veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Dijkverbetering Doeveren

Notitie vergunbaar ontwerp

VERSIE 1.0, december 2024



Inhoudsopgave

Samenvatting **4**

1 Inleiding **6**

1.1 Aanleiding voor het project dijkverbetering Doeveren 6

1.2 Project- en scope omschrijving 6

1.3 Doel 8

1.4 Leeswijzer 8

2 Huidige situatie en ambitie **9**

2.1 Omgeving 9

2.2 Veiligheidsopgave als basis voor het vergunbaar ontwerp 9

2.3 Ambities Dijkverbetering Doeveren 11

3 Randvoorwaarden en uitgangspunten **13**

3.1 Techniek 13

3.2 Conditionering 14

3.3 Omgeving 15

3.4 Duurzaamheid 15

4 Variantenafweging hoofdkeuze **17**

4.1 Inleiding 17

4.2 Ontwerpvarianten 17

4.3 Beoordelingskader 17

4.4 Afweging varianten 18

5 Variantenafweging maatwerklocaties **22**

5.1 Aansluiting Heusdensebrug 22

5.2 Kruising bomenlaan dijkvak 4 23

6 Vergunbaar ontwerp **25**

6.1 Ruimtebeslag en flexibiliteit 25

6.2 Eindbeeld 25

6.3 Ontwerp dijkverbetering Doeveren 26

6.4 Realisatieaspecten 35

7 Duurzaamheid in het ontwerp **37**

7.1 Energie & Klimaat 37

7.2 Circulariteit 38

7.3 Ruimtelijke Kwaliteit 39

8 Bronnenlijst 40

Bijlage 1 Ontwerptekeningen VO 41

Bijlage 2 Omgevingskaart Doeveren 42

Bijlage 3 Technische onderbouwing VO 43

Bijlage 4 KES vergunbaar ontwerp 44

Bijlage 5 Onderbouwing duurzaamheidsaspecten 45

Bijlage 6 Afweging aansluiting Heusdensebrug 46

Bijlage 7 Afweging kruisen bomenlaan dijkvak 4 47

Samenvatting

De dijk langs de Maas ter hoogte van het dorp Doeveren voldoet niet aan de wettelijke norm uit de Waterwet. De norm is een landelijke maatstaaf waaraan de dijk moet voldoen om het achterland te beschermen tegen een overstroming. De conclusie dat de dijk niet voldoet aan de norm werd tijdens het hoogwater van juli 2021 bekrachtigd. Waterschap Aa en Maas moest toen tijdelijke maatregelen treffen om lokaal overlast te beperken en grotere gevolgen te voorkomen.

Om te voldoen aan de norm is het waterschap een dijkverbeteringsproject gestart. Het dijktraject is nu onderdeel van het landelijke Hoogwaterbeschermingsprogramma (hierna: HWBP). Dat programma bestaat uit projecten in Nederland waar alle dijken en andere keringen, die niet voldoen aan de norm, versterkt worden. Een dijkverbeteringsproject binnen het HWBP bestaat uit een aantal fasen, zoals de verkenningsfase, de planuitwerkingsfase en de realisatie. Het dijkverbeteringsproject Doeveren bevindt zich nu in de planuitwerkingsfase.

Het doel van de planuitwerkingsfase is om het gekozen voorkeursalternatief verder uit te werken naar een vergunbaar ontwerp waarmee de benodigde procedures doorlopen kunnen worden en waarmee de nodige vergunningen om de dijkverbetering uit te kunnen voeren verkregen kunnen worden. Tijdens de verkenningsfase heeft het waterschap gekeken naar kansrijke alternatieven om de dijk te verbeteren. De voorkeur is vastgelegd in de Nota Voorkeursalternatief, waarmee de verkenningsfase is afgerond. Daarnaast heeft het waterschap verschillende onderzoeken laten uitvoeren om meer kwalitatieve informatie te krijgen over de dijk en haar omgeving.

De planuitwerkingsfase, waar het project zich nu in bevindt, kan verdeeld worden in twee fasen. In fase 1 werkt het waterschap het gekozen voorkeursalternatief uit tot een vergunbaar ontwerp. Het resultaat ligt voor u in deze rapportage. Dit ontwerp is de basis waarmee de vergunningen aangevraagd worden bij de provincie, Rijkswaterstaat, gemeentes en het waterschap zelf. In fase 2 wordt het definitief ontwerp opgesteld en wordt een aannemer gekozen die het werk gaat maken.

De onderzoeken die uitgevoerd zijn in de verkenningsfase hebben nieuwe inzichten opgeleverd, bijvoorbeeld over de sterkte van de grond en de aanwezige flora en fauna in het gebied. Het waterschap is doorgegaan met de gesprekken met de omgeving: met u, met ondernemers en met andere betrokkenen. Het waterschap heeft wensen opgehaald en getoetst of deze inpasbaar zijn in het ontwerp. Daarover is met de omgeving gecommuniceerd tijdens informatiebijeenkomsten en waar nodig thuis aan de keukentafel.

Met deze informatie zijn de uitgangspunten, die in de verkenningsfase zijn gehanteerd, verder aangescherpt. Het waterschap heeft de ambities op het gebied van duurzaamheid verder concreet gemaakt. Ook is de dijk van de brug bij Heusden tot het Drongelens kanaal in 7 dijkvakken verdeeld om de nieuwe dijk zo goed mogelijk in te kunnen ontwerpen. Dat is gedaan op basis van het karakter van de dijk, de ondergrond, de opgave en de inpassing in de omgeving. Deze uitgangspunten waren de basis voor het uitwerken van het voorkeursalternatief naar het vergunbaar ontwerp.

Met de nieuwe uitgangspunten heeft het waterschap de verbeteringsopgave allereerst kleiner gemaakt. Dat is heel duurzaam, want hiermee is de macrostabiliteitsopgave komen te vervallen. Hierdoor was er geen stabiliteitsmaatregel nodig. Vervolgens is voor elk van de dijkvakken een ontwerp opgesteld en nader uitgewerkt tot een detailniveau waarmee het waterschap de vergunningen kan aanvragen. Als vergunbaar ontwerp is ontworpen een heavescherm langs het gehele traject, twee hoogwatervluchtplaatsen op het buitentalud tussen de brug en de dijk met lindenbomen, antigraafgaas in het buitentalud op het traject met de lindenbomen in de kruin en wordt de biodiversiteit vergroot door het soortenrijk inzaaien van de grasbekleding.

In deze fase zijn zorgvuldig keuzes gemaakt. Dat is weloverwogen gedaan, door elke keer verschillende aspecten mee te nemen, zoals kosten, inpasbaarheid, impact op de omgeving, beheer en onderhoud, ruimtelijke kwaliteit en duurzaamheid. Zo is het waterschap gekomen tot een integrale afweging. Dit is onder andere gedaan bij de keuze voor het materiaal, de kruising van de Heusdenseweg en de aansluiting op het brughoofd bij Heusden.

Na deze fase wordt het vergunbaar ontwerp verder uitgewerkt tot een definitief ontwerp. In het definitief ontwerp wordt vooral de detaillering verder uitgewerkt zoals exacte locaties en de juiste maatvoering.

De, voor u liggende, Nota Vergunbaar Ontwerp neemt u mee van de aanleiding van het project, de uitgangspunten, relevante aspecten en onderlinge raakvlakken tot aan de belangrijkste ontwerpkeuzen die gemaakt zijn. De bijlagen bevatten meer details voor wie zich verder wil verdiepen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding voor het project dijkverbetering Doeveren

Het klimaat verandert. Dat betekent dat het water in de Maas in de toekomst steeds vaker hoog staat. Dat vraagt om de nodige aanpassingen. Dijktraject Doeveren moet daarnaast voldoen aan de nieuwe inzichten voor waterveiligheid en de normen die door het Rijk zijn vastgesteld.

Uit de wettelijke veiligheidsbeoordeling (LBO1) bleek dat normtraject 36-5 (van 's-Hertogenbosch tot Waalwijk) niet voldoet aan de waterveiligheidsnormen. Het hoogwater op de Maas van juli 2021 bevestigde dit risicobeeld en de urgentie voor het ongeveer 4 km lange dijktraject ter hoogte van het dorp Doeveren. In 2021 besloten wij, het waterschap Aa en Maas, naar aanleiding van dit hoge water, om voor een deel van het dijktraject 36-5 ter hoogte van Doeveren versneld over te gaan tot dijkverbetering. Dit dijktraject loopt van dijkpaal A963 tot dijkpaal A1004, van de brug bij Heusden tot het Drongelens kanaal.

Dijkverbetering Doeveren is onderdeel van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) en is het 3e project van het waterschap binnen het HWBP. Het project is in september 2022 gestart met de voorverkenning en in juni 2023 met de verkenningsfase. De verkenningsfase heeft geresulteerd in het voorkeursalternatief (VKA), wat door het dagelijks bestuur van het waterschap op 14 mei 2024 is vastgesteld. In andere woorden: inmiddels hebben we een plan hoe we de dijk willen verbeteren.

In de planuitwerkingsfase werken we dit plan, het VKA, verder uit in twee fasen. In de eerste fase stellen we het vergunbaar ontwerp vast. In de tweede fase stellen we het definitieve ontwerp op. Gedurende deze fasen worden de wettelijke procedures voorbereid (projectbesluit). Na afronding van deze procedures gaat naar verwachting in 2026 de realisatiefase van start.



Figuur 1-1: Planning dijkverbetering Doeveren

In voorliggende rapportage is de eerste fase van de planuitwerking uitgewerkt, namelijk de totstandkoming van het vergunbaar ontwerp.

1.2 Project- en scope omschrijving

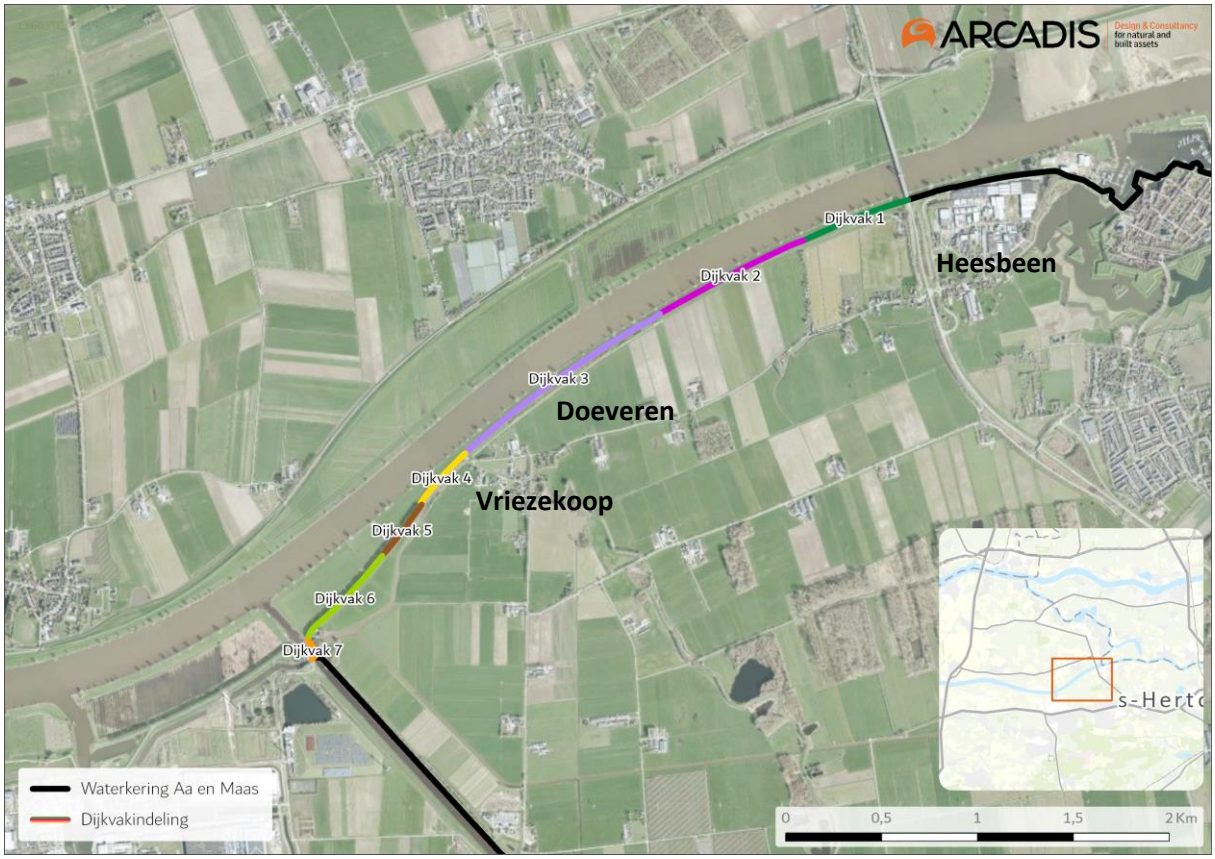
1.2.1 Projectgebied

Dijktraject Doeveren ligt nabij het dorp Doeveren en loopt van de brug bij Heusden tot het Drongelens kanaal. De dijk ligt in de provincie Noord-Brabant, binnen de gemeenten Waalwijk en Heusden. Dijktraject Doeveren hebben we opgedeeld in 7 dijkvakken (zie Tabel 1-1Tabel 1-1 en Figuur 1-2Figuur 1-2). De verdeling in deze dijkvakken is tot stand gekomen op basis van kenmerkende (gebieds)eigenschappen, zoals: grondopbouw en de geometrie.

Tabel 1-1: Beschrijving vakindeling

Vak	Dijkpaal van	Dijkpaal tot	Kenmerken
1	A963M050	A970M028	Stukken met laag achterland of sloot met een relatief hoog polderpeil, smalle dijk met smal voorland
2	A970M028	A977M080	Stukken met laag achterland of sloot met een relatief laag polderpeil, smalle dijk met smal voorland
3	A977M080	A990M080	Stukken met laag achterland of sloot met een relatief laag polderpeil, brede dijk met smal voorland

Vak	Dijkpaal van	Dijkpaal tot	Kenmerken
4	A990M080	A994M000	Smal voorland, Oud Maasje in het achterland met een relatief laag polderpeil. Bomen langs de oprit binnendijks
5	A994M000	A997M020	Breed voorland met een lokale laagte, Oud Maasje in achterland. Bomen op de dijk.
6	A997M020	A1001M058	Breed maar diep voorland, sloot in achterland met een relatief laag polderpeil. Vak eindigt bij het gemaal Gansoijen (buiten scope). Bomen op de dijk.
7	A1001M058	A1004M000	Smalle dijk met een constructie tussen twee kunstwerken (Gemaal Gansoijen; Bovenlandse Sluis)



Figuur 1-2 Dijkvakindeling dijkverbetering Doeveren

Naast de reguliere dijk zijn er binnen het dijktraject een aantal technische raakvlakken (zie Tabel 1-2Tabel 1-2). De kunstwerken in dijkvak 7 vallen buiten de scope. Het dijkontwerp heeft wel een belangrijk raakvlak met de kunstwerken, omdat beide projecten op elkaar aangesloten moeten worden. Omdat onduidelijk is wat de precieze uitwerkingen van deze kunstwerken worden, hebben we besloten om vanuit het dijkontwerp op een zo logische mogelijk locatie te eindigen met het ontwerp, zodat vanuit het verbeteringsproject van de kunstwerken hierop aangesloten kan worden. Dit geldt voor zowel het gemaal, de vispassage en de Bovenlandse Sluis. Het heavescherm dat de sluis en gemaal met elkaar verbindt in dijkvak 7 valt wel binnen de scope.

Tabel 1-2: Overzicht relevante constructieve elementen

Vak	hmp	Lengte [m]	Omschrijving
1	A964	50	Heusdensebrug
7	A1003+20	100	Gemaal en vispassage Gansoijen
7	A1004	50	Bovenlandse Sluis

1.3 Doel

Deze rapportage is de onderbouwing van het vergunbaar ontwerp als basis voor de aan te vragen vergunningen en het projectbesluit. Het doel van dit document is tweeledig en elk hoofddoel heeft een aantal subdoelen:

1. De notitie geeft inzicht in hoe tot het vergunbaar ontwerp is gekomen:
a. Geeft inzicht in welke randvoorwaarden en uitgangspunten ten grondslag liggen van het vergunbaar ontwerp;
b. Geeft inzicht in welke varianten zijn afgewogen om te komen tot de voorkeursvariant;
c. Geeft een duidelijk onderbouwing van welke variant is gekozen;
d. De notitie geeft een onderbouwing dat het dijktraject aan alle faalmechanisme voldoet en zo niet op welke wijze hier een oplossing voor is geboden;
e. De notitie geeft inzicht in de berekeningen die ten grondslag liggen aan het ontwerp.
2. De notitie geeft een duidelijk beeld van het vergunbaar ontwerp:
a. De notitie geeft inzicht in de afmetingen en materialisatie van het ontwerp.
b. De notitie geeft inzicht in de inpassing van het ontwerp in de omgeving.
c. De notitie geeft een onderbouwing over hoe is omgegaan met aansluiting op kunstwerken, maatwerklocaties en niet waterkerende objecten.
d. De notitie geeft inzicht in hoe wordt omgegaan met meekoppelkansen.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd uit verschillende hoofdstukken die elk een belangrijk aspect van dijkverbetering Doeveren behandelen. Hieronder volgt een overzicht van de inhoud van de hoofdstukken:

- Hoofdstuk 2: Beschrijft de omgeving, veiligheidsopgave en de ambitie voor de dijkverbetering.
- Hoofdstuk 3: Belangrijke randvoorwaarden en uitgangspunten voor de sporen Techniek, Conditionering, Omgeving en Duurzaamheid.
- Hoofdstuk 4: Uitwerking van de afweging van de hoofdkeuze tussen staal of kunststof.
- Hoofdstuk 5: Afweging van de maatwerklocatie voor de aansluiting Heusdensebrug en kruising bomenlaan dijkvak 4.
- Hoofdstuk 6: Beschrijving van het vergunbaar ontwerp, inclusief eindbeeld en toelichting per dijkvak, en bespreking van realisatieaspecten.
- Hoofdstuk 7: Beschrijving van hoe duurzaamheid in het ontwerp van de dijkverbetering is geborgd.

Deze hoofdstukken bieden een gedetailleerd inzicht in de verschillende aspecten van het dijkverbeteringsproject, van de huidige situatie en randvoorwaarden tot het uiteindelijke vergunbare ontwerp en duurzaamheidsmaatregelen. Elk hoofdstuk draagt bij aan een volledig begrip van het proces en de besluitvorming rondom de dijkverbetering.

2 Huidige situatie en ambitie

2.1 Omgeving

Dijktraject Doeveren ligt in de gemeenten Waalwijk en Heusden in de provincie Noord-Brabant. Het dijktraject grenst aan twee waterkerende kunstwerken; het dijktraject begint bij de brug bij Heesbeen en eindigt bij de Bovenlandse Sluis bij Waalwijk (Rijksmonument 38197) waar constructief op wordt aangesloten. De grens tussen de gemeente Waalwijk en de gemeente Heusden ligt bij het oostelijke uiteinde van het Oude Maasje. Aan de westzijde ligt Waalwijk, halverwege het dijktraject ligt het dorp Doeveren en aan de oostzijde ligt Heusden. De bebouwde kom van Heesbeen ligt buiten het projectgebied door de knip van het dijktraject bij de brug bij Heesbeen. De dijk grenst voornamelijk aan landbouwgebied met daarin diverse natuurwaarden en cultuurhistorisch waardevolle elementen, zoals het Oude Maasje, de lindebomen aan de Heusdenseweg, Gemaal Gansoijen en de Bovenlandse Sluis. Een recreatieve fietsroute over de dijk verbindt deze waarden en maakt de omgeving beleefbaar.

Natuur

De dijk verandert van opbouw van oost naar west, van een brede kale dijk naar een dijk met wilgen- en meidoornstruweel aan de binnenteen naar een met lindebomen beplante dijk. Het projectgebied is geen Natura 2000-gebied. De afstand tot het dichtstbijzijnde Natura 2000-gebied ‘Langstraat en Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen’ is ongeveer 5 km. Het meidoorn- en wilgenstruweel dat langs het projectgebied loopt, is onderdeel van het Natuurnetwerk Brabant.

Landschap

Het projectgebied maakt onderdeel uit van het jonge rivierkleilandschap van de Maas met zandige oeverwallen en donken en lager gelegen open komgronden. Aan de zuidzijde wordt het gebied begrensd door een brede dekzandrug die de overgang met het Brabant van het zand markeert. Een oude lindelaan langs de Heusdenseweg is een blikvanger in het landschap. De Bergsche Maas en deze dijk zijn relatief jong. De dijk is begin 20^{e} eeuw aangelegd en in de jaren ’90 is een dijkverbetering uitgevoerd. Nieuwe structuren doorsnijden de oude patronen die aanwezig zijn in het landschap.

Cultuurhistorie

Het dijktraject ligt op de overgang van gebied dat vroeger onder invloed stond van de zee, met de Baardwijkse Overlaat en de Elshoutse Zeedijk, en het vroegere binnendijks gebied dat onder de invloed van de rivier stond. De Elshoutse Zeedijk en de nog aanwezige uitwateringssluizen maakten deel uit van de Zuiderwaterlinie (1700-1870) en zijn markante punten in het landschap.
De dijk wordt begeleid door de continue lijn van bakenbomen langs de Maas en eindigt aan de westzijde bij een bijzonder ensemble van waterwerken: de Bovenlandse Sluis en het gemaal Gansoijen.

Recreatie

Vanwege de rijke cultuurhistorie, het fraaie landschap en de aanwezigheid van het fietspad op de dijk wordt er druk gerecreëerd. Diverse informatieborden geven uitleg bij bijzondere punten en bieden stop- en pauzeplekjes voor fietsers.

2.2 Veiligheidsopgave als basis voor het vergunbaar ontwerp

Uit de Wettelijke Veiligheidsbeoordeling bleek dat het dijktraject niet voldoet aan de norm. Bij het hoogwater in 2021 werd de urgentie bij Doeveren goed duidelijk. Er waren zandmeevoerende wellen in de teensloot en het maaiveld was binnendijks sterk verweekt. Het waterschap heeft toen veel grond ter plaatse aangebracht om de waterveiligheid te waarborgen.

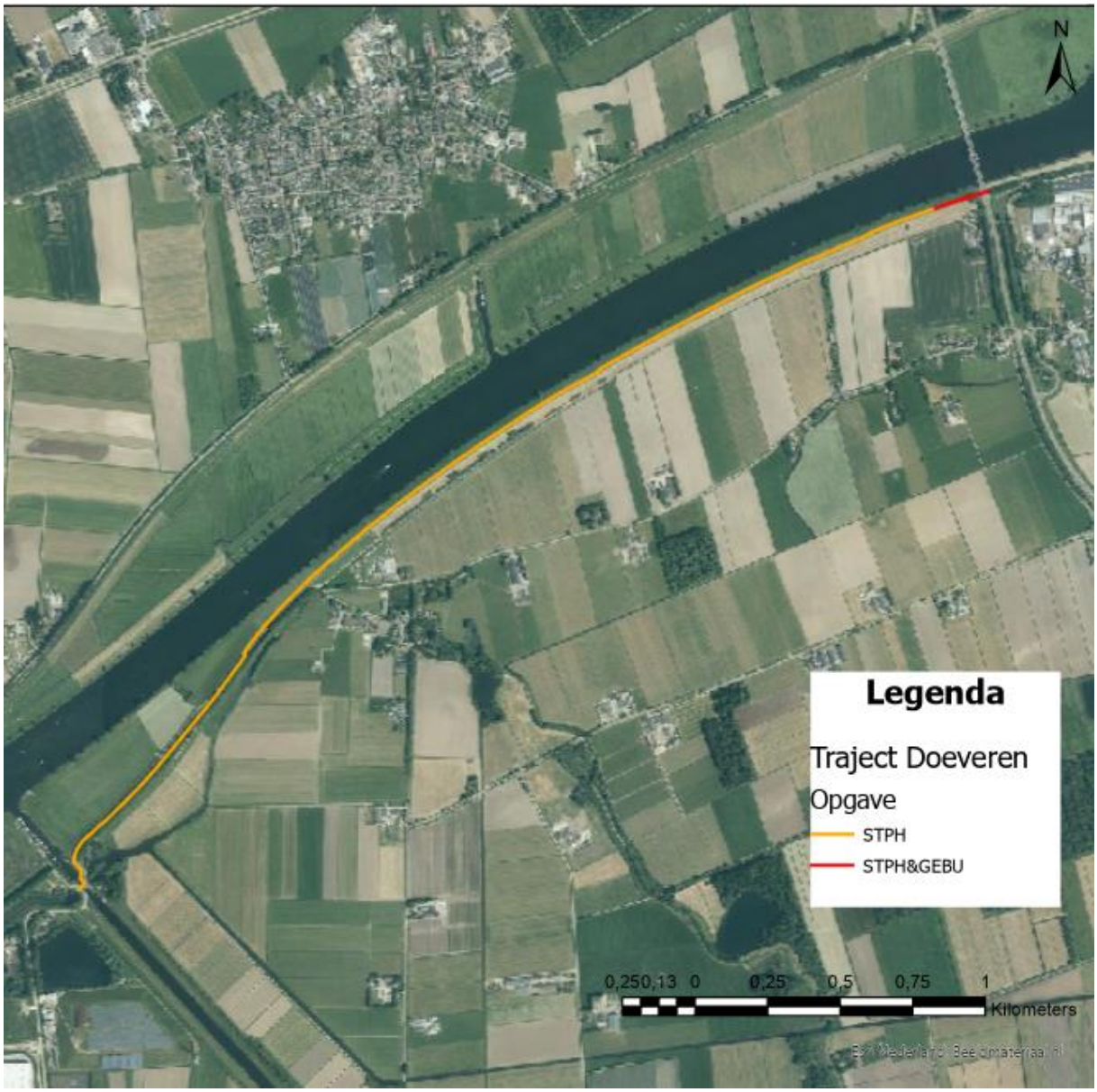



Figuur 2-1: Hoogwater in 2021 (links) en noodmaatregelen tijdens het hoogwater (rechts)

Het hoogwater in 2021 zorgde voor een versnelde start van de dijkverbetering bij Doeveren. In 2021 is vervolgens een nadere analyse uitgevoerd op de waterveiligheid. Deze bevestigde het al aanwezige beeld van de urgentie: de huidige veiligheidssituatie en de vereiste veiligheidssituatie liggen ver uiteen. Of anders gezegd: de huidige situatie is niet zo veilig als we zouden willen.

Bij het maken van het vergunbaar ontwerp hebben we de verfijnde veiligheidsopgave uit de verkenning verder aangescherpt op basis van aanvullende grondonderzoeken. De betere inzichten in de bodemopbouw en vastgestelde sterkte parameters voor Doeveren leidden ertoe dat voor het gehele dijktraject de opgave voor macrostabiliteit is komen te vervallen. De opgave voor piping is gelijk gebleven aan de verkenningsfase. Uit de uitgevoerde grondonderzoeken bleek dat op één locatie (dijkvak 1) onvoldoende kleibekleding aanwezig is op het buitentalud. Het verbeteren van de bekleding is aan de scope toegevoegd in de planuitwerking. In Figuur 2-2 is te zien waar welke opgave ligt. Er is geen hoogteopgave aanwezig in het dijktraject. In Bijlage 3 is de technische onderbouwing van de veiligheidsopgave planuitwerking toegevoegd.

De dijk is dus hoog en stabiel genoeg, maar op één locatie is er niet voldoende kleibekleding aan de rivierzijde. Daardoor is het talud niet erosiebestendig genoeg. Daarnaast is er een pipingopgave, waardoor er bij hoge waterdruk een waterstroom onder de dijk door kan ontstaan, die gronddeeltjes meeneemt en zo de dijk kan verzwakken.



Figuur 2-2: Veiligheidsopgave planuitwerking Doeveren. De dijk voldoet niet aan het mechanisme piping en lokaal voldoet de grasbekleding van het buitentalud niet.

2.3 Ambities Dijkverbetering Doeveren

Het te verbeteren dijktraject is relatief kort en heeft een redelijk uniforme opbouw. Daarom is er technisch gezien slechts een beperkt aantal oplossingen en varianten denkbaar. Er is sprake van een beperkt aantal stakeholders. Bij de start van het project waren er weinig grote koppelkansen bekend.
Hoewel er altijd oog gehouden wordt voor de omgeving en het goed in willen passen van de technische oplossing, maken deze elementen dat het hier bovenal gaat om een waterveiligheidsproject en niet om een gebiedsontwikkeling. Focus en de ambitie voor een compact, snel en zorgvuldig traject stond dan ook centraal bij de formulering van de onderstaande ambities:

- **Snel en Zorgvuldig**

We streven naar een dijkverbetering met een zo kort mogelijke doorlooptijd en een hoge kostenefficiëntie, wat past bij een niet-complex project en het streven naar een eenvoudige aanpak.

- **Behouden van ruimtelijke kwaliteit**

De dijk kenmerkt zich door het medegebruik. De ambitie van het project is om medegebruik en ruimtelijke kwaliteit in stand houden.

- **Stakeholders tevreden over het doorlopen proces**

Waterschap Aa en Maas is naar al haar stakeholders eerlijk en betrouwbaar over de opgave en het te doorlopen proces. Het waterschap zegt wat ze gaat doen en doet wat ze zegt. Er wordt daarbij ingezet op participatie, waarmee wordt voldaan aan de nieuwe Omgevingswet die per 1 januari 2024 is ingegaan. Het doel hiervan is dat stakeholders tevreden zijn over het proces.

3 Randvoorwaarden en uitgangspunten

In de Integrale Uitgangspuntennotitie vergunbaar ontwerp (hierna IUN) zijn de uitgangspunten voor het project vastgelegd [3]. Deze uitgangspunten zijn samengebracht door de beheerorganisatie en het projectteam, onder andere uit de Basisspecificatie Dijken. De IUN is een groeidocument. Per ontwerpfase worden de uitgangspunten voor die betreffende fase verder uitgebreid en verfijnd.

In de Technische Uitgangspuntennotitie vergunbaar ontwerp (TUN2.0) zijn de technische uitgangspunten voor het ontwerp vastgelegd. Om de consistentie tussen de verschillende dijkverbeteringen binnen waterschap Aa en Maas te borgen, is bij het opstellen van de TUN geprobeerd om zoveel mogelijk aan te sluiten op de andere dijkverbeteringsprojecten, zoals de projecten Meanderende Maas en Cuijk- Ravenstein. Daarnaast is in de TUN2.0 ook rekening gehouden met de nieuwste landelijke technische ontwikkelingen in de waterveiligheidssector.

In de volgende paragrafen is een overzicht gegeven van belangrijke uitgangspunten die bepalend waren in de huidige fase, het vaststellen van het vergunbaar ontwerp.

3.1 Techniek

Vanuit het technisch aspect zijn een aantal uitgangspunten en randvoorwaarden gesteld die bepalend waren in de totstandkoming van het vergunbaar ontwerp:

- Bedrijfszekerheid en minimale personele inzet bij hoogwater
  In geval van een calamiteit (bijvoorbeeld hoogwater) is het nodig dat de beheerorganisatie waar nodig met maatregelen de standzekerheid van de dijk, en dus de veiligheid van het achterliggende gebied, kan waarborgen. Hiervoor is het wenselijk dat de dijk betrouwbaar is en dat er weinig personele inzet nodig is om dit te borgen.
- Bewezen techniek
  Innoveren kost (regelmatig) tijd. Innovaties zijn voor het dijkverbetering Doeveren daarom geen doel op zich en worden alleen toegepast als het bijzonder doelmatig en beheersbaar is.
- Grondgedrag in de dijk
  Uit de uitgevoerde grondonderzoeken, in voorbereiding op de planuitwerking, bleek dat de dijkvakken 1 t/m 3 een kleikern hebben en de vakken 4 t/m 7 een meer zandige kern hebben. De opbouw van de kern is sterk van belang voor welk sterkte model toegepast is. Voor de uit te voeren stabiliteitsberekeningen is voor de kleidijken uitgegaan van ongedraineerd grondgedrag in de dijkkern en voor de zanddijken uitgegaan van gedraineerd grondgedrag in de dijkkern.
- Aansluiting gemaal Gansoijen
  Het verbeteren van gemaal Gansoijen valt buiten de scope van de dijkverbetering, maar de dijk moet wel aansluiten op het gemaal. Op dit moment is het onduidelijk in welke vorm de opgave aan het gemaal opgepakt gaat worden en hoe de waterveiligheid daarbij wordt meegenomen. We kunnen dus niet bepalen wat de meest ideale locatie is om het heavescherm aan te sluiten op het gemaal. Daarom hebben we besloten om het heavescherm 10 meter tot het gemaal door te zetten.
  Bij het versterken van het gemaal wordt aangesloten op het scherm van de dijkverbetering.
- Antigraafmaatregelen
  In het gebied zijn bevers aangetroffen. Dat zorgt voor een groot risico op graafschade in de dijk, waardoor de dijk bij een hoogwatersituatie kan bezwijken. Met gaas kunnen we voorkomen dat bevers in de dijk graven. Uitgangspunt voor het vergunbaar ontwerp is dat bij de kleidijken geen antigraafgaas in het ontwerp wordt opgenomen en bij zanddijken wel. Het risico op falen is bij zanddijken (vanwege de slechte erosiebestendigheid) vele malen groter dan bij kleidijken. Uitgangspunt voor de kleidijken is dat er twee hoogwatervluchtplaatsen ingericht dienen te worden.
- Toepassen constructiezone

Voor het vergunbaar ontwerp is bij het toepassen van een constructie uitgegaan van een constructiezone waarbinnen de aannemer het ontwerp moet realiseren. Het is aan de aannemer om binnen deze zone het scherm te plaatsen. Hiermee wordt de kracht en ervaring van de markt maximaal benut als het gaat om in het ontwerp optimaal rekening te houden met aspecten als maakbaarheid, veiligheid, grondslag, planning, omgeving en kosten.

- Diepte heavescherm
  De bovenkant van het heavescherm wordt op 1 meter onder maaiveld aangebracht en de onderkant van het heavescherm wordt op 8 meter onder de onderkant van de deklaag, in het watervoerende pakket, aangebracht.

3.2 Conditionering

De conditionerende onderzoeken die in de verkenning- en planuitwerkingsfase zijn uitgevoerd stellen verschillende randvoorwaarden voor het ontwerp.

- Behoud restgeul Oude Maasje
  Het archeologisch en cultuurhistorisch bureauonderzoek laat zien dat het Oude Maasje onderdeel is van cultuurhistorisch waardevol gebied van de Provincie Noord-Brabant. Activiteiten als graven, verbreden, verdiepen, dempen of verleggen van waterpartijen of lopen, kunnen cultuurhistorische waarden en kenmerken aantasten. In het vergunbaar ontwerp dat nu voorligt, wordt het Oude Maasje niet aangetast. De beschikbare constructiezone en werkstrook langs het Oude Maasje zijn minder groot dan op andere plekken.
- Behoud van meidoorn- en wilgenstruweel
  Er ligt een meidoorn- en wilgenstruweel langs het projectgebied. Dit struweel maakt onderdeel uit van het Natuur Netwerk Brabant (hierna NNB) en is aangemerkt als beheertype droog bos met productie (N16.03). Vanwege de betekenis voor de biodiversiteit is besloten om het heavescherm richting de kruin te verplaatsen. Ook bij het vaststellen van de beschikbare ruimte voor de realisatie is bij de breedte van de werkstrook rekening gehouden met het meidoorn- en wilgenstruweel.
- Behoud bomenlaan Heusdenseweg
  Vanwege de hoge belevingswaarde van de bomenlaan langs de Heusdenseweg, is gekozen om de weg zo gunstig mogelijk voor de bomen te kruisen. De constructie kruist de weg ter hoogte van het punt waar de kruin van de dijk met het fietspad op de Heusdenseweg aansluit (ter hoogte van dijkpaal A993+095). Er moet dan één boom geveld worden.
- Roeken kolonie bij de Heusdensebrug
  Er dient rekening gehouden te worden met de roekenkolonie aanwezig in de bomen in het oosten van het projectgebied, naast de Heusdensebrug. Er worden vooralsnog geen bomen geveld ter plaatse van de roekenkolonie. In de kwetsbare periode van de roek – februari tot en met juli – worden er geen werkzaamheden uitgevoerd in de buurt van de bomen waar de roekenkolonie aanwezig is. Hiervoor wordt een afstand van 75 m aangehouden. De overige werkzaamheden nabij de Heusdenseburg kunnen in de periode van augustus tot januari worden uitgevoerd. Er zijn dan geen effecten op de roekenkolonie.
- Kabels en leidingen
  Het dijktraject wordt gekruist door twee waterleidingen en door diverse middenspanningsverbindingen. In het vergunbaar ontwerp hebben we rekening gehouden met de ligging van deze kabels en leidingen. Ook is contact gezocht met de verschillende beheerders om afspraken te maken over de realisatie van de werkzaamheden voor dijkverbetering Doeveren en het opruimen van loze leidingen en vervallen kabeltracés.

- Bodem
  Er is milieukundig bodemonderzoek, onderzoek naar de aanwezigheid van ontplofbare oorlogsresten en onderzoek naar archeologisch waardevolle zaken uitgevoerd. Relevante eisen worden meegegeven aan de aannemer.

3.3 Omgeving

3.3.1 Wensen uit de omgeving

Zowel in de Verkenning als de Planuitwerking zijn gesprekken gevoerd met omwonenden. Naast informeren over de toekomstige dijkverbetering komen in deze gesprekken ook wensen van omwonenden voor de dijkverbetering aan bod. Wanneer deze aansluiten op het project, passen binnen het landschap kunnen we deze meenemen bij de dijkverbetering. Zo gaan we een dijktrap realiseren om wandelommetjes mogelijk te maken en springen we zorgvuldig om met de historische aanduiding van het Hulpgat op de dijk. Een volledig overzicht van gehonoreerde wensen is opgenomen in Bijlage 4.

3.3.2 Ambities landschap

Wij willen dat ook na de dijkverbetering de dijk en het landschap een aantrekkelijk geheel vormen. De basis voor deze ambitie vormt de handreiking Ruimtelijke Kwaliteit [4]. In deze handreiking zijn de inpassing en behoud van bestaande waarden uitgewerkt en ontwikkelkansen geïnventariseerd.

Het uitgangspunt is dat bestaande waarden worden ingepast en, daar waar dat niet mogelijk is, mitigerende en/of compenserende maatregelen worden genomen.

Het gaat om de onderstaande inpassingsopgaven:

1. Continuïteit in dijkprofiel tussen Doeveren en de N267.
   Behoud van een eenduidig integraal dijkprofiel met eventueel een lage steunberm.
2. Behoud van de lindebomen op de dijk en het kenmerkende dijkprofiel inclusief het Oude Maasje tussen Doeveren en de Bovenlandse sluis.
3. Behoud van het scharnierpunt bij Doeveren, waar de ‘moderne dijk’ overgaat in de ‘lindendijk’ op de overgang van rivierklei naar zeeklei ter hoogte van het met paaltjes gemarkeerde Hulpgat.
4. Goede inpassing bestaande op- en afritten. De bestaande dijkopgang/het struinpaadje direct ten westen van Doeveren opwaarderen tot een volwaardige passsage voor wandelaars (taludtrap).
5. Inpassing Natuur Netwerk Brabant (NNB). Zoveel als mogelijk behoud van de aanwezige strook die behoort tot de NNB, en daar waar dat niet lukt compensatie.

Naast inpassing zijn in de Planuitwerking ook de ontwikkelkansen nader onderzocht. Om een ontwikkelkans, in de vorm van een meekoppelkans, te kunnen realiseren, is een plan en financiering door het waterschap of een projectpartner (afhankelijk van het thema) nodig. Vanwege de afwezigheid van een van beide zijn diverse koppelkansen afgevallen.
Een koppelkans die nader uitgewerkt wordt richting de realisatie is
het in ere herstellen van de Gendensche Sluis en omgeving als onderdeel van het verdwenen knooppunt Oude Maasje - Elshoutse Zeedijk. Samen met de gemeente Waalwijk, gemeente Heusden, provincie Noord-Brabant en De Alliantie Zuiderwaterlinie maakt het waterschap een plan ~~voor het,~~ voor het voetlicht brengen van het verhaal van de Gendensche Sluis en de omgeving.

3.4 Duurzaamheid

In de duurzaamheidsstrategie is toegelicht hoe gedurende het project wordt omgegaan met duurzaamheid. Er is ingezet op een ontwerp en realisatie op basis van de duurzaamheidsstrategie, waarin wordt aangesloten op het duurzaamheidsbeleid van Waterschap Aa en Maas en de duurzaamheidskaders vanuit het HWBP. Het

realiseren van de opgave binnen wet- en regelgeving, in het bijzonder regelgeving/beleid ten aanzien van stikstof, staat daarbij centraal.

In de duurzaamheidsstrategie (zie Bijlage 5) staan de 3 hoofdthema's uit de HWBP Duurzaamheidsroos:
- Energie en klimaat
- Circulariteit
- Ruimtelijke kwaliteit

Deze hoofdthema's zijn uitgewerkt richting een aantal ambities en uitgangspunten:

Circulariteit
- Er is blijvend ingezet op preventie door het verifiëren en nader onderzoeken van de waterveiligheidsopgave/uitgangspunten, met het oog op het optimaliseren van de opgave en dus niet meer doen dan nodig;
- Het materiaal- en grondstoffengebruik is geoptimaliseerd, zodat de scope en het definitief ontwerp niet robuuster zijn dan noodzakelijk. De grootste optimalisatiekansen liggen echter in de DO-fase (tot welke diepte het heavescherm moet komen) en UO-fase (type, dikte en exacte locatie van het heavescherm door de aannemer);
- Alle vrijkomende grond wordt, voor zover mogelijk, 100% (lokaal) hergebruikt;
- Voor benodigde grond wordt gestreefd naar gebiedseigen grond, afkomstig van bron binnen 30 km van dijkverbetering Doeveren;
- De nieuw toe te passen materialen zijn duurzaam geproduceerd.

Energie & Klimaat
- De maatregelen uit het stikstof handelingsperspectief (toetskader emissieloos bouwen) zijn toegepast.
- Beperking van CO_2- en stikstofemissies:
  - 50% emissieloze bouwplaats met oog voor laadinfrastructuur;
  - milieuimpactreductie ten opzichte van het VKA.

Ruimtelijke kwaliteit
De bestaande toplaag van de delen op het binnentalud waar de grond wordt geroerd, wordt na de realisatie teruggeplaatst en waar nodig ingezaaid met kruidenrijk mengsel als boost naar een soortenrijke dijkbekleding.

4 Variantenafweging hoofdkeuze

4.1 Inleiding

In de verkenningsfase is vastgesteld dat voor het gehele dijktraject een pipingopgave gold en op ongeveer 2 km een macrostabiliteitsopgave. In het VKA is gekozen voor een verticale oplossing die fungeert als heavescherm; op de delen waar ook een stabiliteitsopgave geldt kan het scherm een dubbelfunctie hebben. Anders is een stabiliteitsberm nodig. In de eerste fase van de Planuitwerking is de macrostabiliteitsopgave aangescherpt waaruit is gebleken dat op het gehele dijktraject de macrostabiliteitsopgave is vervallen. Omdat in het VKA is gekozen voor een verticale oplossing heeft die alleen de functie als heavescherm.

Voor het vergunbaar ontwerp zijn twee varianten afgewogen: een heavescherm van staal en kunststof. De locatie van het scherm, langs het dijktraject, is voor beide varianten hetzelfde. Op 27 augustus vond een sessie over deze keuze plaats. De afweging van de hoofdkeuze die we in deze sessie maakten, tussen staal en kunststof, is uitgewerkt in dit hoofdstuk.

Naast de hoofdkeuze zijn er twee separate afwegingen gemaakt voor twee maatwerklocaties. Het gaat om de aansluiting op de Heusdensebrug en de kruising bomenlaan dijkvak 4. Voor beide afwegingen geldt dat het om een tracékeuze gaat. Deze afweging is uitgewerkt in hoofdstuk 5.

4.2 Ontwerpvarianten

Voor de hoofdkeuze zijn twee varianten afgewogen. Beide varianten zijn qua locatie en werkstroken vergelijkbaar, alleen verschillen de varianten in materiaalkeuze. Variant 1 betreft een stalen heavescherm en variant 2 een kunststof heavescherm. Voor beide varianten geldt:

- Het heavescherm is gesitueerd in de binnenteen van de dijk;
- Het heavescherm heeft geen impact op de aanwezige geometrie;
- In dijkvak 1 t/m 3 wordt een constructiezone van 10 m gehanteerd (van de binnenteen richting de kruin);
- In dijkvak 4 t/m 7 wordt, door de aanwezigheid van de lindebomen op de kruin, een constructiezone van de binnenteen tot de helft van het binnentalud gehanteerd;
- Ten behoeve van de realisatie zijn werkstroken opgenomen in het ontwerp;
    - Aan weerzijde van de constructiezone is, indien inpasbaar, een werkstrook van 10 m gereserveerd om het werk te realiseren;
    - Lokaal kan de werkstrook kleiner zijn vanwege obstakels, zoals de ligging van de parallelle waterleiding in dijkvak 1, de NNB-bosjes in dijkvak 3 en het Oude Maasje in dijkvak 4;
- Het heavescherm staat tot 8 m in het watervoerend pakket met daarboven 2-3 m deklaag. De totale schermlengte is ongeveer 10-11 m. In dijkvak 4 kan deze, afhankelijk van de gekozen variant voor het kruisen van de bomenlaan, langer zijn, tot wel 14-15 m;
- Het heavescherm moet 100% grondverdringend worden aangebracht om verstoringen in de ondergrond te voorkomen.

4.3 Beoordelingskader

Voordat we de keuze voor een variant maakten, hebben we een beoordelingskader opgesteld. Vanuit verschillende disciplines (techniek, duurzaamheid, omgeving en conditionering) bekeken we welke onderwerpen van belang zijn bij het maken van de keuze. In de variantensessie is gekeken naar: investeringskosten, beheer en onderhoud, instandhoudingskosten, uitvoerbaarheid, stikstofuitstoot, verbetering biodiversiteit, houtopstanden, ruimtelijke kwaliteit, compensatie NNB, hinder en overlast, MKI-waarde en CO2-uitstoot en primaire grondstoffen. Met behulp van het beoordelingskader hebben we de effecten van de twee varianten in beeld gebracht. De beoordeling is uitgevoerd op een 5 puntschaal van zeer negatief (--), negatief (-), neutraal (0), positief (+), zeer positief (++), zie Tabel 4-1.

Tabel 4-1: 5-puntschaal voor beoordeling varianten

Score	Effect op de referentiesituatie
+ +	Er is sprake van een zeer positief effect.
+	Er is sprake van een positief effect.
0	Er is sprake van geen of een verwaarloosbaar effect Minimale kosten.
-	Er is sprake van een negatief effect. Hoge kosten.
- -	Er is sprake van een zeer negatief effect. Zeer hoge kosten.

4.4 Afweging varianten

4.4.1 Beoordeling van de varianten

In Tabel 4-2 zijn de twee varianten (staal en kunststof) afgewogen.

Tabel 4-2: Variantenafweging

	Variant 1: stalen heavescherm	Variant 2: kunststof heavescherm
Investeringskosten	--	-
Dit zijn de investeringskosten om het verschil tussen beide varianten in beeld te brengen, maar geven niet het totale beeld. Het volgende is niet meegenomen in de raming: - Aansluiting op Heusdensebrug - Kruising fietspad in dijkvak 1 - Kruising kruisende waterleiding dijkvak 1 - Lokaal vervangen buitentaludbekleding dijkvak 1 - Kruising Provincialeweg dijkvak 4 - Te kappen bomen - Kruising kruisende middenspanningsverbindingen vak 6	De investeringskosten voor variant 1 zijn het duurst	De investeringskosten voor variant 2 is een factor 0,8 goedkoper. Bij het bepalen van de kosten van het kunststof scherm is rekening gehouden met een hoger risicoprofiel dan bij het stalen scherm.
Dagelijks beheer en onderhoud	0	0
	Geen beheerkosten	Geen beheerkosten
Instandhoudingskosten	0	-
	Niet onderscheidend voor stalen en kunststof heaveschermen: Voor beide varianten geldt dat er gedurende levensduur onderzoek gedaan moet worden om inzicht te krijgen in de staat van de constructie. Kosten zitten vooral in vervangen constructie na einde levensduur. Voor een stalen damwand geldt dat hier ervaring in is en dus aantoonbaar een levensduur van 100 jaar. De keuze nu voor staal of kunststof betekent niet automatisch dat over 100 jaar dezelfde keuze wordt gemaakt, omdat het volledig vervangen moet worden. Vervangingskosten zijn daardoor niet onderscheidend. Want ook bij staal kan over 100 jaar gekozen worden voor kunststof.	Het kunststof scherm is een toepassing waar nog weinig ervaring mee is. Hierdoor is het onzeker of het kunststof heavescherm gedurende de gehele levensduur blijft functioneren. Vanwege het nieuwe karakter is hier meer onderzoek voor nodig gedurende de levensduur om dit in beeld te brengen. Daarnaast bestaat er een kans dat kunststof eerder vervangen moet worden, omdat blijkt dat kunststof toch eerder degradeert dan van tevoren aangenomen (risico). Gevolg zou dan zijn dat het kunststofscherm alsnog dient te worden vervangen door een stalen damwand tegen hogere kosten.
Uitvoerbaarheid	+	0
	Voor beide geldt dat de technieken beschikbaar zijn om aan te brengen. Staal is beter tot op grote diepte te brengen.	De uitvoerbaarheid is vergelijkbaar voor beide varianten, alleen is het kunststofscherm minder goed op diepte aan te brengen. De inbrengdiepte van kunststof is gelimiteerd door het systeem. Uitgangspunt hierbij is dat het kunststofscherm grond verdringend moet zijn. Realisatie doormiddel van een moederplank is niet

	Variant 1: stalen heavescherm	Variant 2: kunststof heavescherm
		toegestaan (vastgelegd in het beleid van het Waterschap)
Stikstofuitstoot	0	0
	Uitkomst Aerius-berekening: geen verschil tussen de varianten. Realisatie 50% emissieloos Staal = 0,00 mol/ha/jr Staal + antigraaf = niet uitgerekend	Uitkomst Aerius-berekening: geen verschil tussen de varianten. Realisatie 50% emissieloos Kunststof met berm = 0,00 mol/ha/jr Kunststof, met berm + antigraaf = 0,01 mol/ha/jaar.
Verbetering biodiversiteit	0	-
	Aandachtspunt: bij staal kunnen er ijzerdeeltjes in de bodem komen.	Aandachtspunt: er kunnen eventueel microplastics in de bodem komen bij gebruik van het kunststofscherm. Verder is uitloging van weekmakers ook een risico.
Houtopstanden	-	-
	Niet onderscheidend. In beide varianten moeten bomen (of een boom) gekapt worden.	Niet onderscheidend. In beide varianten moeten bomen (of een boom) gekapt worden.
Ruimtelijke kwaliteit	0	0
	Niet onderscheidend. Het aanbrengen van de damwand verandert de geometrie van de dijk niet.	Niet onderscheidend. De steunberm in dijkvak 2 met een kunststof oplossing is een verandering van de bestaande geometrie maar deze steunberm is echter niet afwijkend van wat er al is in dijkvak 3. Zoals vastgelegd in de handreiking ruimtelijke kwaliteit Dijkverbetering Doeveren (17-01-2024).
Compensatie NNB	0	0
	Niet onderscheidend. In beide varianten zal de NNB in Dijkvak 3 niet worden aangetast.	Niet onderscheidend. In beide varianten zal de NNB in Dijkvak 3 niet worden aangetast.
Hinder en overlast	0	0
	Geen wezenlijk verschil tussen impact op omgeving als gevolg van trillen. Staal kun je drukken i.p.v. trillen.	Geen wezenlijk verschil tussen impact op omgeving als gevolg van trillen. Kunststof damwand kan (nog) niet gedrukt worden?
MKI-waarde en CO2-uitstoot	--	-
	Variant met staal heeft ca. 60% hogere MKI-waarde (€1.325.000 vs. €555.000) en ca. 53% hogere CO2-eq uitstoot (9.000 ton CO2 vs. 4.250 ton CO2). Dit wordt met name veroorzaakt doordat er meer energie (en dus milieuimpact) nodig is voor het productieproces van een stalen damwand in vergelijking met een kunststof damwand. Zie ook de MKI-waarde per m^2 hiernaast.	Extra duiding MKI-waarde per m^2 (LCA): - Stalen damwand AZ-18 en AZ24 = €23 resp. €29 - Kunststof damwand = €7
Primaire grondstoffen	+	+
	De mate waarin primaire grondstoffen worden uitgeput voor dit product is niet onderscheidend. De benchmark (zie ook Nationale Milieudatabase) voor een stalen damwand is een damwand die voor 96% is geproduceerd uit schroot (en soms zelfs nog hoger).	De kunststof damwand is een nog relatief nieuw product. Het Prolock kunststof heavescherm is al wel opgenomen in de Nationale Milieudatabase. Uit deze productkaart blijkt dat de damwand voor 100% is geproduceerd uit gerecycled kunststof.

Naast de effecten per thema zijn enkele doorslaggevende ontwerpaspecten in beeld gebracht (zie Tabel 4-3).

Tabel 4-3: Ontwerpaspecten

Aspect	Staal	Kunststof
Sterkte	Staal kan wel sterkte opnemen en geeft dus wat extra veiligheid. Met name een plus voor de NWO's, bijvoorbeeld bij parallel liggende leidingen.	Kunststof kan geen sterkte opnemen en dus geeft extra weerstand tegen afschuiven. Dijkvak 1 is goedgekeurd op macrostabiliteit op basis van restbreedte. Dit betekent concreet dat er eerst een lokale afschuiving kan optreden (met een grotere kans dan de geldende eis) die niet leidt tot een waterveiligheidsprobleem omdat er nog voldoende restprofiel aanwezig is. Bij deze eerste afschuiving zal het kunststof heavescherm wel beschadigen, omdat deze geen sterkte op kan nemen. Dit is niet wenselijk om het scherm nog moet fungeren en als pipingmaatregel. Op basis hiervan is vastgesteld dat het niet wenselijk is om een kunststof scherm toe te passen in dijkvak 1.
Dijkvak 1 (waterleiding parallel)	Bij falen waterleiding ontstaat een verwekingszone waardoor de gronddruk achter de damwand afneemt. Hierdoor komt druk op de damwand en gaat deze vervormen. Staal kan wel kracht opnemen en zal dus niet direct falen.	Bij falen waterleiding ontstaat een verwekingszone waardoor de gronddruk achter de damwand afneemt. Hierdoor komt druk op de damwand en gaat deze vervormen. Kunststof kan dit slecht opnemen, waardoor er een grote kans is op falen van de damwand.
Dijkvak 1 restafschuiving	Uit de macrostabiliteitsanalyses volgt dat er een lokale afschuiving kan optreden die niet voldoet aan de eis (primaire afschuiving). Staal kan wel kracht opnemen en levert dus extra sterkte tegen de lokale afschuiving.	Uit de macrostabiliteitsanalyses volgt dat er een lokale afschuiving kan optreden die niet voldoet aan de eis (primaire afschuiving). Door deze afschuiving bezwijkt de kunststof damwand, want kunststof kan geen sterkte opnemen.
Dijkvak 4	Staal is beter geschikt om lange planken op grote diepte te brengen. De locatiekeuze in dijkvak 4 is daarom niet afhankelijk van het gekozen scherm.	Afhankelijk van de locatiekeuze in dijkvak 4 kan het zijn dan het scherm hoog in het talud komt te staan. In dat geval zijn lange planken nodig die tot grote diepte moeten worden aangebracht. Kunststof is hier minder geschikt voor.
Dijkvak 7	Verbindende bestaande heavescherm tussen kunstwerken (gemaal en sluis) voldoet niet en moet vervangen worden. Scherm staat in de kruin. Bij vervanging moet een lange plank op grote diepte gebracht worden. Staal is beter geschikt om lange planken op grote diepte te brengen.	Verbindende bestaande heavescherm tussen kunstwerken (gemaal en sluis) voldoet niet en moet vervangen worden. Scherm staat in de kruin. Bij vervanging moet een lange plank op grote diepte gebracht worden. Kunststof is hier minder geschikt voor.

4.4.2 Afweging en keuze voor het vergunbaar ontwerp

Op basis van de effecten op de verschillende aspecten is gekozen voor het stalen heavescherm. Hoewel de keuze voor staal duurder is, is staal een bewezen techniek en heeft het kunststof heavescherm een groter risicoprofiel met veel onzekerheden vanwege de beperkte ervaring ermee. Langs het dijktraject zijn er locaties aanwezig waar het wenselijk is dat het heavescherm ook kracht en vervorming op kan vangen. Zo is er in dijkvak 1 een reële kans op een restafschuiving of het falen van de waterleiding. Kunststof kan geen krachten opnemen en faalt direct. Staal kan wel krachten opnemen, waardoor het ook blijft functioneren als heavescherm. Het stalen scherm is ook beter op diepte te krijgen en er zijn locaties langs het dijktraject waar een langer scherm nodig is, omdat het scherm meer richting de kruin geplaatst moet worden. Dit is bijvoorbeeld het geval in dijkvak 1 (om buiten de verwekingszone van de waterleiding te blijven), dijkvak 4 (voor het kruisen van de bomenlaan) en dijkvak 7 (aansluiting tussen gemaal en de sluis). Op deze locaties is kunststof uitdagendere optie en is staal de logische keuze. Het is niet wenselijk om een lappendeken te realiseren, omdat er dan verschillend materieel nodig is dat ook weer aan- en afgevoerd moet worden. Daarnaast streven we naar eenduidigheid in het beheer en willen we aansluitingen van verschillende type schermen voorkomen, omdat dat extra aandacht vereist. We willen graag één toepassing op het hele dijktraject.

Dijkverbetering Doeveren heeft een hoge urgentie met betrekking tot waterveiligheid aangezien daar bij enig hoogwater al significante zandmeevoerende wellen zijn waargenomen. Dijkverbetering Doeveren wil zich niet opwerpen als onderzoeksproject. Het snel en zorgvuldig kunnen versterken van de dijk is één van de ambities van het project. De onzekerheden en nog vele vragen rondom kunststof passen niet bij dat snelle en zorgvuldige karakter. Daarnaast is staal een bewezen en betrouwbare toepassing en heeft het op dit dijktraject sterkte voordelen. Daarom is er gekozen voor staal.

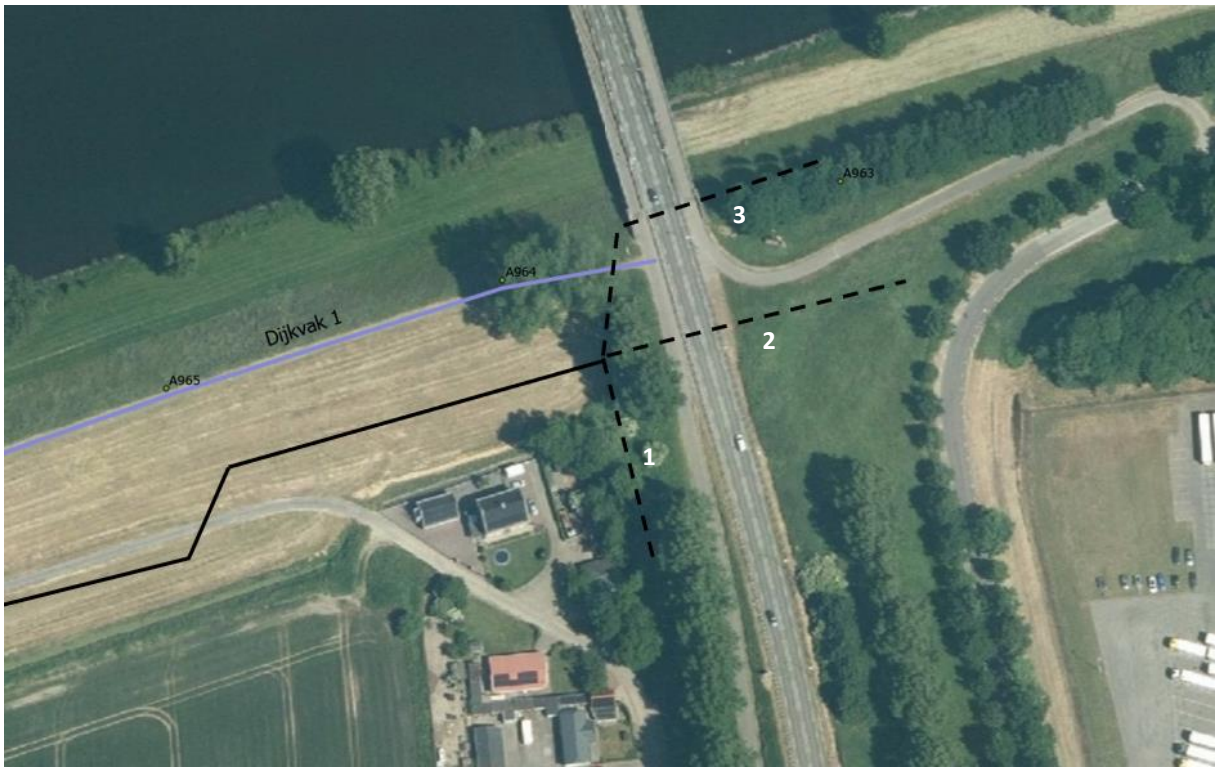
5 Variantenafweging maatwerklocaties

5.1 Aansluiting Heusdensebrug

Voor een uitgebreide beschrijving van de afweging om aan te sluiten op de Heusdensebrug, wordt verwezen naar Bijlage 6. Om te garanderen dat een gebied veilig is bij hoog water, moet het systeem sluitend zijn. Dit betekent dat, waar het dijktraject aansluit op het grondlichaam van de Heusdensebrug, falen door middel van achterloopsheid moeten worden voorkomen. Op basis van de formule van Sellmeijer hebben we bepaald hoeveel kwelweg aanwezig moet zijn, zodat piping niet achter het scherm langs kan optreden. Op basis hiervan moet het heavescherm verder doorgezet worden. De onderbouwing hiervoor is toegevoegd in Bijlage 3. Voor de aansluiting op de Heusdensebrug zijn 3 varianten afgewogen:

1. Heavescherm parallel aan het grondlichaam van de N267 doorzetten richting het zuiden;
2. Heavescherm doortrekken door het grondlichaam van de N267 richting het oosten;
3. Heavescherm via de kruin voorlangs in de buitenteen (onder de Heusdensebrug) doorzetten richting het oosten.

De ontwerpvarianten zijn weergegeven in Figuur 5-1.



Figuur 5-1: Ontwerpvarianten voor de aansluiting op de Heusdensebrug

Op basis van de in beeld gebrachte effecten is besloten om voor de maatwerklocatie ‘Heusdensebrug’ de eerste variant, het heavescherm parallel aan het grondlichaam van de N267 doorzetten richting het zuiden, uit te werken in het vergunbaar ontwerp. Belangrijkste argumenten hiervoor zijn:

1. De kosten van deze variant zijn het laagst, omdat je bij deze variant het minst aantal m^2 heavescherm nodig hebt.
2. Omdat in variant 1 het minste staal nodig is, scoort deze ook op duurzaamheid positief ten opzichte van variant 2 en 3;
3. De realisatie voor variant 2 en 3 zijn complex vanwege het werken dicht bij het landhoofd van de tuibrug (variant 3) en het kruisen van de provinciale weg waar veel kabels en leidingen liggen (variant 2);

4. Er is geen overwegend bezwaar vanuit de omgeving. Kortdurende hinder is echter niet uit te sluiten en wordt zo goed mogelijk gemitigeerd. Daarbij wordt opgemerkt dat de hinder bij variant 1 (veel) kleiner is dan bij variant 2 en 3, omdat in variant 2 en 3 de N267 tijdelijk afgesloten moet worden.;
5. Er vanuit de provincie duidelijk argumenten zijn tegen variant 2 en 3 met betrekking tot zettingsgevoeligheid en de kwetsbaarheid van het landhoofd.

5.2 Kruising bomenlaan dijkvak 4

Voor een uitgebreide beschrijving van de afweging voor de locatiekeuze om de bomenlaan te kruisen in dijkvak 4 verwijzen we naar Bijlage 7. In deze paragraaf wordt een samenvatting gegeven van de afweging en de gemaakte keuze.

In totaal zijn 4 mogelijke varianten opgesteld voor het kruisen van de bomenlaan. Deze varianten zouden in zowel staal als kunststof kunnen worden uitgevoerd. Aangezien de hoofdkeuze (zie paragraaf 4.4.2) is gevallen op staal, is uitgegaan van staal voor alle varianten. In Figuur 5-2 zijn de tracés van de 4 varianten weergegeven. De variantnummering loopt op van het Oude Maasje naar de kruin van de dijk. De volgende varianten zijn afgewogen:

1. Stalen heavescherm kruisend ter hoogte van kruising watergang met Provincialeweg;
2. Stalen heavescherm kruisend halverwege oprit (nabij dijkpaal A992);
3. Stalen heavescherm kruisend einde oprit (nabij A994);
4. Stalen heavescherm overlap: buitendijks scherm doorzetten via afrit en binnendijks vanaf A994 (overlap circa 140 m).



Figuur 5-2: ontwerpvarianten voor het kruisen van de bomenlaan: Variant 1 (rood), Variant 2 (geel), Variant 3 (licht oranje), variant 4 (oranje)

Bij alle varianten is het afsluiten van de weg tijdens de realisatie een aandachtspunt. Er is niet gekozen voor variant 1 vanwege grotere gevolgen voor de omgeving en omdat er meerdere bomen gekapt moeten worden. Variant 4 valt af vanwege de hogere kosten (factor 1,5 duurder dan variant 1, 2 en 3) en grote milieu-impact door veel materiaal.

Op basis van de effecten hebben variant 2 en 3 de voorkeur. Variant 2 heeft lagere kosten voor materiaalgebruik dan variant 3, maar vereist over een deel een uitdagende en daarmee kosten verhogende realisatie door de beperkte ruimte tussen het Oude Maasje en de dijk. Bij variant 2 moet er 1 boom gekapt worden binnen het grondgebied van gemeente Heusden. Variant 2 ligt dichter bij de bebouwing en voor de realisatie zal mogelijk meer hinder ervaren worden en zullen mogelijk ook tijdelijke werkstroken nodig zijn van de aangrenzende eigenaar voor de aanvoer van materiaal en materieel. Op milieu-impact scoort variant 2 positiever dan variant 3, omdat er minder staal nodig is.

Variant 3 heeft hogere kosten dan variant 2 (factor 1,1), omdat er meer staal voor nodig is. De milieu-impact is daardoor ook groter dan variant 2. Ook bij deze variant moet 1 boom gekapt worden. Deze staat binnen het grondgebied van gemeente Waalwijk. Voor het kappen van bomen langs de Heusdenseweg dient een melding voor het kappen van houtopstanden gedaan te worden bij Provincie Noord-Brabant. De afstand tot de bebouwing is groter en realisatie kan vanaf de kruin van de dijk. Variant 3 scoort daardoor op omgeving positiever dan variant 2. Bij beide varianten moet de Provincialeweg tijdelijk afgesloten worden om de bomenlaan te kruisen. Bij beide varianten is het fietspad op de kruin tijdelijk niet bereikbaar.

Omdat variant 2 en 3 vergelijkbaar zijn en er geen doorslaggevende argumenten zijn maar voor de realisatie wel een voorkeur kan bestaan, is besloten om variant 3 als referentie-ontwerp aan te houden voor dijkvak 4.

6 Vergunbaar ontwerp

6.1 Ruimtebeslag en flexibiliteit

Over het gehele dijktraject Doeveren gaan we een stalen heavescherm aanbrengen. Dit scherm wordt gerealiseerd in een circa 10 meter brede constructiezone. In dijkvak 1 t/m 3 loopt deze constructiezone van de binnenteen van de dijk tot 10 meter in de richting van de kruin van de dijk. In dijkvak 4 t/m 7 loopt deze tot de ongeveer de helft van het binnentalud, vanwege de kroonprojectie van de lindebomen op de kruin. Een werkstrook van 10 meter breed ligt – daar waar ruimte is – aan beide kanten naast de constructiezone. Het stalen heavescherm kruist een fietspad, een openbare asfaltweg en twee op- en afritten. Ter plaatse van het heavescherm wordt de bovengrond afgegraven en de bekleding teruggebracht. Op één plek in het buitentalud (dijkvak 1) wordt klei ingegraven en er worden antigraverijmaatregelen getroffen.

Voor het heavescherm gaan we uit van stalen damwanden. Voor het vergunbaar ontwerp en de daarmee samenhangende producten, zoals onder andere de kostenraming en Aerius, is uitgegaan van damwandtype AZ18-700. De inheidiepte en lengte van de damwanden zijn variabel. Dit is afhankelijk van de dikte van de aanwezige deklaag en de locatie op het binnentalud waar het heavescherm wordt geplaatst.

6.2 Eindbeeld

Het aanbrengen van een heavescherm leidt niet tot een verandering in het eindbeeld ten opzichte van de huidige situatie. We gaan namelijk een damwand in de grond aanbrengen. Hetzelfde geldt voor het pleksgewijs vervangen van de taludbekleding en het aanbrengen van het antigraafgaas. In het vergunbaar ontwerp gaan we ervan uit dat de bovenkant van de heaveschermen 1,0 onder maaiveld worden geplaatst en afgewerkt. Na realisatie inclusief het inzaaien van het dijktalud is het scherm dus niet meer te zien. Bij het herstel gaan we de geroerde strook (circa 5 – 10 m) inzaaien met soortenrijke grasmengsel. Het inzaaien in combinatie met het juiste (ontwikkelings)beheer moet uiteindelijk resulteren in een soortenrijkere dijkbekleding aan de binnendijkse zijde. In het vergunbaar ontwerp passen we dit soortenrijke mengsel alleen toe in dijkvak 1 t/m 3[1], omdat bij deze dijkvakken geen bomen op de kruin of het binnentalud staan. De schaduwwerking en bladval maken dat in dijkvak 4 t/m 7 de soortenrijke dijkbekleding als niet kansrijk is bevonden. Bij deze dijkvakken wordt de geroerde toplaag ingezaaid met het gebruikelijke grasmengsel en is het eindbeeld hetzelfde als in de huidige situatie. In dijkvak 1 en 4 wordt op twee locaties een hoogwatervluchtplaats voor bevers gerealiseerd. Op deze locaties wordt het buitentalud verruigd om het aantrekkelijk te maken voor de bever om juist daar de graven tijdens een hoogwatersituatie. Om te voorkomen dat de bever door de gehele dijk graaft, wordt onder de buitenkruin een damwandscherm aangebracht.

Het eindbeeld is opgesteld op basis van de technische onderbouwing (Bijlage 3), gemaakte afwegingen (hoofdstuk 4 en 5) en de KES Bijlage 4. Samen leidde dit tot het ontwerp dat vastgelegd is in de ontwerptekeningen die zijn bijgevoegd in Bijlage 1. In Bijlage 2 is de omgevingskaart toegevoegd van dijkverbetering Doeveren. In deze kaart is het ontwerp opgenomen en zijn belangrijke omgevingswaarden aangeduid die van invloed waren op het ontwerp. In paragrafen 6.3 wordt het ontwerp per dijkvak nader toegelicht.

[1] In de definitief ontwerpfase onderzoeken we nog of op de geroerde delen waar bomen staan (dijkvakken 4 tot en met 7) en op het buitentalud of een optimalisatie in de soortenrijke dijkvegetatie mogelijk is ten opzichte van de huidige situatie. Ook wordt een Beheer- & Onderhoudsplan opgesteld waarin het juiste beheer kan worden geborgd.

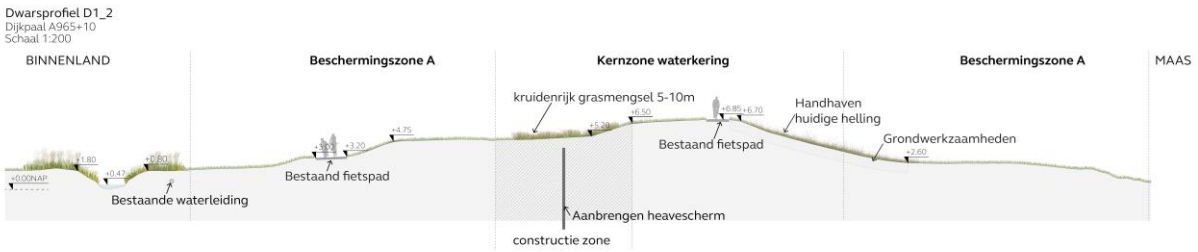
6.3 Ontwerp dijkverbetering Doeveren

6.3.1 Dijkvak 1

In dijkvak 1 volgt het tracé van het heavescherm de binnenteen van de dijk. Binnen het dijkvak varieert de dikte van de deklaag. Op het eerste deel (tot dijkpaal A968) is de deklaag dun, op het tweede deel wordt deze dikker. Aangezien de diepte van het heavescherm wordt bepaald ten opzichte van de onderkant van de deklaag, zorgt dit ervoor dat binnen het dijkvak de inheidiepte van het heavescherm varieert. Op het eerste deel tot dijkpaal A968 wordt het heavescherm tot een diepte van NAP -7,3 meter aangebracht. Dit resulteert in een schermlengte van ongeveer 11 meter. Van dijkpaal A968 tot het einde van het dijkvak wordt het scherm tot een diepte van NAP -11,5 meter aangebracht. Dit resulteert in een schermlengte van ongeveer 13,5 meter.

In het oosten van het dijkvak ligt de Heusdensebrug. Om te voorkomen dat water om het heavescherm heen stroomt, wordt het scherm parallel aan de N267 doorgezet richting het zuiden. De vier bomen tegen de percelen Parallelweg 2 tot 6 te Heesbeen dienen mogelijk sterk teruggezet te worden om werkterrein beschikbaar te maken. In het VO is de locatie van het heavescherm zo gekozen dat de bomen niet gekapt hoeven te worden. Naast de solitaire bomen is een rijke onderbegroeiing van onder andere braam, karnoelje en es aanwezig, deze dient voor de werkzaamheden verwijderd te worden. In het buitentalud, direct ten westen van de brug tot dijkpaal A965+025, vinden grondwerkzaamheden plaats waarbij de zandige taludbekleding wordt vervangen door erosiebestendige klei.

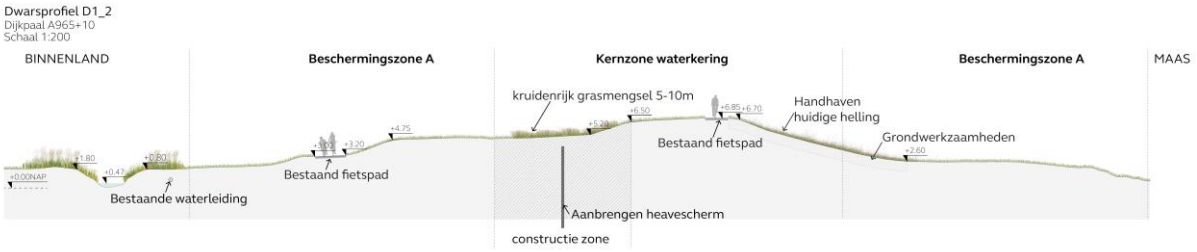
Ter hoogte van dijkpaal A965+025 kruist het heavescherm het fietspad. Het heavescherm loopt parallel aan de kruin, in de binnenteen van de dijk, door naar dijkvak 2. Aan het eind van dijkvak 1 wordt een hoogwatervluchtplaats voor bevers gerealiseerd door verruiging van het buitentalud en het aanbrengen van een damwandscherm van 8 meter diep over een afstand van 50 meter. Paragraaf 6.3.8 bevat meer uitleg over de antigraafmaatregelen voor de bever. In Figuur 6-1 is het bovenaanzicht van dijkvak 1 weergegeven en in



Figuur 6-2 is het ontwerpprofiel weergegeven ter hoogte van dijkpaal A965+010. Voor het volledige ontwerp van dijkvak 1 wordt verwezen naar Bijlage 1 en Bijlage 2.



Figuur 6-1: Bovenaanzicht dijkontwerp dijkvak 1



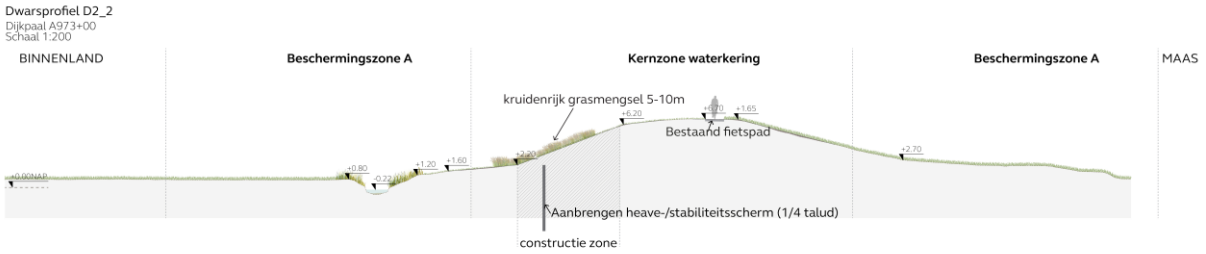
Figuur 6-2: Principeprofiel ontwerp dijkvak 1

6.3.2 Dijkvak 2

Ter plaatse van de overgang van dijkvak 1 naar dijkvak 2 kruist het heavescherm een dubbele waterleiding. Voor het kruisen van de leidingen wordt een flexibele leidingdoorvoer gerealiseerd in het heavescherm. Over het gehele dijkvak wordt het heavescherm tot een diepte van NAP -11,8 meter aangebracht. Het scherm wordt op het onderste deel van het binnentalud geplaatst. Dit resulteert in schermlengte van ongeveer 14 meter. In Figuur 6-3 is het bovenaanzicht van dijkvak 2 weergegeven en in Figuur 6-4 is het ontwerpprofiel weergegeven ter hoogte van dijkpaal A973+000. Voor het volledige ontwerp van dijkvak 2 wordt verwezen naar Bijlage 1 en Bijlage 2.



Figuur 6-3: Bovenaanzicht dijkontwerp dijkvak 2



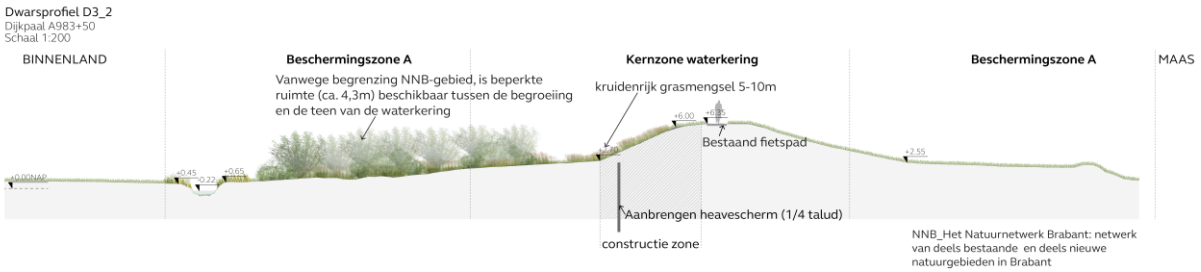
Figuur 6-4: Principeprofiel ontwerp dijkvak 2

6.3.3 Dijkvak 3

Het heavescherm loopt parallel aan het fietspad door naar dijkvak 4. In dijkvak 3 is de deklaag dunner, waardoor het scherm over het gehele dijkvak tot een diepte van NAP – 9,5 meter aangebracht wordt. Het scherm wordt op het onderste deel van het binnentalud geplaatst. Dit resulteert in schermlengte van ongeveer 12 meter. Landinwaarts liggen langs het dijktraject bosschages van NNB. De constructiezone is ter plekke van de bosschages smaller. In Figuur 6-5 is het bovenaanzicht van dijkvak 3 weergegeven en in Figuur 6-6 is het ontwerpprofiel weergegeven ter hoogte van dijkpaal A983+050. Voor het volledige ontwerp van dijkvak 3 wordt verwezen naar Bijlage 1 en Bijlage 2.



Figuur 6-5: Bovenaanzicht dijkontwerp dijkvak 3



Figuur 6-6: Principeprofiel ontwerp dijkvak 3

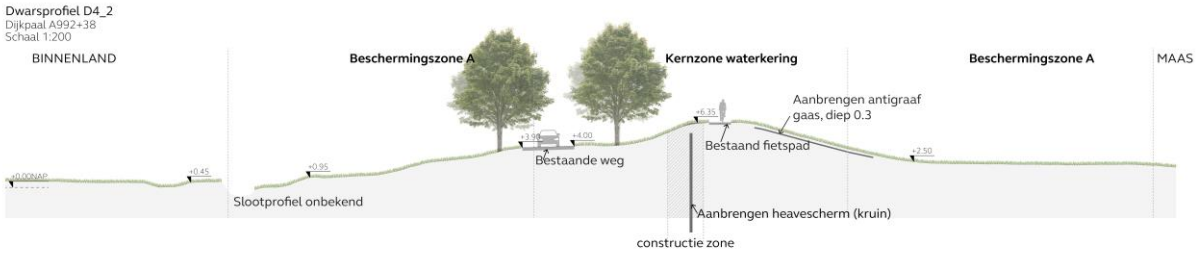
6.3.4 Dijkvak 4

In dijkvak 4 ligt parallel aan de dijk de Heusdenseweg die hier van maaiveld naar de kruin van de dijk stijgt. Op het einde van dijkvak 4 sluit die weg aan op de kruin van de dijk. Aan weerszijden van de oprit van de Heusdenseweg staan lindebomen, echter waar de op- en afrit aansluit op de kruin staan alleen aan de landzijde lindebomen. Het heavescherm wordt tussen de kruin en de Heusdenseweg geplaatst en pas aan het eind van dijkvak 4 kruist het heavescherm de Heusdenseweg, daar waar het fietspad aansluit op de Heusdenseweg (nabij A994). Bij het kruisen van de Heusdenseweg wordt één boom gekapt. Het heavescherm mag de boomwortels van de linden niet beschadigen en wordt daarom buiten de kroonprojectie, tegen de binnenkruin, geplaatst. Het scherm moet tot een diepte van NAP -10 meter aangebracht worden. Dit resulteert in een schermlengte van ongeveer 15 meter.

Daarnaast realiseren we een hoogwatervluchtplaats voor bevers door verruiging van het buitentalud en het aanbrengen van een damwandscherm van 8 meter diep over een afstand van 50 meter. Vanwege de zandkern in dit dijkvak wordt over de gehele lengte een horizontale antigraafmaatregel toegepast voor de bever, door middel van het inbrengen van antigraafgaas op het buitentalud. Hiervoor wordt 30 centimeter grond afgegraven. Het gaas wordt aangebracht, en de grond wordt weer teruggebracht.
In Figuur 6-7 is het bovenaanzicht van dijkvak 4 weergegeven en in Figuur 6-8 is het ontwerpprofiel weergegeven ter hoogte van dijkpaal A992+038. Voor het volledige ontwerp van dijkvak 4 wordt verwezen naar Bijlage 1 en Bijlage 2.



Figuur 6-7: Bovenaanzicht dijkontwerp dijkvak 4



Figuur 6-8: Principeprofiel ontwerp dijkvak 4

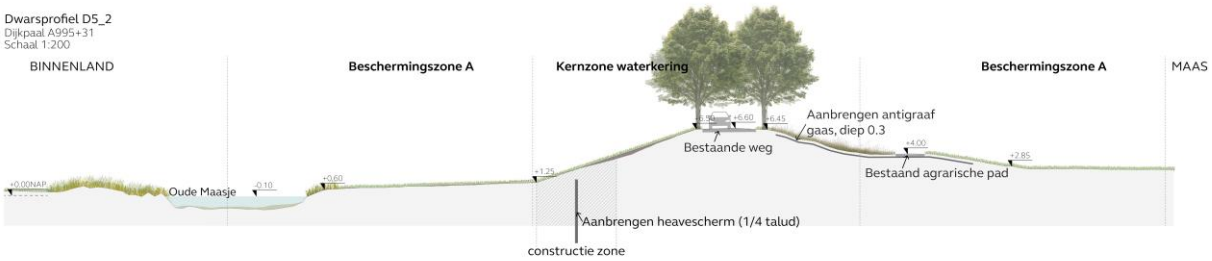
6.3.5 Dijkvak 5

In dijkvak 5 komt het heavescherm tussen de Heusdenseweg en het Oude Maasje. Het scherm wordt in het onderste deel van het binnentalud aangebracht tot een diepte van NAP -9,5 meter. Dit resulteert in een schermlengte van ongeveer 11 meter. In dijkvak 5 staan aan weerszijde van de kruin Lindebomen. De boomkronen hangen tot halverwege het binnentalud. Voor dijkvak 5 geldt daarom dat de constructiezone is begrensd van de binnenteen tot de helft van het binnentalud.

Over de gehele lengte van dijkvak 5 passen we een horizontale antigraafmaatregel toe voor de bever, door antigraafgaas in te brengen op het buitentalud. Hiervoor wordt 30 centimeter grond afgegraven. Het gaas wordt aangebracht, en de grond wordt weer teruggebracht.
In Figuur 6-9 is het bovenaanzicht van dijkvak 5 weergegeven en in Figuur 6-10 is het ontwerpprofiel weergegeven ter hoogte van dijkpaal A995+031. Voor het volledige ontwerp van dijkvak 5 wordt verwezen naar Bijlage 1 en Bijlage 2.



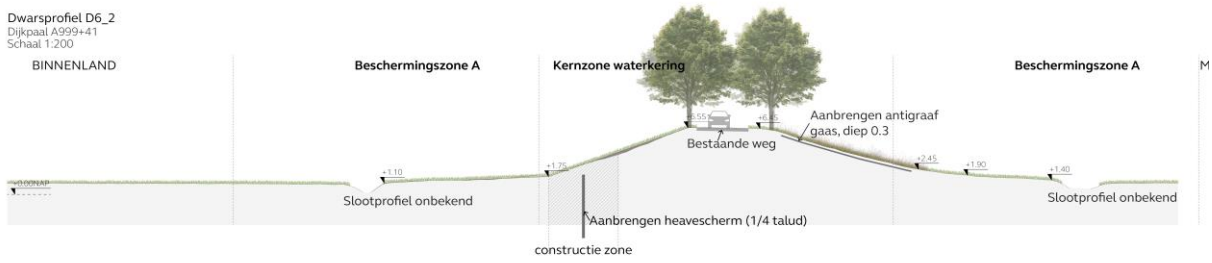
Figuur 6-9: Bovenaanzicht ontwerp dijkvak 5, 6 en 7



Figuur 6-10: Principeprofiel ontwerp dijkvak 5

6.3.6 Dijkvak 6

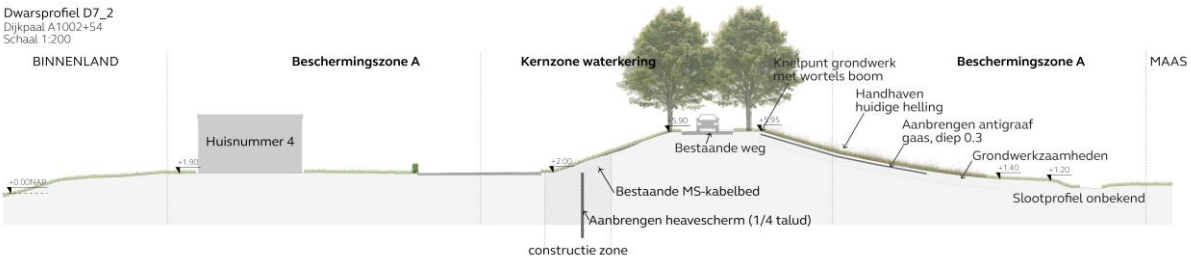
Voor dijkvak 6 geldt hetzelfde ontwerp als voor dijkvak 5. In Figuur 6-11 is het ontwerpprofiel weergegeven ter hoogte van dijkpaal A999+041 en zie Figuur 6-9 voor het bovenaanzicht. Voor het volledige ontwerp van dijkvak 6 wordt verwezen naar Bijlage 1 en Bijlage 2.



Figuur 6-11: Principeprofiel ontwerp dijkvak 6

6.3.7 Dijkvak 7

In het buitentalud van dijkvak 7 wordt gaas toegepast, als horizontale antigraafmaatregel voor de bever. In dijkvak 7 wordt het heavescherm niet aangesloten op de bestaande kunstwerken gemaal Gansoijen en de Bovenlandse Sluis. De bestaande kunstwerken vallen buiten de scope van de dijkverbetering. Het heavescherm stopt aan de oostzijde van het gemaal op 10 meter afstand. Aan de westzijde van het gemaal zit een damwandscherm en aan de oostzijde van de sluis ook. Deze damwanden worden met elkaar verbonden door een heavescherm onder de Heusdenseweg. Dit verbindende scherm is in de huidige situatie al aanwezig, maar lijkt op basis van de huidige inzichten vervangen te moeten worden. Richting het definitief ontwerp wordt dit scherm nader onderzocht waaruit mogelijk alsnog kan blijken dat het bestaande scherm voldoet aan de wettelijke norm. Het heavescherm dat tot op 10 meter afstand tot het gemaal wordt doorgezet, brengen we tot een diepte van NAP -9,0 meter aan. De totale lengte van het scherm bedraagt ongeveer 11 meter. De aansluiting op het gemaal en de sluis worden in een nieuw project van Waterschap Aa en Maas bij de update van de kunstwerken meegenomen en vallen dus buiten de scope van de dijkverbetering.
Het heavescherm kruist de afrit richting de voormalige dienstwoning van gemaal Gansoijen (eigendom Waterschap). Nabij deze woning staan enkele bomen bij de binnenteen . Deze bomen moeten tijdens de realisatie behouden blijven.
In Figuur 6-12 is het ontwerpprofiel weergegeven ter hoogte van dijkpaal A1002+054 en zie Figuur 6-9 voor het bovenaanzicht. Voor het volledige ontwerp van dijkvak 7 wordt verwezen naar Bijlage 1 en Bijlage 2.



Figuur 6-12: Principeprofiel ontwerp dijkvak 7

6.3.8 Antigraverijmaatregelen

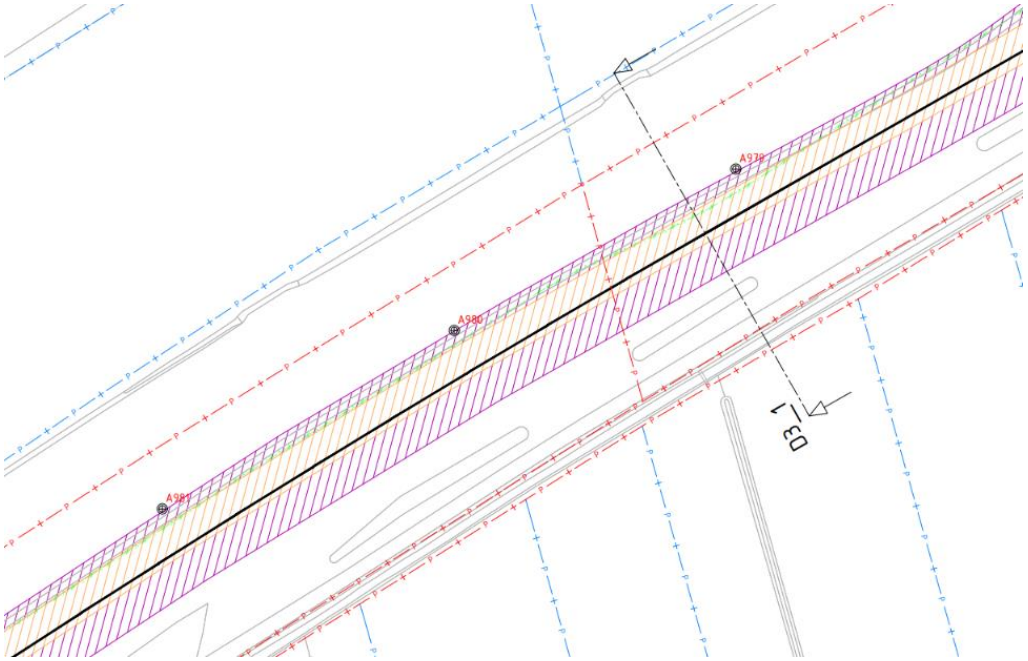
Antigraverijmaatregelen bij dijkverbeteringen zijn maatregelen om te voorkomen dat dieren, zoals bevers, schade aan dijken veroorzaken door te graven. Bevers graven holen in dijken voor hun leefgebied, wat kan leiden tot verzwakking van de dijkstructuur en potentiële overstromingsgevaar. Bij hoogwater kunnen bevers hun holingangen verhogen of verplaatsen naar hogere delen van de oever om te voorkomen dat ze door het hoogwater worden overspoeld. Voor de dijkverbetering van Doeveren zijn antigraverij maatregelen nodig om ofwel de bever andere mogelijkheden te bieden en op aangewezen plekken te graven, ofwel op sommige plekken het graven helemaal te voorkomen.

In het dijktraject Doeveren is er een risico op graafschade bij hogere waterstanden, waarbij de bever een nieuw hol graaft in hogere delen van de dijk. Voor de dijkverbetering is gekozen om buitendijks twee aantrekkelijke vluchtplaatsen te creëren: waarvan één in dijkvak 1 en één in dijkvak 4. Dit zijn aangewezen plekken in de dijk waar de bever tijdens hoogwater kan graven zonder dat het leidt tot verzwakking van de dijkstructuur. Deze aantrekkelijkere vluchtplaatsen zorgen ervoor dat de kans kleiner is dat de bever in de kwetsbaardere naastliggende dijk gaat graven. Er wordt een damwandscherm in de dijk aangebracht, waarbij de hoogwatervluchtplaatsen aantrekkelijk worden gemaakt door verruiging van het buitentalud. Elke vluchtplaats is 50 meter lang. De twee hoogwatervluchtplaatsen resulteren bij elkaar een verruiging van 100 meter talud. De begroeiing begint ongeveer vanaf 0,5 meter boven maaiveld voorland. Een bever begint pas in de dijk te graven wanneer een laag water tegen de dijk aan staat. De begroeiing gaat door tot ongeveer 1 meter onder de kruin. Per hoogwatervluchtplaats wordt ongeveer 150 m² talud verruigd, in totaal 300 m^2.

Daarnaast vinden in dijkvak 4 tot en met dijkvak 7 grondwerkzaamheden plaats in het buitentalud. Over de volle lengte van deze dijkvakken wordt een horizontale antigraafmaatregel toegepast voor de bever, door gaas in te brengen. Hiervoor wordt 30 centimeter grond afgegraven. Het gaas wordt aangebracht, en de grond wordt weer teruggeplaatst.

6.4 Realisatieaspecten

Naast de constructiezone waarin het heavescherm gerealiseerd moet worden, ligt er aan beide kanten van de constructiezone (waar mogelijk) een werkstrook. De werkstrook is de ruimte die de aannemer nodig heeft voor het uitvoeren van de werkzaamheden voor dijkverbetering Doeveren. De werkstroken ziet u op de bovenaanzichten van de ontwerptekeningen, zie Bijlage 1. In Figuur 6-13 is een uitsnede van het ontwerp weergegeven waarop de constructiezone (oranje) en werkstroken (paars) zijn te zien.



Figuur 6-13: Uitsnede constructiezone en werkstrook (paars = werkstrook en oranje = constructiezone)

Voor sommige aspecten zijn aanvullende mitigerende en/of compenserende maatregelen nodig tijdens de realisatie. Enkele daarvan zijn:

- Ter bescherming van de grondgebonden zoogdieren en vleermuizen moet overdag (tussen zonsopgang en zonsondergang) gewerkt worden. Als er in het uiterste geval ’s nachts wordt gewerkt dient men bomen en groenstructuren in de omgeving niet aan te lichten;
- Bij de realisatie van dijkverbetering Doeveren wordt één boom gekapt langs de Heusdenseweg. Een mitigerende maatregel om verstoring te voorkomen is om te kappen buiten het broedseizoen. Wanneer er gewerkt wordt buiten de broedperiode kunnen negatieve effecten worden voorkomen en zijn er geen vervolgstappen nodig. Als een broedende vogel aanwezig is, kan het nodig zijn de werkzaamheden uit te stellen of met een vastgestelde verstoringsvrije zone te werken;
- Daarnaast wordt rekening gehouden met de aanwezigheid van een roekenkolonie in de bomen in het oosten van het projectgebied, naast de Heusdensebrug. Er worden geen bomen geveld ter plaatse van de roekenkolonie. In de kwetsbare periode van de roek worden er binnen een afstand van 75 meter geen werkzaamheden uitgevoerd in de buurt van de bomen waar de roekenkolonie aanwezig is;
- Graafwerkzaamheden in de natuurlijke ondergrond ter plaatse van de zones waar oeverafzettingen, oever- op beddingafzettingen of restgeulafzettingen aanwezig zijn worden onder archeologische begeleiding uitgevoerd. De exacte invulling van de werkzaamheden wordt voorafgaand aan het veldwerk vastgelegd in een door de bevoegde overheid goed te keuren Programma van Eisen (PvE);
- Tijdens de realisatie is er aandacht voor risico op schade aan woningen als gevolg van de werkzaamheden;
- Op basis van het Vooronderzoek Conflictperiode Ontplofbare Oorlogsresten (OO) is het projectgebied geheel verdacht verklaard op OO. Er worden voorafgaand aan de voorgenomen (grond-) werkzaamheden vervolgstappen ondernomen in de opsporing van OO. Omdat er weinig tot geen naoorlogse ontwikkelingen in het onderzoekstracé zijn geweest, wordt in de realisatie direct overgegaan op detectiewerkzaamheden door een CS-OOO gecertificeerd bedrijf.

