

Over Arcadis

Arcadis is dé wereldwijde partner op het gebied van datagedreven duurzame ontwerp-, engineerings- en consultancyoplossingen voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. We zijn met zo'n 34.000 architecten, data-scientists, ontwerpers, ingenieurs, projectplanners, waterbeheer- en duurzaamheidsexperts. Allemaal gedreven door onze passie: 'Improving quality of life'. Als onderdeel van onze inzet om een planeet-positieve toekomst te versnellen, werken we met onze klanten samen om duurzame projectkeuzes te maken. Daarbij combineren we digitale en menselijke innovatie en omarmen we toekomstgerichte vaardigheden binnen de sectoren milieu, energie en water, gebouwen, transport en infrastructuur. We zijn actief in meer dan 30 landen en behaalden in 2025 een bruto omzet van €4,9 miljard.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[Arcadis](https://www.arcadis.com)

Colofon

VO ONTWERPTOELICHTING VISMIGRATIE GEWANDE

KLANT

Waterschap Aa en Maas

AUTEUR

Jaap Borghans, Bert Wesselink

PROJECTNUMMER

30217088

ONZE REFERENTIE

P5JDCT2J2PR2-1439929986-1503:1.0

DATUM

1 mei 2026

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Kasper Stoeten
Senior specialist waterbouw

VRIJGEGEVEN DOOR

Bert Wesselink
Projectmanager

7 Geraadpleegde literatuur

De Bruijne, W., Tukker, S., Jong, B. de, Kroes, M.J. en G. Hanon, 2025. Ecologisch ontwerp Visverbindingen stilstaande wateren. OAK en Kroes Consultancy i.o.v. Rijkswaterstaat. –in concept–

Voor een inschatting van de MKI CO2 kosten is gebruik gemaakt van data uit DuboCalc versie 6.0.8 (15/1/2024).

Naast kosten is er ook nog een impact op de schuiven in het schuivenhuis. Bij een hogere koker dienen ook de schuiven hoger te zijn uitgevoerd. Voor de geleiding van de schuiven is het voordelig als deze zo vierkant mogelijk zijn uitgevoerd. Een lange hoge schuif is wat dat betreft nadeliger. Bij een hogere schuif is ook mee ruimte in het schuivenhuis nodig om de schuif in open positie te stallen.

Tabel 6-2: Trade-Off Matrix voor drie varianten van binnenbovenkant koker (b.k.k.): op NAP +0.65 m (SO), NAP +1.0 m en NAP +1.5 m.

		Variant 1	Variant 2	Variant 3
Afmetingen	Binnenbovenkant koker (b.k.k)	NAP +0,65 m	NAP + 1 m	NAP +1,5 m
	Inwendige afmetingen duiker	1,25x1,4 m	1,25x1,75 m	1,25x2,25 m
Luchtpercentage	Percentage van de tijd meer dan 10% lucht in de koker	12%	58%	85%
Betonvolume	Schatting volume betonnen duiker [m3]	365	504	686
Euro's	Kosten betonnen duiker [EUR]	€ 237.250	€ 327.600	€ 445.900
	Meerkosten beton t.o.v. variant 1	€ -	€ 90.350	€ 208.650
	% meerkosten euro's t.o.v. variant 1	0%	38%	88%
CO2	MKI CO2 kosten [EUR]	€ 26.947	€ 35.106	€ 45.903
	Hoger MKI t.o.v. variant 1	€ -	€ 8.159	€ 18.956
	% meerkosten MKI t.o.v. variant 1	0%	31%	72%
Graafdiepte	Graafdiepte bij aanleg	~NAP - 1,5 m	~NAP - 1,6 m	~NAP - 1,7 m

Uiteindelijk is gekozen voor variant 1 omdat is beoordeeld dat extra lucht in de koker vispassage-technisch geen extra voordelen oplevert. Variant 1 is daarnaast de meest goedkope optie met de laagste CO2 impact.

6.3 Uitstroomopening

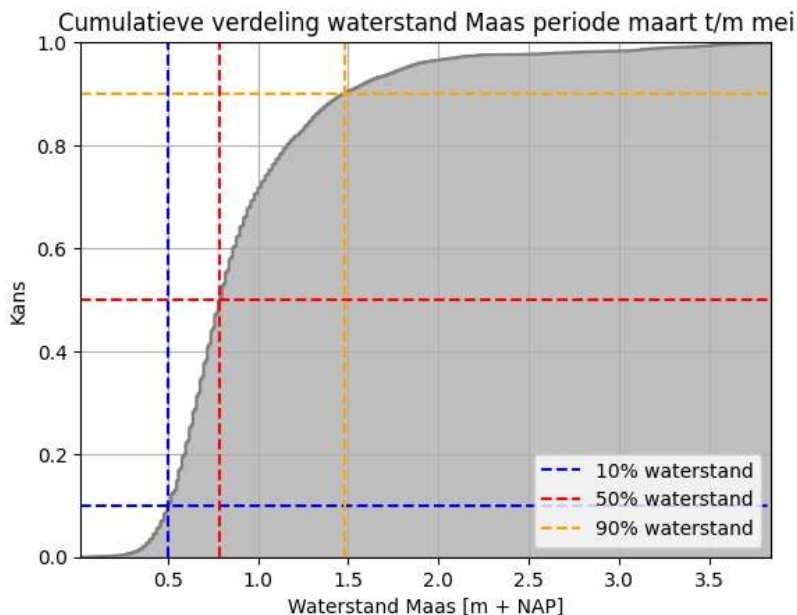
De bodem van de vispassage sluit bij voorkeur aan op de bodem van de watergang. Uit de in 2024 gemeten dwarsprofielen [5] blijkt dat de bodem aan de Maaszijde op zijn diepst op NAP -1,6 m ligt. De passage op deze hoogte aansluiten vraagt een diepe en grote constructie en is dus niet kostenefficiënt. Om voldoende waterdiepte (~1 m) te garanderen bij een laag Maaspeil van NAP +0,4 m, en ook een geleidelijke aansluiting te kunnen creëren, is de beoogde drempelhoogte van de uitstroomopening NAP -0,6 m. De drempel ligt dan 1 m hoger dan de bodem aan Maaszijde.

De aansluiting van de bodem naar de ingang van de vispassage (uitstroomopening) dient vloeiend te verlopen middels een flauw oplopend talud van 1:10. Dit talud dient te zijn gestabiliseerd door middel van een bodembescherming van stortsteen. De bodembescherming moet stabiel zijn onder de maximale stroomsnelheden in de duikerkoker, eventuele waterstands dalingen door scheepsgolven van passerende schepen en stroming vanuit het gemaal.

Vanwege de laag stortsteen (sortering 5-40 kg en Dn50 van 0,19 m) ligt de b.o.k. van de duiker 15 cm lager op NAP - 0,75 m. Om de stenen in de koker te stabiliseren, is het aan te bevelen om in de uitstroomopening een betonnen drempel te storten tot een hoogte van NAP -0,6 m. Dit kan worden geïntegreerd in de constructie voor de schuiven en de schotbalkspanningen.

6.4 Duikerinspectie

Ten behoeve van inspectie is aan de buitenzijde van de dijk in de duiker net voor en na de knikken een luik voorzien.



Figuur 6-2: Cumulatieve verdeling met kans van voorkomen van waterstanden op de maas in de periode maart t/m mei op basis van meetgegevens over de periode 2014-2024.

6.2.3 Variantenafweging binnen bovenkant koker

Een belangrijke overweging in het ontwerp betreft de hoogte van de binnenbovenkant (b.b.k.) van de duiker. Tijdens het ontwerpproces is ter sprake gekomen of het wel of niet wenselijk is dat er ten behoeve van de vispasseerbaarheid lucht aanwezig is in de koker. Naast mogelijke voordelen voor de vispasseerbaarheid zorgt een hogere koker ook voor een beter doorstroming waardoor vuil makkelijker afgevoerd. Waterbouwtechnisch mag de koker wel volledig verdrongen zijn.

Een hogere koker heeft consequenties voor het materiaalgebruik, wat op zijn beurt invloed heeft op de kosten van het project. Om tot een zorgvuldige afweging te komen, zijn drie varianten opgesteld met elk een andere b.b.k. van de duiker.

Tabel 6-2 toont de drie beschouwde kokervarianten met daarin voor elke variant het percentage van de tijd dat er lucht in de koker zit en de consequenties met betrekking tot kosten in euro's en MKI-score.

Voor de bepaling van het percentage behorend bij 10% lucht in de koker, is gebruik gemaakt van de statistiek van Figuur 6-2. Het bijbehorende percentage weergeeft de onderschrijdskans van een waterstand die zich op 90% van de doorstroomhoogte van de duiker bevindt. Bij variant 1 is dit dus bijvoorbeeld voor een waterstand van NAP +0,53 m ($\text{NAP} + 0,65 \text{ m} - 1,25 \text{ m} \cdot 0,1$), wat een onderschrijdskans van 12% heeft.

De meerkosten in euro's en MKI zijn bepaald op basis van het extra betonvolume dat benodigd is voor de constructie van de duiker. De toename in betonvolume is in eerste instantie direct gelinkt aan de extra hoogte door de toegenomen inwendige afmetingen. Daarnaast is ook aangenomen dat duikerwand, plafond en vloer in dikte toenemen door de grotere hoogte die moet worden overbrugd. Vaste uitgangspunten voor alle drie de varianten zijn:

- Drempelhoogte NAP -0,6 m, binnen onderkant koker (b.o.k.) op NAP -0,75 m door de laag stortsteen
- Inwendige duikerbreedte van 1,25 m
- Duikerlengte van 100 m

Voor de bepaling van de kosten in euro's is gerekend met een prijs van 650,- euro per m³ beton (prijspeil 1/7/2024). Dit bedrag is een prijs voor de directe bouwkosten van beton, dus exclusief bouwplaats-, uitvoerings-, management-, engineering- en algemene kosten en winst, risico en btw. Op basis van de SSK-raming van het SO is te stellen dat de totaalkosten ongeveer 1,9 keer groter zijn dan de directe bouwkosten.

