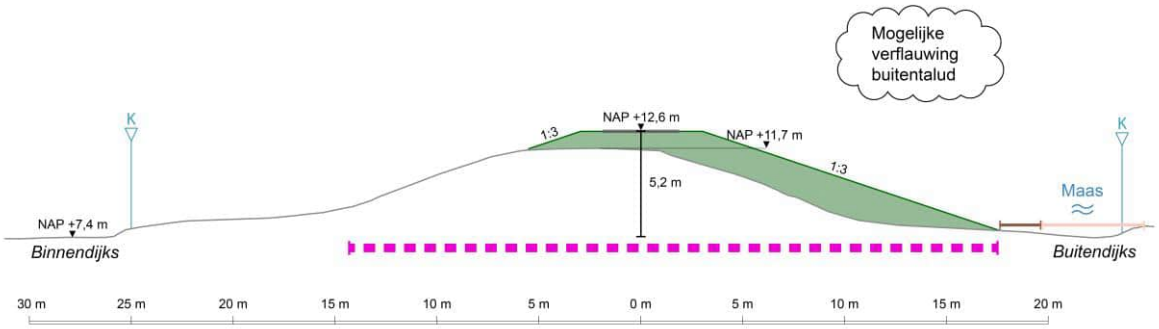
CONCEPT

Locatie profiel: Perceel 1806 (A307+00)

- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,7 m)
- kadastrale grens Waterschap
- pipingmaatregel: filterconstructie
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- kabels en leidingen strook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- weg



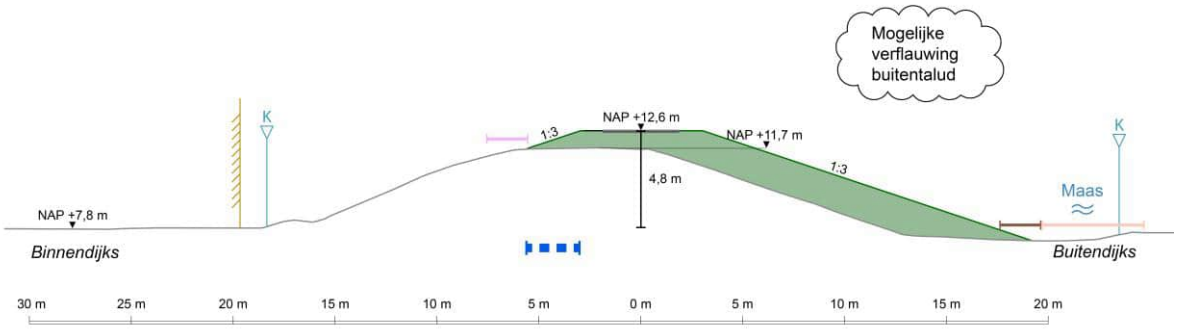
Dijkvak 33 t/m 35



CONCEPT

Locatie profiel: Perceel 1076 (A340+00)

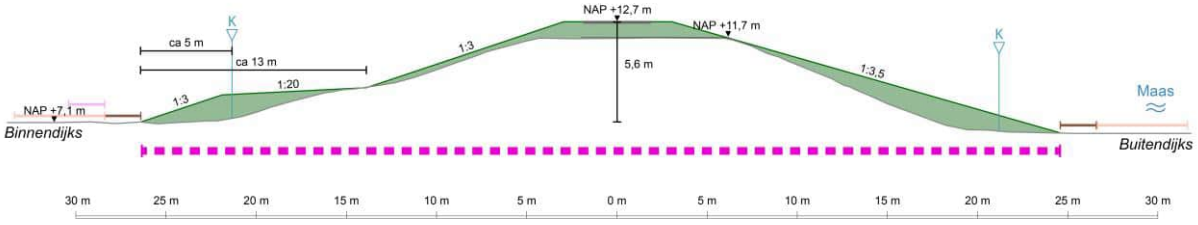
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,9 m)
- kadastrale grens Waterschap
- constructiezone (piping)
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Maasdijk 5 (A342+80)