7 Duurzaamheid in het ontwerp

Bij de start van de planuitwerkingsfase is de duurzaamheidsambitie uit de verkenningsfase herijkt op basis van actuele wet- en regelgeving én actuele kansrijke maatregelen rondom het project. Ook voor deze sessie gold het uitgangspunt dat een ambitieniveau van 3 niet past bij de projectbrede ambitie Snel en Zorgvuldig. Er zijn drie thema's met een ambitieniveau 2: energieverbruik en emissies broeikasgassen (Energie & Klimaat), materiaal- en grondstofgebruik (Circulariteit) en ecologische structuur en biodiversiteit (Ruimtelijke Kwaliteit. Het totale resultaat ten aanzien van duurzaamheid en alle in het project genomen duurzaamheidsmaatregelen zijn opgenomen in Bijlage 5 Onderbouwing duurzaamheid aspecten. De duurzaamheidsambities zijn doorvertaald naar onderstaande doelen per (hoofd)thema uit de HWBP-Duurzaamheidsroos. Dit hoofdstuk maakt inzichtelijk hoe het vergunbaar ontwerp scoort op deze doelen. De doelen per hoofdthema krijgen een kwalitatieve score op een schaal van groen-oranje-rood. In Tabel 7-1 wordt per thema de score toegelicht.

Tabel 7-1: Toelichting score per thema

(Hoofd)Thema	Doel	Score vergunbaar ontwerp
Energie & Klimaat	50% reductie van milieu-impact (MKI/ CO2-eq) t.o.v. de referentie (milieu-impact VKA); • 25% van VKA naar DO (waterschap) en; • 25% van DO naar UO (aannemer).	
Circulariteit	• Alle vrijkomende grond wordt 100% (lokaal) hergebruikt. • De benodigde grond is afkomstig van bron binnen 30 kilometer van project Doeveren. • De nieuw toe te passen materialen zijn duurzaam geproduceerd.	
Ruimtelijke Kwaliteit	De toplaag en/of het zaadmengsel van het binnentalud wordt verbeterd t.o.v. de huidige situatie als boost naar een bloemrijke dijk/ soortenrijkere dijkbekleding.	

7.1 Energie & Klimaat

Het vergunbaar ontwerp scoort groen op het doel onder Energie & Klimaat, omdat het doel van 50% reductie van de milieuimpact (MKI) van het vergunbaar ontwerp ten opzichte van het VKA (referentie) nagenoeg is gerealiseerd (49,5%). In Tabel 7-2 is zowel de MKI en de CO2-eq uitstoot voor het gehele project als per km dijkverbetering weergegeven. De milieuimpact en uitstoot per km dijk is berekend door de totale MKI- en CO2-eq-waarde te delen door de volledige lengte van de dijkverbetering van afgerond 4,1 km. De reductie van CO2-eq van het vergunbaar ontwerp ten opzichte van het VKA bedraagt 38%. Hier ligt nog een opgave.

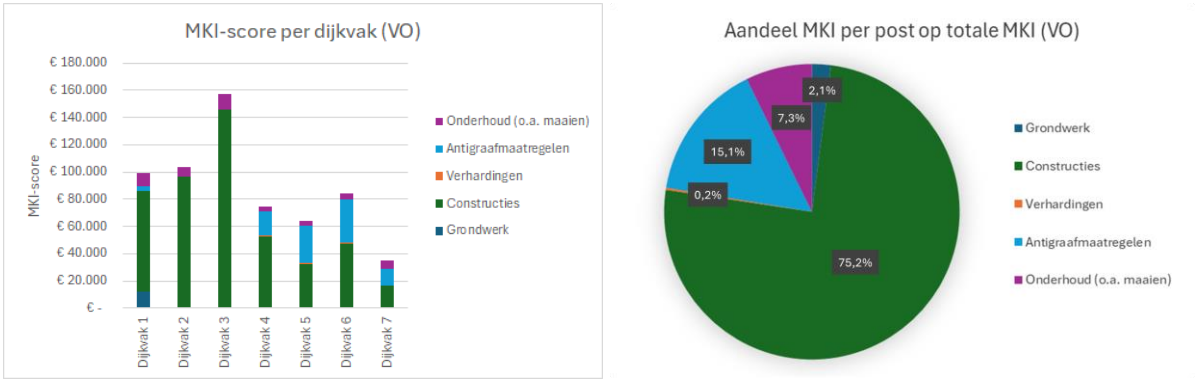
Tabel 7-2: MKI-waarde en CO2-equivalentwaarde VKA, variant 1 en vergunbaar ontwerp

Ontwerp	MKI (€) Totaal	CO2-eq (ton) Totaal	MKI (€) Per km	CO2-eq (ton) Per km
VKA (origineel)	1.155.461	9.144	281.820	2.230
VKV (referentie)	**1.222.000**	**9.450**	298.049	2.305
Vergunbaar ontwerp	**617.400**	**5.875**	150.585	1.433
Reductie vergunbaar ontwerp t.o.v. VKA (referentie)	-49,5%	-38%		

Hierin is het VKA (origineel) de verticale maatregel als principe oplossing uit de verkenning, VKV (referentie) de stalen damwand uit de variantenafweging in de planuitwerking en het VO als het stalen scherm en de andere maatregelen als bevergaas en vervanging buitentalud.

Het grootste deel van de milieu-impact bij damwanden zit in het productieproces. De belangrijkste reden dat de milieu-impact van het vergunbaar ontwerp fors lager ligt dan het VKA (referentie), zit in de keuze voor het toepassen van (het specifieke product) EcoSheetPile van ArcelorMittal geproduceerd met grijze stroom in plaats van een conventionele damwand. De MKI-waarde van de EcoSheetPile bedraagt ongeveer € 12 per m^2 staal. De MKI-waarde van de conventionele damwand behorend bij het VKA bedraagt ongeveer € 30 per m^2 inclusief toeslag. Dit is een factor 2,5. De EcoSheetPile is opgenomen in de NMD als categorie 1 data, ofwel dit betreft productgebonden data. Anders dan bij categorie 3 data uit de NMD is er geen sprake van een ophoogfactor van 30%. Het verschil tussen de MKI-waarde van de EcoSheetPile en de conventionele damwand zit daarnaast vermoedelijk in het verschil in het productieproces; zo worden EcoSheetPile geproduceerd met een vlamboogoven (met een milieuimpact van 0,5 ton CO2 per 1 ton staal) en de conventionele damwand in een hoogoven (met een milieuimpact van 2,3 ton CO2 per 1 ton).

De activiteiten met de grootste bijdrage aan de milieu-impact in MKI zijn per dijkvak en als taartdiagram onder weergegeven (zie Figuur 7-1). Er zijn vier categorieën met de grootste bijdrage aan de milieu-impact: constructies/stalen heaveschermen (75,2%), antigraafmaatregelen (15,1%), onderhoud dijktalud (7,3%) en grondwerk (2,1%). Andere categorieën zoals verhardingen dragen minder dan 1% bij aan het totaal.



Figuur 7-1: MKI-score per dijkvak en aandeel MKI per post op totale MKI vergunbaar ontwerp (VO)

7.2 Circulariteit

Het vergunbaar ontwerp scoort oranje op het doel onder circulariteit. De reden is dat nog niet aan alle doelen wordt voldaan.

- Nog niet alle nieuw toe te passen materialen in het vergunbaar ontwerp zijn duurzaam geproduceerd: Zo is op het onderdeel antigraafgaas (antigraafmaatregelen) nog geen onderzoek gedaan naar een zo duurzaam mogelijk geproduceerd gaas. Dit geldt wel voor de stalen heaveschermen. Zij vormen de hoofdmoot van het vergunbaar ontwerp. In het vergunbaar ontwerp is met de keuze voor de EcoSheetPile van ArcelorMittal automatisch een minimum ingesteld waaraan de aannemer straks moet voldoen. Deze damwand is duurzaam geproduceerd uit 96% schroot (op grijze energie). *NB De producent ArcelorMittal biedt ook de EcoSheetPile Plus-variant aan, waarbij het staal is geproduceerd met 100% groene stroom.*
- Nog niet alle vrijkomende grond kan 100% (lokaal) worden hergebruikt: Voor het deel grond ter plaatse van de taludverbetering in dijkvak 1 is namelijk aangenomen dat het vrijkomende zand extern over een afstand van 30 km moet worden afgevoerd omdat het vermoedelijk klasse industrie (milieuchemisch bodemkwaliteit) is. In het vergunbaar ontwerp is wel het uitgangspunt dat de grond (waaronder de toplaag) die wordt verwijderd bij het aanbrengen van deze damwanden, op de juiste manier in depot wordt gezet en weer wordt teruggeplaatst na plaatsing van het heavescherm door de aannemer.
- Nog niet alle benodigde klei is afkomstig van een bron binnen 30 km van project Doeveren: Voor de benodigde klei is aangenomen dat dit vanaf een externe bronlocatie per schip komt op 43 km^2 van het project.

[2] Dit betreft een standaard waarde voor transportafstand uit de HWBP Handreiking DuboCalc voor dijkversterkingen.

7.3 Ruimtelijke Kwaliteit

In het algemeen doet de dijkverbetering geen afbreuk aan ruimtelijke kwaliteit. De maatregelen hebben namelijk geen negatief effect op het dijkprofiel en algehele aanzien van de dijk of cultuurhistorische elementen. Het het heavescherm en de andere maatregelen worden onder het maaiveld afgewerkt.

Het vergunbaar ontwerp scoort ook **groen** op het doel onder ruimtelijke kwaliteit, omdat het soortenrijk inzaaien van de geroerde delen op het binnentalud als kansrijk is beoordeeld voor de verbetering van de soortenrijkdom ten opzichte van de huidige situatie. Om de kansrijkheid goed in te kunnen schatten, is de expertise vanuit het HWBP-innovatieproject Future Dikes ingeroepen. Samen met hen is de kansrijkheid bepaald op aspecten als kwaliteit bestaande toplaag, oriëntatie dijktalud, geschikte inzaai en het actuele en toekomstige beheer. Volgens de inzichten uit Future Dikes fase 1 is een toplaag met een lutumgehalte van 12-20% (evt. 25%) geschikt voor soortenrijke dijkbekleding. Onderzoek in de bodemdata van de bestaande toplaag (met name het lutum- en organische stofgehalte) laten zien dat de fysieke omstandigheden bij Doeveren geschikt lijken voor de ontwikkeling van soortenrijke dijkbekleding met lutumgehalte tussen 16,6-24,8% en organische stofgehalte tussen 2,8-3,9%.

Er is in het vergunbaar ontwerp rekening gehouden met het soortenrijk inzaaien van de tijdens de realisatie geroerde delen in de dijkvakken 1, 2 en 3 op het zuidtalud. Het is van belang om een deel van het dijktalud in te zaaien met geschikte inzaai, bijvoorbeeld met DBG (dijken basis grassen) in combinatie met DBK (dijken basis kruiden). Dit moeten dan wel gecertificeerde mengsels zijn met echt inheemse soorten. Na inzaaien met soortenrijk mengsel is ander geschikt ontwikkelings- en (op termijn) instandhoudingsbeheer nodig. Waterschap Aa en Maas staat hiervoor open gezien het feit dat er begin 2024 enkele documenten zijn opgesteld met eisen rondom soortenrijk inzaaien en ontwikkelingsbeheer.

NB Op het deel waar bomen staan (dijkvakken 4 tot en met 7) is in het vergunbaar ontwerp geen rekening gehouden met soortenrijk inzaaien. Dit heeft te maken met schaduwwerking en bladval. Ook met de geroerde delen op het buitentalud ter plaatse van dijk 1 en de hoogwatervluchtplaatsen is in het vergunbaar ontwerp geen rekening gehouden met soortenrijk inzaaien.

8 Bronnenlijst

[1] Nota voorkeursalternatief, versie 1.0, Waterschap Aa en Maas, maart 2024

[2] Technische Uitgangspunten Notitie 2.0, Waterschap Aa en Maas, oktober 2024

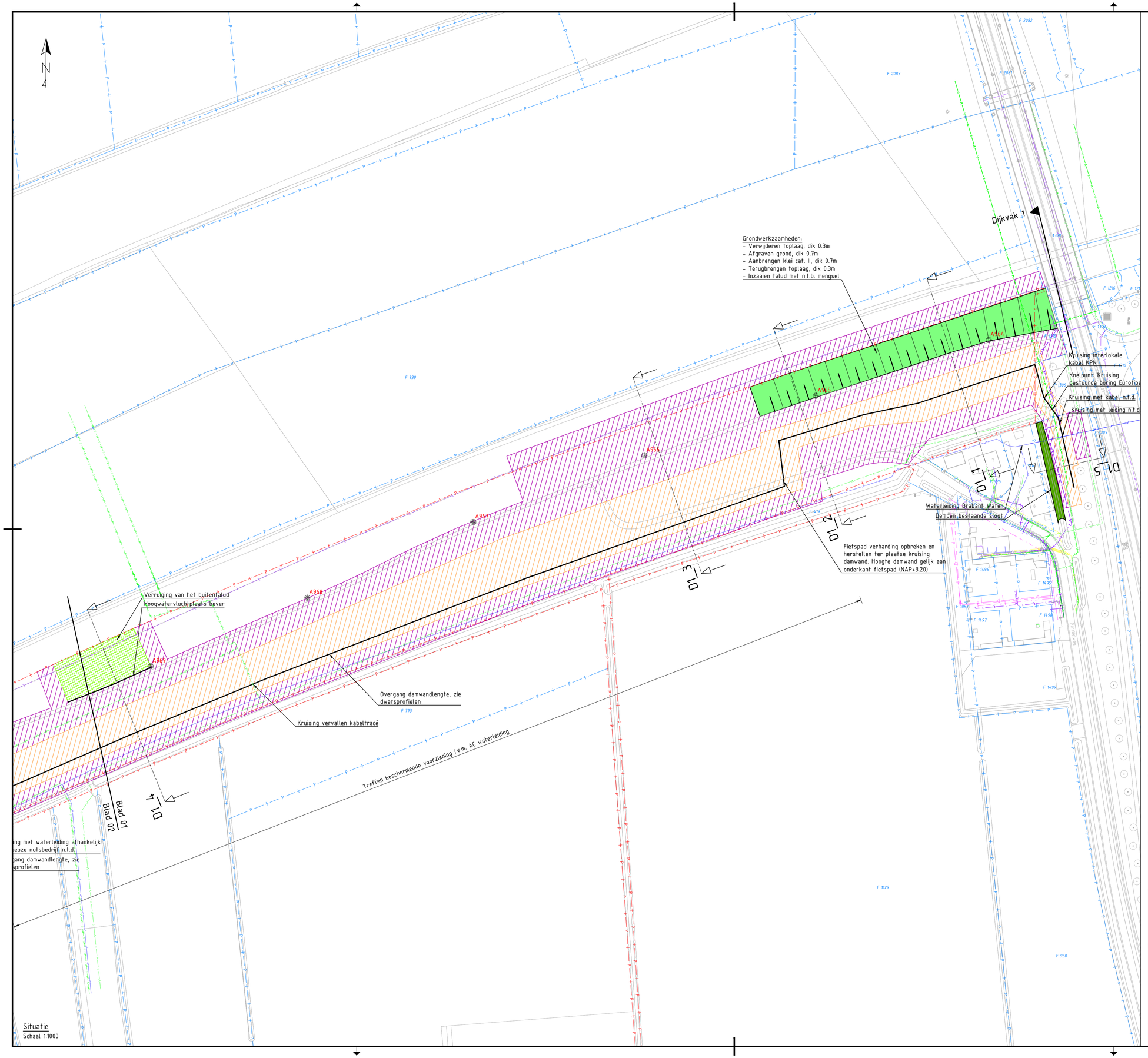
[3] Integrale Uitgangspunten Notitie 2.0, Waterschap Aa en Maas, oktober 2024

[4] Handreiking Ruimtelijke Kwaliteit Dijkverbetering Doeveren, Matthijs Willemsen Landschapsarchitect, 17 januari 2024

Bijlage 1 Ontwerptekeningen VO

Deze bijlage bevat:

- Bovenaanzichten;
- Dwarsprofielen.



Legenda

- Bestaande ondergrond
- Kadastrale grenzen
- Kadastrale grenzen Waterschap Aa en Maas
- Aanbrengen damwand
- Grondwerk talud
- Dempen bestaande sloot
- Verruiging buitentalud
- Constructie zone
- Werkstrook
- Horizontaal antigraaf buitentalud
- Kappen boom
- Nader te detailleren
- A1004 Referentie

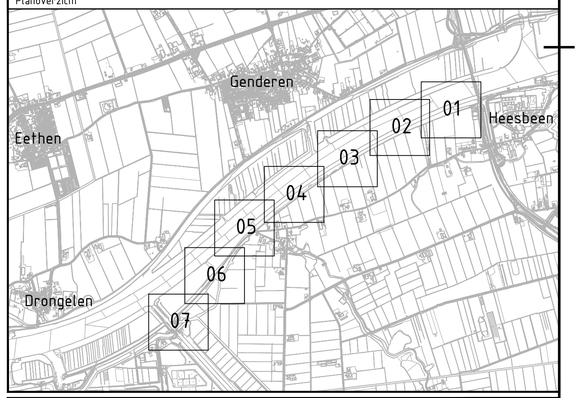
Legenda bestaande kabels en leidingen

- Data
- Elektra laagspanning
- Elektra middenspanning
- Gas lage druk
- Overige kabels en leidingen
- Waterleiding
- Riool persleiding
- Riool vrijverval
- Data (vervallen)
- Elektra laagspanning (vervallen)
- Elektra middenspanning (vervallen)
- Waterleiding (vervallen)

Opmerkingen

- Alle maten in meters
- Alle hoogte maten in meter t.o.v. NAP
- Alle coördinaten op basis van RD-stelsel
- Bestaand maaiveld op basis van AHN4

Planoverzicht



Versie	Omschrijving:			
	Datum:	Get.:	Con.:	Vrij.:
Versie 2.0	Omschrijving: Definitief			
	Datum: 05-12-2024	Get.: A. van der Tuijn	Con.: W. Janssen	Vrij.: D. Hogendorp

Opdrachtgever

Contact

Waterschap Aa en Maas

Advies- en Ingenieursorganisatie

Architect

ARCADIS

Project

Contact: D. Hogendorp

Planuitwerkingsfase Doeveren

Projectnummer : 30224126
Fase : VO

Security Category: Public

Onderwerp : Dijkontwerp
Situatie dijkvak 1
Blad 01

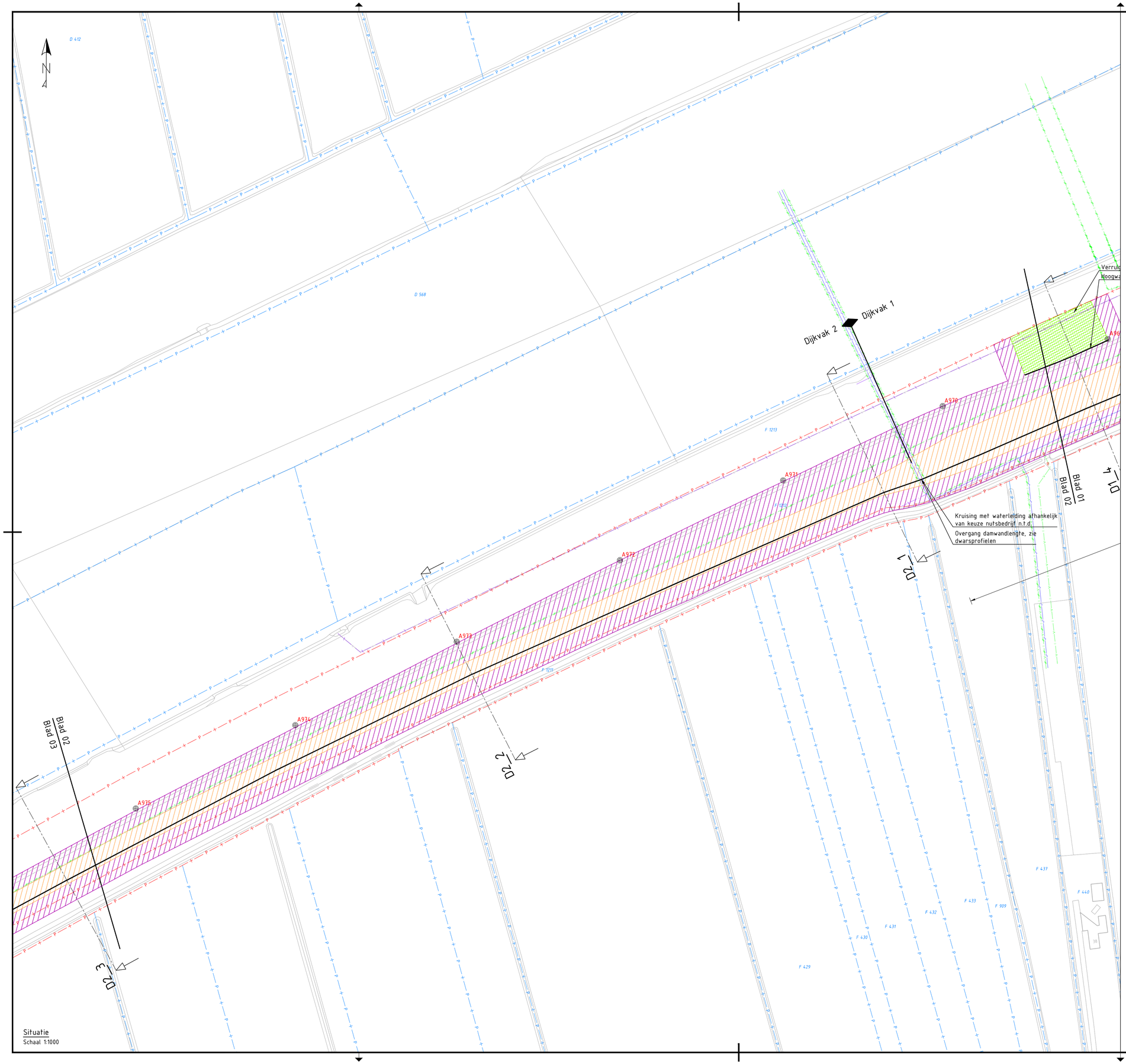
Schaal : Zie tekening
Contractnummer:

Bladformaat : A1
Bladnummer : 01 van 07

Status : Definitief

Tekeningnummer: DV-ARC-VO-SI-NW-DIJKONTWERP-1001

Versie: 2.0



Situatie
Schaal 1:1000

Legenda

- Bestaande ondergrond
- Kadastrale grenzen
- Kadastrale grenzen Waterschap Aa en Maas
- Aanbrengen damwand
- Grondwerk talud
- Dempen bestaande sloot
- Verruiging buitentalud
- Constructie zone
- Werkstrook
- Horizontaal antigraaf buitentalud
- Kappen boom
- Nader te detailleren
- A1004 Referentie

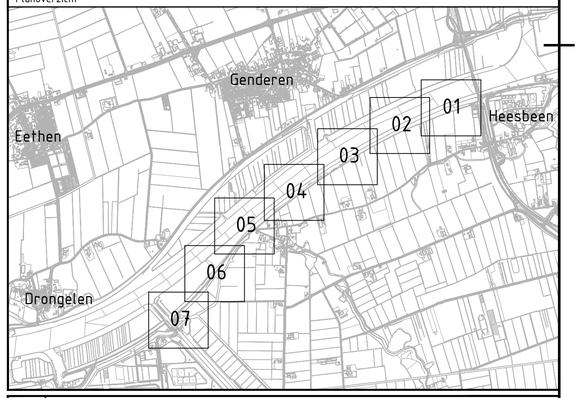
Legenda bestaande kabels en leidingen

- Data
- Elektra laagspanning
- Elektra middenspanning
- Gas lage druk
- Overige kabels en leidingen
- Waterleiding
- Riool persleiding
- Riool vrijverval
- Data (vervallen)
- Elektra laagspanning (vervallen)
- Elektra middenspanning (vervallen)
- Waterleiding (vervallen)

Opmerkingen

- Alle maten in meters
- Alle hoogte maten in meter t.o.v. NAP
- Alle coördinaten op basis van RD-stelsel
- Bestaand maaiveld op basis van AHN4

Planoverzicht



Versie	Omschrijving:			
	Datum:	Get.:	Con.:	Vrij.:
Versie	Omschrijving: Definitief			
2.0	Datum: 05-12-2024	Get.: A. van der Tuijn	Con.: W. Janssen	Vrij.: D. Hogendorp

Opdrachtgever
Contact

Waterschap Aa en Maas

Advies- en Ingenieursorganisatie
Architect

ARCADIS

Project
Contact
D. Hogendorp

Planuitwerkingsfase Doeveren

Projectnummer : 30224126
Fase : VO

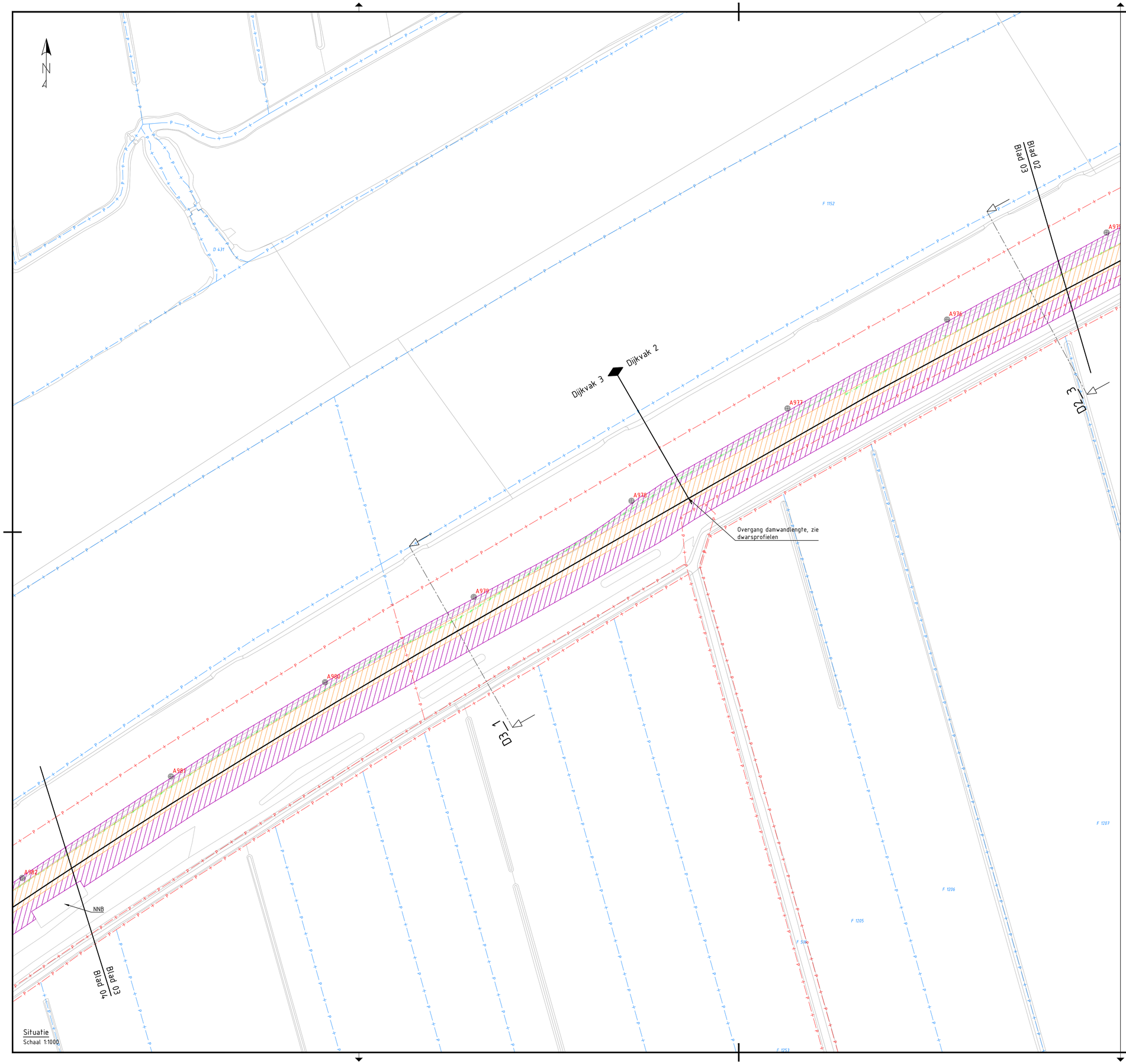
Security Category: Public

Onderwerp : Dijkontwerp
Situatie dijkvak 1/2
Blad 02

Schaal	: Zie tekening	Bladformaat : A1	Status :
Contractnummer:		Bladnummer : 02 van 07	Definitief

Tekeningnummer: DV-ARC-VO-SI-NW-DIJKONTWERP-1002
Versie: 2.0

Docid:



Legenda

- Bestaande ondergrond
- Kadastrale grenzen
- Kadastrale grenzen Waterschap Aa en Maas
- Aanbrengen damwand
- Grondwerk talud
- Dempen bestaande sloot
- Verruiging buitentalud
- Constructie zone
- Werkstrook
- Horizontaal antigraaf buitentalud
- Kappen boom
- Nader te detailleren
- A1004 Referentie

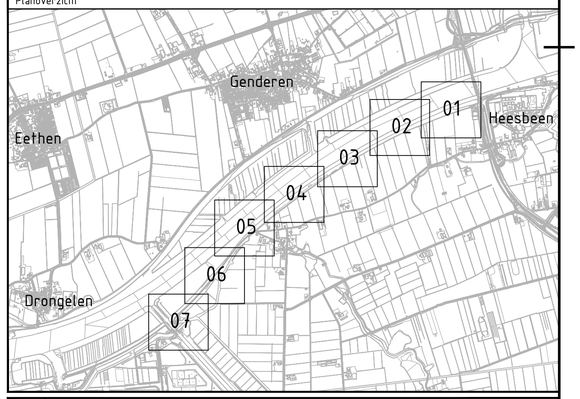
Legenda bestaande kabels en leidingen

- Data
- Elektra laagspanning
- Elektra middenspanning
- Gas lage druk
- Overige kabels en leidingen
- Waterleiding
- Riool persleiding
- Riool vrijverval
- Data (vervallen)
- Elektra laagspanning (vervallen)
- Elektra middenspanning (vervallen)
- Waterleiding (vervallen)

Opmerkingen

- Alle maten in meters
- Alle hoogte maten in meter t.o.v. NAP
- Alle coördinaten op basis van RD-stelsel
- Bestaand maaiveld op basis van AHN4

Planoverzicht



Versie	Omschrijving:			
	Datum:	Get.:	Con.:	Vrij.:
Versie	Omschrijving: Definitief			
2.0	Datum: 05-12-2024	Get.: A. van der Tuijn	Con.: W. Janssen	Vrij.: D. Hogendorp

Opdrachtgever

Contact

Waterschap Aa en Maas

Advies- en Ingenieursorganisatie

Architect

ARCADIS

Project

Contact: D. Hogendorp

Planuitwerkingsfase Doeveren

Projectnummer : 30224126
Fase : VO

Security Category: Public

Onderwerp : Dijkontwerp
Situatie dijkvak 2/3
Blad 03

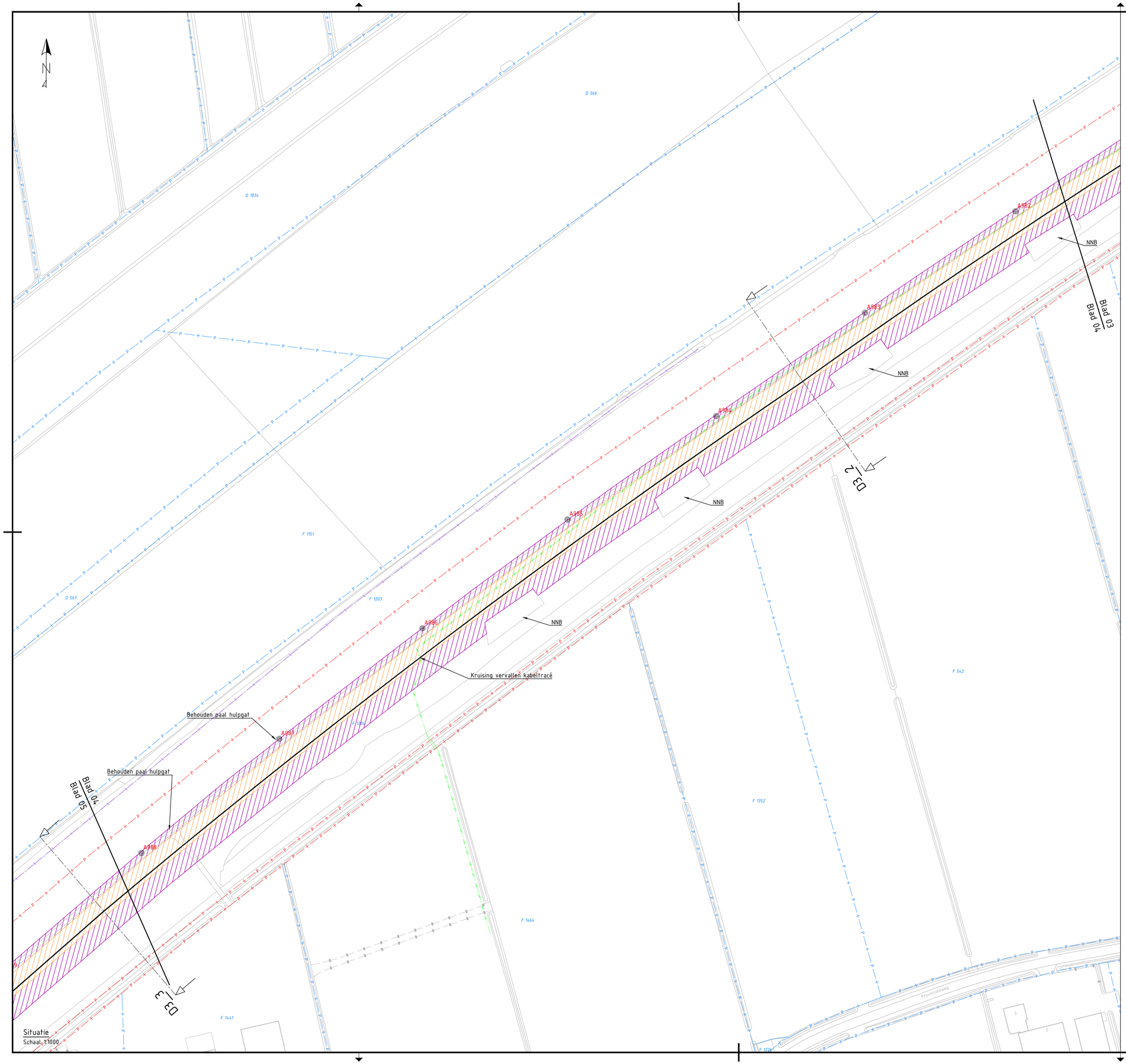
Schaal : Zie tekening
Contractnummer:

Bladformaat : A1
Bladnummer : 03 van 07

Status : Definitief

Tekeningnummer: DV-ARC-VO-SI-NW-DIJKONTWERP-1003

Versie: 2.0



Legenda

- Bestaande ondergrond
- Kadastrale grenzen
- Kadastrale grenzen Waterschap Aa en Maas
- Aanbrengen damwand
- Grondwerk talud
- Dempen bestaande sloot
- Verruiging buitentalud
- Constructie zone
- Werkstrook
- Horizontaal antigraaf buitentalud
- Kappen boom
- Nader te detailleren
- A1004 Referentie

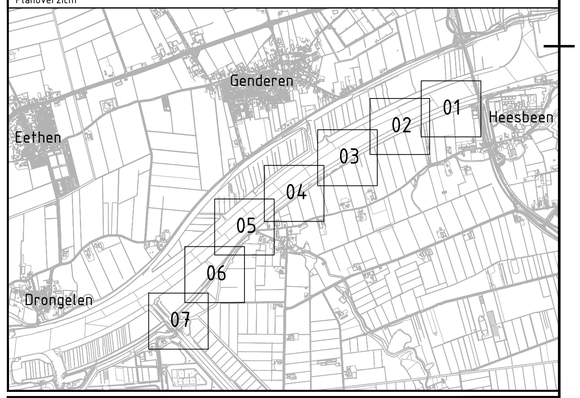
Legenda bestaande kabels en leidingen

- Data
- Elektra laagspanning
- Elektra middenspanning
- Gas lage druk
- Overige kabels en leidingen
- Waterleiding
- Riool persleiding
- Riool vrijverval
- Data (vervallen)
- Elektra laagspanning (vervallen)
- Elektra middenspanning (vervallen)
- Waterleiding (vervallen)

Opmerkingen

- Alle maten in meters
- Alle hoogte maten in meter t.o.v. NAP
- Alle coördinaten op basis van RD-stelsel
- Bestaand maaiveld op basis van AHN4

Planoverzicht



Versie	Omschrijving:			
	Datum:	Get.:	Con.:	Vrij.:
Versie 2.0	Omschrijving: Definitief			
	Datum: 05-12-2024	Get.: A. van der Tuijn	Con.: W. Janssen	Vrij.: D. Hogendorp

Opdrachtgever

Contact

Waterschap Aa en Maas

Advies- en Ingenieursorganisatie

Architect

ARCADIS

Project

Contact: D. Hogendorp

Planuitwerkingsfase Doeveren

Projectnummer : 30224126
Fase : VO

Security Category: Public

Onderwerp : Dijkontwerp
Situatie dijkvak 3
Blad 04

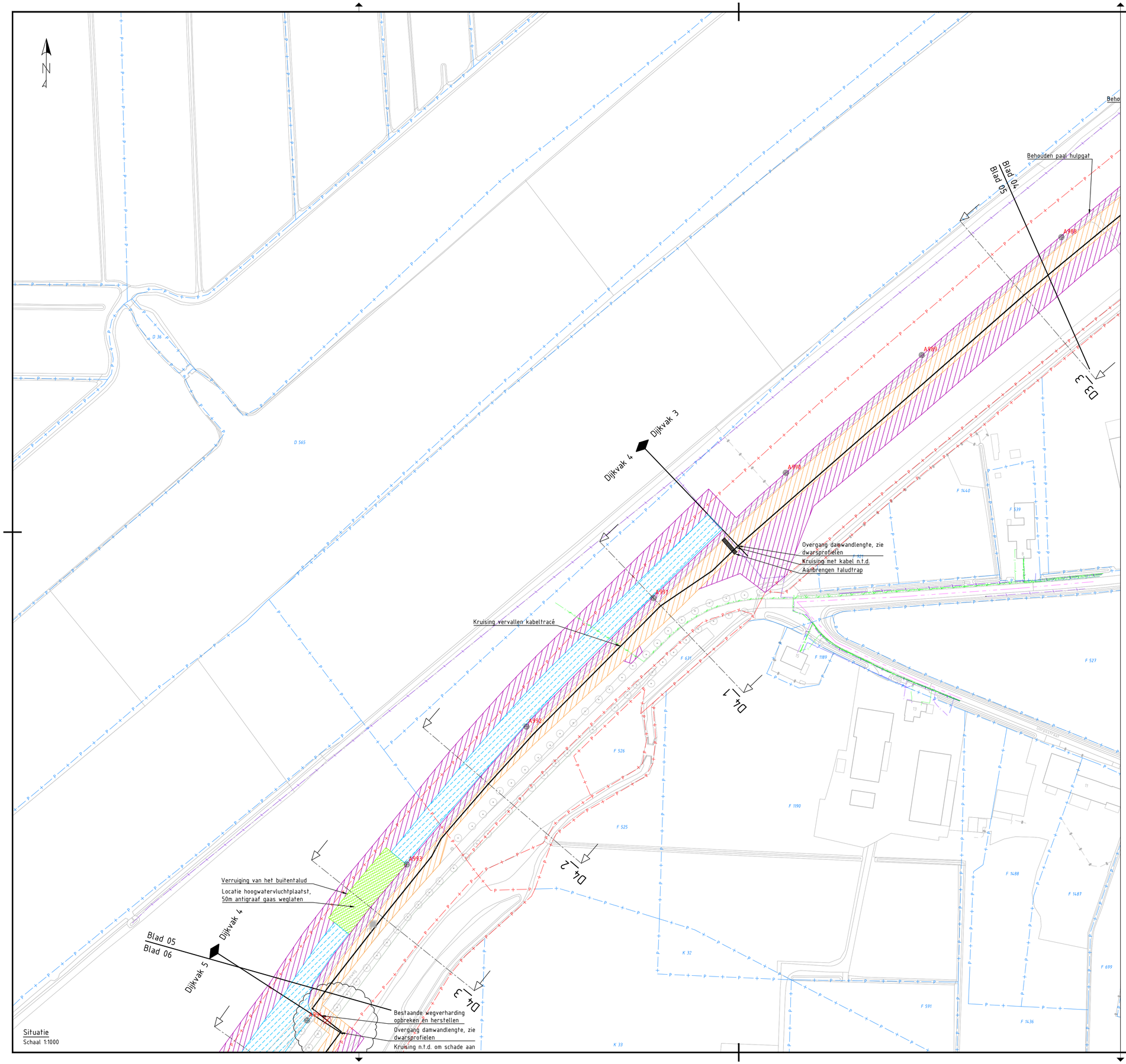
Schaal : Zie tekening
Contractnummer :

Bladformaat : A1
Bladnummer : 04 van 07

Status : Definitief

Tekeningnummer: DV-ARC-VO-SI-NW-DIJKONTWERP-1004

Versie: 2.0



Situatie
Schaal 1:1000

Legenda

- Bestaande ondergrond
- Kadastrale grenzen
- Kadastrale grenzen Waterschap Aa en Maas
- Aanbrengen damwand
- Grondwerk talud
- Dempen bestaande sloot
- Verruiging buitentalud
- Constructie zone
- Werkstrook
- Horizontaal antigraaf buitentalud
- Kappen boom
- Nader te detailleren
- A1004 Referentie

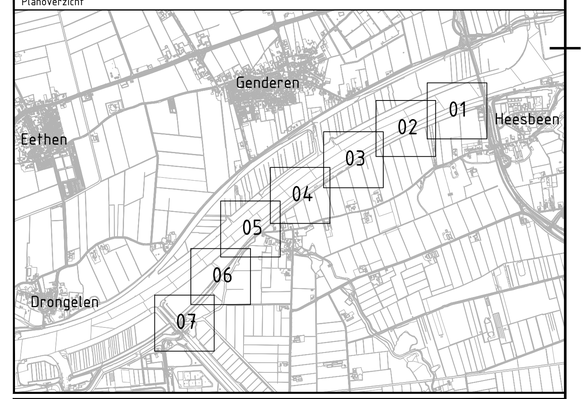
Legenda bestaande kabels en leidingen

- Data
- Elektra laagspanning
- Elektra middenspanning
- Gas lage druk
- Overige kabels en leidingen
- Waterleiding
- Riool persleiding
- Riool vrijverval
- Data (vervallen)
- Elektra laagspanning (vervallen)
- Elektra middenspanning (vervallen)
- Waterleiding (vervallen)

Opmerkingen

- Alle maten in meters
- Alle hoogte maten in meter t.o.v. NAP
- Alle coördinaten op basis van RD-stelsel
- Bestaand maaiveld op basis van AHN4

Planoverzicht



Versie	Omschrijving:			
	Datum:	Get.:	Con.:	Vrij.:
Versie 2.0	Omschrijving: Definitief			
	Datum: 05-12-2024	Get.: A. van der Tuijn	Con.: W. Janssen	Vrij.: D. Hogendorp

Opdrachtgever
Contact

Waterschap Aa en Maas

Advies- en Ingenieursorganisatie
Architect

ARCADIS

Project
Contact
D. Hogendorp

Planuitwerkingsfase Doeveren

Projectnummer : 30224126
Fase : VO

Security Category: Public

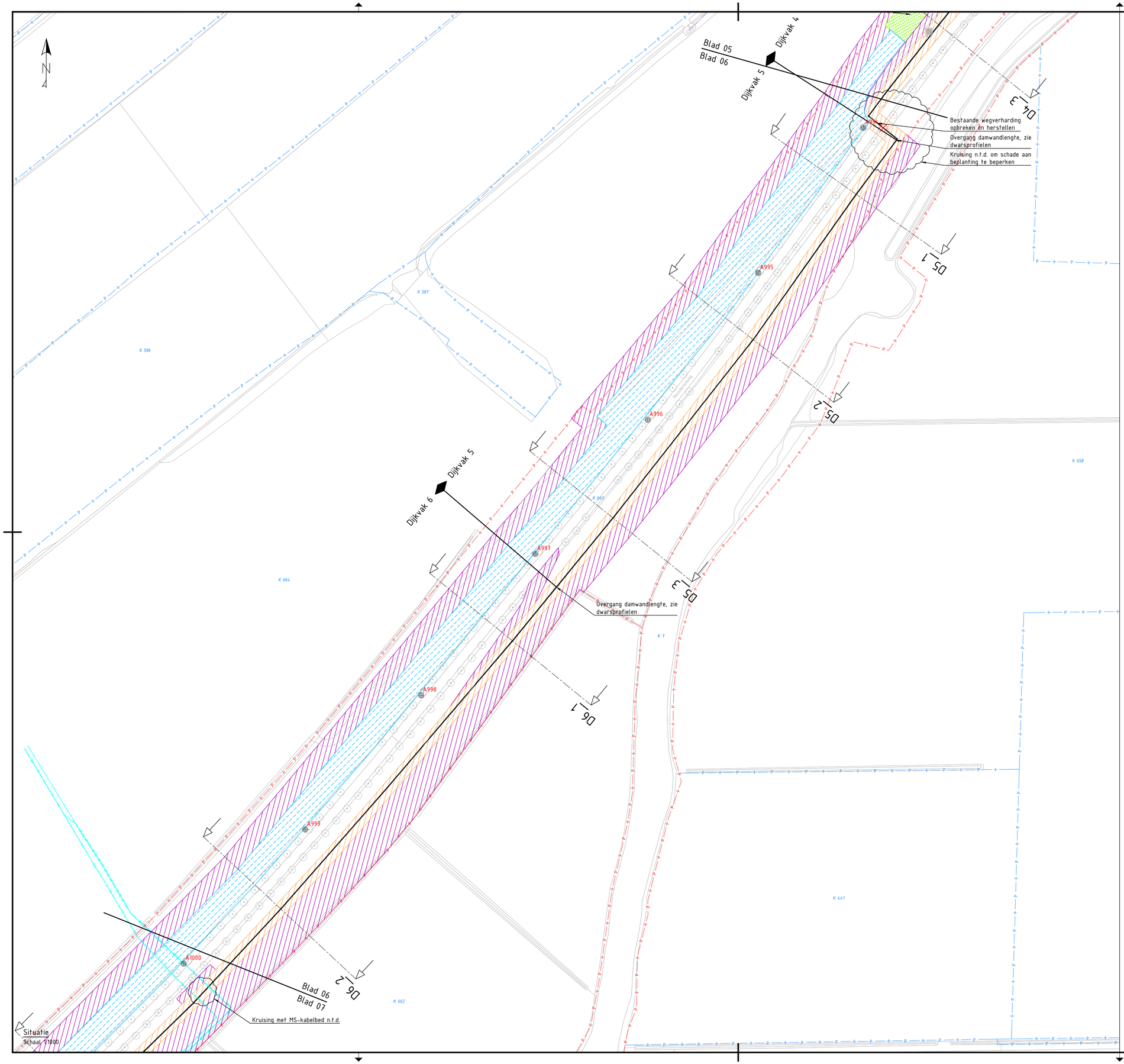
Onderwerp : Dijkontwerp
Situatie dijkvak 3/4
Blad 05

Schaal : Zie tekening
Contractnummer:
Bladformaat : A1
Bladnummer : 05 van 07

Status : Definitief

Tekeningnummer: DV-ARC-VO-SI-NW-DIJKONTWERP-1005
Versie: 2.0

Docid:



Legenda

- Bestaande ondergrond
- Kadastrale grenzen
- Kadastrale grenzen Waterschap Aa en Maas
- Aanbrengen damwand
- Grondwerk talud
- Dempen bestaande sloot
- Verruiging buitentalud
- Constructie zone
- Werkstrook
- Horizontaal antigraaf buitentalud
- Kappen boom
- Nader te detailleren
- A1004 Referentie

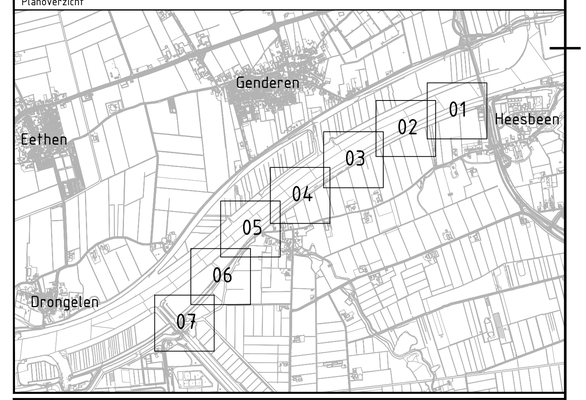
Legenda bestaande kabels en leidingen

- Data
- Elektra laagspanning
- Elektra middenspanning
- Gas lage druk
- Overige kabels en leidingen
- Waterleiding
- Riool persleiding
- Riool vrijverval
- Data (vervallen)
- Elektra laagspanning (vervallen)
- Elektra middenspanning (vervallen)
- Waterleiding (vervallen)

Opmerkingen

- Alle maten in meters
- Alle hoogte maten in meter t.o.v. NAP
- Alle coördinaten op basis van RD-stelsel
- Bestaand maaiveld op basis van AHN4

Planoverzicht



Versie	Omschrijving:			
	Datum:	Get.:	Con.:	Vrij.:
Versie 2.0	Omschrijving: Definitief			
	Datum: 05-12-2024	Get.: A. van der Tuijn	Con.: W. Janssen	Vrij.: D. Hogendorp

Opdrachtgever

Contact

Waterschap Aa en Maas

Advies- en Ingenieursorganisatie

Architect

ARCADIS

Project

Contact: D. Hogendorp

Planuitwerkingsfase Doeveren

Projectnummer : 30224126
Fase : VO

Security Category: Public

Onderwerp : Dijkontwerp
Situatie dijkvak 4/5/6
Blad 06

Schaal : Zie tekening
Contractnummer:

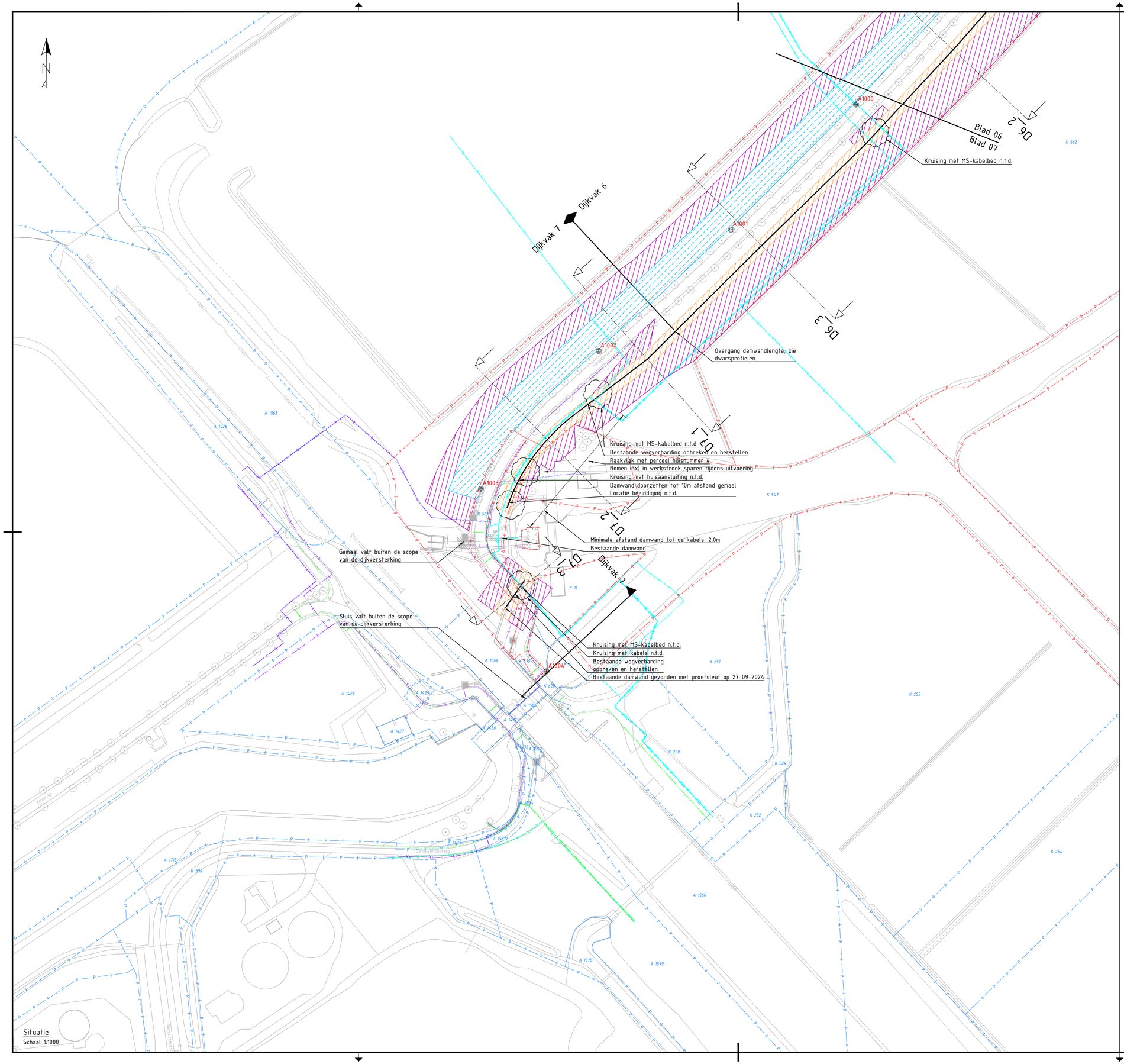
Bladformaat : A1
Bladnummer : 06 van 07

Status : Definitief

Tekeningnummer: DV-ARC-VO-SI-NW-DIJKONTWERP-1006

Versie: 2.0

Docid:



Situatie
Schaal 1:1000

Legenda

- Bestaande ondergrond
- Kadastrale grenzen
- Kadastrale grenzen Waterschap Aa en Maas
- Aanbrengen damwand
- Grondwerk talud
- Dempen bestaande sloot
- Verruiging buitentalud
- Constructie zone
- Werkstrook
- Horizontaal antigraaf buitentalud
- Kappen boom
- Nader te detailleren
- A1004 Referentie

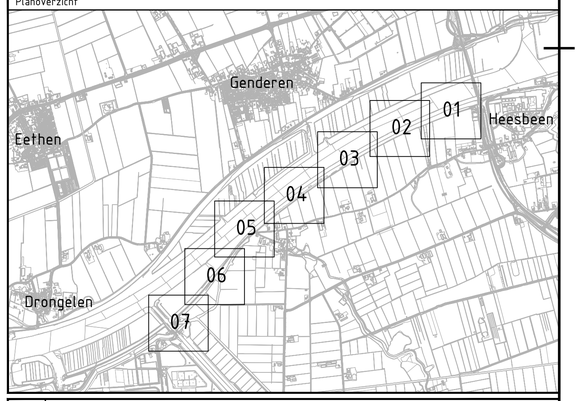
Legenda bestaande kabels en leidingen

- Data
- Elektra laagspanning
- Elektra middenspanning
- Gas lage druk
- Overige kabels en leidingen
- Waterleiding
- Riool persleiding
- Riool vrijverval
- Data (vervallen)
- Elektra laagspanning (vervallen)
- Elektra middenspanning (vervallen)
- Waterleiding (vervallen)

Opmerkingen

- Alle maten in meters
- Alle hoogte maten in meter t.o.v. NAP
- Alle coördinaten op basis van RD-stelsel
- Bestaand maaiveld op basis van AHN4

Planoverzicht



Versie	Omschrijving:			
	Datum:	Get.:	Con.:	Vrij.:
Versie 2.0	Omschrijving: Definitief			
	Datum: 05-12-2024	Get.: A. van der Tuijn	Con.: W. Janssen	Vrij.: D. Hogendorp

Opdrachtgever
Contact

Waterschap Aa en Maas

Advies- en Ingenieursorganisatie
Architect

ARCADIS

Project
Contact
D. Hogendorp

Planuitwerkingsfase Doeveren

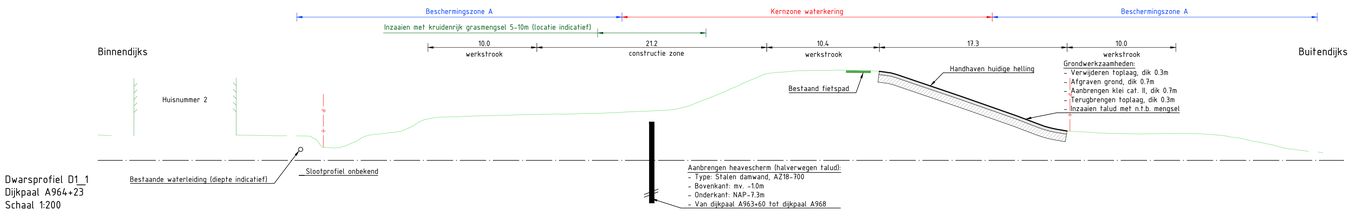
Projectnummer : 30224126
Fase : VO

Security Category: Public

Onderwerp : Dijkontwerp
Situatie dijkvak 6/7
Blad 07

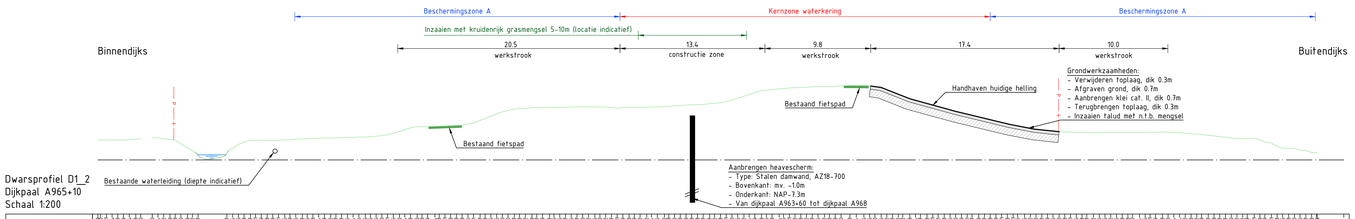
Schaal : Zie tekening
Contractnummer:
Bladformaat : A1
Bladnummer : 07 van 07
Status : Definitief

Tekeningnummer: DV-ARC-VO-SI-NW-DIJKONTWERP-1007
Versie: 2.0



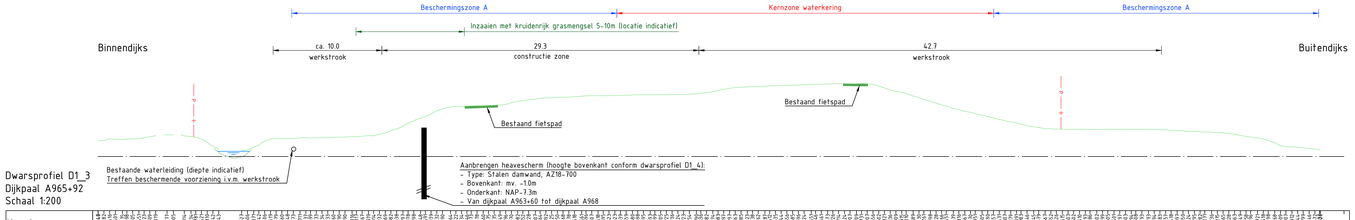
Dwarsprofiel D1_1
Dijkpaal A964+23
Schaal 1:200

Hoogte	
Afstand	



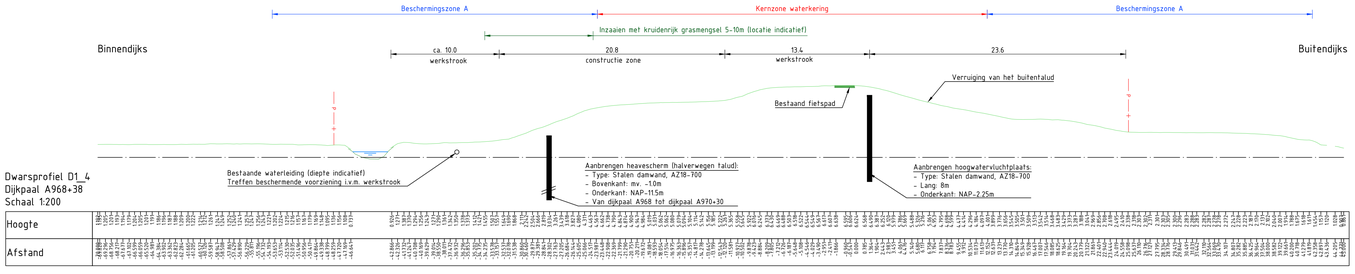
Dwarsprofiel D1_2
Dijkpaal A965+10
Schaal 1:200

Hoogte	
Afstand	



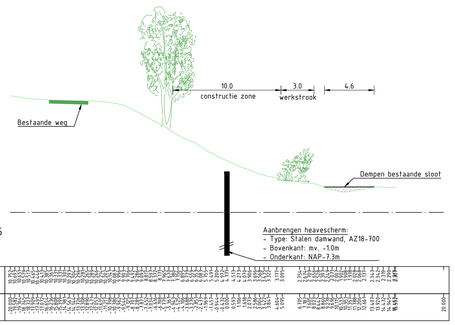
Dwarsprofiel D1_3
Dijkpaal A965+92
Schaal 1:200

Hoogte	
Afstand	



Dwarsprofiel D1_4
Dijkpaal A968+38
Schaal 1:200

Hoogte	
Afstand	



Dwarsprofiel D1_5
Aansluiting Oost
Schaal 1:200

Hoogte	
Afstand	

Legenda
- Bestaande ondergrond
- NAP 0.00
- Eigendomsgrens Waterschap Aa en Maas

Opmerkingen
- Alle maten in meters
- Alle hoogte maten in meter t.o.v. NAP
- Alle coördinaten op basis van RD-stelsel
- Bestaand maaiveld op basis van AHN4

Versie	Omschrijving		
	Datum:	Get.:	Con.:	Vrij.:
Versie 2.0	Omschrijving: Definitief		
	Datum: 05-12-2024	Get.: A. van der Tuijn	Con.: W. Janssen	Vrij.: D. Hogendorp

Opdrachtgever
Waterschap Aa en Maas

Contact

Advies- en Ingenieursorganisatie
Architect
ARCADIS

Project
Planuitwerkingsfase Doeveren

Contact
D. Hogendorp

Projectnummer : 30224126
Fase : VO

Security Category: Public

Onderwerp : Dijkontwerp
Dwarsprofielen dijkvak 1
Blad 01

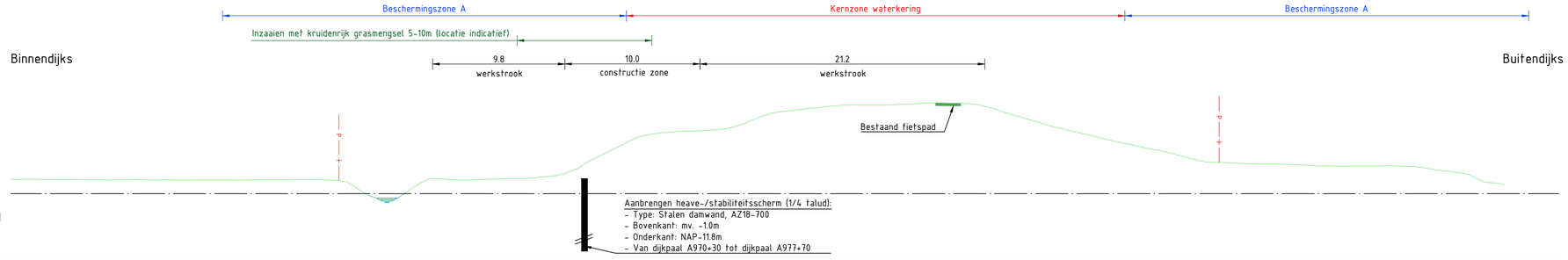
Schaal : Zie tekening
Contractnummer:
Bladformaat : A0
Bladnummer : 01 van 07

Status : Definitief

Tekeningnummer:
DV-ARC-VO-DP-NW-DIJKONTWERP-2001

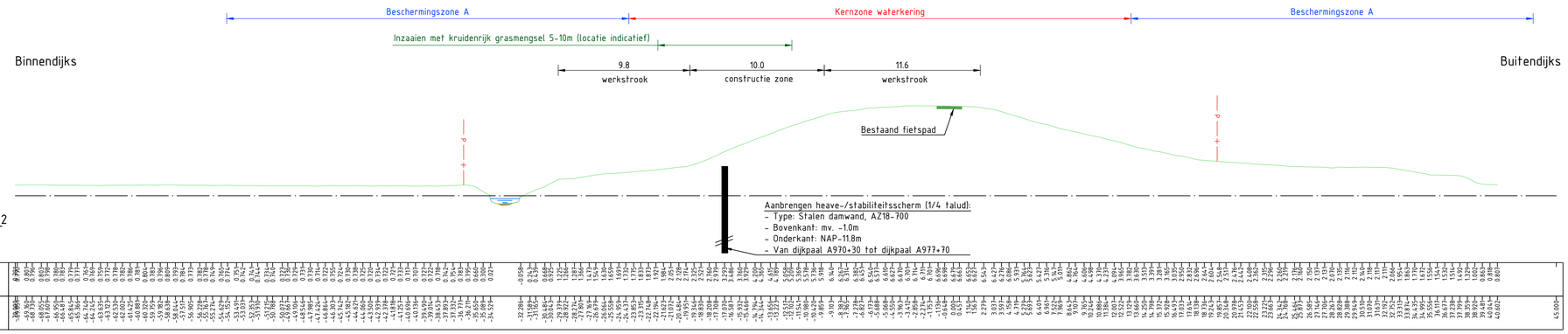
Versie: 2.0

A0.dgn



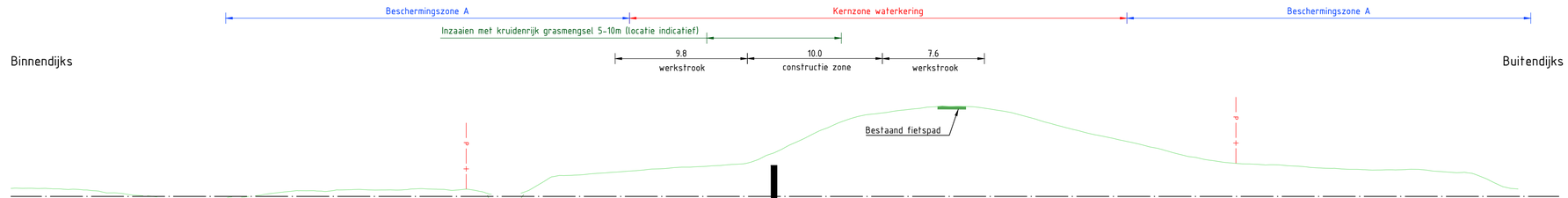
Dwarsprofiel D2_1
Dijkpaal A970+50
Schaal 1:200

Hoogte	
Afstand	



Dwarsprofiel D2_2
Dijkpaal A973+00
Schaal 1:200

Hoogte	
Afstand	



Dwarsprofiel D2_3
Dijkpaal A975+53
Schaal 1:200

Hoogte	
Afstand	

Legenda
- Bestaande ondergrond
- NAP 0.00
- Eigendomsgrens Waterschap Aa en Maas

Opmerkingen
- Alle maten in meters
- Alle hoogte maten in meter t.o.v. NAP
- Alle coördinaten op basis van RD-stelsel
- Bestaand maaiveld op basis van AHN4

Versie	Omschrijving:			
	Datum:	Get.:	Con.:	Vrij.:
Versie 2.0	Omschrijving: Definitief			
	Datum: 05-12-2024	Get.: A. van der Tuijn	Con.: W. Janssen	Vrij.: D. Hogendorp

Opdrachtgever
Contact

Waterschap Aa en Maas

Advies- en Ingenieursorganisatie
Architect

ARCADIS

Project
Contact
D. Hogendorp

Planuitwerkingsfase Doeveren

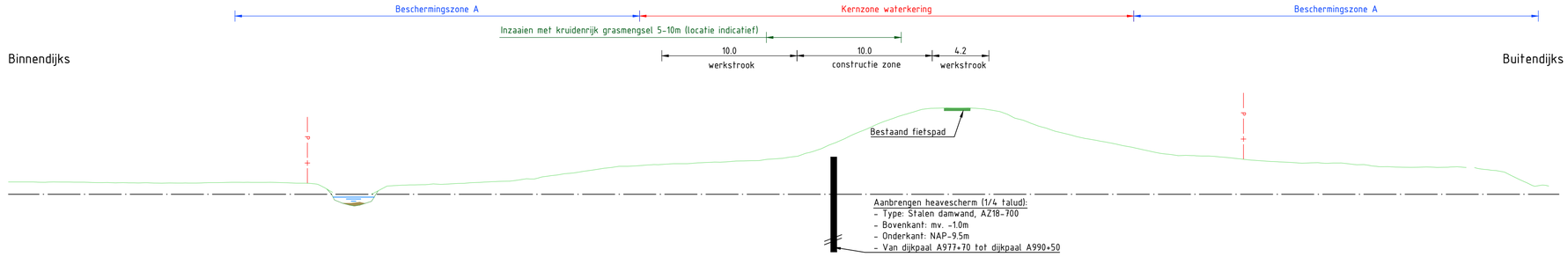
Projectnummer : 30224126
Fase : VO

Security Category: Public

Onderwerp : Dijkontwerp
Dwarsprofielen dijkvak 2
Blad 02

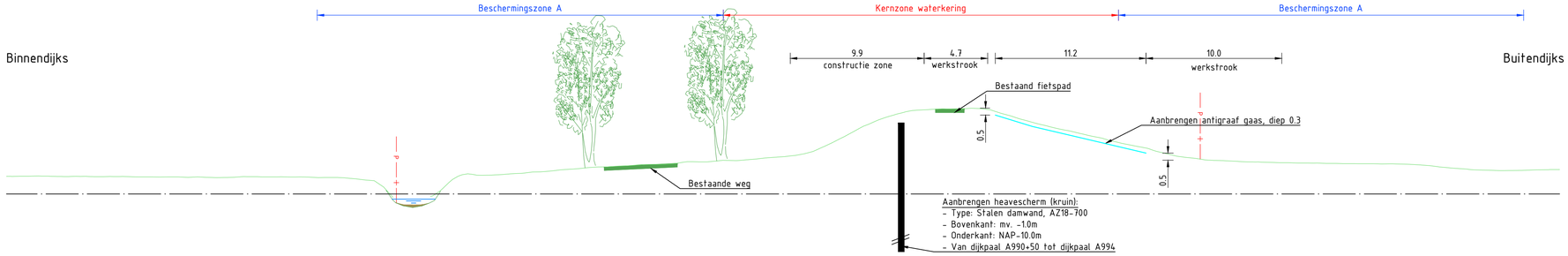
Schaal : Zie tekening
Contractnummer:
Bladformaat : A1
Bladnummer : 02 van 07
Status : Definitief

Tekeningnummer: DV-ARC-VO-DP-NW-DIJKONTWERP-2002
Versie: 2.0



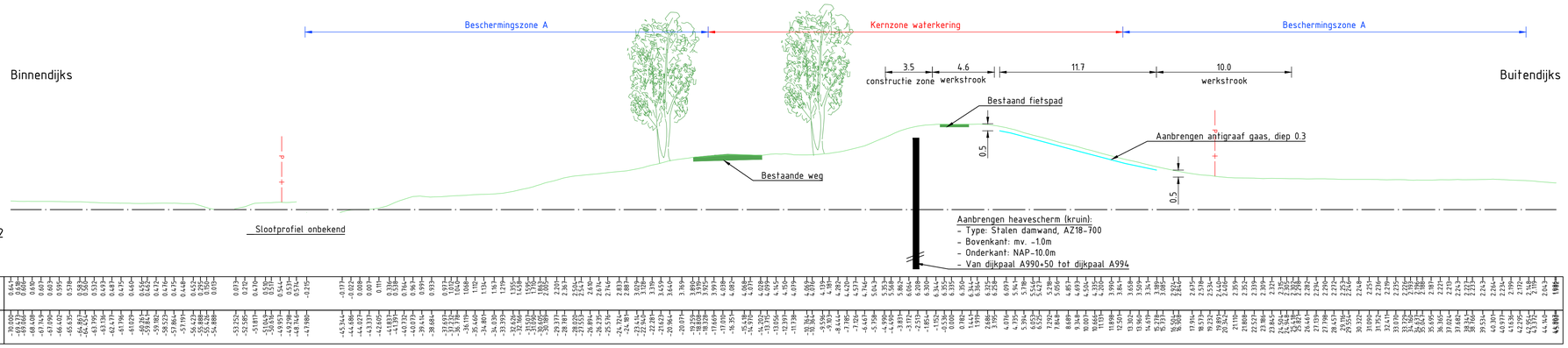
Dwarsprofiel D3_1
Dijkpaal A979+17
Schaal 1:200

Hoogte	0.94 0.90 0.91 0.90 0.90 0.90 0.90 0.89 0.89 0.89 0.88 0.88 0.88



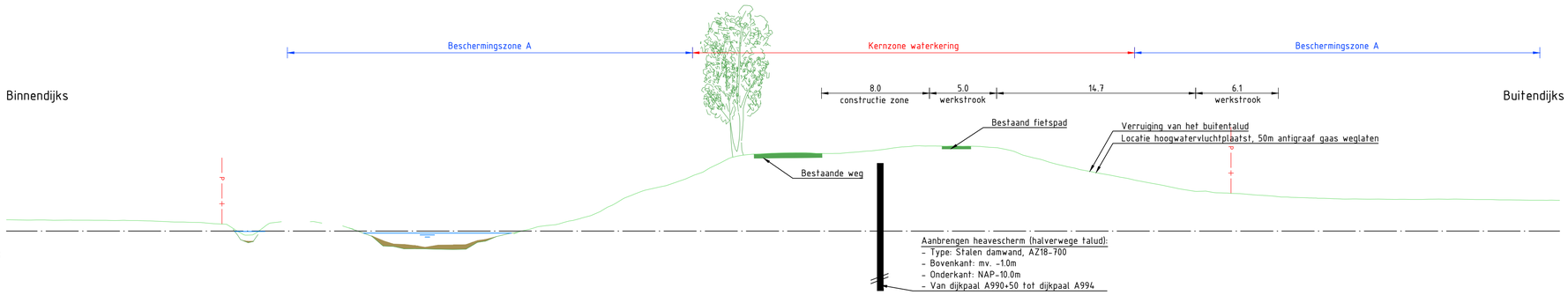
Dwarsprofiel D4_1
Dijkpaal A991+00
Schaal 1:200

Hoogte	
Afstand	



Dwarsprofiel D4_2
Dijkpaal A992+38
Schaal 1:200

Hoogte	
Afstand	



Dwarsprofiel D4_3
Dijkpaal A993+31
Schaal 1:200

Hoogte	
Afstand	

Legenda

- Bestaande ondergrond
- NAP 0.00
- Eigendomsgrens Waterschap Aa en Maas

Opmerkingen

- Alle maten in meters
- Alle hoogte maten in meter t.o.v. NAP
- Alle coördinaten op basis van RD-stelsel
- Bestaand maaiveld op basis van AHN4

Versie	Omschrijving:			
	Datum:	Get.:	Con.:	Vrij.:
Versie 2.0	Omschrijving: Definitief			
	Datum: 05-12-2024	Get.: A. van der Tuijn	Con.: W. Janssen	Vrij.: D. Hogendorp

Opdrachtgever

Contact

Waterschap Aa en Maas

Advies- en Ingenieursorganisatie

Architect

ARCADIS

Project

Contact
D. Hogendorp

Planuitwerkingsfase Doeveren

Projectnummer : 30224126
Fase : VO

Security Category: Public

Onderwerp : Dijkontwerp
Dwarsprofielen dijkvak 4
Blad 04

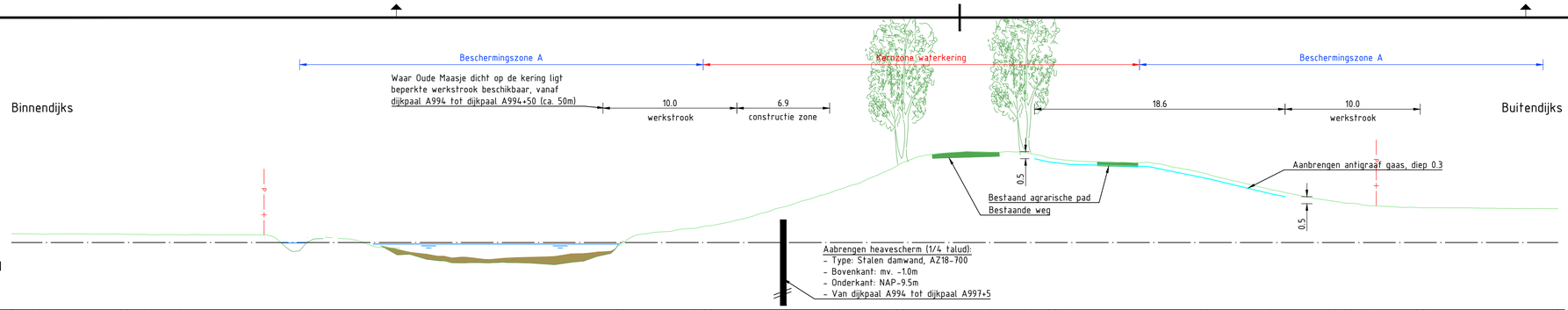
Schaal : Zie tekening
Contractnummer:

Bladformaat : A1
Bladnummer : 04 van 07

Status : Definitief

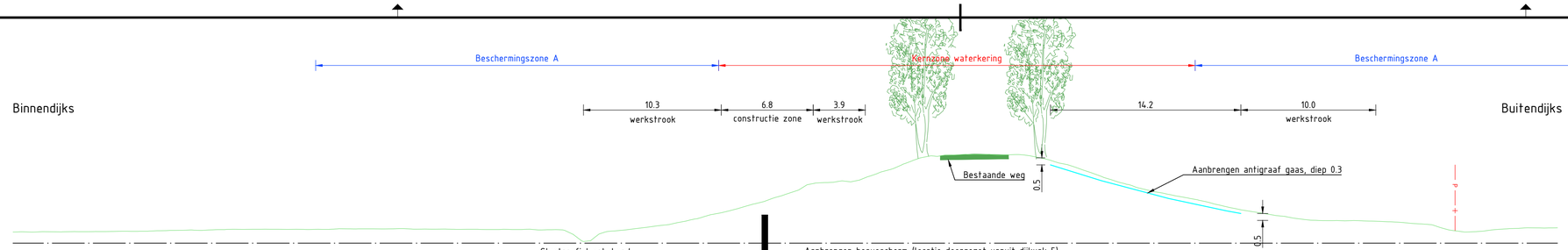
Tekeningnummer: DV-ARC-VO-DP-NW-DIJKONTWERP-2004

Versie: 2.0



Dwarsprofiel D5_1
Dijkpaal A994+32
Schaal 1:200

Hoogte	0.665 0.644 0.642 0.632 0.633 0.633 0.648 0.644 0.634 0.615 0.615 0.615 0.607 0.603 0.609 0.603 0.604 0.593 0.598 0.598 0.585 0.594 0.585 0.594 0.580 0.571 0.557 0.538 0.398 -0.136 0.383 0.394 0.394 0.294 0.258 0.258 0.189 -0.089 -0.089 -0.396 -0.396 -0.216 -0.216 0.115 -0.005 0.005 0.063 0.195 0.195 0.083 0.072 0.062 0.126 0.137 0.148 0.168 0.178 1.778 2.020 2.020 2.525 2.525 2.525 2.686 2.686 3.086 3.086 3.458 3.607 3.607 3.607 4.251 4.251 4.744 4.965 4.965 5.695 5.695 5.695 6.395 6.500 6.500 6.638 6.638 6.697 6.697 6.697 6.698 6.698 6.698



Dwarsprofiel D6_1
Dijkpaal A997+45
Schaal 1:200

Hoogte	1.027 1.079 1.083 1.084 1.084 1.084 1.082 1.074 1.071 1.062 1.056 1.051 1.051 1.049 1.049 1.049 1.048 1.047 1.047 1.046 1.045 1.045 1.045

Bijlage 2 Omgevingskaart Doeveren

Vergunbaar ontwerp Doeveren
Omgevingswaarde kaart

Genderen
Heusden
Heesbeen
Doeveren
Baardwijksche overlaat
Hooibroeken bos
Maas
Oude Maas
Polderweg
Zeedijk
Gansoysersteeg
Drongelens Kanaal

Dijkvak 1
Dijkvak 2
Dijkvak 3
Dijkvak 4
Dijkvak 5
Dijkvak 6
Dijkvak 7

DP1-2
DP2-2
DP3-2
DP4-2
DP5-2
DP6-2
DP7-2

Mogelijk te kappen bomen
Fietspad op de dijk
Monumentale boom
Wilgen-meidoornstruweel (NNB)
Hulpgaten
Kamperen "De Linde"
Rustplek
Waterdoorlaat
Gendensche sluis Rijksmonument
Loswal met toegangsweg
Jachthaven WSV De Bergse Maas
Gemaal Gansoyen
Sluizencomplex Drongelens Kanaal

Legenda

Bestaand
- Bos
- Grasland
- Akkerland
- Water
- Boom-fruit kwekerij
- Perceel Waterschap
- Kern
- Uiterwaard
- Bebouwing
- Wegen
- Kruin van de dijk

Waarden
- Baardwijkse Overlaat Cultuurhistorisch landschap
- Buurtschap Doeveren Historische stedenbouw
- Hollandse Linden Historisch groen
- Natuurnetwerk Brabant gebied (NNB)
- Wilgen-meidoornstruweel (NNB)
- Rustplek met bankje
- Hulpgat paal
- Monumentale bomen
- Loswal met toegangsweg Oude haven
- Rijksmonument sluis
- Waterdoorlaat

Dijkontwerp
- Verruigen buitentalud tbv hoogwatervluchtplaats
- Antigraaf gaas zone
- Constructie zone
- Vervangen taludbekleding
- Stalen heavescherm
- Verwijderen bomen
- Mogelijk te kappen bomen

Waterschap Aa en Maas
ARCADIS

21 november 2024
schaal 1: 4000
formaat: A0

N
ARCADIS

0m 200m 400m

Bijlage 3 Technische onderbouwing VO

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Dijkverbetering Doeveren

Technische onderbouwing vergunbaar ontwerp

VERSIE 1.0, december 2024



Inhoudsopgave

1 Inleiding **4**

1.1 Samenvatting 4

2 Hoogte **6**

2.1 Methode 6

2.2 Resultaten 6

2.3 Gevoeligheid: Analyse bomen op de kruin 6

3 Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI) **7**

3.1 Methode 7

3.2 Uitgangspunten 10

3.3 Veiligheidsopgave huidige situatie 10

4 Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU) **14**

5 Piping en heave (STPH) **15**

5.1 Methode 15

5.2 Resultaten 17

6 Overige mechanismen **22**

6.1 Bekleding 22

6.2 Microstabiliteit 22

6.3 Voorland 22

7 Niet waterkerende objecten (NWO's) **24**

7.1 Begroeiing 24

7.2 Kabels en leidingen 24

7.3 Gebouwen 31

Graverijen **32**

7.4 Beverwerend gaas in de bekleding (dijkvak 4 t/m 7) 32

7.5 Hoogwatervluchtplaats (dijkvak 1 en dijkvak 4) 32

8 Bronverwijzing **34**

8.1 Literatuur 34

8.2 Bronnen 34

B1. Factsheet macrostabiliteit **35**

B2. Effectstudie waterleiding in relatie tot de waterkering **36**

B3. Gevoeligheidsanalyses **37**

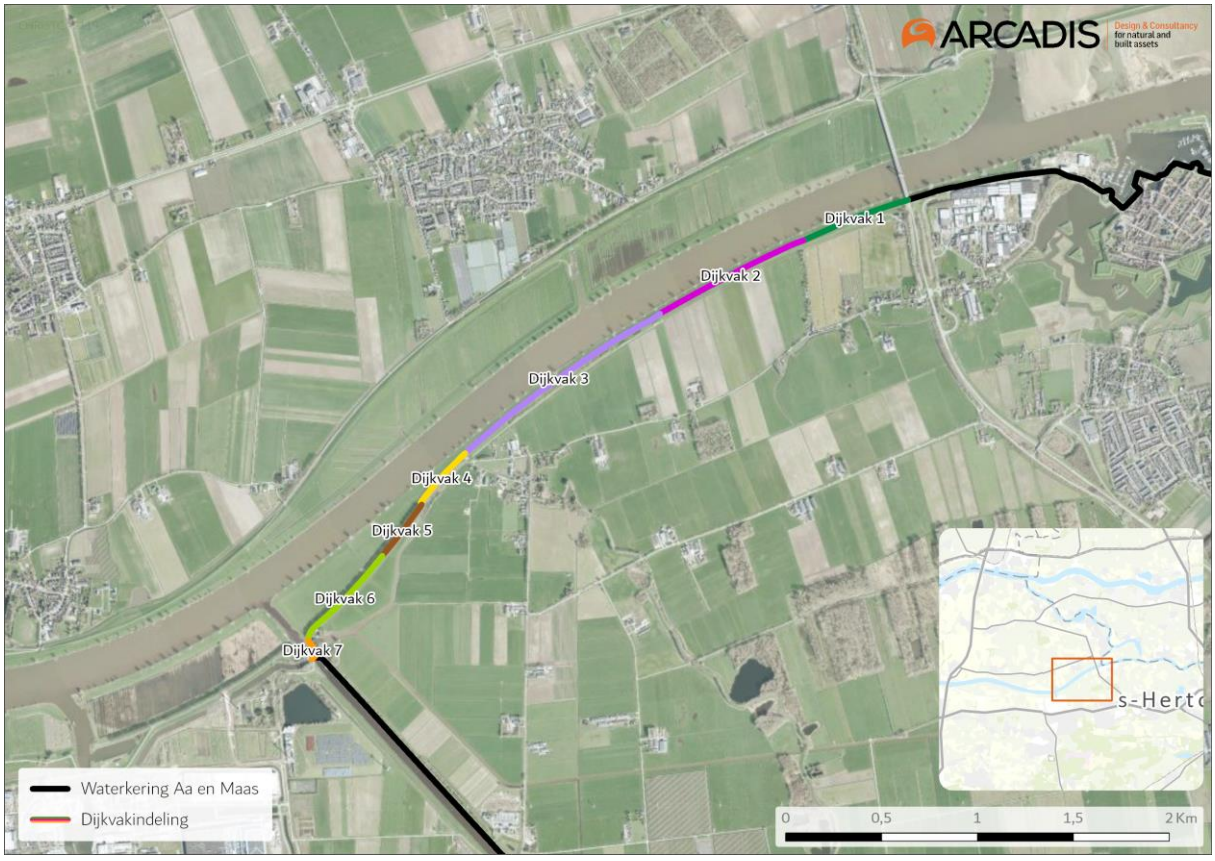
1 Inleiding

Dit document is als bijlage onderdeel van de Planuitwerking HWBP Doeveren bij het vergunbaar ontwerp. Deze rapportage beschouwd de veiligheidsopgave van alle faalmechanismen en de dimensies van de versterkingsmaatregelen voor de afgekeurde faalmechanismen. De hoofdrapportage is de notitie vergunbaar ontwerp. Voor achtergronden over het project wordt verwezen naar het hoofdrapport. Deze bijlage heeft als doel om de technische onderbouwing, en welke afwegingen daarbij zijn gemaakt, bij het vergunbaar ontwerp te beschrijven.

In dit hoofdstuk wordt eerst een samenvatting gegeven van de uitkomst van deze veiligheidsanalyse. In de daarop volgende hoofstukken is in meer detail de onderbouwing per faalmechanisme uitgewerkt.

1.1 Samenvatting

In de tabellen 1-1 en 1-2 is een samenvatting gegeven van achtereenvolgens de versterkingsopgave en het ontwerp per dijkvak. De dijkvakindeling is weergegeven in Figuur 1-1.



Figuur 1-1: Dijkvakindeling dijkverbetering Doeveren.

Tabel 1-1: Samenvatting versterkingsopgave planuitwerking Doeveren

Dijkvak nummer	1	2	3	4	5	6	7
Kruinhoogte	V	V	V	V	V	V	V
Macrostabiliteit binnenwaarts	V	V	V	V	V	V	V
Macrostabiliteit buitenwaarts	V	V	V	V	V	V	V
Piping en heave	O	O	O	O	O	O	O
Gras erosie buitentalud	O	V	V	V	V	V	V

Dijkvak nummer	1	2	3	4	5	6	7
Gras afschuiven buitentalud	O	V	V	V	V	V	V
Microstabiliteit/GABI	V	V	V	V	V	V	V
Voorland	V	V	V	V	V	V	V
Graverij	O	O	O	O	O	O	O
NWO's	V	V	V	V	V	V	V

Tabel 1-2: Samenvatting ontwerp per dijkvak

Dijkvak	Versterkingsmaatregel
1	- Heavescherm in onderzijde binnentalud tot 8 m in het watervoerend pakket; - ter hoogte van de Heusdensebrug dient het scherm tot 45 m doorgezet worden haaks op de dijk; - vanaf de Heusdensebrug tot dijkpaal A965+025 wordt de taludbekleding op het buitentalud vervangen voor erosie bestendige klei klasse 2; - Ter hoogte van dijkpaal A969+000 – A969+050 wordt een hoogwatervluchtplaats gerealiseerd.
2	- Heavescherm in onderzijde binnentalud tot 8 m in het watervoerend pakket; - Maken leidingdoorvoer ter hoogte van kruising heavescherm met waterleidingdijk (A970+030).
3	- Heavescherm in onderzijde binnentalud tot 8 m in het watervoerend pakket.
4	- Heavescherm in onderzijde binnentalud tot 8 m in het watervoerend pakket; - Ter hoogte van dijkpaal A993+000 – A993+050 wordt een hoogwatervluchtplaats gerealiseerd.
5	- Heavescherm in onderzijde binnentalud tot 8 m in het watervoerend pakket; - Aanbrengen antigraafgaas op het buitentalud
6	- Heavescherm in onderzijde binnentalud tot 8 m in het watervoerend pakket; - Aanbrengen antigraafgaas op het buitentalud
7	- Heavescherm in onderzijde binnentalud tot 8 m in het watervoerend pakket; - Vervangen verbindende heavescherm tussen gemaal Gansoyen en Bovenlandse sluis - Aanbrengen antigraafgaas op het buitentalud

2 Hoogte

Tijdens de verkenning is een verfijning van de scope [B5] doorgevoerd. Ten aanzien van de scope voor hoogte zijn de uitgangspunten in de TUN2 voor de planuitwerking [B1] niet gewijzigd ten opzichte van de verkenning. Voor hoogte geldt dat de scope hetzelfde blijft, hetgeen betekent dat er geen hoogteopgave is. Onderstaand zijn de methode en resultaten uit de verkenning gepresenteerd.

2.1 Methode

Het hydraulisch belastingniveau (HBN) is bepaald met Hydra-NL waarvoor de HOB2020 hydraulische databases zijn gebruikt. Voor de hoogte is de overschrijdingskans van het kritieke overslagdebiet van 1,0L/m/s op doorsnedeniveau 1/12.500 per jaar. Er is rekening gehouden met de autonome bodemdaling zonder extra zettingen als er geen ophoging van de kruin plaatsvindt.

2.2 Resultaten

De berekende benodigde hoogte om bij een voldoende lage kans het overslagdebiet te hebben is weergeven in *tabel 2-1*. Het blijkt dat voor het zichtjaar van 2075 er geen hoogteopgave verwacht wordt. Voor het zichtjaar 2125 wordt een minimale opgave verwacht.

Tabel 2-1: Resultaat hoogte

Vak	Kruinhoogte [m NAP]	HBN [m NAP]	Verschil [m]	Verschil incl. bodemdaling [m]
Doeveren_1	6,73	6,09	0,65	0,55
Doeveren_2	6,62	6,03	0,60	0,50
Doeveren_3	6,38	5,96	0,43	0,33
Doeveren_4	6,43	5,88	0,56	0,46
Doeveren_5	6,52 *	5,80	0,72	0,62
Doeveren_6	6,65 *	5,77	0,88	0,78
Doeveren_7	5,96	5,92	0,04	0,01 **
* vak met bomen op de kruin die voor een totale significante verlaging kunnen zorgen ** Conform TUN en detailanalyse bodemdaling 2,5 cm in plaats van 10 cm				

2.3 Gevoeligheid: Analyse bomen op de kruin

Om te bepalen of een ontgrondingskuil na het omvallen van bomen kan zorgen voor een te hoge overstromingskans is geanalyseerd wat de kans is op significante overslag. Hiervoor is een scenario toegevoegd waarbij de waterkering inclusief bodemdaling 1,2m lager is, representatief voor een ontwortelde boom. Dit scenario heeft een kans van voorkomen van 1%, zie de TUN (Bijlage 1) voor een nadere toelichting. Dit is de kans op het omvallen van rij bomen ergens in het vak. De totale kans op een significant overslagdebiet is berekend in *tabel 2-2*. Het blijkt dat de overschrijdingskans ruimschoots onder de eis ligt.

Tabel 2-2: Resultaat hoogte met bomen

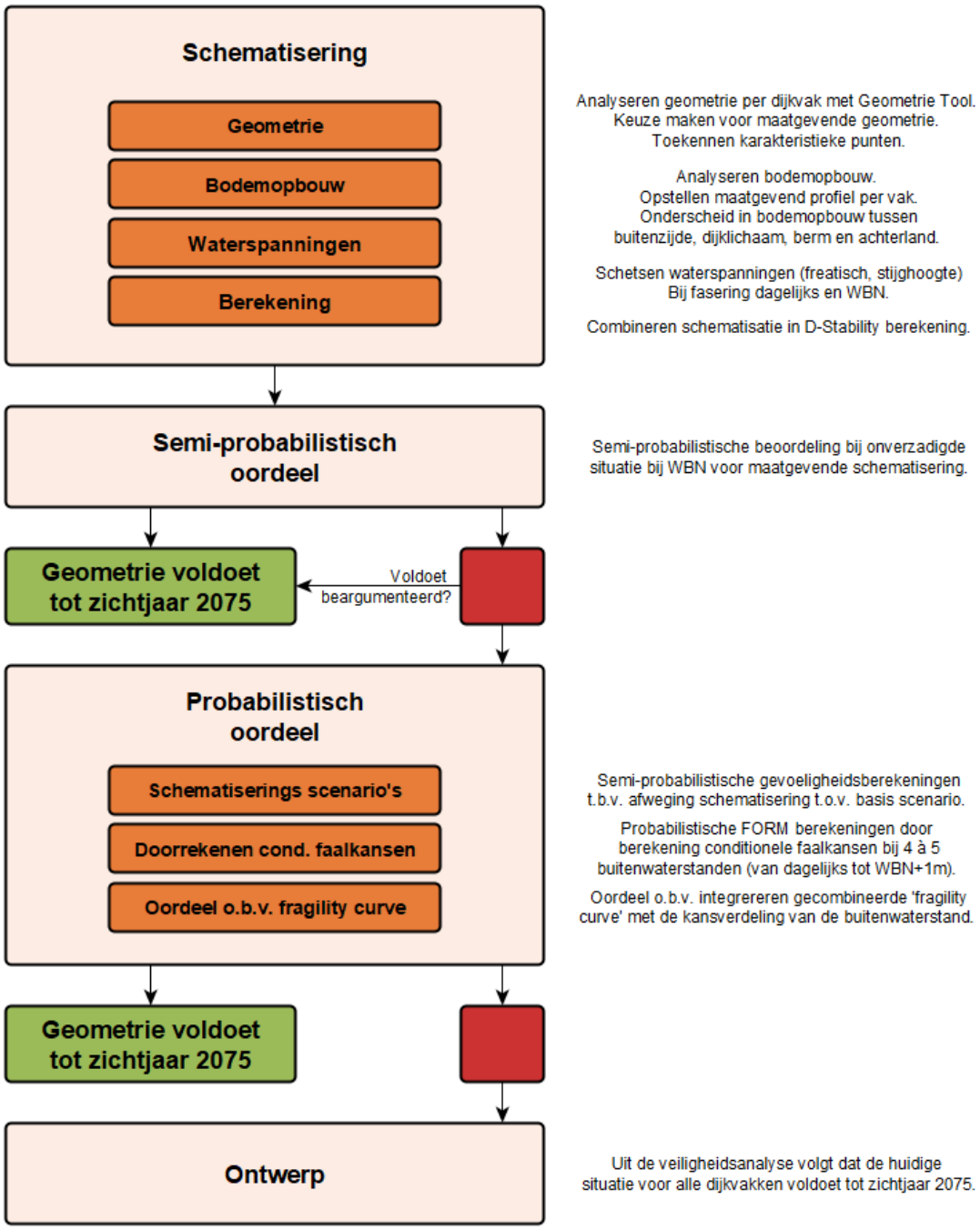
		Eenheid	Doeveren 5	Doeveren 6
Scenario 1: Bomen intact	Kans op voorkomen	%	99	99
	Terugkeertijd significant overslagdebiet	Jaar	414.063	920.521
	Bijdrage kans	1/jaar	$2,4 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-6}$
Scenario 2: ontgronding over de gehele breedte van de kruin	Kans op voorkomen	%	1	1
	Terugkeertijd significant overslagdebiet	Jaar	506	781
	Bijdrage kans	1/jaar	$1,5 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-5}$
Totale kans		1/jaar	$1,7 \times 10^{-5}$ 1/58.524	$1,7 \times 10^{-5}$ 1/57.651
Eis		1/Jaar	1/12.500	1/12.500

3 Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)

3.1 Methode

3.1.1 Stappenplan analyse

De gevolgde werkwijze voor het analyseren van de waterkering ten behoeve van het faalmechanisme binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) is schematisch weergegeven in Figuur 3-1. Per stap is een toelichting opgenomen. In de onderstaande paragrafen is per stap toelichting gegeven.