6.2 Duikerhoogte en stroomsnelheid

6.2.1 Maximale stroomsnelheid en verhang

Met behulp van het programma HY-8 is een inschatting gemaakt van het te verwachten verhang over de duiker. De resultaten van deze berekeningen zijn te vinden in Tabel 6-1. In deze berekening is uitgegaan van het ontwerpdebiet (350 l/s) in combinatie met een lage waterstand op de Maas (NAP +0,4 m) en een duikerlengte van 100 m. Op basis hiervan is te concluderen dat het verhang over de duiker met een bodem van stortsteen maximaal 4 cm is en dat de stroomsnelheid in de duiker bij een 1.25 m brede duiker in deze situatie maximaal 0.28 m/s is.

Tabel 6-1: Berekening van verhang en stroomsnelheid bij de ontwerpwatersituatie van de vispassage (debiet = 350 l/s, Maaswaterstand = NAP +0,4 m)

Variant	Duiker-formaat (bxh)	Drempel-hoogte	Materiaal in duiker	Indicatie verhang over duiker	Stroomsnelheid in duiker
1. SO ontwerp	1.25 x 1.25 m	NAP -0.6 m	Glad beton (n=0.012)	1 cm	0.28 m/s
2. Kleiner duikerformaat	1 x 1.25 m	NAP -0.6 m	Glad beton (n=0.012)	2 cm	0.35 m/s
3. Hogere bodemruwheid door stortsteen	1.25 x 1.25 m	NAP -0.6 m	Stortsteen (n=0.03)	4 cm	0.28 m/s

De lokstroomleiding kan ook worden gebruikt om de duiker door te spoelen. Bij hoge waterstandsverschillen en voldoende beschikbaar debiet kan dan een hogere stroomsnelheid in de duiker worden gecreëerd om sediment en wellicht ook drijfvuul te verwijderen. Bij een waterstandsverschil van 1 m (bovenstrooms NAP +1,4 m, benedenstrooms NAP +0,4 m) en een lokstroomleiding met een diameter van 500 mm, is het maximale debiet door de leiding ~0,6 m³/s. Met een debiet van 0,35 m³/s door de vispassage maakt dit totaal ~1 m³/s. Bij een nat doorstroomprofiel van 1,25 m² (1 m waterkolom) is de stroomsnelheid dan 0,8 m/s. Mocht dat niet voldoende zijn om de duiker schoon te spoelen, dan kan altijd nog een tijdelijke pomp worden ingezet. De beoogde stortsteen met sortering 5/40 kg kan ook hogere stroomsnelheden opvangen.

In de berekeningen uit Tabel 6-1 is voor de hoogte van de duiker uitgegaan van het SO-ontwerp, met een b.b.k. op NAP +0,65 m. In de laagwatersituatie bevindt zich dan lucht in de koker, maar bij Maaswaterstanden hoger dan ~NAP +0,65 is de koker volledig gevuld met water (verdrongen koker).

6.2.2 Waterstanden op de Maas

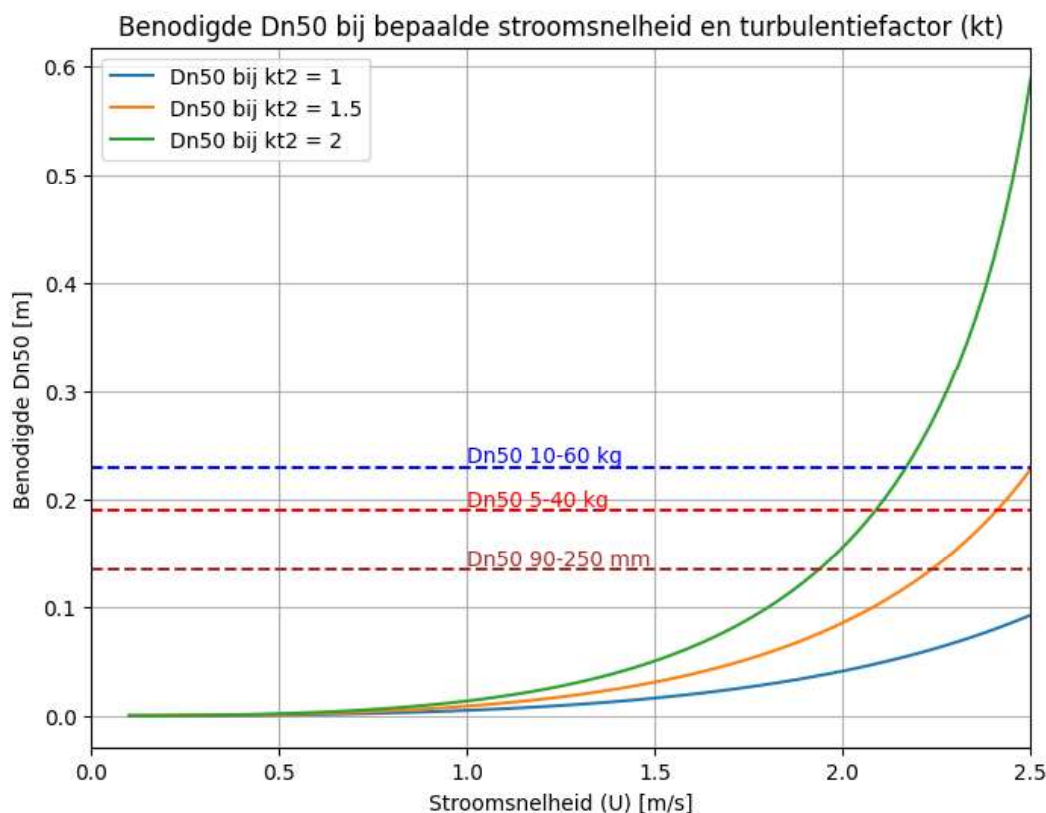
Figuur 6-2 toont een cumulatieve verdeling van de gemeten waterstanden aan Maaszijde van het Gemaal in de periode 2014-2024. De grafiek geeft de kans van voorkomen van een bepaalde waterstand weer. Uit de grafiek is af te leiden dat een waterstand op de Maas van NAP +0.65 m ongeveer 70% van de tijd wordt overschreden. Dit betekent dat bij een dergelijke hoogte de koker 70% van de tijd volledig verdrongen is.

6 Duikerontwerp

6.1 Stortsteen in de duiker

Ten behoeve van de vispasseerbaarheid heeft het de voorkeur om een bodembedekking van stortsteen in de duiker aan te brengen. De ruwere bodem zorgt voor een variatie in stroomsnelheid in de duiker. Door de lagere stroomsnelheid op de bodem kunnen vissen met een lagere zwemsnelheid daar makkelijker passeren.

Figuur 6-1 toont op basis van formule 5.219 uit de Rock Manual [b.] voor verschillende turbulentie factoren (kt_2) de stroomsnelheid waarbij een stortsteen met een nominale diameter ($Dn50$) nog stabiel is. In deze grafiek is uitgegaan van volledig ontwikkeld snelheidsprofiel dat stroomt over een doorlopend stortsteen ($\Psi_{cr} = 0,035$, $\phi_{sc} = 0,75$) met een dichtheid van 2700 kg/m^3 . Aangezien de duiker geleidelijke bochten heeft is een turbulentiefactor van maximaal 1,5 te verwachten (Rock Manual Table 5.53 [b.]). m/s. Bij het eventueel doorspoelen van de koker zijn stroomsnelheden tussen de 1 en 1,5 m/s te verwachten. Bij dergelijke stroomsnelheden is een sortering van 5-40 kg voldoende stabiel (tot stroomsnelheden van $\sim 2,2$) en daarom aan te bevelen.



Figuur 6-1: Minimaal benodigde $Dn50$ diameter voor verschillende turbulentiewaarden (kt_2) en stroomsnelheden (U) op basis formule 5.219 uit de Rock Manual [b.]

het water de duiker in en zorgt er daarnaast voor dat vissen niet de woelbak en de lokstroomleiding in kunnen zwemmen. Om de diffusor schoon te kunnen maken en te onderhouden kan deze uitneembaar worden geconstrueerd. De plaat is dan te plaatsen tussen schotbalksponningen. De gaatjes hebben een zo klein mogelijke diameter, zodat de diffusor niet enkel de lokstroom evenredig verdeelt over de waterkolom maar ook een fysieke obstructie vormt voor vissen van alle lengteklassen. Daarbij moet rekening worden gehouden met intrek van pootaal op deze locatie.

Het is van belang dat de diffusor een groter debiet door kan laten dan het debiet dat door de lokstroomleiding stroomt, zodat het water niet wordt opgestuwd. Het doorstroomoppervlak dient bij ontwerppeil (NAP +0.4 m) daarom minimaal 1,5 tot 2 keer zo groot te zijn als het doorstroomoppervlak van de lokstroomleiding. Verder ontwerp van dit scherm is aan de aannemer.

Om vortexen rondom de inlaat van de lokstroomleiding te voorkomen, dient deze diep genoeg te liggen. Het uiterst laagbeheerpeil op de Roode Weetering is NAP +0,7 m. Bij negatieve vervalsituaties (Maas > Roode Weetering) en een positieve vervalsituatie kleiner dan 0,1 m is de vispassage buiten gebruik. Uit de meetgegevens over de periode 2014-2024 blijkt dat voor combinaties met een positief verval dat groter is dan 0,1 m, de laagst gemeten waterstand op de Roode Weetering NAP +0,72 m is. Er zijn wel lagere waterstanden op de Roode Weetering gemeten, maar dan altijd in combinatie met een peil op de Maas dat hoger ligt dan de Roode Weetering. Een lager waterpeil dan NAP +0,7 m en gelijktijdig gebruik van de vispassage/lokstroomleiding is dus niet te verwachten.