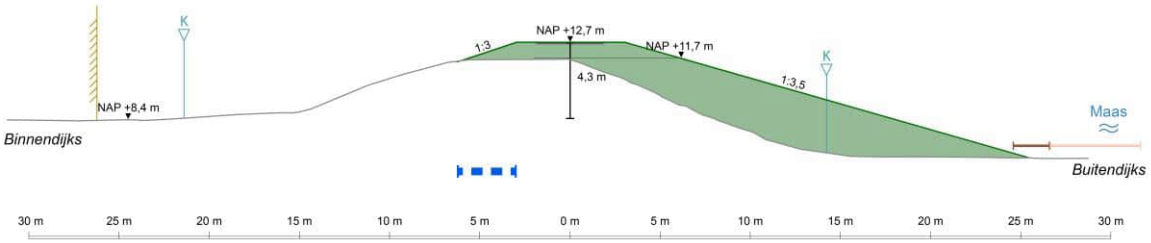
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,9 m)
- kadastrale grens Waterschap
- gevellijn pand
- constructiezone
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- kabels en leidingen strook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Perceel 1052 (A351+00)

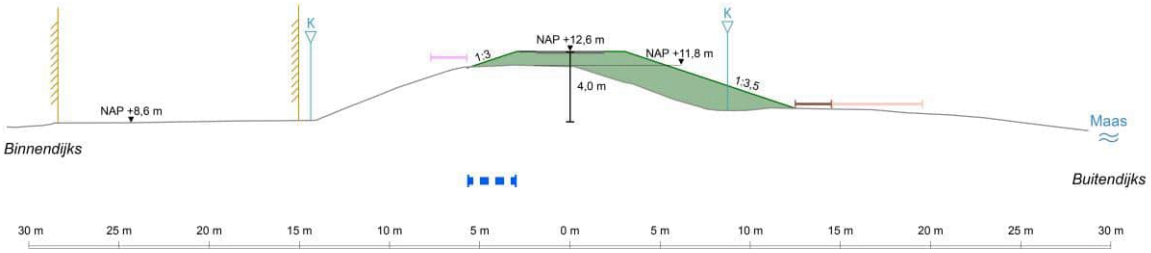
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+1,0 m)
- kadastrale grens Waterschap
- constructiezone (piping)
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- kabels en leidingen strook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Maasdijk 8 (A354+10)

- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+1,0 m)
- kadastrale grens Waterschap
- gevellijn pand
- constructiezone
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- weg

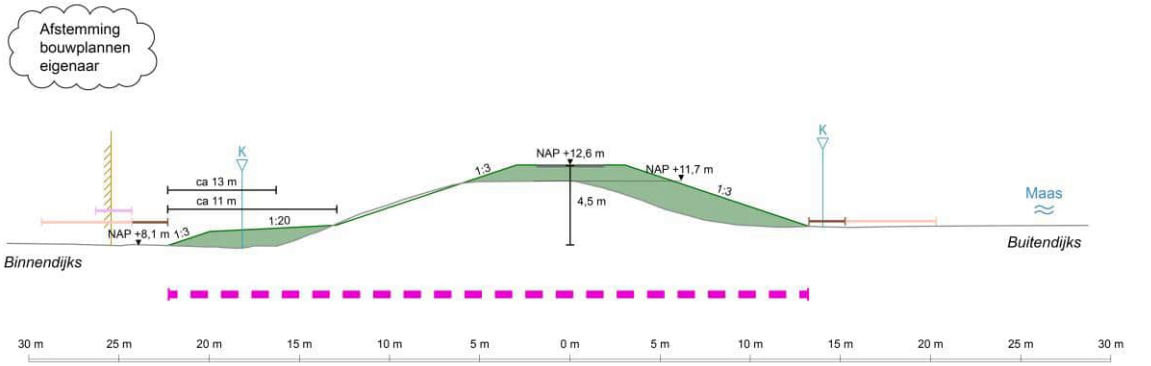


CONCEPT

Locatie profiel: Maasdijk 9 (A355+75)

- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,8 m)
- kadastrale grens Waterschap
- gevellijn pand
- constructiezone
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- kabels en leidingen strook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- weg