Figuur 3-1: Stappenplan analyse binnenwaartse macrostabiliteit.

3.1.2 Toelichting belastingsituatie

In het stappenplan voor de berekening van de binnenwaartse macrostabiliteit wordt één belastingsituatie beschouwd. Dat is de `Waterstand bij norm (WBN) in combinatie met een deels onverzadigde situatie zonder infiltratie door overslag`. Verdere informatie over deze belastingsituatie zijn toegelicht in de TUN [B1] onder de kopjes '4.1 Hydraulisch' en '9.2 Waterspanningen'. Er is geen rekeningen gehouden met een eventuele volledige verzadiging door overslag doordat de waterkering relatief hoog is. Daarmee is de kern boven de freatische lijn deels onverzadigd.

3.1.3 Schematisering

Stap 1a: Geometrie
Per dijkvak is een keuze gemaakt voor de te beschouwen doorsnede op basis van de geometrie. Dit betreft één doorsnede per dijkvak. De dijkvakindeling is overgenomen uit de TUN, zie hoofdstuk 2 [B1]. Vervolgens zijn aan de gekozen geometrieën karakteristieke punten toegekend. De invloed van bodemdaling op de geometrie is in de stabiliteitsberekeningen verdisconteerd door het verhogen van de buitenwaterstand. Zettingen als gevolg van grondophoging zijn niet meegenomen omdat voor een mogelijke grondoplossing, de huidige uitgangspunten een nauwkeurig genoeg beeld geven van de globale afmetingen van een dijkversterking.
De gevolgde uitgangspunten zijn opgenomen in paragraaf 5.1 van de TUN [B1]. De representatieve geometrieën zijn per dijkvak opgenomen in de factsheets, zie bijlage B1.

Stap 1b: Bodemopbouw
Voor het trajectdeel Doeveren is in de voorfase een geactualiseerd geotechnisch lengteprofiel (GTLP) opgesteld [B2]. Hierin zijn alle beschikbare boringen en sonderingen opgenomen. Dit betreft zowel onderzoek beschikbaar bij de BRO, bij WSAM en het aanvullende veld- en laboratoriumonderzoek. In de TUN [B1] is in paragraaf 6.1 een overzicht gegeven van alle beschikbare bronnen.
In de geotechnische lengteprofielen is de schematisering opgenomen volgens de te onderscheiden grondsoorten zoals beschreven in hoofdstuk 6 in de TUN [B1]. Per dijkvak is één maatgevend ondergrondscenario van de bodemopbouw opgesteld met onderscheid in bodemopbouw tussen buitenzijde, dijklichaam, berm en achterland. Voor dijkvak 2 is een tweede locatie gekozen omdat niet met zekerheid gesteld kon worden dat de ander maatgevend is. In de probabilistische analyse is dit voor dijkvak 2 uitgebreid met nog drie ondergrond scenario's.
De gemaakte keuzes en afwegingen zijn opgenomen in de factsheets, zie bijlage B1.

Stap 2: Waterspanningen
Per dijkvak is voor de belastingsituatie de waterspanningen berekend bij dagelijkse omstandigheden en bij WBN volgens de uitgangspunten beschreven in paragraaf 9.2 in de TUN [B1].

Stap 3: D-Stability berekening
De schematisering voor de geometrie, bodemopbouw en waterspanningen zijn gecombineerd in D-Stability. Het glijvlak moet leiden tot bezwijken. Als intredepunt van het glijvlak, zijn glijvlakken meegenomen die buitenwaarts van de binnenkruinlijn insnijden.
In paragraaf 3.1.4 en 3.1.5 is beschreven hoe de semi-probabilistische en probabilistische werkwijze is opgepakt.

3.1.4 Semi-probabilistische analyse

Voor alle dijkvakken is de belastingsituatie getoetst aan de minimaal vereiste veiligheidsfactor van 1,31 volgens de uitgangspunten beschreven in paragraaf 9.1 van de TUN [B1]. Onderdeel van deze vereiste veiligheidsfactor is een schematiseringsfactor van 1,1. Deze schematiseringsfactor is conservatief omdat enkel het maatgevende ondergrondscenario is beschouwd en hij daarmee enkel voor de restonzekerheden geldt.

Bij een positief resultaat zijn geen maatregelen vereist. Bij een negatief resultaat wordt doorgegaan naar een probabilistische analyse, of er wordt beargumenteerd goed gekeurd als dit goed onderbouwd kan worden.

3.1.5 Probabilistische analyse

Probabilistische berekeningen

Voor de probabilistische berekeningen worden de rekenwaarden van de sterkteparameters en POP-waarden vervangen door kansverdelingen voor de invoer parameters. De rekenwaardes zijn gelijk aan de 95% ondergrenswaardes. Voor verschillende waterstanden wordt vervolgens de conditionele faalkans (faalkans gegeven een bepaalde waterstand) berekend met een FORM analyse. De hiermee verkregen punten heten 'fragility points'. Uit deze informatie is tevens de invloed van de onzekerheid van de parameters op de faalkans afgeleid.

Door lineair te interpoleren tussen de 'fragility points' is een 'fragility curve' verkregen. Deze vereenvoudiging leidt tot een grove, maar goede inschatting van de werkelijke 'fragility curve', mits voldoende 'fragility points' worden beschouwd (waar de fragility curve steil is moet de dichtheid van fragility punten groot zijn). Het transformeren van conditionele faalkansen naar betrouwbaarheids-indices heeft geleid tot een bèta-waterstand (β-h) relatie (ook 'fragility curve' genoemd).

Voor de 'fragility curves' zijn de waterstanden gekozen o.b.v. steilheid van de fragility curve, maar is dit veelal gelijk aan de volgende waterstanden:

1. waterstand dagelijks;
2. waterstand Uplift - 1m;
3. waterstand Uplift – 0,5m;
4. waterstand Uplift, resulterend in een opbarstveiligheid in het achterland van 1,0;
5. waterstand bij norm (WBN);
6. waterstand bij norm + 1 meter.

Toelichting probabilistische FORM analyses

In deze analyse is de probabilistische analyse First Order Reliability Method (FORM) uitgevoerd. De berekeningen zijn met FORM uitgevoerd omdat de rekentijd van een Monte Carlo analyse te lang is. Nadeel van de methode met FORM is dat de probabilistische berekeningen met een vast glijvlak (eventueel met enige vrijheid binnen een laag) uitgevoerd moeten worden. Voorafgaand aan de probabilistische berekening heeft de specialist de glijvlakken (door middel van semi-probabilistische berekeningen) vastgesteld die mogelijk een significante bijdrage leveren aan de overstromingskans. Deze glijvlakken worden vervolgens probabilistisch beschouwd.

Van scenario's naar gecombineerd probabilistisch resultaat

Na combinatie van de scenario's is de minimaal vereiste betrouwbaarheidsindex Beta 4,74, zie TUN paragraaf 3.3 [B1]. Dit combineren gaat op de gebruikelijke manier. Aan elk scenario wordt een kans van voorkomen toegepast (wat gezamenlijk weer 100% is). Per scenario wordt de kans vermenigvuldigd met de faalkans die volgt uit de betrouwbaarheidsindex uit D-Stability. Uit de sommatie van dit product wordt vervolgens de gecombineerde betrouwbaarheidsindex teruggerekend.

Bij een positief resultaat zijn geen maatregelen vereist. Bij een negatief resultaat wordt een ontwerp opgesteld.

3.2 Uitgangspunten

De uitgangspunten voor het bepalen van de veiligheidsopgave zijn opgenomen in de TUN [B1].

3.3 Veiligheidsopgave huidige situatie

In deze paragraaf is het veiligheidsopgave van de huidige situatie beschreven. In paragraaf 3.3.1 zijn de resultaten van de semi-probabilistische analyse opgenomen voor alle dijkvakken. Voor dijkvakken met een negatief resultaat, is vervolgens een probabilistische analyse uitgevoerd. Dit is opgenomen in paragraaf 3.3.2. De gevolgde werkwijze is nader toegelicht in paragraaf 3.1 en de gehanteerde uitgangspunten zijn opgenomen in paragraaf 3.2.

3.3.1 Semi-probabilistische analyse

Voor alle dijkvakken met een opgave voor de binnenwaartse macrostabiliteit is de belastingsituatie getoetst aan de minimaal vereiste veiligheidsfactor van 1,31 conform de TUN [B1]. Hierin zit een niet aangescherpte schematiseringsfactor van 1,1 verwerkt. Vanwege nieuwe geotechnische inzichten zijn reeds goedgekeurde vakken eveneens opnieuw geanalyseerd.

De resultaten zijn samengevat in Tabel 3-1. In bijlage B1 zijn in de factsheets alle resultaten per dijkvak getoond. Bij een positief resultaat zijn geen maatregelen vereist voor de belastingsituatie. Bij een negatief resultaat is een probabilistische analyse uitgevoerd.

Tabel 3-1: Resultaat semi-probabilistische analyse.

Profiel	Profiel	Geometrie o.b.v.	Type berekening	Fd eis: 1.31 Fd
DV1	DV1_A969+069	-	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.222
DV2	DV2_973+048	-	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.103
	DV2_A977+023	DV2_973+048	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.053
DV3	DV3_A984+022	-	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.511
DV4	DV4_A991+047	-	Gelaagd zand en klei, drained, incl. constraints in kruin	1.315
DV5	DV5_A994+012	-	Gelaagd zand en klei, drained, incl. constraints in kruin	1.326
DV6	DV6_A1001+045	-	Gelaagd zand en klei, drained, incl. constraints in kruin	1.558
DV7	DV7_A1003+093	-	Gelaagd zand en klei, drained, incl. constraints in kruin	1.352

Dijkvak 1 en 2

Voor dijkvak 2 zijn twee ondergrondscenario's doorgerekend die beiden een negatief resultaat hebben. Deze zit 2 à 2,5 tiende onder de eis van 1,31. Hoewel er conservatismen zijn, zie paragraaf **Error! Reference source not found.** en dijkvak 4 hieronder, is de afstand tot de norm te groot om op basis van de semi-probabilistische analyse te spreken van een stabiel positief resultaat. Uit een nadere probabilistische analyse voor dijkvak 2 volgt wél een positief resultaat, zie paragraaf 3.3.2. Dijkvak 1 ligt 1 tiende onder de eis, heeft veel restbreedte en kan o.b.v. de conservatismen en de probabilistische analyse van dijkvak 2 wel met voldoende vertrouwen goed gekeurd worden.

Dijkvak 4

Uit de schematisatie van dijkvak 4 volgt met een veiligheidsfactor van 1,315 een positief en stabiel resultaat. Dat het resultaat stabiel is, ten opzichte van de eis van 1,31, is omdat de schematiseringsfactor niet is aangescherpt en nog de conservatieve waarde van 1,1 heeft.

Op de volgende aspecten kan de sterkte eveneens nog aangescherpt worden:

1. Uit de probabilistische analyse in paragraaf 3.3.2 voor dijkvak 2 volgt dat bij probabilistische benadering de sterkte verder aangescherpt kan worden;
2. Hoewel nog niet vastgelegd, is het waarschijnlijk dat de stalen damwand als ontwerpmaatregel ter voorkoming van piping, eveneens geschematiseerd wordt op stabiliteit. Hieruit volgt ook extra sterkte;
3. In de ondergrond onder de kern is er zeer waarschijnlijk een hogere POP dan geschematiseerd. Het aantal beschikbare proeven uit de proevenverzameling was hier te klein voor een aparte groepering t.o.v. het achterland. De beschikbare proeven geven echter wel een sterke indicatie op een hogere POP-waarde;
4. Dijkvak 4 is effectief een uitgerekte oprit parallel aan de dijk. Ter plaatse van de dwarsdoorsnede (noordzijde van vak) start deze 'oprit' en ligt het wegdek op een lage berm. Dit is de maatgevende locatie, maar het is niet representatief voor het gehele vak. Een groot deel van het vak heeft door deze oprit een bermlichaam of een bredere kruin. In het overige deel van het vak zal het resultaat positiever zijn, of voldoende zijn onder restprofiel;

Dijkvak 5 en 7

Uit de schematisatie van dijkvak 5 en 7 volgt met een veiligheidsfactor van respectievelijk 1,326 en 1,352 een positief en stabiel resultaat. Zie ook beargumentering dijkvak 4, inclusief punten 1 tot en met 3. In tegenstelling tot dijkvak 4 heeft de schematisatie van dijkvak 5 wel meer restbreedte, maar is dit niet representatief voor het gehele vak. Daarom is de constraint hier niet aangescherpt om het glijvlak verder richting de buitenkruin te forceren.

3.3.1 Gevoeligheidsanalyses en conservatisme

In bijlage B3 zijn de gevoeligheden en aannames geanalyseerd. De belangrijkste vondsten hieruit zijn:

Aannames in uitgangspunten

- Uit de grondmonsters volgt een duidelijke indicatie dat de POP-waarde in de kern hoger is dan de gecombineerde waarde voor het achterland en de kern. Omdat de set aan monsters in kern beperkt was, is de gecombineerde POP-waarde aangehouden [B2].
- Semi-probabilistisch rekenen is van nature ook conservatief (i.v.m. karakteristieke waarden). Uit de probabilistische vervolganalyse voor dijkvak 2, zie paragraaf 3.1.5, volgt dat veiligheidsfactoren van 1,103 en 1,053 middels probabilistisch rekenen toch een positief resultaat krijgen.

Gevoeligheidsanalyses

- Uit het geotechnisch onderzoek volgt niet altijd met zekerheid de aan- of afwezigheid van veenlagen. Uit de gevoeligheidsanalyses volgt dat deze mogelijke veenlagen of buiten het maatgevende glijvlak liggen, of beperkt van invloed zijn. De beperkte invloed is bij dijkvak 1 waar een groot restprofiel is.
- Een mogelijk dikkere deklaag pakt veelal negatief uit ondanks dat er meer sterkte in het rekenmodel van de kleilagen zit (t.o.v. de zandlagen). Dit komt omdat de waterspanning toeneemt bij een dikkere deklaag. Voor dijkvak 4 zakt de veiligheidsfactor naar 1,259. Dit is niet relevant voor het oordeel van dijkvak 4. Schematiseringsonzekerheden zijn namelijk ondervangen met de schematiseringsfactor van 1,1. Deze gevoeligheid zou een scenario zijn in het bepalen van de schematiseringsfactor met een bijdrage gebaseerd op een kans van voorkomen.
- Naar aanleiding van de peilbuismetingen is besproken of de grenspotentialen zoals berekend conform Waterspanningen bij Dijken [L4] wel correct zijn. De peilbuismetingen, die niet bij maatgevende situatie zijn, hebben namelijk een hogere stijghoogte. Daar tegenover staat dat bij maatgevende situatie opbarsten op één of meerdere locaties zal optreden. Als gevoeligheidsanalyse is bij dijkvak 3 gerekend met de theoretische potentiaal, en bij dijkvak 5 (Oude Maasje) gerekend met een verhoogde grenspotentiaal. De veiligheidsfactoren zakken naar respectievelijk 1,26 en 1,27. Dit geeft op basis van de bovenstaand genoemde conservatismen nog steeds voldoende vertrouwen in een positief resultaat.

- In dijkvak 4 tot en met 6 staan er bomen op of naast de dijk. Bij dijkvak 5 resulteert de belasting van bomen op de dijk met een daling van 7 honderdsten tot een veiligheidsfactor van 1,250. Een ontgronding van bomen naast de dijk, bij dijkvak 4, heeft meer effect op de veiligheidsfactor, maar daar staat tegenover dat in deze situatie ook de kans op ontgronding moet worden verrekend. Hierdoor verlaagd de eis en voldoet de schematisering. Bij de ontgronding is er een afname aan passief gewicht geschematiseerd, maar is de omgevallen boom, die ook passief gewicht heeft, niet meegenomen. In beide situaties neemt de 2D schematisatie impliciet aan dat zowel de geschematiseerde boom als ontgronding eindeloos doorloopt in lengterichting.

3.3.2 Probabilistische analyse

Voor dijkvak 2 is een nadere probabilistische analyse uitgevoerd waarbij de faalkans is getoetst aan de minimaal vereiste faalkans. De eis is een minimale betrouwbaarheidsindex (beta) van 4,74.

Uit de berekeningen volgt een gecombineerde beta van 4,84. De resultaten zijn samengevat in Tabel 3-2.

Dit resultaat is gebaseerd op de gecombineerde faalkans uit 5 scenario's. Drie van de vijf scenario's zijn gebaseerd op variaties in de bodemopbouw o.b.v. het geotechnisch lengteprofiel. Twee scenario's zijn ongunstigere varianten van het maatgevende scenario.

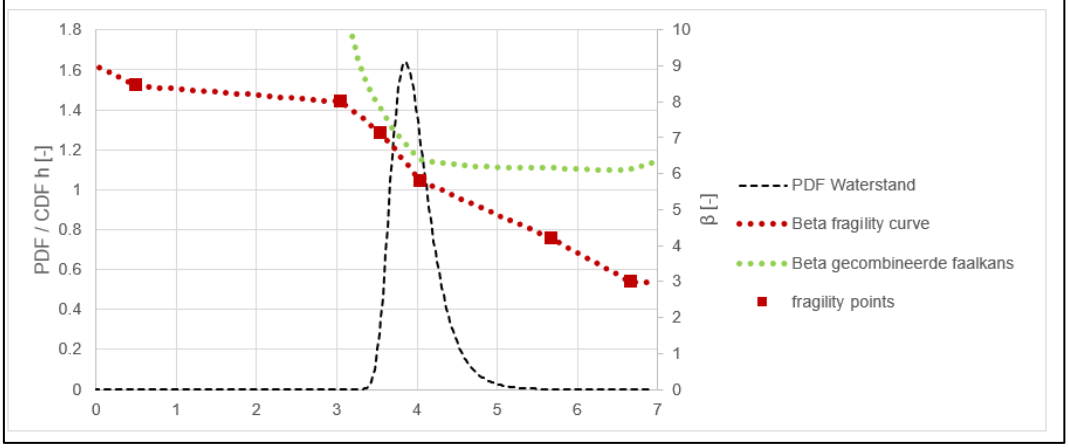
Het maatgevende waargenomen scenario heeft een dikke kleilaag in het achterland. Deze kleilaag is gebaseerd op boringen in de omgeving die een deklaag aangeven tot -4m+NAP. Dit is niet in lijn met de rest van het traject, of met sonderingen in hetzelfde vak. Op basis van deze discrepantie tussen de boringen, sonderingen en het traject wordt geadviseerd om opnieuw boringen te plaatsen. Hoewel het resultaat al stabiel is, geeft extra onderzoek meer vertrouwen. De verwachting is dat de deklaag niet reikt tot -4m+NAP en dat daarmee het resultaat conservatief is. Een andere indicatie is dat de onderkant van deklaag golft. Dit kan als het is uitgesleten, maar in vergelijking met de ouderdomskaart gaat hier niet de gedachte naar uit.

In bijlage B1 zijn in de factsheet alle resultaten per dijkvak getoond inclusief de fragility curves conform de werkwijze beschreven in paragraaf 3.1.5.

Tabel 3-2: Samenvatting van probabilistische resultaten voor dijkvak 2.

Profiel	Geometrie o.b.v.	Scenario	Scenario o.b.v.	Toegekende kans [%]	Fd eis: 1.31 Design Fd bij WBN	B eis: 4.74 B	Faalkans [1/jaren]	Product [1/jaren]	Eind oordeel Voldoet	
DV2_973+048		dikke kleilaag in achterland	Variatie in bodemopbouw	40%	1.103	5.34	4.65E-08	1.86E-08		
DV2_973+048		dikke kleilaag in achterland + 0,5m	Worse case t.o.v. profiel DV2_973+048	25%	1.052	4.80	7.93E-07	1.98E-07		
DV2_973+048		dikke kleilaag in achterland + 1,0m	Worse case t.o.v. profiel DV2_973+048	5%	0.995	4.30	8.54E-06	4.27E-07	Ja	Resulteert in gecombineerde B=4.84
DV2_976+000	DV2_973+048	dunne kleilaag op veen achterland	Variatie in bodemopbouw	10%	1.322	8.00	6.22E-16	6.22E-17		
DV2_977+023	DV2_973+048	klei op dikke veenlaag achterland	Variatie in bodemopbouw	20%	1.053	5.19	1.05E-07	2.10E-08		

Berekening betrouwbaarheidsindex dijkvak 2 Doeveren		
Faalkans	4.75E-08	per jaar
Terugkeertijd	2.10E+07	jaren
Betrouwbaarheidsindex (β)	5.34	-
Ontwerppunt	6.35	NAP m



Figuur 3-2: Fragility curve van het meest waarschijnlijke scenario.

3.3.3 Samenvatting en duiding veiligheidsopgave

Voor alle dijkvakken binnen het traject Doeveren is een veiligheidsopgave vastgesteld voor binnenwaartse macrostabiliteit. In Tabel 3-3 is een samenvatting opgenomen. Voor elk dijkvak geldt een positief stabiel resultaat. Zodoende is er met betrekking tot macrostabiliteit binnenwaarts geen ontwerp opgesteld voor de dijkvakken.

Tabel 3-3: Samenvatting veiligheidsopgave.

Profiel	Profiel	Type berekening	Fd eis: 1.31 Fd	B eis: 4.74 B	Eind oordeel Voldoet	Onder beargumentering
DV1	DV1_A969+069	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.222	-	Ja	-
DV2	DV2_973+048	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.103	5.34	Ja	Middels schematisering B=4.84.
	DV2_A976+000	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.322	8.00		
	DV2_A977+023	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.053	5.19		
DV3	DV3_A984+022	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.511	-	Ja	-
DV4	DV4_A991+047	Gelaagd zand en klei, drained, incl. constraints in kruin	1.315	-	Ja	-
DV5	DV5_A994+012	Gelaagd zand en klei, drained, incl. constraints in kruin	1.326	-	Ja	-
DV6	DV6_A1001+045	Gelaagd zand en klei, drained, incl. constraints in kruin	1.558	-	Ja	-
DV7	DV7_A1003+093	Gelaagd zand en klei, drained, incl. constraints in kruin	1.352	-	Ja	-

4 Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)

Ten behoeve van het toetsspoor macrostabiliteit buitenwaarts is een analyse uitgevoerd om in te schatten in welke orde grootte het resultaat valt. De verwachting op voorhand was namelijk, gegeven het resultaat uit de verkenning, dat ruim voldaan zal worden. In de verkenning bleek dat dijkvak 3 en 7 de maatgevende dijkvakken waren en beide voldeden aan de eis. Vanwege de aanwezigheid van constructies in de kruin en het aansluiten op twee kunstwerken in dijkvak 7 is ervoor gekozen om deze in de planuitwerking niet nader te beschouwen, omdat de constructies voor veel reststerkte zorgen. Dijkvak 3 lag in de orde grootte van het resultaat van dijkvak 2, 4, 5 en 6. Het buitentalud en voorland is voor deze dijkvakken vergelijkbaar. Voor het vergunbaar ontwerp is er daarom voor gekozen om de maatgevende ongedraineerde en gedraineerde berekening uit hoofdstuk 3 ‘Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)’ te gebruiken. Aangevuld met een extra stage ‘Val na hoogwater’ en de uitgangspunten conform de TUN [B1], resulteert dit in de in Tabel 4-1 gepresenteerde resultaten. De berekende veiligheidsfactoren zijn 8 à 9 tienden hoger dan de eis van 1,02. Aangezien dit de maatgevende berekening voor STBI zijn gebleken is er voldoende vertrouwen op een stabiel en positief resultaat voor macrostabiliteit buitenwaarts voor het geheel van dijktraject Doeveren. De berekeningen zijn opgenomen in de factsheets macrostabiliteit, zie bijlage B1.

Tabel 4-1: Resultaat analyse STBU

Dijkvak	Eis STBU [-]	Veiligheidsfactor STBU [-]
DV2, A973+048, ongedraineerd	1,02	1,900
DV5, A994+012, gedraineerd	1,02	1,794

5 Piping en heave (STPH)

Uit de Nota Verfijnen Waterveiligheidsopgave [B5] volgt dat traject Doeveren volledig onvoldoende scoort en binnen de scope valt. In de Ontwerp Notitie Dijk [B6] uit de verkenning is vastgesteld dat de benodigde kwelwegverlengingen met 120 tot 190 m dusdanig groot zijn dat aanscherpen van de berekeningen niet resulteert in een positief resultaat van één van de dijkvakken. In de planuitwerking is er dan ook voor gekozen om niet de Sellmeijer berekeningen aan te scherpen, maar om heaveschermen te ontwerpen.

In het vergunbaar ontwerp is de diepte van het heavescherm gedimensioneerd op basis van ervaringen opgedaan in de verkenning en het project Meanderende Maas. Voor het definitief ontwerp worden de heaveschermen in meer detail ontworpen voor het gehele traject. Naast de dimensionering van de diepte is voor het vergunbaar ontwerp een quickscan uitgevoerd naar de locatie van het heavescherm. Voor de maatwerk aansluiting op de Heusdensebrug is aan de hand van een Sellmeijer-berekening de afstand berekend tot hoever het heavescherm doorgezet moet worden om achterloopsheid te voorkomen. In onderstaande staande paragrafen is de gehanteerde werkwijze voor de ontwerpaspecten beschreven en worden de resultaten gepresenteerd.

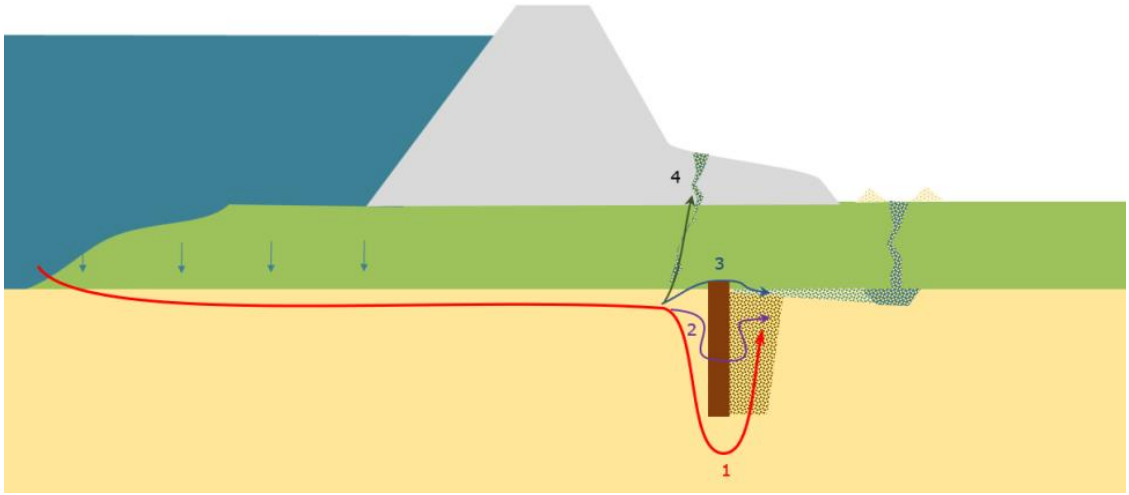
5.1 Methode

Over het gehele traject worden heaveschermen toegepast. De werkwijze hiervoor is toegelicht in deze paragraaf. Twee locaties vereisen maatwerk, zie hieronder.

- Aansluiting heaveschermen op de Heusdensebrug aan noordoost zijde van traject. Hier kan achterloopsheid plaats vinden (paragraaf 5.2.4);
- Aansluiting op bestaand heavescherm dijkvak 7 (paragraaf 5.2.3).

In Figuur 5-1 zijn de mogelijke faalpaden voor piping weergegeven. Voor project Doeveren zijn de faalpaden onderloopsheid (paragraaf 5.1.1), achterloopsheid (paragraaf 5.1.2) en voorloopsheid (paragraaf 5.1.3) relevant. Onder de figuur is per relevant faalpad de voor het vergunbaar ontwerp toegepaste werkwijze beschreven.

Bovenloopsheid kan niet optreden, omdat de heaveschermen conform TUN2 0,5 m onder het maaiveld op het binnentalud worden aangebracht [B1]. Langs het gehele traject is een deklaag van circa 1 – 2 m aanwezig onder de dijk. De damwand zal overal voldoende in de deklaag steken om te voorkomen dat water boven de damwand langs kan stromen.



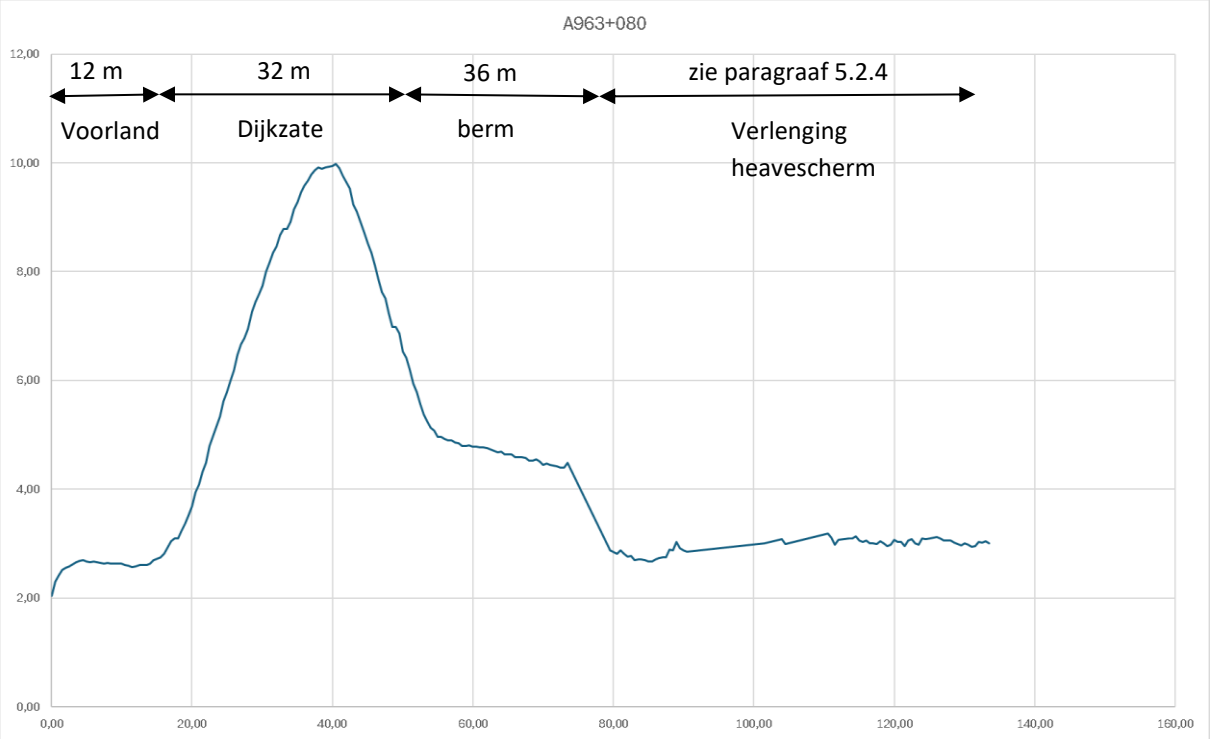
Figuur 5-1: Verschillende faalpaden voor piping bij een intact heavescherm: 1. Onderloopsheid; 2. Achterloopsheid; 3. Bovenloopsheid en 4. Voorloopsheid. Afbeelding komt uit [L2].

5.1.1 Onderloopsheid

Bij onderloopsheid wordt in feite gekeken tot welke diepte het heavescherm moet worden ingebracht in het watervoerende pakket onder de deklaag. Voor het vergunbaar ontwerp, deze fase, is in de TUN uitgegaan van een heavescherm dat 8 meter in het watervoerend pakket steekt [B1]. Dit geldt voor het gehele traject. Op basis van de geotechnische lengteprofielen is per dijkvak bepaald wat de representatieve onderkant van de deklaag is en daarmee is de inheidiepte per dijkvak in meters ten opzichte van NAP bepaald. Als er binnen een dijkvak grote verschillen zitten in de onderkant van de deklaag is hier rekening mee gehouden en kan er dus binnen een dijkvak variatie zitten tussen de inheidiepte van het scherm.

5.1.2 Achterloopsheid

Achterloopsheid is enkel aan de orde ter plaatse van de aansluiting op de Heusdensebrug in dijkvak 1. Deze aansluiting is aangeduid als maatwerklocatie. Op basis van AHN4 is een profiel gegenereerd ter hoogte van dijkpaal A963+080 en is de aanwezige kwelweg bepaald. Dit profiel is weergegeven in Figuur 5-2. Voor de aansluiting is berekend hoeveel meter het heavescherm doorgezet moet worden ten opzichte van het einde van de berm. De uitgangspunten zoals waterstanden, zandgrofheid en de schematiseringsfactor van 1,03 zijn conform de TUN2 toegepast [B1].



Figuur 5-2: Representatief dijkprofiel A963+080 ter hoogte van aansluiting op de Heusdensebrug

Voor het ontwerpen van de afstand dat het heavescherm doorgezet moet worden zijn een aantal gevoeligheden verkend:

1. Zichtjaar: In de basis berekening is uitgegaan van een ontwerphorizon van 100 jaar (2125) als gevoeligheid is gekeken naar adaptief bouwen door nu te ontwerpen op een levensduur van 50 jaar (2075).
2. Dempen binnendijks watergang: In de basis berekening is uitgegaan van het maaiveld in de aanwezige watergang (= NAP +1,65 m) op basis waarvan het aanwezige verval over kering wordt bepaald. Als gevoeligheid is het verval over de kering bepaald ervan uitgaande dat de watergang wordt gedempt/ dat de watergang volstaat met water (= NAP +2,20 m) tijdens een hoogwatersituatie.

Deze gevoeligheden zijn verkend, omdat voor het doorzetten van het scherm dicht bij een woning gewerkt moet worden en er veel bomen aanwezig zijn. Het is dus wenselijk om de impact zoveel mogelijk te beperken, dit kan bereikt worden doordat het scherm minder ver doorgezet hoeft te worden.

5.1.3 Voorloopsheid

Voor de planuitwerking geldt het uitgangspunt dat een constructiezone wordt toegepast voor constructieve oplossingen. Dit betekent dat in het vergunbaar ontwerp een referentieontwerp wordt opgesteld, maar uiteindelijk door de aannemer een andere locatie van het scherm gekozen kan worden als hier vanwege optimalisatie voor uitvoeringlogistiek en kosten aanleiding voor is. Voor het vergunbaar ontwerp zijn de grenzen vastgesteld waarbinnen het scherm in ieder geval moet staan. Hierbij is voornamelijk van belang dat het scherm niet op een locatie geplaatst mag worden waarbij opbarsten voor het scherm (voorloopsheid) kan optreden. Daarnaast zijn omgevingsfactoren van invloed waardoor er beperkingen kunnen zijn. Dit geldt met name voor dijkvak 4 t/m 7 waar Lindenbomen aanwezig zijn op de kruin en met de kroonprojectie voor een groot deel over het binnentalud hangen. Deze beperking is er niet voor dijkvak 1 t/m 3.

Voor het vergunbaar ontwerp zijn voor dijkvak 6 opbarstberekeningen opgesteld om de grenzen van de constructiezone vast te stellen en te bepalen. Deze resultaten zijn representatief voor dijkvak 4 tot en met 7. Randvoorwaarde daarbij is dat de constructiezone niet mag overlappen met de kroonprojectie van de bomen. De volgende werkwijze is gevolgd om de voorloopsheid te controleren:

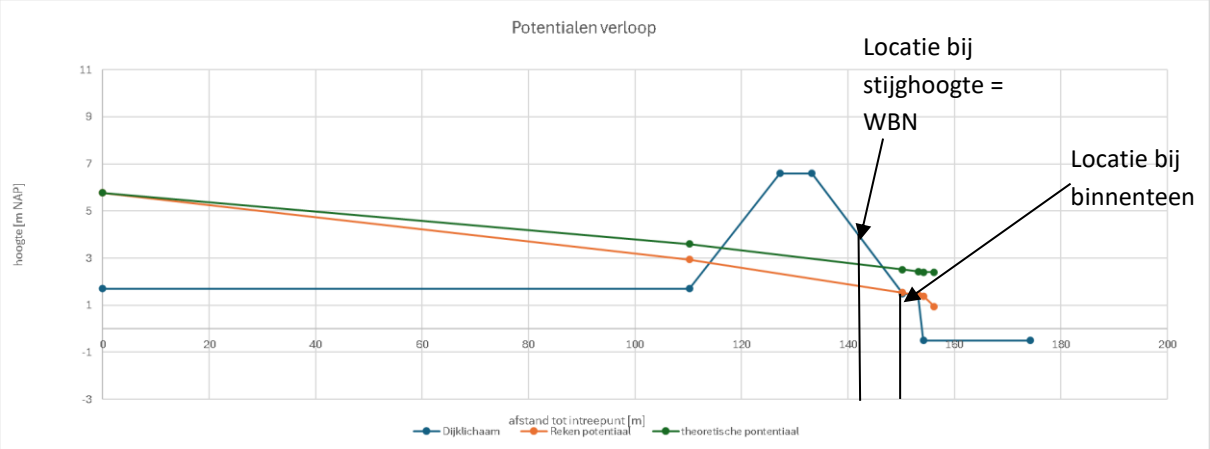
1. Het stijghoogteverloop wordt bepaald bij WBN met opbarsten bij het uittredepunt (vaak in de sloot of het Oude Maasje);
2. Er wordt uitgegaan van 0,5 m opstuwing van de stijghoogte voor de damwand;
3. De damwand locatie wordt iteratief bepaald waarbij de eerste berekening bij de binnenteen wordt uitgevoerd en de damwand met stappen van 0,5 m wordt opgeschoven;
4. Als bovengrens wordt uitgegaan van een stijghoogte die voor de damwand gelijk is aan WBN. Dit geldt voor de locaties met stoorlagen in de ondergrond, waardoor het watervoerende pakket afgesloten kan worden door het heavescherm;
5. Bij de locatiekeuze van de damwand lezen we de stijghoogte af uit stap 1 en voegen daar de stuwing van stap 2 aan toe;
6. We berekenen de opbarstveiligheid op basis van totaalspanning met een veiligheidsfactor van 1,2.

5.2 Resultaten

5.2.1 Controle locatie heaveschermen (voorloopsheid)

Binnen dijkvak 6 zijn er twee situaties te onderscheiden:
1. Dunne deklaag (onderkant NAP 0,0 m), watergang binnendijks snijdt door de deklaag en het niveau van de binnenteen ligt op NAP +1,5 m.
2. Dikkere deklaag (onderkant NAP -1,1 m), watergang snijdt niet door de deklaag en het niveau van de binnenteen ligt op NAP +1,5 m.

Per locatie is het stijghoogte verloop bepaald waarbij ervan uitgegaan is dat de deklaag onder de watergang opbarst. Onder de watergangbodem heerst tijdens de maatgevende situatie de grenspotentiaal. In Figuur 5-3 en Figuur 5-4 zijn de theoretisch-(groen) en grenspotentiaal (oranje) weergegeven. Onder de figuur zijn de opbarstberekening opgenomen in Tabel 5-1 en Tabel 5-2.

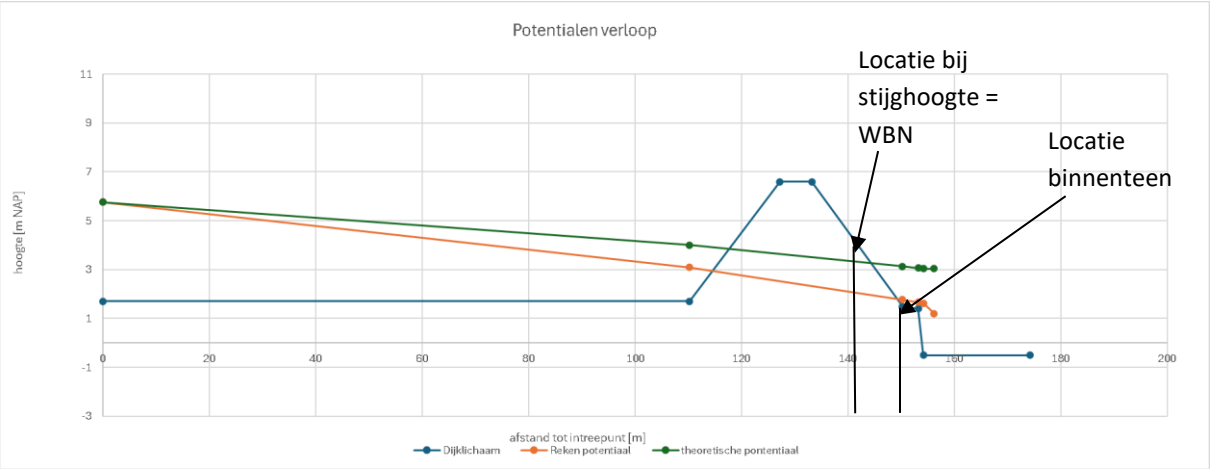


Figuur 5-3: Potentiaalverloop situatie dunnere deklaag (rekenpotentiaal is o.b.v. grenspotentiaal)

Tabel 5-1: Controle locatie heavescherm bij situatie dunnere deklaag in dijkvak 6

	Ondergrens thv binnenteen	Bovengrens o.b.v. WBN*
Locatie scherm richting kruin vanaf de binnenteen [m]	0	7
Maaiveldniveau voor damwand [m+NAP]	1,5	3,9
Stijghoogte onder deklaag +0,5 m opstuwing op basis van grenspotentiaal [m+NAP]	2,03	5,77
Totale gewicht deklaag [kPa]	26	68
Waterdruk [kPa]	20	57
Opbarstveiligheid [-]	1,3	1,21
Controle	Voldoet	Voldoet

** in berekening 4 is de benodigde locatie van het scherm ten opzichte van de binnenteen teruggerekend uitgaande van WBN*



Figuur 5-4: Potentiaalverloop situatie dikkere deklaag (rekenpotentiaal is o.b.v. grenspotentiaal)

Tabel 5-2: Controle locatie heavescherm bij situatie dikkere deklaag in dijkvak 6

	Ondergrens thv binnenteen	Bovengrens o.b.v. WBN*
Locatie scherm richting kruin vanaf de binnenteen [m]	0	7
Maaiveldniveau voor damwand [m+NAP]	1,5	3,9
Stijghoogte onder deklaag +0,5 m opstuwing op basis van grenspotentiaal [m+NAP]	2,27	5,77
Totale gewicht deklaag [kPa]	44	81
Waterdruk [kPa]	33	67
Opbarstveiligheid [-]	1,33	1,21
Controle	Voldoet	Voldoet

Uit de analyse volgt dat voor dijkvak 6 geldt dat het heavescherm in de binnenteen geplaatst kan worden. In de situatie met stijghoogte gelijk aan WBN dient het scherm 7 m richting de kruin verplaatst te worden. Dat komt overeen met ongeveer op de helft van het binnentalud en op de grens met de kroonprojectie. Aangezien de stijghoogte gelijk aan WBN zeer conservatief is, is met de berekeningen aangetoond dat de heaveschermen veilig in de aangehouden constructiezone geplaatst kunnen worden.

5.2.2 Inheidiepte heaveschermen (onderloopsheid)

Conform de uitgangspunten is ervan uitgegaan dat het heavescherm 8 m onder de deklaag in het zand moet zitten. Per dijkvak is de onderkant van de deklaag bepaald en de inheidiepte vastgesteld, zie Tabel 5-3. Voor het vergunbaar ontwerp is ervan uitgegaan dat het heavescherm op het onderste ¼ van het binnentalud wordt geplaatst op 1,0 m -mv.

Voor het definitief ontwerp wordt de inheidiepte geoptimaliseerd door in meer detail naar de grondwaterstroming te kijken en de stijghoogte aan de onderkant van het heavescherm te bepalen met behulp van PlaxFlow.

Tabel 5-3: Inheidiepte heavescherm per dijkvak.

Dijkvak	o.k. deklaag [m +NAP]	Inheidiepte heavescherm [m +NAP]
1 (tot dp A968)	0,7	-7,3
1 (vanaf dp A968 tot einde dijkvak)	-3,5	-11,5
2	-3,8	-11,8
3	-1,5	-9,5
4	-2	-10,0
5	-1,5	-9,5
6	-1	-9,0
7	-1,5	-9,5

5.2.3 Verhang analyse heavescherm dijkvak 7 (onderloopsheid)

In dijkvak 7 is een heavescherm aanwezig dat de damwand van het gemaal en de sluis aan elkaar verbindt. Het scherm staat in het midden van de kruin en is tot een diepte van NAP -6,0 m aanwezig. Op basis van de stijghoogte is bepaald wat het verhang over is over het scherm. Aan beide kanten van het scherm is oppervlaktewater aanwezig zonder deklaag. Het ligt daardoor voor de hand dat de stijghoogte het gemiddelde is van WBN en polderpeil (NAP +2,46 m). Het verval over het scherm is daardoor ongeveer 3 m. De onderkant van de deklaag bevindt zich op NAP -1,0 m waardoor het scherm 5,0 m in het zand zit. De verhangberekening is uitgevoerd voor verschillende zichtjaren op basis van de volgende formule:

$$i = \frac{\Delta H}{L_{scherm}}$$

Het maximaal toelaatbaar verhang ($i_{kritiek}$) bedraagt 0,5 conform het OI2014. In Tabel 5-4 zijn de resultaten weergegeven. Uit de berekening volgt dat ook bij een korte levensduur het heavescherm niet voldoet en dus op korte termijn vervangen moet worden.

Tabel 5-4: Resultaat verhangberekening voor verschillende zichtjaren

Zichtjaar	WBN	ΔH	Optredend verhang i	Resultaat
2125	5,76	3,13	0,63	Voldoet niet
2100	5,58	3,04	0,61	Voldoet niet
2075	5,41	2,96	0,59	Voldoet niet
2050	5,23	2,87	0,57	Voldoet niet
2025	5,06	2,78	0,56	Voldoet niet

In het vergunbaar ontwerp wordt uitgegaan van dat het heavescherm vervangen moet worden. In het DO wordt de verhangberekening geoptimaliseerd doormiddel van een nadere beschouwing van de geohydrologie parallel in het grondlichaam en daarmee samenhangend de optredende stijghoogte aan de onderkant van het heavescherm. Meer inzicht in de grondwaterstroming kan ertoe leiden dat het heavescherm voldoende lengte heeft en dus niet vervangen hoeft te worden.

5.2.4 Aansluiting Heusdensebrug (achterloopsheid)

Aan de noordoost zijde van traject Doeveren sluit het heavescherm aan op het grondlichaam van de Heusdensebrug. Om achterloopsheid uit te sluiten is hier een Sellmeijer analyse uitgevoerd om te beschouwen wat de benodigde kwelwegverlenging is. Deze kwelwegverlening wordt gerealiseerd door het heavescherm, parallel aan het grondlichaam van de Heusdensebrug, door te trekken in zuidelijke richting.

In Tabel 5-5 zijn de resultaten weergegeven van de vier doorgerekende situaties, zoals beschreven in paragraaf 5.1.2. Afhankelijk van de situatie is er 7 tot 41 m kwelwegverlenging nodig. De binnendijkse watergang staat tijdens dagelijkse omstandigheden droog. De hoogte uit het AHN zijn in het veld geverifieerd en als betrouwbaar beoordeeld.

Voor de fase van het vergunbaar ontwerp wordt uitgegaan van de situatie met de grootste kwelwegverlenging. Dit is de situatie waarbij ontworpen wordt op een levensduur van 100 jaar en de binnendijkse watergang niet wordt gedempt. Voor het definitief ontwerp wordt de aansluiting geoptimaliseerd.

Tabel 5-5: Resultaat benodigde kwelwegverlenging aansluiting Heusdensebrug.

Analyse	Waterstand [m+NAP]	Aanwezige kwelweg [m]	Kritisch verval H_c [m]	Aanwezig verval ΔH-0,3d [m]	Kwelweg-verlenging [m]
Diepte sloot o.b.v. AHN - WBN 2125	6,1	80	5,79	4,2	41
Dempen sloot – WBN 2125	6,1	80	4,80	3,5	18
Diepte sloot o.b.v. AHN – WBN 2075	5,75	80	5,31	3,8	29
Dempen sloot – WBN 2075	5,75	80	4,31	3,1	7

6 Overige mechanismen

6.1 Bekleding

Met het uitgevoerde grondonderzoek voor de planuitwerking [B2] is bevestigd dat een het grootste deel van het buitentalud voldoende klei aanwezig is (dijkpaal A965+025 – einde traject). In het begin van het traject ter hoogte van de Heusdensebrug is in een taludboring zand aangetroffen (begin traject – A965+025). Voor het deel waar klei is aangetroffen geldt dat de beoordeling gelijkt blijft aan het oordeel vanuit LBO1 [B4], [B5]. Hieruit volgde voor elk dijkvak categorie oordeel van Iv of IIv en is er geen ontwerpopgave. Voor het deel waar zand is aangetroffen geldt dat de situatie afwijkt van LBO1. Hier is namelijk sprake van een gras op zand situatie en dient de bekleding verbeterd te worden. Vanaf de Heusdensebrug tot aan dijkpaal A965+025 dient over het gehele talud de zand bekleding vervangen te worden conform de TUN2 [B1]:

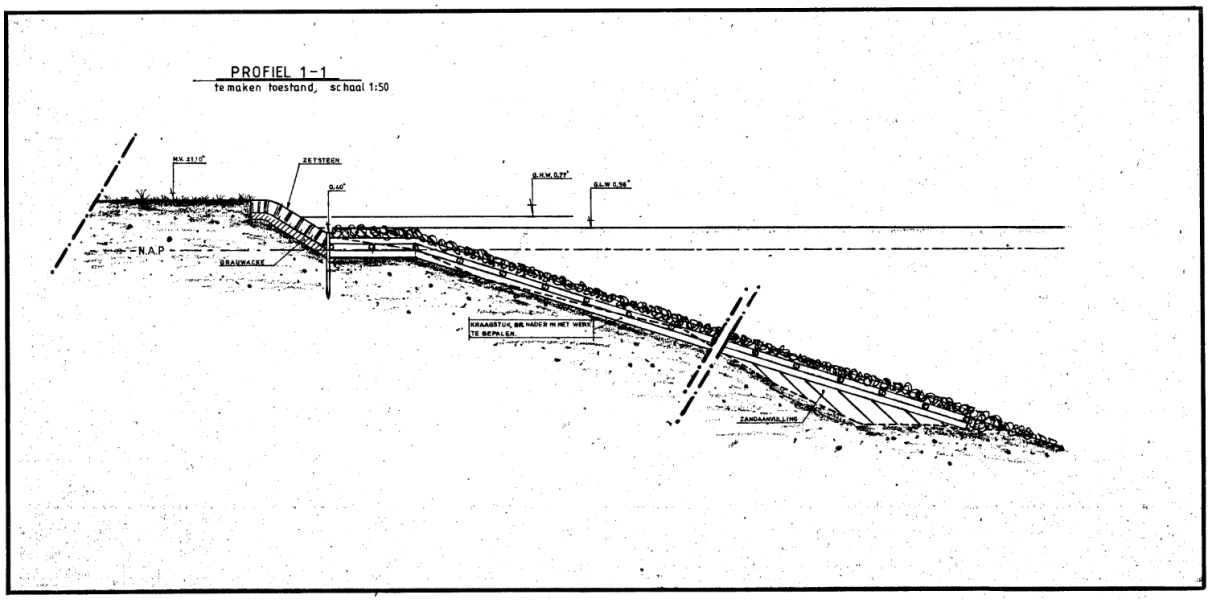
- Afgraven 0,3 m teelaarde en in depot zetten;
- Afgraven en afvoeren 0,7 m zandige bekleding;
- Aanvoeren en verwerken 0,7 m klei klasse 2;
- Terugbrengen en inzaaien van 0,3 m teelaarde.

6.2 Microstabiliteit

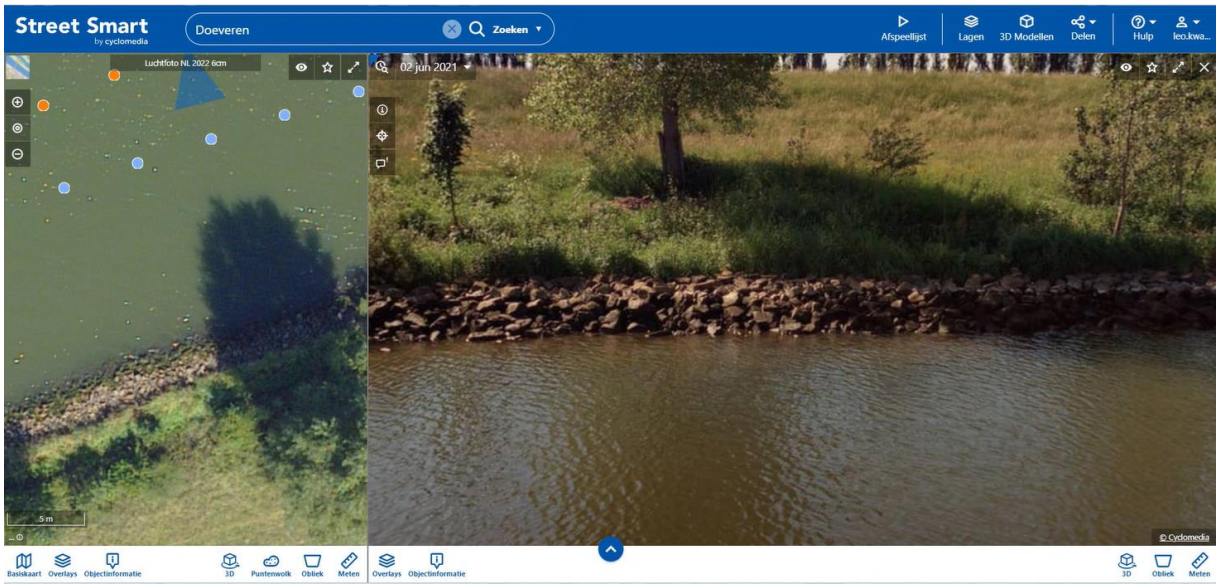
Op basis van de aanscherping in de beoordeling van de overige toetssporen in deze fase, zijn de uitgangspunten voor microstabiliteit niet veranderd. Zodoende blijft het oordeel LBO1 gelden [B4], [B5]. Hieruit volgde voor elk dijkvak categorie oordeel van IIv. Er is geen ontwerp benodigd.

6.3 Voorland

Op basis van de aanscherping in de beoordeling van de overige toetssporen in deze fase, zijn de uitgangspunten voor het toetsspoor Voorland niet veranderd. Zodoende blijft het oordeel LBO1 gelden [B4], [B5]. Hieruit volgde voor elk dijkvak categorie oordeel van IIv. Er is geen ontwerp benodigd.
In de verkenning is aangegeven dat gecontroleerd moet worden of de oeverbekleding uit de bestekstekeningen (zie Figuur 6-1) aanwezig is. Dit is inmiddels gecontroleerd met Street Smart (zie Figuur 6-2).



Figuur 6-1: Uitsnede oeverbestorting



Figuur 6-2: Bevestiging van aanwezigheid oeverbestorting.

7 Niet waterkerende objecten (NWO's)

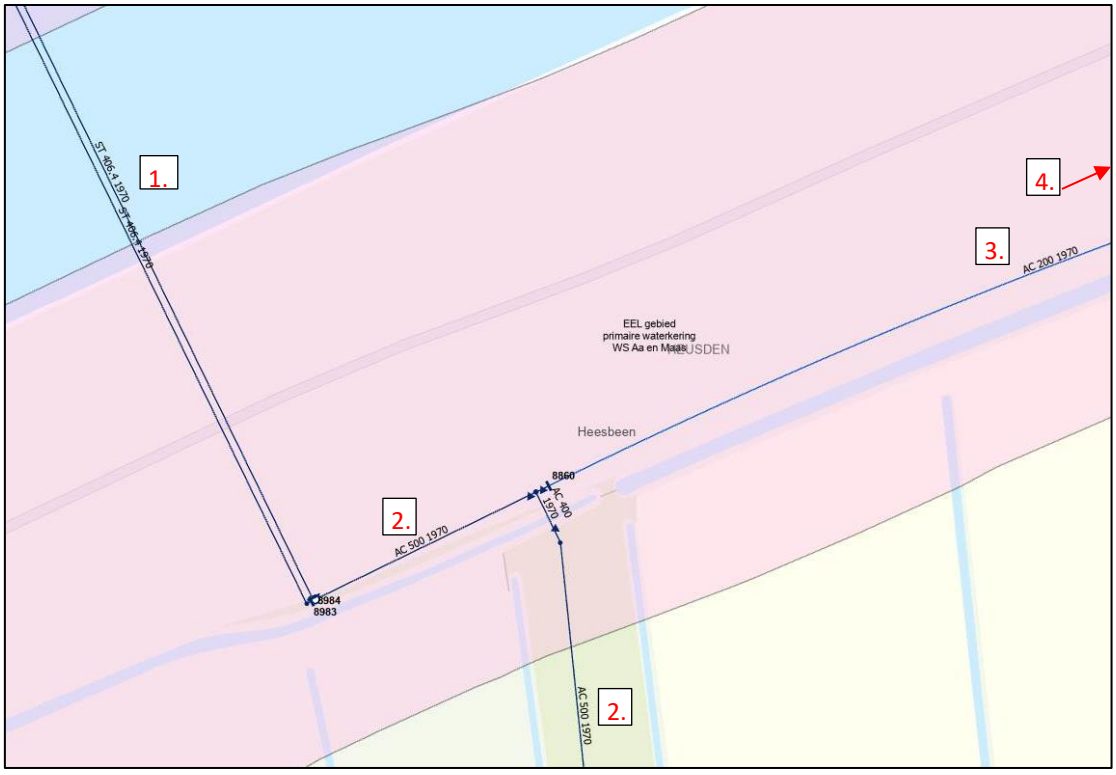
7.1 Begroeiing

Onder Macrostabiliteit is de maatgevende situatie van de begroeiing geanalyseerd. Dit zijn de Lindenbomen langs de Heusdenseweg in dijkvak 4. Uit de berekening is gebleken, uitgaande van een ontgrondingskuil van een omgewaaide boom, dat de stabiliteitsfactor 1,07 bedraagt. De gereduceerde eis is 1,01, waarin een kans van ontgronding van 1% is meegenomen en een modelfactor van 1,05.

Op de rest van het traject zijn bomen aanwezig van kleinere omvang en deze staan op grotere afstand van de kering dan de beschouwde situatie.

7.2 Kabels en leidingen

In dijkvak 1 en op de overgang naar dijkvak 2 zijn kruisende en parallel lopende drinkwatertransportleidingen van Brabant Water aanwezig. Concreet gaat het om de watertransportleiding van Altena naar Heusden die circa 700 meter westelijk van de Heusdense Brug de Bergsche Maas kruist (zie Figuur 7-1).



Figuur 7-1: Overzicht waterleidingen aan zuidelijke oever Bergsche Maas. Paarse arcering = beschermingszone.

De leidinggegevens zijn weergegeven in Tabel 7-1.

Tabel 7-1: Leiding- en procesgegevens drinkwatertransportleidingen zuidelijke oever Bergsche Maas

Leidinggegevens	Stalen leiding (1)	AC 500 (2)	AC 200 (3)	PVC 200 (4)
Leidingmateriaal	Staal, voorzien van KB	Asbest-cement	Asbest-cement	PVC

Leidinggegevens	Stalen leiding (1)	AC 500 (2)	AC 200 (3)	PVC 200 (4)
Afstand tussen leidingen	2 zinkers/leidingen			
h.o.h. 1,00 m (in rivier)				
h.o.h. 1,50 m (in waterkering)	-	-	-	
Diameter (buiten)	419 mm	564 mm	232 mm	200 mm
Diameter (binnen)	399 mm	500 mm	200 mm	188,2 mm
Wanddikte	10 mm	32 mm	16 mm	5,9 mm
Drukklasse	1 MPa	1 MPa	1 MPa	1 MPa
Bedrijfsdruk	380 - 390 kPa	380 - 390 kPa	375 - 385 kPa	365 - 375 kPa
Maximale druk	390 kPa	390 kPa	385 kPa	375 kPa
Diepte onder maaiveld	1 - 1,20 meter	1 - 1,20 meter	1 - 1,20 meter	1 - 1,20 meter
Maximale debiet per leiding	242 m3/u	484 m3/u	32 m3/u	32 m3/u
Jaar van aanleg	1970	1970	1970	1974

De leidingen zijn getoetst aan de NEN 3651:2020 in de in bijlage B2 uitgevoerde effectstudie. In deze studie zijn ook meer detailgegevens te vinden over de leidingen. De belangrijkste conclusies uit de effectstudie zijn:

- De twee stalen zinker leidingen die de dijk en de waterweg kruisen voldoen aan de norm en deze zouden volgens de NEN 3650 norm niet vervangen hoeven te worden;
- Wel zijn enkele kanttekeningen gemaakt ten aanzien van de waterveiligheid en de ligging van de leiding door het leggerprofiel (onder dijktafelhoogte);
- De leidingen parallel aan de kering is niet gecontroleerd of deze voldoet aan de norm vanwege het ontbreken van noodzakelijk leiding parameters. Dit heeft te maken met het specifieke materiaal asbest cement.

In onderstaande paragrafen wordt het effect van de waterleiding, als niet waterkerend object, op de waterkering in beeld gebracht.

7.2.1 Leiding faalkansen

Bij de beoordeling van waterkeringen worden leidingfaalkansen (frequenties) uitgedrukt in de kans per meter per jaar. Deze leidingfaalkansen dienen vervolgens met de aanwezige leidinglengte te worden vermenigvuldigd. Voor de kruisende leiding wordt gerekend met de lengte van het dijkprofiel tussen de binnenteen en buitenteen, deze is gelijk aan ~50 m. De segmentlengte van het profiel die initieel hoger ligt dan de gereduceerde kruinhoogte (na falen van de leiding) is +/- 25-30 m. De faalkans van de leidingen is gebaseerd op KWR 2020 en is weergegeven in onderstaand figuur.

Tabel 3.1 Leiding faalkansen inclusief oorzaak door derden (per meter leiding per jaar) per leidingtype voor drinkwaterleidingen, (KWR, 2020). De schuingedrukte onderstreepte leidingfaalkansen in de tabel zijn gebaseerd op minder dan 10 storingen (deze resultaten kunnen met een betrouwbaarheidsinterval van 95% een factor 2 of meer afwijken, zie ISO 2394, 2015)

Materiaal	Diameter ranges [mm]				
	40-89	90-124	125-200	201-400	401-700
AC	1.1E-04	9.0E-05	9.0E-05	4.0E-05	1.0E-05
Grijs Gietijzer	1.2E-04	8.0E-05	5.0E-05	2.0E-05	*1.0E-05*
Nodulair Gietijzer	*4.0E-05*	4.0E-06	1.0E-05	4.0E-06	*3.0E-06*
Staal*	2.4E-04	2.5E-04	1.7E-04	9.0E-05	*2.0E-06*
PE	1.0E-05	2.0E-05	2.0E-05	1.0E-05	*2.0E-06*
PVC	3.0E-05	2.0E-05	3.0E-05	2.0E-05	1.0E-05

** De storingsfrequentie van stalen leiding (<400 mm) is bepaald door oude stalen leiding uit de periode 1970/1980. Voor nieuwe stalen leidingen kan de faalkans geoptimaliseerd worden*

Faalkansen

- De kruisende waterleiding betreft een stalen leiding met diameterklasse Ø 399 mm met een faalkans van ordegrootte 9,0E-05 per jaar;
- De parallelle leiding betreft een AC leiding met een diameterklasse Ø 500 mm met een faalkans van ordegrootte 1,0^{E}-05 per jaar.

In deze analyse van de kruisende leiding is de binnendiameter van Ø 399 mm gehanteerd. Dit ligt net aan in de klasse 201-400 mm welke gehanteerd wordt in [B9]. Tussen de twee klassen 201-400 en 401-700 zit een factor **45** in de leiding faalkans. Waarbij meegegeven moet worden dat voor de klasse 401-700 de leidingfaalkans gebaseerd is op minder dan 10 storingen. De werkelijke faalkans van de stalen leiding is kleiner dan de gemiddelde waarde die opgegeven is voor de klasse van 201 – 400. Voor de kruisende leiding is uitgegaan van een factor **10** kleinere faalkans (=9,0^{E}-06).

7.2.2 Parallel liggende waterleiding

De parallelle waterleiding ligt aan dijkzijde bij de insteek van de watergang. De parallel liggende leiding heeft op het grootste deel een diameter van 200 mm en op een klein deel een diameter van 500 mm (zie Figuur 7-1). De maximale druk voor beide leidingen is 4 bar. Bij de beschouwing van de parallel liggende leiding is uitgegaan van het deel met de grootste diameter, omdat deze ook de grootste impact kan hebben. Het deel met de kleinere diameter is altijd gunstiger.

Boven de leiding ligt een grondmassa van 1,2 meter en de diameter van de leiding is 550 millimeter. Ondanks dat dit een niet waterkerend object is, is het echter wel mogelijk dat dit object leidt tot stabiliteitsverlies van de kering met een niet toelaatbare kans van voorkomen. Voor dijkvak 1 geldt dat uit de stabiliteitsanalyse is gebleken dat de meest aannemelijk afschuiving tijdens hoogwater niet leidt tot het falen van de kering. Door het brede grondlichaam is er sprake van een eerste afschuiving, maar er blijft voldoende restprofiel over voor een veilige situatie.

Voor het analyseren wat de invloed van de waterleiding is, is de beschouwing uitgevoerd op basis van de eerste afschuiving. In de beschouwing is uitgegaan van een aantal evenementen die moeten gebeuren die van invloed zijn, namelijk:

1. Er moet een hoogwater situatie zijn op de Maas, waardoor een afschuiving als gevolg van het falen van de waterleiding kan leiden tot een overstroming;
2. Vervolgens kunnen er twee situatie ontstaan;

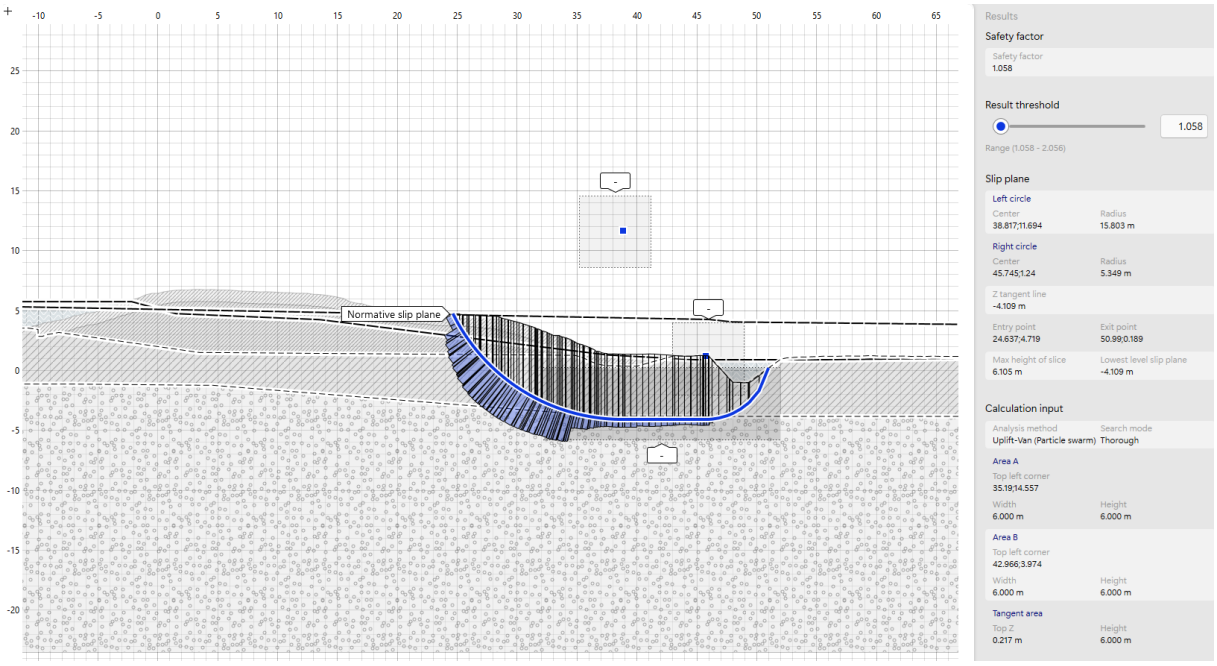
a. Tijdens het hoogwater faalt de waterleiding als gevolg van het bezwijken van de leiding, hierdoor treedt een erosiekrater op rondom de waterleiding wat de afschuifveiligheid negatief beïnvloed doordat gronddruk afneemt en de waterspanningen hoger worden;
b. Tijdens het hoogwater treedt de eerste afschuiving op waardoor als gevolg van de vervorming de waterleiding beschadigd en er een erosiekrater ontstaat.

3. Voor beide situatie geldt dat er een restprofiel ontstaat die moet voldoen aan een vastgestelde veiligheidseis, rekening houdend met de kans van voorkomen van het samenvallen van hoogwater en het bezwijken van de leiding.
4. Bij de overgang van de twee kruisende leiding naar de parallel liggende leiding zitten twee afsluiters. De toevoer kan dus afgesloten worden tijdens een calamiteit. Voor beide situaties geldt dus dat er een kans is op het afsluiten van de waterleiding, waardoor het uitreden van water en daardoor eroderen van de grond rondom de leiding wordt gestopt, en nemen van herstelwerkzaamheden door grond aan te vullen rondom de erosiekrater.

Voor situatie 2a geldt dat de kans op het spontaan falen van de kering met $1{,}0^{E}$-05 zeer klein is. De leidingen worden goed onderhouden en zijn ontworpen conform de richtlijnen. Er is aangenomen dat situatie 2b de maatgevende situatie is.

Event 1

In Figuur 7-2 is de basis schematisatie van dijkvak 1 weergegeven met de veiligheidsfactor behorend bij de eerste, meest aannemelijke, schuifvlak. De veiligheidsfactor is van deze situatie is 1,058. Als gevolg van deze afschuiving faalt de binnendijkse waterleiding waardoor een erosiekrater ontstaat door het uitstromen van water.



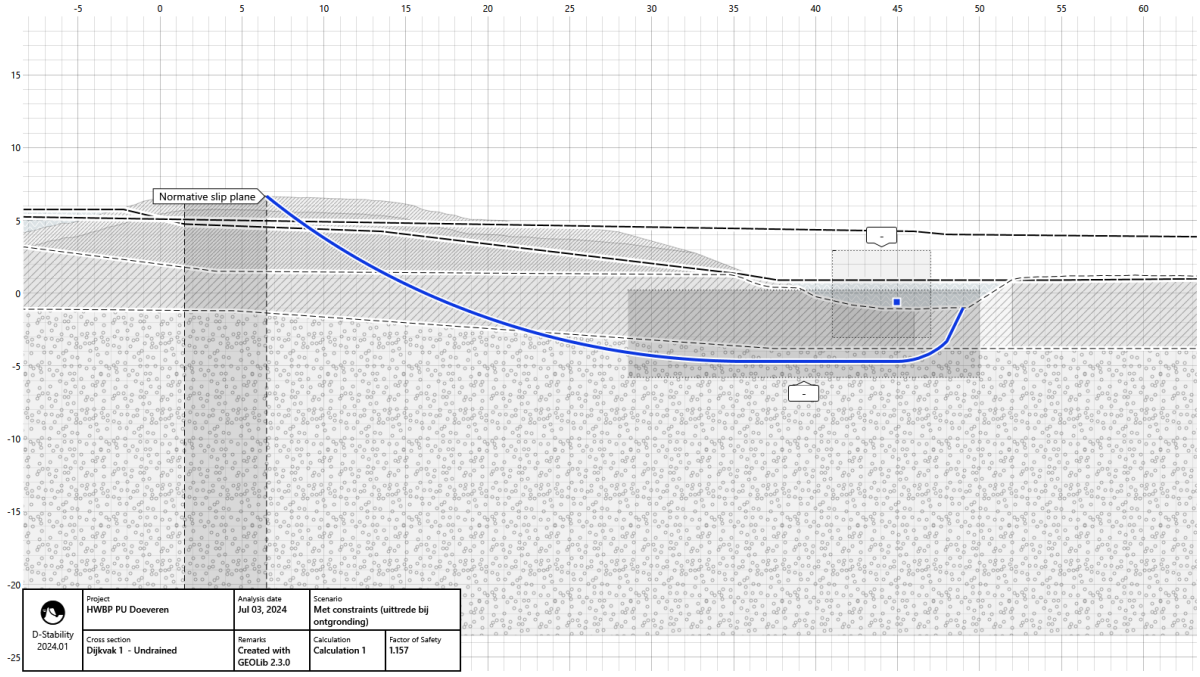
Figuur 7-2: Eerste afschuiving als gevolg van hoogwater, waardoor de waterleiding bezwijkt

Event 2b

Vervolgens treedt erosie op. Conform de berekeningen in bijlage B2 is uitgegaan van erosiekrater van 2,1 m -mv diep en een breedte aan weerszijde van 9,3 m. Bij de dimensionering van de erosie – zoals hierboven beschreven – is aangenomen dat na het falen van het binnentalud, de waterleiding niet tijdig wordt afgesloten en dat de erosie volledig kan doorzetten tot een balans is opgetreden. De kans dat de eerste afschuiving optreedt en daardoor de waterleiding bezwijkt en dat de waterleiding niet tijdig wordt afgesloten wordt aangenomen op 20%. Hierbij is rekening gehouden dat tijdens een hoogwater situatie het Waterschap in

hoogste staat van paraatheid staat en op kritische locatie voorzorgsmaatregelen genomen zullen worden. De gereduceerde eis wordt daarmee 1,13 (op basis van 20% kans en een modelfactor van 1,06).

In Figuur 7-3 is de schematisatie en de veiligheidsfactor van het falen van het restprofiel weergegeven. In de schematisatie van de ontgronding is aangenomen dat na event 1, het talud 1 meter verzakt ter plaatse de insteek van het glijvlak. In de berekening is niet rekening gehouden met grondverplaatsing richting de sloot als gevolg van de eerste afschuiving. Netto is er hierdoor minder grond aanwezig aan de passieve zijde dan werkelijk het geval zou zijn. Dit is dus een conservatieve schematisatie. In de kruin is een constraint toegepast dat na het falen de kruinbreedte minimaal 5 meter is. De resulterende veiligheidsfactor is 1,16.



Figuur 7-3: Secundaire afschuiving na eerste afschuiving en bezwijken waterleiding

De berekende stabiliteitsfactor bij een bezweken waterleiding met erosiekrater is hoger dan de stabiliteitseis. De parallel liggende waterleiding heeft geen significant risico op de veiligheid van de kering.

7.2.3 Kruisende waterleiding

Voor het analysen van de kruisende leiding is gebruik gemaakt van doorontwikkeling veiligheidsraamwerk K&L [B12]. Hierin wordt aanbevolen om leiding te falen te analyseren als direct faalmechanisme, waarbij de faalkanseis ten laste van de post 30% “overige” van de toelaatbare overstromingskans komt. In paragraaf 7.2.3.1 is deze analyse uitgewerkt. Naast deze analyse is als schaduwanalyse ook een beschouwing uitgevoerd van leidingfalen als verzwarende omstandigheid bij een direct faalmechanisme, waarbij de kans op leidingfalen moet passen binnen de voor het dijkfaalmechanisme beschikbare faalkansruimte. Er is voor gekozen om dit uit te werken voor het faalmechanisme macrostabiliteit. In paragraaf 7.2.3.2 is deze analyse uitgewerkt. Het effect op piping is niet beschouwd, omdat in het ontwerp een heavescherm is voorzien.

Door beide analyse op te nemen in deze technische onderbouwing is getracht om een volledig en dekkend beeld van de leidingscope te presenteren.

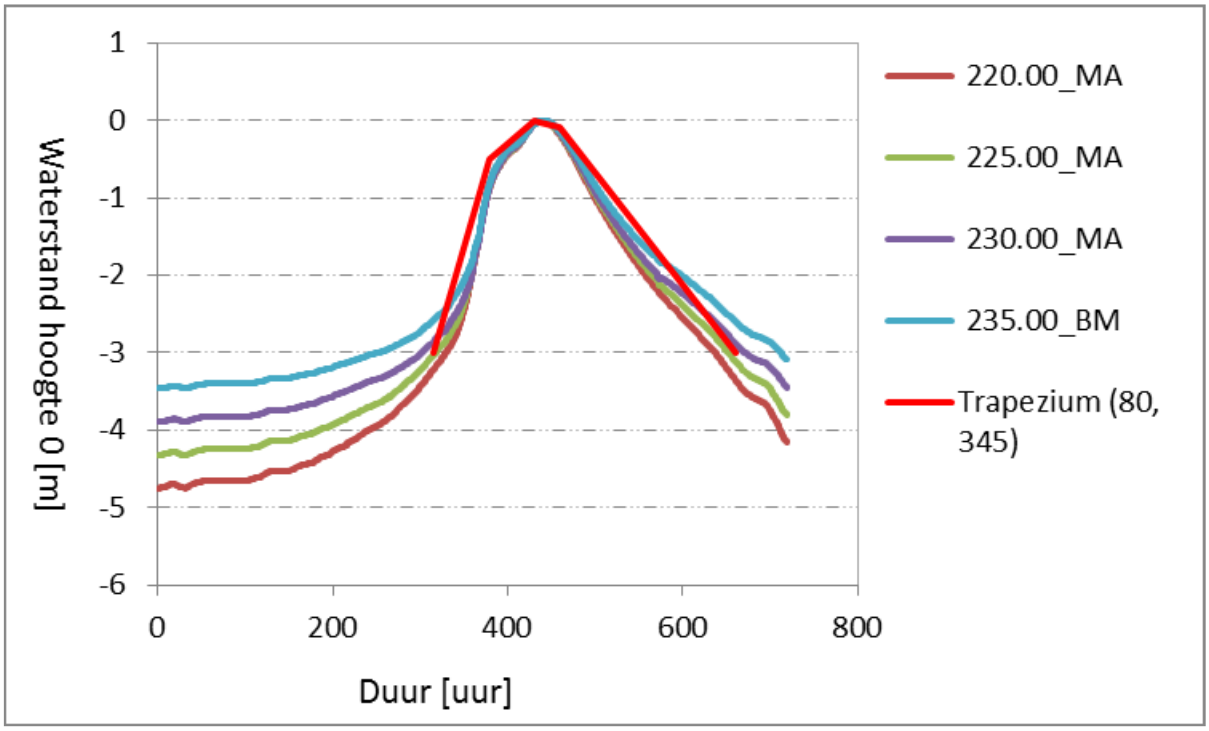
7.2.3.1 Leiding falen als direct faalmechanisme

Voor het toetsen van leidingfalen als direct faalmechanisme is uitgegaan van 1% faalkansruimte uit de post 30% “overige” van de toelaatbare faalkans van het dijktraject (P_{max}). Het veiligheidsraamwerk [B12] stelt 1% als voldoende veilig geachte startwaarde. Voor de bepaling van de faalkanseis per individuele leidingkruising, in

analogie met de benadering bij waterkerend kunstwerken, is uitgegaan van een equivalent aantal kruisingen of $N_{EQ,KR,PL}$ = 10. De faalkans van het traject is 1/3000 per jaar (ondergrens). De faalruimte, het equivalent aantal kruisingen en de trajectfaalkans resulteert in een faalkanseis van $3{,}33^{E}$-07 per jaar. Dit is de eis voor het falen van de leiding met sterktereductie en vervolgens geen herstel en vervolgens ook nog dijkfalen.

In de memo effecten waterleiding i.r.t. dijkversterking Doeveren (zie bijlage B2) is berekend dat voor de stalen zinkerleiding rekening gehouden moet worden met een erosiekrater diepte van 1,94 [m]. De kruinhoogte rondom de waterleiding ligt op NAP+ 6.70 m (referentie DP D1_4 = NAP+6.63 en DP D2_1 NAP+ 6.74). Voor de analyse is rekening gehouden met een nieuwe kruinhoogte van NAP+ 6.70 – 1.94 = NAP+ 4.76 [m].

Op basis van de waterstandberekeningen bij zichtjaar 2075 is bepaald dat bij de verlaagde kruinhoogte een herhalingstijd van 1/60 per jaar hoort (waterstand NAP+ 4.723 [m]). Het waterstandsverloop in de Maas is beschreven (Deltares, 2016B). Voor de Maas en de Bergsche Maas (BM) geldt het volgende:



Figuur 7-4: *Geschematiseerd waterstandsverloop voor deelgebied 6. Trapeziumverloop met duur op het niveau -3 van 345 uur en topduur van 80 uur. De duur van het niveau van -0,3 m tot de piekwaarde van 0 m bedraagt 65 uur en de duur van de piekwaarde tot het niveau van -0,1 m bedraagt 30 uur. De totale duur van de voorflank is 115 uur en van de achterflank is 230 uur.*

In de voorliggende analyse is uitgegaan van een waterstand met een terugkeertijd 1/60 per jaar, behorende bij de gereduceerde kruinhoogte. De duur van de hoogwatergolf in dagen is daarmee anders dan het waterstandsverloop bij maatgevende rivierafvoeren. Voor de maatgevende waterstanden wordt een topduur van 80 uur aangehouden (> 3 dagen). Er is niet naar de topduur gekeken maar naar een breder spectrum daaronder. Voor voorliggende analyse is uitgegaan van een hoogwatergolf van 6 dagen (=144 uur).

Kans op een erosiekrater

Het grootste deel van de lekken in drinkwaterleidingen betreft een sluipend lek, dat in tegenstelling tot een gapend lek niet leidt tot een erosiekrater rondom het lek, maar wel tot verzadiging van het grondmateriaal rondom de leiding. Er geldt dat niet alle sluipende lekken worden opgemerkt (in ieder geval niet direct). In een inventarisatie van storingen (van reguliere leidingen) is waargenomen dat in ongeveer **90%** van de gevallen er geen erosiekrater optreedt, zie KWR (2020), Bijlage C. In deze inventarisatie is ook gebleken dat het overgrote deel (80-90% van de storingen met kraters) een krateroppervlak heeft dat kleiner is dan 10 m2. Er is niet

onderzocht hoe de afmetingen van optredende erosiekraters zich verhouden tot de te berekenen krateraafmetingen volgens de NEN 3651. De algemene verwachting is dat de krateraafmetingen die worden berekend volgens NEN 3651 leiden tot aanzienlijke overschattingen. De kans op het optreden van een erosiekrater, bij falen van de leiding is 10%. In de faalkansanalyse is deze kans meegenomen in het bepalen van de faalkans.

Faalkansanalyse

De volgende faalpadenanalyse is gehanteerd voor het bepalen van de faalkans van de leiding. De faalkans is getoetst aan de faalkanseis.

1. Relevante segmentlengte bepalen
2. Leidingfaalkans segment bepalen ($P_{falen\ leiding}$)
3. Diepte ontgrondingskuil = kruinverlaging
4. $P_{optreden\ waterstand}$ = Kans (optreden waterstand > verlaagde kruin) (= faaldefinitie)
5. $P_{niet\ gedetecteerd\ en\ hersteld}$ = (tijdsduur detectie en herstel + duur hoogwatergolf / 365)
6. $P_{falen,dmv,erosiekrater}$ = kans op falen middels een erosiekrater
7. $P_{falen} = P_{falen\ leiding} \times P_{optreden\ waterstand} \times P_{niet\ gedetecteerd\ en\ hersteld} \times P_{falen,dmv,erosiekrater}$

Berekening:

$P_{falen\ leiding} = 9{,}0^{E}\text{-}06\ m^{-1}j^{-1} \times 50\ m = 4{,}5^{E}\text{-}04\ j^{-1}$

$P_{optreden\ waterstand} = 1/60\ j^{-1}$

$P_{niet\ gedetecteerd\ en\ herstel}$ = (2 dagen + 6 dagen)/365 = 8/365

$P_{falen,dmv,erosiekrater} = 1/10\ j^{-1}$

$P_{falen} = 4{,}5^{E}\text{-}04 \times 1/60 \times 8/365 \times 1/10 = 1{,}64^{E}\text{-}08\ j^{-1}$ → eis $3{,}33^{E}\text{-}07\ j^{-1}$

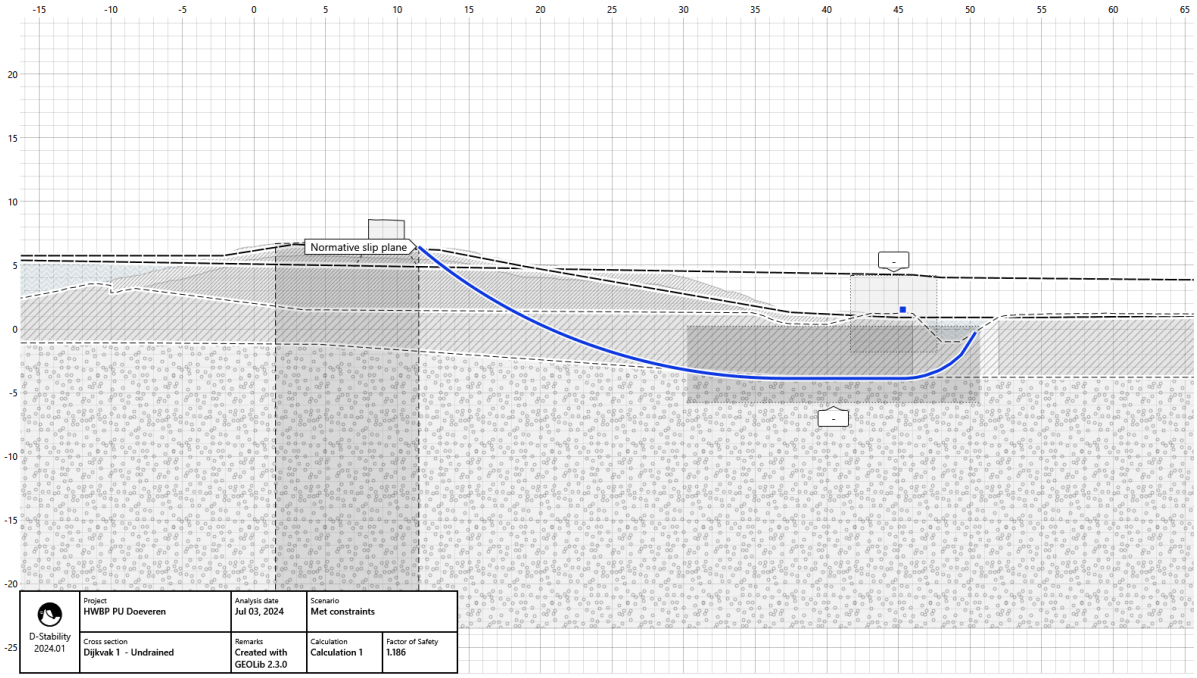
De faalkans voldoet ruim aan de 1% van de norm en ook aan de 0,1% van de norm.

Aangezien in de faalkans bepaling rekening is gehouden met 10% kans op een erosiekrater is in voor de overige 90% een analyse uitgevoerd naar de invloed op het directe faalmechanisme macrostabiliteit. Dit is uitgewerkt in paragraaf 7.2.3.2.

7.2.3.2 Leidingfalen is verzwarende omstandigheid bij direct faalmechanisme Macrostabiliteit

In de meeste gevallen, bij het falen van een waterleiding, zal sluipende lek optreden. Als dit gebeurt nemen de waterspanningen toe in de kering waardoor de stabiliteit omlaag gaat. Het verhoogde freatisch niveau resulteert in een stabiliteitsfactor van 1,18. In Figuur 7-5 is de afschuiving weergegeven.

Het scenario met een verzadigde dijk als gevolg van sluipende lek is getoetst aan de eis die afgeleid is op basis van 0,1% faalkansruimte, de kans van het falen van de leiding van $1{,}0^{E}\text{-}05\ j^{-1}$, modelfactor van 1,06 en een schematiseringsfactor van 1,1. Dit resulteert in een stabiliteitseis van 0,96.



Figuur 7-5: Stabiliteit met verhoogd freatisch niveau door sluipende lek

De berekende stabiliteitsfactor is hoger dan de eis. Er wordt voldaan aan de norm.

7.3 Gebouwen

Er zijn twee woningen aanwezig die nabij de waterkering liggen. In het begin van het traject ligt een woning op ongeveer 15 meter van de binnenteen af. Tussen de binnenteen en de woning is een watergang aanwezig. Op deze locatie is een zeer breed dijkprofiel aanwezig met een grote berm. Deze woning wordt vanuit macrostabiliteit binnenwaarts niet als potentieel risico gezien. Ten aanzien van piping is hier een heavescherm voorzien, waardoor de woning geen potentieel effect op piping kan hebben.

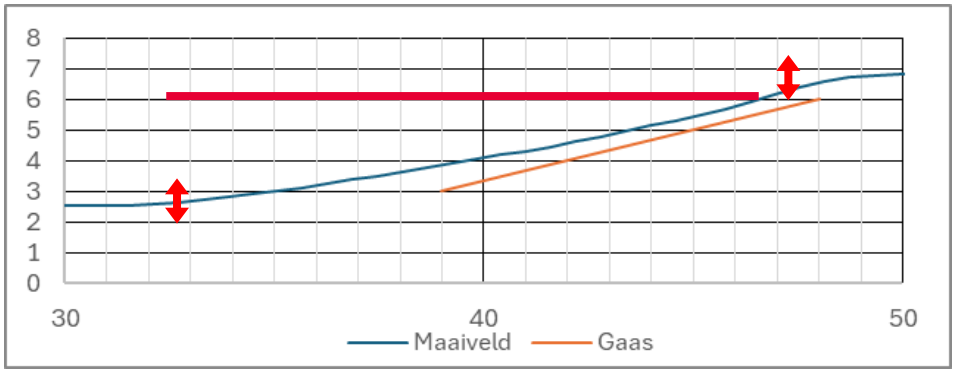
Ter hoogte van het gemaal is een woning aanwezig op 25 m van de binnenteen van de kering. Deze afstand wordt als groot genoeg ingeschat om negatief effect te hebben om een binnenwaartse afschuiving. Voor piping geldt dat hier een heavescherm is voorzien, waardoor de woning geen negatief effect op piping kan hebben.

Graverijen

In het projectgebied zijn grote gravers waargenomen. Het risico op graafschade en als gevolg daarvan het risico op een dijkdoorbraak is daardoor groot. Voor het project is vastgesteld dat maatregelen tegen graverijen integraal worden meegenomen in het ontwerp. Uit het geotechnisch onderzoek is gebleken dat de kern van de dijk van dijkvak 1 t/m3 bestaat uit klei en van dijkvak 4 t/m 7 een zandige kern heeft. De kans op een dijkdoorbraak door graafschade is bij dijken met een zandkern, vanwege de erosie gevoeligheid, significant groter dan bij kleidijken. Daarom is als uitgangspunt genomen dat bij het traject met de zandige kern antigraaf maatregelen worden getroffen en op het stuk met de kleikern hoogwatervluchtplaatsen worden gerealiseerd. In onderstaande paragrafen is het ontwerp per type maatregel uitgewerkt.

7.4 Beverwerend gaas in de bekleding (dijkvak 4 t/m 7)

Het gaas dient tussen de deklaag en de toplaag (max 30cm onder maaiveld en voldoende ver van de zandkern >0,7m) geplaatst te worden (Figuur 0-1). **Het gaas mag in geen geval op zand liggen.** Het gaas dient tot 0,5m onder de kruin en tot 0,5m boven de teen te komen. Hierdoor worden de grootste risico's afgedekt. Het beverwerend gaas dient voldoende sterk te zijn om schade door graven, knagen en aanbrengen te voorkomen. Houd hierbij rekening met (verdichtings)materieel dat na aanbrengen het gaas op de ruwe ondergrond kan vervormen. Het materiaal zelf dient aantoonbaar minimaal 50 jaar mee te gaan. Het gaas dient een afgesloten en aaneengesloten oppervlak te vormen waarbij geen mazen groter dan 5,0 cm voorkomen, dit geldt ook voor eventuele aansluitingen.



Figuur 0-1: Schets benodigde maatregel graverij tijdens hoogwater (gaas in geel gestreept)

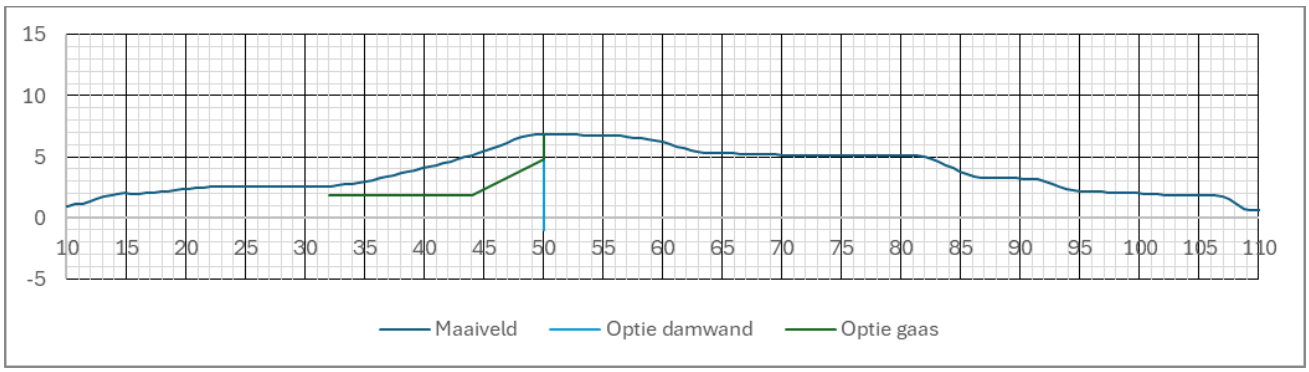
7.5 Hoogwatervluchtplaats (dijkvak 1 en dijkvak 4)

Tijdens een hoogwater stijgt de waterstand waardoor het leefgebied van voornamelijk de bever snel verandert. Deze zoekt vervolgens een droge plek op voor een nieuw (tijdelijk) verscholen verblijf. Vaak is de dijk deze droge plek waardoor deze beschadigd raakt. Een alternatief is om in het voorland een vluchtplaats aan te leggen die droog blijft bij hoogwater. Dit neemt echter veel ruimte in en beïnvloedt de stroming in de rivier. Er lopen onderzoeken naar minder verstorende opties, zoals een drijvende vluchtplaats, maar ook daar is ruimte voor nodig. Het voorstel voor dit project is om de vluchtplaats "verholen" in de kering aan te brengen. Hiervoor zijn aanvullende werkzaamheden nodig:

1. De kering dient met graverij vanaf het buitentalud voldoende stabiel te blijven
2. De kering moet aantrekkelijk genoeg zijn dat dit de voorkeursvluchtplaats wordt ten opzichte van de naastgelegen "normale" kering. Hierbij kan gedacht worden aan een ander materiaal of bepaalde begroeiing. Het moet echter niet te aantrekkelijk worden waardoor permante bewoning een risico wordt.