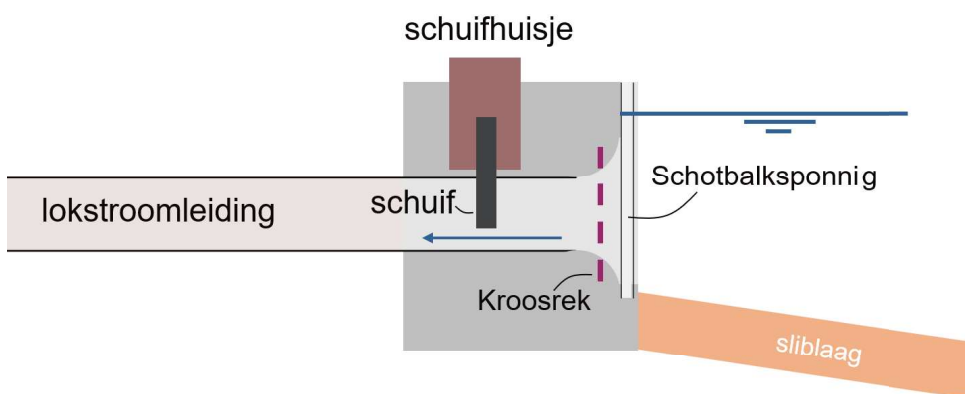
Een schatting van de verwachte waterstandsval rondom de instroomopening is te geven op basis van de snelheidshoogte in de lokstroomleiding. Stel dat er bij het extreem lage waterpeil een waterstandsverschil van 20 cm over leiding staat. Dan is de dieptegemiddelde stroomsnelheid in de buis 1,6 m/s.

$$\Delta H = \frac{U^2}{2g} = \frac{1,6^2}{2 \cdot 10} = 0,128 \text{ m}$$

Bij een stroomsnelheid van 1.6 m/s in de buis is de snelheidshoogte 0,128 m. In de extreme situatie dat bij het laagste beheerpeil van NAP +0.7 m de lokstroomleiding wordt ingezet kan er dus lokaal een waterspiegeldaling van orde grootte 15 cm optreden. Als conservatief uitgangspunt is een maximale waterspiegeldaling van 20 cm aangehouden. De binnenbovenkant (b.b.k.) van de inlaat dient dan op NAP +0,5 m te liggen. Met een diameter van 400 mm ligt de binnenonderkant (b.o.k.) van de inlaat dan op NAP +0,1 m.

Rond de instroomlocatie van de lokstroomleiding ligt volgens [5] een sliblaag die tot circa NAP -0,3 m rijkt. De b.o.k. bevindt zich dus 40 cm boven de bovenkant van deze sliblaag. Mocht er toch nog slib voor de instroomopening komen te liggen, dan is de verwachting dat door het grote drukverschil dit slib wordt weggespoeld. Dit komt dan terecht in de woelbak na de lokstroomleiding.

Voor de instroomopening dient een kroosrek te komen om kroos en groot drijfvuil uit de leiding te weren. Daarnaast zijn schotbalkspanningen voorzien om de leiding volledig af te kunnen sluiten. Figuur 5-2 toont een schets van de instroomopening.



Figuur 5-2: Schets van de instroomopening lokstroomleiding, inclusief schuif, schuifhuisje, kroosrek en schotbalkspanning.

5.3 Uitstroom lokstroomleiding

De lokstroomleiding takt binnendijs aan op de duiker. Het debiet dient vloeiend de duiker in te stromen ter voorkoming van hoge turbulentie in de vispassage. Met het tussentijds aantakken van de lokstroomleiding ontstaat het risico dat de vissen de lokstroomleiding in willen zwemmen. Dit dient te worden voorkomen.

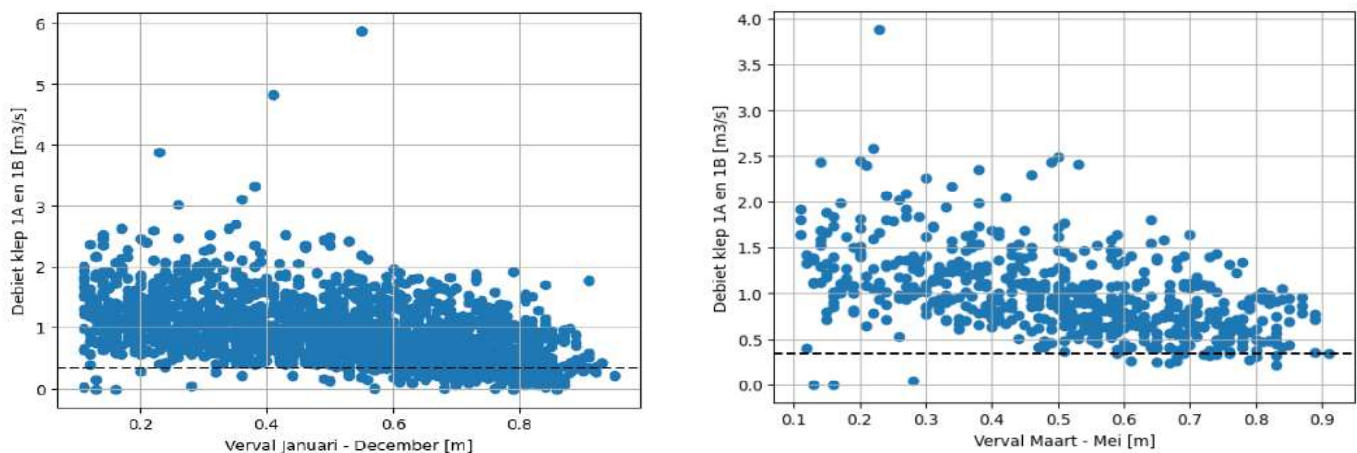
De lokstroomleiding stroomt uit in een woelbak voordat deze aantakt op de duiker. Het doel van de woelbak is om de stroomsnelheid te verlagen en turbulentie daarin op te vangen. Het lokstroomdebiet uit de leiding dient bijna parallel de duiker in te stromen, zodat deze de stroming aldaar zo min mogelijk verstoort. Tussen de woelbak en de duiker staat daarom een vlakke plaat vol met kleine cirkelvormige gaatjes, ook wel diffusor genoemd. Deze diffusor geleidt

5 Ontwerp lokstroomleiding

De lokstroomleiding voert extra debiet aan op het moment dat het verval over de vispassage klein is en het debiet door Vertical Slots te klein wordt om de vissen richting de passage te lokken. Om graafwerkzaamheden door de dijk te beperken, is ervoor gekozen om de lokstroomleiding binnendijs aan te takken op de duiker. Het lokstroomdebiet stroomt dan dus door de duiker. Bijkomend voordeel is dat bij grotere vervalssituaties de lokstroomleiding ook te gebruiken is om de duiker door te spoelen.

5.1 Benodigde diameter

Het ontwerpdebiet van de vispassage is $\sim 0,35 \text{ m}^3/\text{s}$ [1]. Het ontwerpdebiet is gekozen op basis van het ontwerppeilverschil van 0,8 m en is bij dat peilverschil minimaal 30-35% van de totale afvoer. In de uitgangspuntennota [1] is aangegeven dat voor een Vertical slot vispassage over het algemeen een minimale lokstroom dient te zijn gehanteerd van 5-10% van het totale debiet.



Figuur 5-1: Scatterplots van debiet en peilverschil (2014-2024), jaarrond en maart t/m mei [1]

Figuur 5-1 toont twee scatterplots (jaarrond en maart t/m mei) van het debiet en het peilverschil op basis van meetdata van 2014-2024. Bij lagere vervallen (circa 0,1 tot 0,2 m) is er in de periode maart-mei maximaal een gemiddelde debiet van $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Een ondergrens van 5% van het totale debiet komt dan overeen met $0,125 \text{ m}^3/\text{s}$.

In situaties met laag verval dient dit debiet met name van de lokstroomleiding te komen, aangezien er dan amper debiet door de Vertical Slots stroomt. De benodigde lokstroomleidingdiameter is bepaald voor een klein verval van 0,1 m tussen Maas en Roode Weetering. Onderstaande formule voor een verdronken koker is afkomstig uit [a.]. Het debiet volgt uit het verval en het effectieve oppervlak (A).

$$Q = \mu A \sqrt{2g\Delta h}$$

Uitgaande van een afvoercoëfficiënt (μ) van 0,8, is bij een verval (Δh) van 0,1 m de dieptegemiddelde stroomsnelheid in de buis 1,1 m/s. Bij een buisdiameter van 400 mm ($A = 0,126 \text{ m}^2$) is het debiet dan $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$. Dit is voldoende om te voldoen aan de ondergrens van $0,125 \text{ m}^3/\text{s}$.

5.2 Inlaat lokstroomleiding

De hinder van een inzuigstroom nabij een vismigratieroute wordt bepaald door meerdere factoren (o.a. hoogteligging en stroomsnelheid). De daadwerkelijke hinder die vis ondervindt, varieert zodoende op basis van locatiespecifieke omstandigheden. Er is dan ook geen onderzoek beschikbaar op basis waarvan een minimale afstand is bepaald. Wel wordt op basis van expert judgement een minimale afstand geadviseerd van 10 meter (Bruijne *et al*, 2025). Deze afstand is overgenomen in het ontwerp. De inlaat van de lokstroomleiding dient op minstens 10 m afstand van de instroomlocatie van de Vertical Slots te liggen, zodat vissen daar geen last van ondervinden.