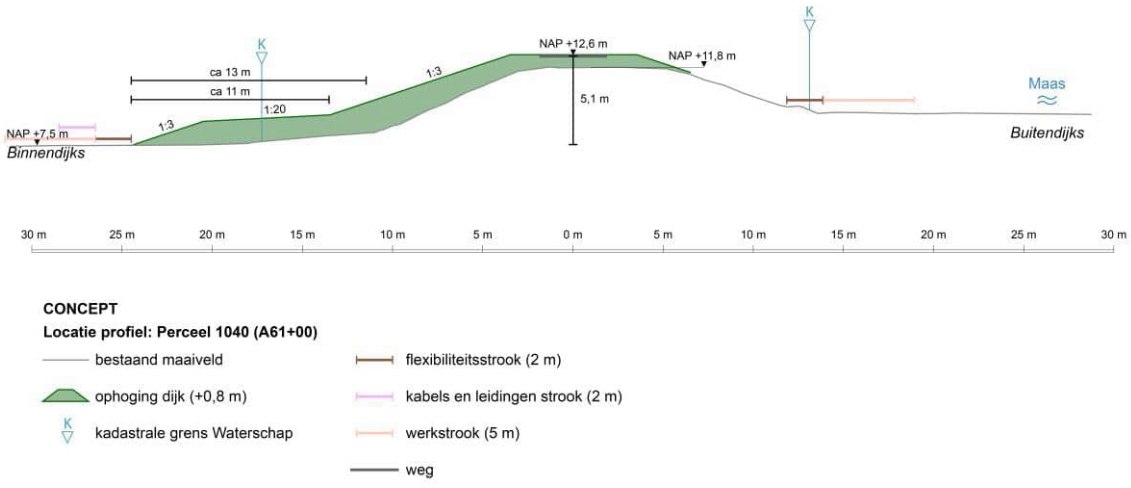
Afstemming bouwplannen eigenaar



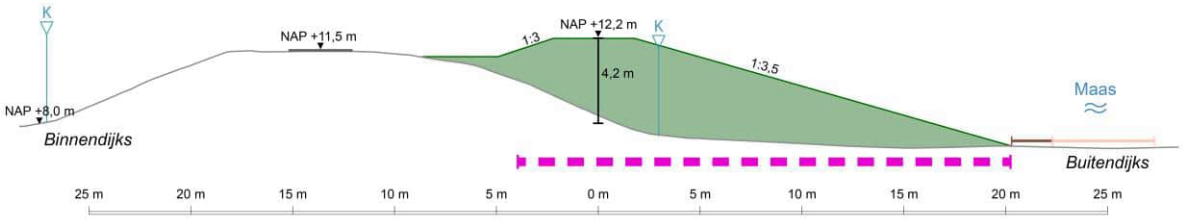
CONCEPT

Locatie profiel: Maasdijk 11 (A358+20)

- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,9 m)
- kadastrale grens Waterschap
- gevellijn pand
- constructiezone (piping)
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- kabels en leidingen strook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- weg



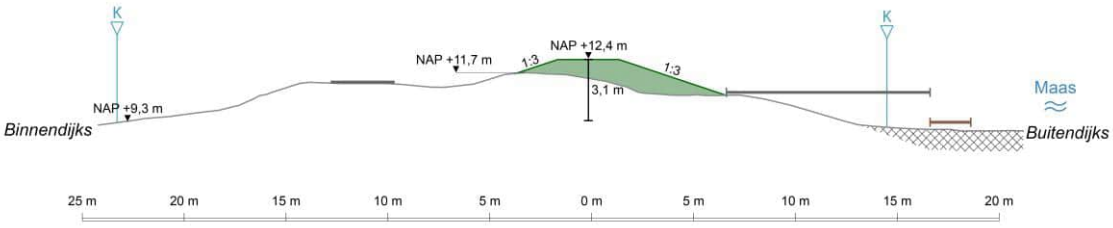
Dijkvak 36 en 37



CONCEPT

Locatie profiel: Maasdijk 29 (A380+75)