1) Om ervoor te zorgen dat de kering sterk genoeg is ondanks de graverij zijn twee opties denkbaar; optie 1: constructief scherm en optie 2: gaas ingraven. Om er zeker van te zijn dat er genoeg graafruimte is voor de bever kan herprofilering nodig zijn. Binnen het huidige profiel is er rond de normwaterstand ongeveer 4m

graafruimte. Met een herprofilering naar een 1:3 talud vanaf de huidige buitenteen kan dit uitgebreid worden tot 8m graafruimte. Of de extra graafruimte nodig is dient te worden afgestemd met de Zoogdiervereniging en de bevoegde gezagen (in ieder geval RWS).



Figuur 0-2: Schets benodigde hoogwatervluchtplaats

Voor project Doeveren wordt de optie met het verticale scherm toegepast.

Afmetingen:

- Optie Damwand: 50m AZ18, 8m lang

2) Het aantrekkelijk maken (en de benodigde hoeveel graafruimte) dient te worden afgestemd met experts van de Zoogdiervereniging.

8 Bronverwijzing

8.1 Literatuur

[L1] Handreiking ontwerpen met overstromingskansen, OI2014v4, Rijkswaterstaat, februari 2017
[L2] Publicatie Heaveschermen, De Innovatie Versneller | Piping, HWBP voor sterke dijken, V0.31
[L3] Achtergrond Ontwerpinstrumentarium 2014 – Behorende bij Handreiking Ontwerpen met Overstromingskansen (OI2014v4), December 2016, definitief, RWS WVL en Kennisplatform Risicobenadering
[L4] Technisch rapport waterspanningen bij dijken, TAW, september 2004

8.2 Bronnen

[B1] Technische Uitgangspunten Notitie (TUN), Planuitwerking Dijkversterking Doeveren, Versie 2.0 10 juli 2024, Waterschap Aa en Maas
[B2] Proevenverzameling en geotechnisch lengteprofiel Doeveren, documentnummer 3DDQNFCVD47C-1311248618-5788:2.0, definitieve versie 1 maart 2024, Arcadis
[B3] Uitgangspuntennota Definitief Ontwerp Dijk – Project Meanderende Maas (MeMa) – Planuitwerking, Projectteam Meanderende Maas Ravenstein – Lith, 17 oktober 2023
[B4] Rapportage Veiligheidsbeoordeling – Dijktraject 36-5 ’s Hertogenbosch – Waalwijk, mei 2020, versie 2.0 Definitief, Waterschap Aa en Maas
[B5] Dijkverbetering Doeveren – Nota Verfijnen Waterveiligheidsopgave Verkenningsfase, versie 1.0 oktober 2023, Waterschap Aa en Maas
[B6] Dijkverbetering Doeveren – Ontwerp Notitie Dijk (OND), Waterschap Aa en Maas, november 2022
[B7] Aanpak dierlijke graverij voor hoogwaterbescherming, Waterschap Aa en Maas, in bewerking
[B8] Modellering dijksmateriaal; voorstel uniforme beschrijving in materiaalgedrag en waterspanningen bij macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts, Waterschap Rivierenland, november 2019
[B9] Faalkansen van leidingen in en nabij Dijken, HWBP De Innovatieversneller, 31 maart 2022
[B10] Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken, januari 2020
[B11] WBI Veiligheidsraamwerk Kabels en Leidingen, Deltares, 2018
[B12] Doorontwikkeling Veiligheidsraamwerk K&L, POV K&L, december 2020

B1. Factsheet macrostabiliteit

Doeveren factsheet Macrostabiliteit

1 Dijkvak 1 3
1.1 Algemene informatie 3
1.2 Geometrie 4
1.3 Ondergrond 5
1.4 Glijvlakken 5
2 Dijkvak 2 7
2.1 Algemene informatie 7
2.2 Geometrie 8
2.3 Ondergrond 9
2.4 Glijvlakken (STBI) 9
2.5 Glijvlakken (STBU) 14
3 Dijkvak 3 15
3.1 Algemene informatie 15
3.2 Geometrie 16
3.3 Ondergrond 17
3.4 Glijvlakken 17
4 Dijkvak 4 19
4.1 Algemene informatie 19
4.2 Geometrie 20
4.3 Ondergrond 21
4.4 Glijvlakken 21
5 Dijkvak 5 23
5.1 Algemene informatie 23
5.2 Geometrie 24
5.3 Ondergrond 25
5.4 Glijvlakken (STBI) 25
5.5 Glijvlakken (STBU) 27
6 Dijkvak 6 28
6.1 Algemene informatie 28
6.2 Geometrie 29
6.3 Ondergrond 30
6.4 Glijvlakken 30
7 Dijkvak 7 32

7.1 Algemene informatie 32
7.2 Geometrie 33
7.3 Ondergrond 34
7.4 Glijvlakken 34

1 Dijkvak 1

Dit hoofdstuk bevat de invoer voor de berekeningen van dijkvak 1. Aanvullend met de achtergrond rapportage, de technische uitgangspunten notitie en de D-Stability bestanden zijn de uitgangspunten en de invoer volledig herleidbaar.

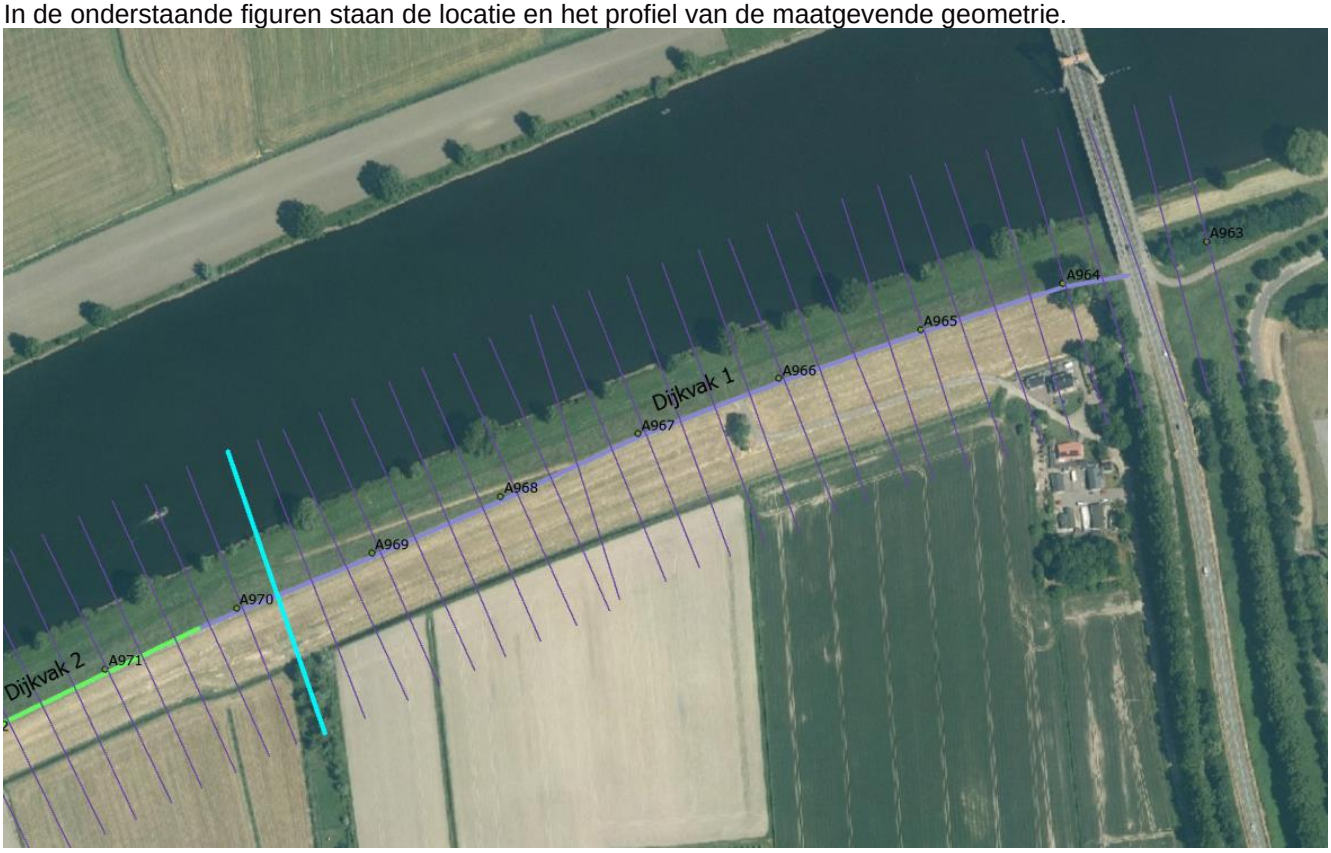
1.1 Algemene informatie

Tabel 1 Algemene informatie dijkvak 1

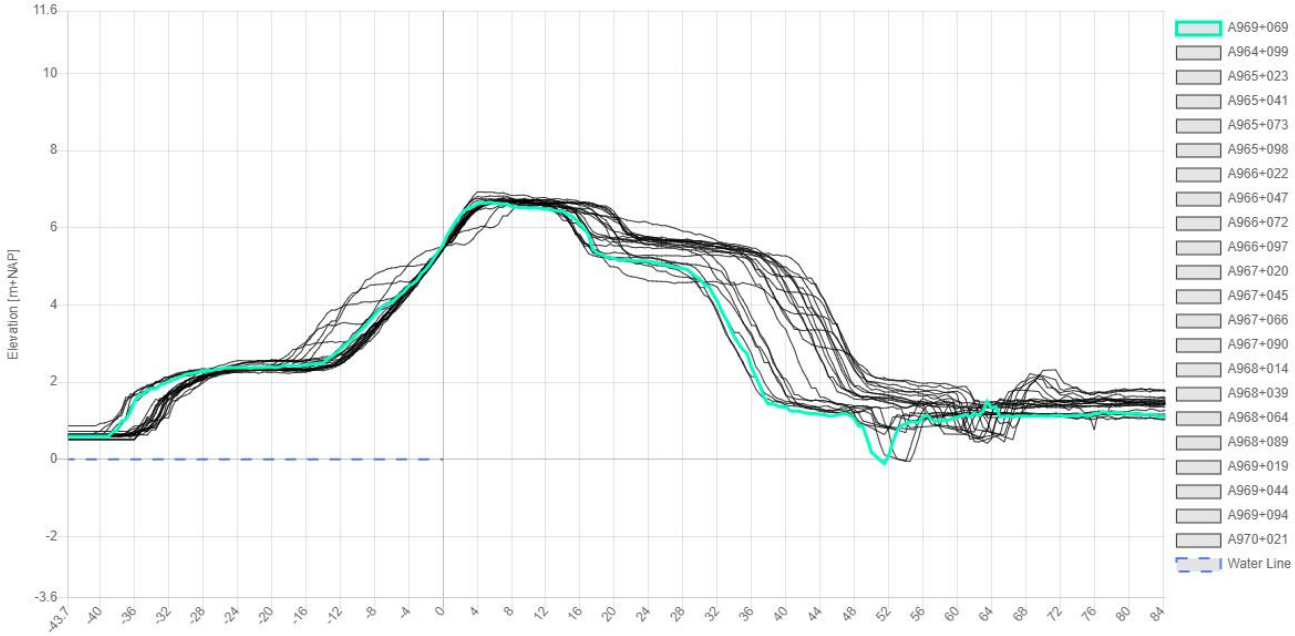
Onderdeel	Informatie
Project	HWBP PU Doeveren
Datum	26-8-2024
Versie	1
Dijktraject	36-5
Dijkvak	1
Dijkvakgrens van	A963+050
Dijkvakgrens tot	A969+080
Rekenlocatie geometrie en bodemopbouw	A969+069

1.2 Geometrie

In de onderstaande figuren staan de locatie en het profiel van de maatgevende geometrie.



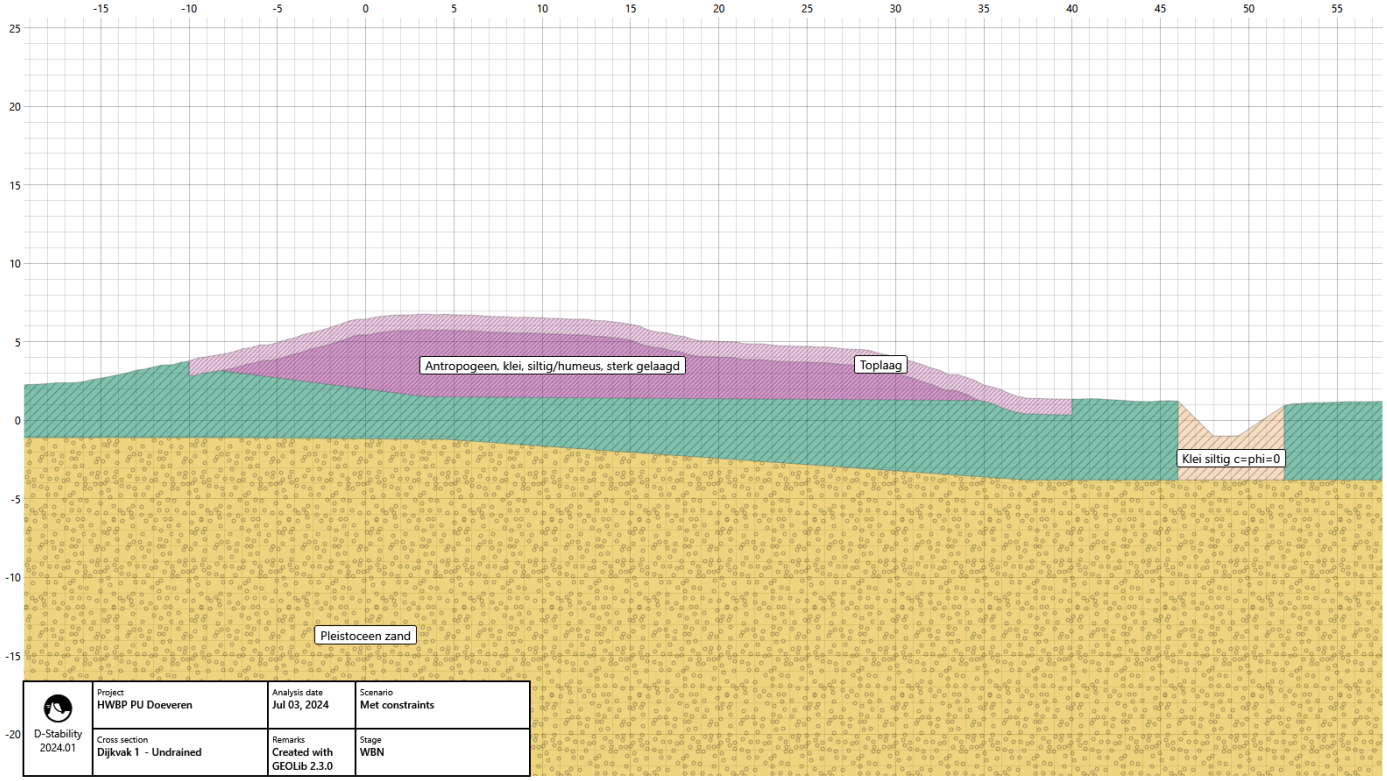
Figuur 1. Locatie geometrie.



Figuur 2. Maatgevende geometrie.

1.3 Ondergrond

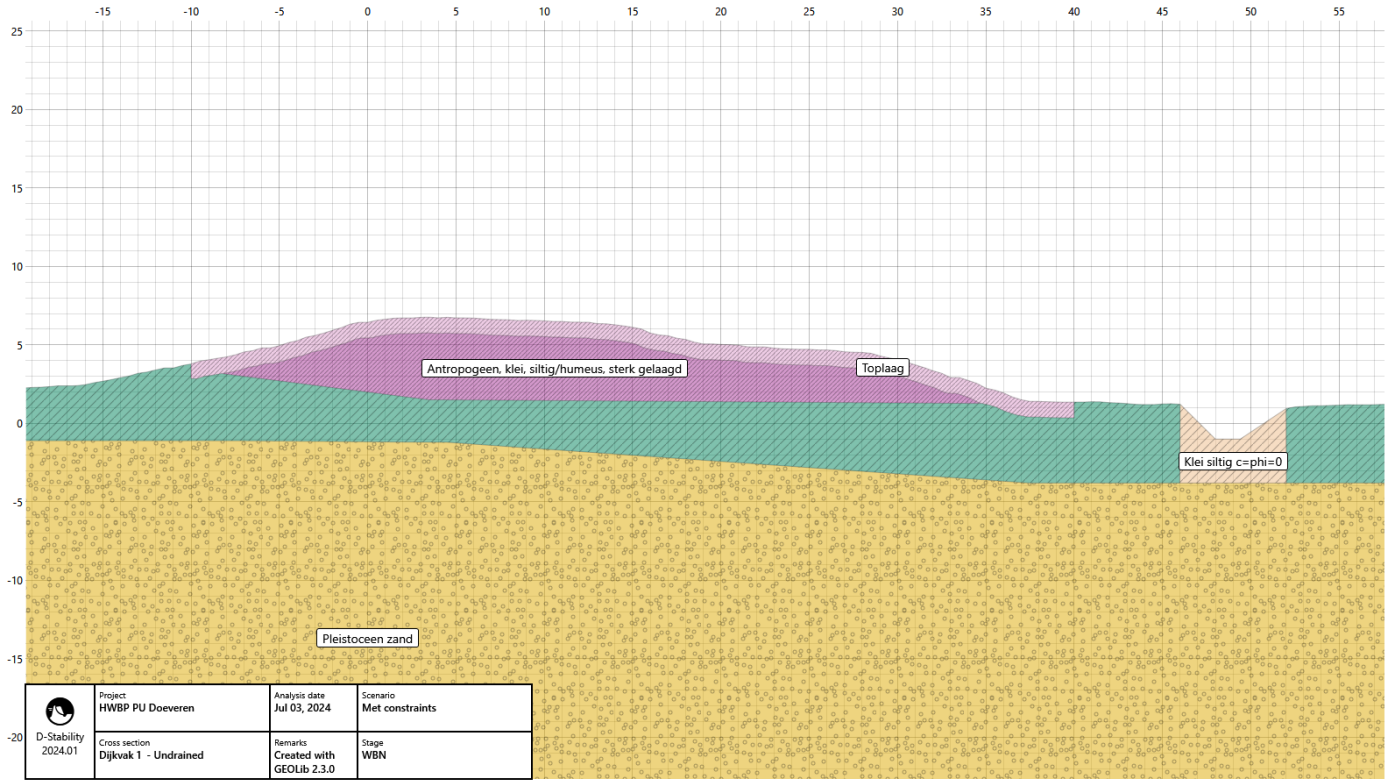
Deze paragraaf beschrijft de bodemopbouw van de berekening. De ondergrond is gebaseerd op grondonderzoek wat staat beschreven in het geotechnisch lengteprofiel opgenomen in de Technische Uitgangspunten Notitie Doeveren. Dit resulteert in de schematisatie van de ondergrond zoals weergegeven in



Figuur 3.

Tabel 2 Gebruikt grondonderzoek

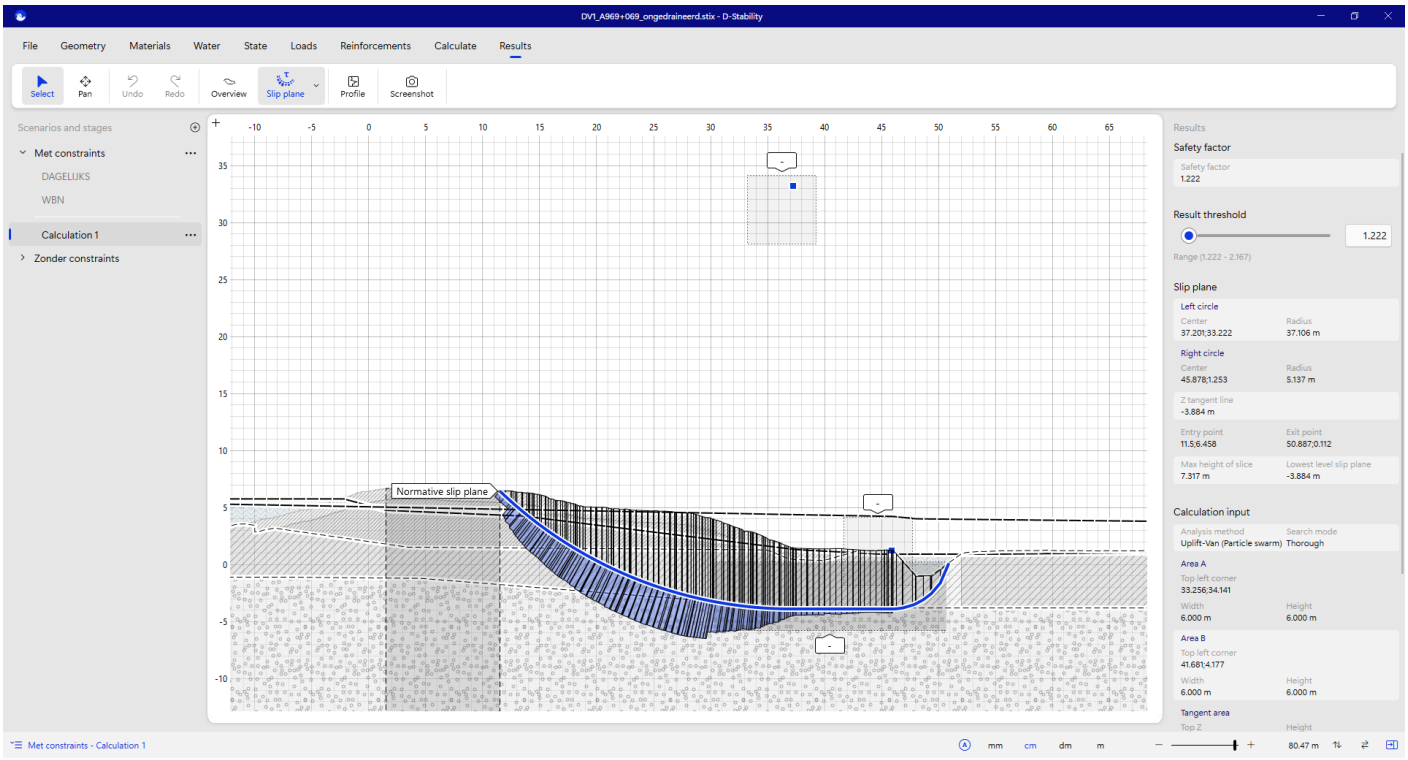
Locatie in dwarsprofiel	Grondonderzoek
Buitendijks	hb_36-5_970+043_vl15
Kruin	bo_36-5_969+001_kr
Binnendijks	hb_36-5_969+002_bit
Achterland	-



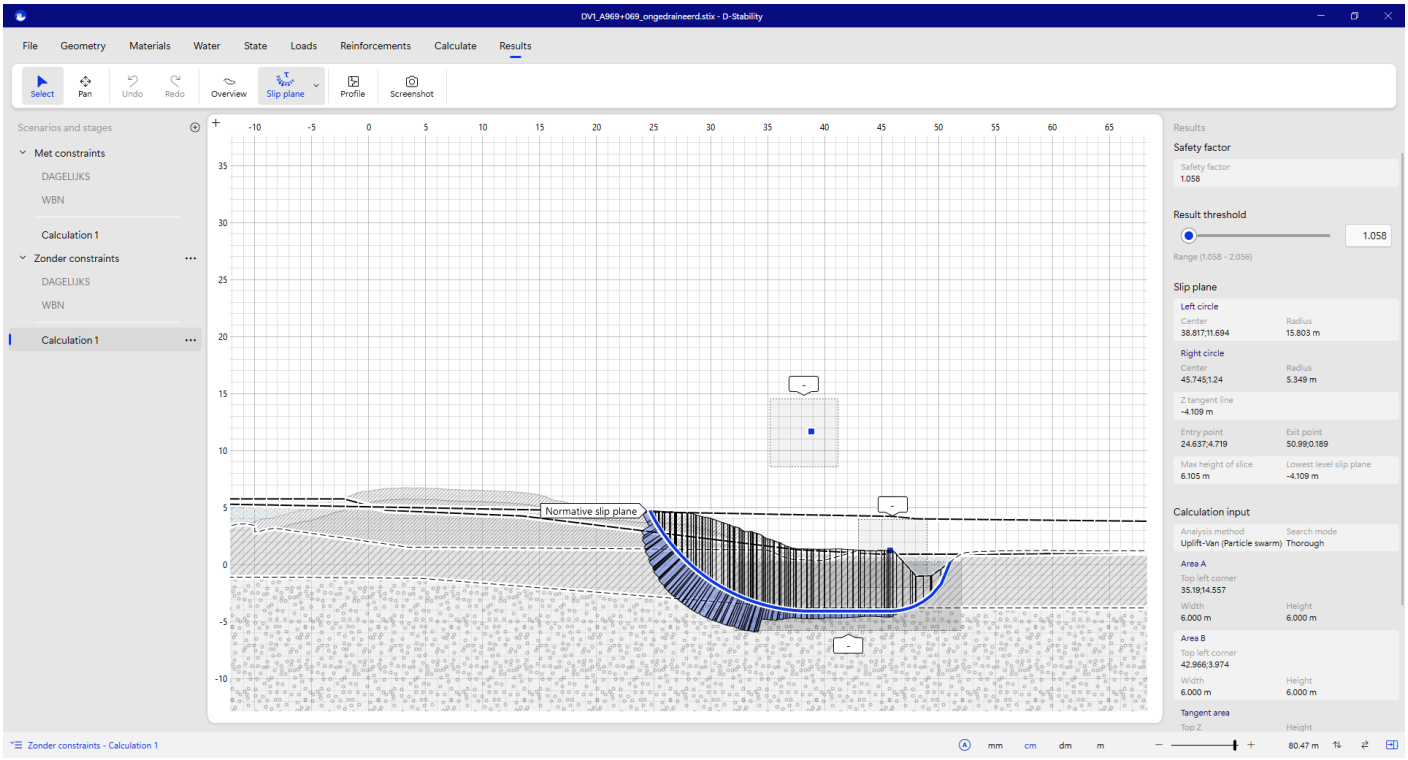
Figuur 3. Ondergrond berekening.

1.4 Glijvlakken

In de onderstaande figuur is het gehanteerde glijvlak gegeven. Daaronder zijn optioneel nog andere glijvlakken getoond indien van meerwaarde.



Figuur 4. Gehanteerd glijvlak.



Figuur 5. Glijvlak indien rekenen zonder constraints. Deze analyse is van meerwaarde in verband met de leidingen die binnendijks liggen. Zie eveneens rapportage waar deze analyse is besproken.

2 Dijkvak 2

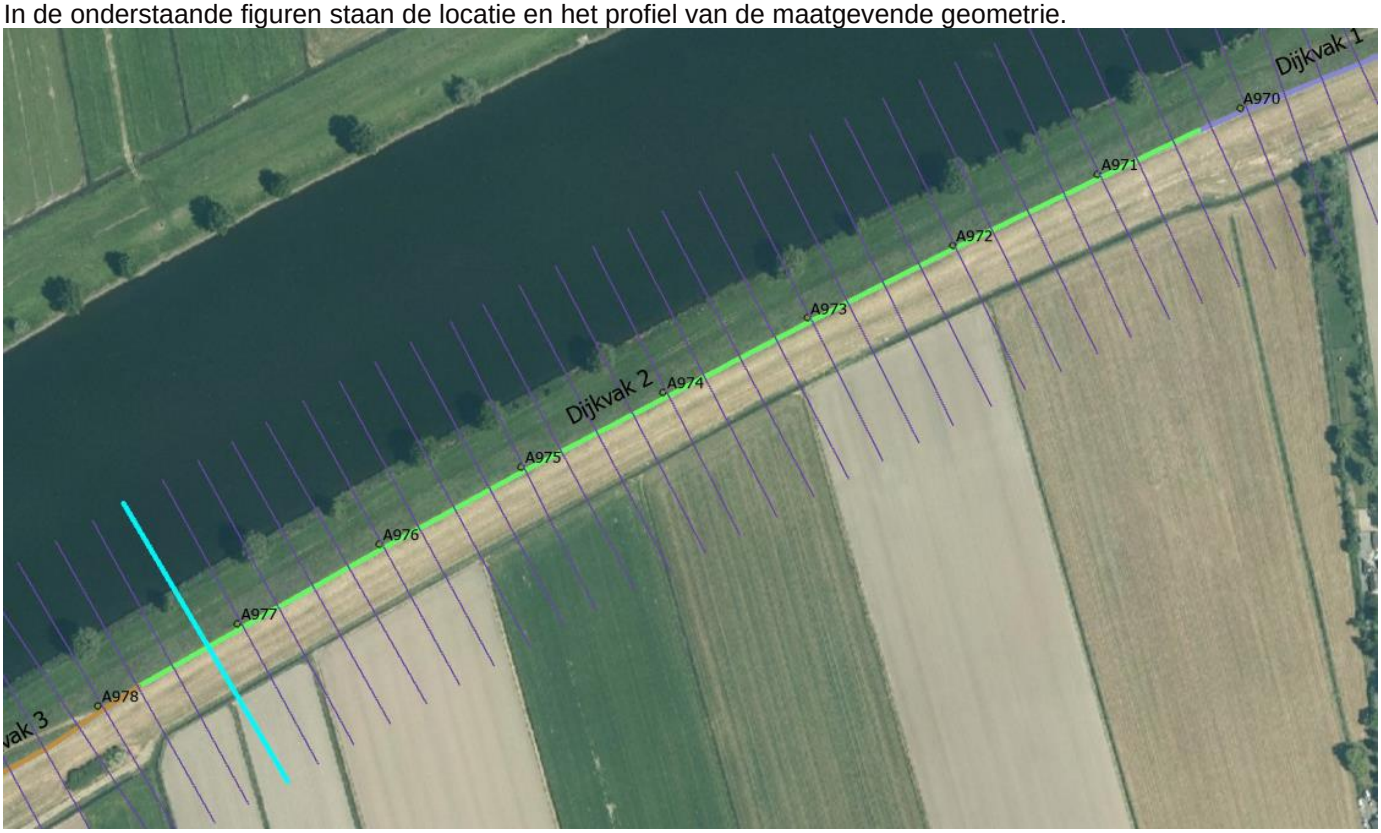
2.1 Algemene informatie

Tabel 3 Algemene informatie dijkvak 1

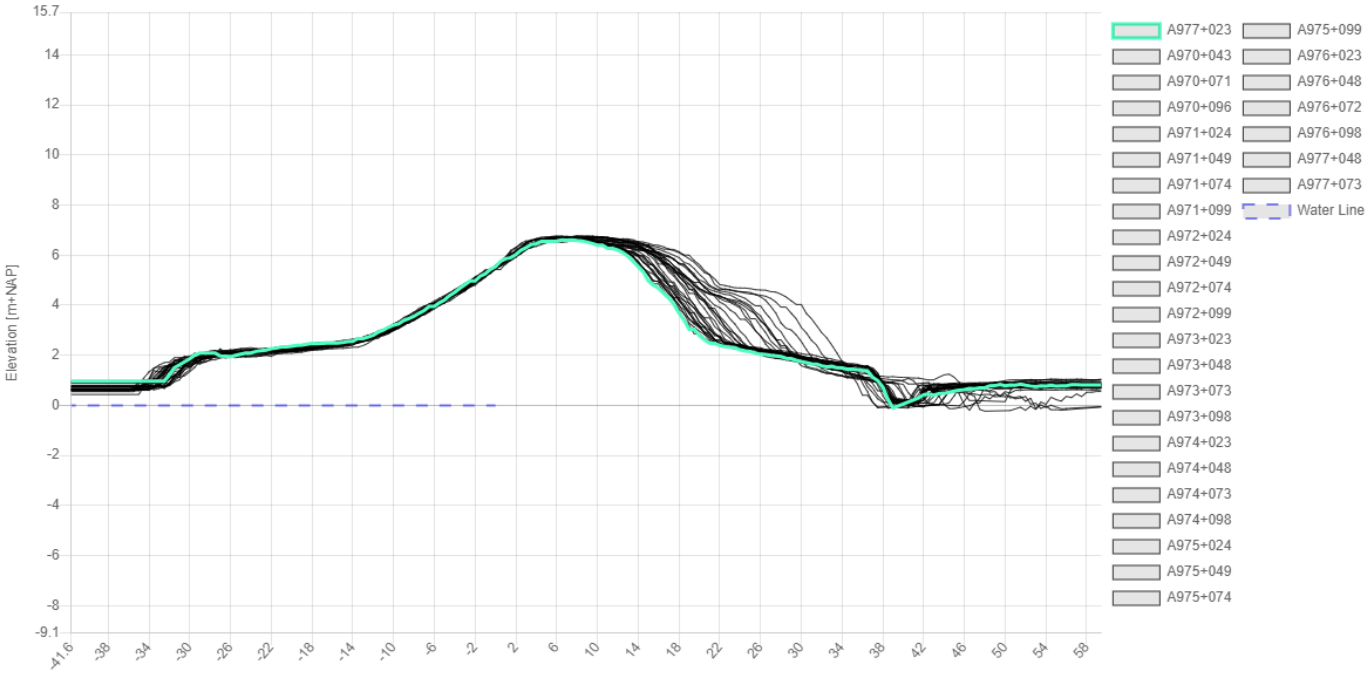
	Informatie
Project	HWBP PU Doeveren
Datum	26-8-2024
Versie	1
Dijktraject	36-5
Dijkvak	2
Dijkvakgrens van	A969+080
Dijkvakgrens tot	A977+080
Rekenlocatie geometrie en bodemopbouw	A977+023

2.2 Geometrie

In de onderstaande figuren staan de locatie en het profiel van de maatgevende geometrie.



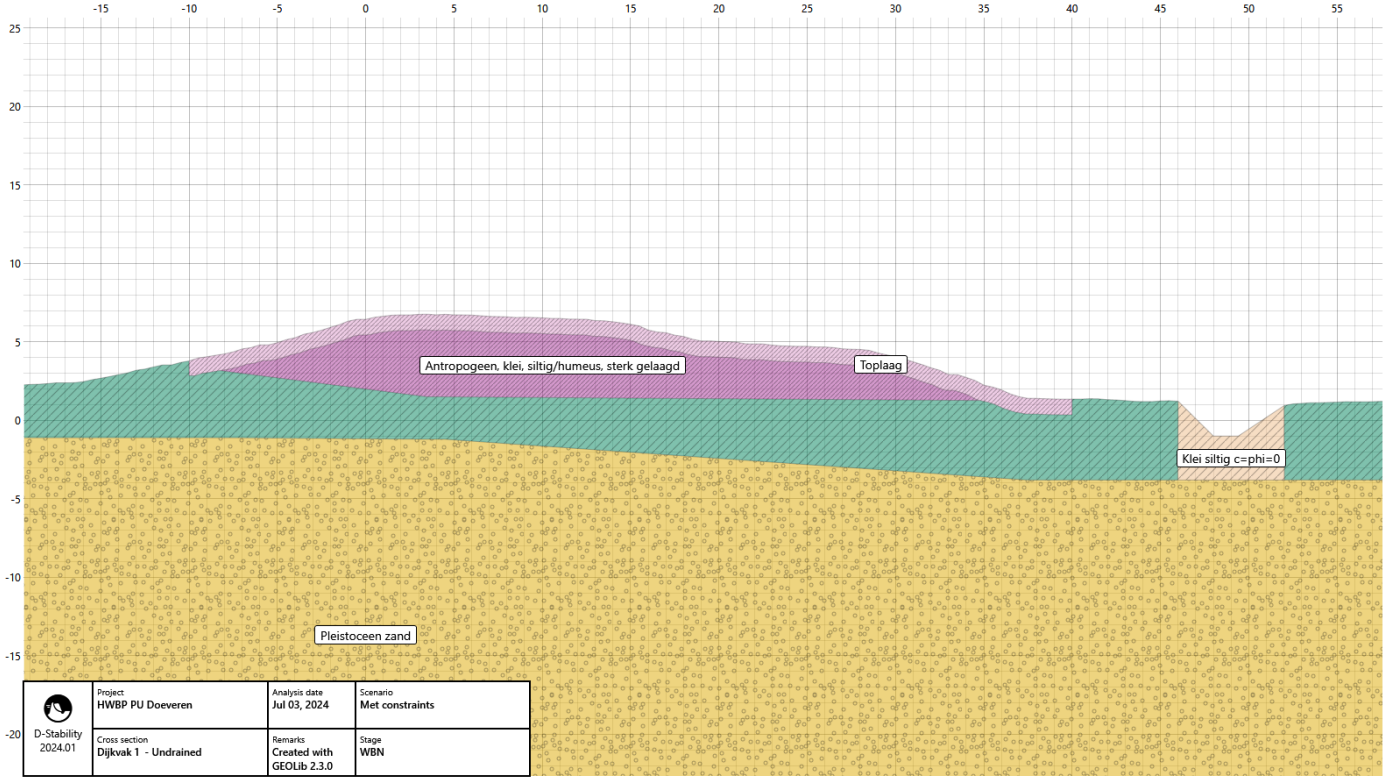
Figuur 6. Locatie geometrie.



Figuur 7. Geometrie.

2.3 Ondergrond

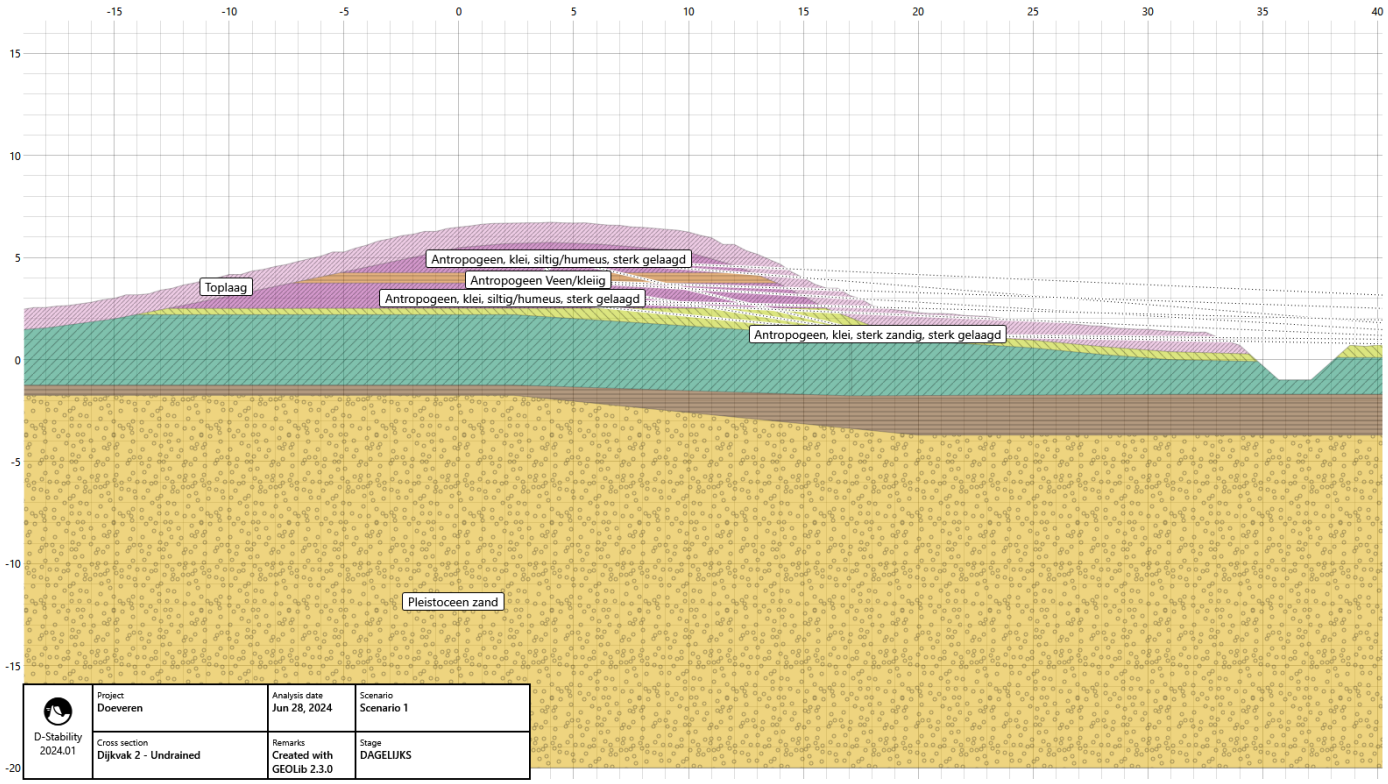
Deze paragraaf beschrijft de bodemopbouw van de berekening. De ondergrond is gebaseerd op grondonderzoek wat staat beschreven in het geotechnisch lengteprofiel opgenomen in de Technische Uitgangspunten Notitie Doeveren. Dit resulteert in de schematisatie van de ondergrond zoals weergegeven in



Figuur 3.

Tabel 4 Gebruikt grondonderzoek

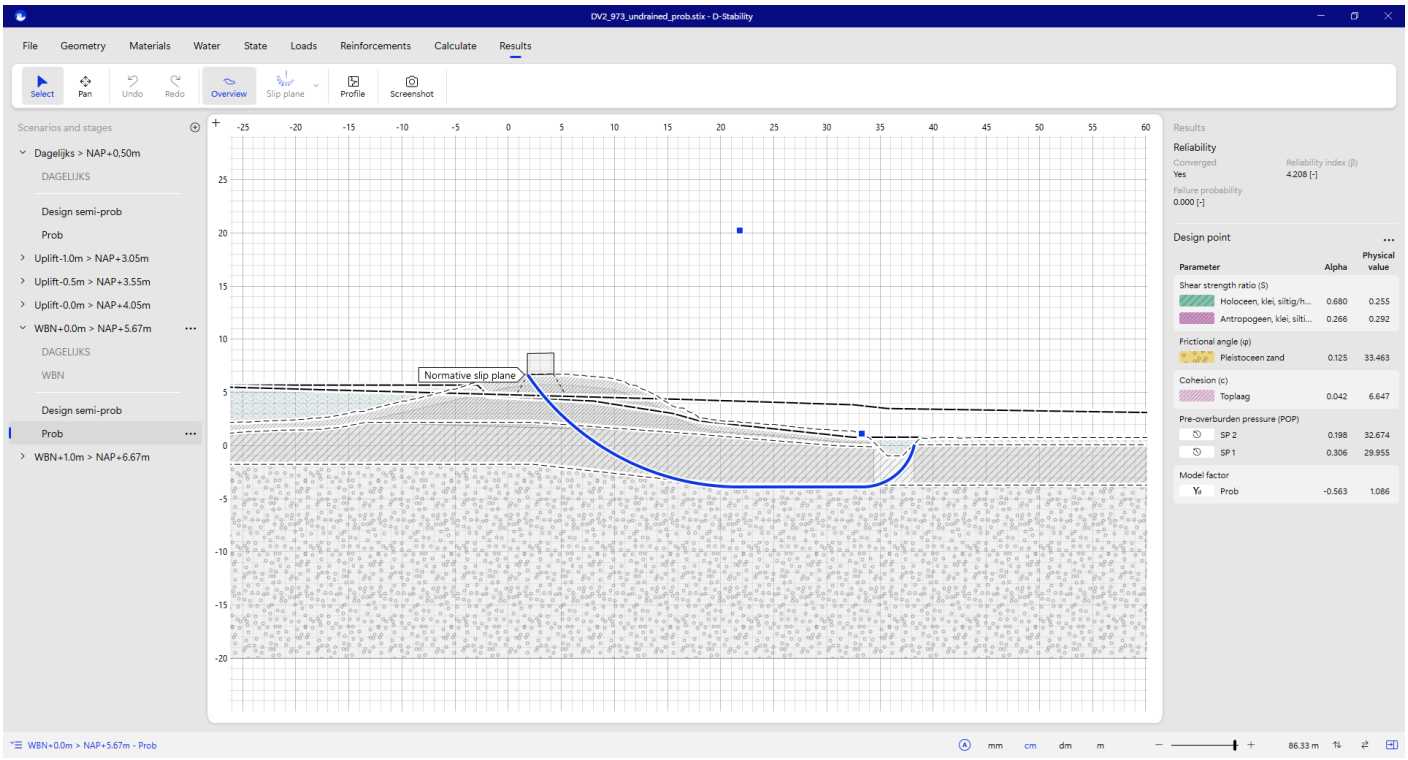
Locatie in dwarsprofiel	Grondonderzoek
Buitendijks	-
Kruin	bo_36-5_972+100_kr
Binnendijks	hb_36-5_973+003_bit
Achterland	-



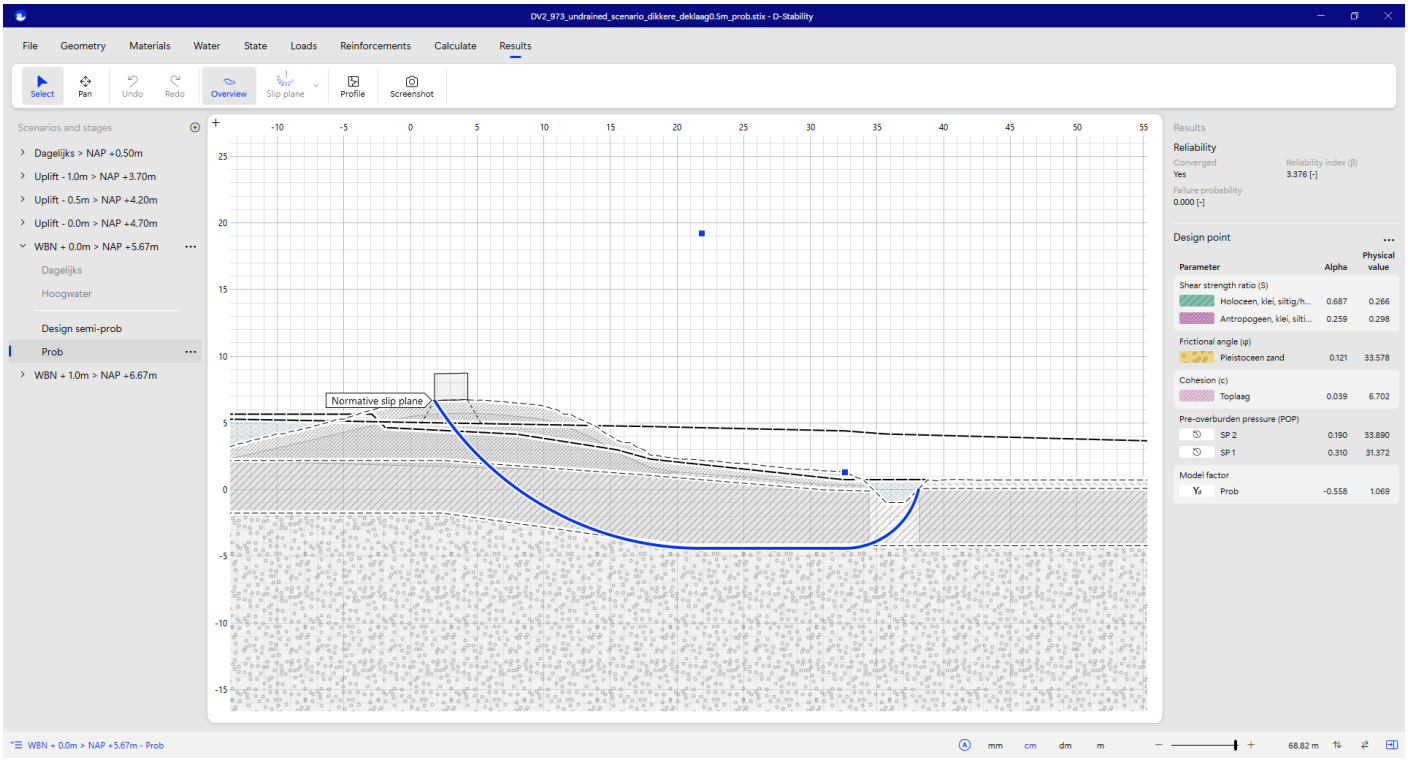
Figuur 8. Ondergrond berekening.

2.4 Glijvlakken (STBI)

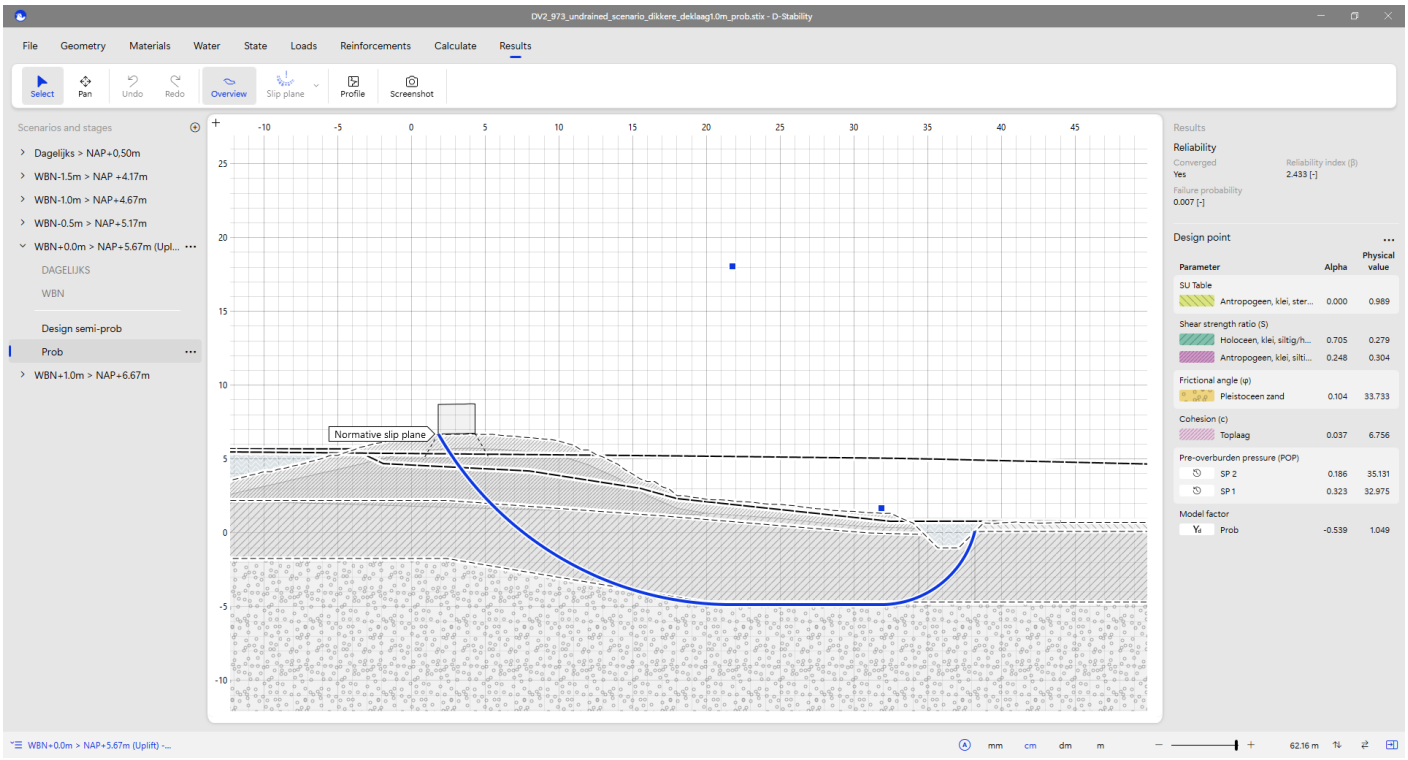
In de onderstaande figuur is het gehanteerde glijvlak gegeven. Daaronder zijn optioneel nog andere glijvlakken getoond indien van meerwaarde.



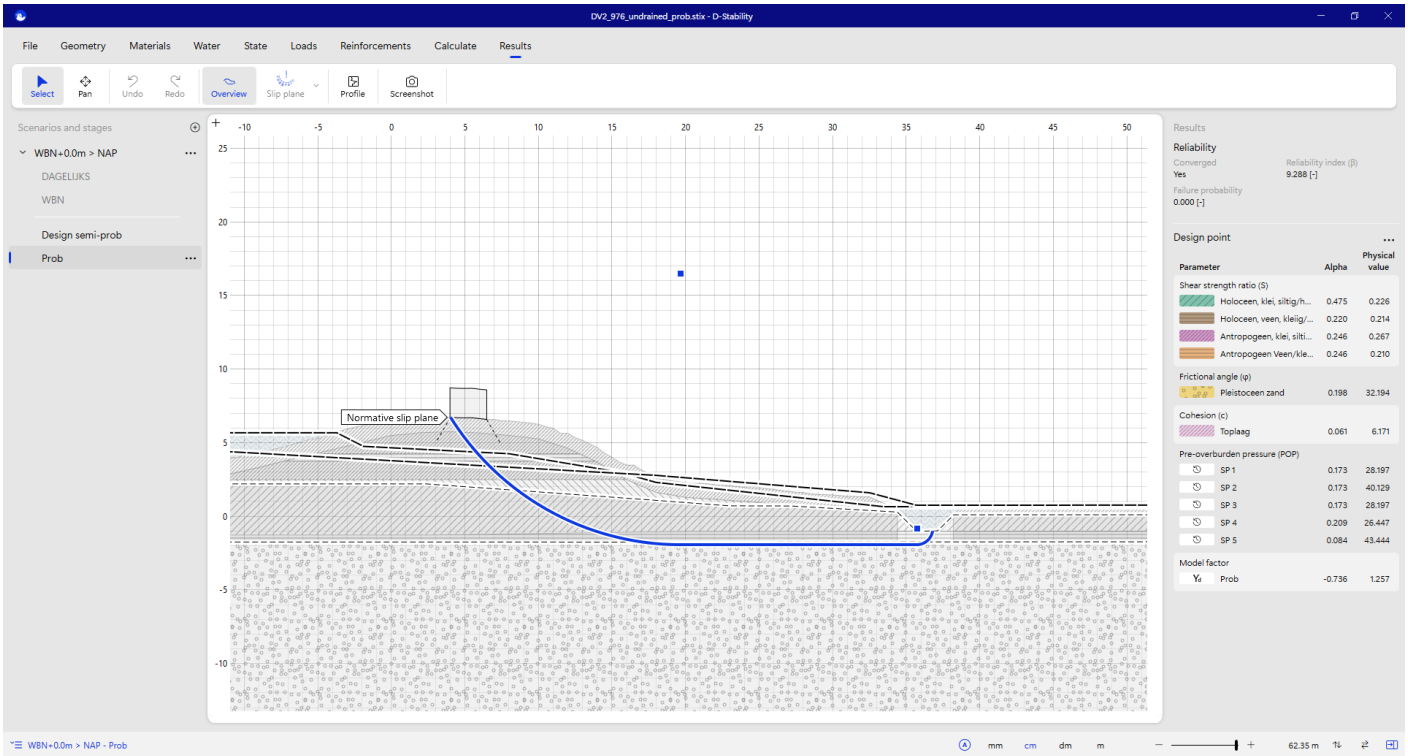
Figuur 9. Basis scenario (40% kans).



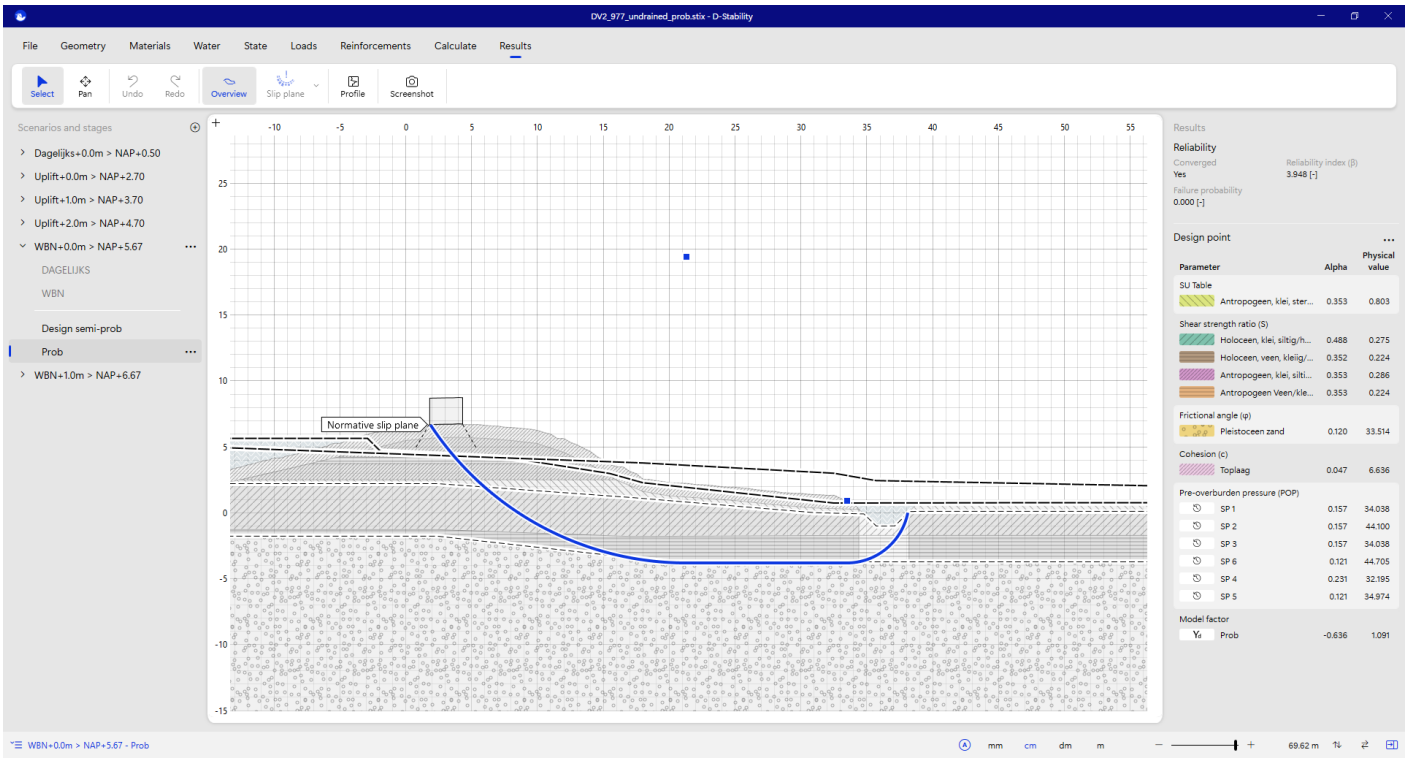
Figuur 10. Basis scenario maar dan met een 0,5m dikkere deklaag (25% kans).



Figuur 11. Basis scenario maar dan met een 0,5m dikkere deklaag (5% kans).



Figuur 12. Scenario o.b.v. locatie KM976 (10% kans); een dunne kleilaag op veen in achterland.

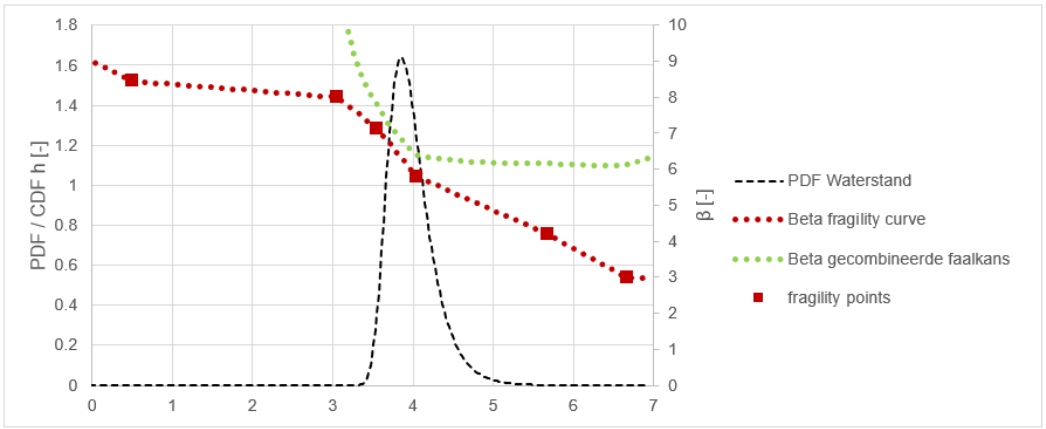


Figuur 13. Scenario o.b.v. locatie KM977 (20% kans); klei op een dike veenlaag in achterland.

2.5 Fragility curves (STBI)

Berekening betrouwbaarheidsindex dijkvak 2 Doeveren

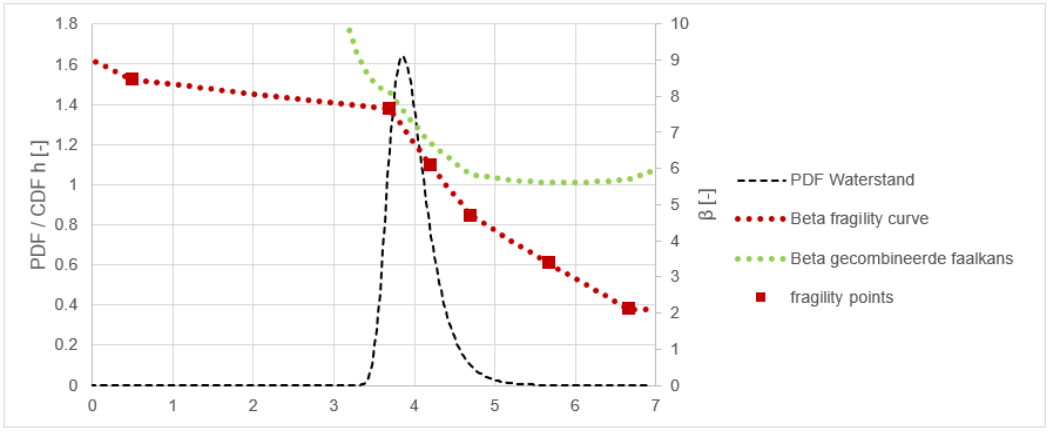
Faalkans	4.75E-08	per jaar
Terugkeertijd	2.10E+07	jaren
Betrouwbaarheidsindex (β)	5.34	-
Ontwerppunt	6.35	NAP m



Figuur 14. Fragility curve horned bij locatie 973.

Berekening betrouwbaarheidsindex dijkvak 2 Doeveren

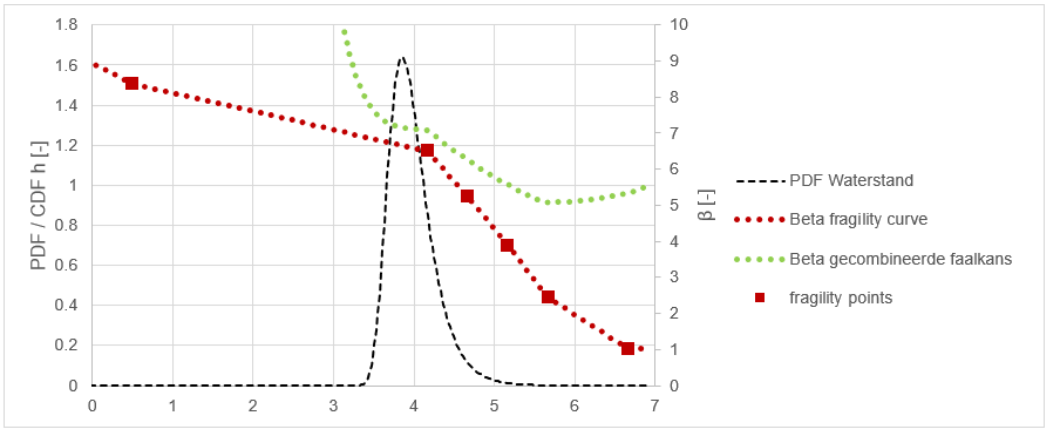
Faalkans	7.92E-07	per jaar
Terugkeertijd	1.26E+06	jaren
Betrouwbaarheidsindex (β)	4.80	-
Ontwerppunt	5.79	NAP m



Figuur 15. Fragility curve horned bij locatie 973 een 0,5m dikkere deklaag.

Berekening betrouwbaarheidsindex dijkvak 2 Doeveren

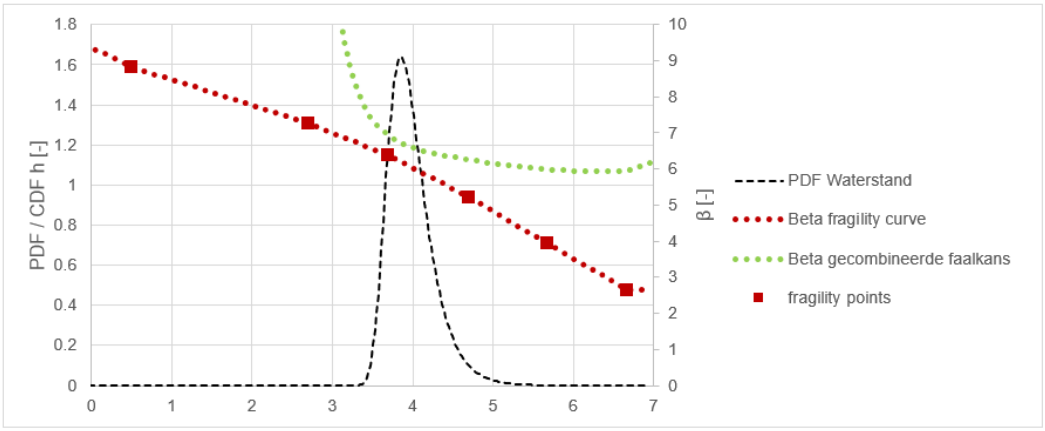
Faalkans	8.64E-06	per jaar
Terugkeertijd	1.16E+05	jaren
Betrouwbaarheidsindex (β)	4.30	-
Ontwerppunt	5.67	NAP m



Figuur 16. Fragility curve horned bij locatie 973 een 1,0m dikkere deklaag.

Berekening betrouwbaarheidsindex dijkvak 2 Doeveren

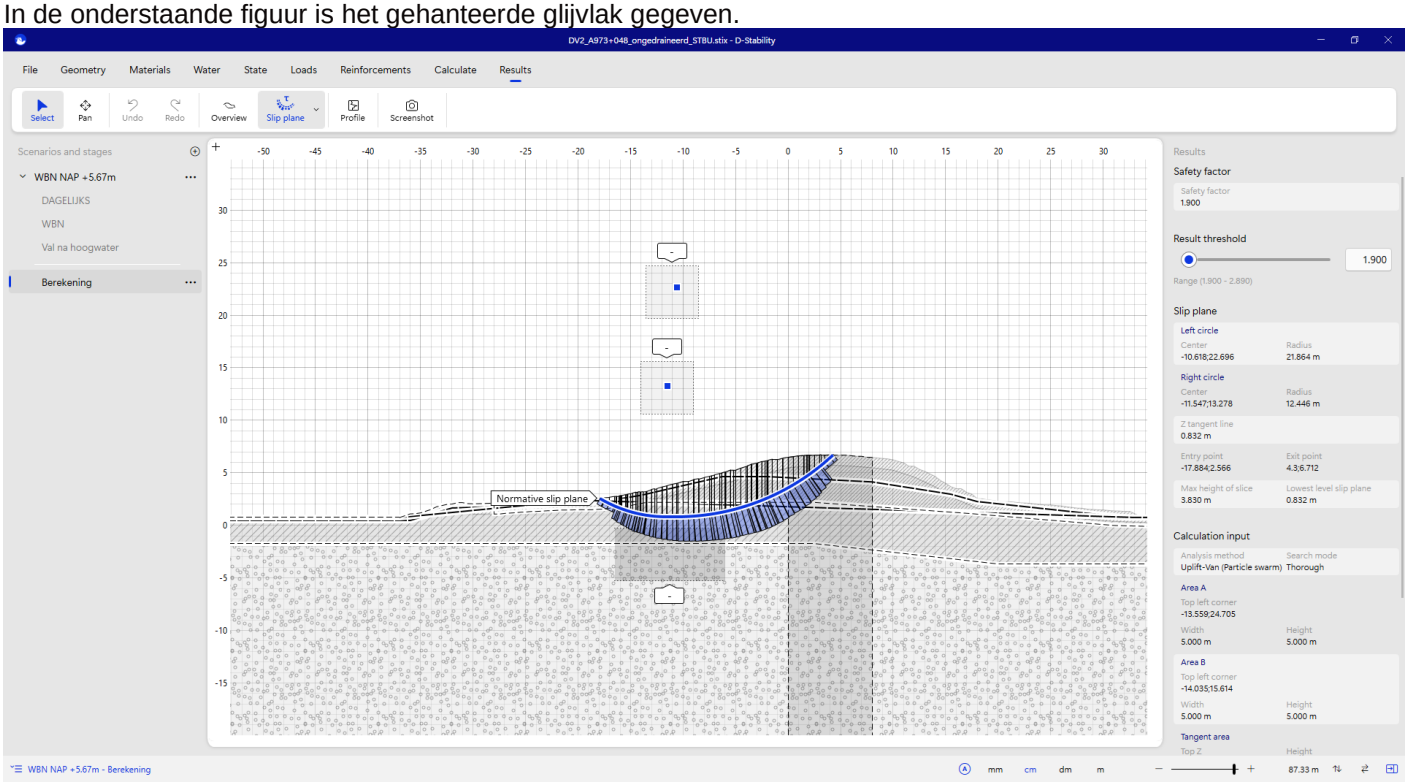
Faalkans	1.08E-07 per jaar
Terugkeertijd	9.28E+06 jaren
Betrouwbaarheidsindex (β)	5.19 -
Ontwerppunt	6.29 NAP m



Figuur 17. Fragility curve horned bij locatie 977.

2.6 Glijvlakken (STBU)

In de onderstaande figuur is het gehanteerde glijvlak gegeven.



Figuur 18

3 Dijkvak 3

3.1 Algemene informatie

Tabel 5. Algemene informatie dijkvak 3.

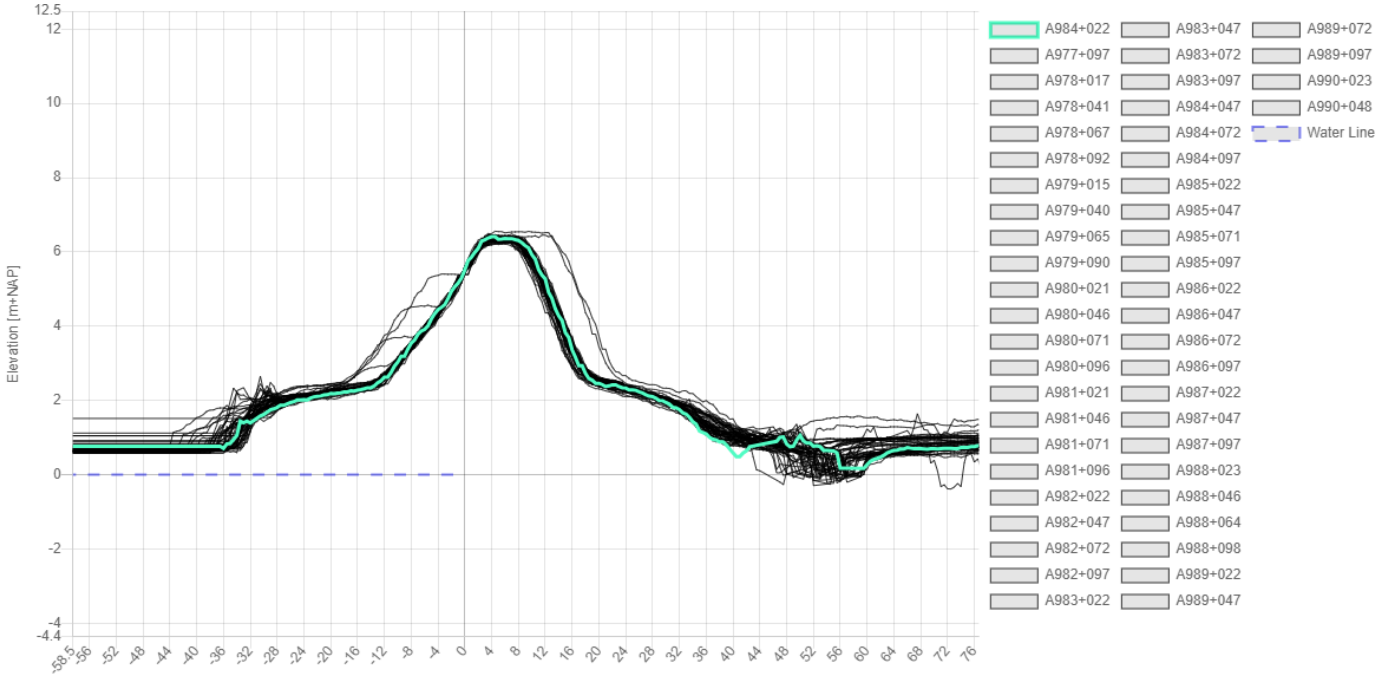
Onderdeel	Informatie
Project	HWBP PU Doeveren
Datum	26-8-2024
Versie	1
Dijktraject	36-5
Dijkvak	3
Dijkvakgrens van	A977+080
Dijkvakgrens tot	A990+080
Rekenlocatie geometrie en bodemopbouw	A984+022

3.2 Geometrie

In de onderstaande figuren staan de locatie en het profiel van de maatgevende geometrie.



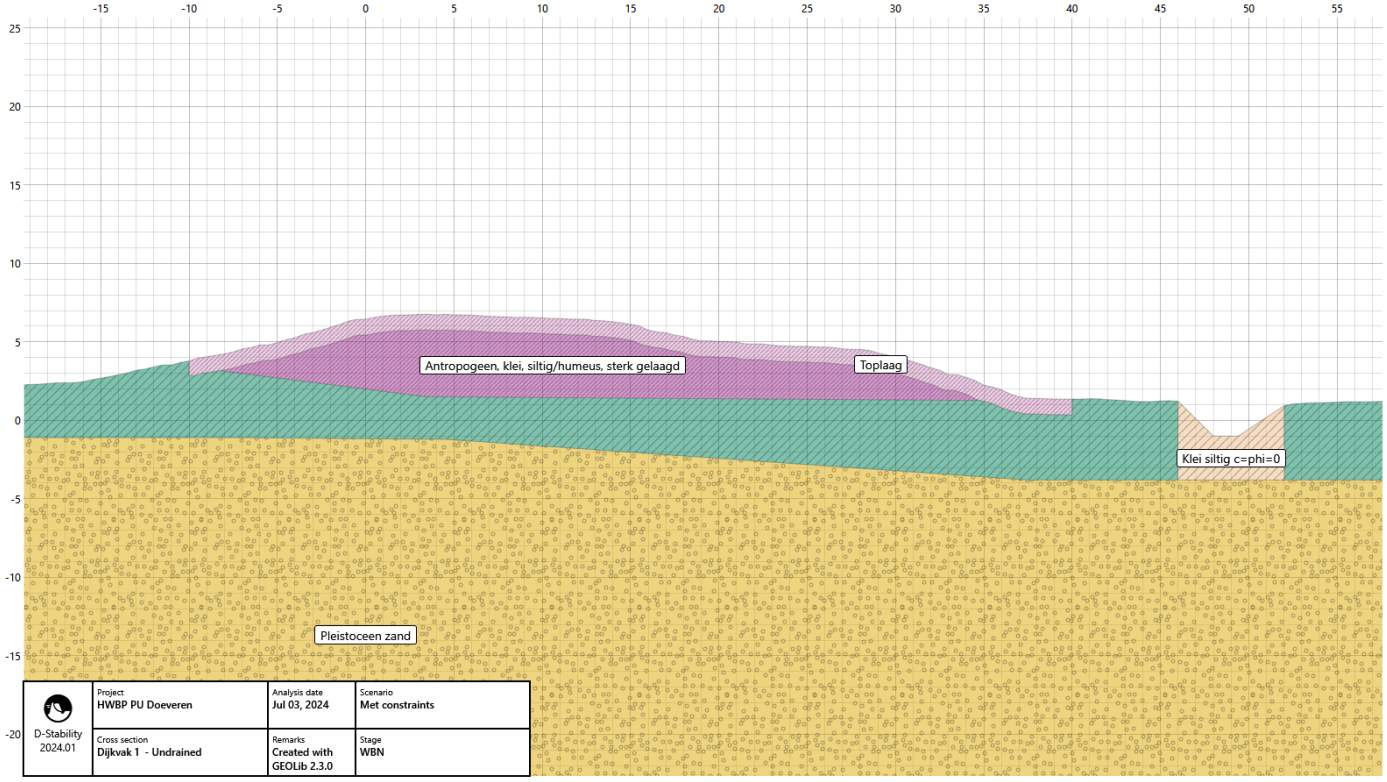
Figuur 19 Locatie geometrie



Figuur 20 Geometrie

3.3 Ondergrond

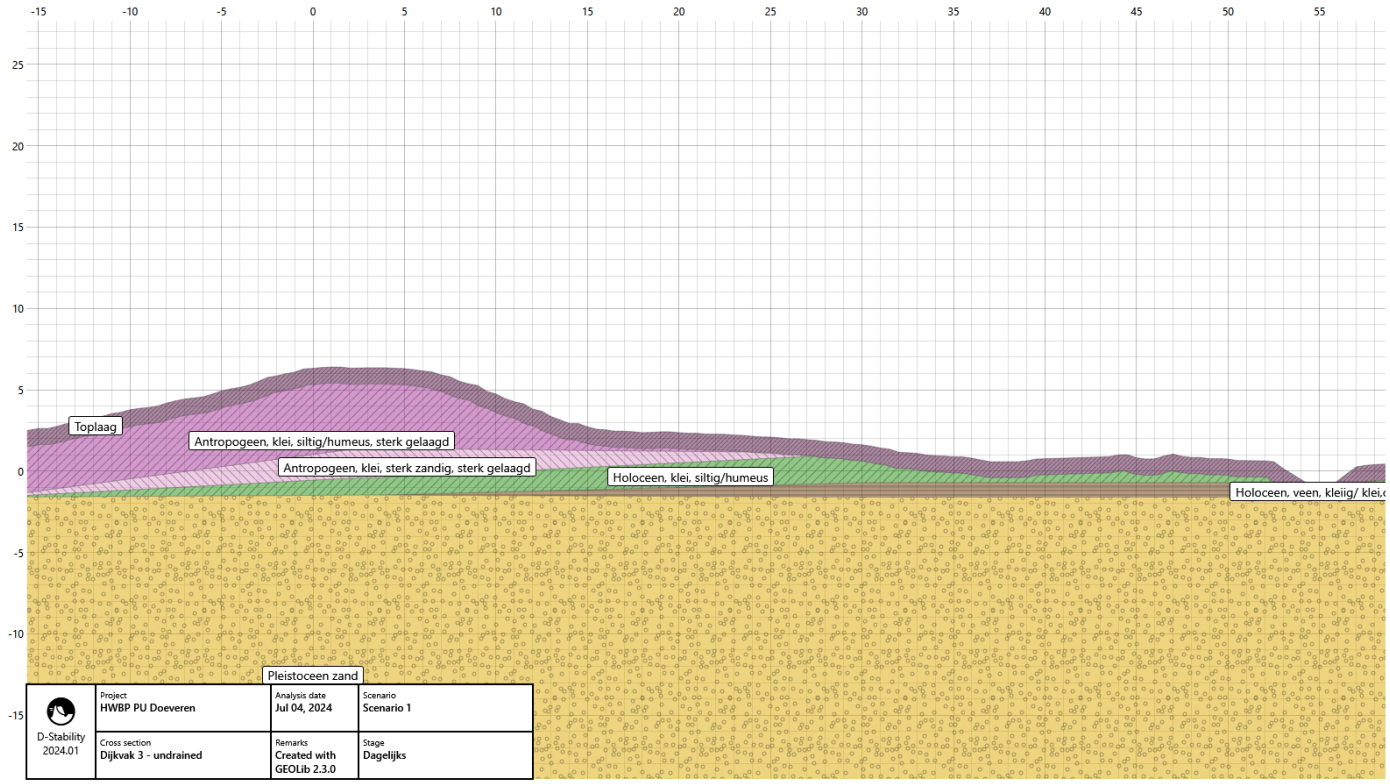
Deze paragraaf beschrijft de bodemopbouw van de berekening. De ondergrond is gebaseerd op grondonderzoek wat staat beschreven in het geotechnisch lengteprofiel opgenomen in de Technische Uitgangspunten Notitie Doeveren. Dit resulteert in de schematisatie van de ondergrond zoals weergegeven in



Figuur 3.

Tabel 6 Gebruikt grondonderzoek

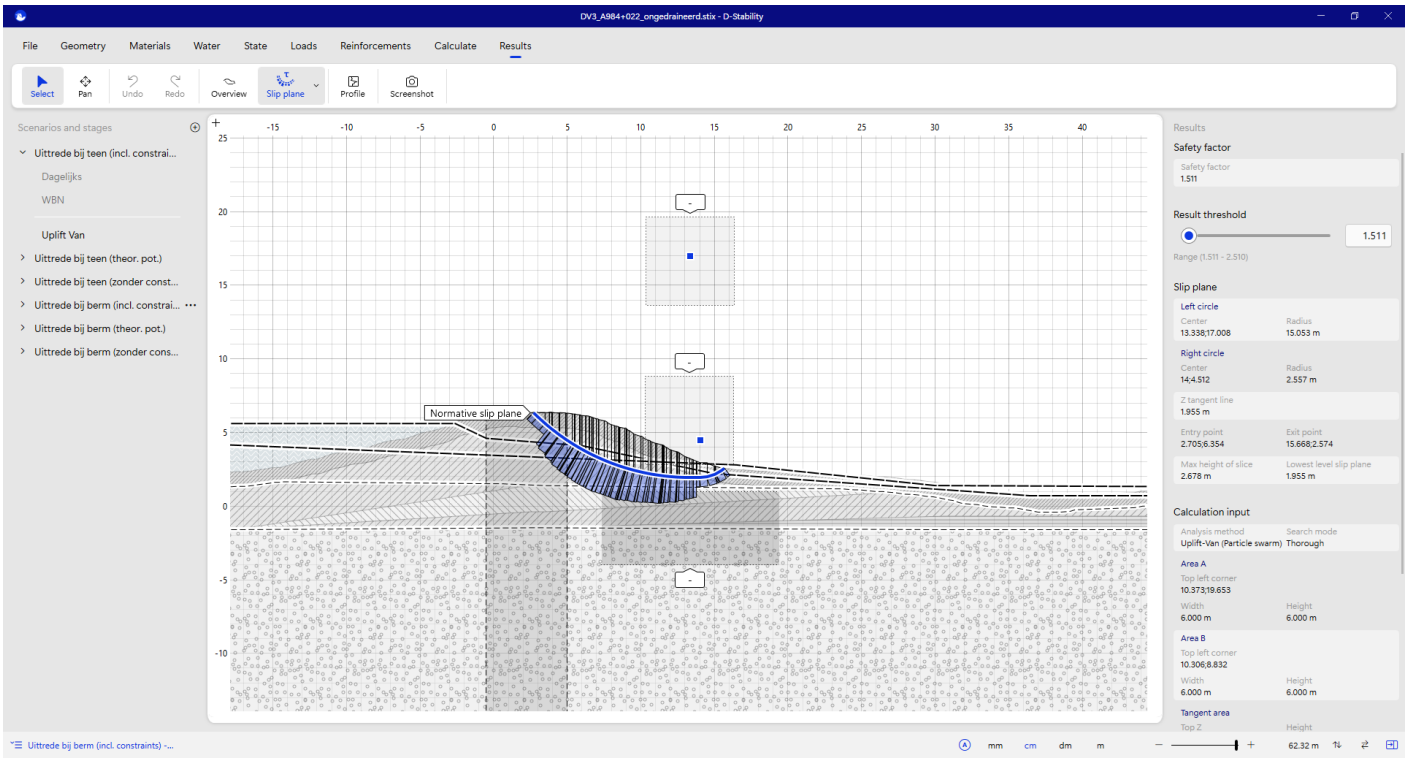
Locatie in dwarsprofiel	Grondonderzoek
Buitendijks	BHR000000360605
Kruin	bo_36-5_983+001_kr
Binnendijks	hb_36-5_982+099_bit_1
Achterland	-



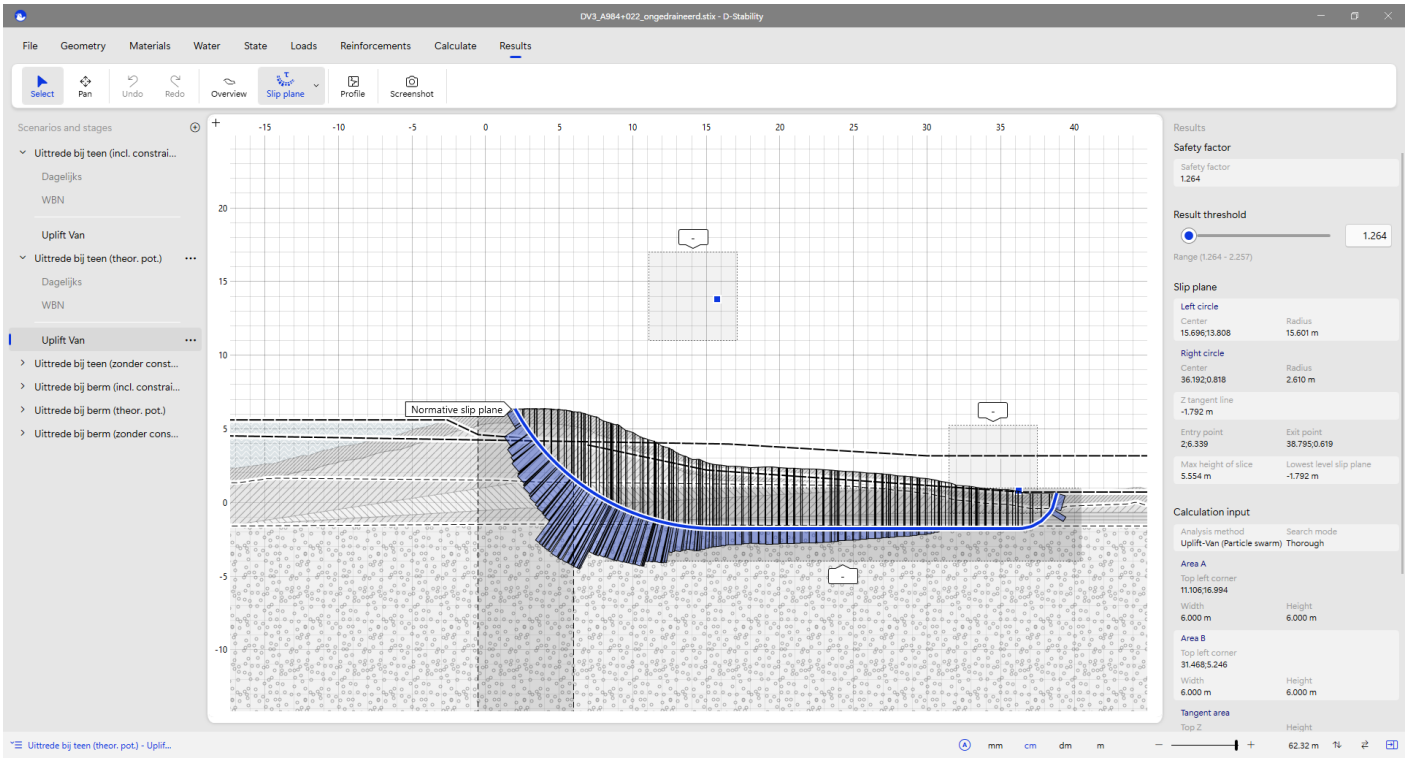
Figuur 21. Ondergrond berekening.

3.4 Glijvlakken

In de onderstaande figuur is het gehanteerde glijvlak gegeven. Daaronder zijn optioneel nog andere glijvlakken getoond indien van meerwaarde.



Figuur 22. Gehanteerd glijvlak.



Figuur 23. Indien de theoretische potentiaal wordt toegepast, dan is de binnenteen de maatgevende locatie voor de uittrede locatie van het glijvlak.

4 Dijkvak 4

4.1 Algemene informatie

Tabel 7. Algemene informatie dijkvak 4.

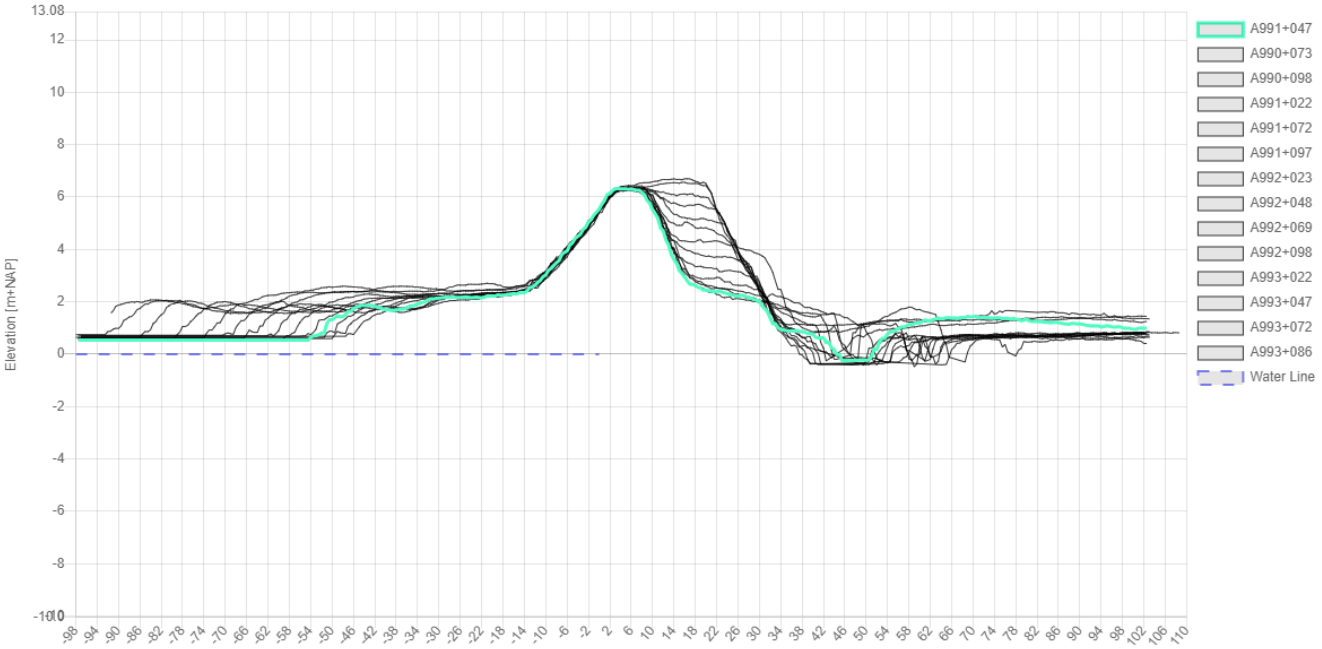
Onderdeel	Informatie
Project	HWBP PU Doeveren
Datum	26-8-2024
Versie	1
Dijktraject	36-5
Dijkvak	4
Dijkvakgrens van	A990+080
Dijkvakgrens tot	A994+000
Rekenlocatie geometrie en bodemopbouw	A991+047

4.2 Geometrie

In de onderstaande figuren staan de locatie en het profiel van de maatgevende geometrie.



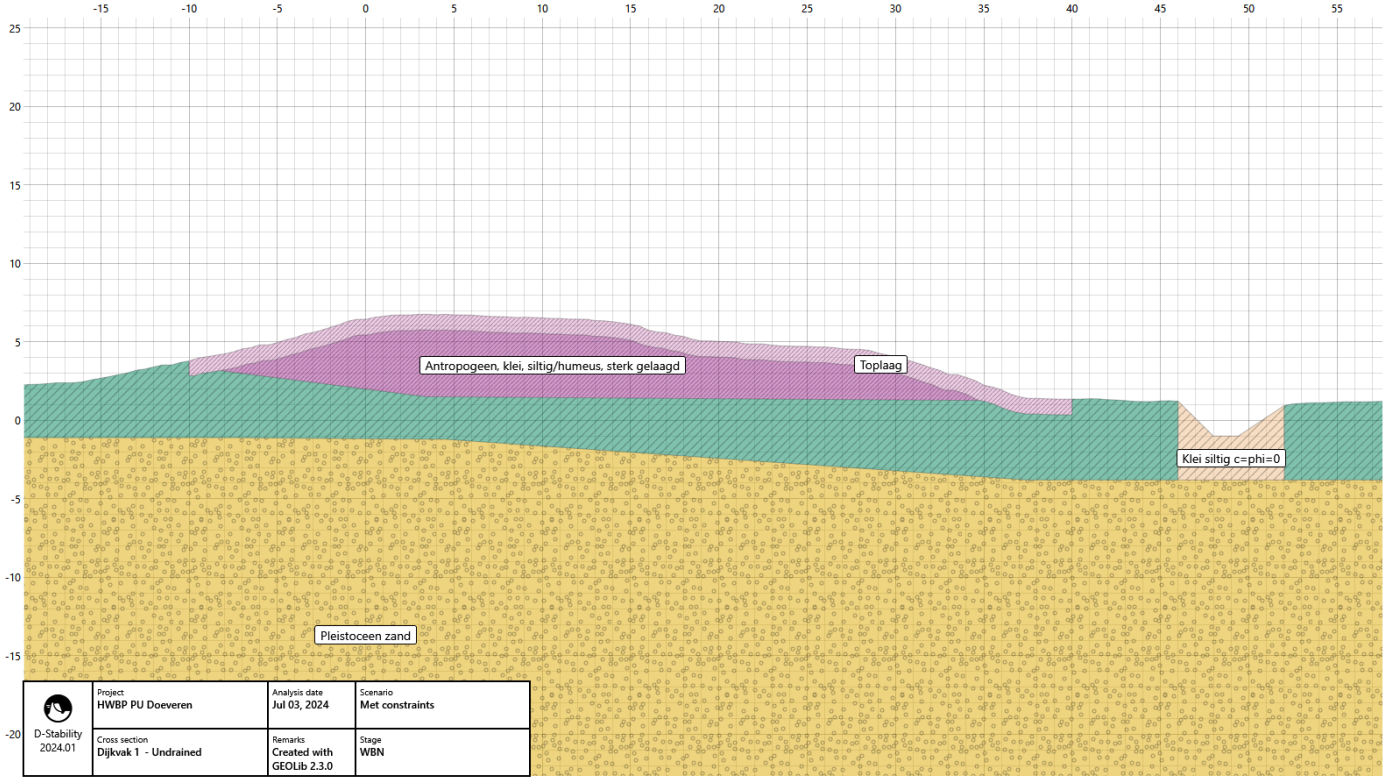
Figuur 24. Locatie geometrie.



Figuur 25 Geometrie

4.3 Ondergrond

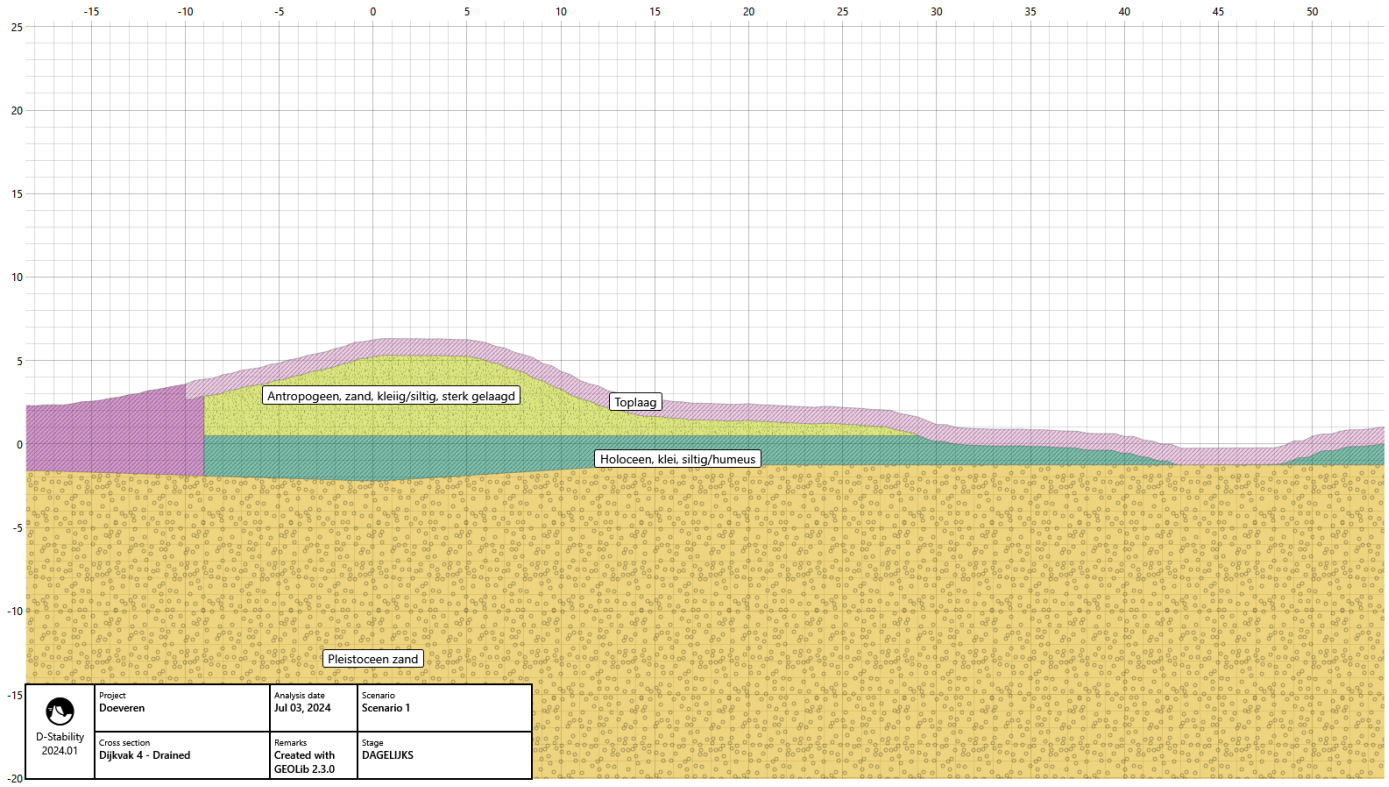
Deze paragraaf beschrijft de bodemopbouw van de berekening. De ondergrond is gebaseerd op grondonderzoek wat staat beschreven in het geotechnisch lengteprofiel opgenomen in de Technische Uitgangspunten Notitie Doeveren. Dit resulteert in de schematisatie van de ondergrond zoals weergegeven in



Figuur 3.