4 Uitgangspunten hydraulisch ontwerp duiker en lokstroomleiding

Tijdens de schetsontwerpfase zijn uitgangspunten vastgesteld die in deze ontwerpronde ook zijn meegenomen. Deze functionele uitgangspunten ten behoeve van vispasseerbaarheid zijn als volgt [1]:

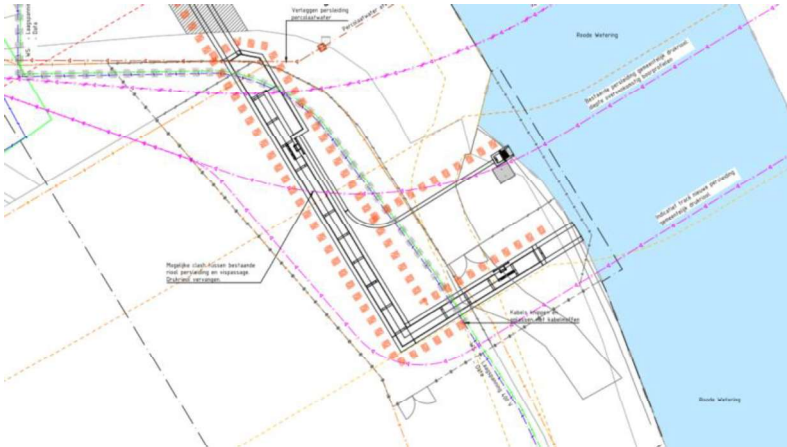
- Het gemaal wordt vispasseerbaar gemaakt in de periode dat de Roode Wetering hoger staat dan de Maas. De vispassage is gesloten en buiten gebruik op het moment het waterstandsverschil van de Roode Wetering naar de Maas kleiner is dan 0,1 m of er een negatieve vervalsituatie is (Waterstand Maas > Roode Wetering)
- Het zwaartepunt van de stroomopwaartse migratie ligt in het voorjaar (maart tot en met mei). Het ontwerp wordt op deze periode afgestemd. Dat wil niet zeggen dat migratie buiten deze periode niet belangrijk en mogelijk is.
- De uitzwemopening wordt bij voorkeur zo ver als mogelijk van de inlaatleiding afgeplaatst met een minimum van 10 m, omdat drijfvuil zo beter kan worden afgeleid richting de stuw en om te voorkomen dat stroomopwaarts gemigreerde vissen weer stroomafwaarts spoelen.
- De dieptegemiddelde stroomsnelheid in de passage is maximaal 0,3 m/s, om zo alle doelvissoorten te faciliteren.

Met betrekking tot de waterstanden zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd [1]:

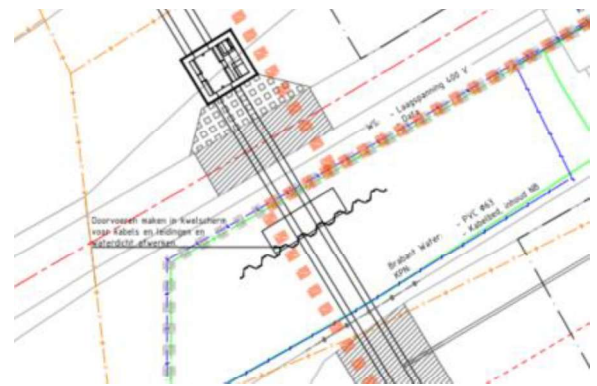
- Volgens het peilbesluit zijn de peilen op de Roode Weetering NAP +0,9 m in de winter en NAP +1,3 m in de zomer. Voor beide peilen geldt een beheermarge van ± 20 cm. De overgang van winter- naar zomerpeil vindt plaats medio april en valt dus binnen de beschouwde ontwerpperiode (maart t/m mei).
- De range binnen de waterstand van Roode Wetering waarbinnen de vispassage moet functioneren, bedraagt NAP +0,8 m tot NAP +1,4 m. Bij deze range is uitgegaan van het gehanteerde winter- en zomerpeil met een marge van 10 cm. Waarden buiten deze range komen zelden voor.
- Als minimale waterstand van de maas wordt uitgegaan van NAP +0,4 m. Lagere waterstanden komen in de periode maart t/m mei niet veel voor.
- De vispassage wordt zo ontworpen dat deze optimaal functioneert tussen 0,1 en 0,8 meter peilverschil. De vispassage is dan jaarrond en in de periode maart t/m mei respectievelijk 53,7% en 59,75% van de tijd functioneel.

Met betrekking tot debiet en stroomsnelheden in de passage zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd [1]:

- Om de vispassage goed te laten functioneren, moet de lokstroom van de vispassage voldoende omvang hebben ten opzichte van de hoofdstroom. Bij voorkeur is deze verhouding zo klein mogelijk. Als vuistregel wordt voor een vertical-slot vispassage een waarde gehanteerd van 5-10% van het debiet door het gemaal/stuw. Het ontwerpdebiet voor de passage is 0,350 m³/s bij een peilverschil van 0,8 m. De lokstroom is bij dat peilverschil minimaal 30-35% van de totale afvoer.
- Op basis van historische data is te concluderen dat in de periode maart t/m mei veelal voldoende water beschikbaar is om de vispassage te laten functioneren. In de zomerperiode zal de vispassage soms noodgedwongen moeten worden dichtgezet om uitzakken van het peil te voorkomen (of er moet extra wateraanvoer worden gerealiseerd).



Figuur 3-14: kabels en leiding vertical slot en lokstroomleiding



Figuur 3-15: kabels en leiding naast kering

Naast het vertical slot is een leidingtracé getekend om laagspanning en data kabels van het waterschap te verleggen.

Op basis van een interne analyse door het waterschap, is het niet noodzakelijk om de stroom en datakabel te vervangen in verband met leeftijd van de kabels (2014). Voor nieuwe tracés wordt gebruikt gemaakt van de werkputten en sleuven die voor het werk wordt gemaakt.

Bij het innamepunt van de lokstroomleiding in de Rooie wetering ligt ook een gestuurde boring van het gemeentelijk persriool. Er is een onzekerheid hoe diep de gestuurde boring ligt onder de geplande vispassage. De revisieprofielen van de gestuurde boring geven hier geen éénduidig beeld. In het negatieve geval komt de persleiding in de bodem te liggen van de betonconstructie en is het ook hinderlijk voor een bouwkuip. Het is nu niet bekend of de persleiding met ontheffing ligt, zodat deze op aanzegging van het waterschap is te verplaatsen door de gemeente buiten de vispassage. Voor het ontwerp is rekening gehouden dat de persleiding $\varnothing$ 110 mm mantelbuis met $\varnothing$ 63 mm doorvoering wordt verlegd tot buiten de nieuwe constructie.

Tussen de lokstroomleiding en uitzwemopening van de vispassage dient tenminste 10 m afstand te zitten om inzuiging van vis in de lokstroomleiding te voorkomen. De afvoer van het percolaatwater geschiedt met een persleiding. Met de leidingbeheerder is nog afstemming noodzakelijk hoe het tracé loopt van de persleiding van het percolaatwater.

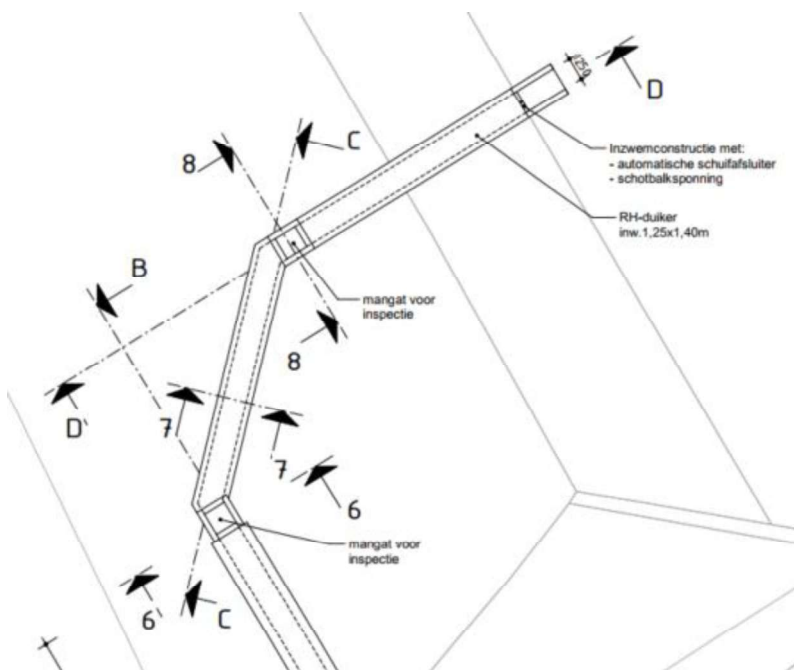
In Figuur 3-15 kruist de duiker een waterleiding $\varnothing$ 63 mm en een kabelbed van KPN. De diepteligging van de waterleiding en het kabelbed is niet gecontroleerd ten opzichte van de duiker in het veld door proefsleuven. Bij één meter dekking, zou de diepteligging geen probleem mogen zijn volgens het VO.

Vanuit de Vergunning Eigen Dienst (VED) dienen kabels met tenminste 1,0 meter dekking te liggen.

lozing. Rekening houdend met de randvoorwaarden (constructie van de dijk) is de gekozen locatie voor de inzwemopening het meest optimaal. Doordat de stroomsnelheid in de inzwemopening altijd hoger is dan de laminaire stroming achter het gemaal als gevolg van de vrije lozing, is deze goed op te merken voor migrerende vissen.