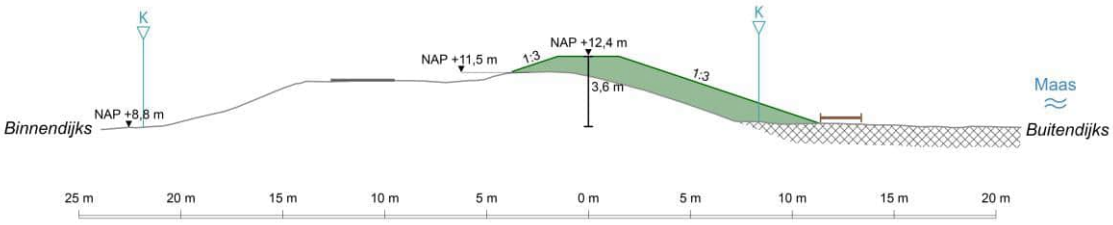
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,7 m)
- kadastrale grens Waterschap
- constructiezone (piping)
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Maasdijk 12 (A364+50)

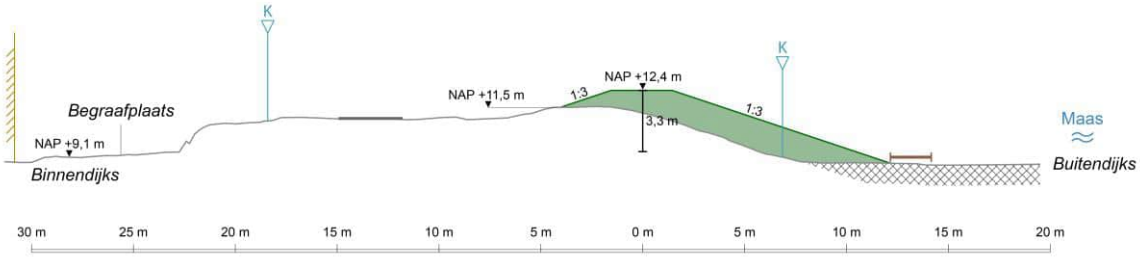
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,7m)
- kadastrale grens Waterschap
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- ruimtereservering oprit
- grondverbetering
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Maasdijk 13a (A365+00)

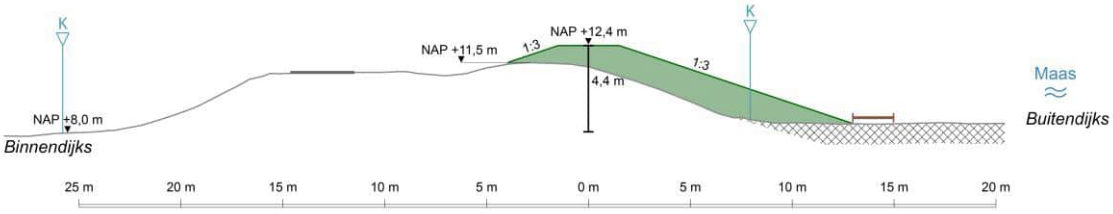
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,9 m)
- kadastrale grens Waterschap
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- grondverbetering
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Maasdijk 19 (A370+40)

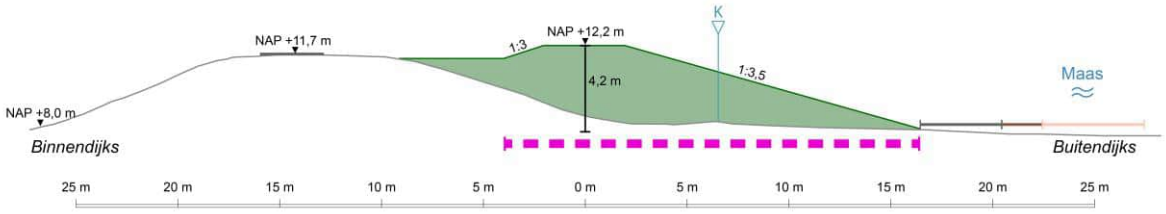
- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,9 m)
- kadastrale grens Waterschap
- gevellijn pand
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- grondverbetering
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Maasdijk 24 (A373+50)

- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,9 m)
- kadastrale grens Waterschap
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- grondverbetering
- weg



CONCEPT

Locatie profiel: Maasdijk 25 (A376+20)

- bestaand maaiveld
- ophoging dijk (+0,5 m)
- kadastrale grens Waterschap
- constructiezone (piping)
- flexibiliteitsstrook (2 m)
- werkstrook (5 m)
- ruimtereservering oprit
- weg