Tabel 8. Gebruikt grondonderzoek.

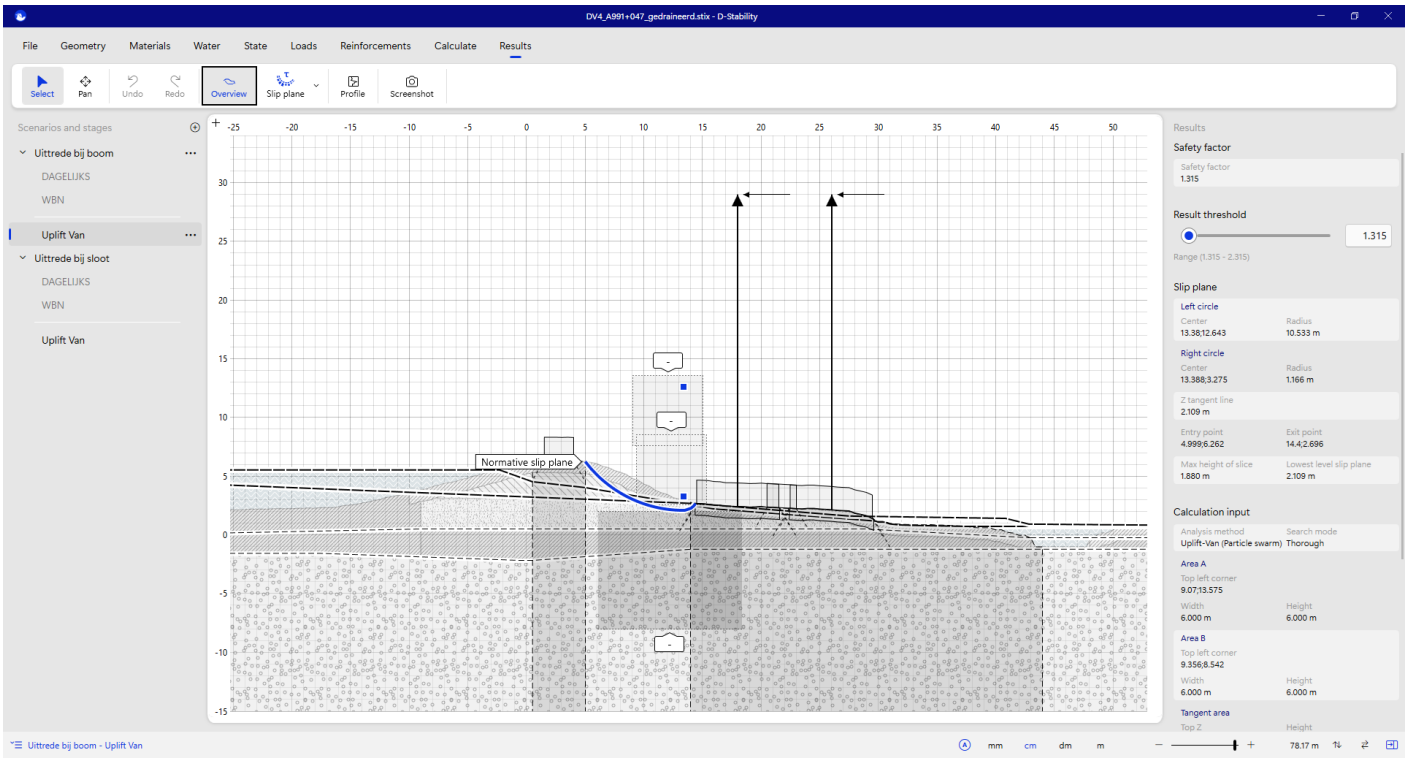
Locatie in dwarsprofiel	Grondonderzoek
Buitendijks	BHR000000360610
Kruin	bo_36-5_991+042_kr
Binnendijks	bo_36-5_990+099_bit
Achterland	-



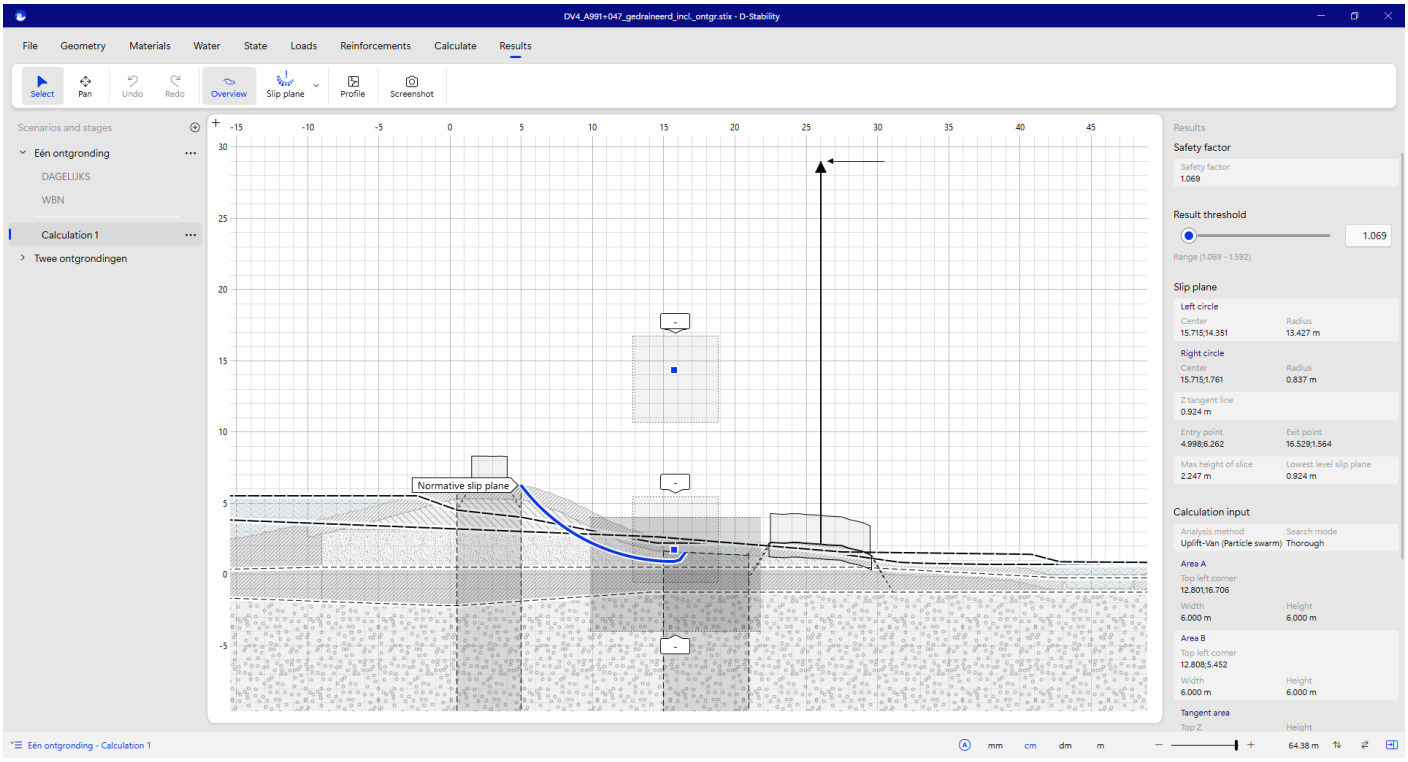
Figuur 26. Ondergrond berekening.

4.4 Glijvlakken

In de onderstaande figuur is het gehanteerde glijvlak gegeven. Daaronder zijn optioneel nog andere glijvlakken getoond indien van meerwaarde.



Figuur 27. Gehanteerd glijvlak.



Figuur 28. Glijvlak inclusief ontgronding van ontwortelde boom.

5 Dijkvak 5

5.1 Algemene informatie

Tabel 9. Algemene informatie dijkvak 5.

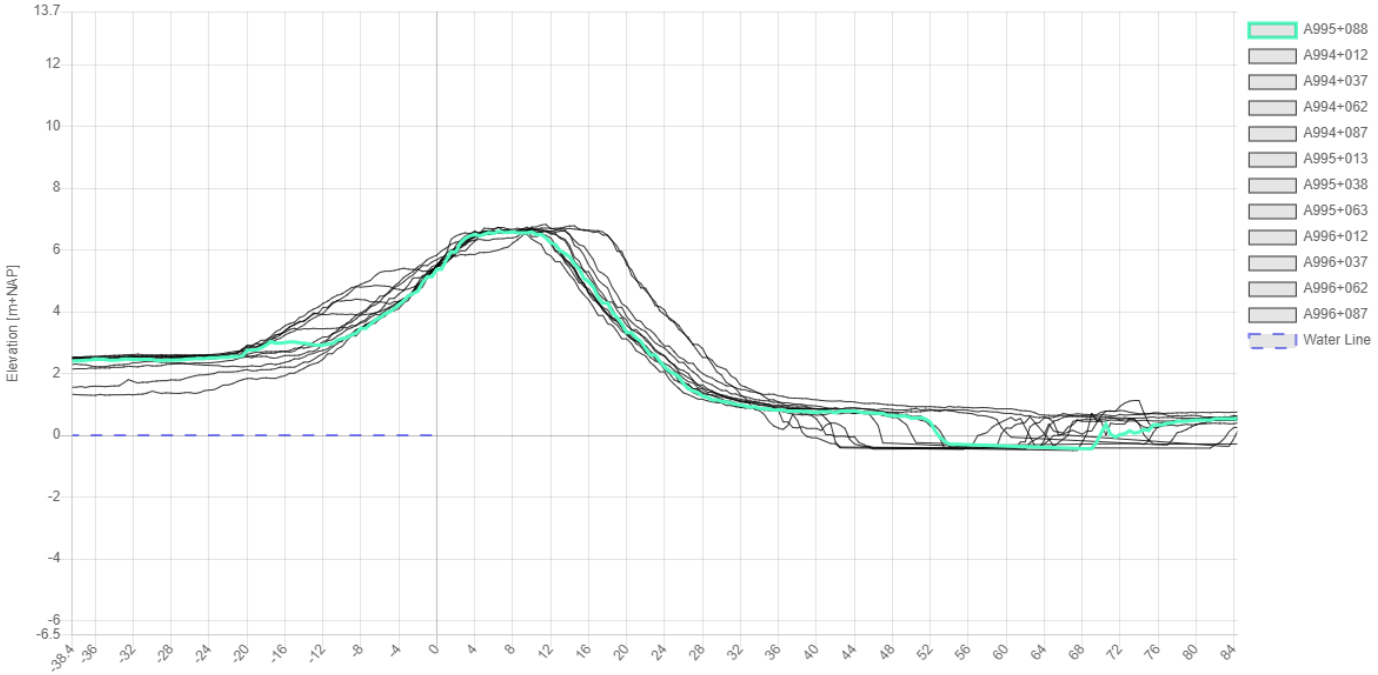
	Informatie
Project	HWBP PU Doeveren
Datum	26-8-2024
Versie	1
Dijktraject	36-5
Dijkvak	5
Dijkvakgrens van	A994+000
Dijkvakgrens tot	A997+020
Rekenlocatie geometrie en bodemopbouw	A995+0??

5.2 Geometrie

In de onderstaande figuren staan de locatie en het profiel van de maatgevende geometrie.



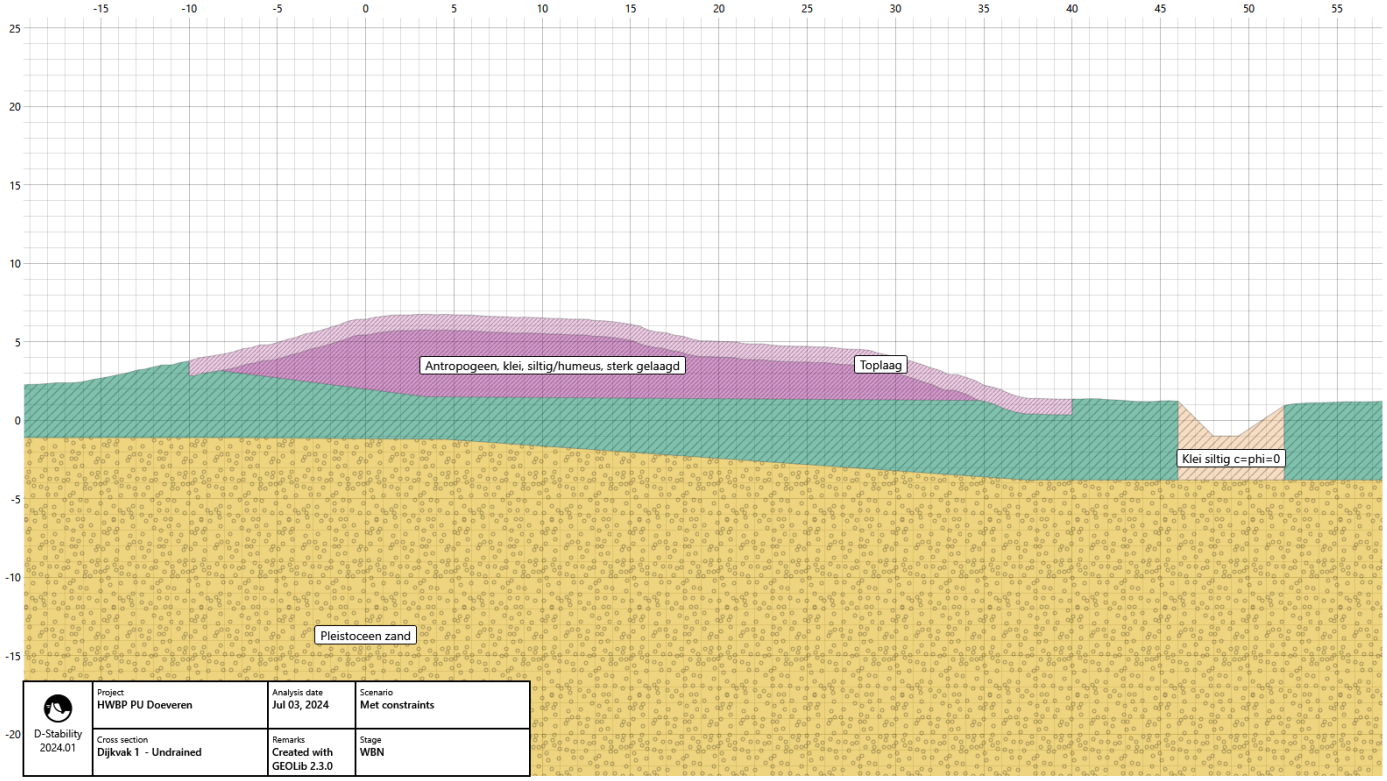
Figuur 29. Locatie geometrie.



Figuur 30. Geometrie.

5.3 Ondergrond

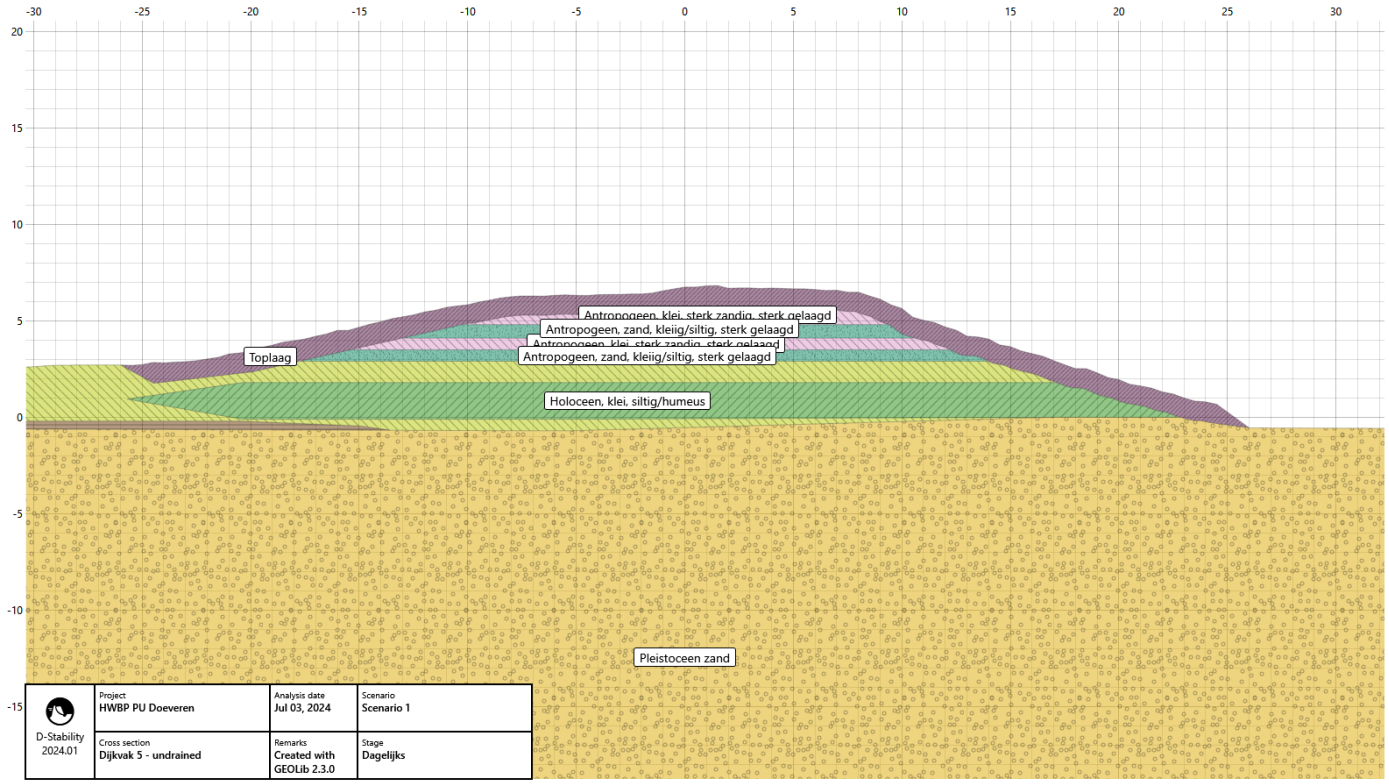
Deze paragraaf beschrijft de bodemopbouw van de berekening. De ondergrond is gebaseerd op grondonderzoek wat staat beschreven in het geotechnisch lengteprofiel opgenomen in de Technische Uitgangspunten Notitie Doeveren. Dit resulteert in de schematisatie van de ondergrond zoals weergegeven in



Figuur 3.

Tabel 10 Gebruikt grondonderzoek

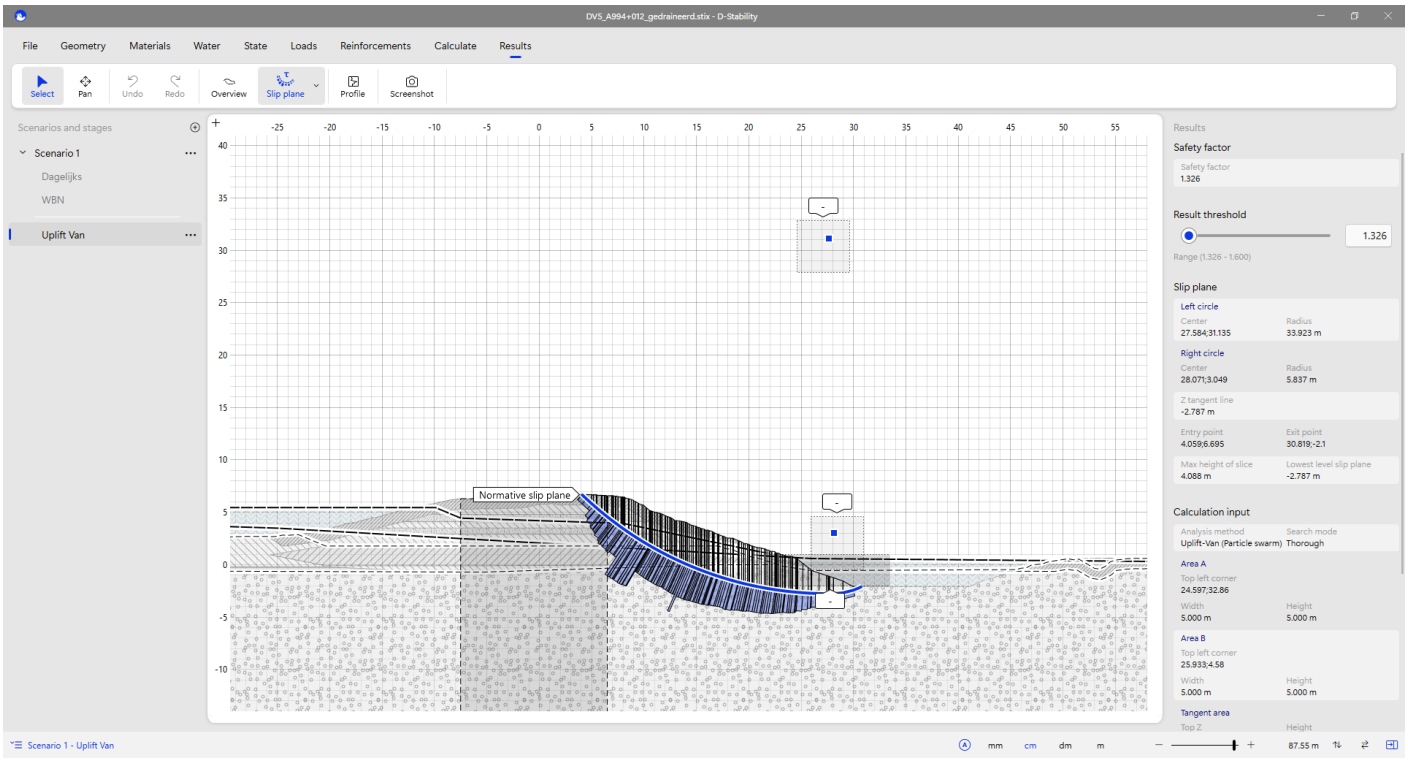
Locatie in dwarsprofiel	Grondonderzoek
Buitendijks	hb_36-5_A996+000_but
Kruin	sop_36-5_995+002_kr
Binnendijks	sop_36-5_995+001_bit
Achterland	-



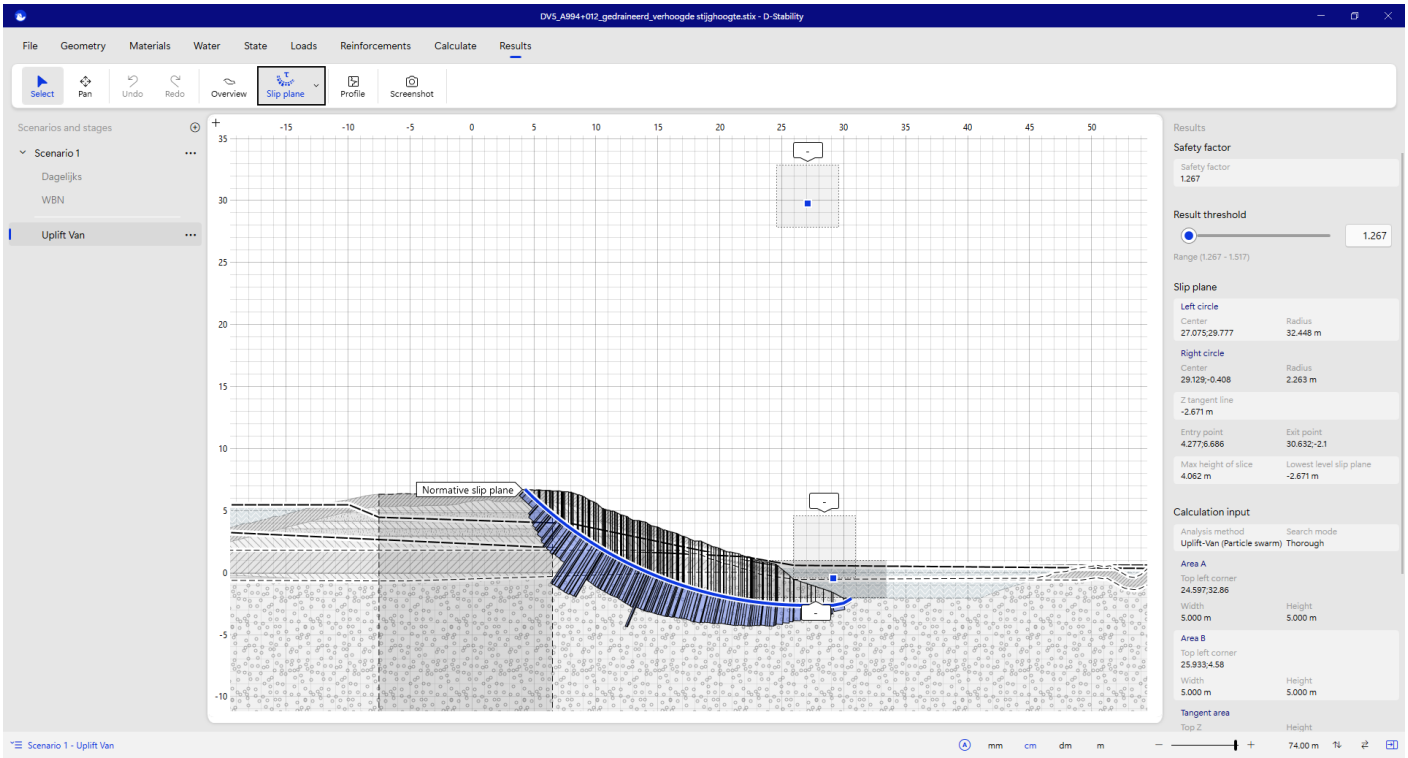
Figuur 31. Ondergrond berekening.

5.4 Glijvlakken (STBI)

In de onderstaande figuur is het gehanteerde glijvlak gegeven. Daaronder zijn optioneel nog andere glijvlakken getoond indien van meerwaarde.



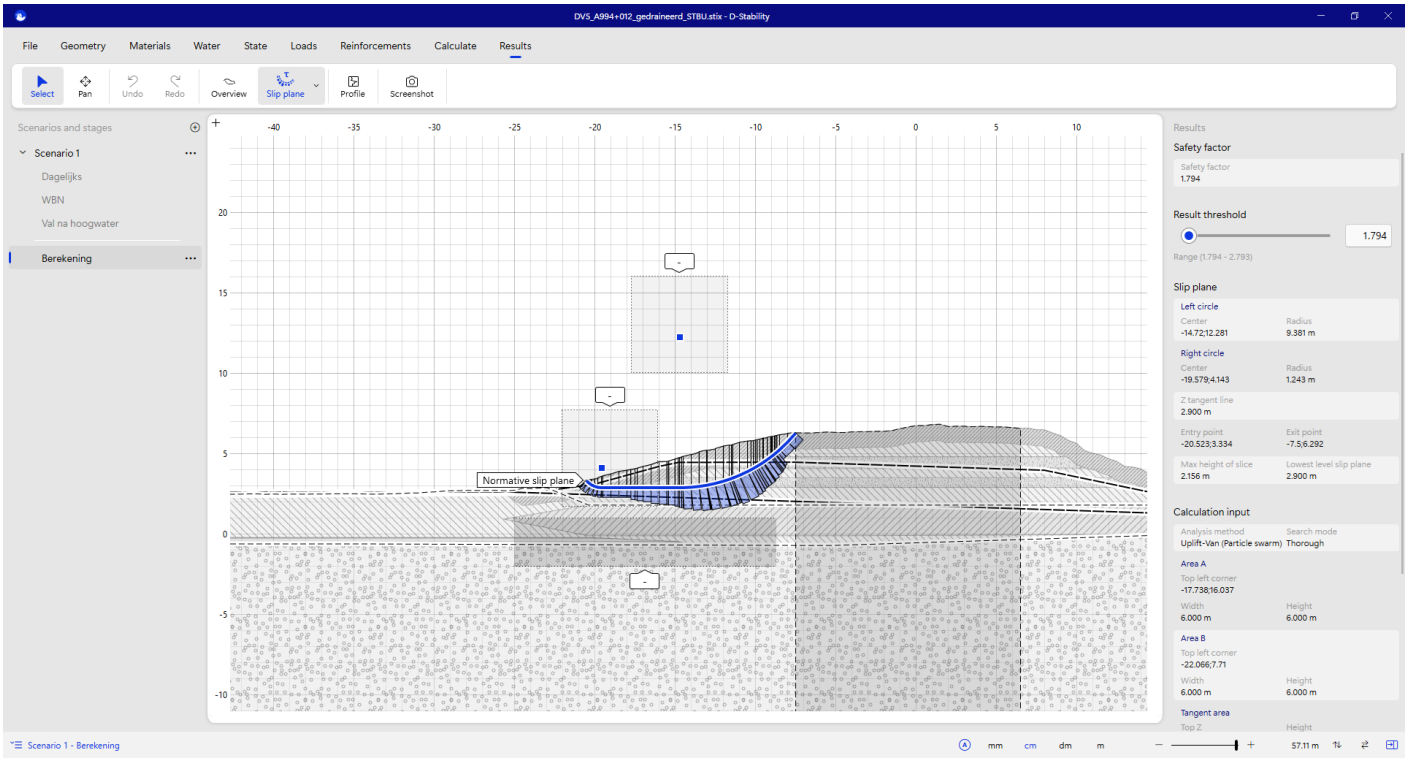
Figuur 32. Gehanteerd glijvlak.



Figuur 33. Indien de stijghoogte verhoogd wordt gaat het oordeel omlaag. Zie rapportage met toelichting. Hier is dieper in gegaan op de peilbuismetingen.

5.5 Glijvlakken (STBU)

In de onderstaande figuur is het gehanteerde glijvlak gegeven.



Figuur 34

6 Dijkvak 6

6.1 Algemene informatie

Tabel 11. Algemene informatie dijkvak 6.

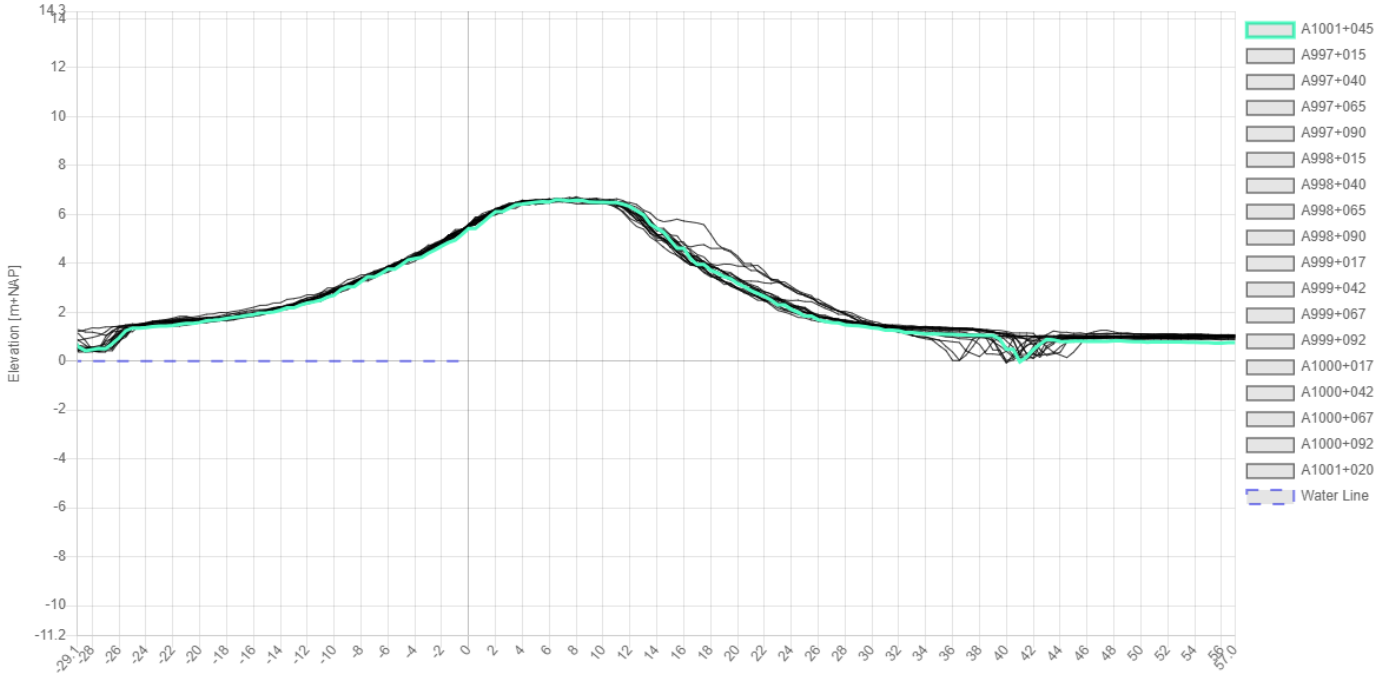
Onderdeel	Informatie
Project	HWBP PU Doeveren
Datum	26-8-2024
Versie	1
Dijktraject	36-5
Dijkvak	6
Dijkvakgrens van	A997+020
Dijkvakgrens tot	A1003+025
Rekenlocatie geometrie en bodemopbouw	A1001+045

6.2 Geometrie

In de onderstaande figuren staan de locatie en het profiel van de maatgevende geometrie.



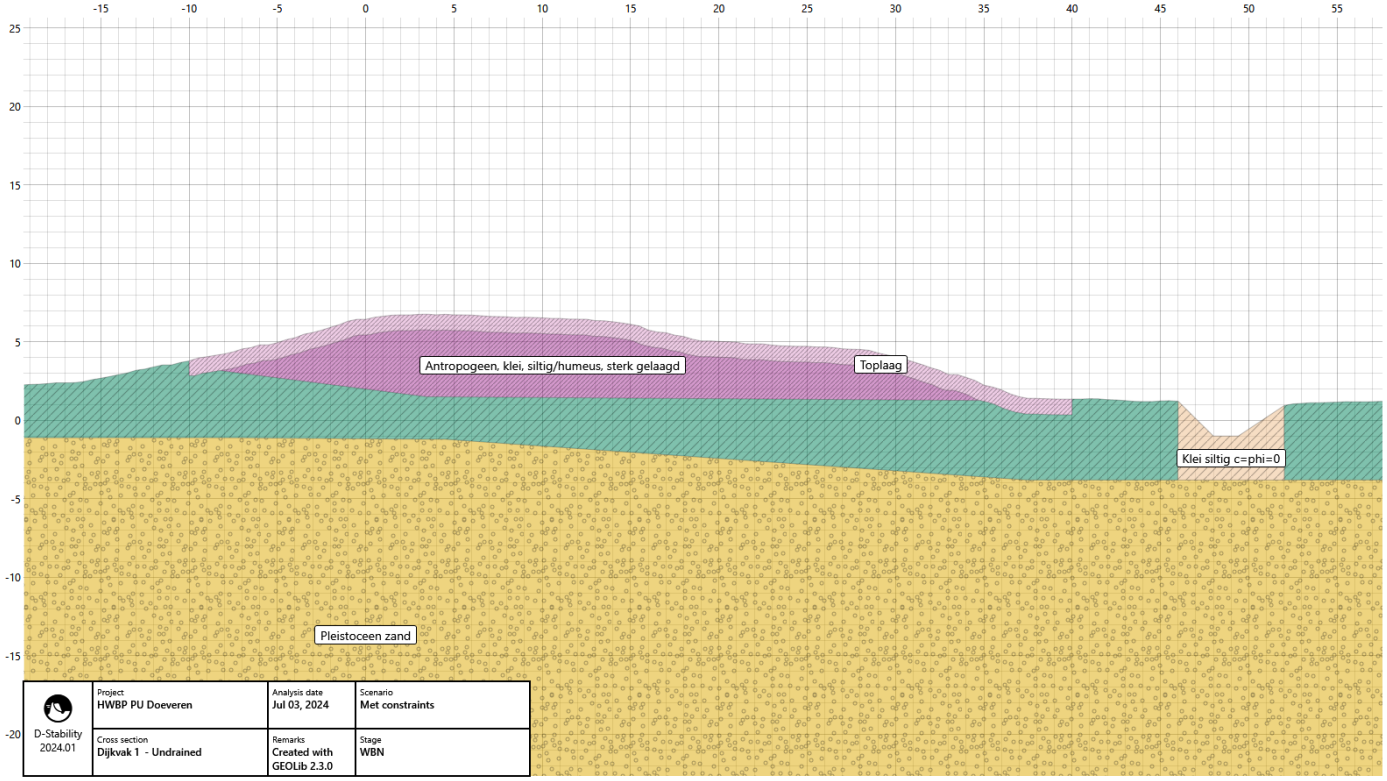
Figuur 35. Locatie geometrie.



Figuur 36. Geometrie.

6.3 Ondergrond

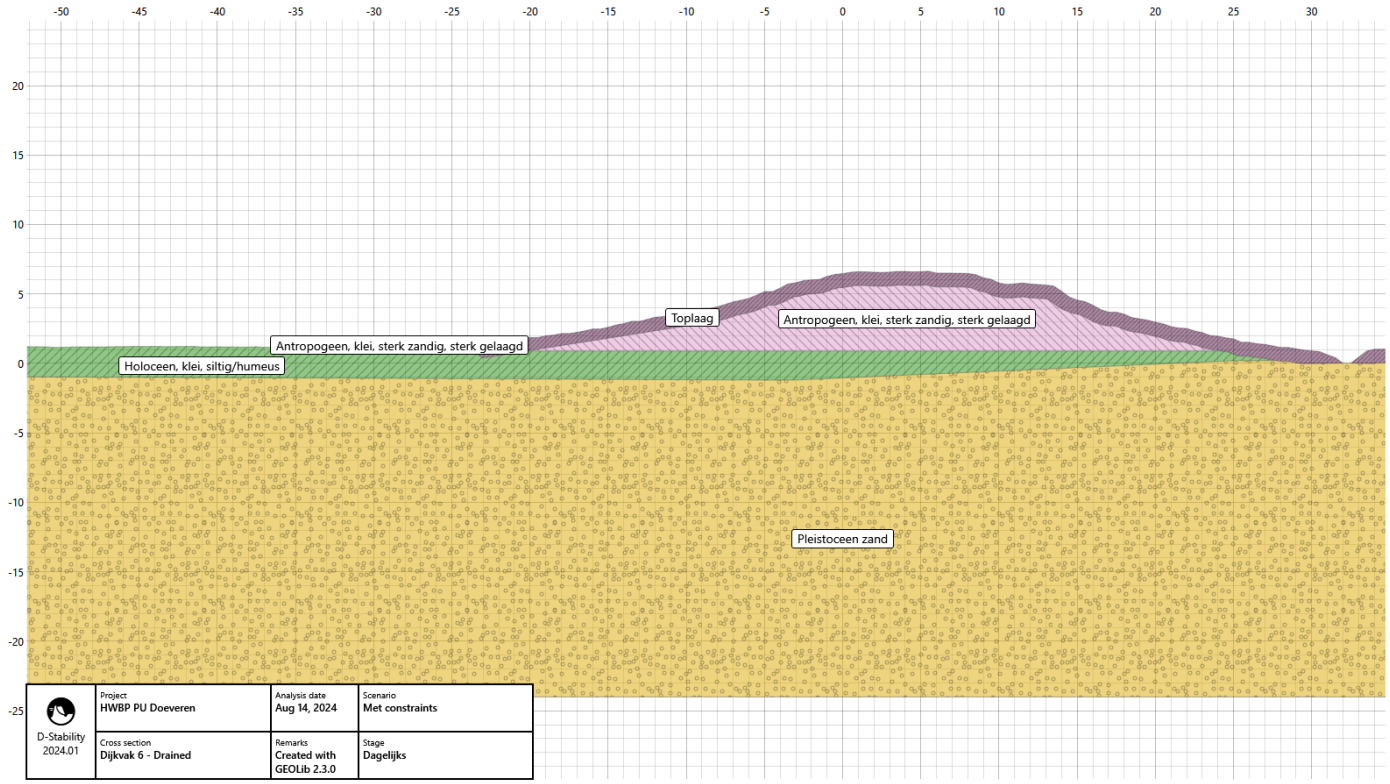
Deze paragraaf beschrijft de bodemopbouw van de berekening. De ondergrond is gebaseerd op grondonderzoek wat staat beschreven in het geotechnisch lengteprofiel opgenomen in de Technische Uitgangspunten Notitie Doeveren. Dit resulteert in de schematisatie van de ondergrond zoals weergegeven in



Figuur 3.

Tabel 12 Gebruikt grondonderzoek

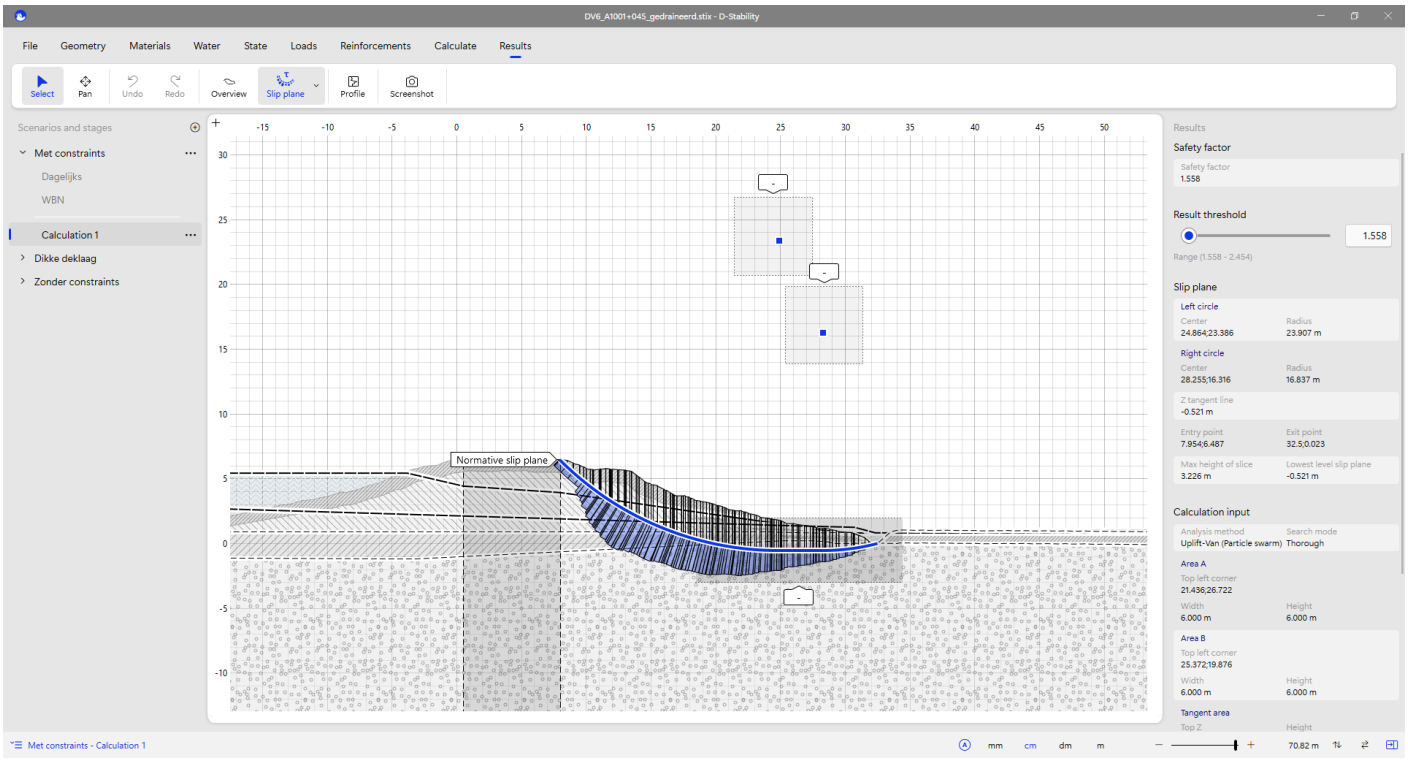
Locatie in dwarsprofiel	Grondonderzoek
Buitendijks	hb_36-5_999+096_vl50
Kruin	sop_36-5_1000+003_kr
Binnendijks	hb_36-5_1000+003_bit
Achterland	-



Figuur 37. Ondergrond berekening.

6.4 Glijvlakken

In de onderstaande figuur is het gehanteerde glijvlak gegeven. Daaronder zijn optioneel nog andere glijvlakken getoond indien van meerwaarde.



Figuur 38. Gehanteerd glijvlak.

7 Dijkvak 7

7.1 Algemene informatie

Tabel 13. Algemene informatie dijkvak 7.

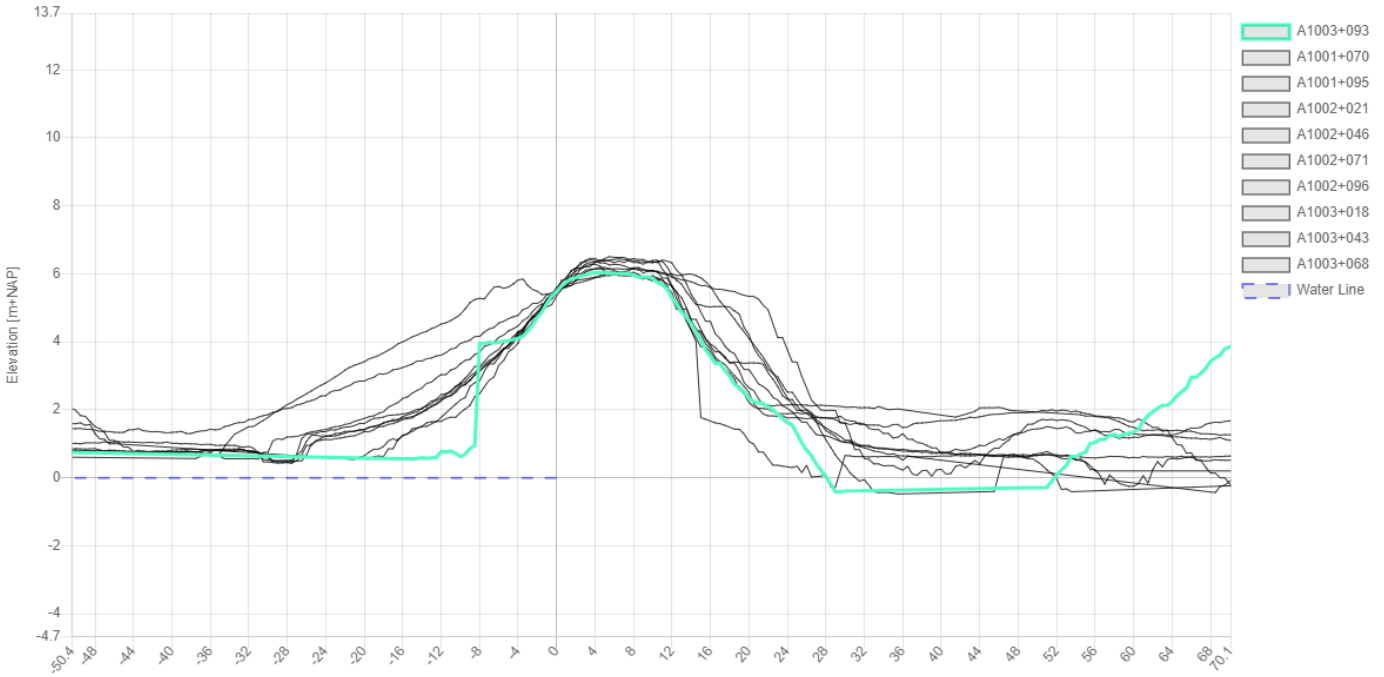
Onderdeel	Informatie
Project	HWBP PU Doeveren
Datum	26-8-2024
Versie	1
Dijktraject	36-5
Dijkvak	7
Dijkvakgrens van	A1003+040
Dijkvakgrens tot	A1003+025
Rekenlocatie geometrie en bodemopbouw	A1003+093

7.2 Geometrie

In de onderstaande figuren staan de locatie en het profiel van de maatgevende geometrie.



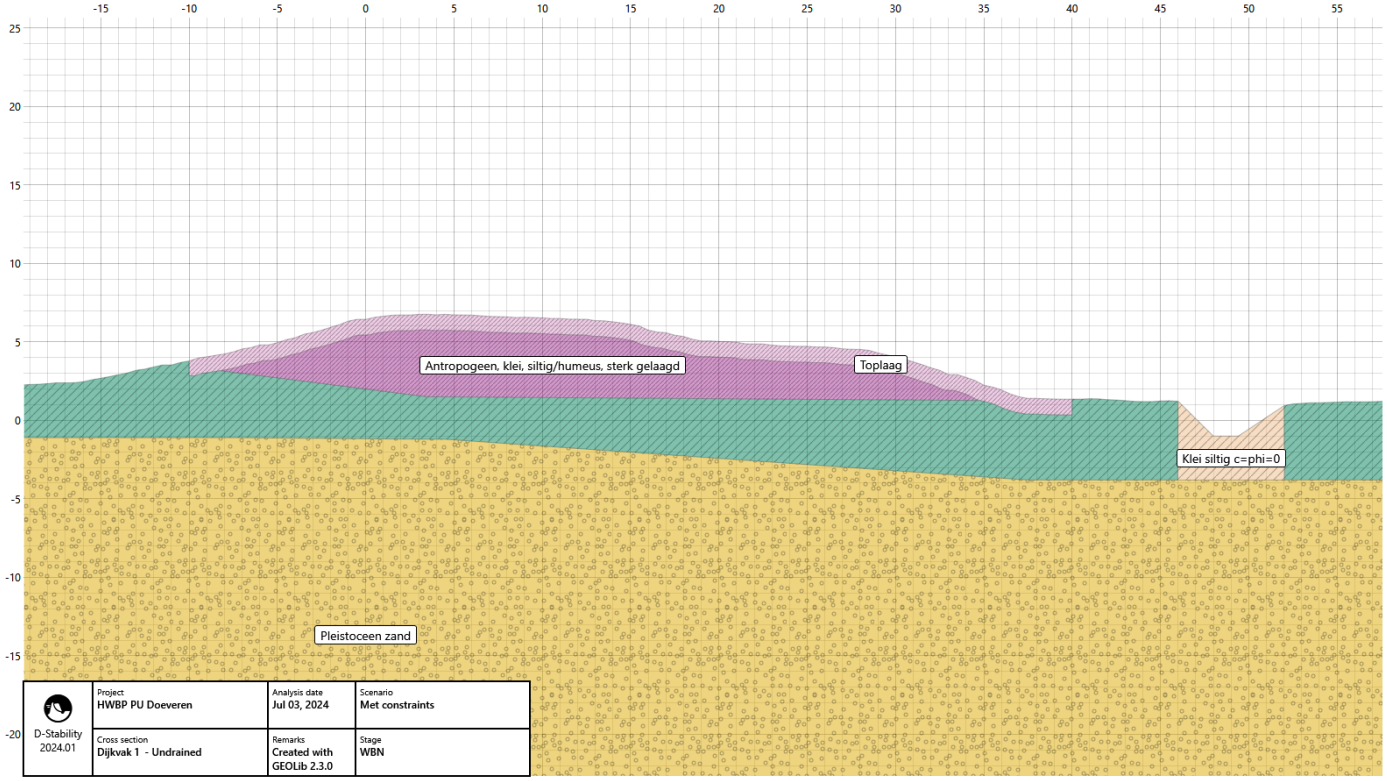
Figuur 39. Locatie geometrie.



Figuur 40 Geometrie

7.3 Ondergrond

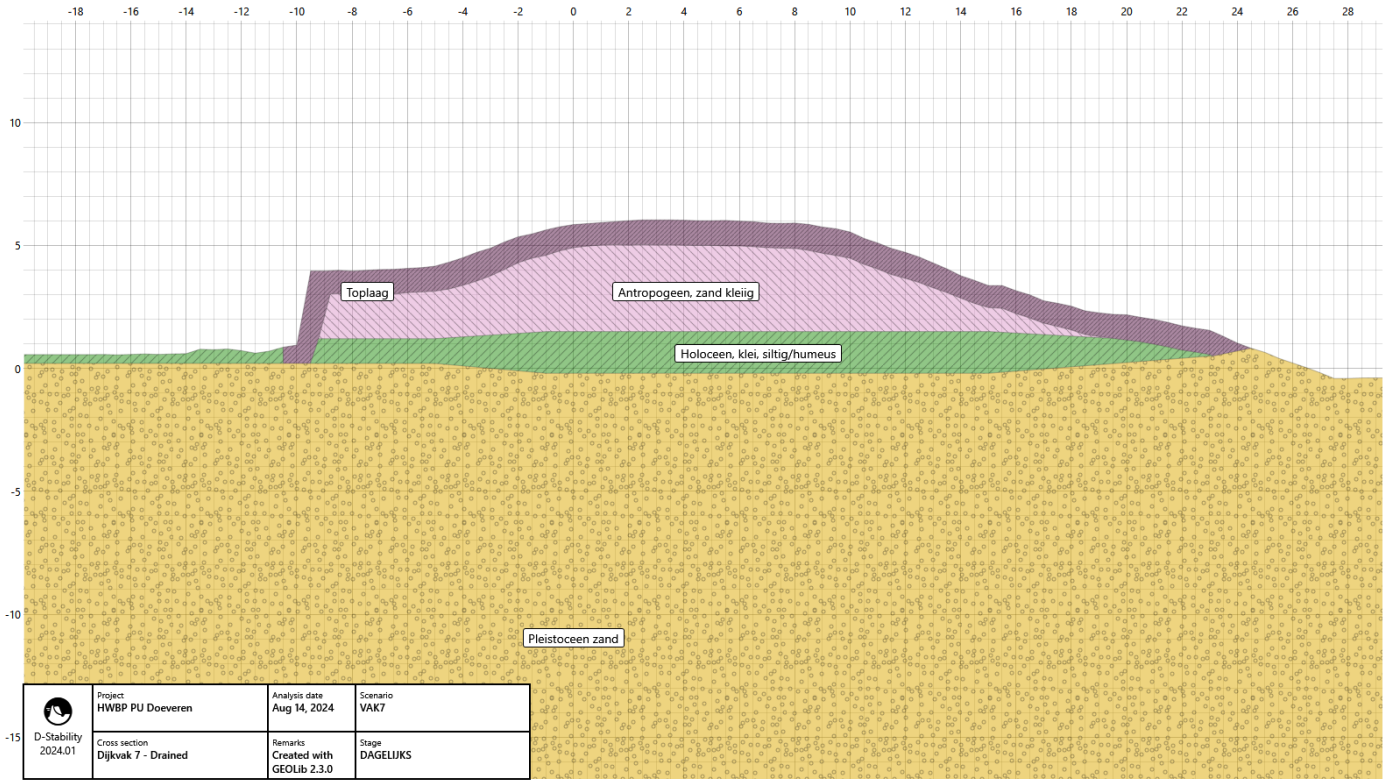
Deze paragraaf beschrijft de bodemopbouw van de berekening. De ondergrond is gebaseerd op grondonderzoek wat staat beschreven in het geotechnisch lengteprofiel opgenomen in de Technische Uitgangspunten Notitie Doeveren. Dit resulteert in de schematisatie van de ondergrond zoals weergegeven in



Figuur 3.

Tabel 14. Gebruikt grondonderzoek.

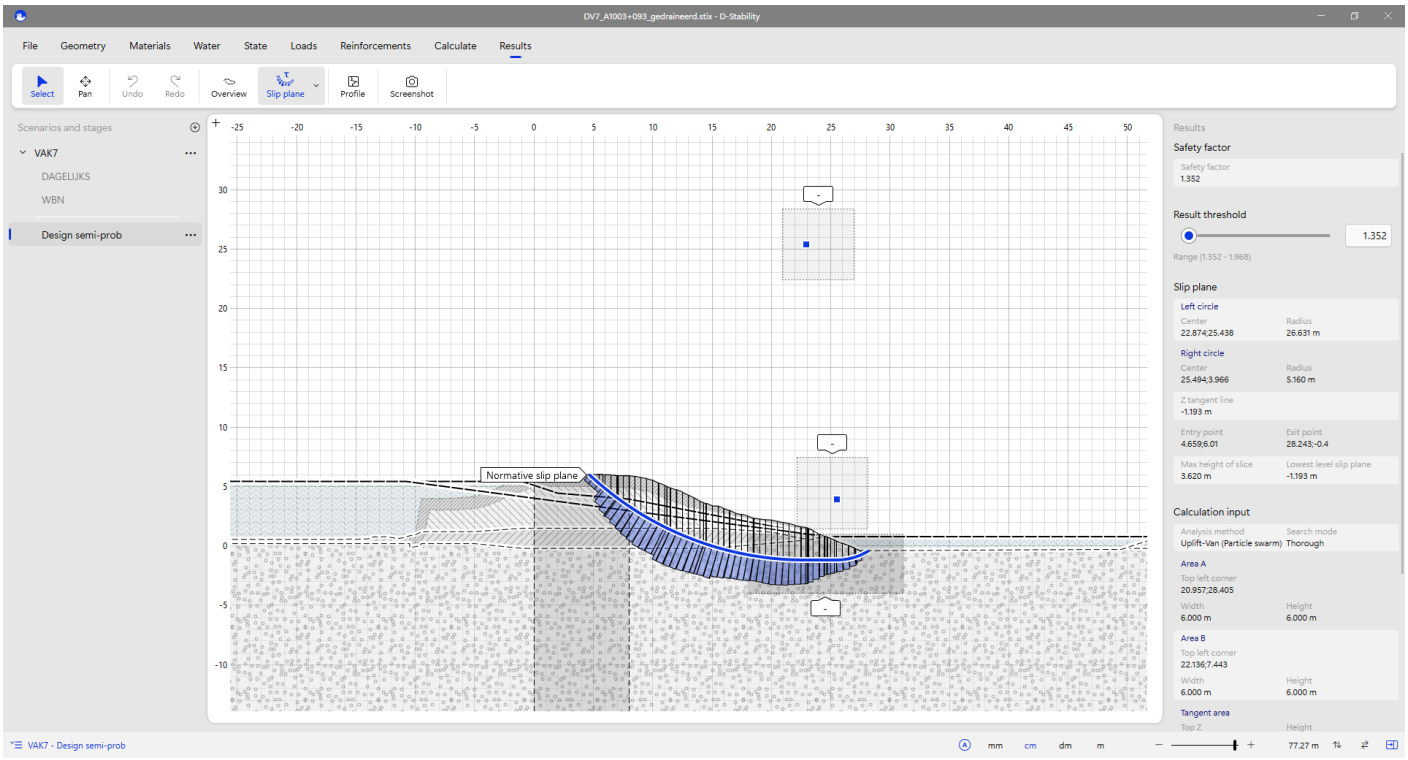
Locatie in dwarsprofiel	Grondonderzoek
Buitendijks	hb_36-5_1001+011_vl105
Kruin	sop_36-5_1001+002_kr
Binnendijks	hb_36-5_1002+030_bit
Achterland	-



Figuur 41. Ondergrond berekening.

7.4 Glijvlakken

In de onderstaande figuur is het gehanteerde glijvlak gegeven. Daaronder zijn optioneel nog andere glijvlakken getoond indien van meerwaarde.



Figuur 42. Gehanteerd glijvlak.

B2. Effectstudie waterleiding in relatie tot de waterkering

Memo

ONDERWERP
Effecten waterleidingen irt dijkversterking Doeveren

PROJECTNUMMER
30224126

DATUM
22 november 2024

ONZE REFERENTIE
47ZV4K5NCSQK-241013416-8404:v2.0

VAN
Jeroen Hulzebos; Stefan van Erp

AAN
Jan-Marten Kamphuis

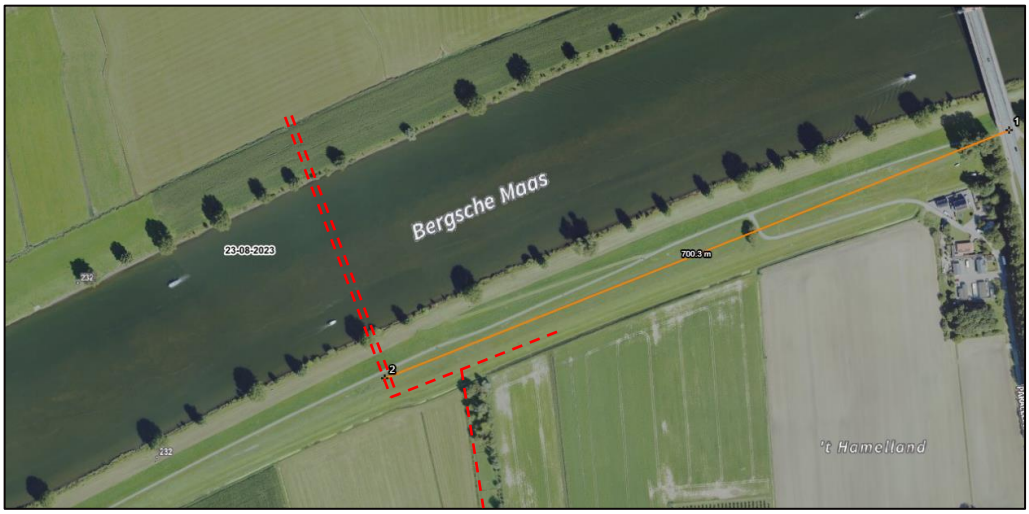
KOPIE AAN
Waterschap Aa en Maas

Inhoud

1 Inleiding 2
2 Doel 3
3 Aanpak 4
3.1 Aanpak kruisende leidingen 4
3.2 Aanpak parallel liggende leidingen 4
4 Ontvangen gegevens 5
4.1 Informatie van Brabant Water 5
4.2 Leggergegevens Waterschap Aa en Maas 6
4.3 Geotechnische bodemopbouw 6
5 Uitwerking en analyse kruisende leidingen 7
5.1 Uitwerking kruisende leidingen 7
5.2 Uitvoeringsaspecten dijkversterking nabij stalen leiding 13
6 Uitwerking en analyse parallel liggende leidingen 15
6.1 Uitwerking parallel aan waterkering lopende leidingen 15
6.2 Uitvoeringsaspecten leidingen parallel aan waterstaatswerk 19
7 Analyse Waterschap Aa en Maas 20
8 Conclusies en aanbevelingen 21
Bijlage 1 - Leiding tracé tekening – Transportleiding Genderen 22
Bijlage 2 - Leggertekening “Maasdijk, dwarsprofiel km 96.990 tot km 97.050” 23
Bijlage 3 - Gecombineerde dijkprofiel en leidingprofiel 24
Bijlage 4 - Beoordelingsformulieren Dijkkruisende leiding conform NEN3651 25
Bijlage 5 - Beoordelingsformulieren Langslopende leiding conform NEN3651 26
Bijlage 6 - SIGMA berekeningen dijkkruisende leidingen 27
Bijlage 7 - SIGMA berekeningen langslopende leidingen 28

1 Inleiding

Arcadis is door het Waterschap Aa en Maas ingehuurd om de planvoorbereiding van de dijkversterking langs de Bergsche Maas tussen Heusden en Doeveren voor te bereiden. Binnen dit project zijn kruisende en parallel lopende drinkwatertransportleidingen van Brabant Water aanwezig. Concreet gaat het om de watertransportleiding van Altena naar Heusden die circa 700 meter westelijk van de Heusdense Brug de Bergsche Maas kruist (zie Figuur 1).



Figuur 1: Luchtfoto Bergsche Maas met indicatieve locaties leidingen (rood gestreept) [Cyclomedia].

Om het ontwerp van de dijkversterking te kunnen opstellen is het noodzakelijk om meer details te kennen van deze drinkwatertransportleidingen. Daarnaast dienen de leidingen ook te voldoen aan de waterveiligheidseisen.

2 Doel

Het doel van deze memo is om aan te tonen of de leidingen voldoen aan de waterveiligheidseisen in de huidige en toekomstige, versterkte situatie en worden er aanbevelingen gegeven als de leidingen niet voldoen. Daartoe zijn deze bestaande leidingen getoetst aan de NEN 3651:2020.

3 Aanpak

Er worden twee leidingdelen nader geanalyseerd. Dat zijn de kruisende leidingen en de parallelle leidingen. De aanpak wordt hieronder per onderdeel toegelicht.

3.1 Aanpak kruisende leidingen

De bestaande leidingen (2 evenwijdig aan elkaar gelegen leidingen, staal Ø419 mm) kruisen de waterkering op een onderlinge afstand van 1,5 meter en zijn daardoor een potentieel risico voor de waterkering. Het betreffen twee lagedruk waterleidingen.

Om te bepalen wat er gebeurt en nog belangrijker hoe deze leidingen het risico op overstromen vergroten, indien één van deze twee leidingen bezwijkt ten tijde van hoog water op de Maas doorlopen we de volgende stappen:

1. Analyse van het dwarsprofiel met het vaststellen van de hoogte van dewaterkering en de ligging van de leiding binnen dat profiel en de eventuele overhoogte ten opzichte van de waterstand bij de norm (WBN).
2. Bepalen van de erosiekrater die het gevolg kan zijn van het bezwijken van de leiding.
3. Beoordeling van de sterkte van de leiding; jaar van aanleg 1970. Omdat deze leidingen zijn ontworpen conform de in 1972 uitgegeven pijpleidingcode of de daaropvolgende normen, mag een beoordeling plaatsvinden van bestaande leidingen volgens Bijlage E van NEN3651:2020.
4. Beoordelen of leiding voldoet aan de veiligheidsnorm voor de versterkte situatie.
5. Navraag bij de leidingbeheerder:
    a. Wat de staat van de leidingen is;
    b. Of de kathodische beschermingen van de leidingen in orde zijn;
    c. Welke kwelvoorzieningen zijn aangebracht en of die intact zijn.
6. Opstellen advies hoe er met deze leiding moet worden omgegaan tijdens de realisatie van het project (o.a. kwelscherm, afsluitbaarheid, etc.)
7. Rapportage waaruit blijkt wat de kans op bezwijken van de leiding is en wat dat voor gevolgen heeft op de faalkans.

Beschouwd is het bezwijken van één van beide of beide leidingen.

3.2 Aanpak parallel liggende leidingen

De parallel aan de waterkering liggende leidingen (AC, deels Ø500 en deels Ø200 en PVC Ø200) hebben een ander veiligheidsrisico. Bij het bezwijken van een van die leidingen zal een ontgrondingskuil kunnen ontstaan. Deze levert een ander (kleiner) risico op voor de kans op falen van de waterkering. Er is in deze situatie sprake van de aanwezigheid van een breed dijklichaam. In dat geval is er sprake van de faalkans tweede afschuiving. In de toekomstige situatie is er sprake van de aanwezigheid van een stalendamwandscherm met de functie Heave-scherm die de ontgronding in de richting van de waterkering beëindigt.

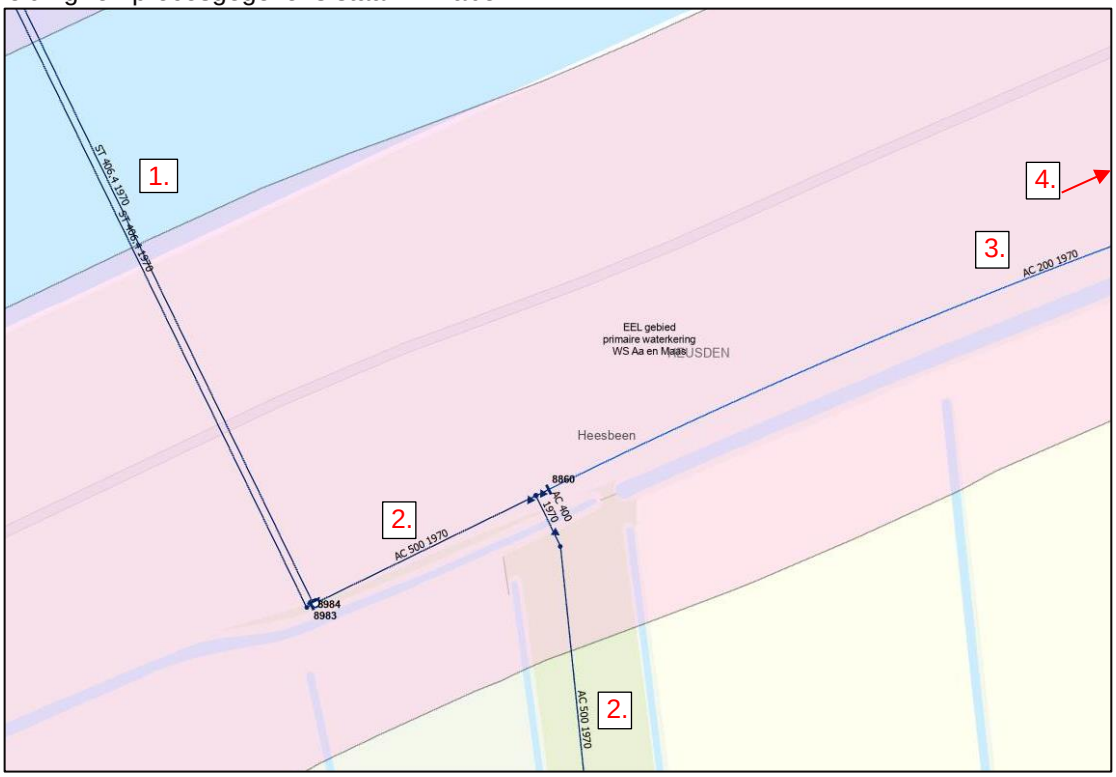
Om te bepalen wat er gebeurt en nog belangrijker hoe dezer leidingen het risico op overstromen vergroten, indien één van deze leidingdelen bezwijkt ten tijde van hoog water op de Maas doorlopen we de volgende stappen:

1. Analyse van het dwarsprofiel met de ligging van de leidingen ten opzichte van het dwarsprofiel en de plaats van het aan te brengen Heave-scherm.
8. Analyse van de door Rick van Tilborg (adviseur waterkeringen van Waterschap Aa en Maas) hierover geschreven beschouwing.
9. Omdat deze leidingen zijn ontworpen conform de in 1972 uitgegeven pijpleidingcode of de daaropvolgende normen, mag een beoordeling plaatsvinden van bestaande leidingen volgens Bijlage E van NEN3651:2020.
2. Beoordelen of leiding voldoet aan de veiligheidsnorm voor de versterkte situatie.
10. Opstellen advies hoe er met deze leiding moet worden omgegaan tijdens de realisatie van het project (o.a. toegestane belasting, effecten trillen damwanden).

4 Ontvangen gegevens

4.1 Informatie van Brabant Water

Brabant Water heeft een revisietekening van de leidingen toegezonden en een overzichtskaartje van de leidingen die in de directe nabijheid liggen. Ook zijn er zijn leiding- en procesgegevens ontvangen. In Bijlage 1 van deze memo is de revisietekening van de leidingen opgenomen. Het overzichtskaartje is als Figuur 2 in deze memo opgenomen. De leiding- en procesgegevens staan in Tabel 1.



Figuur 2: Overzicht waterleidingen aan zuidelijke oever Bergsche Maas. Paarse arcering = kern- en beschermingszone van de waterkering; Blauwe arcering ishet zomerbed van de Maas.

Van de leidingen die in de beschermingszone liggen heeft Brabant Water de onderstaande leiding- en procesgegevens verstrekt. De cijfers achter de leidingen verwijzen naar de leidingdelen in Figuur 2.

Leidinggegevens	Stalen leiding (1)	AC 500 (2)	AC 200 (3)	PVC 200 (4)
Leidingmateriaal	Staal, voorzien van KB	Asbest-cement	Asbest-cement	PVC
Afstand tussen leidingen	2 zinkers/leidingen h.o.h. 1,00 m (in rivier) h.o.h. 1,50 m (in waterkering)	-	-	-
Diameter (buiten)	419 mm	564 mm	232 mm	200 mm
Diameter (binnen)	399 mm	500 mm	200 mm	188,2 mm
Wanddikte	10 mm	32 mm	16 mm	5,9 mm
Drukklasse van het materiaal	≤1 MPa	≤1 MPa	≤1 MPa	≤1 MPa
Bedrijfsdruk	380 - 390 kPa	380 - 390 kPa	375 - 385 kPa	365 - 375 kPa
Maximale druk	390 kPa	390 kPa	385 kPa	375 kPa

Diepte onder maaiveld	1 - 1,20 meter	1 - 1,20 meter	1 - 1,20 meter	1 - 1,20 meter
Maximale debiet per leiding	242 m^3/u	484 m^3/u	32 m^3/u	32 m^3/u
Jaar van aanleg	1970	1970	1970	1974

Tabel 1: Leiding- en procesgegevens drinkwatertransportleidingen zuidelijke oever Bergsche Maas

Daarnaast is door Brabant Water het volgende aangegeven:

- De bedrijfsdruk is bepaald op basis van een hydraulische netwerkberekening. De opgegeven drukken zijn berekend zijn op basis van maximale afname (worst case).
- De leidingen verkeren, voor zover bekend, in goede staat. Er hebben geen storingen in deze leidingen plaatsgevonden.
- De zinkers/leidingen zijn voorzien van kathodische bescherming (KB). Het KB-systeem wordt jaarlijks voorzien van een inspectiemeting en is in orde. De afgelopen drie metingen tonen aan dat de leiding voldoende is beschermd. De laatst meting dateert van 21-5-2024.
- De leidingen zijn voorzien van een kwelscherm (deze staan aangegeven op de detailtekening van de stalen leidingen, zie Bijlage 1). Deze zijn zover bekend intact.
- Beide zijden van de zinkers/leidingen zijn voorzien van een afsluiter groep (deze staan aangegeven op de detailtekening van de stalen zinkers/leidingen, zie Bijlage 1). Bij een calamiteit is het mogelijk om hiermee de betreffende leidingdelen af te kunnen sluiten.
- De aansluitende leidingen bestaan onder andere uit Asbest-Cement leidingen, een materiaal dat andere sterkte eigenschappen kent en kwetsbaarder is voor verstoringen.

4.2 Leggergegevens Waterschap Aa en Maas

Bij Waterschap Aa en Maas is een dijkprofiel uit de Legger Waterkeringen opgevraagd van het dijkvak tussen 96,990 km en 97,050 km. Deze gegevens zijn opgevraagd via www.aaenmaas.nl/onswerk/regels/legger/. De tekening met het betreffende dwarsprofiel is in Bijlage 2 opgenomen.

4.3 Geotechnische bodemopbouw

Uit het aangeleverde geotechnisch onderzoek [Arcadis, Proevenverzameling Doeveren, Parameters macrostabiliteit, piping en bekleding, projectnr 30175426, d.d. 1 maart 2024] blijkt dat ter plaatse van dijkprofiel A970 de bovenlaag bestaat uit zand (6,5m+NAP tot 6,0m+NAP) met daaronder de waterkering die uit klei bestaat (6,0m+NAP tot 1,5m-NAP). Hieronder ligt een dunne laag veen (1,5m-NAP tot 2,0m-NAP) waaronder zich een pleistocene zandlaag bevindt. Deze zandlaag loopt door tot de onderzoeksdiepte (23m-NAP). Er zijn geen zettingsgegevens van de waterkering of de leiding bekend.

5 Uitwerking en analyse kruisende leidingen

5.1 Uitwerking kruisende leidingen

De revisietekening (Bijlage 1) en het dijkprofiel (Bijlage 2) zijn samengevoegd als een nieuwe figuur in Bijlage 3. Deze figuur geeft diverse afmetingen van het dijkprofiel weer, zoals:

- De legger van het waterschap;
- Het profiel van vrije ruimte (PvVR);
- De hoogte uit de AHN (Algemene hoogtekaart Nederland);
- De bovenzijde, onderzijde en centerline van de waterleiding.
- Ook is het damwand ontwerp ingetekend.

Op basis van deze gegevens concluderen we dat de leiding is ingegraven in de waterkering en het dijkprofiel volgt. Verder ligt het huidige maaiveld op de kruin van de waterkering hoger dan de legger eist. Op de kruin is volgens de AHN een overhoogte aanwezig van ca. 0,8 meter. De bovenzijde van de buis is volgens de revisietekening verloopt van NAP +5,35 m naar NAP + 5,40 m.

De legger geeft “MHW2023” weer met de waarde 5,637m+NAP, waaruit blijkt dat de leiding onder MHW2023 ligt. Vanuit het project zijn de volgende hoogten voor dijkvak 1/2 bekend:

- Waterstand bij norm (2075): NAP +5,67 m
- Waterstand bij norm (2130): NAP +6,01 m
- Hydraulisch belasting niveau (benodigde kruinhoogte, 2075): NAP +6,03 m

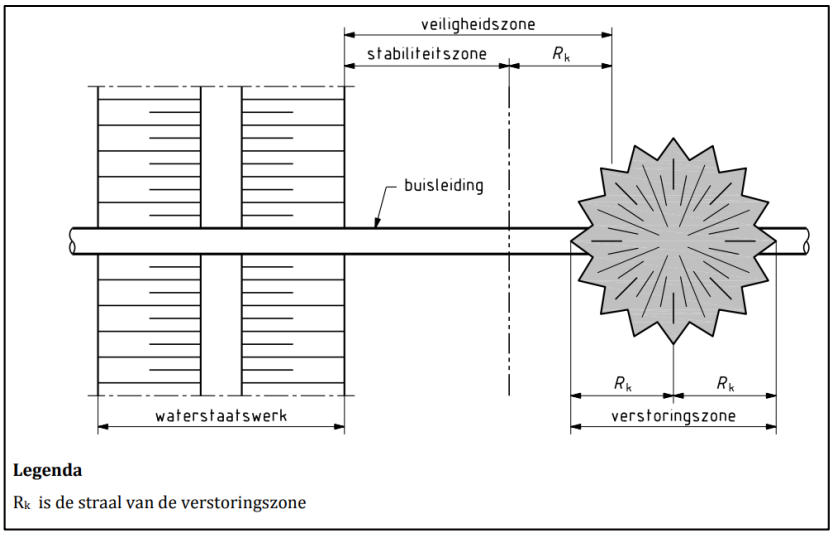
In de kruin ligt de bovenzijde van de leiding op een niveau van 5,40m+NAP, waarmee de leiding dus in het leggerprofiel ligt. Bij falen van de leiding (krater) in de kruin heeft dat dus zeker effect op de kerende hoogte van de waterkering.

Tenslotte valt op dat er aan de binnenzijde van dewaterkering meer dijklichaam (steunberm) aanwezig is dan het profiel van vrije ruimte voorschrijft. Deze steunberm was overigens al tijdens aanleg van de leiding aanwezig (zie revisietekening Bijlage 1).

Erosie krater (Sigma) berekening stalen leiding

In eerste instantie is voor één van de twee leidingen de erosie krater bepaald, omdat de methode hierop afgestemd is. De berekening van de erosiekrater is uitgewerkt in software SIGMA 2024 1.5 van Schrijvers. De uitvoeren zijn bijgevoegd in Bijlage 6 en hieronder nader toegelicht.

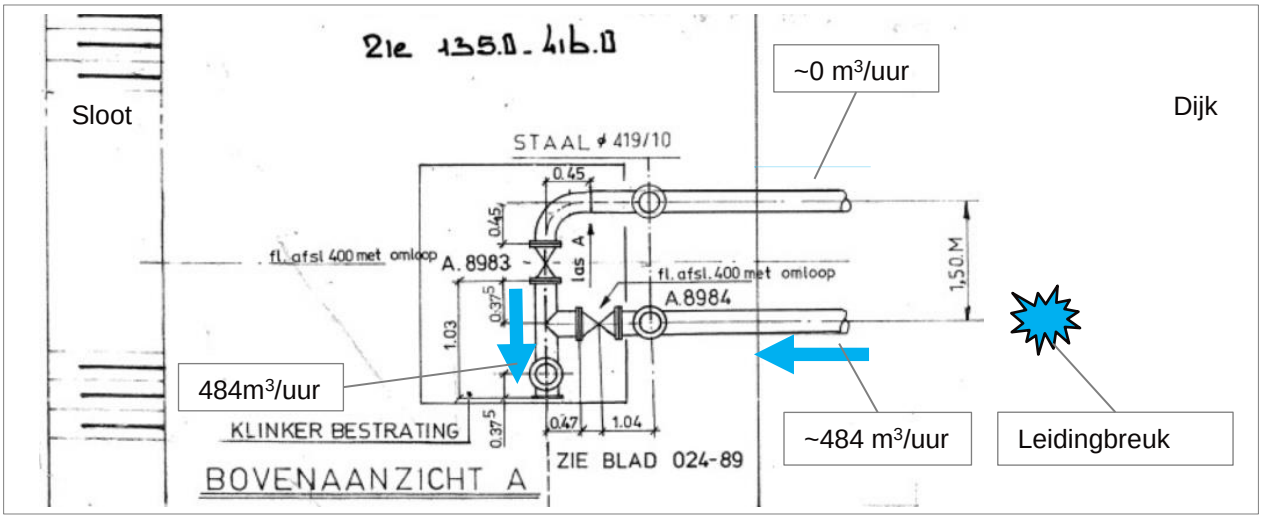
Hieronder is een schematisatie weergegeven van de verstoringszone in relatie tot de waterkering en haar veiligheidszone.



Figuur 3: NEN-3651 figuur 1 blz. 18 met verstoringszone voor haakse kruising van leiding en waterkering (waterstaatswerk)

Als beide evenwijdig aan elkaar lopende leidingen gebruikt worden voor transport (2 x 242 m³/uur), kan het zijn dat wanneer één leiding breekt, die leiding de weg met minste weerstand wordt voor de vloeistof en dat het debiet door de gebroken leiding sterk toeneemt. In het ergste geval zelfs naar 484 m³/uur door de gebroken leiding en 0 m³/uur door de nog intact zijnde leiding. Er zijn geen terugslagkleppen aanwezig in het ontwerp en er wordt vanuit gegaan dat de afsluiters handmatig dichtgezet moeten worden (iemand moet ter plaatse komen), waardoor het niet onmogelijk is dat dit scenario optreedt.

Daarmee kan het debiet en de erosiekrater groter zijn dan waar in reguliere gebruik situatie rekening mee is gehouden. Met die gedachte is ook een extreem scenario toegevoegd.



Figuur 4: Extreme debiet verdeling bij leidingbreuk

Invoer voor SIGMA is de volgende:

Grootheid	Symbool	Reguliere Waarde	Extreme waarde	Eenheid	Opmerking
Uitwendige middenlijn	D_e	419	idem	mm	Revisietekening
Inwendige middenlijn	D_i	399	idem	mm	Berekende waarde
Wanddikte	d_n	10	idem	mm	Revisietekening
Ontwerpdruk	p_d	1,0	idem	N/mm^2	Aanname
Volumieke massa van medium	ρ	1000	idem	kg/m^3	Drinkwater
Aanvullende pomp-/lekgegevens	-	JA	idem		
Maximaal debiet	Q_m	242	484	m^3/uur	Opgave Brabant Water. Extreme waarde als alles door 1 leiding gaat t.g.v. breuk.
Maximale opvoerhoogte	H_m	39,0	idem	mwk	Opgave Brabant Water
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	1,20	idem	m	Conservatief
Waterstaatswerk verheeld?	-	NEE	idem		Helling niet flauwer dan 1:8.
Hoogteverschil kruin-maaiveld	H_{werk}	5,53	idem	m	Kruin: NAP+6,71m o.b.v. AHN (conservatief) Teen: NAP+1,18m o.b.v. AHN (conservatief)
Aangepaste breedte stabiliteitszone	$B_{stabzone}$	30,1	idem	m	Op basis van Legger (Beschermingszone A binnendijks) Ter info: $4H_{werk} = 22{,}12m$

Tabel 2: invoer SIGMA voor stalen zinkerleiding 2x 419mm

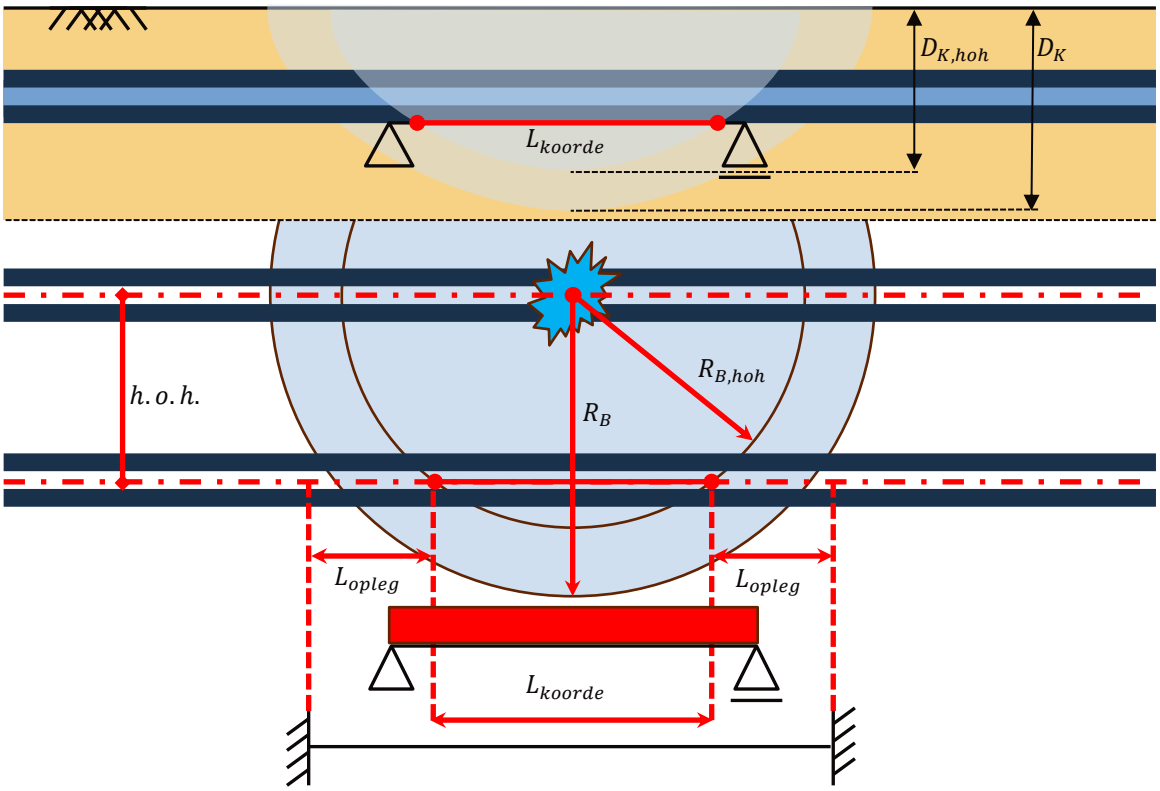
In onderstaande tabel 3 zijn de resultaten weergegeven van de berekening.

Grootheid	Symbool	Uitkomst (Regulier)	Uitkomst (Extreem)	Eenheid
Halve breedte erosiekrater	$\boldsymbol{R_B}$	**7,62**	**9,02**	$\boldsymbol{m}$
Veiligheidszone evenwijdige ligging	$VZ_{\parallel}$	37,72	39,12	m
Veiligheidszone haakse kruising kleine krater	$VZ_{\perp;klein}$	33,91	34,61	m
Veiligheidszone haakse kruising grote krater	$VZ_{\perp;groot}$	37,72	39,12	m
Veiligheidszone haakse kruising volledige afschuiving	$VZ_{\perp;volschuif}$	45,34	48,13	m
Diepte erosiekrater	$\boldsymbol{D_K}$	**1,94**	**1,94**	$\boldsymbol{m}$

Tabel 3: Resultaten erosiekrater berekening voor stalen zinkerleiding 2x 419mm

Analyse resultaten stalen zinkerleiding

Zoals eerder aangegeven betreft het twee evenwijdig aan elkaar liggende leidingen, waarvoor één leiding de erosiekrater is berekend. Voor een leiding aangelegd na 1972, dient conform NEN 3651 par. 6.4.3 punt b) in het geval de straal van de erosiekrater (R_B) groter is dan de hart-op-hart (h.o.h.) afstand van de evenwijdig aan elkaar liggende leidingen door middel van een sterkte berekening aangetoond moet worden dat de evenwijdig aan elkaar liggende leiding niet breekt ten gevolge van ondermijning (zie ook Figuur 5).



Figuur 5: Principe ondermijning evenwijdig aan elkaar liggende leiding door naburige erosiekrater[1]

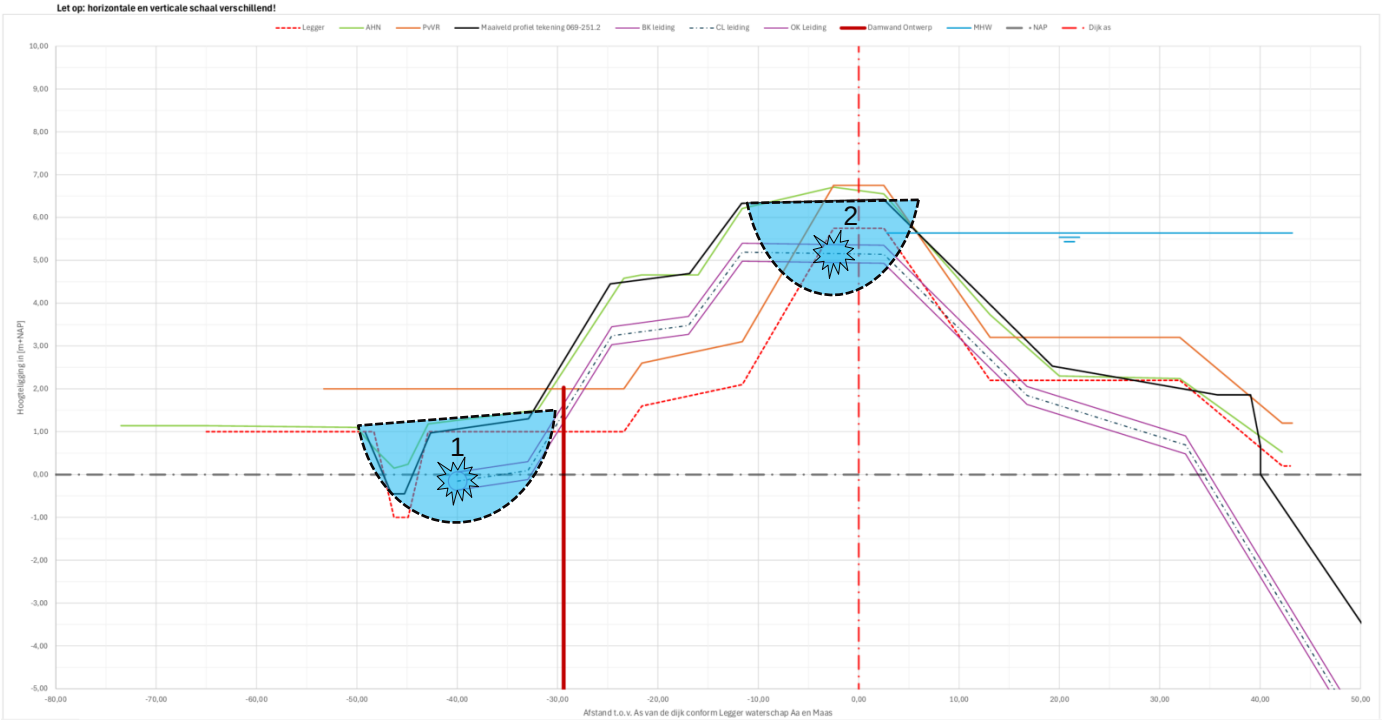
In deze memo wordt de sterkte niet verder getoetst of uitgewerkt. Conform de eerder genoemde paragraaf in NEN 3651 moet dit wel aangetoond worden voor een veilig ontwerp, maar omdat het hier een bestaande leiding betreft van voor 1972, is dit niet vereist, tenzij de leiding aangepast/gerenoveerd wordt.

In Bijlage 4 is een beoordeling van de sterkte van de leidingen uitgevoerd volgens NEN3651:2020 §10.5.2 en Bijlage E. De conclusie is dat de beide kruisende leidingen voldoen aan de normering. Dat de leiding aan de toetsing voldoet wil niet zeggen dat de kans op bezwijken nul is, er blijft altijd een restrisico op falen van de leiding.

In het geval de leiding verlegd of opnieuw aangelegd moet worden voor de werkzaamheden, dan moet het ontwerp uiteraard voldoen aan de NEN3651, welke hogere eisen stelt dan waar de leiding uit 1970 aan moet voldoen.

[1] Als de grond heel stijf reageert en een soort inklemming veroorzaakt van de leiding, dan is de meest logische locatie waar de buis kan breken ter plaatse waar deze als ingeklemd reageert (geen hoekverdraaiing t.o.v. normale ligging buis). Het inklemmingsmoment is namelijk tweemaal zo groot als het veldmoment in dat geval. Als de grond heel zacht reageert is meer de scharnierend opgelegde situatie aannemelijk en in dat geval is het veldmoment leidend. De werkelijke grond-buis interactie ligt tussen deze extremen in en bepaalt tevens de locatie van de oplegpunten. Die liggen niet per definitie op het raakvlak van de krater.

5.2 Effect kans bezwijken van leidingen op faalkans dijklichaam



Figuur 6: Dijkprofiel met damwand en stalen zinkerleiding met schets van twee mogelijke erosiekraters: (1) in de teen en (2) in de kruin. Legenda: Rood gestippeld = legger profiel, rood streep-stip = as van de waterkering, groen = AHN, zwart = ontwerptekening 1969, zwart streep-stip = 0m+NAP, Roodbruin (dik) = damwand, Paars = leiding, Oranje = PvVR uit legger; blauw = MHW.

Een bijkomend risico voor falen van het dijklichaam ter plaatse van de twee stalen leidingen is dat door een erosiekrater het waterkerend theoretisch profiel aangetast wordt (zie hierboven bij “2”).

Deze erosiekrater kan op verschillende locaties optreden, namelijk:

1. Ter plaatse van het buitentalud;
2. Op het hoogste punt van de waterkering;
3. Ter plaatse van het binnentalud.

Voor de eerste en de laatstgenoemde locatie is de verwachting dat het effect van de krater beperkt is tot het wegspoelen van een deel van de dijkbekleding. De verwachting is dat de kerende functie van de waterkering in stand blijft. Echter bij een breuk van de leiding ter plaatse van het hoogste punt van de waterkering zal de uitspoeling naar verwachting groter zijn omdat het uitkomende drinkwater als het ware opgesloten is in de waterkering en er een maximale krater ontstaat, met als gevolg dat de kruin van de waterkering uit kan spoelen met een verlaging van de kerende hoogte tot gevolg.