3.7.2 Uiterwaard

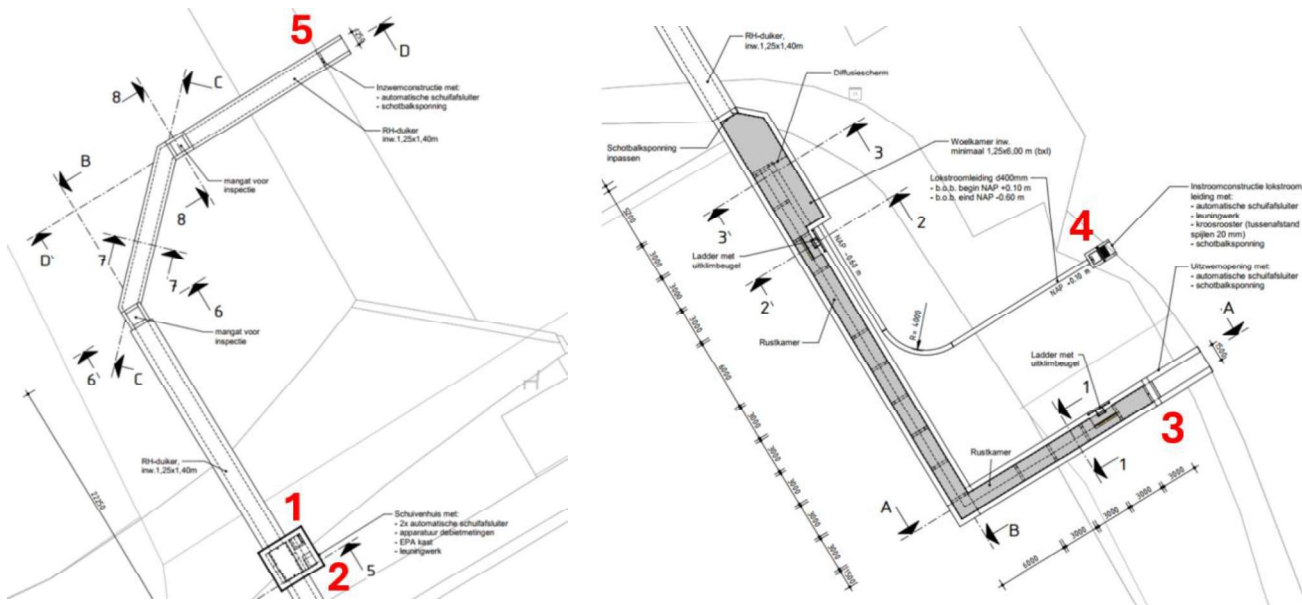
In de uiterwaard wordt de duiker aangelegd, die als inzwemopening functioneert voor de vispassage. In het ontwerp is gekozen voor een doorlopende duiker met een 2x 45 graden hoek, omdat anders vuil zich verzamelt in het open water tussen twee duikers in. Hierdoor zijn er ook geen beverwerende maatregelen benodigd. Voor en na de bocht zijn inspectieluiken voorzien. De bereikbaarheid van de duiker is een aandachtspunt, omdat er nu geen voorziening aanwezig is om van de dijk naar beneden te lopen, maar wel op ca 200 m.



Figuur 3-13: inzwemopening - locatie duiker uiterwaard

3.8 Kabel en leidingsystemen

Vanuit de kabel en leidinginventarisatie zijn er een aantal knel- en aandachtspunten geformuleerd. In Figuur 3-14 staan de aandachts- en knelpunten (ontwerp- versus ligging kabels en leidingen) weergegeven bij het vertical slot en lokstroomleiding en in Figuur 3-15 de kabels en leiding in de kering die duiker kruisen.



Figuur 15: locatieschuifsluiter

3.6 Terreininrichting gemaalterrein en weg infrastructuur

Het gemaalterrein waarbinnen de vispassage zich vindt is afgeschermd met hetzelfde systeemhekwerk als in de huidige situatie en is afsluitbaar. De verharding van het terrein bestaat uit asfalt en deze zijn te herstellen conform de huidige situatie. Tijdens de uitvoering is het belangrijk dat het gemaalterrein te allentijden bereikbaar is voor het dagelijks beheer en onderhoud. Met name in het maaiseizoen is er een grotere toename van maaisel en kroos welke extra activiteiten vraagt om deze voor het gemaal te verwijderen met groter materieel.

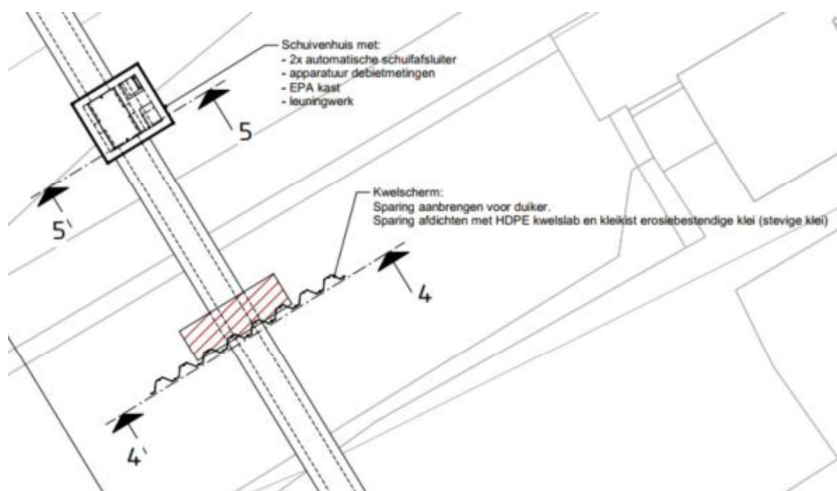
Verkeerskundig zijn geen nieuwe ontwikkelingen. De weg op de kering mag opengebroken worden en mag na afloop worden dicht geklinkerd. De gemeente Oss zal na een zetting periode van 2 jaar nieuw asfalt aanbrengen.

Er is mininmaal 1,50 m vrije ruimte in berm aanwezig tussen kant asfalt en een obstakel, hierdoor zijn geen aanvullende maatregelen nodig

3.7 Uiterwaard

3.7.1 Inzwemopening

De meest optimale inzwemopening van een vispassage is gelegen ter hoogte van de migratielinielij. Om hier zicht op te krijgen, is in de fase van schetsontwerp gerekend aan de optredende stroomsnelheden achter het gemaal bij lozing onder vrij verval. Op basis daarvan kan worden gesteld dat vissen fysiek dicht bij het gemaal kunnen komen. Direct achter de lozingskokers is echter wel sprake van hogere stroomsnelheden. Het water dient zich immers eerst verder te verdelen over het natte oppervlak, alvorens de stroomsnelheid voldoende afneemt. Voor de inzwemopening van de vispassage vanuit de Roode Wetering dient zodoende ook rekening te worden gehouden met de turbulente zone achter de twee lozingskokers. Meer leidend in de keuze voor de inzwemopening zijn de huidige constructie van de dijk (en daarmee ook het ontwerp van de dijkversterking Lith-Bokhoven, waarbij de dijk wordt verbreed) en de onderhoudbaarheid van de toekomstige vispassage. Op basis daarvan is de beoogde inzwemopening indicatief bepaald tijdens het veldbezoek [1]. Er is daar geen sprake meer van hogere stroomsnelheden als gevolg van de vrije



Figuur 3-11: locatie schuivenhuis

De hoogte van het schuivenhuis is ontworpen op de HBN zichtjaar 2080 en daarbij hoort een waterstand van NAP +8,98 m. De schuiven zijn aan de buitenwanden van het schuivenhuis geplaatst. Bij een eventueel falen van de eerste schuif (Maaszijde) is dan het schuivenhuis hoog genoeg om geen "lek" te krijgen via het schuivenhuis. De maatgevende waterkolom voor de berekening van de schuiven wordt "standaard" 10 m aangehouden. Dit is voldoende ten opzichte van de voorkomende waterstanden (HBN 2 NAP +8,98 m en waterpeil in vispassage (NAP +0,40 m))

Voor het ontwerp van de constructie met betrekking tot stabiliteit en piping is de waterstand bij norm (WBN) voor de ondergrenswaarde (1/3000 per jaar) voor zichtjaar 2130 aangehouden: NAP+8,18 m.

Vanuit de onderloopsheid is een piping scherm voorzien met een inheidiepte van NAP -7,0 m. De breedte van het scherm is een praktische maat waarop de dijkversterking kan aansluiten. De minimale sterkte voor het pipingscherm wordt voorgegeven in het UAV-gc contract. Vanuit beheerdersoptiek wil opdrachtgever de kwelweglengte en stabiliteitsopgave zelf berekeningen voor de constructie door de primaire kering, zodat de Opdrachtnemer het ontwerp kan detailleren in de DO-fase (Definitief Ontwerp) van het UAV-GC contract. Damwanden dienen in ieder geval uit warm gewalste profielen te bestaan.

3.5 Elektra en procesautomatisering (E-PA)

Voor de aansturing van de vispassage en hoogwaterveiligheidsvoorzieningen wordt aangesloten op bestaande meetnet van gemaal Gewande. Per locatie komt er een E(pa)-kast te staan, die voeding krijgt vanuit gemaal Gewande. De procesautomatisering van de nieuwe schuiven is ook gekoppeld met gemaal Gewande. Iedere schuifafsluiter krijgt zijn eigen unieke nummer, zie Tabel 8. Alle kasten komen op maaiveldniveau te staan c.q. bovenkant putrand. Voor de locatie van de schuiven zie Figuur 15

Tabel 8: nummering schuiven

#	Locatie schuif - afsluiter	Gisnummer waterschap in DO fase	Functie- werking
1	1 ^e schuif schuivenhuis hoogwaterzijde	Invullen iom beheerder	Hoogwaterveiligheidsluiting. Sluiting op Maaspeil NAP +2,20 of NAP +1,40 m. Dit peil is te besluiten door de beheerder.
2	2 ^e schuif schuivenhuis laagwaterzijde		Hoogwaterveiligheidsluiting. Sluiting op Maaspeil NAP +2,20 of NAP +1,40 m. Dit peil is te besluiten door de beheerder.
3	Schuif vispassage Roode wetering		Waterbeheerschuif. Sluiten bij geen afvoer-droogte of bij onderhoudswerkzaamheden.
4	Schuif inlaatleiding Roode wetering		Debietregelfunctie: Debiet aanvullen (tot 350 liter per seconde) in de duiker als de vispassage zelf geen 350 liter per seconde levert
5	Schuif inzwemopening – duiker Maas		Waterbeheerschuif. Sluiten als er geen vrije afvoer meer mogelijk is op de Maas en het gemaal gaat pompen. Sluiten bij onderhoudswerkzaamheden.

3.2.2 Lokstroomleiding

Er is een lokstroomleiding $\varnothing$ 400 mm [berekend in hoofdstuk 5 Ontwerp lokstroomleiding] aanwezig met om het debiet van het vertical slot aan te vullen tot 350 liter/s. De binnenbovenkant buis (b.b.k) ter voorkoming van vortexen ligt op NAP +0,50 m en het laagst gemeten peil bij positief verval groter dan 0,1 m ligt op NAP +0,72 m (Roode wetering watert nog vrij af op de Maas). De binnenonderkant van de buis komt op NAP +0,10 m te liggen en dat is ca. 0,40 m hoger dan de aanwezige baggerspecie in het profiel van de watergang aan de oever. In Tabel 7 staan de debieten weergegeven bij de waterstandsverschillen die de lokstroomleiding levert.

Tabel 7: debietberekening lokstroomleiding bij waterstandverschil

Waterstandsverschil [m]	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0.1
Stroomsnelheid leiding [m/s]	3.5	3.2	2.7	2.2	1.6	1.1
Debiet door lokstroomleiding [m3/s]	0.45	0.40	0.34	0.28	0.20	0.14

Het systeem van de lokstroomleiding is voorzien leidingwerk, een instroomput voor appendages, schuifafsluiter, schotbalksponningen en een ontvangstput om het water op een geleidelijke wijze in de duiker te laten stromen.

3.3 Peilregulerende voorzieningen oppervlaktewatersysteem

De vispassage is dicht te zetten aan de Roode weteringzijde en de Maaszijde met een schuifafsluiter, beide peilafsluiters zijn geautomatiseerd. De schuifafsluiter aan de Maaszijde moeten tenminste tot NAP +8,18 m (WBN norm) waterkolom kunnen keren voor het dagelijkse peilbeheer. De feitelijke hoogwaterveiligheid wordt verzorgd door de schuiven in het schuivenhuis (paragraaf 3.4 Hoogwaterveiligheidsvoorzieningen). De schuif aan de Roode weteringzijde heeft een breedte van 0,25 m gelijk aan de sparing in het vertical slot. De schuifafsluiter aan de Maaszijde in de duiker heeft een afmeting van (b x h) 1,25 x 1,40 meter.

Alle kunstwerken zijn voorzien van schotbalksponningen bij de in-uitstroomopening om het kunstwerk droog te zetten voor inspectie. In de duiker zitten voor en na de bocht een inspectieluik met een gefixeerd luik, dat bestand is tegen de zuigende werking van het water.

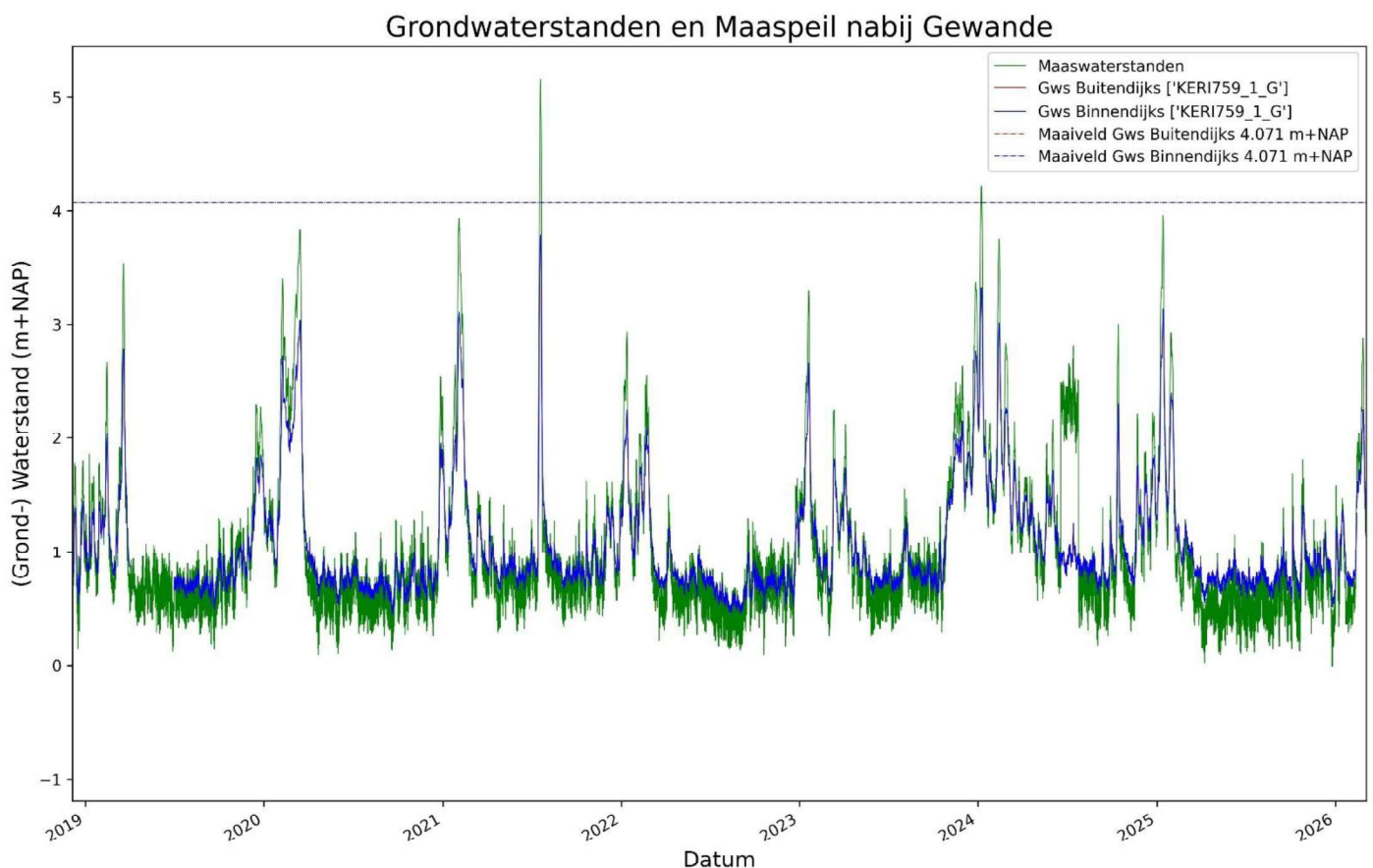
3.4 Hoogwaterveiligheidsvoorzieningen

Het schuivenhuis is de voorziening waarin de twee schuiven aanwezig zijn voor de hoogwaterveiligheid. Het schuivenhuis heeft ladders en verdiepingsvloeren, zodat de schuiven bereikbaar zijn voor onderhoud. De onderste vloer is gemaakt van wegneembare en gefixeerde (tegen opdrijven) looproosters om inspectie uit te kunnen voeren. De schuiven zijn via sparringen en luiken te verwijderen voor onderhoud. De aandrijving van de schuiven en de E-kast staan boven op het schuivenhuis, zodat er geen onderhoudswerkzaamheden in afgesloten ruimtes hoeven plaats te vinden.

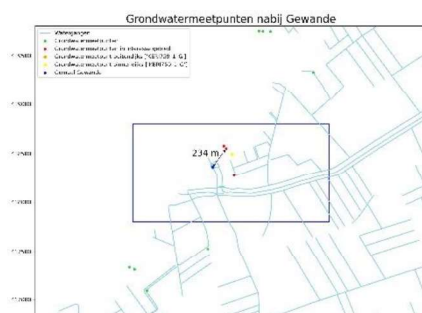
Het schuivenhuis staat in het buitentalud van de kering, Figuur 3-11. Deze locatie is in nauw overleg gekozen met het dijksterversterkingsteam van HWBP Lith- Bokhoven (LiBo). Het voordeel van deze locatie is dat het schuivenhuis eenvoudiger is in te passen op de ontwerpgegevens die HWBP LiBo heeft: hoogte, piping en stabiliteit (standlijn Q3-2025).

De bovenzijde van het vertical slot is voorzien van roosters ter bescherming van invallen. Roosters zijn overrijdbaar te maken als dat nodig blijkt vanuit beheer. De vispassage komt op eigen grondgebied, omdat naast de geplande vispassage nieuw eigendom is verkregen, waarover de Roode Wetering is te bereiken. Boven de schotten is een loopvoorziening gemaakt om drijfvuil te verwijderen in het vertical slot zelf. Om drijfvuil te weren is er één voorziening noodzakelijk, die het drijfvuil weert bij het vertical slot en de lokstroomleiding en het drijfvuil richting de krooshekreiniger bij het gemaal duwt.

De duiker doorsnijdt de kleilagen in de bodem en de onderkant van de duiker komt in een zandlaag te liggen. Bij de realisatie dient hier rekening meegehouden te worden met ontwikkelen van de bouwkuipvoorziening. Een afdichting aan de onderzijde van de bouwkuip voorkomt groot waterbezwaar en effecten op de omgeving. De interactie van de peilbuizen in het binnendijkse gebied en de waterstanden op de Maas is weergegeven in figuur Figuur 12 en de locatie van de meting in Figuur 13. De peilbuizen staan op enige afstand (ca. 250 m) van de geplande vispassage, maar leveren inzicht op hoe het systeem werkt.