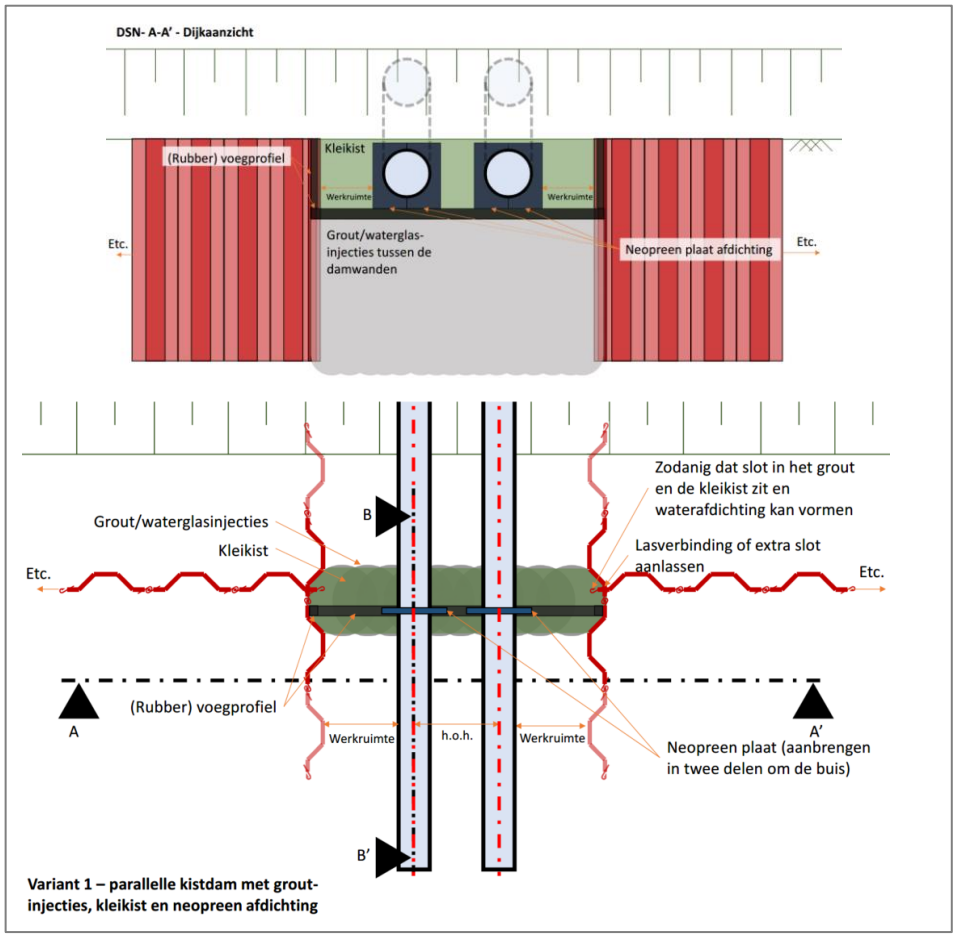
Resume:
Uit de eerdergenoemde toetsing (zie Bijlage 4) volgt dat de twee stalen leidingen die de waterkering en de waterweg kruisen voldoen aan de eisen die gesteld worden aan bestaande leidingen (van voor 1972), zoals geformuleerd in Bijlage E van de NEN 3650 norm. Op basis van die toetsing hoeven de leidingen niet vervangen te worden. Dat de leiding aan de toetsing voldoet wil niet zeggen dat de kans op bezwijken nul is, er blijft altijd een restrisico op falen van de leiding. Dit aspect wordt nader uitgewerkt in de Nota Vergunbaar ontwerp aangezien deze evenwijdig aan elkaar gelegen leidingen als niet waterkerend object dient te worden beoordeeld.

NB: Als een nieuwe leiding ontworpen wordt conform NEN 3651 dan dient een kruisende leiding altijd boven het theoretisch profiel liggen, eventueel met grondophoging, zodat wel de benodigde dekking van de leiding behaald wordt.

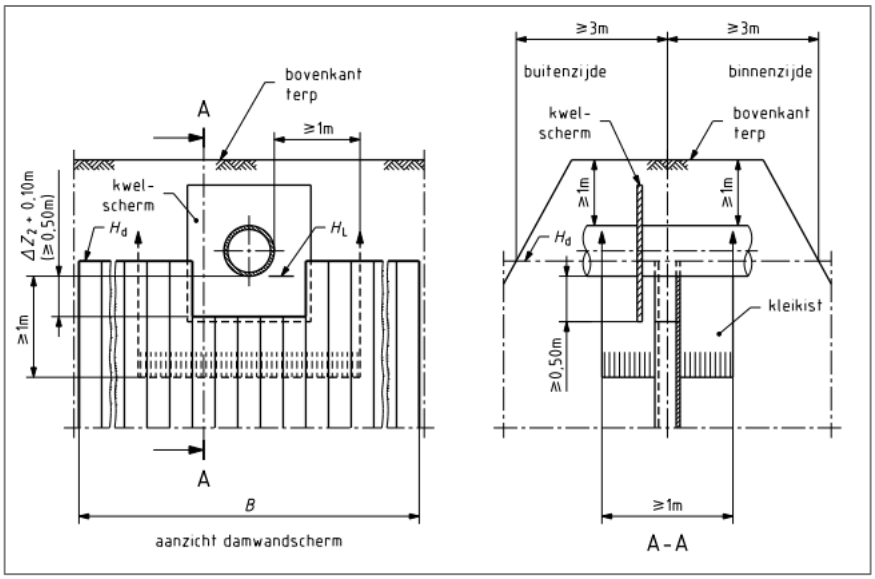
5.3 Uitvoeringsaspecten dijkversterking nabij stalen leiding

Voor dijkverbetering is een damwand (Heave scherm) in de teen van de steunberm beoogd, welke kruist met de leiding. Om de damwand toch te installeren op die locatie worden twee opties voorgesteld:

1. Damwanden parallel aan de leiding plaatsen en tussenin een afdichting maken doormiddel van grout- of waterglas-injecties en een kleikist (zie Figuur 7). Let op dat het hierbij gaat om twee evenwijdig aan elkaar liggende leidingen;
2. De leiding (voor zover toegestaan deels) verwijderen, damwand plaatsen met leiding doorvoer conform NEN 3651 § 8.1.7.1.6 “Doorvoer damwand” (zie Figuur 8) en de leiding (deels) conform NEN 3651 opnieuw aanleggen.



Figuur 7: Voorbeeld leiding doorvoer t.p.v. damwand bij bestaande evenwijdig aan elkaar liggende leidingen



Figuur 8: Doorvoer damwand uit Figuur 6a NEN 3651 § 8.1.7.1.6 (Let op: niet uitvoerbaar bij bestaande leidingen).

6 Uitwerking en analyse parallel liggende leidingen

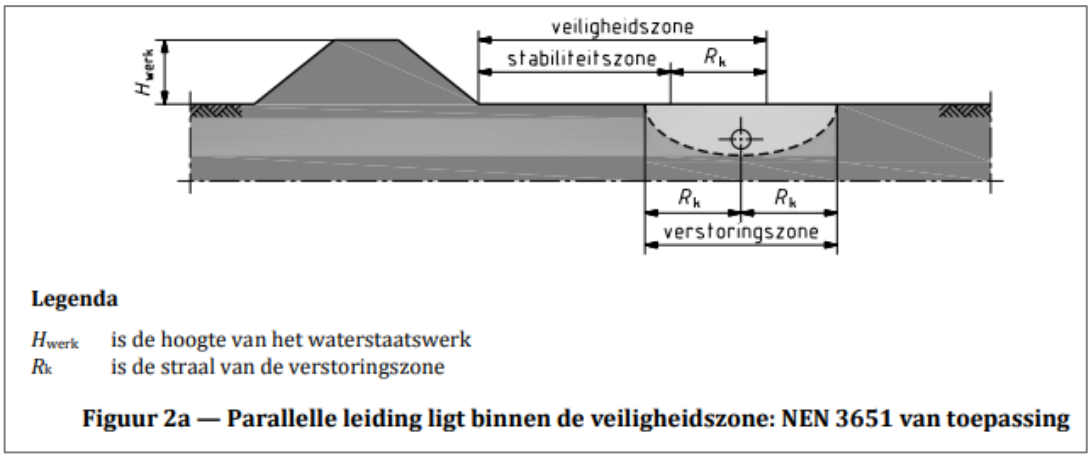
6.1 Uitwerking parallel aan waterkering liggende leidingen

Benedenstrooms van die T-splitsing, waarnaartoe de twee stalen leidingen door de waterkering en onder de rivier doorlopen, loopt parallel aan de waterkering een Asbest Cement (AC) leiding met een buiten diameter van 500mm. Deze eindigt in een T-splitsing waar haaks op de waterkering een kort stuk 400mm AC leiding loopt die over gaat naar wederom 500mm. De ander tak loopt wel weer parallel aan dewaterkering en heeft een diameter van 200mm.

In het leggerprofiel is af te lezen dat de beschermingszone A[2] tot 30,1m vanaf de teen van het theoretisch (legger) profiel ligt. Dit betekent dat de eerder beschreven AC leidingen en het T-stuk allemaal binnen deze zone liggen, wat ook weergegeven is in Figuur 2. Ligging in deze beschermzone kan bij bezwijken van de leiding ertoe leiden dat de stabiliteit van dewaterkering in gevaar komt.

Erosie krater (Sigma) berekening voor parallelle leiding

Voor leidingen die parallel aan waterstaatswerken liggen is de berekening grotendeels dezelfde. De erosie krater wordt ook hier met software SIGMA bepaald. De uitvoeren zijn bijgevoegd in Bijlage 7 en hieronder nader toegelicht.



Figuur 9: NEN 3651 figuur 2a parallelle leiding ligt binnen veiligheidszone.

[2] Er wordt vanuit gegaan wordt dat beschermingszone A in de legger overeenkomt met de stabiliteitszone zoals vermeld in NEN 3651.

Invoer voor de AC Ø500 leiding in SIGMA is de volgende:

Grootheid	Symbool	Waarde	Eenheid	Opmerking
Uitwendige middenlijn	D_e	564	mm	Berekende waarde
Inwendige middenlijn	D_i	500	mm	Opgave Brabant Water
Wanddikte	d_n	32	mm	Opgave Brabant Water
Ontwerpdruk	p_d	1,0	N/mm^2	Aanname
Volumieke massa van medium	ρ	1000	kg/m^3	Drinkwater
Aanvullende pomp-/lekgegevens	-	JA		
Maximaal debiet	Q_m	484	m^3/uur	Opgave Brabant Water
Maximale opvoerhoogte	H_m	39,0	mwk	Opgave Brabant Water
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	1,20	m	Conservatief
Waterstaatswerk verheeld?	-	NEE		Helling niet flauwer dan 1:8.
Hoogteverschil kruin-maaiveld	H_{werk}	5,53	m	Kruin: NAP+6,71m o.b.v. AHN (conservatief) Teen: NAP+1,18m o.b.v. AHN (conservatief)
Aangepaste breedte stabiliteitszone	$B_{stabzone}$	30,1	m	Op basis van Legger (Beschermingszone A binnendijks) Ter info: $4H_{werk} = 22{,}12m$

Tabel 4: invoer SIGMA voor AC Ø500 parallel lopende leiding

In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven van de berekening.

Grootheid	Symbool	Berekende waarde	Eenheid
Halve breedte erosiekrater	$\boldsymbol{R_B}$	**9,32**	$\boldsymbol{m}$
Veiligheidszone evenwijdige ligging	$VZ_{\parallel}$	39,42	m
Veiligheidszone haakse kruising kleine krater	$VZ_{\perp;klein}$	34,76	m
Veiligheidszone haakse kruising grote krater	$VZ_{\perp;groot}$	39,42	m
Veiligheidszone haakse kruising volledige afschuiving	$VZ_{\perp;volschuif}$	48,75	m
Diepte erosiekrater	$\boldsymbol{D_K}$	**2,12**	$\boldsymbol{m}$

Tabel 5: Resultaten erosiekrater berekening voor AC leiding Ø500 mm

De invoer voor de AC Ø200 leiding in SIGMA is de volgende:

Grootheid	Symbool	Waarde	Eenheid	Opmerking
Uitwendige middenlijn	D_e	232	mm	Berekende waarde
Inwendige middenlijn	D_i	200	mm	Opgave Brabant Water
Wanddikte	d_n	16	mm	Opgave Brabant Water
Ontwerpdruk	p_d	1,0	N/mm^2	Aanname
Volumieke massa van medium	ρ	1000	kg/m^3	Drinkwater
Aanvullende pomp-/lekgegevens	-	JA		
Maximaal debiet	Q_m	32	m^3/uur	Opgave Brabant Water
Maximale opvoerhoogte	H_m	39,0	mwk	Opgave Brabant Water
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	1,20	m	Conservatief
Waterstaatswerk verheeld?	-	NEE		Helling niet flauwer dan 1:8.
Hoogteverschil kruin-maaiveld	H_{werk}	5,53	m	Kruin: NAP+6,71m o.b.v. AHN (conservatief) Teen: NAP+1,18m o.b.v. AHN (conservatief)
Aangepaste breedte stabiliteitszone	$B_{stabzone}$	30,1	m	Op basis van Legger (Beschermingszone A binnendijks) Ter info: $4H_{werk} = 22{,}12m$

Tabel 6: invoer SIGMA voor AC Ø200 parallel lopende leiding

In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven van de berekening.

Grootheid	Symbool	Berekende waarde	Eenheid
Halve breedte erosiekrater	$\boldsymbol{R_B}$	**4,20**	$\boldsymbol{m}$
Veiligheidszone evenwijdige ligging	$VZ_{\parallel}$	34,30	m
Veiligheidszone haakse kruising kleine krater	$VZ_{\perp;klein}$	32,20	m
Veiligheidszone haakse kruising grote krater	$VZ_{\perp;groot}$	34,30	m
Veiligheidszone haakse kruising volledige afschuiving	$VZ_{\perp;volschuif}$	38,50	m
Diepte erosiekrater	$\boldsymbol{D_K}$	**1,72**	$\boldsymbol{m}$

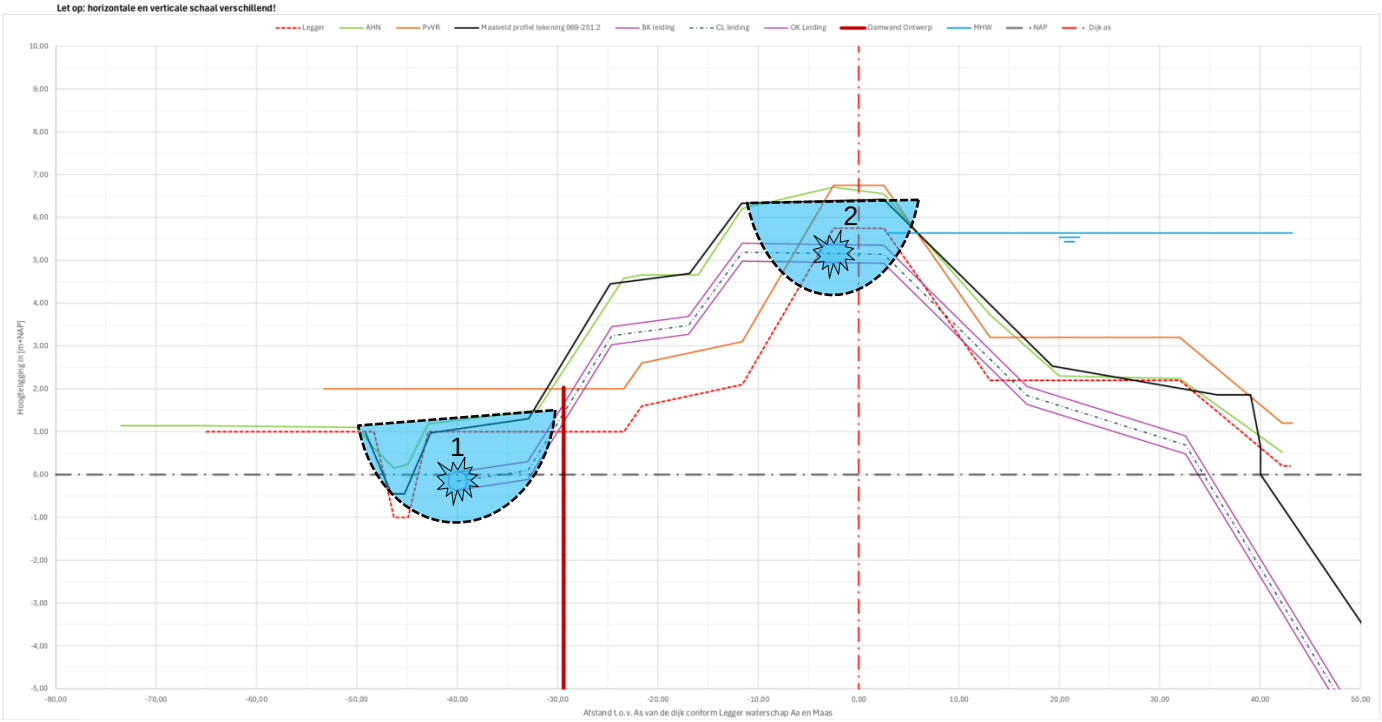
Tabel 7: Resultaten erosiekrater berekening voor AC leiding Ø200 mm

Analyse resultaten Sigma voor parallelle leiding

De hiervoor berekende erosiekraters bevinden zich binnen de veiligheidszone van de waterkering en hebben daardoor een negatief effect op de waterveiligheid van dewaterkering. In het slechtste geval zou bij een langdurige uitstroom van water uit de leiding een krater kunnen ontstaan die ertoe leidt dat de waterkering onstabiel wordt.

Ook deze leiding is van voor 1972 en moet daarom voldoen aan NEN 3651 Bijlage E. Beoordeling is bijgevoegd in Bijlage 5. Door het ontbreken van noodzakelijke leiding parameters is het niet te controleren of deze leiding aan de norm voldoet. Dit heeft te maken met het specifieke materiaal (AC) en de software die niet ingericht is om met dit leidingmateriaal te rekenen.

6.2 Effect kans bezwijken van leidingen op faalkans dijklichaam



Figuur 10: Dijkprofiel met damwand en stalen zinkerleiding met schets van twee mogelijke erosiekraters: (1) in de teen en (2) in de kruin. Legenda: Rood gestippeld = legger profiel, rood streep-stip = as van de waterkering, groen = AHN, zwart = ontwerptekening 1969, zwart streep-stip = 0m+NAP, Roodbruin (dik) = damwand, Paars = leiding, Oranje = PvVR uit legger; blauw = MHW.

Een bijkomend risico voor falen van het dijklichaam ter plaatse van de twee stalen leidingen is dat door een erosiekrater het waterkerend theoretisch profiel aangetast wordt (zie hierboven bij “1”).

In principe is er geen reden om aan te nemen dat de leiding niet voldoet aan de sterkte eis, maar de leiding loopt over een langere lengte. Hierdoor is het totale risico groter op falen dan bij een parallelle loop met een korte lengte.

Alternatieven om dit risico te reduceren zijn:

- Verleggen van de leiding buiten de veiligheidszone van de waterkering;
- Aanbrengen van damwandscherm tussen waterkering en leiding.

Dit tweede alternatief is op dit moment in het ontwerp opgenomen (Heave-damwandscherm). Als een erosiekrater optreedt, dan is dit altijd achter het damwandprofiel ten opzichte van de waterkering. Het betreffende Heavescherm is niet gedimensioneerd op een aanvullende stabiliteitsfunctie.

Resume:
Uit de eerdergenoemde toetsing (zie Bijlage 4) volgt dat de Asbest-Cement leidingen die parallel aan de teen van de waterkering liggen niet zijn te toetsen zoals geformuleerd in Bijlage E van de NEN 3650 norm.
Dat de leiding niet te toetsen is wil nog niets zeggen over de kans op bezwijken en de gevolgen voor de waterkering. Dit aspect wordt nader uitgewerkt in de Nota Vergunbaar ontwerp aangezien deze parallelle leidingen als niet waterkerende objecten dienen te worden beoordeeld.

6.3 Uitvoeringsaspecten leidingen parallel aan waterstaatswerk

Tijdens de realisatie van het Heave-damwandscherm is waarschijnlijk een heistelling of ander zwaar materieel nodig om deze in te brengen. Hierbij is het logisch dat de voertuigen over het vlakke stuk langs de teen van de waterkering bewegen. Echter liggen hier de AC leidingen uit 1970, welke niet bestand zijn tegen dergelijke bovenbelasting.

Om te voorkomen dat de leiding breekt worden daarom de volgende twee opties aanbevolen:

1. Ten minste 1,5m uit de leiding te blijven en dragline schotten toepassen voor spreiding van de last.
2. Verleggen van de leiding buiten de veiligheidszone zoals berekend in tabel 5 en tabel 7.

7 Analyse Waterschap Aa en Maas

In correspondentie met Aa en Maas was naar voren gekomen dat bij het ontwerp van de dijkversterking al in zekere mate rekening is gehouden met de leidingen in en nabij de waterkering (zoals beschreven in dit memo). Daartoe heeft het waterschap drie stukken aangeleverd op 18-10-2024 en betreffen een analyse van Aa en Maas door Rick van Tilborg. De vraag was om deze stukken te analyseren met betrekking tot het effect van de leidingen op waterveiligheid.

Het betreft de volgende stukken:

1. *"Ontwerp Notitie Dijk (OND) – HWBP-project Doeveren – Definitief"* van November 2022 (34 pagina's + bijlagen)
2. *"Technische Uitgangspunten Notitie (TUN) – HWBP-project Doeveren – Definitief"* van 10 oktober 2023 (29 pagina's + bijlagen)
3. *"Nota Verfijnen Waterveiligheidsopgave – HWBP-project Doeveren – Definitief"* van oktober 2023 (20 pagina's + bijlagen)

Geconcludeerd wordt dat het effect van de leidingen inderdaad is meegenomen.

Ontwerp Notitie Dijk (OND) – HWBP-project Doeveren – Definitief"
Op blz. 71 (Bijlage B, §9.2) van OND [1] staat dat de damwand schadevrij ingebracht kan worden.

Wij constateren dat het hierbij niet duidelijk is of ook rekening gehouden wordt met bovenbelasting van materieel (dat de damwand inbrengt) op de parallelle leiding.
Wij constateren dat voor de kruisende leiding geen leidingdoorvoer door de damwandconstructie van het heave-scherm is opgemerkt. Dit is een detaillering die in verdere ontwerpstappen en uitvoering meegenomen moet worden.

Technische Uitgangspunten Notitie (TUN) – HWBP-project Doeveren – Definitief
In de TUN [2] zijn in §11.4.2 uitkomsten van een erosiekrater berekening verwerkt.
Geconstateerd wordt dat deze conservatiever lijken uit te komen dan die in de voorliggende memo bepaald zijn.
Echter is onduidelijk welke uitgangspunten en invoer is gebruikt voor deze berekening.
Nota Verfijnen Waterveiligheidsopgave – HWBP-project Doeveren – Definitief
In document [3] is in §9.2 een beschouwing gedaan van de faalkans van de waterkering in combinatie met de kruisende leiding.
Wij constateren dat uit de beschouwing volgt dat de kruising voldoet aan de faalkanseis.
Wij constateren dat voor de parallelle leiding wordt verwezen naar de restbreedte analyse. Daarin is het effect van een erosiekrater ook meegenomen en wordt geconcludeerd dat de waterkering voldoet op restbreedte.
Hierop wordt nader ingegaan in de Nota Vergunbaar Ontwerp
Wij constateren dat er wordt opgemerkt dat het profiel niet voldoet op piping in het bijzonder ook bij een erosiekrater. De erosiekrater kan de kwelweglengte verkorten. Aanbevolen wordt om hiermee rekening te houden bij de bepaling van de definitieve lengte en sterkte van het heave-scherm die in de DO-fase verder wordt gedetailleerd.
Daarnaast dient het heave-scherm ontworpen te worden op een kerende hoogte veroorzaakt door de erosiekrater van de parallelle leiding. .

8 Conclusies en aanbevelingen

In dit memo zijn de leidingen nabij de dijkversterking bij Doeveren getoetst conform NEN 3651:2020. Het betreft leidingen van voor 1972 (ingangsjaar van de Pijplijncode), waardoor een andere toetsing (Bijlage E van NEN 3651) van kracht is dan voor later aangelegde leidingen.

Uit deze toetsing volgt dat de twee stalen leidingen die de waterkering en de waterweg kruisen huidige situatie en de toekomstige situatie voldoen aan de norm (zie Bijlage 4). Op basis van de toetsing volgens Bijlage E van de NEN 3650 norm zouden deze leidingen niet vervangen hoeven te worden. Dat de leiding aan de toetsing voldoet wil niet zeggen dat de kans op bezwijken nul is, er blijft altijd een restrisico op falen van de leiding. In de memo zijn enkele kanttekeningen gemaakt ten aanzien van waterveiligheid en de ligging van de leiding door het leggerprofiel (onder dijktafelhoogte).

De leidingen parallel aan de waterkering zijn ook getoetst (zie Bijlage 5) en door het ontbreken van noodzakelijke leiding parameters is het niet te controleren of deze leiding aan de norm voldoet. Dit heeft te maken met het specifieke materiaal (AC) en de software die niet ingericht is om met dit leidingmateriaal te rekenen.
Voor deze parallelle leiding zijn enkele kanttekeningen gemaakt. De leiding ligt namelijk in de stabiliteitszone of veiligheidszone A van de waterkering. Het ontstaan van een erosiekrater in deze zone heeft een negatief effect op de waterveiligheid van dewaterkering. In het slechtste geval zou bij een langdurige uitstroom van water uit de leiding een krater kunnen ontstaan die ertoe leidt dat de waterkering onstabiel wordt.

Aan beide vraagstukken inzake het mogelijk falen van de waterkering als gevolg van het lekken of bezwijken van de waterleiding wordt in de notitie inzake de Niet-waterkerende objecten nadere aandacht geschonken.

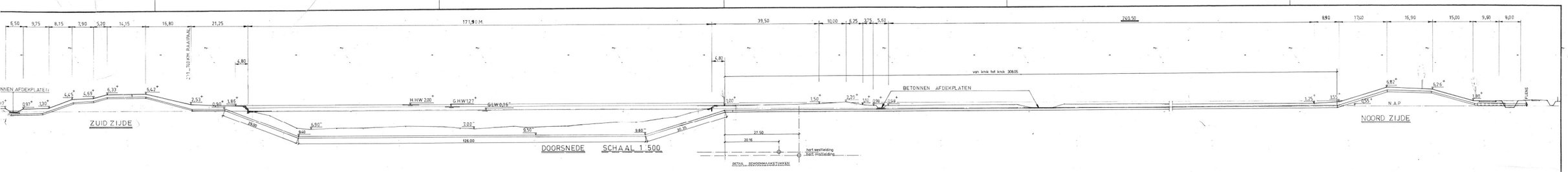
Naast de toetsing zijn enkele uitvoeringsaspecten en aandachtspunten meegegeven, waaronder:

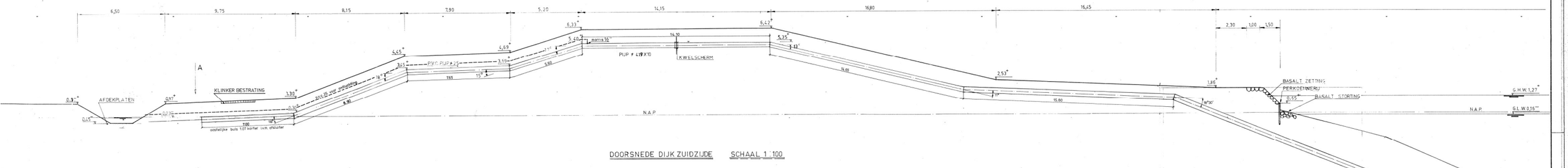
- Het effect van de erosiekrater van de AC Ø500 leiding parallel aan de waterkering op de stabiliteit van het Heavescherm;
- Aanbeveling voor uitvoering van het inbrengen van het Heave-damwandscherm, waarbij voorkomen moet worden dat zware voertuigen boven de AC-leidingen rijden;
- Een voorstel voor de leiding doorvoer van de bestaande stalen zinkerleiding. Een damwand kan niet door (of onder) deze leiding aangebracht worden, maar met behulp van parallelle damwanden, grout- of waterglas injecties en een kleikist kan een constructie om de leiding gerealiseerd worden die water afdichtend en stabiel ontworpen en uitgevoerd kan worden.

Aanbevolen wordt om aandachtspunten en conclusies te verwerken in het ontwerp en de uitvoering(-splannen).

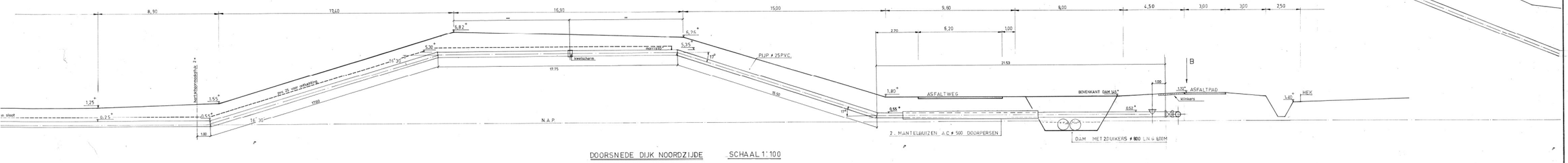
Bijlage 1 - Leiding tracé tekening – Transportleiding Genderen

Tekening “Transportleiding Genderen – Loon op Zand, zinker Bergse Maas – Heusden” d.d. 08-10-1969, NV Waterleidingmij N.W. Brabant

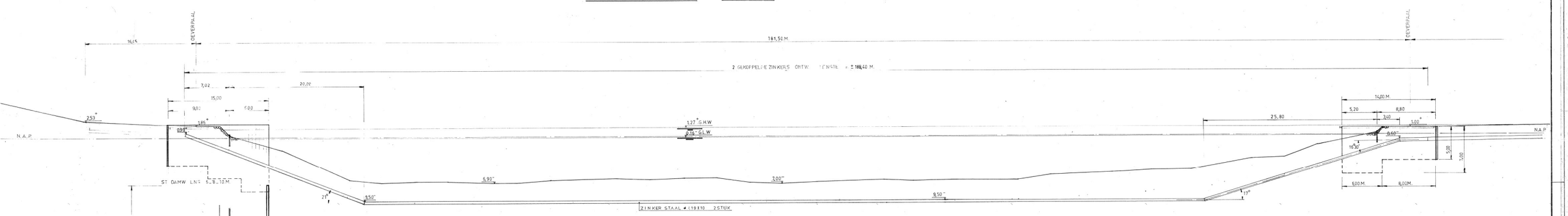




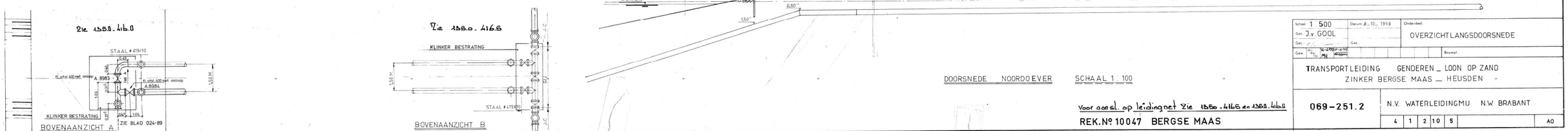
DOORSNEDE DIJK ZUIDZIJDE SCHAAL 1:100



DOORSNEDE DIJK NOORDZIJDE SCHAAL 1:100



DOORSNEDE IN DE BERGSEMAAS SCHAAL 1:200



DOORSNEDE NOORDOEVER SCHAAL 1:100

Zie 1350.416.0

BOVENAANZICHT A

Zie 1350.416.6

BOVENAANZICHT B

Voor aans. op leidingnet Zie 1350.416.5 en 1350.416.11

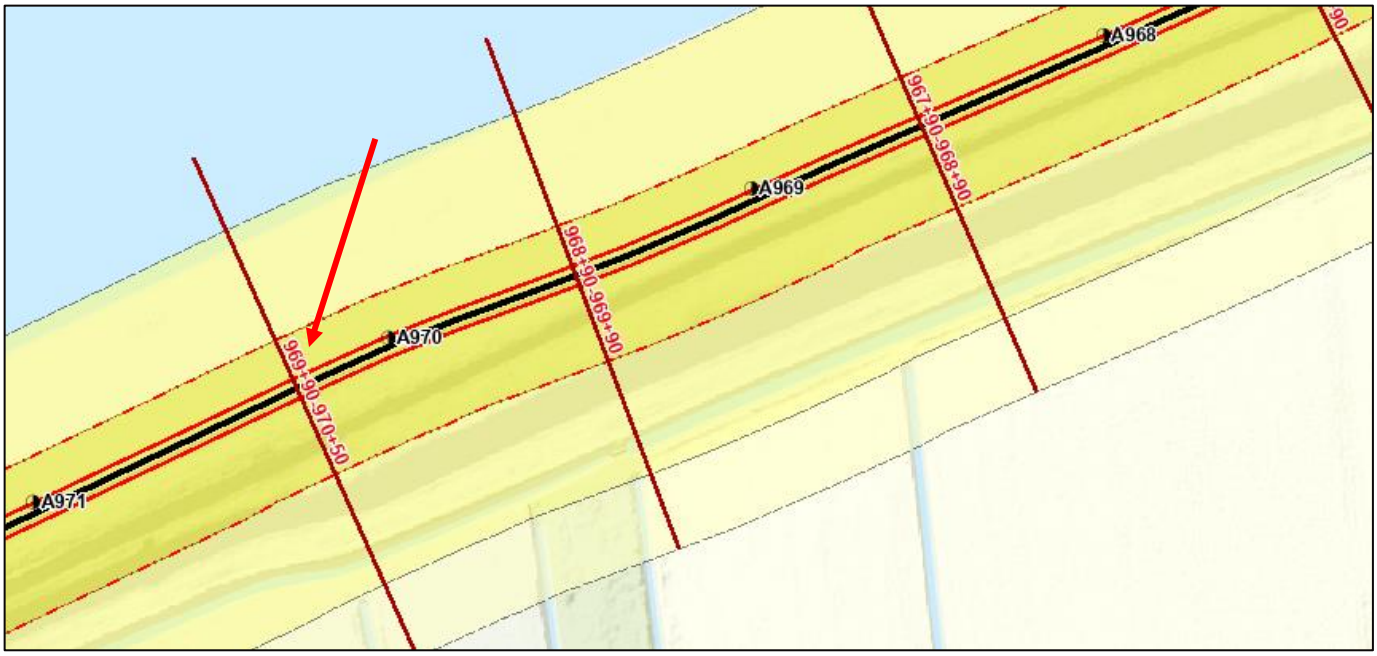
REK.Nº 10047 BERGSE MAAS

Schaal 1:500	Datum 8-10-1969	Onderdeel: OVERZICHT LANGSDOORSNEDE	
Get. J.v. GOOL	Gez.		
Gew.		Bouwpl.	
TRANSPORTLEIDING GENDEREN – LOON OP ZAND ZINKER BERGSE MAAS – HEUSDEN			
069-251.2	N.V. WATERLEIDINGMIJ N.W. BRABANT		
	4 1 2 10 5		A0

069-251.2

Bijlage 2 - Leggertekening “Maasdijk, dwarsprofiel km 96.990 tot km 97.050”

Legger Waterkeringen “Maasdijk, dwarsprofiel km 96.990 tot km 97.050” d.d. 15-08-2018, Waterschap Aa en Maas. Voor de locatie zie onderstaande figuur.



Figuur 11: Locatie van dwarsprofiel uit de Legger (aangepijld)

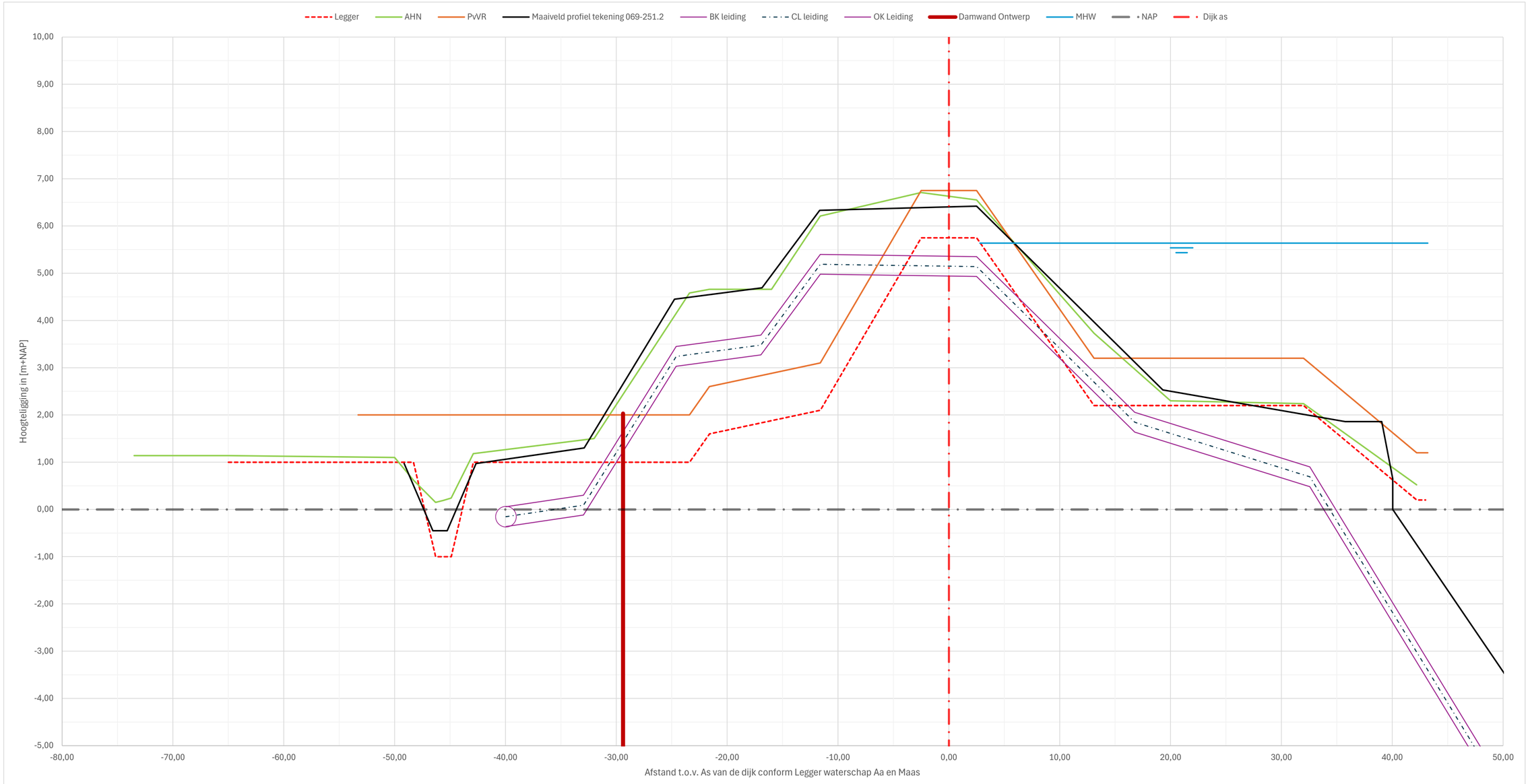
Bijlage 3 - Gecombineerde dijkprofiel en leidingprofiel

Gecombineerde dijkprofiel en leidingprofiel

Dwarsprofiel Dijk t.p.v. leidingkruissing 2 x zinker staal 419/10 KMR 231, Maasdijk Leggerdwarsprofiel 969+90 - 970+50

Bureau:	Arcadis Nederland B.V.	**Versie**	0.1	**Input:**	Tekening legger Aa en Maas - Maasdijk, dwarsprofiel 969+90 - 970+50 https://maps.aaenmaas.nl/portaal/bijlages/PWK/Dwarsprofiel_Maasdijk_968_090_969_090.pdf
Opgesteld:	Stefan van Erp	**Datum:**	11-10-2024		Tekening 069-251.2 - Transportleiding Genderen _ Loon op zand - Zinker Bergse Maas _ Heusden
Controle	Jeroen Hulzebos	**Printdatum**	11-10-2024		Ontwerptekening DV-ARC-VO-DP-NW-DIJKONTWERP-2001 "Dijkontwerp - Dwarsprofielen dijkvak 1 - blad 1"
					Ontwerptekening DV-ARC-VO-DP-NW-DIJKONTWERP-2001 "Dijkontwerp - Dwarsprofielen dijkvak 1 - blad 2"

NB: Origineel dijk en leidingprofiel uitgezet o.b.v. kruin van de dijk aan de buiten/rivierzijde Afstand + 2,5m t.o.v. midden van dijklichaam conform Leggertekening waterschap Aa en Maas.



Dwarsprofiel Dijk t.p.v. leidingkruissing 2 x zinker staal 419/10 KMR 231, Maasdijk Leggerdwarsprofiel 969+90 - 970+50

Bureau:	Arcadis Nederland B.V.	**Versie**	0.1
Opgesteld	Stefan van Erp	**Datum:**	11-10-2024
Controle	Jeroen Hulzebos	**Printdatum**	11-10-2024

Maasdijk, dwarsprofiel: 969+90 - 970+50

hm	+m	=m
969	90	96990
970	50	97050

Legenda

Correctie logisch verloop c.q. visueel versus aangeduide waarde in tabel

NAP		MHW		Legger		AHN		PvVR		Dijk as	
NAP x	NAP z	Afstand MH	hoogte MH	Afstand Legger	hoogte legger	Afstand AHN	hoogte AHN	Afstand PvVR	hoogte PvVR	Dijk as x	Dijk as z
-80,00	0,00	2,80	5,64	-65,00	1,00	-73,50	1,14			0,00	20,00
50,00	0,00	43,20	5,64	-48,30	1,00	-65,00	1,14			0,00	-20,00
				-46,30	-1,00	-50,00	1,10				
		20,00	5,54	-45,60	-1,00	-48,30	0,62	-53,30	2,00		
		22,00	5,54	-44,90	-1,00	-46,30	0,15	-48,30	2,00		
				-42,90	1,00	-45,60	0,19	-42,90	2,00		
		20,50	5,44	-23,40	1,00	-44,90	0,24	-23,40	2,00		
		21,50	5,44	-21,60	1,60	-42,90	1,18	-21,60	2,60		
				-11,60	2,10	-32,00	1,50	-11,60	3,10		
				-2,50	5,75	-23,40	4,58	-2,50	6,75		
				2,50	5,75	-21,60	4,66	2,50	6,75		
				13,10	2,20	-16,00	4,66	13,10	3,20		
				32,00	2,20	-11,60	6,21	32,00	3,20		
				42,20	0,20	-2,50	6,71	42,20	1,20		
				43,00	0,20	2,50	6,55	43,20	1,20		
						13,10	3,73				
						20,00	2,30				
						32,00	2,24				
						42,20	0,52				

Dwarsprofiel Dijk t.p.v. leidingkruissing 2 x zinker staal 419/10 KMR 231, Maasdijk Leggerdwarsprofiel 969+90 - 970+50

Bureau:	Arcadis Nederland B.V.	**Versie**	0.1
Opgesteld	Stefan van Erp	**Datum:**	11-10-2024
Controle	Jeroen Hulzebos	**Printdatum**	11-10-2024

Tekening 069-251.2 - Transportleiding Genderen _ Loon op zand - Zinker Bergse Maas _ Heusden

Opgesteld	08-10-1969
Laatst gewijzigd	17-05-1972
Opdrachtgev.	N.V. Waterleidingmij N.W. Brabant

Buitendiameter	419	mm
Binnendiameter	399	mm
Wanddikte	10	mm

Legenda

Uitgaande van "Doorsnede in de Bergsemaas Schaal 1:100"

Berekende waarde

Referentie voor afstandmaatvoering.

Ontwerptekening

Tek.Nummer.	DV-ARC-VO-DP-NW-DIJKONTWERP-2001
Titel:	Dijkontwerp - Dwarsprofielen dijkvak 1 - blad 1

Locatie	16,50	m+midden sloot
BK DW	-1,00	m+MV
OK DW	-11,80	m+MV
Maaiveld	3,03	m+NAP

Leiding profiel

Afstand Le	BK leiding	BK leiding	CL leiding	OK Leiding	Omschrijf leiding
			-	-	
			-	-	
-39,96	0,06	0,06	-0,15	-0,36	
-32,96	0,41	0,30	0,09	-0,12	
-24,60	3,42	3,45	3,24	3,03	
-16,96	3,76	3,69	3,48	3,27	
-11,60	5,40	5,40	5,19	4,98	
-4,55		5,38	5,17	4,96	Kwelscherm
2,50	**5,35**	5,35	5,14	4,93	knik buitenkruin
16,77	2,05	2,05	1,84	1,64	Knik buitenteen
32,56	1,50	0,90	0,69	0,48	
59,58	-9,47	-9,50	-9,71	-9,92	Teen rivierbodem
			-	-	
			-	-	
			-	-	
			-	-	
			-	-	
			-	-	
			-	-	

Maaiveld profiel tekening 069-251.2

Afstand MV	hoogte MV	Omschrijf MV
-49,15	0,97	Sloot achter
-46,55	-0,45	
-45,25	-0,45	
-42,65	0,97	Sloot dijkwaards
-32,90	1,30	
-24,75	4,45	
-16,85	4,69	
-11,65	6,33	Kruin binnen
2,50	6,42	Kruin Buiten
19,30	2,53	Teen buiten
35,75	1,86	Uitwaarde
38,05	1,86	Begin basalt
39,05	1,86	Kruin basalt
40,05	0,65	Teen basalt
40,05	0,00	Perkoen
60,05	-6,90	Teen rivierbodem

Damwand Ontwerp

Afstand DW	Hoogte DW	Omschrijf Ontwerp
-29,40	2,03	Damwand binnenteen
-29,40	-8,77	

Bijlage 4 - Beoordelingsformulieren Dijkkruisende leiding conform NEN3651

BEOORDELING BUISLEIDING VOLGENS NEN3651

Dijkversterking Doeveren, Waterschap Aa en Maas

Basisgegevens leiding

Nummer leiding (zie memo)	1			
Typering leiding: Drinkwatertransportleiding				
Parallel/kruisend	Kruisend		Leidingbeheerder	Brabant Water
Ligging	Dijkpaal A970		Leidingcode beheerder	-
Vergunning/melding aanwezig?	Nee		Te transporteren medium	Drinkwater
Bevoegd gezag	Rijkswaterstaat		Druk	390 kPa
Datum Vergunning	-		Diameter leiding	419 mm uitw.
Kenmerk vergunning/melding	-		Materiaal	Staal
			Aanlegmethode	Zinker
Status leiding	Functioneel		Conditie leiding	Onbekend
Toelichting op oordeel conditie	Voorzien van kathodische bescherming			

Opmerking: Dit betreft een dubbele zinker. Er liggen twee leidingen parallel.

Waterkering

Type waterkering	Primaire waterkering			
Minimale kruinhoogte	NAP + 5,75 m (legger)			
Steunberm in ontwerp noodzakelijk voor stabiliteit dijk (waterstaatswerk)?	Ja		Breedte kernzone nieuwe situatie	Blijft ca 36,5 m
Ligt leiding in kernzone in oude situatie?	Ja		Ligt leiding in kernzone in nieuwe situatie?	Ja
Ligt leiding in stabiliteitszone*) in oude situatie?	Ja		Ligt leiding in stabiliteitszone*) in nieuwe situatie?	Ja

*) Stabiliteitszone volgens NEN3651, dit is de beschermingszone volgens keur waterschap

Mechanische invloeden

Maximale grondophoging dijkversterking t.p.v. leiding	Niet van toepassing
Zettingsberekeningen uitgevoerd door	Niet noodzakelijk
Sterktetoets leiding in verband met zettingen t.g.v. voorziene ophogingen uitgevoerd?	Niet noodzakelijk
Resultaat:	-
Toets uitgevoerd door	-

Kwelscherm

Sprake van kwel?	Ja			
Kwelscherm aanwezig?	Ja, in kruin dijk *)		Kleikist aanwezig?	Nee
Kwelscherm voldoet aan par. 8.1.7.2 (0,5 m buiten leiding)	Onbekend		Kleikist > 1 m in lengterichting leiding?	Nee

*) Afhankelijk van de damwanddoorvoering kan damwand tevens als kwelscherm beschouwd worden

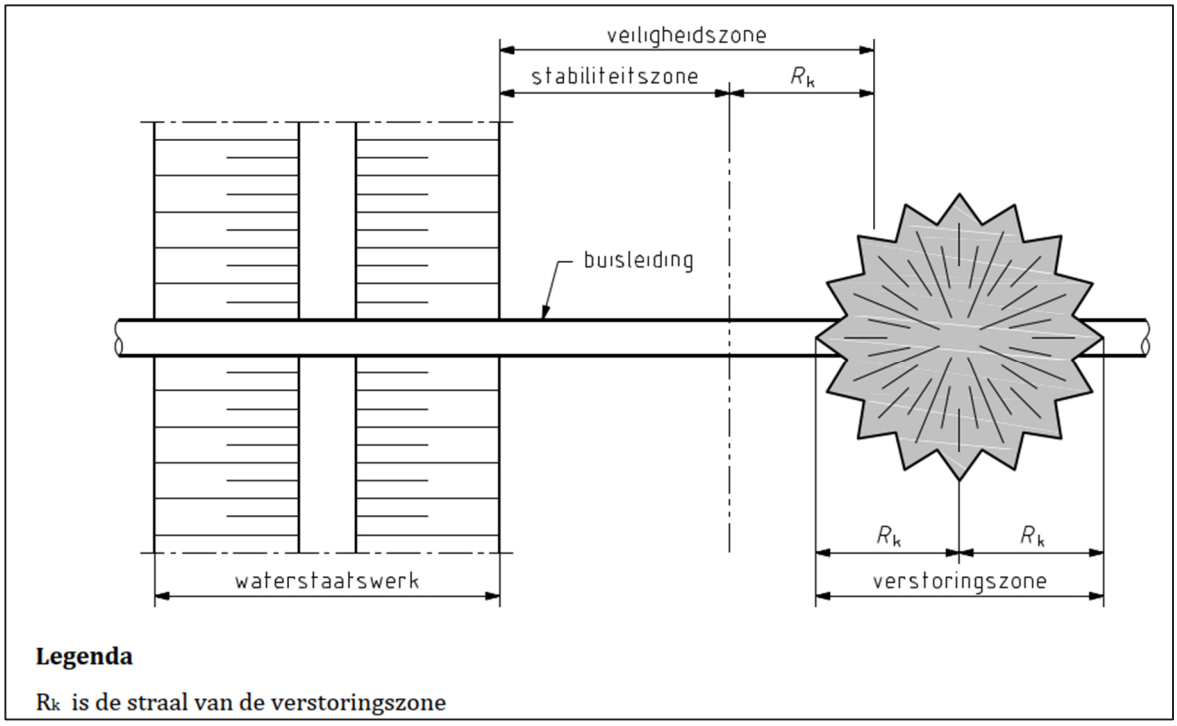
Drukleiding?

Ja

Veiligheidszone (voor drukleidingen) op basis van VO dijkversterking

Bestaande situatie			**Ontwerpsituatie**	
Breedte waterstaatswerk *)	36,50 m		Breedte waterstaatswerk *)	36,50
Stabiliteitszone	(4x hoogte) 22 m		Stabiliteitszone **)	(4x hoogte) 22 m
Rk verstoringszone	9,0 m		Rk verstoringszone	9,0 m
Veiligheidszone	23,85 m		Veiligheidszone	23,85 m
Voldoet leiding aan relatieve sterkte eis? ***)	Nee		Voldoet leiding aan relatieve sterkte eis? ***)	Nee

*) Gerekend vanaf waterlijn kanaalzijde
**) Op basis van geotechnisch onderzoek, niet op basis van standaardformule in NEN3651
***) NEN 3651:2020, par. 6.6 schrijft voor: “De leidingstrekking in de kruising met een waterkering inclusief de veiligheidszone, moet 20 % sterker zijn voor inwendige druk dan de veldleiding.”



Legenda

R_k is de straal van de verstoringszone

Bijlage E van NEN 3651

Datum aanleg leiding	1970		Aanleg voor 1972?	Ja
Eenvoudige toetsing volgens bijlage E van toepassing?				Ja

Toelichting: indien bijlage E van toepassing, dan vervalt de toetsing op de relatieve sterkte voor stalen leidingen, de veiligheidszone en de damwand. In plaats daarvan worden onderstaande controlestappen doorlopen.

Controle Bijlage E NEN 3651:2020

Stap:	Resultaat:
E.2.1.1 Benodigde informatie ontvangen?	De informatie is ontvangen, zie de toelichting hieronder: - revisietekeningen en aanpalende gegevens → aanwezig; - jaar van aanleg → 1970; - middellijn, materiaalsoort, wanddikte, type verbindingen en overige materiaaleigenschappen → bekend; - maximale bedrijfsdruk en bedrijfstemperatuur van de leiding → bekend; - informatie met betrekking tot afsluiters (conditie, constructie, materiaal en plaats ten opzichte van het waterstaatswerk) → er zijn afsluiters aanwezig in de waterkering; - een beschrijving van de historie van de leiding binnen de veiligheidszones van de waterkering (data, ophogingen, verzakkingen, aanpassingen aan de leiding, reparaties, enz.) en indicatie van de status/functionering van de leiding → geen gegevens ontvangen/bekend; - historie van en aanpassingen (verzwaringen, enz.) aan de waterkering→ geen aanpassingen bekend; - voor stalen leidingen: resultaten van metingen van de werking van het kathodische beschermingssysteem waarmee wordt aangetoond dat de bescherming tegen uitwendige corrosie van de kruisende leiding voldoet → geen gegevens ontvangen van Brabant Water; - wanneer inwendige inspecties zijn uitgevoerd: de resultaten van inwendige inspecties → Het KB-systeem wordt jaarlijks voorzien van een inspectiemeting en is in orde. De afgelopen drie metingen tonen aan dat de leiding voldoende is beschermd. De laatst meting dateert van 21-5-2024; - informatie over in het verleden opgetreden en in de toekomst te verwachten zettingen → zettingsverleden niet bekend. Toekomstige zettingen worden in het kader van het versterkingsproject niet berekend, omdat er geen sprake is van ophoging.
E.2.1.2 Aanvullende informatie ontvangen?	Nee; alleen noodzakelijk bij nodig voor stalen lagedrukleidingen ($p_d \leq 1{,}0$ MPa) met een middellijn groter dan 500 mm en voor stalen hogedrukleidingen ($p_d > 1{,}0$ MPa).
E.2.1.3 Voldoet buisleiding niet aan afkeurcriteria?	**De buisleiding voldoet niet aan de afkeurcritera.**
E.2.2.1 Controle ligging verstoringszone t.o.v. stabiliteitszone	Breedte ontgrondingskuil (A.2.2): R_B = 9,0 m Stabiliteitszone (6.2.2.): $4 \bullet H_{werk} = 4 * 5{,}53$ m = 22,12 m Conclusie: verstoringszone ligt binnen de stabiliteitszone → toetsing volgens E.2.2.2.
E.2.2.2 Beoordelingsschema	Uit schema volgt: materiaal: staal, inwendige druk ≤ 1 MPa → **Eindscore voldoet.**
Berekening conform NEN3651:2020 paragraaf 8.3 en 8.4.	Conclusie: De leiding voldoet. Er is géén uitgebreide sterkte berekening noodzakelijk.

Conclusies

Voldoet de leiding aan NEN 3651 voorafgaand aan dijkversterking?	Ja
Zo nee waarom niet?	-
Is leiding sterk genoeg om mechanische invloeden ophoging te weerstaan?	Niet van toepassing
Voldoet de leiding aan NEN 3651 na uitvoering dijkversterking?	Ja

Bijlage 5 - Beoordelingsformulieren Langslopende leiding conform NEN3651

BEOORDELING BUISLEIDING VOLGENS NEN3651

Dijkversterking Doeveren, Waterschap Aa en Maas

Basisgegevens leiding

Nummer leiding (zie memo)	2			
Typering leiding: Drinkwatertransportleiding				
Parallel/kruisend	Kruisend		Leidingbeheerder	Brabant Water
Ligging	Dijkpaal A970		Leidingcode beheerder	-
Vergunning/melding aanwezig?	Nee		Te transporteren medium	Drinkwater
Bevoegd gezag	Rijkswaterstaat		Druk	390 kPa
Datum Vergunning	-		Diameter leiding	500 mm uitw.
Kenmerk vergunning/melding	-		Materiaal	AC
			Aanlegmethode	Open ontgraving
Status leiding	Functioneel		Conditie leiding	Onbekend
Toelichting op oordeel conditie	-			

Waterkering

Type waterkering	Primaire waterkering			
Minimale kruinhoogte	NAP + 5,75 m (legger)			
Steunberm in ontwerp noodzakelijk voor stabiliteit dijk (waterstaatswerk)?	Ja		Breedte kernzone nieuwe situatie	Blijft ca 36,5 m
Ligt leiding in kernzone in oude situatie?	Ja		Ligt leiding in kernzone in nieuwe situatie?	Ja
Ligt leiding in stabiliteitszone*) in oude situatie?	Ja		Ligt leiding in stabiliteitszone*) in nieuwe situatie?	Ja

*) Stabiliteitszone volgens NEN3651, dit is de beschermingszone volgens keur waterschap

Mechanische invloeden

Maximale grondophoging dijkversterking t.p.v. leiding	Niet van toepassing
Zettingsberekeningen uitgevoerd door	Niet noodzakelijk
Sterktetoets leiding in verband met zettingen t.g.v. voorziene ophogingen uitgevoerd?	Niet noodzakelijk
Resultaat:	-
Toets uitgevoerd door	-

Kwelscherm

Sprake van kwel?	Nee			
Kwelscherm aanwezig?	Nee		Kleikist aanwezig?	Nee
Kwelscherm voldoet aan par. 8.1.7.2 (0,5 m buiten leiding)	n.v.t.		Kleikist > 1 m in lengterichting leiding?	Nee

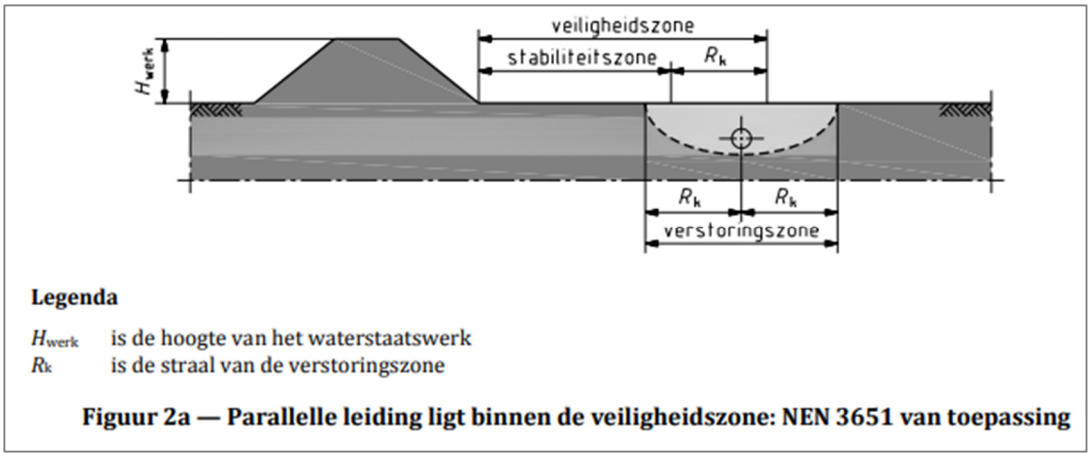
Drukleiding?

Ja

Veiligheidszone (voor drukleidingen) op basis van VO dijkversterking

Bestaande situatie			Ontwerpsituatie	
Breedte waterstaatswerk *)	36,50 m		Breedte waterstaatswerk *)	36,50
Stabiliteitszone	(4x hoogte) 22 m		Stabiliteitszone **)	(4x hoogte) 22 m
Rk verstoringszone	9,32 m		Rk verstoringszone	9,32 m
Veiligheidszone	23,85 m		Veiligheidszone	23,85 m
Voldoet leiding aan relatieve sterkte eis? ***)	Nee		Voldoet leiding aan relatieve sterkte eis? ***)	Nee

*) Gerekend vanaf waterlijn kanaalzijde
**) Op basis van geotechnisch onderzoek, niet op basis van standaardformule in NEN3651
***) NEN 3651:2020, par. 6.6 schrijft voor: “De leidingstrekking in de kruising met een waterkering inclusief de veiligheidszone, moet 20 % sterker zijn voor inwendige druk dan de veldleiding.”



Legenda

H_{werk} is de hoogte van het waterstaatswerk
R_k is de straal van de verstoringszone

Figuur 2a — Parallelle leiding ligt binnen de veiligheidszone: NEN 3651 van toepassing

Bijlage E van NEN 3651

Datum aanleg leiding	1970		Aanleg voor 1972?	Ja
Eenvoudige toetsing volgens bijlage E van toepassing?				Ja

Toelichting: indien bijlage E van toepassing, dan vervalt de toetsing op de relatieve sterkte voor stalen leidingen, de veiligheidszone en de damwand. In plaats daarvan worden onderstaande controlestappen doorlopen.

Controle Bijlage E NEN 3651:2020

Stap:	Resultaat:
E.2.1.1 Benodigde informatie ontvangen?	De informatie is ontvangen, zie de toelichting hieronder: - revisietekeningen en aanpalende gegevens → deels aanwezig; - jaar van aanleg → 1970; - middellijn, materiaalsoort, wanddikte, type verbindingen en overige materiaaleigenschappen → bekend; - maximale bedrijfsdruk en bedrijfstemperatuur van de leiding → bekend; - informatie met betrekking tot afsluiters (conditie, constructie, materiaal en plaats ten opzichte van het waterstaatswerk) → er zijn afsluiters aanwezig in de waterkering; - een beschrijving van de historie van de leiding binnen de veiligheidszones van de waterkering (data, ophogingen, verzakkingen, aanpassingen aan de leiding, reparaties, enz.) en indicatie van de status/functionering van de leiding → geen gegevens ontvangen/bekend; - historie van en aanpassingen (verzwaringen, enz.) aan de waterkering→ geen aanpassingen bekend; - voor stalen leidingen: resultaten van metingen van de werking van het kathodische beschermingssysteem waarmee wordt aangetoond dat de bescherming tegen uitwendige corrosie van de kruisende leiding voldoet → AC leiding, dus n.v.t.; - wanneer inwendige inspecties zijn uitgevoerd: de resultaten van inwendige inspecties → n.v.t.; - informatie over in het verleden opgetreden en in de toekomst te verwachten zettingen → zettingsverleden niet bekend. Toekomstige zettingen worden in het kader van het versterkingsproject niet berekend, omdat er geen sprake is van ophoging.
E.2.1.2 Aanvullende informatie ontvangen?	Nee; alleen noodzakelijk bij nodig voor stalen lagedrukleidingen ($p_d \leq 1{,}0$ MPa) met een middellijn groter dan 500 mm en voor stalen hogedrukleidingen ($p_d > 1{,}0$ MPa).
E.2.1.3 Voldoet buisleiding niet aan afkeurcriteria?	**De buisleiding voldoet niet aan de afkeurcritera.**
E.2.2.1 Controle ligging verstoringszone t.o.v. stabiliteitszone	Breedte ontgrondingskuil (A.2.2): R_B = 9,32 m Stabiliteitszone (6.2.2.): 4•H_{werk}=4 * 5,53 m = 22,12 m Conclusie: verstoringszone ligt binnen de stabiliteitszone → toetsing volgens E.2.2.2.
E.2.2.2 Beoordelingsschema	Uit schema volgt: materiaal: niet-staal, inwendige druk ≤ 1 MPa → ≥125mm → Toetsing E.2.2.3
E.2.2.3 Eenvoudige toetsing	Uit de grafiek volgt dat verdere toetsing noodzakelijk is volgens paragraaf E.2.2.6 / E.2.2.7
E.2.2.6 Beoordeling niet stalen leidingen / E.2.2.7 Toetsing asbestcement leidingen	Toetsing volgens: $\sigma_t = \frac{N}{A} + f_{rr} \times \alpha \times \frac{M}{W} \leq \bar{\sigma}_t$ Tevens controle op uitschuiving en hoekverdraaiing (indien niet-trekvast) dan wel op trekkracht en hoekverdraaiing (indien trekvast). **Knelpunt:** De noodzakelijke parameters van de leiding zijn niet bekend voor deze situatie en dit specifieke materiaal. Ook de software om dit door te rekenen kan niet met het materiaal AC rekenen.
Conclusie	Gezien de voorgaande noodzakelijke toetsing niet uitgevoerd kan worden, kan de leiding in deze situatie niet als voldoende worden beoordeeld.

	Een geavanceerde toetsing (“toets op maat” volgens WBI) middels een faalkans- of risicoanalyse biedt hier uitkomst.

Conclusies

Voldoet de leiding aan NEN 3651 voorafgaand aan dijkversterking?	Nee
Zo nee waarom niet?	De noodzakelijke parameters van de leiding zijn niet bekend voor deze situatie en dit specifieke materiaal. Ook de software om dit door te rekenen kan niet met het materiaal AC rekenen.
Is leiding sterk genoeg om mechanische invloeden ophoging te weerstaan?	Niet van toepassing
Voldoet de leiding aan NEN 3651 na uitvoering dijkversterking?	Nee

Bijlage 6 - SIGMA berekeningen dijkkruisende leidingen

Berekening van de veiligheidszone conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2024 1.5 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : Dijk- en rivierkruissing Doeveren A970+50
Projectonderdeel : Stalen zinkerleiding

Gegevens van de leiding

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk (overdruk)	p_d	= 1	N/mm^2
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m^3
Maximaal debiet	Q_m	= 242	m^3/uur
Maximale opvoerhoogte	H_m	= 39	mvk
Uitwendige middellijn	D_e	= 419	mm
Wanddikte	d_n	= 10	mm
Inwendige middellijn	D_i	= 399	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 1,2	m

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: Niet Verheeld

Breedte stabiliteitszone	= 30,1	m

Berekening van de breedte van de ontgrondingskuil

De halve breedte van de erosiekrater bij ligging evenwijdig aan de weg of waterkering is R_B.

$Q = Q_m = 242{,}00/3.600 = 0{,}067$ m^3/s
$h = H_m = 39{,}00$ mvk
$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}067 \cdot 39{,}00 = 25.718{,}55$ W
$\mu = 0{,}0002 \cdot h^2 - 0{,}02 \cdot h + 1 = 0{,}0002 \cdot 39{,}00^2 - 0{,}02 \cdot 39{,}00 + 1 = 0{,}52$

$$R_B = 7{,}8 \cdot D_i \cdot \left(\frac{P}{\rho \cdot g^{1,5} \cdot \mu \cdot D_i^{3,5}} \right)^{0,243}$$

$$R_B = 7{,}8 \cdot 0{,}3990 \cdot \left(\frac{25.718{,}55}{1000 \cdot 9{,}81^{1,5} \cdot 0{,}52 \cdot 0{,}3990^{3,5}} \right)^{0,243} = 7{,}62 \text{ m}$$

Berekening van de lengte van de ontgrondingskuil

De lengte van de erosiekuil R_L is afhankelijk van de grootte van het lek en de mogelijkheid van volledige afschuiving.

Zonder volledige afschuiving geldt:
- Indien er sprake is van een klein gat: $R_L = ½ \cdot R_B = 3{,}81$ m
- Indien er sprake is van een groot gat: $R_L = R_B = 7{,}62$ m
- Met volledige afschuiving geldt: $R_L = 2 \cdot R_B = 15{,}24$ m

Berekening van de veiligheidszone

Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering:
Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + R_B = 30,10 + 7,62 = 37,72 m

Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:
- Indien er sprake is van een klein gat:
  Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + R_L = 30,10 + 3,81 = 33,91 m
- Indien er sprake is van een groot gat:
  Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + R_L = 30,10 + 7,62 = 37,72 m
- Met volledige afschuiving geldt:

Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + R_L = 30,10 + 15,24 = 45,34 m

Berekening van de diepte van de erosiekrater

$D_K = 1{,}2 \cdot (D_0 + H) = 1{,}2 \cdot (0{,}419 + 1{,}2) = 1{,}94$ m

	11-10-2024 15:01:47

1.5.0.0/03-2024/22-1431382-4

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Berekening van de veiligheidszone conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2024 1.5 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : Dijk- en rivierkruissing Doeveren A970+50
Projectonderdeel : Stalen zinkerleiding - Extreem

Gegevens van de leiding

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk (overdruk)	p_d	= 1	N/mm^2
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m^3
Maximaal debiet	Q_m	= 484	m^3/uur
Maximale opvoerhoogte	H_m	= 39	mvk
Uitwendige middellijn	D_e	= 419	mm
Wanddikte	d_n	= 10	mm
Inwendige middellijn	D_i	= 399	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 1,2	m

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: Niet Verheeld

Breedte stabiliteitszone	= 30,1	m

Berekening van de breedte van de ontgrondingskuil

De halve breedte van de erosiekrater bij ligging evenwijdig aan de weg of waterkering is R_B.

$Q = Q_m = 484{,}00/3.600 = 0{,}13$ m^3/s
$h = H_m = 39{,}00$ mvk
$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}13 \cdot 39{,}00 = 51.437{,}10$ W
$\mu = 0{,}0002 \cdot h^2 - 0{,}02 \cdot h + 1 = 0{,}0002 \cdot 39{,}00^2 - 0{,}02 \cdot 39{,}00 + 1 = 0{,}52$

$$R_B = 7{,}8 \cdot D_i \cdot \left(\frac{P}{\rho \cdot g^{1,5} \cdot \mu \cdot D_i^{3,5}} \right)^{0,243}$$

$$R_B = 7{,}8 \cdot 0{,}3990 \cdot \left(\frac{51.437{,}10}{1000 \cdot 9{,}81^{1,5} \cdot 0{,}52 \cdot 0{,}3990^{3,5}} \right)^{0,243} = 9{,}02 \text{ m}$$

Berekening van de lengte van de ontgrondingskuil

De lengte van de erosiekuil R_L is afhankelijk van de grootte van het lek en de mogelijkheid van volledige afschuiving.

Zonder volledige afschuiving geldt:
- Indien er sprake is van een klein gat: $R_L = ½ \cdot R_B = 4{,}51$ m
- Indien er sprake is van een groot gat: $R_L = R_B = 9{,}02$ m
- Met volledige afschuiving geldt: $R_L = 2 \cdot R_B = 18{,}03$ m

Berekening van de veiligheidszone

Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering:
Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + R_B = 30,10 + 9,02 = 39,12 m

Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:
- Indien er sprake is van een klein gat:
  Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + R_L = 30,10 + 4,51 = 34,61 m
- Indien er sprake is van een groot gat:
  Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + R_L = 30,10 + 9,02 = 39,12 m
- Met volledige afschuiving geldt:

Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + R_L = 30,10 + 18,03 = 48,13 m

Berekening van de diepte van de erosiekrater

$D_K = 1{,}2 \cdot (D_0 + H) = 1{,}2 \cdot (0{,}419 + 1{,}2) = 1{,}94$ m

18-10-2024 12:12:18

1.5.0.0/03-2024/22-1431382-4
© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Bijlage 7 - SIGMA berekeningen langslopende leidingen

Berekening van de veiligheidszone conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2024 1.5 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : Dijk- en rivierkruissing Doeveren A970+50
Projectonderdeel : AC 500 leiding

Gegevens van de leiding

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk (overdruk)	p_d	= 1	N/mm^2
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m^3
Maximaal debiet	Q_m	= 484	m^3/uur
Maximale opvoerhoogte	H_m	= 39	mvk
Uitwendige middellijn	D_e	= 564	mm
Wanddikte	d_n	= 32	mm
Inwendige middellijn	D_i	= 500	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 1,2	m

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: Niet Verheeld

Breedte stabiliteitszone	= 30,1	m

Berekening van de breedte van de ontgrondingskuil

De halve breedte van de erosiekrater bij ligging evenwijdig aan de weg of waterkering is R_B.

$Q = Q_m = 484{,}00/3.600 = 0{,}13$ m^3/s
$h = H_m = 39{,}00$ mvk
$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}13 \cdot 39{,}00 = 51.437{,}10$ W
$\mu = 0{,}0002 \cdot h^2 - 0{,}02 \cdot h + 1 = 0{,}0002 \cdot 39{,}00^2 - 0{,}02 \cdot 39{,}00 + 1 = 0{,}52$

$$R_B = 7{,}8 \cdot D_i \cdot \left(\frac{P}{\rho \cdot g^{1,5} \cdot \mu \cdot D_i^{3,5}} \right)^{0,243}$$

$$R_B = 7{,}8 \cdot 0{,}5000 \cdot \left(\frac{51.437{,}10}{1000 \cdot 9{,}81^{1,5} \cdot 0{,}52 \cdot 0{,}5000^{3,5}} \right)^{0,243} = 9{,}32 \text{ m}$$

Berekening van de lengte van de ontgrondingskuil

De lengte van de erosiekuil R_L is afhankelijk van de grootte van het lek en de mogelijkheid van volledige afschuiving.

Zonder volledige afschuiving geldt:
- Indien er sprake is van een klein gat: $R_L = ½ \cdot R_B = 4{,}66$ m
- Indien er sprake is van een groot gat: $R_L = R_B = 9{,}32$ m
- Met volledige afschuiving geldt: $R_L = 2 \cdot R_B = 18{,}65$ m

Berekening van de veiligheidszone

Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering:
Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + $R_B = 30{,}10 + 9{,}32 = 39{,}42$ m

Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:
- Indien er sprake is van een klein gat:
  Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + $R_L = 30{,}10 + 4{,}66 = 34{,}76$ m
- Indien er sprake is van een groot gat:
  Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + $R_L = 30{,}10 + 9{,}32 = 39{,}42$ m
- Met volledige afschuiving geldt:

Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + $R_L = 30{,}10 + 18{,}65 = 48{,}75$ m

Berekening van de diepte van de erosiekrater

$D_K = 1{,}2 \cdot (D_0 + H) = 1{,}2 \cdot (0{,}564 + 1{,}2) = 2{,}12$ m

	18-10-2024 11:21:07

1.5.0.0/03-2024/22-1431382-4

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Berekening van de veiligheidszone conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2024 1.5 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : Dijk- en rivierkruissing Doeveren A970+50
Projectonderdeel : AC 200 leiding

Gegevens van de leiding

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk (overdruk)	p_d	= 1	N/mm^2
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m^3
Maximaal debiet	Q_m	= 32	m^3/uur
Maximale opvoerhoogte	H_m	= 39	mvk
Uitwendige middellijn	D_e	= 232	mm
Wanddikte	d_n	= 16	mm
Inwendige middellijn	D_i	= 200	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 1,2	m

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: Niet Verheeld
Breedte stabiliteitszone = 30,1 m

Berekening van de breedte van de ontgrondingskuil

De halve breedte van de erosiekrater bij ligging evenwijdig aan de weg of waterkering is R_B.

$Q = Q_m = 32{,}00/3.600 = 0{,}0089$ m^3/s
$h = H_m = 39{,}00$ mvk
$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}0089 \cdot 39{,}00 = 3.400{,}80$ W
$\mu = 0{,}0002 \cdot h^2 - 0{,}02 \cdot h + 1 = 0{,}0002 \cdot 39{,}00^2 - 0{,}02 \cdot 39{,}00 + 1 = 0{,}52$

$$R_B = 7{,}8 \cdot D_i \cdot \left(\frac{P}{\rho \cdot g^{1,5} \cdot \mu \cdot D_i^{3,5}} \right)^{0,243}$$

$$R_B = 7{,}8 \cdot 0{,}2000 \cdot \left(\frac{3.400{,}80}{1000 \cdot 9{,}81^{1,5} \cdot 0{,}52 \cdot 0{,}2000^{3,5}} \right)^{0,243} = 4{,}20 \text{ m}$$

Berekening van de lengte van de ontgrondingskuil

De lengte van de erosiekuil R_L is afhankelijk van de grootte van het lek en de mogelijkheid van volledige afschuiving.

Zonder volledige afschuiving geldt:
- Indien er sprake is van een klein gat: $R_L = ½ \cdot R_B = 2{,}10$ m
- Indien er sprake is van een groot gat: $R_L = R_B = 4{,}20$ m
- Met volledige afschuiving geldt: $R_L = 2 \cdot R_B = 8{,}40$ m

Berekening van de veiligheidszone

Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering:
Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + R_B = 30,10 + 4,20 = 34,30 m

Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:
- Indien er sprake is van een klein gat:
  Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + R_L = 30,10 + 2,10 = 32,20 m
- Indien er sprake is van een groot gat:
  Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + R_L = 30,10 + 4,20 = 34,30 m
- Met volledige afschuiving geldt:

Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + R_L = 30,10 + 8,40 = 38,50 m

Berekening van de diepte van de erosiekrater

$D_K = 1{,}2 \cdot (D_0 + H) = 1{,}2 \cdot (0{,}232 + 1{,}2) = 1{,}72$ m

18-10-2024 11:19:54

1.5.0.0/03-2024/22-1431382-4
© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

B3. Gevoeligheidsanalyses

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Gevoeligheidsanalyses

Macrostabiliteit Dijkverbetering Doeveren

VERSIE 1.0, december 2024



Inhoudsopgave

1 Gevoeligheidsanalyses 3

1.1 Forceren horizontale grondlaag onderzijde glijvlak 4

1.2 Mogelijke aanwezigheid veenlagen 4

1.3 Dikte deklaag 4

1.4 Verhoogde stijghoogte o.b.v. extrapolatie peilbuis data 5

1.5 Invloed windbelasting bomen op stabiliteit 6

1.6 Risico waterleiding bij teen dijkvak 1 7

2 Conservatismen 8

2.1 Verschil in POP tussen kern en achterland 8

2.2 Restbreedte 8

2.3 Sterkte in toplaag 8

3 Bronverwijzing 10

3.1 Literatuur 10

3.2 Bronnen 10

1 Gevoeligheidsanalyses

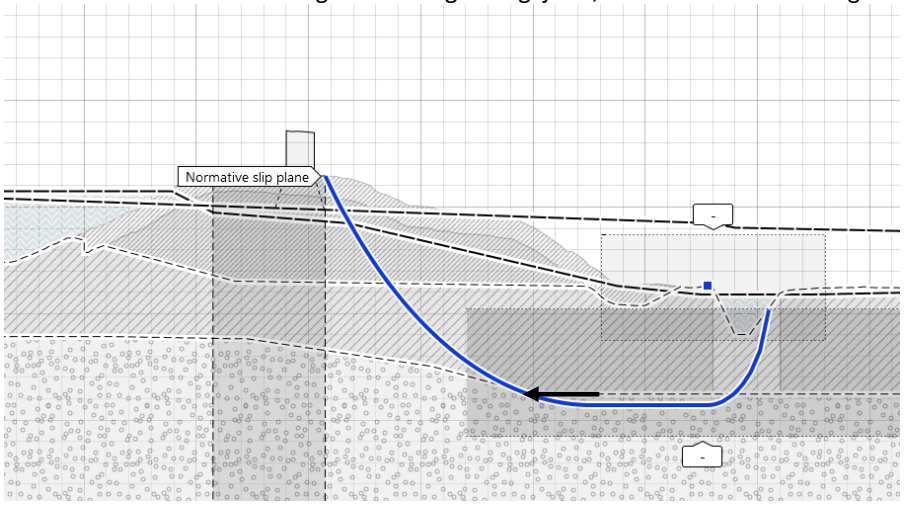
In Tabel 1-1 is een overzicht gegeven van de resultaten van de gevoeligheidsberekeningen. Kolom Fd en B zijn het resultaat zoals gehanteerd in de Technische Onderbouwing. De kolommen onder ‘Gevoeligheidsberekeningen’ worden besproken in dit hoofdstuk.

Tabel 1-1: De resultaten van de semi- en probabilistische analyse aangevuld met de gevoeligheidsberekeningen.

Profiel	Profiel	Geometrie o.b.v.	Type berekening	Fd eis: 1.31	B eis: 4.74	Eind oordeel		Standaardberekeningen				Gevoeligheidsberekeningen							Aangepaste eis ontgronding = 1.01
								Drained		Undrained									
				Fd	B	Voldoet	Onder beargumentering	Met constraints	Zonder	Met constraints	Zonder	O.k. glijvlak langs horizontale laagscheiding	Veenlaag toegevoegd	Kleilaag i.p.v. veenlaag in deklaag	Opbarsten bij binnen-teen	Verhoogde stijghoogte o.b.v. extrap. peilbuis data	Grotere dikte deklaag	Belasting bomen	Ontgronding boom
DV1	DV1_A969+069	-	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.222	-	Ja	Zie toelichting in rapportage.	1.217	1.041	Zie Fd	1.058	1.277	1.122	-	-	-	-	-	-
DV2	DV2_A973+048	-	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.103	5.34	Ja	Middels schematisering B=4.84. Zie toelichting in rapportage.	-	-	Zie Fd	-	-	-	-	-	-	B = 4.80 en 4.30	-	-
	DV2_A976+000	DV2_973+048	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.322	8.00			-	-	Zie Fd	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DV2_A977+023	DV2_973+048	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.053	5.19			-	-	Zie Fd	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DV3	DV3_A984+022	-	Kleidijk, undrained, incl. constraints in kruin	1.511	-	Ja	-	1.315	-	Zie Fd	1.511	-	-	1.511	1.511	1.264	-	-	-
DV4	DV4_A991+047	-	Gelaagd zand en klei, drained, incl. constraints in kruin	1.315	-	Ja	-	Zie Fd	-	-	-	-	-	-	-	-	1.259	-	1.069
DV5	DV5_A994+012	-	Gelaagd zand en klei, drained, incl. constraints in kruin	1.326	-	Ja	-	Zie Fd	-	1.481	-	-	-	-	-	1.267	-	1.250	-
DV6	DV6_A1001+045	-	Gelaagd zand en klei, drained, incl. constraints in kruin	1.558	-	Ja	-	Zie Fd	1.513	1.860	1.331	-	-	-	-	-	1.314	-	-
DV7	DV7_A1003+093	-	Gelaagd zand en klei, drained, incl. constraints in kruin	1.352	-	Ja	-	Zie Fd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1.1 Forceren horizontale grondlaag onderzijde glijvlak

Een bekende tekortkoming van D-Stability is dat het programma niet goed omgaat met glijvlakken bij schuine laagscheidingen. In D-Stability is namelijk de onderzijde van een Uplift-Van-glijvlak horizontaal. Als gevoeligheidsanalyse is voor dijkvak 1 nabij het glijvlak een horizontale laagscheiding geforceerd. Hieruit volgt dat de stabiliteitsfactor lichtelijk toeneemt: van 1,222 naar 1,277. Normaal is dit tegen de verwachting in. Uit deze gevoeligheidsanalyse volgt het tegenovergestelde. De relatief hoge POP waarde van de kleilaag zorgt ervoor dat de kleilaag meer weerstand biedt dan de zandlaag. Door, zoals de pijl in **Error! Reference source not found.** illustreert, het knikpunt van de kleilaag naar links te verplaatsen, zoekt het glijvlak een eerder punt om het zand in te treden. Dit zorgt voor een groter glijvlak, en daarmee meer veiligheid.



Figuur 1-1: Knikpunt onderzijde kleilaag is naar links verplaatst om de laagscheiding ‘gunstiger’ te leggen voor glijvlak. Glijvlak gaat echter toch door de zandlaag. Zie begeleidende tekst.

1.2 Mogelijke aanwezigheid veenlagen

Voor dijkvak 1 en 3 zijn gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd wat de invloed is van mogelijke aanwezige veenlagen. Bij deze vakken volgt uit het geotechnisch onderzoek namelijk geen definitief uitsluitsel over de bodemopbouw. Uit de onderstaande berekeningen volgt dat de invloed beperkt is en niet doorslaggevend is in het resultaat.

Bij dijkvak 1 is er mogelijk een veenlaag onder de kern, maar is er geen indicatie dat deze tot voorbij de binnenteen doorloopt. Veen schematiseren tot de teen resulteert in een verlaging van één tiende van de veiligheidsfactor. De probabilistische analyse van dijkvak 2, zie paragraaf **Error! Reference source not found.**, toont echter dat dit niet tot een versterkingsopgave zal leiden t.b.v. macrostabiliteit binnenwaarts. Daarnaast beschikt dijkvak 1 over een groot restprofiel. De waterleiding in dijkvak 1 ligt niet ter plaatse van de mogelijke veenlaag.

Bij dijkvak 3 is de geschematiseerde veenlaag vervangen voor klei, maar valt buiten het maatgevende glijvlak.

1.3 Dikte deklaag

Uit de basisberekeningen, en een aanvullende gevoeligheidsberekening voor dijkvak 4 en 6, volgt dat een dikkere deklaag een negatief effect heeft. Hoewel als gevolg van de relatief hoge POP waarden het glijvlak groter uitvalt, werkt de verhoogde stijghoogte negatief uit. In de probabilistische analyse van dijkvak 2 is dit eveneens terug te zien.

Bij dijkvak 4 komt het resultaat onder de eis te liggen. Het gaat van 1,315 naar 1,259. Op basis van de eerdere argumentatie is hier toch voldoende vertrouwen voor een positief stabiel resultaat. Bij dijkvak 6 zakt het resultaat twee tienden van 1,558 naar 1,314. Gelijk aan de vereiste veiligheidsfactor van 1,31. De aanwezigheid van een dikkere deklaag is niet als basis schematisatie gebruikt. Voor beide locaties heeft het grotendeel van het dijkvak een dunnere deklaag, met plaatselijk kleiig zand of zandige klei direct onder de deklaag. Bij de doorsnedes is dit hoofdzakelijk zandig.

1.4 Verhoogde stijghoogte o.b.v. extrapolatie peilbuis data

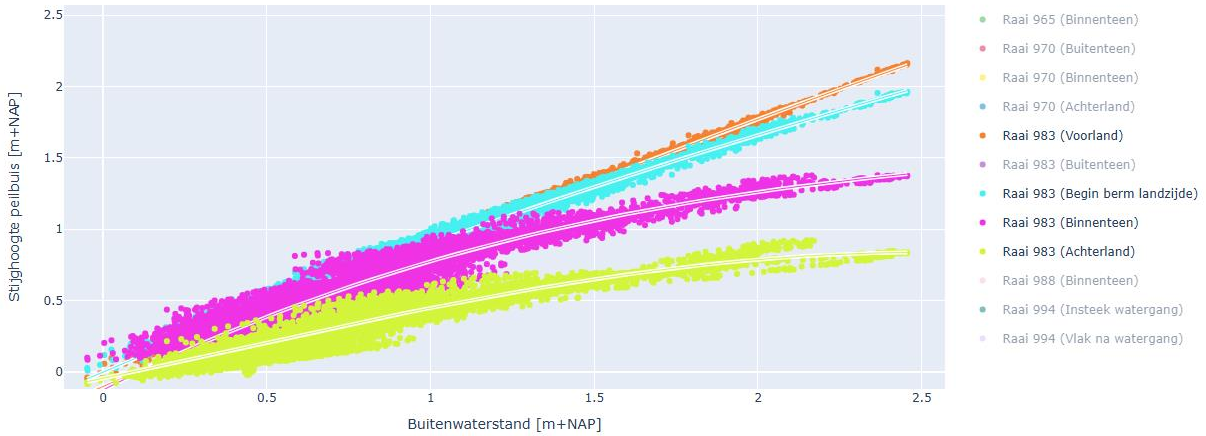
Op basis van een recente peilbuismetingen – inclusief een hoogwatergolf tot 2,5m+NAP – is er informatie beschikbaar over de response in het dwarsprofiel. Voor dijkvak 3 en 5 is deze informatie langs de gehanteerde stijghoogtes gehouden. De gehanteerde stijghoogtes zijn conform het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken (WbD).

Dijkvak 3

Dijkvak 3 heeft een gebruikelijk profiel: kruin, berm, afwateringssloot en een deklaag van enkele meters. Uit peilbuis metingen – zie onderstaand figuur – volgt dat bij een buitenwaterstand van 2,5m+NAP de stijghoogte bij start berm en binnenteen respectievelijk 2,00 en 1,35m+NAP is. De gehanteerde stijghoogtes (bij WBN buitenwaterstand) zijn op deze locaties respectievelijk 2,80 en 1,30m+NAP. Het uitgangspunt voor de berekening blijft de stijghoogte conform WbD, maar er is wel een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij de theoretische potentiaal is gebruikt, in plaats van de grenspotentiaal. Deze theoretische potentiaal ligt op respectievelijk 4,00 en 3,20m+NAP. Ruim boven de peilbuismetingen. Het resultaat is als volgt:

- Bij het huidige maatgevende glijvlak, uittrede bij berm, verandert het resultaat niet (SF=1,51). Dit is omdat de waterspanningen bij dit glijvlak volledig op basis van freatisch is (ligt boven referentielijn freatisch).
- Bij het glijvlak dat uittreedt bij de binnenteen verandert het resultaat van SF=1,92 naar 1,26. Dit glijvlak gaat voor een groot deel door het watervoerend pakket waar nu de theoretische potentiaal heerst.

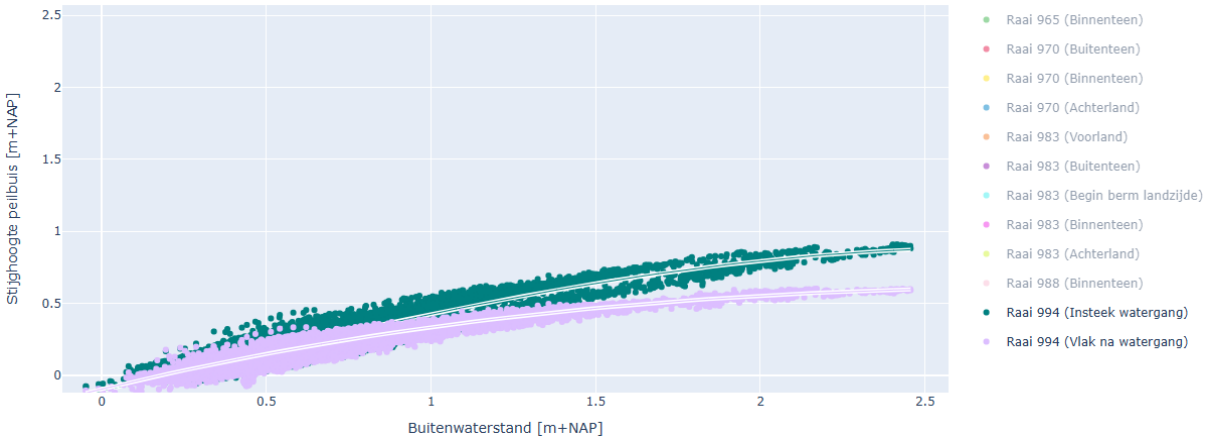
De theoretische potentiaal is zeer conservatief. Daarnaast volgt in paragraaf **Error! Reference source not found.** dat bij een probabilistische analyse het resultaat zal voldoen. Dit geeft voldoende vertrouwen in een stabiel en positief resultaat voor dit dijkvak.



Dijkvak 5

Dijkvak 5 ligt langs de watergang het Oude Maasje. Hier is stijghoogte lineair geïnterpoleerd tussen het intrede punt en de watergang. In de watergang heerst een polderpeil van 0,60m+NAP. Uit de onderstaande figuur volgt dat bij een buitenwaterstand van bijna 2,50m+NAP, de stijghoogte in de peilbuis bij de insteek van de watergang ongeveer 0,90m+NAP is. Het is hierbij goed mogelijk dat de opgebouwde druk in de peilbuis meer in lijn is met de theorie achter de theoretische potentiaal, terwijl bij een stabiliteitsanalyse in deze situatie uit gegaan wordt van een grenspotentiaal. Het uitgangspunt blijft daarom WbD, maar er is wel een

gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op basis van een extrapolatie naar een stijghoogte van 1,30m+NAP bij de insteek van de watergang. Dit trekt het resultaat omlaag naar een veiligheidsfactor van 1,27. Hoewel dit onder de veiligheidseis ligt, is er op basis van de probabilistische analyse in paragraaf **Error! Reference source not found.** voldoende vertrouwen dat bij probabilistisch rekenen het resultaat zal voldoen.



1.5 Invloed windbelasting bomen op stabiliteit

In dijkvak 4 tot en met 6 staan er bomen op of naast de dijk. Er zijn drie typen rekensituaties te onderscheiden:

1. Er staan twee bomen op de kruin. Eén op de binnenkruin en één op de buitenkruin. Dit is bij dijkvak 5 en 6. Hierbij is het maatgevende scenario dat de bomen zorgen voor een extra uniforme belasting en een extra windbelasting. Een ontgronding zou hier positief uitwerken;
2. Er staat één boom op de oprit aan de binnenzijde (een bermlichaam). Deze staat op de buitenkruin van de berm. Dit is in het zuidelijk deel van dijkvak 4. Deze boom staat afhankelijk van glijvlak op het actieve of het passieve deel. Maatgevend zal een ontgronding zijn bij het passieve deel van een glijvlak;
3. Er staan twee bomen naast de binnenteen. Deze staan aan weerszijden van de Provincialeweg. Dit is in noordelijk deel van dijkvak 4. Hierbij is een ontgronding van beide bomen het maatgevende scenario.

Van de bovenstaande situaties zijn (1) en (3) doorgerekend. Het resultaat hiervan is hieronder besproken en staat eveneens in **Error! Reference source not found.**.

1. Belasting door bomen op de kruin

Deze analyse is uitgevoerd bij dijkvak 5. De veiligheidsfactor van de gedraineerde berekening verlaagd van 1,326 naar 1,250: acht honderdste. De belasting heeft een negatief effect, maar is van relatief weinig invloed. Het resultaat verlaagd tot lager dan de eis van 1,310. Uit de duiding van paragraaf **Error! Reference source not found.** volgt voldoende vertrouwen voor een stabiel positief resultaat. Bij dijkvak 6 is de veiligheidsfactor zonder belasting van bomen 2 tienden hoger. Hier zal de belasting eveneens niet leiden tot een negatief resultaat.

3. Ontgronding van bomen naast de binnenteen

Deze analyse is uitgevoerd voor locatie A991+047 in dijkvak 4. Hiervoor is een berekening uitgevoerd met één ontgrondingskuil langs de weg. Dit zorgt voor een verlaging van de veiligheidsfactor van 1,315 naar 1,069. Dit scheelt 2,5 tienden. Rekening houden met een 1% kans van falen van de bomen, zoals voorgeschreven in de TUN, en een modelfactor van 1,05, volgt er een veiligheidseis van 1,008. Niet rekening houdend met de schematiseringsfactor zou het resultaat voldoen. Enkele verzachtende omstandigheden zijn:

1. Een schematisatie in D-Stability is per lengte meter. Het faalmechanisme Macrostabiliteit Binnenwaarts houdt rekening met $b = 50m$ in de lengte-effectfactor N. Dit betekent effectief dat de ontgronding en loads over gedimensioneerd zijn omdat de bomen een hard op hard afstand van 9 meter hebben. Deze schematisatie neemt dus aan dat over deze 50 meter, alle bomen omwaaien.

2. In de schematisatie is bij de ontgronding het gewicht van de boom verwijderd, terwijl bij omwaaien het gewicht van de boom niet verdwijnt.

Concluderend uit deze gevoeligheidsanalyse, volgt dat de permanente belasting op de kruin een relevant onderdeel is van de macrostabiliteit analyse, maar niet doorslaggevend. Een ontgronding in het achterland moet als NWO worden beschouwd. De NWO-situatie heeft waarschijnlijk een positief resultaat.

1.6 Risico waterleiding bij teen dijkvak 1

Ter plaatse van dijkvak 1 bij dijkpaal A966+050 tot einde traject bovenstrooms, ligt een waterleiding tussen de binnenteen en de afwateringsloot. Ondanks dat dit een niet waterkerend object is, is het wel mogelijk dat dit object leidt tot falen van faalmechanisme macrostabiliteit binnenwaarts. De waterleiding wordt verder geanalyseerd als NWO in paragraaf **Error! Reference source not found.**.

2 Conservatismen

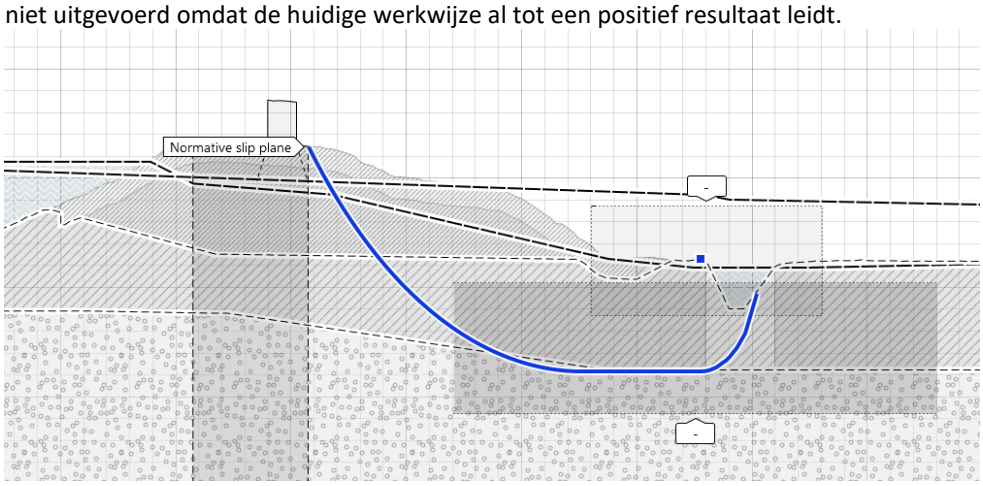
Er zijn verscheidene uitgangspunten die zorgen voor conservatisme in de schematisering. Hieronder zijn enkelen toegelicht.

2.1 Verschil in POP tussen kern en achterland

In de proevenverzameling van traject Doeveren [B2] zijn de monsters van klei siltig/humeus van zowel onder en naast de dijk samengevoegd bij de bepaling van de geotechnische parameters. Dit was omdat de set aan CRS proeven beperkt is. Uit de analyse volgt daarentegen wél een duidelijke indicatie dat de POP in de dijkkern hoger ligt. De aangehouden waarde van 28 kPa is daarmee conservatief.