Figuur 12: grondwaterstandsmetingen gecombineerd met Maaswaterstanden

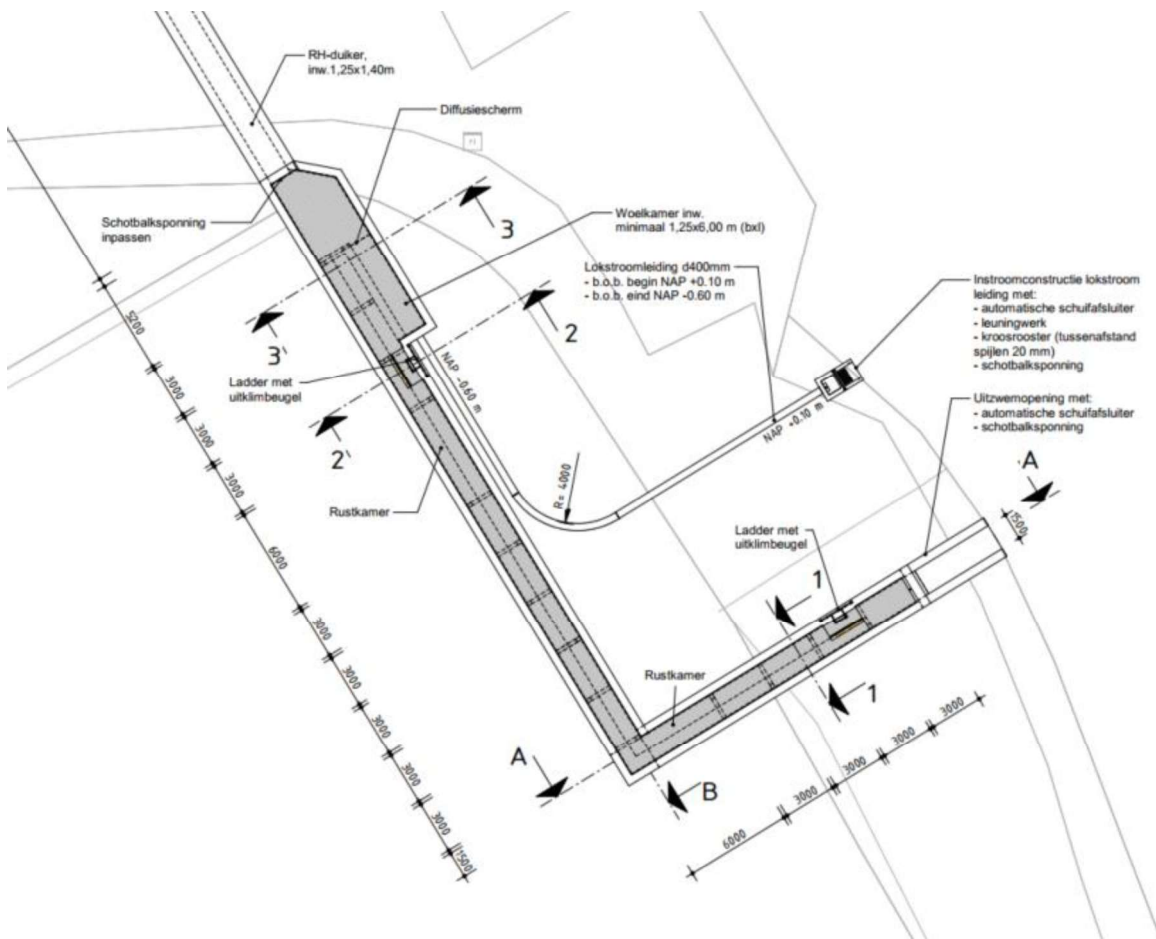


Figuur 13: locatie meetpunten in de nabij Gewande

van 100 W/m³. Met de gekozen maximale waterdiepte is er, binnen de volledige range aan waterstanden waarin de vispassage beschikbaar is, sprake van voldoende waterdiepte. Daarbij wordt het verlies aan debiet door de vispassage gecompenseerd met de lokstroomleiding. Het is zodoende niet noodzakelijk om een tweede inlaat aan bovenstroomse zijde aan te brengen in het vertical slot.

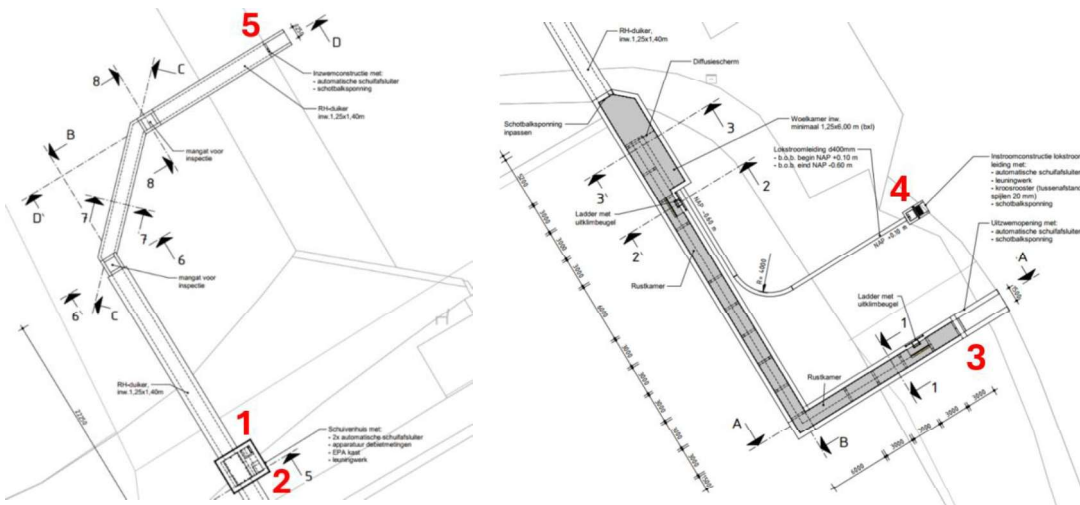
De drempelhoogte van eerste drempel vanaf de Roode wetering bedraagt NAP -0,10 m en de laatste drempel voor de duiker bedraagt NAP -0,90 m. De tussenliggende drempels liggen in de verhanglijn. Het ontwerp van de vertical slot is weergegeven in Figuur 3-8.

Bij de aansluiting van het vertical slot op de duiker en de woelkamer van de lokstroomleiding is nu een diffusiewand getekend. In het Definitief Ontwerp (DO) dient dit deel van het ontwerp verder te ontworpen op haar functionaliteit. Het is niet de bedoeling dat vissen de lokstroomleiding inzwemmen en dat er te veel stroming ontstaat waardoor de vertical slot niet gevonden wordt.

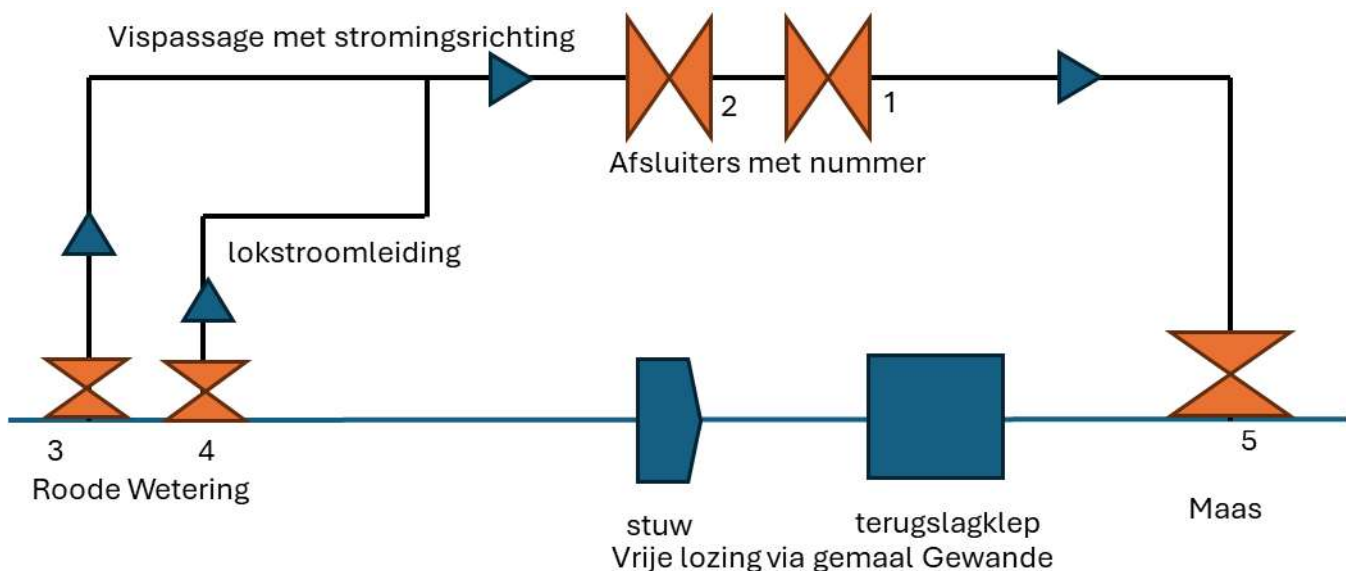


Figuur 3-8: vertical slot met lokstroomleiding

Het vertical slot sluit aan op een duiker, die haaks door de primaire kering gaat en heeft een inwendige afmeting van 1,25 m breed en 1,40 m hoog. De binnenonderkant van de duiker ligt op NAP – 0,75 m en in de duiker ligt een laagdikte van 0,19 m stortsteen (uitgaande van sortering 5-40 kg en Dn50 van 0,19 m). De duiker is aan de Maaszijde voorzien van twee inspectieluiken. Er hoeft geen lucht in de duiker te zitten, omdat dit hydraulisch en vispassage technisch geen voordelen oplevert. De in- en uitzwemopening zijn onderhoudsvrij gemaakt door een bekleding met een beperkte breedte naast het kunstwerk.



Figuur 3-6: Locatie van de vijf schuifafsluiters



Figuur 10: schematische weergave afsluiters

3.2 Vertical slot

3.2.1 Vertical slot en duiker

Het vertical slot is ontworpen tijdens de variantenstudie [Ref. 1] met een peilverschil van 0,06 m per schot en de vispassage telt hierdoor dertien kamers (veertien schotten). In het ontwerp zijn twee rustkamers voorzien. Een rustkamer heeft de dubbele lengte van de overige kamers en deze worden zo verspreid mogelijk over de totale vispassage ingepast. De volgende peilen worden voor de Roode Wetering gehanteerd binnen het peilbesluit: Winter: NAP +0,9 m en Zomer: NAP +1,30 m. Uit meetdata blijkt dat ook hogere zomerwaterstanden voorkomen om de lozingscapaciteit beter te benutten van het gemaal.