2.2 Restbreedte

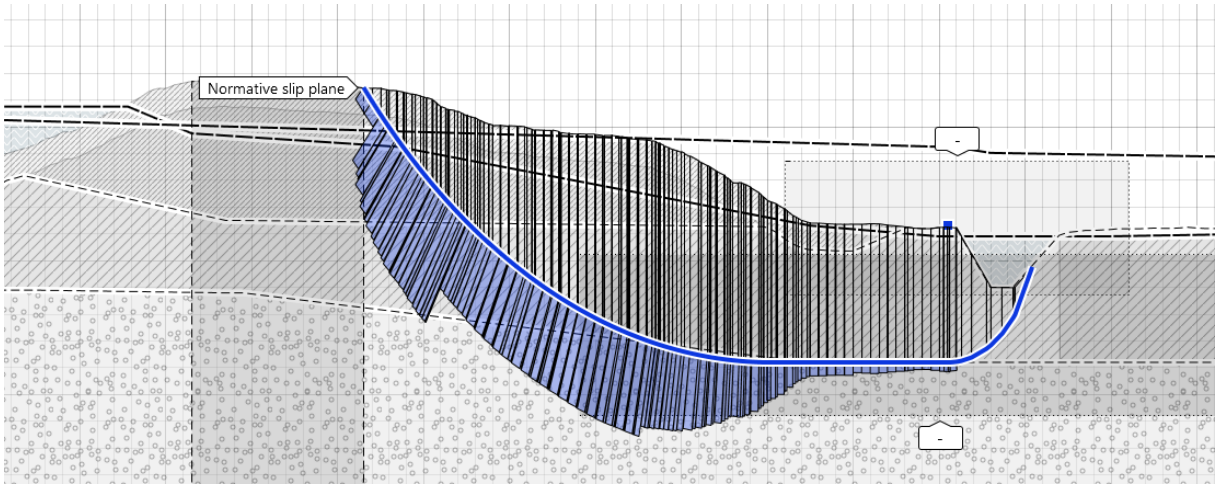
Het glijvlak is met ‘constraints’ door de kruin geforceerd. Dit is om uit te sluiten dat oppervlakkige glijvlakken, of glijvlakken in het talud worden berekend. Deze glijvlakken leiden niet tot falen van de dijk. De toegepaste instellingen hebben een zone van buiten- tot binnenkruin. Dit leidt in meerdere gevallen tot glijvlakken waar na het optreden van een afschuiving nog steeds een aanzienlijk restprofiel aanwezig is, zie **Error! Reference source not found.**. Op dit aspect kan de analyse nog aangescherpt worden. Deze nadere aanscherping is echter niet uitgevoerd omdat de huidige werkwijze al tot een positief resultaat leidt.



Figuur 2-1: Het glijvlak snijdt in op de binnenkruin. Voor de insteek van het glijvlak is nog een kruinbreedte van 8,5 meter aanwezig.

2.3 Sterkte in toplaag

De sterkte in de toplaag laat zich moeilijk inschatten en is zodoende conservatief geschematiseerd met een cohesie van 5 kPa, conform de memo Modellering dijksmateriaal [B8]. In **Error! Reference source not found.** is in de kruin te zien dat deze cohesie slechts klein is ten opzichte van de schuifsterkte direct onder de toplaag. Bij het uittrede punt is er veelal een opbarst zone waar geen sterkte is geschematiseerd.



Figuur 2-2: Voorbeeld van geschematiseerde sterkte in de toplaag.

3 Bronverwijzing

3.1 Literatuur

[L1] Handreiking ontwerpen met overstromingskansen, OI2014v4, Rijkswaterstaat, februari 2017

[L2] Publicatie Heaveschermen, De Innovatie Versneller | Piping, HWBP voor sterke dijken, V0.31

[L3] Achtergrond Ontwerpinstrumentarium 2014 – Behorende bij Handreiking Ontwerpen met Overstromingskansen (OI2014v4), December 2016, definitief, RWS WVL en Kennisplatform Risicobenadering

3.2 Bronnen

[B1] Technische Uitgangspunten Notitie (TUN), Planuitwerking Dijkversterking Doeveren, Versie 2.0 10 juli 2024, Waterschap Aa en Maas

[B2] Proevenverzameling en geotechnisch lengteprofiel Doeveren, documentnummer 3DDQNFCVD47C-1311248618-5788:2.0, definitieve versie 1 maart 2024, Arcadis

[B3] Uitgangspuntennota Definitief Ontwerp Dijk – Project Meanderende Maas (MeMa) – Planuitwerking, Projectteam Meanderende Maas Ravenstein – Lith, 17 oktober 2023

[B4] Rapportage Veiligheidsbeoordeling – Dijktraject 36-5 ’s Hertogenbosch – Waalwijk, mei 2020, versie 2.0 Definitief, Waterschap Aa en Maas

[B5] Dijkverbetering Doeveren – Nota Verfijnen Waterveiligheidsopgave Verkenningsfase, versie 1.0 oktober 2023, Waterschap Aa en Maas

[B6] Dijkverbetering Doeveren – Ontwerp Notitie Dijk (OND), Waterschap Aa en Maas, november 2022

[B7] Aanpak dierlijke graverij voor hoogwaterbescherming, Waterschap Aa en Maas, in bewerking

Technische onderbouwing vergunbaar ontwerp - Dijkverbetering Doeveren

Status: Concept

Auteur(s):
C. Pitzalis (Arcadis)
L. Kwakman (Arcadis)
W. Janssen (Arcadis)

Review en kwaliteitsborging:
W. Wong (Waterschap Aa en Maas)
R. van Tilborg (Waterschap Aa en Maas)

Vrijgave:
T. van Gorp (Waterschap Aa en Maas)

Copyright foto's en ander beeldmateriaal:
Matthijs Willemsen
Intern Waterschap Aa en Maas

's-Hertogenbosch, juli 2024

Waterschap Aa en Maas
Pettelaarpark 70
5216 PP 's-Hertogenbosch
tel 073 615 66 66
fax 073 615 66 00

info@aaenmaas.nl
www.aaenmaas.nl

© waterschap Aa en Maas. Alle rechten voorbehouden

Technische onderbouwing vergunbaar ontwerp - Dijkverbetering Doeveren

Status: Concept

Auteur(s) :
C. Pitzalis (Arcadis)
L. Kwakman (Arcadis)
W. Janssen (Arcadis)

Review en kwaliteitsborging:
W. Wong (Waterschap Aa en Maas)
R. van Tilborg (Waterschap Aa en Maas)

Vrijgave:
T. van Gorp (Waterschap Aa en Maas)

Copyright foto's en ander beeldmateriaal:
Matthijs Willemsen
Intern Waterschap Aa en Maas

's-Hertogenbosch, december 2024

Waterschap Aa en Maas
Pettelaarpark 70
5216 PP 's-Hertogenbosch
Tel 073 615 66 66
Fax 073 615 66 00

info@aaenmaas.nl
www.aaenmaas.nl

© waterschap Aa en Maas. Alle rechten voorbehouden

Bijlage 4 KES vergunbaar ontwerp

Status	ID	Klanteistitel	Klant eistekst	Eistekst toelichting	Impact op het ontwerp (laag/midden/hoog)	Advies over verwerking in ontwerp
Concept	KES-0010	Taludtrap naast perceel Boll ter plaatse van olifantenpaadje	Taludtrap naast perceel Boll ter plaatse van olifantenpaadje		laag	taludtrap opnemen in de ontwerptekening van het vergunbaar ontwerp
Concept	KES-0013	Rekening houden met waardevolle beplanting op de berm	Ter plaatse van huidige aanplant op de berm, stond van oudsher al een bosje, bekend onder de naam “prinsenbos”. Tijdens Flora- en faunaonderzoeken goed kijken naar waardevolle oude beplanting		laag	geen invloed op ontwerp. dient wel meegenomen te worden in condtionerende onderzoeken (Actie Jan Marten)
Concept	KES-0035	Instandhouden fietspad op de dijk	De toestand van het fietspad op de dijk wordt neergelegd bij de afdeling wegen. Mocht het fietspad beschadigd raken tijdens de uitvoering dan gezamenlijk kijken hoe we dit kunnen herstellen / vernieuwen.		laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0041	Behoud laanbeplanting	Behoud laanbeplanting op de dijk		laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0043	Behoud palen hulpgat	Behoud van historische palen bij hulpgat (achter de camping)		laag	met tekstaanduiding opnemen in de ontwerptekeningen
Concept	KES-0049	Uniforme oplossing dijkverbetering	Een zo uniform mogelijke waterveiligheidsoplossing over het gehele traject.		laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0057	Bereikbaarheid percelen	Percelen moeten bereikbaar zijn door middel van ten minste één verkeersontsluiting.	Besproken 29/4/'24: Bestaande afritten behouden, geen nieuwe afritten nodig.	laag	in het ontwerptekeningen bepalen of bestaande afritten worden aangetast, deze dan intekenen dat deze hersteld moeten worden
Concept	KES-0058	Bereikbaarheid percelen bij uitvoering	Percelen moeten tijdens de uitvoering bereikbaar blijven voor verkeer.		laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0061	Bekleding, beschermen tegen nwo's	De dijkbekleding dient rond toegestane niet-waterkerende objecten (nwo's) in en op de dijk maatregelen te bevatten welke de dijkkern afdoende beschermen bij falen van een van deze nwo's.		midden	indien nieuwe NWO's worden gerealiseerd, dan dient hier een ontwerp voor opgesteld te worden
Concept	KES-0062	Erosiebestendigheid overgangen	Overgangen in dijkbekleding dienen bestand te zijn tegen het overslagdebiet van de aansluitende waterkering.	De dijkbekleding dient in beginsel zo min mogelijk aangrijpingspunten voor eroderende werking door afstromend water te bevatten, zogenaamde overgangen.	midden	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0063	Erosiebestendigheid overgangen	Overgangen dienen te voldoen aan het gestelde in 'Omgaan met overgangen bij faalmechanisme gras erosie kruin en binnentalud' (Deltares, 2019)		midden	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0064	Dijkbekleding vrij van invasieve uitheemse soorten	We nemen maatregelen om verspreiding van probleemsoorten als gevolg van de dijkverbetering maximaal te voorkomen		laag	geen invloed op de ontwerptekeningen. mogelijk verwerken in beheer en onderhoudsplan
Concept	KES-0065	Dijkbekleding vrij van probleemsoorten	We nemen maatregelen om verspreiding van probleemsoorten als gevolg van de dijkverbetering maximaal te voorkomen		laag	geen invloed op de ontwerptekeningen. mogelijk verwerken in beheer en onderhoudsplan
Concept	KES-0066	Kwaliteit toplaag en zaadmengsels bij grasbekleding	Het dijkvak dient een toplaag te hebben welke goede startcondities biedt voor snelle ontwikkeling van de grasbekleding en tevens op termijn een soortenrijke bekleding mogelijk maakt. Hiervoor dient het 'Stappenplan eisen toplaag dijken en bermen' (ws Aa en Maas januari 2024) gevolgd te worden.	Dit gaat onder andere in op hergebruik oude toplaag, samenstelling nieuwe toplaag, samenstelling en kwaliteit zaadmengsels en zaaiperiodes.	midden	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0067	Ontwikkeling grasbekleding	Opdrachtnemer dient in eerste instantie te zorgen voor de ontwikkeling van de grasbekleding direct na de dijkversterking conform de notitie 'Ontwikkelingsbeheer nieuwe grasmat na dijkversterking' (januari 2024).	Hiermee wordt een goede uitgangssituatie voor de verdere ontwikkeling van de dijkvegetatie opgeleverd aan de dijkbeheerder.	midden	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0068	Dijkbekleding aansluitend op wegverharding	De dijkbekleding dient erosiebestendig aan te sluiten op een eventuele verhardingsconstructie van een op de dijk gelegen weg.	P.M. Concretiseren n.a.v. Uitvoeringsontwerp Meanderende Maas	laag	geen invloed op de ontwerptekeningen, eis voor in het contract
Concept	KES-0069	Dijkbekleding, grasbekleding, bloemrijk, zaadmengsel	Samenstelling en zaaidichtheid van het toe te passen zaadmengsel van grassen en kruiden voor realisatie van de gewenste grasbekleding dient per dijkvak voor binnen- en buitentalud afzonderlijk in overleg met de beheerder bepaald te worden.	De keuze is afhankelijk van de belasting van de grasbekleding, de locaties waar WsAM een soorten- en bloemrijke vegetatie wil realiseren, de toplaag en de expositie van de taluds.	laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0071	Bekleding, grasbekleding	Bij een goed ontwikkelde, erosiebestendige en ecologisch waardevolle bestaande graszode, dient de bovengrond (leeflaag met de zaden) bewaard en teruggeplaatst te worden.		laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0072	Beschikbaarheid calamiteitenzorg	Het dijkvak dient bereikbaar te zijn voor calamiteitenzorg, inspectie en onderhoud	De eis uit het BSD spreekt alleen over bereikbaarheid bij calamiteitenzorg, bij het overleg met beheer kwam daar aandachtspunt van bereikbaarheid voor inspectie en onderhoud bij. Binnendijkse deel is vaak erg nat en daarmee lastig begaanbaar.	laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0073	Analyse graverij	- Analyseer in hoeverre graverij in het voorland schadelijk is voor waterveiligheid. - In het verlengde hiervan: bepaal in hoeverre het nut heeft om bijvoorbeeld gaas aan te brengen in het voorland op 5 meter van de oever.		midden	antigraverij wordt meegenomen in het ontwerp
Concept	KES-0074	Calamiteitenplan	De opdrachtnemer dient voor de periode van start uitvoering tot oplevering een Hoogwateractieplan op te stellen conform 'Eisen Hoogwateractieplan' en jaarlijks te actualiseren voor 1 oktober.	Inhoud conform Eisen Hoogwateractieplan (versie 9 december 2022)	laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0075	Kruin begaanbaar tijdens calamiteit	Tijdens de maatgevende hoogwatersituatie dient de kruin van de dijk berijdbaar te zijn door onderhouds- en calamiteiten verkeer (8 kN/m2, 2 beladen vrachtwagens over een strook van 2,5m en lengte 50m), met voldoende draagkracht en stabiliteit. Het effect van het in deze situatie toegestane overslagdebiet dient in de beschouwing meegenomen te worden.		hoog (meenemen als belasting in de berekening)	verkeersbelasting meenemen in de stabiliteitsberekeningen
Concept	KES-0078	Dierlijke graverij	De opdrachtnemer dient met de dijkbeheerder af te stemmen over aanpak dierlijke graverij, in het bijzonder van bevers en dassen.	Denk hierbij aan: dassen en bevers uit de waterkering weren/verjagen; waterlopen nabij de waterkering dempen of verleggen; ontwerpen van alternatieven huisvestingslocaties (incl. hoogwatervluchtplaatsen) om territoria bezet te houden door buiten de waterkering gevestigde dieren; aanvullende preventieve fysieke maatregelen om waterkering te beschermen.	laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0079	Inspectie, bereikbaarheid	Het dijkvak dient via de kruin bereikbaar te zijn voor reguliere inspectie met een 4WD aut		laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0081	Inspecties tijdens realisatie	De opdrachtnemer dient tijdens de voorbereiding van de realisatie af te stemmen met de dijkbeheerder over uitvoering regulier beheer en inspecties (wekelijkse inspectie en najaarsinspectie) tijdens de realisatiefase.		laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0084	Beheer en onderhoud tijdens realisatie	De opdrachtnemer dient met opdrachtgever afspraken te maken over de uitvoering van beheer- en onderhoudswerkzaamheden tijdens realisatie		laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0085	Calamiteiten, bereikbaarheid en alarmering	De opdrachtnemer dient in overleg met de opdrachtgever een bereikbaarheidsplan op te stellen voor beheer/onderhoud/inspectie van waterkeringen en kunstwerken en ook in geval van calamiteiten.		laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0086	Onderhoud, bereikbaarheid voor onderhoudsmaterieel	Een dijk dient bereikbaar te zijn voor onderhoudsmaterieel.	Denk hierbij ook aan onderhoudsmaterieel voor kunstwerken	laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0088	Inspecteerbaarheid	Alle visueel inspecteerbare onderdelen van de waterkering dienen goed bereikbaar te zijn te voet en met bij het waterschap beschikbaar materieel.		laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0089	Onderhoudsstroken, markeren	De afrastering op de beheer- en/of eigendomsgrens van de waterkering dient in overleg met de beheerder bepaald te worden.	Bijvoorbeeld paaltjes, draadafrastering, veekerende afrastering, bordjes etc. dit is project- en locatiespecifiek.	laag	dient opgenomen te worden in UO tekeningen

Concept	KES-0096	Onderhoud, obstakels	Buitentalud dient zo veel mogelijk obstakelvrij te zijn.	Indien toch obstakels op het buitentalud voorkomen dienen deze geen belemmering te vormen voor onderhoud en inspectie. Dit ter beoordeling van de dijkbeheerder.	laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.
Concept	KES-0101	Beheer en onderhoud tijdens realisatie	De opdrachtnemer dient afspraken te maken over beheer en onderhoud in de realisatiefase voor alle objecten binnen het werk tot en met de datum van de oplevering dan wel de vervroegde ingebruikneming.		laag	opnemen in het beheer en onderhoudsplan
Concept	KES-0103	Informatievoorziening uitvoeringsplanning en uitvoeringswijze	De informatie over uitvoeringsplanning en uitvoeringswijze dient zo vroeg mogelijk gecommuniceerd te worden	Met name tijdens het kampeerseizoen (eind maart - 1 oktober) is het van belang om exact te weten wat de hinder/overlast van de uitvoering is.	laag	geen invloed op de ontwerptekeningen.

Bijlage 5 Onderbouwing duurzaamheid aspecten

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Dijkverbetering Doeveren

Onderbouwing duurzaamheid aspecten

VERSIE 1.0, december 2024



Inhoudsopgave

1 Inleiding 3

1.1 Aanleiding rapportage 3

1.2 Doel rapportage 3

1.3 Beleid en kaders duurzaamheid 3

1.4 Leeswijzer 4

2 Duurzaamheidsstrategie en -ambitie 5

2.1 Verkenning 5

2.2 Planuitwerking 6

2.3 Doorkijk aanbesteding en realisatie 7

3 Duurzaamheid in ontwerp 8

3.1 Ontwikkeling ontwerp vanaf VKA 8

3.2 Referentiesituatie 9

3.3 Duurzame score vergunbaar ontwerp 10

3.4 Doorkijk definitief ontwerp, aanbesteding en realisatie 13

4 Stappen toetskader emissieloos bouwen 14

4.1 Stap 1 – Emissies reduceren 14

4.2 Stap 2 - Ambitie lager dan reductielijn Routekaart SEB 18

4.3 Doorkijk Stap 5 en 6 – Inzet transparant en herleidbaar, doelmatig en marktconform 19

Bijlage 1 Duurzaamheidsstrategie Verkenning 20

Bijlage 2 Duurzame kansen Planuitwerking 21

Bijlage 3 Duurzaamheid bij afweging varianten 22

1 Inleiding

1.1 Aanleiding rapportage

Waterschap Aa en Maas en het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) willen duurzaamheid een plek geven in de voorbereiding en realisatie van project dijkverbetering Doeveren. Van 2023 tot en met 2025 wordt het project voorbereid in een verkennings- en planuitwerkingsfase. Daarna volgt realisatie in 2026/2027, waarbij op dit moment nog wordt onderzocht of uitvoering in één jaar (in 2026) mogelijk is. In alle drie deze fasen speelt duurzaamheid een rol. Van grof naar fijn, van ideeën en kansen in de verkenning naar steeds concreter in de planuitwerking en realisatie, maakt het aspect duurzaamheid onderdeel uit van iedere stap van het ontwerpproces. De vastgestelde ambities en doelen als ook de genomen maatregelen dienen te worden verantwoord en gerapporteerd.

Dit rapport Onderbouwing duurzaamheid aspecten vormt een bijlage bij de notitie vergunbaar ontwerp. Voor meer informatie over de dijkverbetering Doeveren en de (technische) details van het vergunbaar ontwerp wordt naar de notitie vergunbaar ontwerp verwezen.

1.2 Doel rapportage

Het doel van voorliggende rapportage is tweeledig:

1. Het verantwoorden en rapporteren van de voor de dijkverbetering doorlopen duurzaamheidsaanpak richting het waterschap en het HWBP;
2. Het onderbouwen dat met de dijkverbetering Doeveren wordt voldaan aan het toetsingskader emissieloos bouwen HWBP 2022 inclusief toetsingskader stikstof (april 2024) met het oog op de aanvraag van de subsidie van de realisatie richting het HWBP.

NB Dit betreft een groeidocument. Dit document is op dit moment aangevuld tot en met het vergunbaar ontwerp. Het rapport wordt later aangevuld rondom het definitief ontwerp en de aanbesteding/realisatie.

1.3 Beleid en kaders duurzaamheid

Voor de aanpak van duurzaamheid binnen de dijkverbetering Doeveren wordt aangesloten bij de bestaande beleidskaders vanuit zowel Waterschap Aa en Maas als het HWBP. Hieronder worden de uitgangspunten en/of randvoorwaarden vanuit het van toepassing zijnde beleidskader op hoofdlijn samengevat (niet uitputtend) als kader voor de aanpak duurzaamheid.

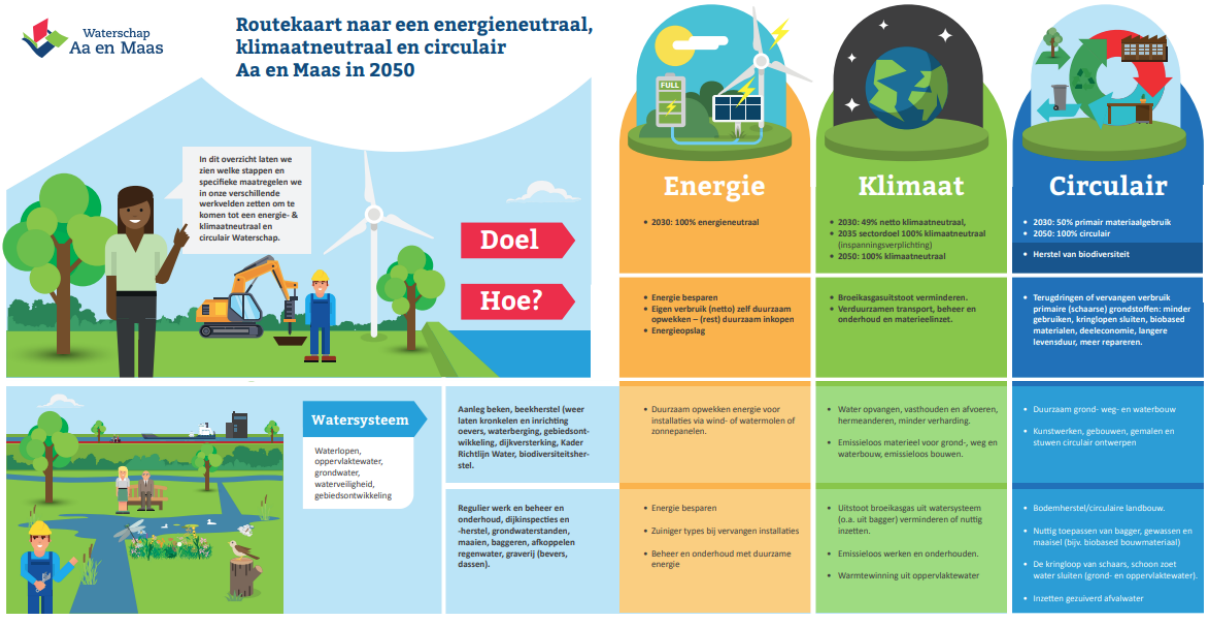
<u>Waterschap Aa en Maas</u>

- Waterbeheerplan 2022-2027;
- Routekaart Periode 2022-2027[1]; Naar een klimaatneutraal en circulair Aa en Maas in 2050, zie Figuur 1-1;
- Convenant Schoon en Emissieloos bouwen;
- Aanpak Duurzaam GWW;
- Partner in Deltaplan Biodiversiteitsherstel (sinds mei 2020) inclusief intern Actieplan Biodiversiteit 2021-2024 (augustus 2021, niet bestuurlijk vastgesteld).

<u>HWBP</u>

- Roadmap Duurzaam HWBP inclusief de duurzaamheidsroos;
- Toetsingskader emissieloos bouwen inclusief (handelingskader) stikstof (april 2024).

[1] In Q4 van 2025 wordt een update van de Routekaart verwacht. In de update van de Routekaart komt een aantal zaken voor energie, klimaat en circulair concreter te staan. Navraag bij de adviseur duurzaamheid vanuit het waterschap leert dat veel van de aangescherpte maatregelen nu al standaard worden opgepakt binnen de dijkverbetering Doeveren dan wel als eis in het uitvoeringscontract kunnen landen (denk aan materialenpaspoort).



Figuur 1-1: Routekaart naar een energieneutraal, klimaatneutraal en circulair Aa en Maas in 2050

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is samengevat hoe het beleid en de projectspecifieke kenmerken door de dijkverbetering Doeveren zijn vertaald naar een duurzaamheidsambitie en bijbehorende duurzaamheidsdoelen. Dit is gedaan voor de verkenning als ook voor de planuitwerking (herijking ambitie). Voor de aanbesteding en realisatie (doorkijk) is het de uitdaging om deze doelen te vertalen naar contracteisen en/of kwaliteitscriteria (BPKV-criteria) voor de aanbesteding. Hoe deze ambities en doelen vervolgens zijn vertaald in het ontwerp, is beschreven in hoofdstuk 3. In dit hoofdstuk zijn ook de resultaten opgenomen van de monitoring van het vergunbaar ontwerp op de duurzaamheidsdoelen. Tot slot wordt in hoofdstuk 4 verantwoord welke stappen het project (al) heeft doorlopen vanuit het toetskader emissieloos bouwen als onderbouwing voor de toekomstige subsidieaanvraag emissieloos bouwen bij het HWBP.

2 Duurzaamheidsstrategie en -ambitie

Dijkverbetering Doeveren betreft een traject van ca. 4 km en wordt technisch en omgevings-technisch gezien als een project met relatief beperkte complexiteit; zo heeft de verkenning in eigen beheer door Waterschap Aa en Maas plaatsgevonden en is in een kort tijdsbestek doorlopen. In de verkenning zijn slechts enkele (technische) alternatieven afgewogen en in de omgeving spelen geen (grote) meekoppelkansen of gebiedsopgaven. Hierbij past een beknopte doorlooptijd van de verkenning, planuitwerking en realisatie. Deze koers wordt zowel door de interne Opdrachtgever als door het HWBP als zeer belangrijk gezien.

Voor de dijkverbetering zijn drie projectspecifieke ambities geformuleerd. Met de duurzaamheidsambitie wordt aangesloten bij de volgende twee, voor duurzaamheid relevante, projectbrede ambities:

1. Snel en Zorgvuldig. We streven naar een dijkverbetering met een zo kort mogelijke doorlooptijd en een hoge kostenefficiëntie, wat past bij een niet-complex project en het streven naar een eenvoudige aanpak;
2. Behouden van ruimtelijke kwaliteit. De dijk kenmerkt zich door het medegebruik. De ambitie van het project is om medegebruik en ruimtelijke kwaliteit in stand houden.

Bij snelheid maken past slechts een beperkte ambitie. Daarom is voor geen van de thema's gekozen voor ambitieniveau 3. De ambities zijn in de volgende paragraaf per fase uitgewerkt. Het waterschap heeft in de verkenningsfase een duurzaamheidsstrategie opgesteld voor het gehele project dijkverbetering Doeveren (versie 1.0, definitief, 6 november 2023), zie Bijlage 1. In dit document staan onderstaande duurzaamheidsdoelen beschreven voor Doeveren:

- Voldoen aan de duurzaamheidsambitie zoals gesteld door het waterschap;
- Zorgen voor een uitvoerbaar en vergunbaar project ten aanzien van stikstof (bedrijfszekerheid).

2.1 Verkenning

In de verkenningsfase heeft het waterschap een Ambitiewebsessie gehouden. De uitkomsten zijn weergegeven in Figuur 2-1 en ook terug te vinden in de duurzaamheidsstrategie onder Bijlage 1.



Figuur 2-1: Ambitieweb uit verkenning dijkverbetering Doeveren

Duurzaamheidsambitie bij projectbrede ambitie ´Snel en zorgvuldig´

De ambitie 'Snel en Zorgvuldig' wordt gekoppeld aan de doelstelling 'Zorgen voor een uitvoerbaar en vergunbaar project ten aanzien van stikstof´. Hier passen de duurzaamheidsthema's en ambities uit Tabel 2-1 bij. Er is gekozen voor een ambitie 2, omdat de verwachting is dat het 'Basisniveau' (voldoen aan wet- en regelgeving), zoals geformuleerd in de routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen, onvoldoende zal zijn om te komen tot een uitvoerbaar en vergunbaar project, gelet op de stikstofproblematiek. Uitgangspunt voor de ambitie op deze thema's is het Toetsingskader Emissieloos Bouwen en het concept toetsingskader Stikstof van het HWBP. Beide gaan verder dan het wettelijk noodzakelijke, omdat ze aansluiten op het 'Ambitieuze niveau' van de routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen.

Tabel 2-1: Duurzaamheidsambitie Energie & Klimaat

Duurzaamheidsthema's Energie & Klimaat en Circulariteit	Ambitie
Energieverbruik	2
Emissie, broeikasgassen, fijnstof, stikstof	2
Materiaalgebruik en -verbruik	2
Grondstofgebruik en -verbruik	2

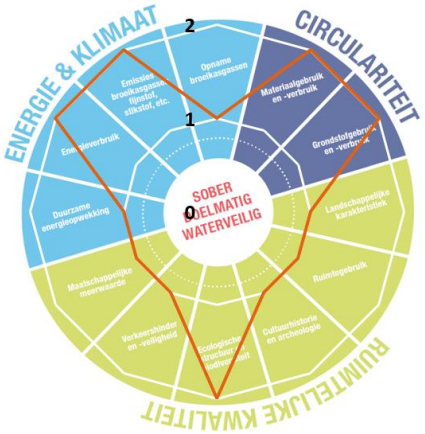
Duurzaamheidsambitie bij projectbrede ambitie ´Behouden van ruimtelijke kwaliteit´
Per duurzaamheidsthema onder Ruimtelijke Kwaliteit zijn ook ambities vastgesteld, zie Tabel 2-2. Voor de thema's ruimtegebruik en ecologische structuur en biodiversiteit worden doelmatige kansen gezien (ambitieniveau 2). Voor de overige thema's is dit niet het geval en is gekozen voor ambitieniveau 1.

Tabel 2-2: Duurzaamheidsambitie Ruimtelijke Kwaliteit

Duurzaamheidsthema's Ruimtelijke Kwaliteit	Ambitie
Landschappelijke karakteristiek	1
Ruimtegebruik	2
Cultuurhistorie en archeologie	1
Ecologische structuur en biodiversiteit	2
Verkeershinder en -veiligheid	1
Maatschappelijke waarde	1

2.2 Planuitwerking

In juli 2024 heeft een herijking van het Ambitieweb plaatsgevonden als onderdeel van de (start) planuitwerking. Hier is de duurzaamheidambitie uit de verkenning herijkt op basis van de actuele wet- en regelgeving én actuele kansrijke maatregelen rondom het project. Ook voor deze sessie gold het uitgangspunt, dat een ambitieniveau van 3 niet aansluit bij de projectbrede ambitie Snel en Zorgvuldig. Als basis voor deze sessie is de HWBP-duurzaamheidsroos gebruikt. Bij de verkenning is gebruikt gemaakt van het Ambitieweb 'bestaande uit 10 thema's, de twee subthema's duurzame energieopwekking en opname broeikasgassen ontbraken toen. Voor deze twee thema's is nu een duurzaamheidsambitie vastgesteld. Het resultaat is weergegeven in Figuur 2-2: voor duurzame energieopwekking en opname broeikasgassen is de ambitie op 1 vastgesteld en de ambitie voor ruimtegebruik is verlaagd van 2 naar 1. De reden is dat er door de keuze van het voorkeursalternatief (VKA) met constructies geen grote/lange grondbermen meer zijn voorzien in het ontwerp van de planuitwerking. Hierdoor is het combineren van functies/medegebruik niet meer van toepassing.



Figuur 2-2: Herijking duurzaamheidsambitie Doeveren Planuitwerkingsfase

De duurzaamheidsambitie uit Figuur 2-2 is vervolgens doorvertaald naar de meetbare doelen per (hoofd)thema in Tabel 2-3. Bij elke ontwerpstap wordt getoetst en vastgelegd of het ontwerp voldoet aan deze doelen.

Tabel 2-3: Meetbare duurzaamheidsdoelen dijkverbetering Doeveren

(Hoofd)Thema	Duurzaamheidsdoelen
Energie & Klimaat	Zorgen voor een uitvoerbaar en vergunbaar project t.a.v. stikstof (bedrijfszekerheid) door 50% reductie van milieu-impact (MKI/ CO2-eq) t.o.v. de referentie (milieu-impact VKA); • 25% van VKA naar DO (waterschap) en; • 25% van DO naar UO (aannemer).
Circulariteit	• Alle vrijkomende grond wordt 100% (lokaal) hergebruikt. • De benodigde klei voor de taludbekleding buitendijks is afkomstig van een bron binnen 30 km van project Doeveren. • De nieuw toe te passen materialen zijn duurzaam geproduceerd, zoveel als mogelijk uit gerecycled materiaal (secundaire materialen).
Ruimtelijke Kwaliteit	Het versterken van de biodiversiteit door de verbetering van de toplaag en/of het zaadmengsel op het binnentalud t.o.v. de huidige situatie (als boost naar een bloemrijke dijk/ soortenrijkere dijkbekleding).

Tijdens de sessie zijn de duurzaamheidskansen voor de dijkverbetering Doeveren (zie Bijlage 1 uit de Duurzaamheidsstrategie) herijkt en aangevuld. Het resultaat is opgenomen als los Excel-document in Bijlage 2. De belangrijkste nieuwe kansen zijn per (hoofd)thema uit de HWBP-duurzaamheidsroos hieronder opgesomd.

<u>Energie & Klimaat</u>
- Maatregelen uit het handelingsperspectief stikstof als onderdeel van het toetskader emissieloos bouwen (indien nodig), zoals uitvoeren scenariostudie, overleg met bevoegd gezag;
- In beeld brengen bestaande (grotere) netaansluitingen met ruimte in het gecontracteerd vermogen binnen 30 km project (in aanvulling op de mogelijkheden bij gemaal Gansoijen);
- In beeld brengen eigen energiebehoefte in kWh (per dag/jaar) van project bij 50% emissieloze bouwplaats;
- Vaststellen MKI-referentiewaarde voor planuitwerking op basis van een ingepast VKA als referentie bij de volgende ontwerpstappen (vergunbaar ontwerp, DO).

<u>Circulariteit</u>
- Blijven inzetten op preventie: Verifiëren en nader onderzoeken waterveiligheidsopgave/uitgangspunten, met het oog op niet meer km dijk/meer faalmechanismen aanpakken dan nodig (aanscherpen opgave). Dit is bij de start van de planuitwerking ook gebeurd voor macrostabiliteit binnenwaarts. Deze opgave is komen te vervallen op basis van meer gedetailleerde berekeningen.

<u>Ruimtelijke Kwaliteit</u>
- Haalbaarheid onderzoeken soortenrijke dijkbekleding zuidhelling/binnentalud in overleg met onder andere de dijkbeheerder en Future Dikes.

2.3 Doorkijk aanbesteding en realisatie

Tijdens de aanbestedingsfase worden de eerder in de planuitwerkingsfase gemaakte keuzes concreet gemaakt in de vorm van een contract met (een) uitvoerende partij(en). De nadruk ligt op het selecteren van partners die zich kunnen onderscheiden op de duurzaamheidsdoelstellingen van het project. Deze doelen worden vertaald in (functionele) eisen voor de markt. Het projectteam dijkverbetering Doeveren werkt in de komende maanden het vergunbaar ontwerp verder uit tot een definitief ontwerp. In 2025 start de selectie- en vervolgens de inschrijvingsfase van de aanbesteding. De aannemer stelt het UO op. De realisatie staat gepland voor 2026 en 2027, waarbij op dit moment nog wordt onderzocht of uitvoering in één jaar (in 2026) mogelijk is.

3 Duurzaamheid in ontwerp

Duurzaamheid is een randvoorwaarde bij het ontwerp van de dijkverbetering Doeveren in lijn met het beleid van het waterschap en de kaders vanuit het HWBP. Een van de belangrijke stappen uit de Roadmap Duurzaam HWBP is om inzichtelijk te maken hoe de ontwerpoplossingen scoren op de duurzaamheidsdoelen. In dit hoofdstuk wordt voor het vergunbaar ontwerp (en later ook voor het definitief ontwerp) verantwoord en gerapporteerd hoe het ontwerp scoort op de duurzaamheidsdoelen uit Tabel 3-1 inclusief wijze van monitoring.

Tabel 3-1: Duurzaamheidsdoelen inclusief wijze monitoring vergunbaar ontwerp

(Hoofd)Thema	Doel	Wijze monitoring vergunbaar ontwerp
Energie & Klimaat	Zorgen voor een uitvoerbaar en vergunbaar project t.a.v. stikstof (bedrijfszekerheid) door 50% reductie van milieu-impact (MKI/ CO2-eq) t.o.v. de referentie (milieu-impact VKA); • 25% van VKA naar DO (waterschap) en; • 25% van DO naar UO (aannemer).	Kwantitatief via MKI- en CO2-eq- en Aerius-berekening.
Circulariteit	• Alle vrijkomende grond wordt 100% (lokaal) hergebruikt. • De benodigde klei is afkomstig van bron binnen 30 kilometer van project Doeveren. • De nieuw toe te passen materialen zijn duurzaam geproduceerd, zoveel als mogelijk uit gerecycled materiaal (secundaire materialen).	Kwalitatief via uitgangspunten SSK-raming/MKI-berekening.
Ruimtelijke Kwaliteit	Het versterken van de biodiversiteit door de verbetering van de toplaag en/of het zaadmengsel op het binnentalud t.o.v. de huidige situatie (als boost naar een bloemrijke dijk/ soortenrijkere dijkbekleding).	Kwalitatief via uitgangspunten ontwerp.

3.1 Ontwikkeling ontwerp vanaf VKA

Om de milieu-impact van elke ontwerpstap eerlijk met elkaar te kunnen vergelijken (MKI en CO2-eq bij levensduur van 50 jaar), is allereerst een goed beeld van de scope per ontwerpstap noodzakelijk. Aangezien in het project het VKA op hoofdlijnen is bepaald, is er naast optimalisatie van de scope ook nog sprake van een groter wordende scope richting het vergunbaar ontwerp. Simpelweg omdat er in het VKA nog onderdelen niet uitgewerkt waren. In Tabel 3-2 is de scope(wijziging) voor de belangrijkste onderdelen per ontwerpstap samengevat ter ondersteuning van de paragrafen die nog gaan komen.

NB Tussen het VKA (origineel en referentie-situatie) en het vergunbaar ontwerp in, heeft in het project nog een ontwerpstap en een afweging plaatsgevonden. De scope van deze tussen-ontwerpstap is voor de volledigheid opgenomen in Tabel 3-2. De afweging betrof de hoofdkeuze: stalen heavescherm (variant 1) of kunststof heavescherm (variant 2). De conclusie van deze afweging is dat het project kiest voor variant 1 stalen heavescherm als voorkeursvariant. Voor meer informatie over deze keuze wordt verwezen naar Bijlage 3 en de notitie vergunbaar ontwerp. Deze variantkeuze vormde weer input voor het vergunbaar ontwerp.

Naast de hoofdkeuze heeft in het project een integrale afweging plaatsgevonden voor twee maatwerklocaties: Heusdensebrug en kruising constructie met bomenlaan dijkvak 4. In alle bovenstaande afwegingen vormde duurzaamheid ook een criterium. De afwegingen zijn op hoofdlijnen opgenomen in Bijlage 3.

Tabel 3-2: Scope per ontwerpstap zoals toegepast in MKI- en CO2-eq berekening

Ontwerpstap	Scope in MKI en CO2-berekening [2](levensduur: 50 jaar)
VKA (origineel)	Algemeen: Scope bevat alleen grondwerk en constructies. De MKI- en CO2-eq waarde zijn alleen voor dijkvak 2 en 6 per m1 berekend. Die zijn vervolgens geëxtrapoleerd naar de lengte van de overige dijkvakken. Specifiek: Toepassen conventionele damwanden AZ18-700 met planklengte 10,5m en AZ24-700 met planklengte 13m (laatstgenoemde incl. gording), bouwtransport dam-wanden 470 km per as, damwandstelling 25% elektrisch, al overig materieel 100% HVO[3].
VKA (referentie)	Idem VKA (origineel), aangevuld met: Voorbereidend werk, herstel asfalt fietspad waar constructie kruist, inzaaien grasmengsel en onderhoud (maaien en herstel dijktalud na erosie).
Voorkeursvariant staal	Algemeen: Scope bevat stalen heavescherm incl. bijbehorend grondwerk ontworpen per dijkvak, antigraafmaatregelen in vorm bevergaas en twee hoogwatervluchtplaatsen met stalen damwand AZ18-700 met planklengte 8 m en aanvullingen onder VKA (referentie). Specifiek: Toepassen **conventionele** damwanden AZ18-700 en AZ24-700 beide met planklengte 10-15 m (laatstgenoemde incl. gording), bouwtransport damwanden 470 km per as, damwandstelling 50% elektrisch, al het overig materieel conventioneel.
Vergunbaar ontwerp	Aangescherpte scope (macrostabiliteitsopgave binnenwaarts over 2 km is vervallen, daarmee geen AZ24-700 damwanden meer nodig): Scope bevat toepassen **EcoSheetPile** damwanden AZ18-700 met planklengte 10-15 m (incl. gording), antigraafmaatregelen (zie voorkeursvariant staal), vervangen zandige taludbekleding (dijkvak 1) door aan te voeren klei inclusief afvoeren vrijkomend zand, aansluiting heavescherm op Heusdensebrug, langere damwand in dijkvak 4 in verband met locatie in binnenkruin en grondwerk en inpassingsmaatregelen rondom kruisende waterleiding.

3.2 Referentiesituatie

Om te kunnen monitoren of de doelen uit Tabel 3-1 worden gehaald is een duidelijk referentie- of nulsituatie nodig. In deze paragraaf wordt per hoofdthema de referentiesituatie kort toegelicht.

Hoofdthema Energie & Klimaat

De milieu-impact van het VKA vormt de referentiesituatie voor de Energie & Klimaatdoelen voor de dijkverbetering Doeveren. Dit is in lijn met de aanpak vanuit het HWBP. De scope van de MKI- en CO2-eq berekening van het VKA beperkte zich in de verkenning echter tot alleen het grondwerk en de constructies. Om een zo eerlijk mogelijk referentiesituatie vast te stellen, heeft het project ervoor gekozen om voor dit rapport de MKI- en CO2-eq van het VKA “op te waarderen” tot een referentie-berekening. Simpelweg door enkele activiteiten toe te voegen aan de berekening, die gebruikelijk zijn om mee te nemen in een levenscyclusanalyse (LCA) bij een dijkverbetering. Zie Tabel 3-2, onderdeel VKA (referentie). De MKI- en CO2-eq waarde van het VKA (origineel en referentie) zijn opgenomen in

[2] Voor de MKI- en CO2-eq berekeningen is, net als bij het VKA, gebruik gemaakt van de HWBP Handreiking 'DuboCalc in dijkversterkingen' voor de verkennings- en planuitwerkingsfase.

[3] HVO staat voor Hydrotreated Vegetable Oil. HVO is in feite een tweede generatie biodiesel die kan worden geproduceerd uit een breed scala aan materialen. HVO reduceert de CO2 emissies aanzienlijk, de stikstof emissies niet of nauwelijks.

Tabel 3-4. Specifiek voor de damwanden is in de MKI (of Dubocalc) berekening van het VKA uitgegaan van een conventionele damwand. Dit is een damwand met milieu-impact op basis van ongetoetste, generieke data uit de Nationale Milieudatabase (NMD).
Deze categorie 3-data vormen een terugvaloptie voor als er nog geen milieuverklaringen van dit product bestaan. Deze data zijn niet getoetst volgens het NMD-Toetsingsprotocol en daardoor minder scherp, daarom zit er een ophoogfactor op van 30%.

Hoofdthema Circulariteit
De drie doelen onder circulariteit gaan over het (lokaal) hergebruiken van alle vrijkomende grond, over alle benodigde grond komt van dichtbij (gebiedseigen grond, hier gedefinieerd als een bron binnen 30 km van project Doeveren) en over alle nieuw toe te passen materialen zijn duurzaam geproduceerd. De grootste circulaire winst is, kijkend naar de verdeling in benodigd materiaal (grond, staal), te halen in duurzaam geproduceerde damwanden. Voor de damwanden is in de MKI (of Dubocalc) berekening van het VKA uitgegaan van een conventionele damwand op basis van ongetoetste, generieke (categorie 3-)data uit de NMD. Voor de AZ24-700 damwanden is in een stalen gording[4] voorzien. In het VKA is beperkt grondwerk voorzien rondom het aanbrengen van de constructies; het gaat specifiek over grond ontgraven uit de ontlastsleuf en diezelfde grond weer verwerken, verdichten en profileren in de ontlastsleuf. Er wordt geen nieuwe grond aangevoerd.
NB Er zit een overlap tussen de referentiesituatie en doelen van Circulariteit en die onder Energie & Klimaat. In veel gevallen geldt: Hoe meer circulair er wordt gewerkt, hoe lager de milieu-impact.

Hoofdthema Ruimtelijke Kwaliteit
Het duurzaamheidsdoel onder dit thema gaat specifiek over het verbeteren van de soortenrijkdom op de dijktaluds door de toplaag te verbeteren dan wel soortenrijk mengsel in te zaaien op de tijdens de realisatie geroerde delen van het talud. Dit draagt bij aan het versterken van de biodiversiteit. Na overleg met de dijkbeheerder en de partij die de monitoring van de vegetatie op alle dijktaluds van het waterschap uitvoert (opnames in 2008, 2016 en 2022), blijkt dat het dijktalud bij Doeveren de laatste jaren van zeer soortenarm in ontwikkeling is naar een meer soortenrijkere dijkvegetatie. Dit komt door aangepast beheer, waarbij al ruim 10 jaar twee keer per jaar wordt gemaaid en (biomassa) wordt afgevoerd.

3.3 Duurzame score vergunbaar ontwerp

Deze paragraaf maakt inzichtelijk hoe het vergunbaar ontwerp scoort op de duurzaamheidsdoelen (zie Tabel 3-3). De doelen per hoofdthema krijgen een kwalitatieve score op een schaal van groen-oranje-rood. Onder de tabel wordt per thema de score nader toegelicht.

Tabel 3-3: Score vergunbaar ontwerp op doelen

(Hoofd)Thema	Doel	Score vergunbaar ontwerp
Energie & Klimaat	Zorgen voor een uitvoerbaar en vergunbaar project t.a.v. stikstof (bedrijfszekerheid) door 50% reductie van milieu-impact (MKI/ CO2-eq) t.o.v. de referentie (milieu-impact VKA); • 25% van VKA naar DO (waterschap) en; • 25% van DO naar UO (aannemer).	
Circulariteit	• Alle vrijkomende grond wordt 100% (lokaal) hergebruikt. • De benodigde klei is afkomstig van bron binnen 30 km van project Doeveren.	

[4] Een gording is een horizontale balk die wordt toegepast om de stabiliteit te verhogen door de damwanden aan de gording te verbinden.

(Hoofd)Thema	Doel	Score vergunbaar ontwerp
	• De nieuw toe te passen materialen zijn duurzaam geproduceerd, zoveel als mogelijk uit gerecycled materiaal (secundaire materialen).	
Ruimtelijke Kwaliteit	Het versterken van de biodiversiteit door de verbetering van de toplaag en/of het zaadmengsel op het binnentalud t.o.v. de huidige situatie (als boost naar een bloemrijke dijk/ soortenrijkere dijkbekleding).	

Energie & Klimaat

Het vergunbaar ontwerp scoort **groen** op het doel onder Energie & Klimaat, omdat het doel van 50% reductie van de milieu-impact (MKI) van het vergunbaar ontwerp ten opzichte van het VKA (referentie) nagenoeg is gerealiseerd (49,5%). Uit de Aerius-berekening van het vergunbaar ontwerp blijkt een stikstofdepositie van 0,00 mol/ha/jaar. Dit betekent dat de dijkverbetering Doeveren uitvoerbaar en vergunbaar is ten aanzien van stikstof (bedrijfszekerheid) mede door deze reductie. In
Tabel 3-4 is zowel de MKI en de CO2-eq uitstoot voor het gehele project als per km dijkversterking weergegeven. De milieu-impact en uitstoot per km dijk is berekend door de totale MKI- en CO2-eq-waarde te delen door de volledige lengte van de dijkverbetering van afgerond 4,1km. De reductie van CO2-eq van het vergunbaar ontwerp ten opzichte van het VKA bedraagt 38%. Hier ligt nog een opgave.

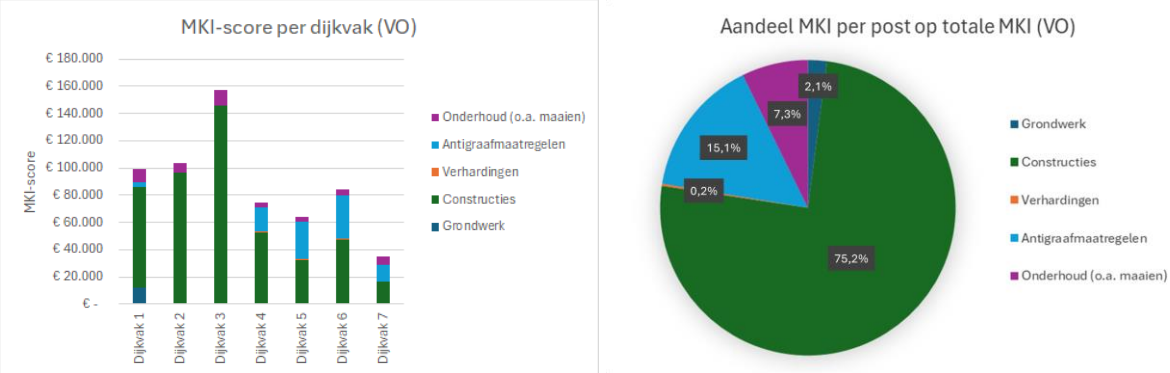
Tabel 3-4: MKI-waarde en CO2-equivalentwaarde VKA, variant 1 en vergunbaar ontwerp

Ontwerp	MKI (€) Totaal	CO2-eq (ton) Totaal	MKI (€) Per km	CO2-eq (ton) Per km
VKA (origineel)	1.155.461	9.144	281.820	2.230
VKA (referentie)	**1.222.000**	**9.450**	298.049	2.305
Voorkeursvariant staal	1.325.000	9.000	323.171	2.195
Vergunbaar ontwerp	**617.400**	**5.875**	150.585	1.433
Reductie vergunbaar ontwerp t.o.v. VKA (referentie)	-49,5%	-38%		

Het grootste deel van de milieu-impact bij stalen damwanden zit in het productieproces. De belangrijkste reden dat de milieu-impact van het vergunbaar ontwerp fors lager ligt dan het VKA (referentie), zit in de keuze van de toe te passen stalen damwand; voor het vergunbaar ontwerp is gekozen voor de EcoSheetPile van ArcelorMittal geproduceerd met grijze stroom (getoetste, merkgebonden categorie 1-data uit NMD), terwijl voor het VKA referentie was gekozen voor een conventionele damwand (ongetoetste, generieke categorie 3-data uit NMD). De MKI-waarde van de EcoSheetPile bedraagt ongeveer € 12/m^2 staal. De MKI-waarde van de conventionele damwand behorend bij het VKA bedraagt ongeveer € 30/m^2 inclusief toeslag. Dit is een factor 2,5. De EcoSheetPile is opgenomen in de NMD als categorie 1 data, ofwel dit betreft productgebonden data. Anders dan bij categorie 3 data uit de NMD is er geen sprake van een ophoogfactor van 30%. Het verschil tussen de MKI-waarde van de EcoSheetPile en de conventionele damwand zit naast de ophoogfactor met name in het verschil in productieproces; zo worden EcoSheetPile geproduceerd met een vlamboogoven (met een milieu-impact van 0,5 ton CO2 per ton staal) en de conventionele damwand in een hoogoven (met een milieu-impact van 2,3 ton CO2 per ton staal).

De activiteiten met de grootste bijdrage aan de milieu-impact in MKI zijn per dijkvak en als taartdiagram onder weergegeven (zie Figuur 3-1). Er zijn vier categorieën met de grootste bijdrage aan de milieu-impact:

constructies/stalen heaveschermen (75,2%), antigraafmaatregelen (15,1%), onderhoud dijktalud (7,3%) en grondwerk (2,1%). Andere categorieën zoals verhardingen dragen minder dan 1% bij aan het totaal.



Figuur 3-1: MKI-score per dijkvak en aandeel MKI per post op totale MKI vergunbaar ontwerp (VO)

Circulariteit

Het vergunbaar ontwerp scoort **oranje** op de circulaire doelen. De reden is dat nog niet aan alle doelen wordt voldaan.

- Nog niet alle nieuw toe te passen materialen in het vergunbaar ontwerp zijn duurzaam geproduceerd: Zo is op het onderdeel bevergaas (antigraafvoorzieningen) nog geen onderzoek gedaan naar een zo duurzaam mogelijk geproduceerd gaas. Dit geldt wel voor de stalen heaveschermen. Zij vormen de hoofdmoot van het vergunbaar ontwerp. In het vergunbaar ontwerp is met de keuze voor de EcoSheetPile van ArcelorMittal automatisch een minimum ingesteld waaraan de aannemer straks moet voldoen. Deze damwand is duurzaam geproduceerd uit 96% schroot (op grijze energie). *NB De producent ArcelorMittal biedt ook de EcoSheetPile Plus-variant aan, waarbij het staal is geproduceerd met 100% groene stroom (zie ook paragraaf 3.4);*
- Nog niet alle vrijkomende grond kan 100% (lokaal) worden hergebruikt: Voor het deel grond ter plaatse van de taludverbetering in dijkvak 1 is namelijk aangenomen dat het vrijkomende zand extern over een afstand van 30 km moet worden afgevoerd omdat het vermoedelijk klasse industrie (milieuchemisch bodemkwaliteit) is. In het vergunbaar ontwerp is wel het uitgangspunt dat de grond (waaronder de toplaag) die wordt verwijderd bij het aanbrengen van deze damwanden, op de juiste manier in depot wordt gezet en weer wordt teruggeplaatst na plaatsing constructie door de aannemer;
- Nog niet alle benodigde klei is afkomstig van een bron binnen 30 km van project Doeveren: Voor de benodigde klei is aangenomen dat dit vanaf een externe bronlocatie per schip komt op 43 km[5] van het project.

Ruimtelijke Kwaliteit

In het algemeen doet de dijkverbetering geen afbreuk aan de ruimtelijke kwaliteit. De maatregelen hebben namelijk geen negatief effect op het dijkprofiel en algehele aanzien van de dijk of cultuurhistorische elementen. Het grondwerk en het heavescherm wordt onder maaiveld afgewerkt.

Het vergunbaar ontwerp scoort ook **groen** op het doel onder ruimtelijke kwaliteit, omdat het soortenrijk inzaaien van de geroerde delen op het binnentalud als kansrijk is beoordeeld voor de verbetering van de soortenrijkdom ten opzichte van de huidige situatie. Om de kansrijkheid goed in te kunnen schatten, is de expertise vanuit het HWBP-innovatieproject Future Dikes ingeroepen. Samen met hen is de kansrijkheid bepaald op aspecten als kwaliteit bestaande toplaag, oriëntatie dijktalud, geschikte inzaai en het actuele en toekomstige beheer. Volgens de inzichten uit Future Dikes fase 1 is een toplaag met een lutumgehalte van 12-20% (evt. 25%) geschikt voor soortenrijke dijkbekleding. Onderzoek in de bodemdata van de bestaande toplaag (met name het lutum- en organische stofgehalte) laten zien dat de fysieke omstandigheden bij Doeveren

[5] Dit betreft een standaard waarde voor transportafstand uit de HWBP Handreiking DuboCalc voor dijkversterkingen.

geschikt lijken voor de ontwikkeling van soortenrijke dijkbekleding met lutumgehalte tussen 16,6-24,8% en organische stofgehalte tussen 2,8-3,9%.

Er is in het vergunbaar ontwerp rekening gehouden met het soortenrijk inzaaien van de tijdens de realisatie geroerde delen in de dijkvakken 1, 2 en 3 op het zuidtalud. Het is van belang om een deel van het dijktalud in te zaaien met geschikte inzaai, bijvoorbeeld met DBG (dijken basis grassen) in combinatie met DBK (dijken basis kruiden). Dit moeten dan wel gecertificeerde mengsels zijn met echt inheemse soorten. Na inzaaien met soortenrijk mengsel is ander geschikt ontwikkelings- en (op termijn) instandhoudingsbeheer nodig. Waterschap Aa en Maas staat hiervoor open gezien het feit dat er begin 2024 enkele documenten zijn opgesteld met eisen rondom soortenrijk inzaaien en ontwikkelingsbeheer.

NB Op het deel waar bomen staan (dijkvakken 4 tot en met 7) is in het vergunbaar ontwerp geen rekening gehouden met soortenrijk inzaaien. Dit heeft te maken met schaduwwerking en bladval. Ook met de geroerde delen op het buitentalud ter plaatse van dijk 1 en de hoogwatervluchtplaatsen is in het vergunbaar ontwerp geen rekening gehouden met soortenrijk inzaaien. Zie ook paragraaf 3.4.

3.4 Doorkijk definitief ontwerp, aanbesteding en realisatie

Onder staat per thema samengevat welke duurzaamheidsmaatregelen nog (kunnen) worden onderzocht in het definitief ontwerp en de aanbesteding en realisatie.

Energie & Klimaat en Circulariteit

De milieu-impact van het vergunbaar ontwerp wordt hoofdzakelijk bepaald door (de productie van) de aan te brengen damwanden (75,2%). Deze milieu-impact is verder te reduceren in het DO en UO door (1) optimalisatie van het ontwerp (minder dikke planken, kortere planken) en/of door (2) de keuze voor een nog duurzamer geproduceerde damwand (zoals de EcoSheetPile Plus-variant van ArcelorMittal geproduceerd met 100% groene stroom) dan waar nu bij het vergunbaar ontwerp van uit is gegaan. Ook wordt nog verkend of aanvoer van de damwanden (bouwtransport) per schip mogelijk is in plaats van per as van de bronlocatie naar het project. Ook dit leidt tot een reductie in milieu-impact.

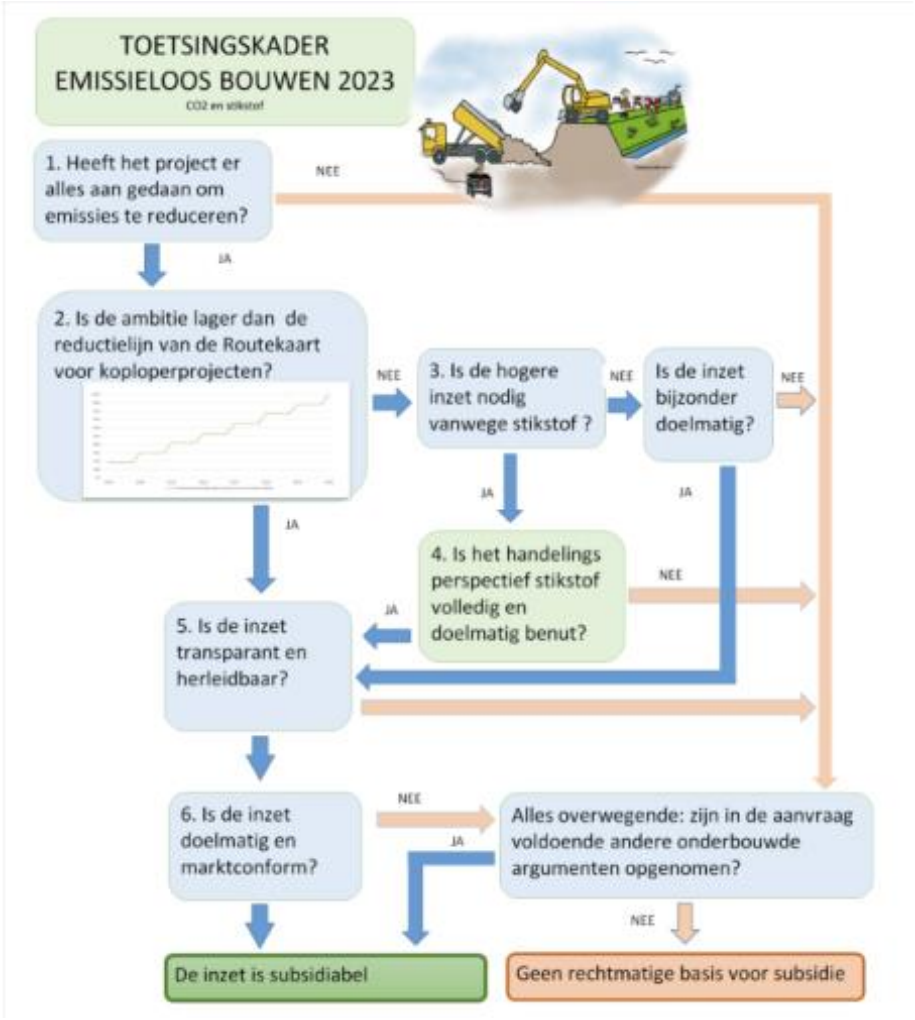
De antigraafmaatregelen komen op plek 2 met de meeste milieu-impact (15,1%). Richting het DO en de aanbesteding gaat het project daarom nog op zoek naar (eisen aan) duurzaam geproduceerd bevergaas. Voor het aandeel milieu-impact door onderhoud (7,3%) over de levensduur van 50 jaar zit weinig handelingsruimte voor verbetering; de milieu-impact zit met name in het herstel van 5% van oppervlak van het dijktalud inclusief aanvoer nieuwe klei door erosie in de eerste 5 jaar na de dijkverbetering. Dit betreft een (standaard) risico-inschatting bij een (SSK) kostenraming en LCA voor dijken in grond. In de DO-fase vindt nog aanvullend grondonderzoek plaats. Dit kan ertoe leiden dat de oppervlakte van de taludverbetering op het buitentalud in dijkvak 1, die nu conservatief is ingeschat, kan afnemen (milieu-impact draagt nu 2,1% bij aan totaal). Voor de resterende opgave over het vrijkomende zand en de benodigde klei ter plaatse van de taludverbetering in dijkvak dient de aannemer in het realisatiecontract nog te worden uitgedaagd om dit zo lokaal mogelijk af te zetten respectievelijk aan te leveren.

Ruimtelijke Kwaliteit

Op de geroerde delen waar bomen staan (dijkvakken 4 tot en met 7) en op het buitentalud wordt in overleg met Future Dikes in het DO onderzocht of en zo ja hoe soortenrijk inzaaien op die delen van het talud kansrijk is. Ook wordt in de DO-fase een Beheer- & Onderhoudsplan opgesteld waarin het juiste beheer kan worden geborgd. Dit gaat dan over het juiste ontwikkelings- en (op termijn) instandhoudingsbeheer.

4 Stappen toetskader emissieloos bouwen

Op 4 april 2024 heeft het programmabestuur van het HWBP het prototype toetsingskader stikstof vastgesteld als aanvulling op het bestaande toetsingskader emissieloos bouwen. In het project Doeveren wordt dit toetsingskader gebruikt en gevolgd om te onderbouwen richting de programmadirectie HWBP dat de gekozen aanpak in het project doelmatig is en de 50% emissieloze bouwplaats door het HWBP kan worden gesubsidieerd. In dit hoofdstuk wordt per stap uit het toetsingskader (zie Figuur 4-1) toegelicht hoe hier in het project invulling aan is gegeven.



Figuur 4-1: Toetsingskader emissieloos bouwen (update 2024)

4.1 Stap 1 – Emissies reduceren

Stap 1 uit het toetsingskader emissieloos bouwen is aantonen dat je als project er alles aan gedaan hebt om emissies te reduceren door emissiereducerend te ontwerpen en door een emissiereducerende uitvoeringslogistiek toe te passen. In deze paragraaf staat beschreven wat er op dit onderdeel is gedaan. De belangrijkste maatregelen zijn samengevat in Tabel 4-1. Dit zijn de maatregelen tot op dit moment; het vergunbaar ontwerp in de planuitwerkingsfase. De maatregelen worden onder de tabel per fase nader toegelicht.

NB Het project neemt richting het definitief ontwerp en de aanbesteding en realisatie nog maatregelen rondom emissiereductie. Die maatregelen worden in een volgende versie van dit rapport toegevoegd aan deze tabel.

Tabel 4-1: Samenvatting belangrijkste maatregelen emissiereductie dijkverbetering Doeveren

HWBP-fase	Maatregel	Emissiereducerend ontwerpen	Emissiereducerende bouwlogistiek
Verkenning	Duurzaamheidsambitie vaststellen	x	x
	Optimaliseren faalkansbijdrage bomen op kruin	x	
	Aanvullend grondonderzoek t.b.v. planuitwerking	x	
	Duurzaamheid als criterium in integraal afweegkader	x	
	Dubocalc (MKI) berekening in zeef 2	x	
	Stikstofdepositie-onderzoek in zeef 2		x
Planuitwerking (tot en met vergunbaar ontwerp)	Herijking duurzaamheidsambitie	x	x
	Ambitie en doel 50% emissieloze bouwplaats		x
	Vastgestelde doelen vertalen naar ontwerpuitgangspunten	x	x
	Optimaliseren macrostabiliteitsopgave	x	
	Adviseur duurzaamheid sluit elke week aan bij raakvlakoverleg Omgeving en Techniek	x	x
	Duurzaamheidscriteria in integraal afweegkader bij afweging varianten en maatwerklocaties	x	
	Dubocalc (MKI) berekening bij varianten-afweging en bij vergunbaar ontwerp	x	
	Aerius-berekening bij variantenafweging en bij vergunbaar ontwerp		x
	Onderzoek beperking kosten laadinfrastructuur		x
	Minimaal toepassen damwand met milieu-impact van EcoSheetPile of lager	x	
	Maatregelen definitief ontwerp volgen later.		
Aanbesteding en realisatie	*Maatregelen aanbesteding en realisatie volgen later.*		

Maatregelen HWBP-verkenning

Duurzaamheidsambitie vaststellen: Zie paragraaf 2.1 in dit rapport.

Optimaliseren faalkansbijdrage bomen op kruin

Het project heeft bij de start van de verkenning onderzocht wat de mogelijkheden zijn om de waterveiligheidsopgave zoveel mogelijk aan te scherpen. Doel hierbij was om niet onnodig te versterken. Bij de normale werkwijze zou bij bomen op de kruin rekening gehouden moeten worden met kraters die achtergelaten worden door omvallende bomen. In de verkenning is deze analyse verder geoptimaliseerd met scenario's om te voorkomen, dat de kraters van de bomen een onnodige grote bijdrage hebben aan het overstromingsrisico. Met deze werkwijze is uiteindelijk meer inzicht verkregen in de bijdrage van bomen aan het overstromingsrisico en kon worden geconcludeerd dat de bomen geen significante bijdrage hebben aan het overstromingsrisico. Dit heeft ertoe geleid dat de landschappelijke waarde van de bomen kon worden behouden en er geen extra grond aangebracht hoefde te worden om de waterveiligheid te garanderen.

Aanvullend grondonderzoek t.b.v. planuitwerking

In de verkenning zijn aanvullende grondonderzoeken uitgevoerd, zodat in de planuitwerking met de innovatieve ongedraineerd rekenmethode de macrostabiliteit opgave verder geoptimaliseerd en gereduceerd kon worden. De interpretatie van de resultaten van deze grondonderzoeken is aan het begin van de planuitwerking gedaan.

Duurzaamheid als criterium in integraal afweegkader

In de verkenning is een integraal afwegingskader vastgesteld per ontwerpstap (per zeef). Duurzaamheid, gedefinieerd als alle 12 subthema's binnen de HWBP duurzaamheidsroos, kwam hierin als criteria diverse keren terug (zie onderstaande opsomming).

Van bouwstenen tot kansrijke bouwstenen en van kansrijke bouwstenen naar mogelijke oplossingen

Duurzaamheid (toekomstbestendigheid) was onderdeel van de eerste selectie op techniek en natuurwaarde en duurzaamheid (milieu-impact) was onderdeel van de tweede selectie op overige aspecten.

Van mogelijke oplossingen tot kansrijke alternatieven (zeef 1)

Een van de thema's was effecten op waarden en leefomgeving; zo min mogelijk effecten op archeologie & cultuurhistorie, natuur & landschap, grond- en oppervlaktewater.

Van kansrijke alternatieven tot een voorkeursalternatief (zeef 2)

Voor het beoordelingskader zijn vier hoofdthema's onderscheiden waaronder duurzaamheid. Onder dit thema zijn vervolgens drie doelcriteria geformuleerd:

- CO2 uitstoot. Het alternatief heeft een minimale absolute CO2 (koolstofdioxide) uitstoot.
- Stikstof uitstoot. Het alternatief heeft een minimale absolute stikstof uitstoot.
- Primaire grondstoffen. Het alternatief gebruikt een minimum aan primaire grondstoffen.

Dubocalc (MKI) berekening en Stikstofdepositie-onderzoek in zeef 2

Het project heeft voor de doelcriteria CO2 uitstoot en stikstof uitstoot uit zeef 2 een Dubocalc berekening respectievelijk een stikstofdepositie-onderzoek[6] laten uitvoeren. De beoordeling van de doelcriteria van het voorkeursalternatief (VKA) is opgenomen in Figuur 4-2. Op basis van een beoordeling is voorgesteld KA.2 (Constructies) te kiezen als VKA. Voor de het vervolgproces werd voor duurzaamheid nog aanbevolen om het gebruik van gerecyclede materialen in het project te bevorderen en zo geen groot beslag te leggen op de voorraad primaire grondstoffen. De MKI-waarde van het VKA (KA.2) is bepaald op € 1.155.461. De CO2-eq waarde is bepaald op 9.144 ton CO2-eq. Zie ook
Tabel 3-4.
Uit het stikstofdepositie-onderzoek bleek dat het KA.2 Constructies (het latere VKA) zonder aanvullende maatregelen leidt tot een depositie van 0,01 mol/ha/jaar. Met aanvullende maatregelen (o.a. 50% elektrificatie) is deze depositie teruggebracht tot 0,00 mol/ha/jaar.

	Kansrijke Alternatieven	KA.1: Grond	KA.2: Constructies	KA.3: Grof zand barrière	KA.4: Drainage
Techniek	Bedrijfszekerheid	++	+	0	--
	Calamiteitenbeheer	++	+	--	--
	Dagelijks beheer onderhoud	-	++	-	--
	Uitbreidbaarheid	++	--	-	-
Omgeving	Archeologie	--	0	-	-
	Natuur ruimtelijke kwaliteit	--	0	--	--
	Ruimtegebruik	--	++	-	-
	Bodemvreemde materialen	++	--	+	--
Duurzaamheid	CO_2 uitstoot	-	--	0	0
	Stikstof uitstoot	--	0	-	-
	Primaire grondstoffen	--	-	0	-
Project-beheersing	Investeringskosten	--	0	0	++
	Instandshoudingskosten	++	++	--	--
	Realisatiesnelheid	--	++	++	++
	Bewezen techniek	++	+	0	--
	Stikstofkader	++	+	--	--

Figuur 4-2: Beoordeling van de doelcriteria van het voorkeursalternatief (VKA)

[6] Tauw (Notitie stikstofdepositie-onderzoek; haalbaarheid alternatieven dijkverbetering Doeveren, 12 december 2023

Maatregelen HWBP-planuitwerking

Herijking duurzaamheidsambitie inclusief doel 50% emissieloze bouwplaats

Voor de herijking van de duurzaamheidsambitie wordt verwezen naar paragraaf 2.2 in dit rapport. Het doel 50% emissieloze bouwplaats is voor het vergunbaar ontwerp concreet vertaald in: 50% van alle draaiuren van het project zijn emissieloos. Aangezien het zwaartepunt van de materieeluren ligt bij het aanbrengen van de stalen damwanden (met name stalen heavescherm en klein aandeel in damwand bij twee hoogwatervluchtplaatsen), is er gekozen om voor deze werkzaamheden emissieloze materieelstukken in te zetten. Concreet gaat het over de emissieloze inzet van een heikraan, trilblok en een hulpkraan. Dit uitgangspunt is opgenomen in de SSK-raming van het vergunbaar ontwerp en is daarmee ook input voor de Aerius-berekening en de MKI- en CO2-eq-berekening van het vergunbaar ontwerp.

Vastgestelde doelen vertalen naar ontwerpuitgangspunten

De duurzaamheidsdoelen zijn in overleg tussen de adviseur duurzaamheid en de ontwerpleider vertaald naar ontwerpuitgangspunten. Deze uitgangspunten zijn vastgelegd in de Integrale Uitgangspunten Notitie 2 (IUN 2).

Optimaliseren macrostabiliteitsopgave

In de planuitwerkingsfase is de veiligheidsopgave verder geoptimaliseerd op basis van het uitgevoerde grondonderzoek uit de verkenning. De betere inzichten in de bodemopbouw en vastgestelde sterkte parameters voor Doeveren leidden ertoe, dat voor het gehele traject de opgave voor macrostabiliteit van ca. 2 km is komen te vervallen. Dit betekent vanuit preventie dat er over 2 km dijk geen zwaardere damwand (AZ24 i.p.v. AZ18) of geen binnendijkse stabiliteitsberm in grond hoeft te worden ontworpen en aangebracht.

Adviseur duurzaamheid sluit elke week aan bij raakvlakoverleg Omgeving en Techniek

Elk week is er een (online) raakvlakoverleg, waarbij de voortgang en issues vanuit zowel omgeving als techniek wordt besproken. Naast de technisch manager, de ontwerpleider, de manager conditionering, de omgevingsmanager en de manager planprocedures sluit ook standaard de adviseur duurzaamheid aan bij dit overleg. Op deze wijze blijft duurzaamheid top of mind tijdens de planuitwerking en worden alle raakvlakken beheerst.

Duurzaamheidscriteria in integraal afweegkader bij afweging varianten en maatwerklocaties

Bij de afweging van de varianten (variant 1 staal en variant 2 kunststof) als ook ter plaatse van twee maatwerklocaties (aansluiting op Heusdensebrug en kruising constructie met bomenlaan in dijkvak 4) was duurzaamheid onderdeel van het integraal afweegkader en daarmee van de integrale afweging. Zie verder Bijlage 3 bij dit rapport.

Dubocalc (MKI) berekening bij varianten-afweging en bij vergunbaar ontwerp:

Zie paragraaf 3.3 en Bijlage 3 bij dit rapport.

Aerius-berekening bij variantenafweging en bij vergunbaar ontwerp

Aan het begin van de planuitwerkingsfase is het VKA (KA.2: Constructies) verder doorontwikkeld tot variant 1 in staal en variant 2 in kunststof. Beide varianten zijn afgewogen. Een van de criteria was de stikstofdepositie. Het uitgangspunt bij deze berekeningen is een 50% emissieloze bouwplaats. Uit de Aerius-berekening bleek dat de stikstofdepositie voor beide varianten op 0,00 mol/ha/jaar uitkomt. In deze berekening was nog geen rekening gehouden met de uitstoot door het aanbrengen van antigraafvoorzieningen.
Er is nog een aparte berekening uitgevoerd met variant 2 in combinatie met antigraafvoorzieningen (worst case). Het resultaat was een stikstofdepositie van 0,01 mol/ha/jaar op het N2000-gebied Loonse en Drunense Duinen. Variant 1 staal is als voorkeursvariant gekozen. In de stap van de voorkeursvariant naar het vergunbaar ontwerp is het ontwerp doorontwikkeld; veel zaken die nog niet in de variant zaten, zijn wel opgenomen in het vergunbaar ontwerp. Zie ook paragraaf 3.1. Het vergunbaar ontwerp is nogmaals doorgerekend in Aerius. Het resultaat is 0,00 mol/ha/jaar.

Onderzoek beperking kosten laadinfrastructuur

Bij de dijkverbetering Doeveren is een van de doelen een 50% emissieloze bouwplaats. Een toenemend aantal HWBP-dijkversterkingsprojecten zet elektrisch materieel in. De kosten voor de laadinfrastructuur bedragen op dit moment meer dan helft van de totale kosten voor de inzet van het elektrisch materieel. De dijkverbetering Doeveren heeft daarom nu al onderstaande acties uitgevoerd om te hoge kosten voor laadinfrastructuur tijdens de realisatie te voorkomen in lijn met de HWBP-Handreiking laadinfrastructuur.

- Quickscan opgesteld met bestaande aansluitingen met ruimte op het net binnen 500 m en max. 30 km, deels voortbordurend op de bestaande analyse onbenut transportvermogen vanuit het waterschap zelf aangevuld met openbare, bestaande laadstations (zoals stroomkaart.nl);
- Memo opgesteld waarin de laadbehoefte voor dijkverbetering Doeveren in kW in beeld is gebracht op basis van het vergunbaar ontwerp bij het uitgangspunt 50% emissieloze bouwplaats; als er 12 uur kan worden geladen bedraagt het vereiste vermogen 155 kW. Bij 8 uur laden is dit 233 kW;
- Bezoek en deelname aan expertsessie laadinfra emissieloos materieel dijkversterkingen op 17 oktober 2024 vanuit dijkversterking Wolferen-Sprok/HWBP;
- Aanvragen nieuwe/extra bouwaansluiting van 3x 80A (max laadvermogen 55kW) vanuit Enexis bij Bovenlandse sluis ten behoeve van de dijkverbetering;
- Op dit moment wordt per locatie met ruimte op het net in beeld gebracht met welke voorwaarden de aannemer rekening dient te houden. Denk aan: potentiële laadvermogen, onder welke voorwaarden (verdringingsreeks, bijvoorbeeld peilbeheer gaat voor), welke fysieke ruimte is er, beschrijving omgeving.

NB De maatregelen worden bij het definitief ontwerp en de aanbesteding en realisatie nog aangevuld in dit document. Een voorbeeld is aanvullend grondonderzoek op het buitentalud in dijkvak 1 en ter plaatse van de aansluiting van het dijktraject op de Heusdensebrug.

Minimaal toepassen damwand met milieu-impact van EcoSheetPile of lager

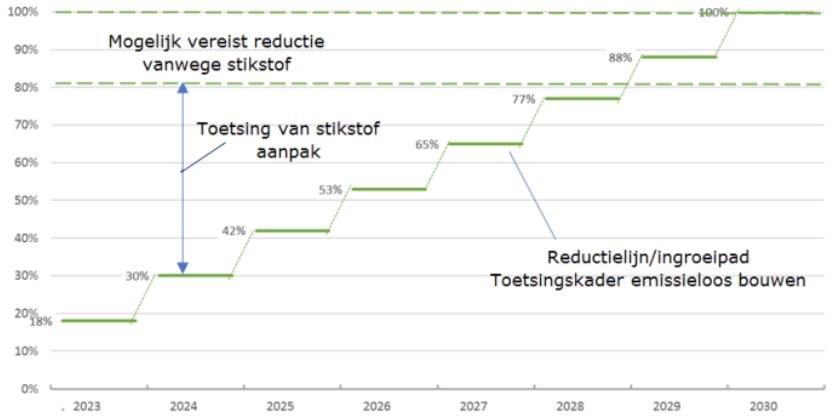
In de MKI- en CO2-eq berekening van het VKA en de voorkeursvariant is uitgegaan van een conventionele stalen damwand met een MKI-waarde van ca. € 30/m^2 staal. In de MKI- en CO2-eq berekening van het vergunbaar ontwerp zijn de EcoSheetPile geproduceerd op grijze energie als minimum toegepast met een MKI-waarde van € 12/m^2 staal (zie ook paragraaf 3.3). Dit past in de lijn van de duurzaamheidsdoelen van dit project op zowel Energie & Klimaat als op Circulariteit én kijkend naar de technische oplossing voor de waterveiligheidsopgave die hoofdzakelijk bestaat uit m^2 stalen heaveschermen. Dit betekent dat de inschrijvers bij de aanbesteding Realisatie een stalen heavescherm met een MKI-waarde ≤ € 12/m^2 staal mogen toepassen.

4.2 Stap 2 - Ambitie lager dan reductielijn Routekaart SEB

In stap 2 uit het toetsingskader emissieloos bouwen wordt het project de vraag gesteld of de ambitie van het project lager is dan de reductielijn die hoort bij de Routekaart schoon en emissieloos bouwen voor ‘koploperprojecten’ (SEB)? Voor het dijkverbeteringsproject Doeveren is het antwoord op deze vraag “ja”. De realisatie staat namelijk gepland voor 2026-2027, waarbij op dit moment nog wordt onderzocht of uitvoering in één jaar (in 2026) mogelijk is. Kijkend naar de reductielijn (of het ingroeipad) uit Figuur 4-3 betekent dit dat het project in aanmerking komt voor een maximale subsidie van een 53 tot 65% emissieloze bouwplaats. Voor de natuurvergunning is een 50% emissieloze bouwplaats voldoende. Hiermee ligt de ambitie van het project Doeveren (50%) lager dan de reductielijn (53-65%).

Dit betekent dat het project van stap 2 direct naar stap 5 gaat in het toetsingskader emissieloos bouwen. Het project hoeft daarmee geen gebruik te maken van het handelingsperspectief stikstof en ook niet te onderbouwen, dat dit kader volledig en doelmatig is benut. Deze lijn is formeel bevestigd via de mail in november 2024 door het HWBP.

NB Dit betekent bijvoorbeeld dat het project geen ecologische beoordeling hoeft uit te voeren en ook niet hoeft te kijken naar intern of extern salderen.



Figuur 4-3: Reductielijn Routekaart schoon en emissieloos voor 'koploperprojecten'

4.3 Doorkijk Stap 5 en 6 – Inzet transparant en herleidbaar, doelmatig en marktconform

In de stap 5 dient de dijkverbetering Doeveren aan te tonen dat de subsidieaanvraag transparant en herleidbaar is. Ook dient te worden aangegeven hoe de emissiereductie op de bouwplaats wordt bereikt en hoeveel emissiereductie zal worden gerealiseerd. Tot slot dient in stap 6 te worden aangetoond dat de aanpak doelmatig is en dat de geraamde kosten 'marktconform' zijn inclusief wijze van verrekening van alle andere subsidies. De onderbouwing van deze stappen is op dit moment, bij het vergunbaar ontwerp, nog niet beschikbaar. Dit wordt in de volgende fase (definitief ontwerpfase) in nauw overleg met het HWBP opgepakt, zodat het project tijdig gesteld staat voor de aanvraag van de subsidie voor de realisatiefase inclusief de 50% emissieloze bouwplaats. Het is niet mogelijk om met deze onderbouwing te wachten totdat de aannemer aan boord is, omdat de subsidie voor de realisatie al dient te worden aangevraagd voordat de aannemer aan boord komt (na definitief ontwerpfase).
Dit maakt dat het waterschap parallel aan de definitief ontwerpfase, als onderdeel van de subsidieaanvraag van de realisatie, de (meer)kosten voor een 50% emissieloze bouwplaats vooraf zo goed mogelijk zelf dient in te schatten. Deze inschatting kan dan later, als de aannemer aan boord is, worden gevalideerd door de aannemer. Begin 2025 worden hier nog duidelijke afspraken over gemaakt tussen het waterschap en het HWBP.

NB In de huidige MKI (Dubocalc) berekening leidt een 50% emissieloze bouwplaats tot een reductie van 4% van de totale MKI en CO2-eq waarde (€ 22.500 MKI en 240 ton CO2-eq), dan wanneer het project zou kiezen voor een bouwplaats met 100% conventioneel materieel.

Bijlage 1 Duurzaamheidsstrategie Verkenning

veilig voldoende schoon water

Waterschap Aa en Maas

Dijkverbetering Doeveren

Duurzaamheidsstrategie

Versie 1.0



Document

Document	Duurzaamheidsstrategie – Dijkverbetering Doeveren werkversie 0.1
Kenmerk	
Opgesteld door	N. ten Have-Ceelen
Project	HWBP Project Dijkverbetering Doeveren
Opdrachtgever	F. Jorna
Versie document	1.0
Status	Definitief
Datum versie	6 november 2023

Voor akkoord:		
	Naam	**Paraaf en datum**
Opsteller(s)	N. ten Have-Ceelen	
Controle		
Vrijgave		

Inhoud

1 Inleiding 4
1.1 Aanleiding 4
1.2 Doel duurzaamheidsstrategie 4
1.3 Beleidskader 4
2 Duurzaamheidsopgave voor Doeveren 9
2.1 Visie voor Doeveren 9
2.2 Doelstelling voor Doeveren 9
2.3 Projectspecifieke duurzaamheidsambitie 9
3 Aanpak 11
3.1 Verkenning 11
3.2 Planuitwerking 12

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Waterschap Aa en Maas en het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) willen duurzaamheid een plek geven in de voorbereiding en realisatie van project Dijkverbetering Doeveren. Van 2023 tot 2026 wordt het project voorbereid in een verkennings- en planuitwerkingsfase. Daarna volgt realisatie in 2026/2027.
In alle drie deze fasen speelt duurzaamheid een rol. Van grof naar fijn, van ideeën en kansen in de verkenning naar steeds concreter in de planuitwerking en realisatie, maakt het aspect duurzaamheid onderdeel uit van iedere stap van het ontwerpproces.

Deze strategie heeft betrekking op de verkenning en de planuitwerking. Aan het begin van de planuitwerking wordt deze strategie opnieuw tegen het licht gehouden en indien nodig geactualiseerd.

1.2 Doel duurzaamheidsstrategie

Met de Duurzaamheidsstrategie geven we invulling aan de aanpak van duurzaamheid binnen de verkenning en planuitwerking van het project. Belangrijk onderdeel hiervan is de emissiereductie van stikstof. Naast duurzaamheid is bedrijfszekerheid ten aanzien van stikstof een belangrijke doelstelling, zodat we sturen op een vergunbaar en uitvoerbaar project.

1.3 Beleidskader

Voor de aanpak van duurzaamheid binnen ons project wordt aangesloten bij bestaand beleidskader. Hieronder worden de uitgangspunten en/of randvoorwaarden vanuit het van toepassing zijnde beleidskader samengevat, als kader voor de aanpak in hoofdstuk 3.

1.3.1 Aanpak Duurzaam GWW

De Aanpak Duurzaam GWW is een praktische werkwijze om duurzaamheid in GWW-projecten een plaats te geven, gebaseerd op de volgende vijf basisprincipes:

- Vertaal de duurzaamheidsdoelen van je organisatie naar projecten en opgaves;
- Neem duurzaamheid zo vroeg mogelijk mee, het liefste al in het integrale gebiedsontwikkeling stadium. In de planfase liggen namelijk de grootste duurzaamheidskansen. Benut kansen om samen met andere partijen duurzaamheidsdoelen te bereiken;
- Focus per project of opgave op thema's waar de meeste duurzaamheidswinst te behalen is;
- Creëer ruimte voor innovaties en nieuwe duurzame oplossingen door ruimte te laten om zelf met oplossingen te komen. Zo krijgen markt en innovaties meer kansen;
- Om duurzaamheid op uniforme wijze te toetsen, is er een set instrumenten gekozen, zodat duurzaamheid op een consistente wijze getoetst en geborgd wordt. Maak gebruik van het gezamenlijk instrumentarium zoals Omgevingswijzer, Ambitieweb, CO2-Prestatieladder en DuboCalc.

1.3.2 Duurzaamheid voor dijkverbeteringen

Het HWBP heeft voor dijkverbeteringen de Roadmap ‘Duurzame dijkversterkingen’ (11 augustus 2022) opgesteld (figuur 1). Daarin worden de voor dijkverbeteringen belangrijke onderwerpen uit de Omgevingswijzer, te weten Energie & klimaat, Circulariteit en Ruimtelijke kwaliteit, nader uitgewerkt. Daarnaast wordt per projectfase een stappenplan voor duurzaamheid aangereikt.



Figuur 1 – roadmap Duurzame Dijkversterkingen

1.3.3 Duurzaamheid binnen Waterschap Aa en Maas

In 2020 heeft het waterschap haar visie en strategie voor duurzaamheid vastgelegd. Dit is de nota ‘Beeldvormende notitie Circulair en klimaatneutraal Aa en Maas 2050’ van 22 juni 2020. De ambitie van waterschap Aa en Maas is een volledig energieneutraal waterschap in 2030, en een klimaatneutraal en circulair waterschap in 2050, met tussendoelen voor 2030 (zie figuur 2).

	Energieneutraal	Klimaatneutraal	Circulair
2030	100% duurzaam opwekken eigen energie op eigen terrein (zon, wind, water, groen gas)	*49% minder uitstoot broeikasgassen (CO_2, lachgas, methaan) tov 1990*	*50% minder gebruik primaire grondstoffen (fossiel, mineraal, metaal)*
2050		*100% klimaatneutraal (geen uitstoot, terugwinning of duurzame opslag)*	*100% circulair, meer gebruik biobased (opslag CO_2) en andere kringlopen sluiten)*

Figuur 2 – Duurzaamheidsdoelstellingen Aa en Maas

Eind 2024 komt het waterschap met een plan van aanpak voor het realiseren van deze ambities.

1.3.4 Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen (juni 2023)

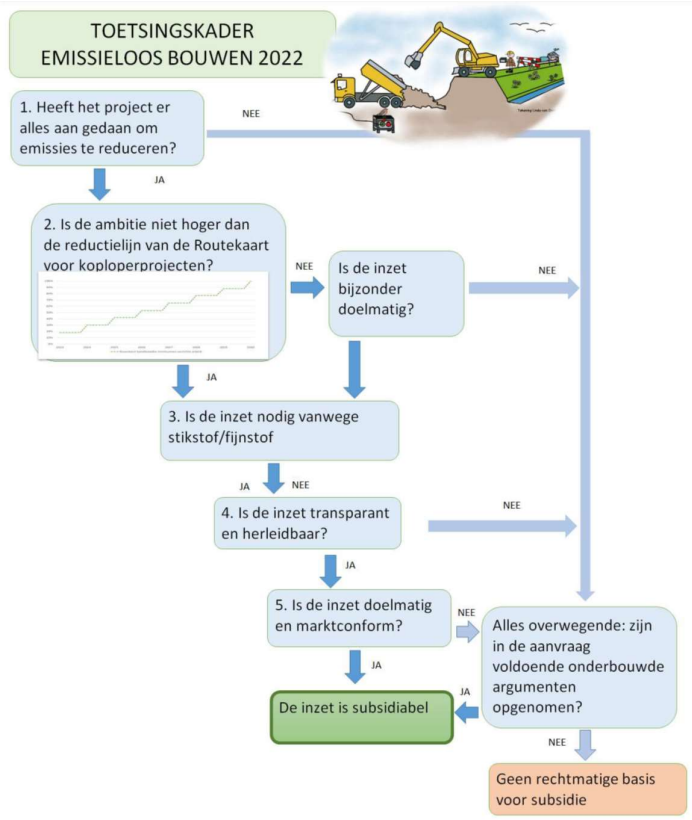
In oktober ondertekent de Unie van Waterschappen de convenant Schoon en Emissieloos Bouwen. Daarmee vormt de routekaart een uitgangspunt voor de projecten van waterschap Aa en Maas. Naar verwachting zal het bestuur van het waterschap de routekaart in 2024 opnemen in het eigen beleid.
De routekaart gaat voor overheden uit van 2 ambities: basisniveau en ambitieuze niveau.

Het Toetsingskader Emissieloos Bouwen en het concept Toetsingskader Stikstof van het HWBP sluiten aan op de routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen en zijn specifiek ontwikkeld voor de HWBP projecten. Daarom wordt voor de aanpak aangesloten bij deze laatste twee toetsingskaders. Deze bevatten echter geen emissie-eisen. Voor emissie-eisen is de routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen leidend.

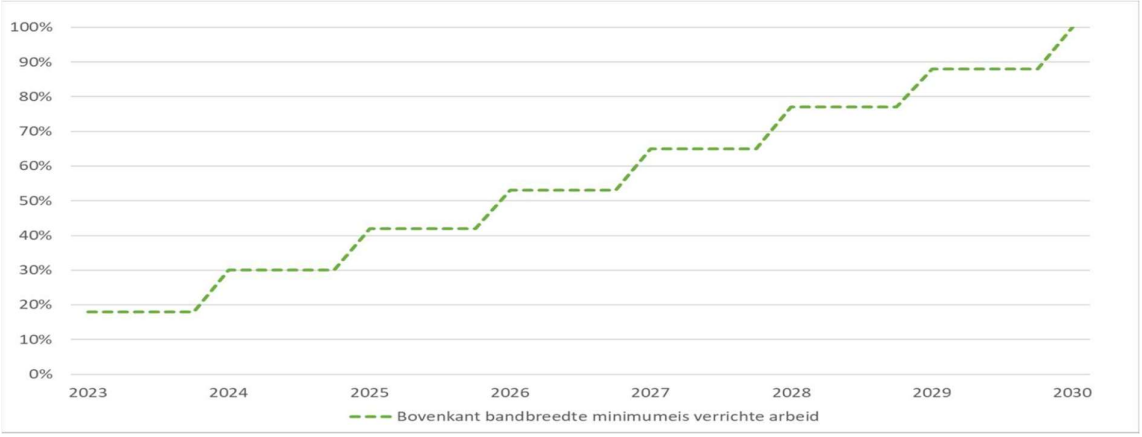
1.3.5 Toetsingskader Emissieloos Bouwen HWBP (2022)

Het HWBP heeft in 2022 een toetsingskader vastgesteld om te bepalen wanneer de extra kosten als gevolg van de inzet van emissieloos materieel subsidiabel zijn. Het toetsingskader is zoals gezegd gebaseerd op de routekaart Schoon en Emissieloos bouwen en gaat uit van een stappenaanpak. Emissiereducerend ontwerpen en emissiereducerende logistiek zijn stap 1. Vervolgens gaat het toetsingskader uit van een procentuele jaarlijkse uitbreiding van de maximale inzet van emissieloos materieel volgens onderstaande grafiek. Deze grafiek sluit aan bij het ambitieuze niveau zoals genoemd in de routekaart Schoon en Emissieloos bouwen. Het betreft dus een maximale inzet waarbij getoetst wordt op transparante, herleidbare en doelmatige inzet. Grotere inzet van emissieloos materieel dan aangegeven in de grafiek is mogelijk, maar alleen bij voldoende onderbouwing.

Voor project Doeveren, waarbij de uitvoering in 2026 en 2027 plaatsvindt, geldt dat volgens het toetsingskader maximaal 52% en 65% emissieloos materieel kan worden ingezet en subsidiabel is.



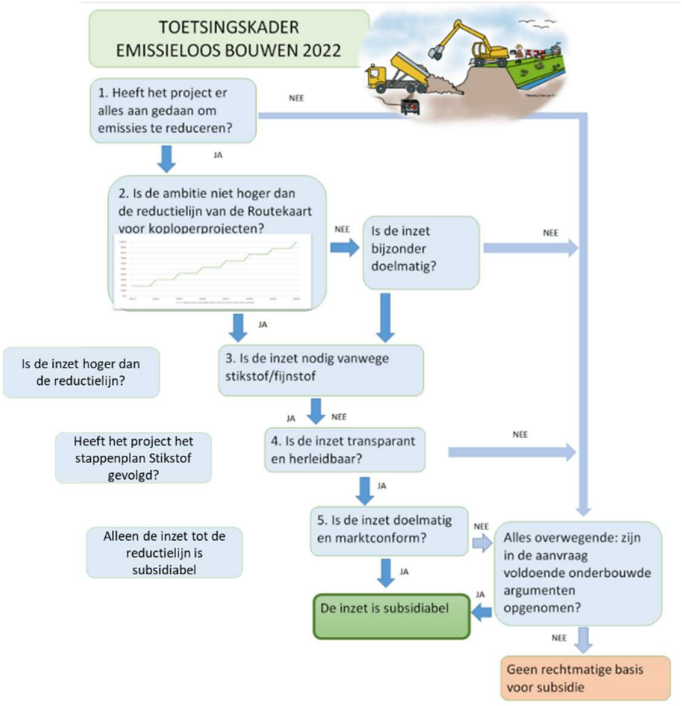
Figuur 3 – Toetsingskader Emissieloos Uitvoeren



Figuur 4 – Reductielijn emissieloos uitvoeren

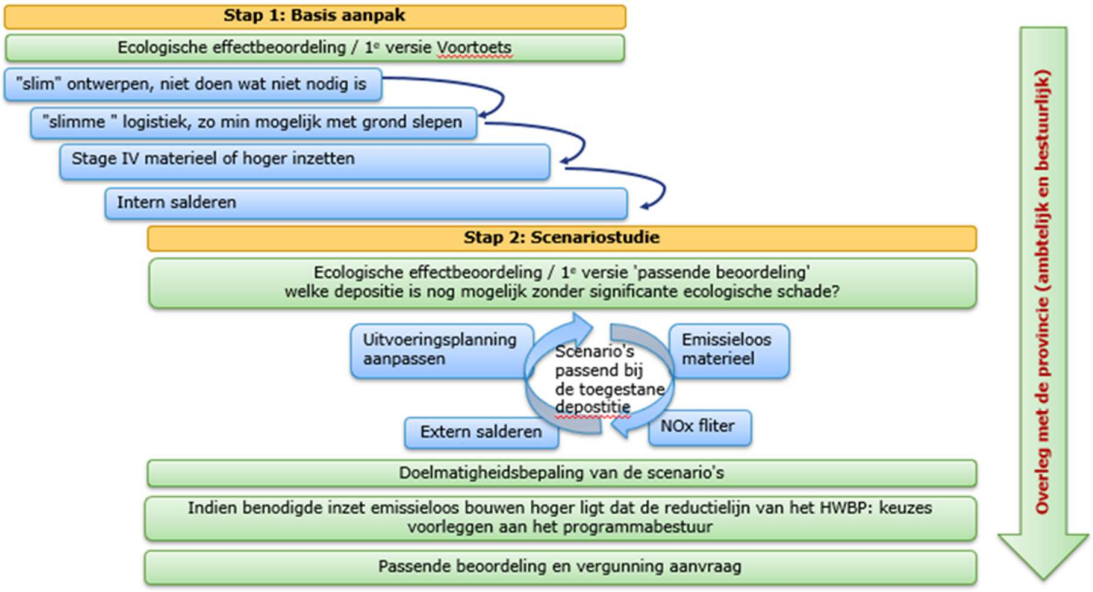
1.3.6 Concept Toetsingskader Stikstof

Gelet op de huidige stikstofproblematiek voldoet het huidige Toetsingskader Emissieloos Bouwen van het HWBP onvoldoende. Er zijn verschillende projecten die, om vergunbaar te zijn, een groter percentage emissieloos materieel moeten inzetten. Daarom werkt het HWBP aan een aanvulling op het Toetsingskader. Dit wordt in december 2023 voorgelegd aan het programmabestuur. Op dit moment is een concept/werkversie beschikbaar, waarvan op dit moment wordt uitgegaan.
Kortgezegd wordt het toetsingskader uitgebreid met een Stappenplan Stikstof. Om in aanmerking te komen voor subsidie dient dit stappenplan aantoonbaar te zijn doorlopen.



Figuur 5 – Uitgebreid toetsingskader

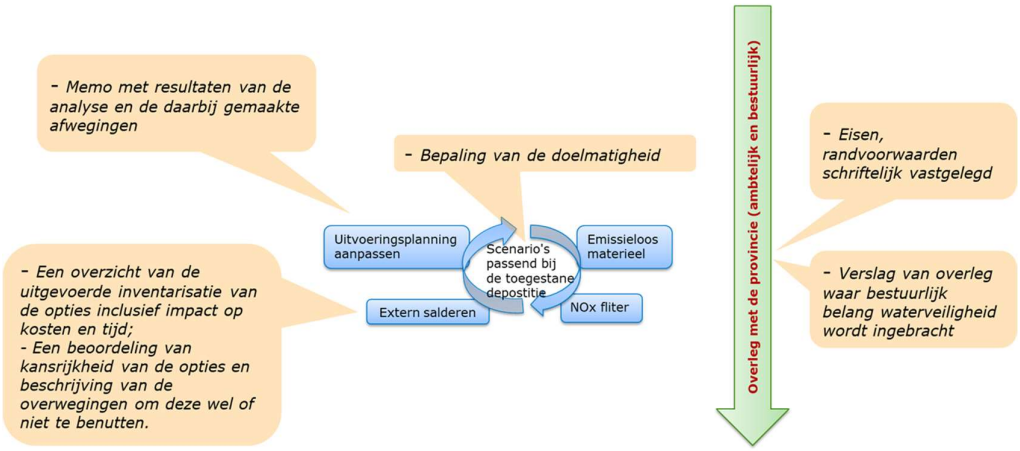
Stappenplan stikstof
Het stappenplan stikstof (figuur 6) gaat uit van 2 stappen. De basisaanpak is min of meer de bestaande aanpak, die nu wordt uitgebreid met het aantoonbaar uitvoeren van een scenariostudie.



Figuur 6 – Stappenplan Stikstof

Kanttekening hierbij is dat het stappenplan nog niet definitief is en onduidelijkheid bestaat hoe in een vroeg stadium kan worden ingezet op het aanpassen van de uitvoeringsplanning. Dit is vooral interessant als de aannemer bekend is en de hoeveelheid beschikbaar elektrisch materieel de bottleneck is. Ook is het de vraag hoe om te gaan met extern salderen, als het op dit moment niet is toegestaan. Het lijkt zonde van de tijd om hierop in te zetten. Hierover is nog geen standpunt ingenomen door het HWBP.
Deze onzekerheden komen tot uiting in de aanpak zoals die in hoofdstuk 2 is beschreven.

Het HWBP hecht sterk aan de aantoonbaarheid. Duidelijk moet worden vastgelegd hoe de stappen zijn doorlopen, wat de opbrengst is en hoe en waarom welke keuze zijn gemaakt. Daarom is door het HWBP vastgelegd hoe de aantoonbaarheid moet worden geborgd (Figuur 7).



Figuur 7 – Borging aantoonbaarheid uitvoering stappenplan stikstof

2 Duurzaamheidsopgave voor Doeveren

2.1 Visie voor Doeveren

Het voorbereiden van een groot project als Doeveren duurt jaren: de uitvoering staat gepland voor 2026/2027. Ontwikkelingen in duurzaamheid gaan snel. In 2030 wil het Waterschap energieneutraal zijn, in 2035 49% minder broeikasgassen uitstoten en 50% minder fossiele grondstoffen gebruiken. In 2026/2027, als dit project de uitvoering in gaat, is het waterschap daarmee als het goed is al een eind op weg.
Ook over de aanpak van stikstof zal de komende tijd meer duidelijk worden. De verwachting is dat de stikstofproblematiek de ontwikkeling van duurzaamheid in een stroomversnelling zet en dat de stikstofproblematiek leidend zal zijn in de duurzaamheidsambitie voor dit project.

2.2 Doelstelling voor Doeveren

De duurzaamheidsdoelstelling voor Doeveren is tweeledig:

- Voldoen aan de duurzaamheidsambitie zoals gesteld door het waterschap;
- Zorgen voor een uitvoerbaar en vergunbaar project ten aanzien van stikstof (bedrijfszekerheid).

2.3 Projectspecifieke duurzaamheidsambitie

2.3.1 Aansluiten bij projectbrede ambities Dijkverbetering Doeveren

Voor het project zijn projectspecifieke ambities geformuleerd. Met de duurzaamheidsambitie is aangesloten bij volgende, voor duurzaamheid relevante, projectbrede ambities:

1. **Snel en Zorgvuldig.** Een dijkverbetering met één van de kortst mogelijke doorlooptijden van vergelijkbare dijkverbeteringen in Nederland;
2. **Versterken van ruimtelijke kwaliteit.** Medegebruik en ruimtelijke kwaliteit in stand houden en waar mogelijk versterken.

Bij snelheid maken past slechts een beperkte ambitie. Daarom is voor geen van de thema's gekozen voor niveau 3. De ambities zijn in de volgende paragraaf per thema uitgewerkt.

2.3.2 Thematische duurzaamheidsambities Doeveren

De duurzaamheidsambities zijn vastgesteld met behulp van het ambitieweb (figuur 8). Aan de hand van de Roadmap Duurzame Dijkversterkingen (figuur 1) is voor relevante thema's een ambitie vastgesteld.
Het ambitieweb onderscheidt 3 ambities:

1. Basis: Voldoen aan wet- en regelgeving;
2. Significant: Aanmoedigen van duurzame producten, diensten en werken om significante duurzaamheidswinst te maken;
3. Ambitieus: (Zoveel mogelijk) beperken van negatieve effecten of leveren van een positieve bijdrage op het thema. Waar nodig door stimuleren van nieuwe oplossingen en innovatie.



Figuur 8 – Ambitieweb

Duurzaamheidsambitie bij projectbrede ambitie´ Snel en zorgvuldig´
De ambitie 'snel en zorgvuldig' wordt gekoppeld aan de doelstelling 'Zorgen voor een uitvoerbaar en vergunbaar project ten aanzien van stikstof´. Hier passen de volgende duurzaamheidsthema's en ambities bij:

Duurzaamheidsthema's Energie & klimaat en circulariteit	**Ambitie**
Energieverbruik	2
Emissie, broeikasgassen, fijnstof, stikstof	2
Materiaalgebruik en -verbruik	2
Grondstofgebruik en -verbruik	2

Tabel 1 – Duurzaamheidsthema's en ambities Energie, klimaat en circulariteit

Er is gekozen voor een ambitie 2 omdat de verwachting is dat het 'Basisniveau' (voldoen aan wet- en regelgeving), zoals geformuleerd in de routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen, onvoldoende zal zijn om te komen tot een uitvoerbaar en vergunbaar project, gelet op de stikstofproblematiek. Uitgangspunt voor de ambitie op deze thema's is het Toetsingskader Emissieloos Bouwen en het concept toetsingskader Stikstof van het HWBP. Beide gaan verder dan het wettelijk noodzakelijke omdat ze aansluiten op het 'Ambitieuze niveau' van de routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen.

Duurzaamheidsambitie bij projectbrede ambitie ´Versterken van ruimtelijke kwaliteit´
Voor Ruimtelijke kwaliteit zijn de volgende duurzaamheidsthema's beoordeeld en de onderstaande ambities vastgesteld:

Duurzaamheidsthema's Ruimtelijke kwaliteit	**Ambitie**
Landschappelijke Kwaliteit	1
Ruimtegebruik	2
Cultuurhistorie en archeologie	1
Ecologische structuur en biodiversiteit	2
Verkeershinder en -veiligheid	1
Maatschappelijke waarde	1

Tabel 2 – Duurzaamheidsthema's en ambities Ruimtelijke kwaliteit

Voor de thema's ruimtegebruik en ecologische structuur en biodiversiteit worden bijzonder doelmatige kansen gezien (ambitieniveau 2. Voor de overige thema's is dit niet het geval en is gekozen voor ambitieniveau 1.

De kansen die bij deze ambities in beeld zijn gebracht, worden gedurende het project nader onderzocht. De kansen zijn opgenomen in bijlage 1.

3 Aanpak

Duurzaamheid maakt integraal onderdeel uit van iedere fase van het project. Op basis van de doelstelling, ambities en het beleidskader wordt per projectfase een aanpak van duurzaamheid vastgelegd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de duurzaamheidsthema's:

- Energie & klimaat
- Circulariteit
- Ruimtelijke Kwaliteit

Hieronder worden per projectfase de te doorlopen stappen toegelicht en is aangegeven welke instrumenten worden ingezet.

3.1 Verkenning

3.1.1 Analyse van vraag en ambities

Met de Omgevingswijzer uit de aanpak duurzaam GWW worden de kansen voor de verschillende duurzaamheidsaspecten bij de opgave inzichtelijk gemaakt. Aan de hand van de Roadmap Duurzame Dijkversterkingen wordt op de belangrijkste thema´s nader ingezoomd. Tevens worden de ambities voor dit project vastgesteld met het Ambitieweb.
Deze stap is reeds uitgevoerd om projectspecifieke ambities te kunnen formuleren (hoofdstuk 2.3.2).

3.1.2 Uitwerken kansen: Energie & klimaat en Circulariteit

Door het HWBP is het toetsingskader Emissieloos bouwen en, vanwege de stikstofproblematiek, ook het concept toetsingskader Stikstof opgesteld. Beide kaders geven een duidelijke aanpak en structuur hoe om te gaan met kansen rond deze thema´s. Deze wordt zoveel als mogelijk gevolgd in de verkenning. Omdat het concept toetsingskader Stikstof nog niet definitief is, zal hierover afstemming met HWBP worden gezocht.

1. *Niet doen wat niet nodig is*

In de verkenning komt dit vooral neer op 'het probleem oplossen en niet meer'. Exact duidelijk moet zijn wat de waterveiligheidsopgave is, waarbij aannamen zoveel als mogelijk worden geverifieerd met onderzoek. De opgave wordt geoptimaliseerd en het voorkeursalternatief wordt daarmee niet robuuster dan nodig.
Uitgangspunt is daarmee dat de kansrijke alternatieven sober en doelmatig worden ontworpen, waarmee een eerste slag wordt gemaakt in de optimalisatie van grondstoffen- en materiaalgebruik.
Niet doelmatige oplossingen zijn reeds eerder in het traject afgevallen of zijn nader onderzocht zodat een zo sober en doelmatig mogelijk alternatief ontstaat.

2. *Stikstof (en daarmee andere emissies) maken onderdeel uit van het beoordelingskader*

Om te borgen dat een uitvoerbaar en vergunbaar VKA wordt vastgesteld, maakt stikstof (en hiermee andere emissies) onderdeel uit van het beoordelingskader. Daartoe:

- Wordt een beoordelingscriterium geformuleerd;
- Wordt de theoretische stikstofruimte van het project berekend (emissieplafond);
- Wordt onderzocht of intern salderen mogelijk is en wat de bijdrage is;
- Worden stikstof scenario's berekend voor de alternatieven. Hierin worden als variabelen meegenomen:
    - Uitvoeringsplanning aanpassen;
    - Emissieloos uitvoeren.

Extern salderen wordt nadrukkelijk niet meegenomen, omdat dit op dit moment niet is toegestaan binnen Noord-Brabant. De mogelijkheid om NOx filters in deze fase mee te nemen wordt bekeken.
- Worden de scenario's meegenomen in de beoordeling richting het voorkeursalternatief.

3.1.3 Uitwerken kansen: Ruimtelijke kwaliteit

Met het invullen van de Omgevingswijzer en Ambitieweb zijn diverse kansen voor Ruimtelijke kwaliteit naar voren gekomen. Daarnaast wordt in de verkenning een visie voor de ruimtelijke kwaliteit opgesteld. Deze visie bevat kansen vanuit diverse thema´s.
Concrete maatregelen voortkomend uit kansen worden in de vorm van een klanteis (KES) vastgelegd. Zo gaan ze het honoreringsproces in. Het IPM team bepaalt vervolgens aan de hand van de honoreringsstrategie of een maatregel haalbaar en betaalbaar is. Zo ja dan wordt de KES opgenomen in het KES-dossier en vormt input voor de Uitgangspuntennotitie, het beoordelingskader en de beoordeling richting het voorkeursalternatief.
Het kan ook zijn dat een kans wordt doorgeschoven naar de planfase, omdat er in de verkenning nog onvoldoende informatie beschikbaar is.

3.1.4 Afweging en toetsen duurzaamheid

De alternatieven worden onderling op een groot aantal aspecten met elkaar vergeleken aan de hand van het beoordelingskader. Volgens bovenstaande aanpak worden kansen ten aanzien van de thema's Energie & klimaat, Circulariteit, en Ruimtelijke kwaliteit uitgewerkt en meegenomen in de beoordeling voor het Voorkeursalternatief.

3.1.5 Verantwoording duurzaamheid

In de notitie Voorkeursalternatief wordt verantwoording afgelegd over gemaakte keuzes door aantoonbaar en herleidbaar de gevolgde duurzaamheidsaanpak en de resultaten daarvan vast te leggen.

3.2 Planuitwerking

3.2.1 Hernieuwde analyse van ambities

Aan het begin van de planuitwerking worden de duurzaamheidambities van het project opnieuw bekeken aan de hand van het ambitieweb. Centrale vraag is of de ambities nog steeds actueel zijn, en of er ontwikkelingen zijn die meegenomen moeten worden. De kansen (bijlage 1) worden geactualiseerd en geconcretiseerd waar mogelijk.

3.2.2 Uitwerken kansen: Energie & klimaat en Circulariteit

Waar in de verkenning kansen ten aanzien van Energie & klimaat en Circulariteit zich vooral toespitsten op het zo klein mogelijk maken van de opgave, schuift dit in de planuitwerking steeds verder door naar het optimaliseren van het ontwerp. Eerst wat globaler met een vergunbaar ontwerp, later kunnen kansen steeds concreter worden gemaakt en verwerkt richting een definitief ontwerp en uitvoeringsontwerp. In deze fase worden zaken als het optimaliseren van logistiek, hergebruik van grond en het optimaliseren van het ontwerp belangrijk. Door middel van DuboCalc zal een referetie MKI-waarde worden berekend.
Daarmee wordt ook duidelijk hoeveel stikstofruimte het ontwerp nodig heeft en wordt het stappenplan stikstof in detail verder uitgewerkt.

3.2.3 Uitwerken kansen: Ruimtelijke kwaliteit

De kansen die in de Verkenningsfase zijn doorgeschoven omdat nog onvoldoende informatie beschikbaar was, worden, samen met eventuele nieuwe kansen, in de planfase (opnieuw) beoordeeld via het KES proces.

3.2.4 Afweging en toetsen duurzaamheid

Het vergunbaar ontwerp en definitief ontwerp worden uitgewerkt waarbij volgens bovenstaande aanpak de kansen ten aanzien van de thema's Energie & klimaat, Circulariteit en Ruimtelijke kwaliteit worden uitgewerkt en meegenomen waar mogelijk.

3.2.5 Verantwoording duurzaamheid

In de rapportages Vergunbaar ontwerp en Definitief ontwerp wordt verantwoording afgelegd over gemaakte keuzes door aantoonbaar en herleidbaar de gevolgde duurzaamheidsaanpak en de resultaten daarvan vast te leggen.

Bijlage 1

Kansen Omgevingswijzer, Ambitieweb, Toetsingskader Emissieloos Bouwen en Toetsingskader Stikstof

Onderwerp	Thema	Kans
Energie & klimaat	Energieverbruik	- Optimaliseren van de logistiek door vervoer over water of hergebruik van grond die vrijkomt bij nabij gelegen projecten - Onderzoek naar vrijkomende grond bij Meanderende Maas en Capelse en Genderense Uiterwaard; - Uitvoeringsplanning aanpassen.
	Emissies, broeikasgassen, fijnstof, stikstof	- Optimaliseren van de logistiek door vervoer over water of hergebruik van grond die vrijkomt bij nabij gelegen projecten; - Onderzoek naar vrijkomende grond bij Meanderende Maas en Capelse en Genderense Uiterwaard; - Inzet van intern salderen; - Uitvoeringsplanning aanpassen; - Inzet van stikstoffilters of andere innovaties door de markt; - Emissie-eis opnemen in MKI; - Stage 4 materieel of hoger voorschrijven; - Gebruik van MVO/HVO brandstof en euro 6-motoren eisen; - Inzet van emissieloos materieel.
Circulariteit	Materiaalverbruik en -gebruik	- Verifiëren en nader onderzoeken waterveiligheidsopgave, met het oog op niet meer km dijk /meer faalmechanismen aanpakken dan nodig (optimaliseren opgave) - Verifiëren en nader onderzoeken uitgangspunten ontwerp, met het oog op niet robuuster ontwerpen dan nodig (optimaliseren ontwerp) - Kiezen voor duurzame materialen
	Grondstofverbruik en -gebruik	- Verifiëren en nader onderzoeken waterveiligheidsopgave, met het oog op niet meer km dijk /meer faalmechanismen aanpakken dan nodig (optimaliseren opgave); - Verifiëren en nader onderzoeken uitgangspunten ontwerp, met het oog op niet robuuster ontwerpen dan nodig (optimaliseren ontwerp); - Kiezen voor duurzame materialen.
Ruimtelijke kwaliteit	Landschappelijke Kwaliteit	- Behoud lindenbomen Heusdenseweg; - Zo eenduidig mogelijk dijkprofiel voor gehele traject.
	Ruimtegebruik	- Medegebruik van de berm door eigenaren (bij grondvragend alternatief); - Inpassen op- en afritten, struinpaadje vanuit de camping opwaarderen.
	Cultuurhistorie en archeologie	- Cultuurhistorische elementen worden behouden of indien mogelijk opnieuw beleefbaar gemaakt, zoals de verloren sluis bij Doeveren, de loop van het Oude Maasje, de aansluiting van de Elshoutse Zeedijk op de Maasdijk en het hulpgat.

		- Behouden bakenbomen, evt onderzoeken of bakenbomen moeten worden vervangen en een betere groeiplaats kunnen krijgen.
	Ecologische structuur en Biodiversiteit	- Ontwikkelen kruidenrijke dijk op de zuidhelling; - Insectvriendelijk beheer; - Inheemse beplanting en zaad; - Compensatie NNB inzetten om de ecologische structuur te versterken; - Zo min mogelijk verstoring tijdens uitvoering; - Voldoende uitwijkmogelijkheden voor dieren tijdens uitvoering.
	Verkeershinder en -veiligheid	- Aanleg verhard onderhoudspad.
	Maatschappelijke waarde	- Koppelen met kansen vanuit gemeenten.

Bijlage 2 Duurzame kansen Planuitwerking

Ambitie en maatregelen Duurzaamheid Doeveren

Opgesteld door: Martijn de Jong (Arcadis)
Versie: 10-12-2024

Door WSAM aangedragen maatregelen tbv ambitie
Door duurzaamheidcoördiantor aangedragen aanvullende maatregel

				Ja	Nee	Misschien	
Hoofdthema	Subthema	Project ambitieniveau	Kansrijke maatregelen	Prioritering (gaan we dit doen?)			Toelichting
Energie & Klimaat	Duurzame energieopwekking	1	Opwekken groene energie door zon of wind op/naij de kering. Vanuit beleidsdoel waterschap 2030: 100% duurzaam opwekken eigen energieverbruik op eigen terrein (zon, wind, water, biogas/groen gas)				Niet van toepassing voor Doeveren: past niet binnen projectambitie snel en zorgvuldig.
Energie & Klimaat	Energieverbruik	2	Optimaliseren van de bouwlogistiek (bijvoorbeeld door vervoer over water)				Meenemen in contract.
Energie & Klimaat	Energieverbruik	2	Onderzoek naar vrijkomende grond bij Meanderende Maas en Capelse en Genderense Uiterwaard (KRW-ZN)				Dit kan breder via kansenscan grond.
Energie & Klimaat	Emissies broeikasgassen	2	Minimumeis stellen aan in te zetten fossiel materieel: minimaal stage 4 materieel, euro 6-motoren of gebruik van HVO brandstof (biodiesel).				Meenemen in contract.
Energie & Klimaat	Emissies broeikasgassen	2	Uitvoeren Voortoets (met ecologische effectbeoordeling gekozen VKA) en hierbij intern salderen (indien van toepassing) meenemen.				1e stap uit handelingsperspectief/ toetskader stikstof van HWBP.
Energie & Klimaat	Emissies broeikasgassen	2	Uitvoeren **scenariostudie**: scenario's passend bij toegestane stikstofdepositie incl doelmatigheid en ecologische effecteboordeling: - Extern salderen/ leasen - Uitvoeringsplanning aanpassen - Emissieloos materieel - NOx filter (stikstoffilters op materieel door de markt).				- Deze stap komt in beeld als gevolgen voor de natuur niet kunnen worden uitgesloten vanuit de Voortoets/ ecologische effectbeoordeling. - Voorwaarde uit toetskader HWBP
Energie & Klimaat	Emissies broeikasgassen	2	Overleg met provincie als BG (op ambtelijk en bestuurlijk niveau)				Voorwaarde uit toetskader HWBP
Energie & Klimaat	Emissies broeikasgassen	2	Opstellen passende beoordeling als onderbouwing vergunningsaanvraag ihkv Wet natuurbescherming (Wn)				Als significante gevolgen op voorhand niet uit te sluiten zijn obv ecologische "Voortoets". Wn nodig.
Energie & Klimaat	Emissies broeikasgassen	2	Opstellen ADC-toets				Als er geen scenario met mitigatie of alternatief mogelijk is, maar wel dwingende reden en compensatie.
Energie & Klimaat	Emissies broeikasgassen	2	In beeld brengen eigen energiebehoefte (per dag/jaar) van project bij 50% emissieloze bouwplaats				Dit geeft richting aan de laadvoorzieningen die nodig zijn.
Energie & Klimaat	Emissies broeikasgassen	2	In beeld brengen bestaande (grotere) aansluitingen met ruimte in het gecontracteerd vermogen binnen 30km project (naast gemaal Gansoijen), rekening houdend met eigen energiebehoefte project				Nu gedaan voor 500m. Bij bestaande laadvoorzieningen faciliteren in de buurt daalt de prijs voor ZE/ subsidie HWBP. *NB 30km is omslagpunt waarop laden niet meer rendabel is.*
Energie & Klimaat	Emissies broeikasgassen	2	Opstellen MKI-referentieberekening obv VKA, monitoring door MKI obv vergunbaar ontwerp en/of DO				Door MKI-referentieberekening continu zicht op verslechtering of verbetering MKI per ontwerpstap. Draagt bij aan onderbouwing toetskader HWBP.
Energie & Klimaat	Emissies broeikasgassen	2	Werken met true pricing/ CO2-beprijzing bij afweging varianten (€100 per ton CO2)				Schaduwprijs in ieder geval via MKI-berekening (LCA, kosten nodig voor herstel milieu als gevolg ingreep) meenemen
Energie & Klimaat	Emissies broeikasgassen	2	MKI meenemen als BPKV-criterium				Wens vanuit adviseur duurzaamheid van het waterschap. Projectteam Doeveren: Duurzaamheid en verlagen milieuimpact bij aanbesteding: ja. Perse met MKI? Nee.
Energie & Klimaat	Opname broeikasgassen	1	Voorbeelden verhogen peil landbouwgrond (borgen vastlegging CO2) of aanplant bomen. Nvt voor Doeveren.				Past niet binnen snel en zorgvuldig en geen aangrenzende veengronden in buurt?
Circulariteit	Materiaalgebruik en -verbruik	2	Preventie: Verifiëren en nader onderzoeken waterveiligheidsopgave, met het oog op niet meer km dijk/meer faalmechanismen aanpakken dan nodig (optimaliseren opgave)				Dat gebeurt in planuitwerkingsfase, o.a. macrostabiliteit binnen.
Circulariteit	Materiaalgebruik en -verbruik	2	Preventie: Verifiëren en nader onderzoeken uitgangspunten ontwerp, met het oog op niet robuuster ontwerpen dan nodig (optimaliseren ontwerp)				Optimaliseren ontwerp in planuitwerking hangt ook af van de ruimte/ vrijheid die we willen (mee)geven aan aannemer.
Circulariteit	Materiaalgebruik en -verbruik	2	Waardebehoud: Inzetten op 100% (lokaal) hergebruik van alle vrijkomende materialen				Er komen geen materialen vrij (wel grond, zie onder).
Circulariteit	Materiaalgebruik en -verbruik	2	Waardecreatie: in ontwerpfase afweging voorschrijven type materiaal of ruimte in contract (schermen, antigraaf, klei/zand)				Meenemen in contract.
Circulariteit	Materiaalgebruik en -verbruik	2	Opstellen materialenpaspoort				Sluit aan bij Roadmap HWBP, voorwaarde subsidie (bestaand en nieuw materialen?)
Circulariteit	Grondstofgebruik en -verbruik	2	Preventie: Verifiëren en nader onderzoeken waterveiligheidsopgave, met het oog op niet meer km dijk/meer faalmechanismen aanpakken dan nodig (optimaliseren opgave)				Dat gebeurt in de planuitwerking, o.a. macrostabiliteit binnenwaarts.
Circulariteit	Grondstofgebruik en -verbruik	2	Preventie: Verifiëren en nader onderzoeken uitgangspunten ontwerp, met het oog op niet robuuster ontwerpen dan nodig (optimaliseren ontwerp)				Dat gebeurt in de planuitwerking, o.a. macrostabiliteit binnenwaarts.
Circulariteit	Grondstofgebruik en -verbruik	2	Waardebehoud: Inzetten op 100% (lokaal) hergebruik van alle vrijkomende grond				Grond die (tijdelijk) vrijkomt ter plaatse van aan te brengen damwanden en ter plaatse van verbetering buitentaludbekleding (vak 1).
Circulariteit	Grondstofgebruik en -verbruik	2	Waardebehoud: Bij bermen ruimte bieden voor toepassing gebiedseigen grond uit projecten derden (<30km?)				Met vervallen macrostabiliteitsopgave zijn geen bermen meer nodig.

Ambitie en maatregelen Duurzaamheid Doeveren

Opgesteld door: Martijn de Jong (Arcadis)
Versie: 10-12-2024

Door WSAM aangedragen maatregelen tbv ambitie
Door duurzaamheidcoördiantor aangedragen aanvullende maatregel

Hoofdthema	Subthema	Project ambitieniveau	Kansrijke maatregelen	Prioritering (gaan we dit doen?) Ja	Nee	Misschien	Toelichting
Ruimtelijke Kwaliteit	Landschappelijke karakteristiek	1	Behoud lindenbomen Heusdenseweg				Het lukt waarschijnlijk niet om alle bomen te sparen, omdat de constructie de bomenlaan een keer moet kruisen. Uitdaging is om te kijken naar de locatie met de minste impact.
Ruimtelijke Kwaliteit	Landschappelijke karakteristiek	1	Zo eenduidig mogelijk dijkprofiel voor gehele traject				In lijn met Handreiking Ruimtelijke Kwaliteit uit verkenningsfase.
Ruimtelijke Kwaliteit	Ruimtegebruik	1	Medegebruik van de berm door eigenaren (bij grondvragend alternatief)				*NB Ambitieniveau van Ruimtegebruik in sessie 3/7/2024 aangepast van 2 naar 1, omdat er geen grote/ lange bermen met medegebruik meer zijn voorzien.*
Ruimtelijke Kwaliteit	Ruimtegebruik	1	Inpassen op- en afritten				In ontwerp en in contract meenemen.
Ruimtelijke Kwaliteit	Ruimtegebruik	1	Struinpaadje vanuit de camping opwaarderen				Als dit wordt meegenomen, dan in ontwerp en in contract meenemen.
Ruimtelijke Kwaliteit	Cultuurhistorie en archeologie	1	Cultuurhistorische elementen worden behouden of indien mogelijk opnieuw beleefbaar gemaakt				Uitgangspunt is dat deze objecten geen of zeer beperkt onderdeel uitmaken van de scope van de dijkverbetering, denk aan het verloren sluis bij Doeveren, de loop van het Oude Maasje, de aansluiting van de Elshoutse Zeedijk op de Maasdijk en het hulpgat.
Ruimtelijke Kwaliteit	Cultuurhistorie en archeologie	1	Behouden bakenbomen, evt onderzoeken of bakenbomen moeten worden vervangen en een betere groeiplaats kunnen krijgen				Dit doen we waarschijnlijk niet, omdat de bakenbomen buiten het ruimtegebruik van de technische oplossing vallen.
Ruimtelijke Kwaliteit	Ecologische structuur en biodiversiteit	2	In lijn met het RKK: Ontwikkelen kruidenrijke dijk op de zuidhelling (inclusief inheemse beplanting en zaad): - Ter plekke van scherm of aan te brengen berm (werkstrook) of gehele binnentalud (MKK).				WSAM monitort bestaande situatie bi/bu vanaf 2008 (2016 en 2022). Afspraak PUF: Haalbaarheid onderzoeken kruidenrijke dijk met beheerder.
Ruimtelijke Kwaliteit	Ecologische structuur en biodiversiteit	2	Insectvriendelijk beheer				Bij aanleg soortenrijke dijkbekleding hoort ontwikkelingsbeheer met oog voor insectvriendelijk beheer. Landt in B&O-plan.
Ruimtelijke Kwaliteit	Ecologische structuur en biodiversiteit	2	Compensatie NNB inzetten om de ecologische structuur te versterken				Onderzoek of compensatie nodig is.
Ruimtelijke Kwaliteit	Ecologische structuur en biodiversiteit	2	Zo min mogelijk verstoring tijdens uitvoering voor de natuur				Meenemen in contract.
Ruimtelijke Kwaliteit	Ecologische structuur en biodiversiteit	2	Voldoende uitwijkmogelijkheden voor dieren tijdens uitvoering				Meenemen in contract.
Ruimtelijke Kwaliteit	Ecologische structuur en biodiversiteit	2	Maatregelen tegen gravers				Meenemen in ontwerp en contract.
Ruimtelijke Kwaliteit	Ecologische structuur en biodiversiteit	2	Maatregelen tegen exoten (bv Japanse duizendknoop)				Dit aandachtspunt meenemen in contract. Aanleiding: In rapport Monitoring Maasdijken 2022 staat foto van Japanse duizendknoop bij Heusden.
Ruimtelijke Kwaliteit	Verkeershinder en -veiligheid	1	Aanleg verhard onderhoudspad				Dit doen we waarschijnlijk niet.
Ruimtelijke Kwaliteit	Verkeershinder en -veiligheid	1	Veilige omleiding bij afsluiting fietspad op de dijk tijdens uitvoering (iom gemeente)				Meenemen in contract.
Ruimtelijke Kwaliteit	Verkeershinder en -veiligheid	1	Opknappen fietspad na uitvoering dijkversterking inclusief veiliger maken				Als fietspad ook (deels) als werkweg wordt gebruikt. Dan hier vooraf duidelijke afspraken over maken met gemeente.
Ruimtelijke Kwaliteit	Maatschappelijke meerwaarde	1	keuze maken voor hinder tijdens uitvoering: zo min mogelijk over langere tijd of kort en hevig				Meenemen in contract.

Bijlage 3 Duurzaamheid bij afweging varianten

Afweging hoofdkeuze: Stalen heavescherm of kunststof heavescherm

In de planuitwerkingsfase is het VKA op hoofdlijnen met constructies doorvertaald naar een ontwerp per dijkvak. Op basis van deze ontwerp (tussen) stap is een afweging gemaakt voor de hoofdkeuze: een stalen heavescherm (variant 1) of een kunststof damwand (variant 2). Deze varianten zijn tijdens een sessie met het projectteam eind augustus 2024 integraal afgewogen. Voor de afweging zijn diverse afwegingscriteria doorlopen. Het resultaat van de afweging per criteria is opgenomen in onderstaande tabel. Het resultaat van de totale afweging is vastgelegd in de Memo variantenkeuze 27-08-2024. Op basis van de effecten op de verschillende aspecten is het stalen heavescherm als voorkeursvariant gekozen. Hoewel de keuze voor staal duurder is, is staal een bewezen techniek en heeft het kunststof heavescherm een groter risicoprofiel met veel onzekerheden vanwege de beperkte ervaring ermee. Bovendien zijn er langs het dijktraject locaties aanwezig waar het wenselijk is dat het verticale scherm ook kracht en vervorming op kan vangen

Vanuit duurzaamheid zijn de volgende criteria meegenomen: stikstofuitstoot, verbetering biodiversiteit, houtopstanden, Ruimtelijke Kwaliteit, MKI-waarde en CO2-uitstoot en primaire grondstoffen.

	Variant 1: Stalen heavescherm	Variant 2: Kunststof heavescherm
Investeringskosten	--	-
Dit zijn de investeringskosten om het verschil tussen beide varianten in beeld te brengen, maar geven niet het totale beeld. Het volgende is niet meegenomen in de raming: - Aansluiting op Heusdensebrug - Kruising fietspad in dijkvak 1 - Kruising kruisende waterleiding dijkvak 1 - Lokaal vervangen buitentaludbekleding dijkvak 1 - Kruising Provincialeweg dijkvak 4 - Te kappen bomen Kruising kruisende middenspanningsverbindingen vak 6	De investeringskosten voor variant 1 zijn ongeveer 31 mln.	De investeringskosten voor variant 2 zijn ongeveer 25 mln. Bij het bepalen van de kosten van het kunststof scherm is rekening gehouden met een hoger risicoprofiel dan bij het stalen scherm.
Dagelijks beheer en onderhoud	0	0
	Geen beheerkosten	Geen beheerkosten
Instandhoudingskosten	0	-
	Niet onderscheidend voor stalen en kunststof heaveschermen: Voor beide varianten geldt dat er gedurende levensduur onderzoek gedaan moet worden om inzicht te krijgen in de staat van de constructie. Kosten zitten vooral in vervangen constructie na einde levensduur. Voor een stalen damwand geldt dat hier ervaring in is en dus aantoonbaar een levensduur van 100 jaar. De keuze nu voor staal of kunststof betekent niet automatisch dat over 100 jaar dezelfde keuze wordt gemaakt, omdat het volledig vervangen moet worden. Vervangingskosten zijn daardoor niet onderscheidend. Want ook bij staal kan over 100 jaar gekozen worden voor kunststof.	Het kunststof scherm is een toepassing waar nog weinig ervaring mee is. Hierdoor is het onzeker of het kunststof heavescherm gedurende de gehele levensduur blijft functioneren. Vanwege het nieuwe karakter is hier meer onderzoek voor nodig gedurende de levensduur om dit in beeld te brengen. Daarnaast bestaat er een kans dat kunststof eerder vervangen moet worden, omdat blijkt dat kunststof toch eerder degradeert dan van tevoren aangenomen (risico). Gevolg zou dan zijn dat het kunststofscherm alsnog dient te worden vervangen door een stalen damwand tegen hogere kosten.
Uitvoerbaarheid	+	0
	Voor beide geldt dat de technieken beschikbaar zijn om aan te brengen. Staal is beter tot op grote diepte te brengen.	De uitvoerbaarheid is vergelijkbaar voor beide varianten, alleen is het kunststofscherm minder goed op diepte aan te brengen. De inbrengdiepte van kunststof is gelimiteerd door het systeem.

	Variant 1: Stalen heavescherm	Variant 2: Kunststof heavescherm
		Het kunststofscherm dient grond verdringend te worden aangebracht, waardoor uitvoering doormiddel van een moederplank niet is toegestaan (vastgelegd in het beleid van het Waterschap).
Stikstofuitstoot	0	0
	Uitkomst Aerius-berekening: geen verschil tussen de varianten. Uitvoering 50% emissieloos Staal = 0,00 mol/ha/jaar. Staal + antigraaf = niet uitgerekend	Uitkomst Aerius-berekening: geen verschil tussen de varianten. Uitvoering 50% emissieloos Kunststof met berm = 0,00 mol/ha/jaar. Kunststof, met berm + antigraaf = 0,01 mol/ha/jaar.
Verbetering biodiversiteit	0	-
	Aandachtspunt: bij staal kunnen er ijzerdeeltjes in de bodem komen.	Aandachtspunt: er kunnen eventueel microplastics in de bodem komen bij gebruik van het kunststofscherm. Verder is uitloging van weekmakers ook een risico.
Houtopstanden	-	-
	Niet onderscheidend. In beide varianten moeten bomen (of een boom) gekapt worden.	Niet onderscheidend. In beide varianten moeten bomen (of een boom) gekapt worden.
Ruimtelijke kwaliteit	0	0
	Niet onderscheidend. Het aanbrengen van de damwand veranderd de geometrie van de waterkering niet.	Niet onderscheidend. De steunberm in dijkvak 2 met een kunststof oplossing is een verandering van de bestaande geometrie maar deze steunberm is echter niet afwijkend van wat er al is in dijkvak 3. Zoals vastgelegd in de handreiking ruimtelijke kwaliteit Dijkverbetering Doeveren (17-01-2024).
Compensatie NNB	0	0
	Niet onderscheidend. In beide varianten zal de NNB in Dijkvak 3 niet worden aangetast.	Niet onderscheidend. In beide varianten zal de NNB in Dijkvak 3 niet worden aangetast.
Hinder en overlast	0	0
	Geen wezenlijk verschil tussen impact op omgeving als gevolg van de uitvoering bij trillen. Staal kun je drukken i.p.v. trillen.	Geen wezenlijk verschil tussen impact op omgeving als gevolg van de uitvoering bij trillen. Kunststof damwand kan (nog) niet gedrukt worden?
MKI-waarde en CO2-uitstoot	--	-
	Variant met staal heeft ca. 60% hogere MKI-waarde (€ 1.325.000 vs. € 555.000) en ca. 53% hogere CO2-eq uitstoot (9.000 ton CO2 vs. 4.250 ton CO2). Dit wordt met name veroorzaakt doordat er meer energie (en dus milieu-impact) nodig is voor het productieproces van een stalen damwand in vergelijking met een kunststof damwand. Zie ook de MKI-waarde per m^2 hiernaast.	Extra duiding MKI-waarde per m^2 (LCA): - Stalen damwand AZ-18 en AZ24 = €23 resp. €29 - Kunststof damwand = €7
Primaire grondstoffen	+	+
	De mate waarin primaire grondstoffen worden uitgeput voor dit product is niet onderscheidend. De benchmark (zie ook Nationale Milieudatabase) voor een stalen damwand is een damwand die voor 96% is geproduceerd uit schroot (en soms zelfs nog hoger).	De kunststof damwand is een nog relatief nieuw product. Het Prolock kunststof heavescherm is al wel opgenomen in de Nationale Milieudatabase. Uit deze productkaart blijkt dat de damwand voor 100% is geproduceerd uit gerecycled kunststof.

Afweging maatwerklocaties

Dit betreft de afweging ter plaatse van de aansluiting op de Heusdensebrug en ter plaatse van de kruising van het heavescherm met de bomenlaan in dijkvak 4. Voor een uitgebreide beschrijving van beide afwegingen en het resultaat wordt verwezen naar bijlage 6 en 7 van de notitie vergunbaar ontwerp. Het criterium duurzaamheid en milieu-impact is bij beide integrale afwegingen kwalitatief ingeschat. Onderstaande afbeelding geeft een indicatie van het toegepaste integrale afweegkader bij beide maatwerklocaties.

		Onderscheidende effecten op hoofdlijnen					
	Omschrijving Alternatieven	**Cultuurhistorie/ ruimtelijke kwaliteit**	**Natuur/ ecologie**	**Duurzaamheid/ milieu impact**	**Omgeving**	**Kosten**	**Aandachtspunten**
1a	Heavescherm parallel aan het grondlichaam doorzetten richting het zuiden	Voor OO en archeologie is een quickscan waarschijnlijk voldoende. Er dienen grote gezichtsbepalende bomen te worden gekapt.	Gebied is niet onderzocht op milieu hygiënische bodemkwaliteit en flora en fauna. In de bomen zitten beschermde nesten van roeken.	Dit alternatief heeft minste m^2 staal nodig. Uitgangspunt is 86 m^3. (-) *Bij deze beoordeling is geen rekening gehouden met optimalisatie. Dan scoren alternatieven mogelijk anders.	Bewoners: we werken dan op of richting perceel van particulier. Dit geeft overlast (aanwezigheid, geluid, trilling, stof, etc.). Bovendien is de vraag wat er gebeurt als de sloot wordt gedempt. Wat doet deze optie bovendien voor de grondwaterstand op de aan en achterliggende percelen? Bewoner aan de Parallelweg 2 heeft te kennen gegeven dat er wat hem betreft niet direct problemen ontstaan bij deze oplossing. Belangrijk vindt hij dat hij beschut blijft wonen (let dus op bomen die daar staan!), dat de sloot wordt aangepakt achter zijn huis en dat de airco kan blijven functioneren (deze staat nu aan de teen van de dijk, binnendijks). Gemeente: we werken dan op of richting perceel van gemeente Heusden. Onbekend is hoe de gemeente hierover denkt; Bomen: vraag is of de (grote) bomen die er staan, verwijderd worden en hoe de omgeving (bewoners, gemeente, belangenverenigingen, provincie), daarop reageert; Beschermde soorten: er is in ieder geval al bekend dat er roeken (beschermde soort) en nesten zijn (jaarrond beschermd, beide óók tegen verstoring). De nesten zitten op dit moment in de bomen op de dijk en in bomen buiten het projectgebied, aan de overzijde van de Provincialeweg N267.	Goedkoopste van de drie (-)	- Er dienen waarschijnlijk bomen gekapt te worden. Dit is niet goed in beeld te brengen, want een bomeninventarisatie ontbreekt. Mogelijk kan er tussendoor gewerkt worden. - Nadeel is dat aan de oostzijde van de Provincialeweg zich op termijn hoogstwaarschijnlijk een vergelijkbaar probleem voor kan doen waar we niet op anticiperen - Als gekozen wordt voor adaptief bouwen kan de uitbreiding van het scherm plaatsvinden op het moment dat deze bomen gerooid worden.
1b	Heavescherm doortrekken door het grondlichaam van de provinciale weg richting het oosten	Voor OO en archeologie is een quickscan waarschijnlijk voldoende. Tevens worden hiermee diverse netwerken gekruist	Gebied is niet onderzocht op milieu hygiënische bodemkwaliteit en flora en fauna.	Dit alternatief heeft vermoedelijk de meeste m^2 staal nodig. Uitgangspunt is 100m^3, waarbij alles/groot deel door hoger terrein moet (5m langere damwanden nodig). (--)	Gebruikers weg: De weg moet voor meerdere dagen (of langer) worden afgesloten voor verkeer. Dit brengt overlast mee voor gebruikers van de weg. Zie ook onderwerp 'Provincie', gezien hun ervaringen. Bewoners: vraag is wat bewoners hiervan merken. Overlast is voorzienbaar (aanwezigheid, geluid, trilling, stof, etc.); Provincie: geeft aan dat het landhoofd van de Heusdensebrug en van de Provincialeweg kwetsbaar is. Daar kán aan gewerkt worden, maar met zeer veel voorbehouden. Zij zien dit zeer dringend liever niet vanuit technisch oogpunt, als het ook anders zou kunnen. Tevens vormt dit vanuit Omgevingsoogpunt een grote uitdaging (i.v.m. afsluiten brug) weet de provincie uit ervaring: toen zij de brug twee dagen sloot vanwege onderhoud, ging daar 1,5 jaar aan omgevingsmanagement aan vooraf. Dit gezien de belangrijke ontsluitende functie die de brug heeft (als voorbeeld: er stond een traumahelikopter paraat en er werden extra pontjes ingezet).	Duur (--)	- De provinciale weg wordt gekruist; - Met deze oplossing anticiperen we op een mogelijk vergelijkbaar probleem dat aan de oostzijde van de Provincialeweg gaat optreden; - Als gekozen wordt voor adaptief bouwen kan de uitbreiding van het scherm plaatsvinden op het moment dat de Provinciale weg wordt gereconstrueerd.
1c	Heavescherm via de kruin voorlangs in de buitenteen (onder de Heusdense brug) doorzetten richting het oosten	Voor OO en archeologie is een quickscan waarschijnlijk voldoende. Tevens worden hiermee diverse netwerken gekruist	Gebied is niet onderzocht op milieu hygiënische bodemkwaliteit en flora en fauna.	Dit alternatief zit tussen 1a en 1c in. Uitgangspunt is 100m^3, waarbij deel door hoger terrein moet (--).	Bewoners: verder weg van private percelen dus overlast zal bij deze optie het minst aanwezig zijn; Provincie: landhoofd van de brug is kwetsbaar. Als daar dus gewerkt moet worden, moet dit zeer zorgvuldig gebeuren (zie ook variant 1b bij 'Provincie'). Voor eventueel afsluiten geldt hetzelfde. Rijkswaterstaat: onbekend is wat Rijkswaterstaat vindt van deze variant.	Duurst (--)	- De kering wordt gekruist; - Het scherm moet onder de brug doorgezet worden, moeilijke uitvoering; - Door provincie is aangegeven dat de omgeving gevoelig is voor zettingen en het landhoofd niet veel kan hebben; - Met deze oplossing anticiperen we op een mogelijk vergelijkbaar probleem dat aan de oostzijde van de Provincialeweg gaat optreden.

Onderbouwing duurzaamheid aspecten - Dijkverbetering Doeveren

Status
Definitief

Auteur(s)
M. de Jong (Arcadis)

Review en kwaliteitsborging:
D. van Hogendorp (Arcadis)
W. Janssen (Arcadis)
W. Hong (Waterschap Aa en Maas)
N. ten Have-Ceelen (Waterschap Aa en Maas)
N. Homeijer (Waterschap Aa en Maas)
R. van Tilborg (Waterschap Aa en Maas)

Vrijgave:
A.F.A. van Gorp (Waterschap Aa en Maas)

Copyright foto's en ander beeldmateriaal:
Matthijs Willemsen
Intern Waterschap Aa en Maas

's-Hertogenbosch, december 2024

Waterschap Aa en Maas
Pettelaarpark 70
5216 PP 's-Hertogenbosch
Tel 073 615 66 66
Fax 073 615 66 00

info@aaenmaas.nl
www.aaenmaas.nl

© waterschap Aa en Maas. Alle rechten voorbehouden

Bijlage 6 Afweging aansluiting Heusdensebrug

Bijlage 6 – Aansluiting Heusdense brug dijkvak 1

Omschrijving van de te maken afweging + beoordelingskader
Deze notitie ziet toe op de afweging van de varianten voor de aansluiting van de maatregel aan de oostzijde van het projectgebied (maatwerklocatie MW-A963+056).

Om een hoogwater veilig gebied te garanderen moet het systeem sluitend zijn. Dit betekent dat waar het traject aansluit op het grondlichaam van de Heusdense brug, falen doormiddel van achterloopsheid voorkomen moet worden. Op basis van de formule van Sellmeijer is bepaald hoeveel kwelweg aanwezig moet zijn, zodat piping niet achter het scherm langs kan optreden. Het heavescherm moet verder doorgezet worden. Om hier een weloverwogen en goed uitlegbare keuze in te maken zijn meerder varianten opgesteld. In deze memo zijn de mogelijk varianten uitgewerkt en beoordeeld.

De varianten zijn beoordelen op een 5 puntschaal (--, -, 0, +, ++) en de varianten worden ten opzichte van elkaar gescoord. De effecten worden kwalitatief in beeld gebracht.

Varianten
Er zijn 3 varianten opgesteld voor het aansluiten op de Heusdense brug

<u>Uitgangspunt bij de varianten is:</u>
- Levensduur van 100 jaar
- De binnendijkse watergang wordt niet gedempt.
- De totaal benodigde kwelweg 130 m.
- De aanwezige kwelweg (oever Maas tot einde watergang naast berm) = 80 m
- De totale verlenging is 50 m.

<u>Er is optimalisatie mogelijk door uit te gaan van adaptief bouwen (nu aanleggen voor 50 jaar) en het dempen van de sloot:</u>
- De totaal benodigde kwelweg 93 m.
- De aanwezige kwelweg (oever Maas tot einde watergang naast berm) = 80 m
- De totale verlenging is 13 m.

<u>Varianten</u>
a. Heavescherm parallel aan het grondlichaam doorzetten richting het zuiden;
b. Heavescherm doortrekken door het grondlichaam van de provinciale weg richting het oosten;
c. Heavescherm via de kruin voorlangs in de buitenteen (onder de Heusdense brug) doorzetten richting het oosten.

De varianten zijn onder de afwegingstabel uitgewerkt.

Advies voor te nemen besluit
Op basis van de in beeld gebrachte effecten komt het projectteam tot de conclusie om voor de maatwerk locatie ‘Heusdense brug’ variant 1 uit te werken in het ontwerp. Belangrijkste argumenten hiervoor zijn:
1. De kosten van deze variant zijn het laagst, omdat bij deze variant het minst aantal m^2 damwand benodigd is. Daarnaast is de uitvoering bij deze variant, in tegenstelling tot variant 2 en 3, niet complex;
2. Omdat in variant 1 het minste staal nodig is, scoort deze ook op duurzaamheid positief ten opzichte van variant 2 en 3;
3. De uitvoering voor variant 2 en 3 zijn complex vanwege het werken dicht bij het landhoofd van de tuibrug (variant 3) en het kruisen van de provinciale weg waar veel kabels en leidingen liggen (variant 2);
4. Er geen direct bezwaar is vanuit de aangrenzende bewoner, mits in de uitvoering hinder wordt beperkt, hij beschut blijft zitten en de waterafvoer vergelijkbaar blijft met de huidige situatie. In variant 2 en 3 wordt minder hinder ondervonden en scoren vanuit de bewoner positiever;
5. Er vanuit de provincie duidelijk argumenten zijn tegen variant 2 en 3 met betrekking tot zettingsgevoeligheid en de kwetsbaarheid van het landhoofd.
   Daarnaast is het voor langere tijd afsluiten van de provinciale weg niet wenselijk en brengt dit een groot omgevingsproces met zich mee.

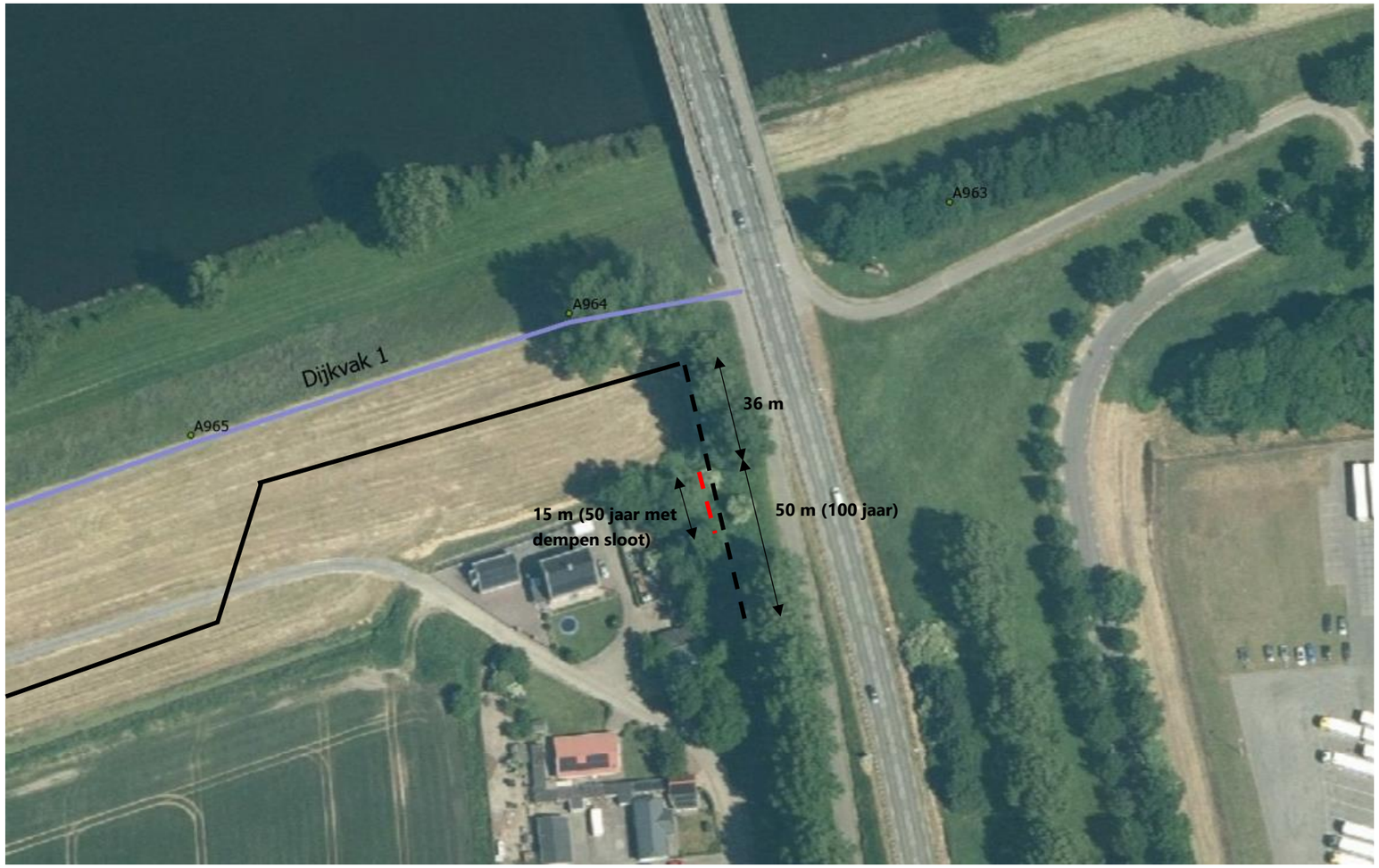
Overzicht situatie dijkvak 1



		Onderscheidende effecten op hoofdlijnen					
	Omschrijving Alternatieven	**Cultuurhistorie/ ruimtelijke kwaliteit**	**Natuur/ ecologie**	**Duurzaamheid/ milieu impact**	**Omgeving**	**Kosten**	**Aandachtspunten**
1a	Heavescherm parallel aan het grondlichaam doorzetten richting het zuiden	Voor OO en archeologie is een quickscan waarschijnlijk voldoende. Er dienen grote gezichtsbepalende bomen te worden gekapt.	Gebied is niet onderzocht op milieu hygiënische bodemkwaliteit en flora en fauna. In de bomen zitten beschermde nesten van roeken.	Dit alternatief heeft minste m^2 staal nodig. Uitgangspunt is 86 m^1. (-) *Bij deze beoordeling is geen rekening gehouden met optimalisatie. Dan scoren alternatieven mogelijk anders.	Bewoners: we werken dan op of richting perceel van particulier. Dit geeft overlast (aanwezigheid, geluid, trilling, stof, etc.). Bovendien is de vraag wat er gebeurt als de sloot wordt gedempt. Wat doet deze optie bovendien voor de grondwaterstand op de aan en achterliggende percelen? Bewoner aan de Parallelweg 2 heeft te kennen gegeven dat er wat hem betreft niet direct problemen ontstaan bij deze oplossing. Belangrijk vindt hij dat hij beschut blijft wonen (let dus op bomen die daar staan!), dat de sloot wordt aangepakt achter zijn huis en dat de airco kan blijven functioneren (deze staat nu aan de teen van de dijk, binnendijks). Gemeente: we werken dan op of richting perceel van gemeente Heusden. Onbekend is hoe de gemeente hierover denkt; Bomen: vraag is of de (grote) bomen die er staan, verwijderd worden en hoe de omgeving (bewoners, gemeente, belangenverenigingen, provincie), daarop reageert; Beschermde soorten: er is in ieder geval al bekend dat er roeken (beschermde soort) en nesten zijn (jaarrond beschermd, beide óók tegen verstoring). De nesten zitten op dit moment in de bomen op de dijk en in bomen buiten het projectgebied, aan de overzijde van de Provincialeweg N267.	Goedkoopste van de drie (-)	- Er dienen waarschijnlijk bomen gekapt te worden. Dit is niet goed in beeld te brengen, want een bomeninventarisatie ontbreekt. Mogelijk kan er tussendoor gewerkt worden. - Nadeel is dat aan de oostzijde van de Provincialeweg zich op termijn hoogstwaarschijnlijk een vergelijkbaar probleem voor kan doen waar we niet op anticiperen - Als gekozen wordt voor adaptief bouwen kan de uitbreiding van het scherm plaatsvinden op het moment dat deze bomen gerooid worden.
1b	Heavescherm doortrekken door het grondlichaam van de provinciale weg richting het oosten	Voor OO en archeologie is een quickscan waarschijnlijk voldoende. Tevens worden hiermee diverse netwerken gekruist	Gebied is niet onderzocht op milieu hygiënische bodemkwaliteit en flora en fauna.	Dit alternatief heeft vermoedelijk de meeste m^2 staal nodig. Uitgangspunt is 100m^1, waarbij alles/groot deel door hoger terrein moet (5m langere damwanden nodig). (--)	Gebruikers weg: De weg moet voor meerdere dagen (of langer) worden afgesloten voor verkeer. Dit brengt overlast mee voor gebruikers van de weg. Zie ook onderwerp 'Provincie', gezien hun ervaringen. Bewoners: vraag is wat bewoners hiervan merken. Overlast is voorzienbaar (aanwezigheid, geluid, trilling, stof, etc.); Provincie: geeft aan dat het landhoofd van de Heusdensebrug en van de Provincialeweg kwetsbaar is. Daar kán aan gewerkt worden, maar met zeer veel voorbehouden. Zij zien dit zeer dringend liever niet vanuit technisch oogpunt, als het ook anders zou kunnen. Tevens vormt dit vanuit Omgevingsoogpunt een grote uitdaging (i.v.m. afsluiten brug) weet de provincie uit ervaring: toen zij de brug twee dagen sloot vanwege onderhoud, ging daar 1,5 jaar aan omgevingsmanagement aan vooraf. Dit gezien de belangrijke ontsluitende functie die de brug heeft (als voorbeeld: er stond een traumahelikopter paraat en er werden extra pontjes ingezet).	Duur (--)	- De provinciale weg wordt gekruist; - Met deze oplossing anticiperen we op een mogelijk vergelijkbaar probleem dat aan de oostzijde van de Provincialeweg gaat optreden; - Als gekozen wordt voor adaptief bouwen kan de uitbreiding van het scherm plaatsvinden op het moment dat de Provinciale weg wordt gereconstrueerd.
1c	Heavescherm via de kruin voorlangs in de buitenteen (onder de Heusdense brug) doorzetten richting het oosten	Voor OO en archeologie is een quickscan waarschijnlijk voldoende. Tevens worden hiermee diverse netwerken gekruist	Gebied is niet onderzocht op milieu hygiënische bodemkwaliteit en flora en fauna.	Dit alternatief zit tussen 1a en 1c in. Uitgangspunt is 100m^1, waarbij deel door hoger terrein moet (--).	Bewoners: verder weg van private percelen dus overlast zal bij deze optie het minst aanwezig zijn; Provincie: landhoofd van de brug is kwetsbaar. Als daar dus gewerkt moet worden, moet dit zeer zorgvuldig gebeuren (zie ook variant 1b bij 'Provincie'). Voor eventueel afsluiten geldt hetzelfde. Rijkswaterstaat: onbekend is wat Rijkswaterstaat vindt van deze variant.	Duurst (--)	- De kering wordt gekruist; - Het scherm moet onder de brug doorgezet worden, moeilijke uitvoering; - Door provincie is aangegeven dat de omgeving gevoelig is voor zettingen en het landhoofd niet veel kan hebben; - Met deze oplossing anticiperen we op een mogelijk vergelijkbaar probleem dat aan de oostzijde van de Provincialeweg gaat optreden.

Technische onderbouwing bij varianten

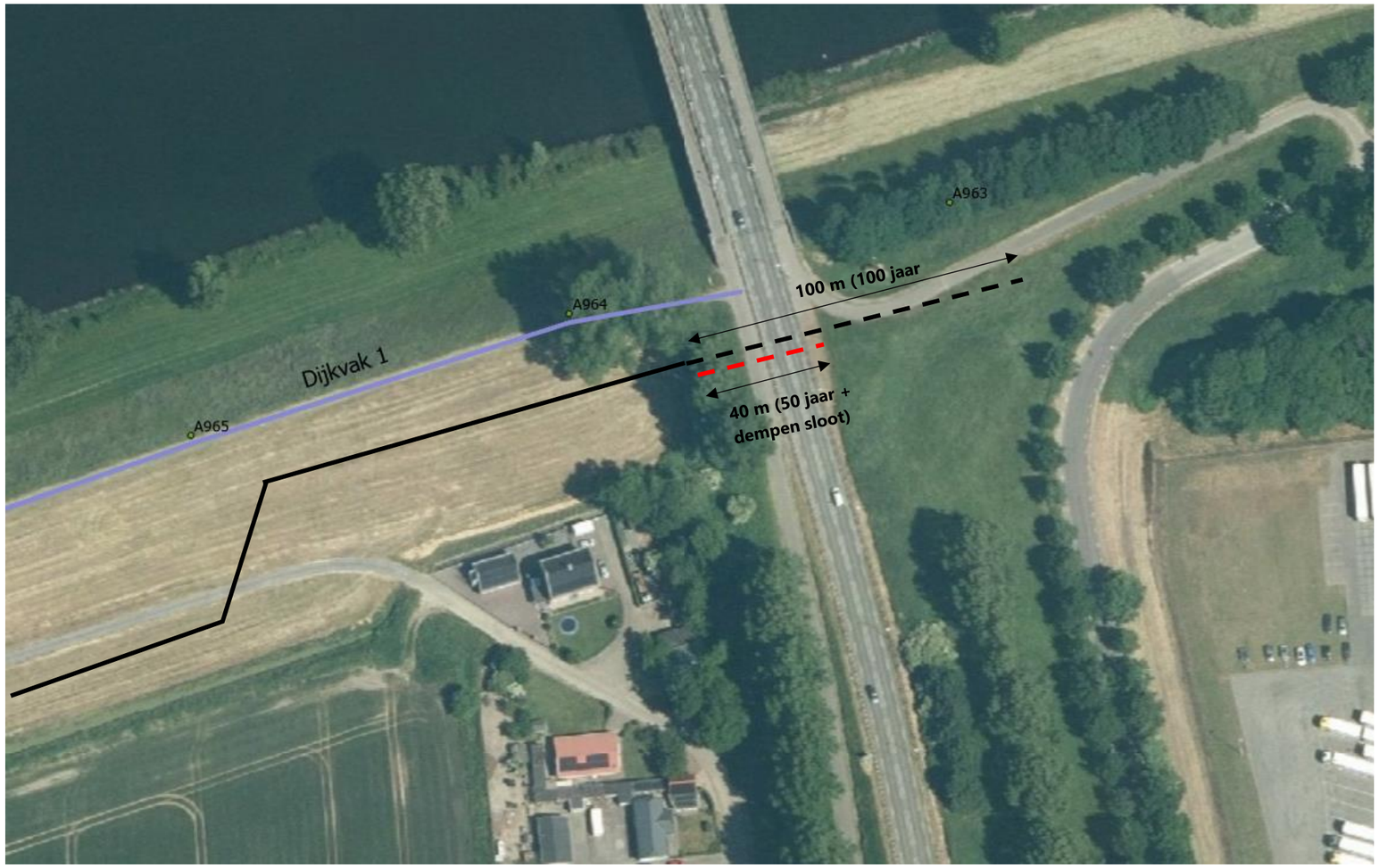
Variant 1a: Heavescherm parallel aan het grondlichaam doorzetten richting het zuiden



In totaal is maximaal 86 m extra damwand nodig ten behoeve van achterloopsheid. Dit kan geoptimaliseerd worden naar 51 m als uitgegaan wordt van adaptief bouwen, dus eerst aanleggen voor 50 jaar en het dempen van de watergang binnendijks.
De ruimte is krap en hier moeten mogelijk bomen voor gekapt worden. Inventarisatie van de bomen is noodzakelijk. Mogelijk dat met snoeien voldoende ruimte gecreëerd kan worden om het scherm te plaatsen. Uitvoering is dicht bij de woning en uitvoering doormiddel van silent piler lijkt noodzakelijk.

Er ligt een elektra kabel en een data kabel, deze moeten gekruist worden.

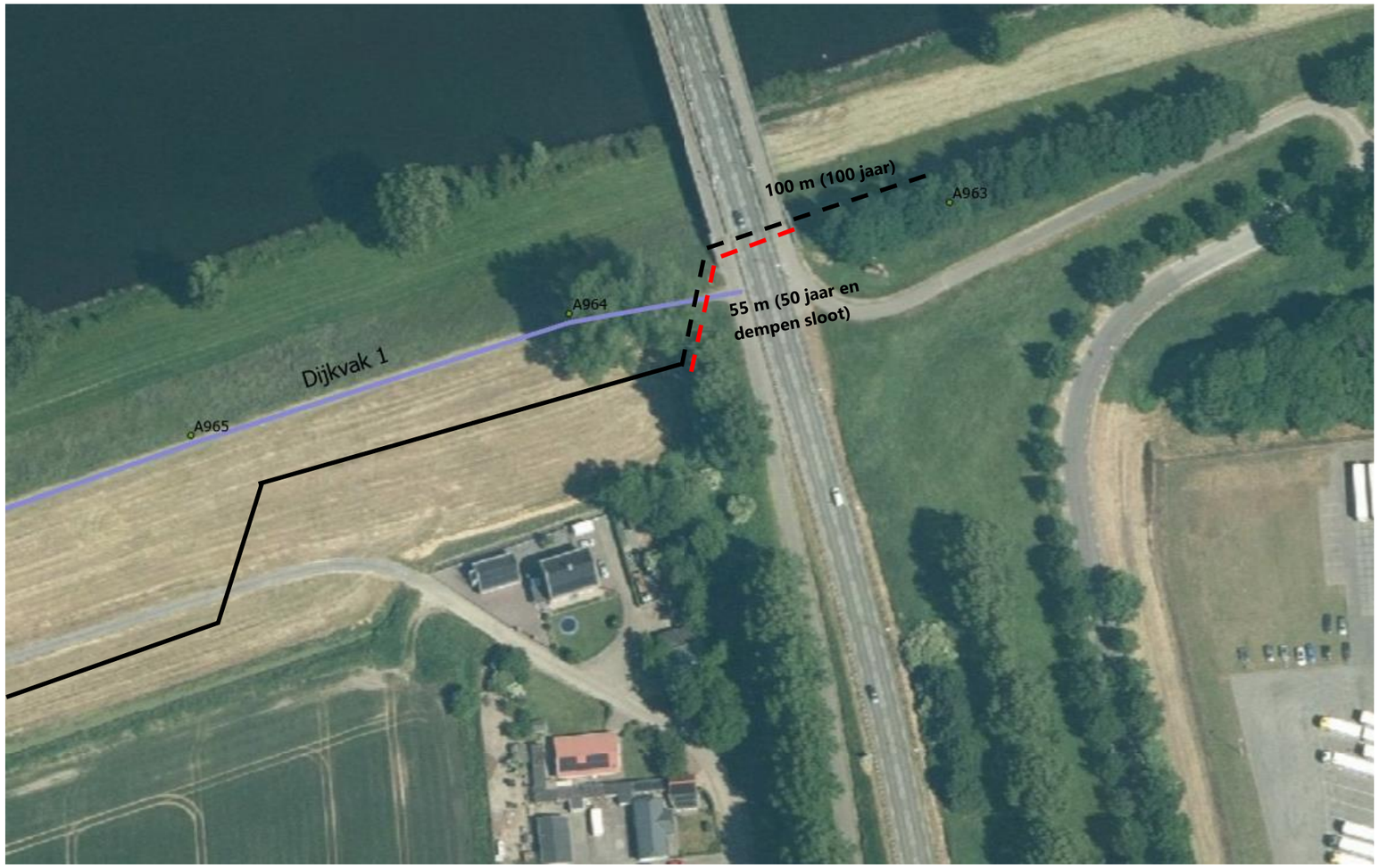
Variant 1b: Heavescherm doortrekken door het grondlichaam van de provinciale weg richting het oosten



In totaal is maximaal 100 m extra damwand nodig ten behoeve van achterloopsheid. Dit kan geoptimaliseerd worden naar 40 m als uitgegaan wordt van adaptief bouwen, dus eerst aanleggen voor 50 jaar en het dempen van de watergang binnendijks.
Bij deze variant wordt de provinciale weg gekruist, dit betekent:

- Afsluiten provinciale weg voor een bepaalde periode;
- Bomenlaan wordt gekruist;
- Benodigde extra damwand is 5 m langer, want deze komt in een hoog grondlichaam.

Variant 1c: Heavescherm via de kruin voorlangs in de buitenteen (onder de Heusdense brug) doorzetten richting het oosten



In totaal is maximaal 100 m extra damwand nodig ten behoeve van achterloopsheid. Dit kan geoptimaliseerd worden naar 55 m als uitgegaan wordt van adaptief bouwen, dus eerst aanleggen voor 50 jaar en het dempen van de watergang binnendijks.
Bij deze variant moet:

- De kering gekruist worden, op dat deel zijn langere damwandplanken nodig;
- Het scherm moet onder de brug doorgezet worden. Daar is beperkte ruimte aanwezig. De uitvoering is daardoor lastig en duur.

Bijlage 7 Afweging kruisen bomenlaan dijkvak 4

Bijlage 7 – kruising bomenlaan dijkvak 4

Omschrijving van de te maken afweging + beoordelingskader
Deze notitie ziet toe op de afweging van de varianten van de maatregel voor de kruising van de Heusdenseweg (maatwerklocatie xx).

Voor dijkvak 4 geldt dat afgewogen moet worden waar de maatregel de bomenrij langs de Heusdenseweg kruist. Voor dit dijkvak wordt een afweging gemaakt tussen verschillende tracés. Er zijn vier varianten opgesteld die in voorliggend document worden toegelicht en waarvan de effecten worden beschreven.

Deze afweging focust puur op dijkvak 4 en uitgangspunt is dat het tracé in het oosten (dijkvak 3) en westen aansluit op de verticale constructie in de binnenteen.

De varianten worden beoordelen op een 5 puntschaal (--, -, 0, +, ++) en de varianten worden ten opzichte van elkaar gescoord. De effecten worden kwalitatief in beeld gebracht.

Beschrijving huidige situatie
In dijkvak 4 ligt op de kruin het fietspad en komt parallel aan de dijk de Provincialeweg omhoog. Ter hoogte van dijkpaal A994 komt de parallel weg op de kruin. Dit is tevens de overgang van dijkvak 4 naar 5. Aan weerszijde van de parallelweg staan lindebomen. Vanaf dijkpaal A992+075 staan enkel lindebomen aan de zijde van het Oude Maasje. De bomen staan op een hart op hart afstand van 8 m. Aan de zijde van het Oude Maasje zijn er 3 locaties waar de onderlinge afstand ruim 16 m is. Dit is ter hoogte van dijkpaal A991+050, A991+075 en A992+043.

Aan binnendijkse zijde ligt het Oude Maasje dicht op de kering en de afrit, waardoor er tussen de binnenteen en de watergang/Oude Maasje beperkt ruimte aanwezig is.

Varianten en effecten
Er zijn 4 mogelijke varianten opgesteld voor het kruisen van de bomenlaan.

<u>Varianten</u>

a. Kunststof heavescherm kruisend ter hoogte van kruising watergang met Provincialeweg
b. Stalen damwand kruisend halverwege oprit (nabij dijkpaal A992)
c. Stalen damwand kruisend einde oprit (nabij A994)
d. Stalen damwand overlap: buitendijks damwand doorzetten via afrit en binnendijks vanaf A994 (overlap circa 100 m)

Achter in dit document, vanaf pagina 3, zijn de varianten schetsmatig uitgewerkt en is een technische beschrijving gegeven van de varianten.



Overzicht situatie dijkvak 4

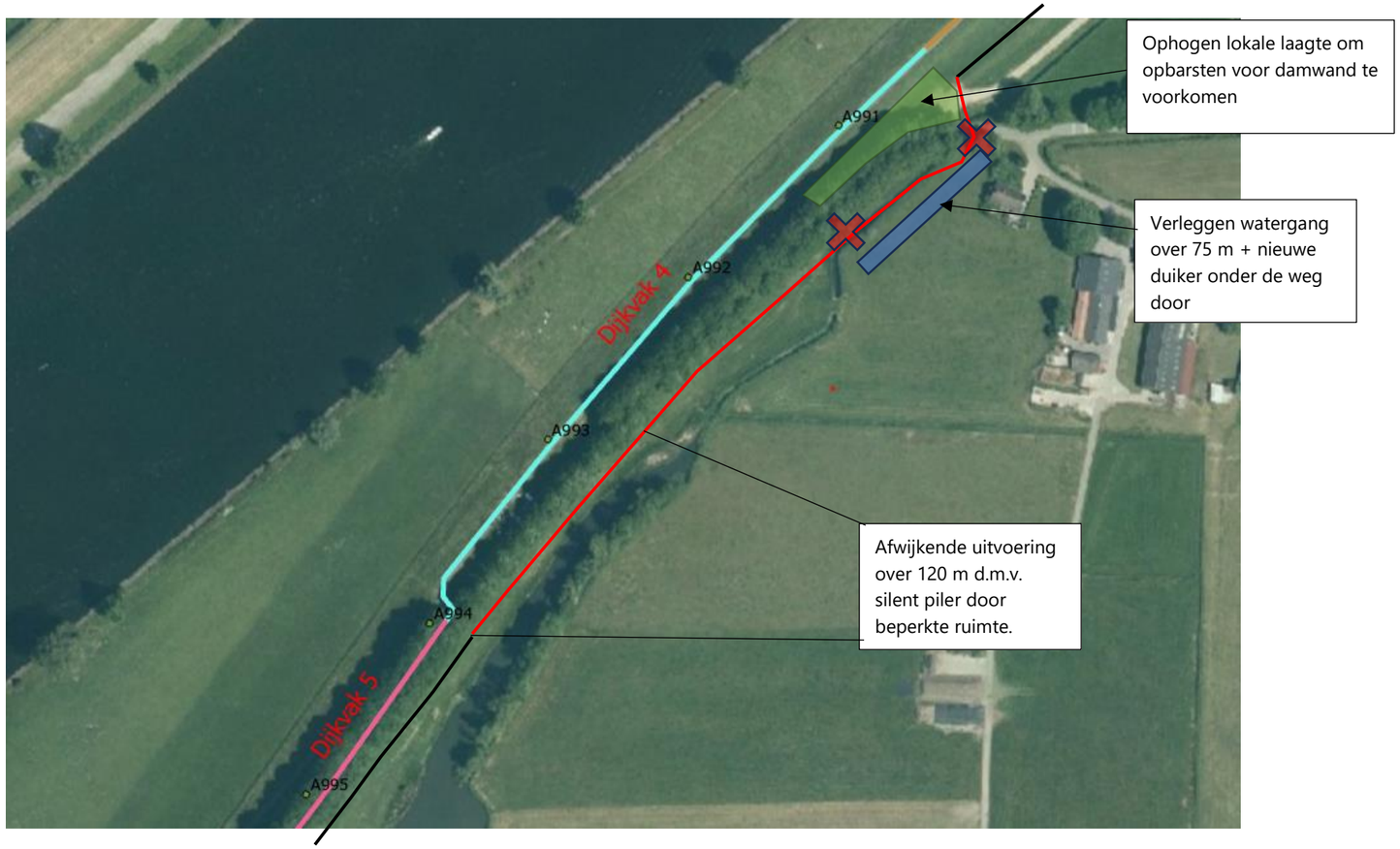
		Onderscheidende effecten op hoofdlijnen					
	Omschrijving Alternatieven	**Cultuurhistorie/ ruimtelijke kwaliteit**	**Natuur/ ecologie**	**Duurzaamheid/ milieu impact**	**Omgeving**	**Kosten**	**Aandachtspunten**
4a	Kunststof heavescherm kruisend ter hoogte van kruising watergang met Provincialeweg	De bomenlaan bepaalt het aanzien van de oprit en daarmee van het dorp. Het heavescherm dient aangebracht te worden op een hoogte zodat de grond ervoor niet “opbarst”. Door het aanbrengen van het heavescherm ten zuiden de bomenrij ter hoogte van … zal de weg en de berm met de bomen moeten worden verhoogd. Bomen kunnen echter niet tegen het aanbrengen van grond tegen de stam. Afhankelijk van de vereiste verhoging zal een deel van de bomenlaan mogelijk moeten verdwijnen. Parallel aan het kunststofscherm dient een antibevermaatregel aangebracht worden waarvoor 4 meter diep moet worden ontgraven en aangevuld. Hierdoor moet toch de boom die uit de rij staat verdwijnen. Door het aanbrengen van de anti-bevermaatregel zal een deel van de oever van het Oude Maasje worden vergraven, dit heeft een negatief effect op de cultuurhistorische waarde van het Oude Maasje. Score -	Het kappen van bomen is ongewenst en heeft invloed op de nestlocaties van vogels en vleermuizen en de verbindingsroutes van vleermuizen wordt hierdoor onderbroken. Door het aanbrengen van de anti-bevermaatregel zal een deel van de oever van het Oude Maasje worden vergraven wat invloed heeft op het milieu in deze waterpartij. Score -	De grootste milieuimpact (MKI/ CO_2) bij de alternatieven komt voort uit de productie van de constructies (bij staal meer nog dan bij kunststof). Het m2 benodigde constructie is daarmee leidend voor de mate van milieuimpact. Met 4.145m2 scherm heeft dit alternatief de minste m2 en lijkt daarmee degene met de minste milieuimpact. Het verleggen van 75m sloot en aanbrengen grondbermen plust de milieuimpact wel weer wat op. De milieuimpact door het herstel van de weg over 25m2 is niet onderscheidend, omdat dit bij alle alternatieven terugkomt. Score +	De afstand van het scherm naar de woningen van Doeveren is kleiner dan bij de andere varianten. Deze kortere afstand kan meer overlastbeleving geven. Daarnaast is dit scherm korter omdat het maaiveld ter plaatste lager ligt. Er worden twee bomen gekapt, wat nadelig is vanuit oogpunt van de omgeving. Provincialeweg herstellen. Er moeten veel werkzaamheden plaatsvinden. Duurt mogelijk langer dan andere varianten?? Omdat het aanbrengen van de anti-bevermaatregel ruimte vraagt dient een deel van de bestaande watergang tijdelijk gedempt te worden en daarmee komen de werkzaamheden dichter bij de woningen. Score --	Kosten voor 4a, 4b en 4c liggen bij elkaar in de buurt. 4a en 4b minder staal nodig, maar op een groot deel drukken i.p.v. trillen. Drukken is duurder. 4c meer staal nodig circa (factor 1,2 t.o.v. 4a en 1,1 t.o.v. 4b), maar kan volledig d.m.v. trillen. 4a en 4b hebben meer extra kosten voor leveren grond etc. Score -	wat is de vereiste maaiveldhoogte voor het heavescherm? Over 120 m beperkte ruimte aanwezig, waardoor moeilijke en duurdere uitvoering. Moeten we hier bij milieuimpact wel/niet rekening houden met kunststof of net als bij kosten alles in staal?
4b	Stalen damwand kruisend halverwege oprit (nabij dijkpaal A992)	In de doorgaande bomenrij dient aan de rivierzijde een boom gekapt te worden. Deze onderbreking van de bomenlaan op een locatie waar ook aan de landzijde van de oprit al een boom mist kan als ongewenst beschouwd worden maar is anderzijds ook te verklaren, of de buitenwacht dat zo ervaart is minder helder In het verlengde (naar het oosten) van de doorsteek dient alsnog een anti-bevermaatregel aangebracht te worden waarvoor 4 meter diep moet worden ontgraven en aangevuld. Hierdoor moet toch de boom die uit de rij staat verdwijnen	Het kappen van een boom is ongewenst en heeft invloed op de nestlocaties van vogels en vleermuizen, maar omdat het gat in de bomenrij hierdoor niet meer dan 50 meter is wordt de verbindingsroute niet onderbroken. Score 0	Met 4.470m2 scherm – ca. 8% meer m2 dan 4a - staat dit alternatief op plek 2 met de minste milieuimpact. Hier is geen verlegging van een sloot of aanbrengen grond(bermen) nodig, waardoor deze milieuimpact hier niet terugkomt. Score 0	De damwand komt op een grotere afstand van de woningen, de damwand wordt wel langer wat meer trillingsenergie verlangd. Wat dit met de hinderbeleving naar de woningen doen is onduidelijk. Er wordt een boom gekapt, wat nadelig is vanuit oogpunt van de omgeving. Provincialeweg herstellen. Omdat het aanbrengen van de anti-bevermaatregel	Zie 4a Score -	Over 120 m beperkte ruimte aanwezig, waardoor moeilijke en duurdere uitvoering.

		Score -			ruimte vraagt dient een deel van de bestaande watergang tijdelijk gedempt te worden en daarmee komen de werkzaamheden dichter bij de woningen. Omdat hier geen scherm meer staat is er meer ruimte voor de uitvoering beschikbaar. Score -		
4c	Stalen damwand kruisend einde oprit (nabij A994)	In de doorgaande bomenrij dient aan de landzijde een boom gekapt te worden. Deze onderbreking van de bomenlaan op een locatie waar aan de rivierzijde van de oprit geen bomen staan zal meer gaan opvallen. Omdat de kruin van de dijk met fietspad hier aansluit op de dijk met bomen is het gat in de bomenrij ruimtelijk te verklaren. In het verlengde (naar het oosten) van de doorsteek dient alsnog een anti-bevermaatregel aangebracht te worden waarvoor 4 meter diep moet worden ontgraven en aangevuld. Hierdoor moet toch de boom die uit de rij staat verdwijnen Score -	Het kappen van een boom is natuurlijk ongewenst en heeft invloed op de nestlocaties van vogels en vleermuizen, maar omdat het gat in de bomenrij hierdoor niet meer dan 50 meter is wordt de verbindingsroute niet onderbroken. Door het aanbrengen van de anti-bevermaatregel zal een deel van de oever van het Oude Maasje worden vergraven wat invloed heeft op het milieu in deze waterpartij	Met 4.957m2 scherm – ca. 20% meer m2 dan 4a - staat dit alternatief op plek 3 (achter 4a en 4b) met de minste milieuimpact. Ook hier is geen verlegging van een sloot of aanbrengen grond(bermen) nodig, waardoor deze milieuimpact hier niet terugkomt. Score -	De damwand komt op een grotere afstand van de woningen, de damwand wordt wel langer wat meer trillingsenergie verlangd. Wat dit met de hinderbeleving naar de woningen doen is onduidelijk Er wordt een boom gekapt, wat nadelig is vanuit oogpunt van de omgeving. Provincialeweg herstellen. Omdat het aanbrengen van de anti-bevermaatregel ruimte vraagt dient een deel van de bestaande watergang tijdelijk gedempt te worden en daarmee komen de werkzaamheden dichter bij de woningen. Omdat hier geen scherm meer staat is er meer ruimte voor de uitvoering beschikbaar. Score 0	Zie 4a Score -	
4d	Stalen damwand overlap: buitendijks damwand doorzetten via afrit en binnendijks vanaf A994 (overlap circa 100 m)	In de doorgaande bomenrij komen geen gaten. Afhankelijk hoever de damwand een overlap krijgt dient toch de anti-bevermaatregel doorgetrokken te worden langs het Oude Maasje in oostelijke richting. Mogelijk dient daarvoor toch de boom die uit de rij staat verwijderd te worden Score 0	Door het aanbrengen van de anti-bevermaatregel zal een deel van de oever van het Oude Maasje worden vergraven wat invloed heeft op het milieu in deze waterpartij	Met 6.185m2 scherm – ca. 50% meer m2 dan 4a – staat dit alternatief op de laatste plek 4 met de meeste milieuimpact. Ook hier is geen verlegging van een sloot of aanbrengen grond(bermen) nodig, waardoor deze milieuimpact hier niet terugkomt. Score - -	Er wordt geen boom gekapt bij deze optie, wat gunstig is vanuit oogpunt van de omgeving. Provincialeweg moet worden hersteld. Omdat het aanbrengen van de anti-bevermaatregel ruimte vraagt dient een deel van de bestaande watergang tijdelijk gedempt te worden en daarmee komen de werkzaamheden dichter bij de woningen een en ander afhankelijk van de plaats en de beëindiging van de	Duurste variant. Er is flink meer staal nodig (factor 1,5 ten opzichte van variant a en b) Score --	Werkzaamheden in het buitentalud, die eerder niet voorzien waren

					damwand Omdat hier geen scherm meer staat is er meer ruimte voor de uitvoering beschikbaar Score +		

Technische onderbouwing bij alternatieven

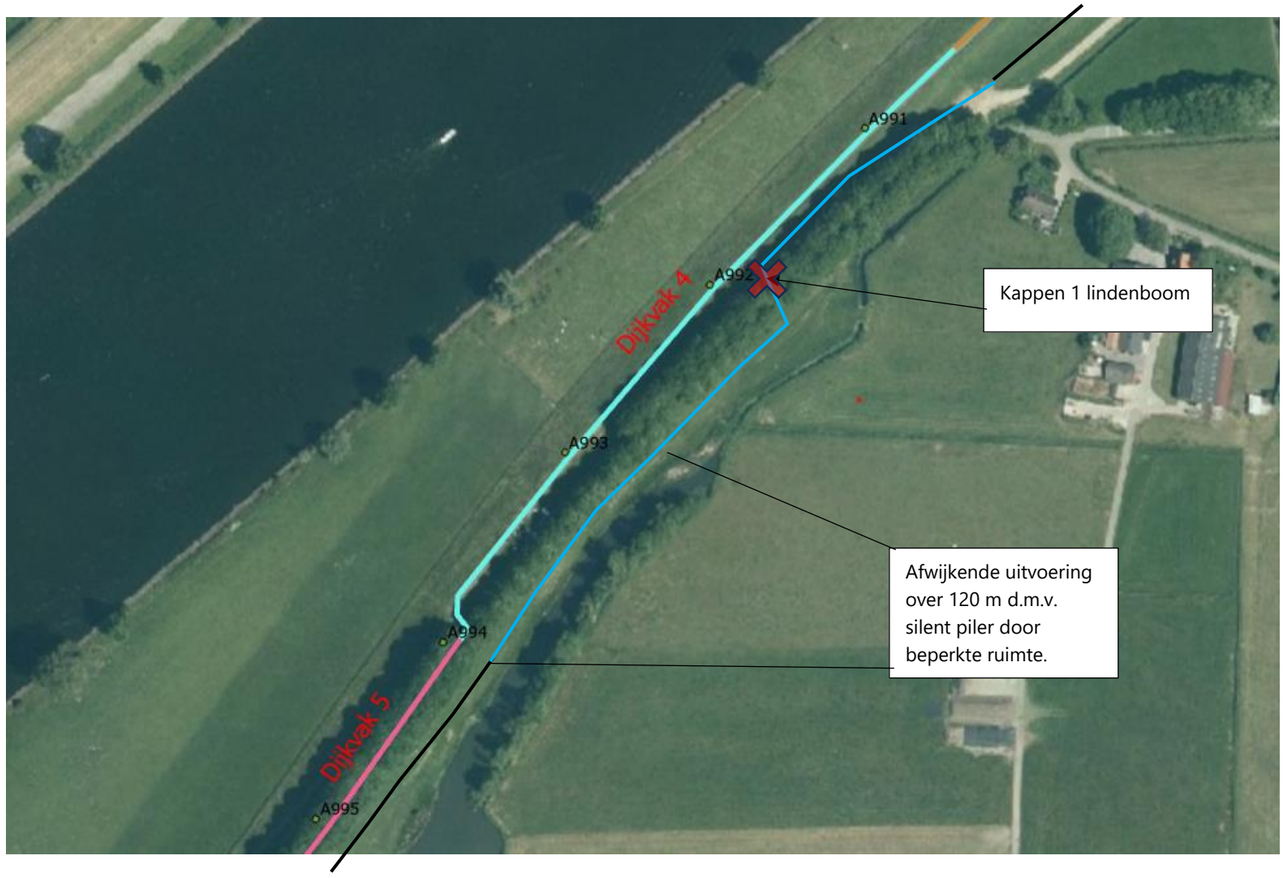
Variant 1: Kunststof heavescherm kruisend voorlangs
Bij deze variant kruist de verticale constructie de provinciale weg, voordat deze parallel aan de dijk omhoog gaat. Voor deze kruising dient de weg opgebroken te worden om het scherm te plaatsen, na plaatsen scherm dient de weg teruggebracht worden. Doordat de kronen van de bomen aan de binnenlandse zijde grotendeels over de ruimte hangen tussen de provinciale weg en de watergang is er beperkt ruimte aanwezig om het scherm te plaatsen. Het scherm komt meer richting de watergang te staan. Om opbarsten voor de damwand te voorkomen dient de grond tussen Provincialeweg en de locatie van het scherm opgehoogd te worden. Er is een opbarst berm noodzakelijk en dit geldt voor ongeveer de helft van het traject. Vanaf daar ligt de weg hoger en kan het scherm in het talud van geplaatst worden, omdat de bomen hier hoger staan en de kroonprojectie niet volledig over het talud hangt. Op het eerste deel tussen de dijk en de Provincialeweg, dient ook een laagte opgehoogd te worden om opbarsten voor de damwand te voorkomen. Op het eerst deel waar de sloot dicht op de weg ligt (tot circa dijkpaal A991+040) dient de watergang verlegd te worden om 1) voldoende ruimte voor uitvoering van de schermen te hebben en 2) voldoende ruimte voor de opbarstberm. Vanwege het verleggen van de sloot dient er ook een nieuwe duiker geplaatst te worden voor de kruising van de provinciale weg. Bij deze variant dienen twee bomen gekapt te worden.



Technische onderbouwing:

- Plaatsen verticaal scherm van 11,5 m lang over 230 m door conventionele uitvoering (trillen);
- Plaatsen verticaal scherm van 12,5 m lang over 120 m door te drukken met silent piler;
- In totaal 4145 m^2 Prolock filterscherm
- Opbreken en terugbrengen provinciale weg over 25 m^2 + herstellen
- Kappen en compenseren 2 Lindenbomen
- Dempen huidige sloot over 75 m
- Graven nieuwe sloot over 75 m
- Plaatsen nieuwe duiker onder de weg
- Ophogen lokale laagte aan dijkzijde met in totaal circa 750 m^3
- Aanbrengen opbarstberm aan binnenzijde van 5m^2 over een lengte van 175 m

Variant 2: Stalen damwand kruisend halverwege oprit (nabij dijkpaal A992)
Bij deze variant wordt de damwand eerst nog een deel doorgezet door het binnentalud van de kering. Hier komt de damwand dus tussen de bomenlaan en de kruin van de dijk te liggen. Omdat de damwand hier hoger in het talud komt, is voor het eerste deel een langere damwandplank nodig. Ter hoogte van de ontbrekende boom bij dijkpaal A992 kruist de damwand de provinciale weg. Voor het kruisen van de weg dient één boom gekapt te worden aan de kruinzijde van de weg. Er ontstaat dan een werkruimte van 18 m om de damwand te plaatsen. Voor het plaatsen van de damwand wordt de weg tijdelijk opgebroken en na het plaatsen van de damwand hersteld. Na de kruising wordt de constructie in de teen van het talud aangebracht. Vanaf dijkpaal A992++080 is de ruimte binnendijks beperkt en is de uitvoering complex.



Technische onderbouwing:

- Plaatsen verticaal scherm van 13 m lang over 140 m door conventionele uitvoering (trillen) vanaf de kruin;
- Plaatsen verticaal scherm van 11,5 m lang over 100 m door conventionele uitvoering (trillen) vanaf binnendijkse zijde;
- Plaatsen verticaal scherm van 12,5 m lang over 120 m door te drukken met silent piler;
- In totaal 4470 m^2 damwand AZ18-700
- Opbreken en terugbrengen Provincialeweg over 25 m^2 + herstellen
- Kappen en compenseren 1 Lindenboom

Variant 3 Stalen damwand kruisend einde oprit (nabij A994)
Deze variant heeft hetzelfde principe als variant, maar wordt hier pas later de weg gekruist. Dit zorgt ervoor dat over een langer traject een langere damwand nodig is. De damwand kan vanaf de kruin van de dijk aangebracht worden. Doordat de weg pas gekruist wordt als de weg bijna op de kruin is, hoeft ook hier maar 1 boom gekapt te worden. Ter hoogte van deze locatie is namelijk maar aan één zijde de bomenlaan aanwezig. Voordeel van deze late kruising is dat het deel met beperkte ruimte tussen het grondlichaam en het Oude Maasje wordt overgeslagen. Vanaf het punt dat de weg gekruist wordt ontstaat weer wat meer ruimte waardoor er geen complexe uitvoering nodig is.



Technische onderbouwing:

- Plaatsen verticaal scherm van gemiddeld genomen circa 14 m lang over 356 m door conventionele uitvoering (trillen) vanaf de kruin;
- In totaal 4957 m2 damwand AZ18-700;
- Opbreken en terugbrengen Provincialeweg over 25 m^2 + herstellen
- Kappen en compenseren 1 Lindenboom

Variant 4 Stalen damwand overlap: buitendijks damwand doorzetten via afrit en binnendijks vanaf A994 (overlap circa 100 m)
Deze variant is grotendeels vergelijkbaar met variant 3. Afwijkende hierop is dat de weg met bomen niet wordt gekruist, maar dat een overlap wordt gerealiseerd. Hiermee wordt voorkomen dat er bomen gekapt hoeven te worden, maar er is wel over een afstand van circa 100 m extra damwand nodig. Deze damwand wordt via de aan buitendijks aanwezige zijnde afrit doorgezet richting de buitenteen van de dijk. Bij deze variant wordt de kruin van de dijk gekruist.



Technische onderbouwing:

- Plaatsen verticaal scherm van gemiddeld genomen circa 14 m lang over 356 m door conventionele uitvoering (trillen) vanaf de kruin;
- Plaatsen verticaal scherm aan buitendijkse zijde van gemiddeld circa 12 m lang over een afstand van 100 m door conventionele uitvoering (trillen van de kruin;
- In totaal 6185 m^2 damwand AZ18-700
- Opbreken en terugbrengen Provincialeweg over 25 m^2 + herstellen


Dijkvak 4
Dijkvak 5
A995

Nota Voorkeursalternatief - Dijkverbetering Doeveren

Status
Definitief

Auteur(s)
W. Janssen (Arcadis)
R. van der Linden (Arcadis)

Review en kwaliteitsborging:
D. van Hogendorp (Arcadis)
W. Hong (Waterschap Aa en Maas)
N ten Have-Ceelen (Waterschap Aa en Maas)
Joris van Herk (Waterschap Aa en Maas)
Gerard de Boer (Waterschap Aa en Maas)
M. de Jong (Arcadis)
J.M. Kamphuis (Arcadis)

Vrijgave:
A.F.A. van Gorp (Waterschap Aa en Maas)

Copyright foto's en ander beeldmateriaal:
Matthijs Willemsen
Intern waterschap Aa en Maas

's-Hertogenbosch, december 2024

Waterschap Aa en Maas
Pettelaarpark 70
5216 PP 's-Hertogenbosch
tel 073 615 66 66
fax 073 615 66 00

info@aaenmaas.nl
www.aaenmaas.nl

© waterschap Aa en Maas. Alle rechten voorbehouden