Het vertical slot heeft een volledige sleufbreedte van 0,25 meter, een inwendige kamerbreedte van 1,5 meter en een inwendige kamerlengte van 3,0 meter. Verder is gekozen voor een maximale waterdiepte van 1,5 meter. Deze treedt op bij de hoogste waterstand binnen de range waarbinnen de vispassage moet functioneren. Dit leidt tot een afvoer van 0,361 m³/s bij een waterstand van NAP +1,40 m en een verval van 0,8 meter. Dit bedraagt minimaal 35% van de totale afvoer. De energiedemping in de kamers bedraagt 29,9 W/m³ en valt daarmee ruim onder de kritische grens

Om een inschatting te verkrijgen van het functioneren over 50 jaar is uitgegaan van een – arbitrair bepaalde – toename van de gemiddelde laagwaterstanden met 50 cm over een functionele levensduur van 50 jaar. Oftewel 1 cm per jaar. Dit staat gelijk aan een lineaire voortzetting van het door het IRM afgegeven scenario voor 2050, gebaseerd op het meest extreme KNMI-scenario en een gunstig bodembeleid.

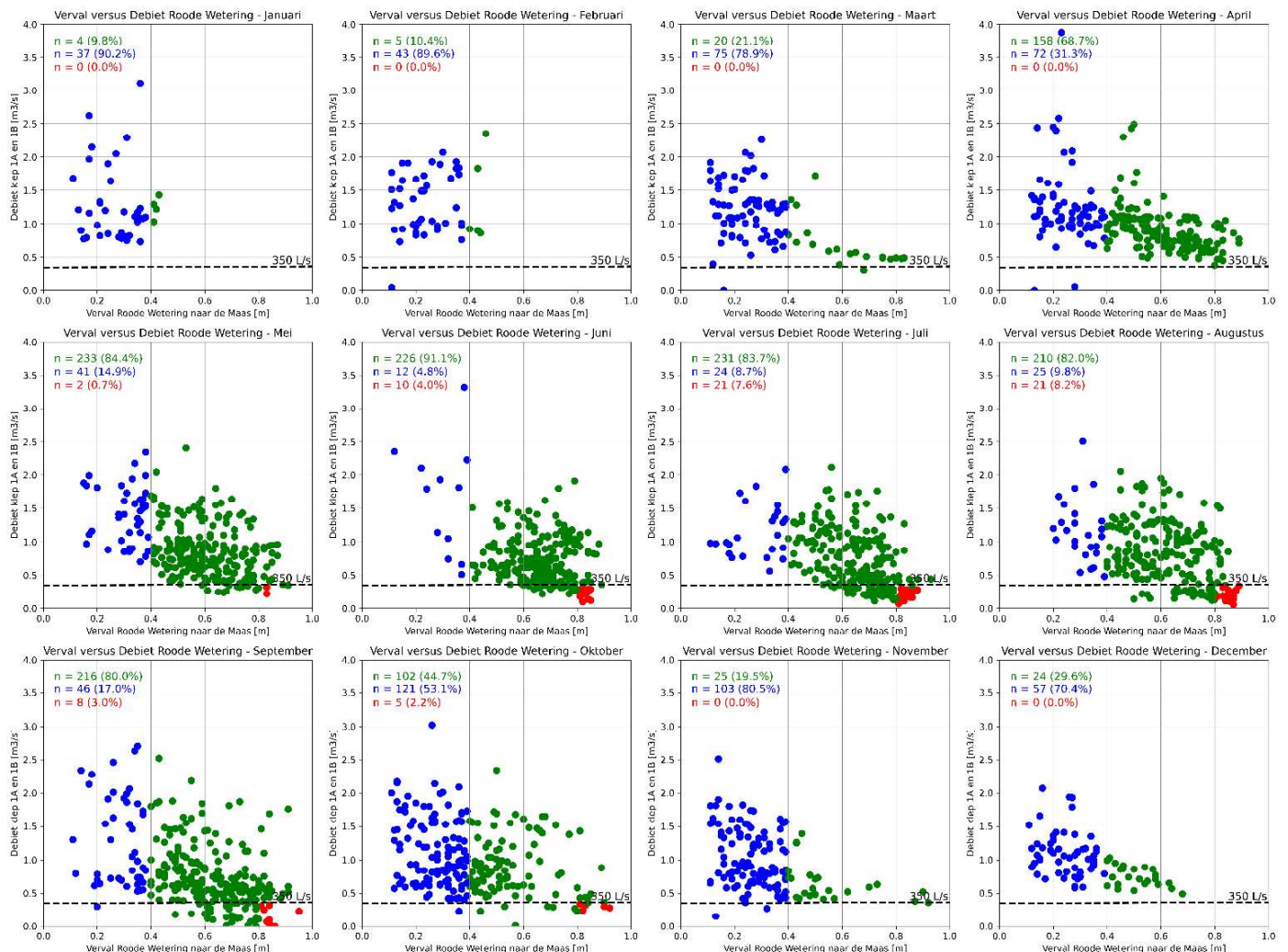
3.1.3 Werking

De vispassage is in gebruik in de periode dat de Roode Wetering hoger staat dan de Maas. De vispassage is gesloten op het moment het waterstandsverschil van de Roode Wetering naar de Maas kleiner is dan 0,1 m of er een negatieve vervalsituatie is (Waterstand Maas > Roode Wetering) is. Deze reguliere sluiting wordt verzorgd door de schuif in de inzwemopening aan Maaszijde. Bij hogere waterstanden (boven NAP +2,2 m) sluiten ook de schuiven in het schuifhuis aan de buitenteen van de dijk.

Het openen en sluiten van de passage gebeurt via geautomatiseerde schuiven die gekoppeld zijn aan het peilbeheer en het functioneren van het gemaal. Voor de aansturing van de vispassage en hoogwaterveiligheidsvoorzieningen wordt het systeem aangesloten op bestaande meetnet van gemaal Gewande. Per locatie komt er een E(pa)-kast te staan, die voeding krijgt vanuit gemaal Gewande. De procesautomatisering van de nieuwe schuiven is ook gekoppeld met gemaal Gewande. Tabel 3-6 geeft een overzicht van de 5 schuiven en de bijbehorende functie en werking en gehanteerde nummer. Figuur 3-9 toont locatie van deze schuiven en in Figuur 10 de schematische weerhgave. In de DO fase dient het operationeel concept verder te worden uitgewerkt.

Tabel 3-3: Gebruik en functie van de schuiven

#	Locatie schuif - afsluiter	Functie- werking
1	1 ^e schuif schuivenhuis hoogwaterzijde	Hoogwaterveiligheidsluiting. Sluiting op Maaspeil NAP +2,20 of NAP +1,40 m. Dit peil is te besluiten door de beheerder.
2	2 ^e schuif schuivenhuis laagwaterzijde	Hoogwaterveiligheidsluiting. Sluiting op Maaspeil NAP +2,20 of NAP +1,40 m. Dit peil is te besluiten door de beheerder.
3	Schuif vispassage Roode wetering	Waterbeheerschuif voor de sparing- slot. Sluiten bij geen afvoer-droogte of bij onderhoudswerkzaamheden.
4	Schuif inlaatleiding Roode wetering	Debietregelfunctie: Debiet aanvullen (tot 350 liter per seconde) in de duiker als de vispassage zelf geen 350 liter per seconde levert
5	Schuif inzwemopening – duiker Maas	Waterbeheerschuif. Sluiten als er geen vrije afvoer meer mogelijk is op de Maas en het gemaal gaat pompen. Sluiten bij onderhoudswerkzaamheden.



Figuur 8. Debiet en verval (peilverval) per maand, inclusief gevolgen klimaatverandering (blauw) en waterbeschikbaarheid (rood). De genoemde percentages hebben betrekking op de periode dat er sprake is van vrije lozing in de huidige situatie.

In de basis valt uit de grafieken af te leiden dat er minder onder vrij verval kan worden geloosd als het klimaatscenario zich voltrekt. Het effect verschilt per maand. In de maanden november t/m maart kan nog maar zeer beperkt worden geloosd onder vrij verval. De huidige periode wordt verder verkleind tot ca 10-20%. In de zomermaanden blijft er nog altijd relatief veel tijd over dat er kan worden geloosd onder vrij verval.

Naast klimaatverandering heeft ook bodembeleid invloed op de laagwaterstanden. Om ook in de toekomst voldoende afvoercapaciteit te behouden, is mogelijk een aanpassing van het beleid nodig. Het effect van bodembeleid op de gemiddelde laagwaterstand is sterk afhankelijk van de nog vast te stellen aanpak en varieert tussen de +15 cm en de -10 cm.

Tot slot heeft ook het peilbeheer achter de kering invloed op het verval. Hoe hoger het peil in de polder hoe meer er gespuid kan worden onder vrij verval. Bij een toename van de laagwaterstanden en meer droogte kan bijvoorbeeld gekozen worden om binnen de kaders van het peilbesluit iets eerder over te gaan op zomerpeil.

Het in het IRM aangehouden zichtjaar 2050 is slechts 25 jaar vooruit. Voor vismigratievoorzieningen wordt over het algemeen gekeken naar functioneren in de komende 50 jaar. Bij het ontwerp van waterkerende kunstwerken wordt 100 jaar vooruitgekeken.

In de scatterplots van Figuur 7 is de correlatie zichtbaar tussen een afname van het debiet en een toename van het peilverschil waar al eerder in deze memo op is gewezen. Dergelijke momenten worden verwacht in de zomerperiode en vallen daarmee grotendeels buiten de periode maart t/m mei. Dat blijkt ook wanneer beide grafieken met elkaar worden vergeleken. In maart t/m mei is er eigenlijk altijd sprake van afvoer, op enkele momenten na.

Uitgangspunt:

Op basis van deze grafieken is gekozen voor een ontwerpdebiet van 0,350 m³/s bij een peilverschil van 0,8 m. Deze lijn is ook weergegeven in de scatterplots van Figuur 7. De lokstroom is bij dat peilverschil minimaal 30-35% van de totale afvoer. Belangrijk gegeven is dat naarmate het peilverschil afneemt ook het debiet van de vispassage afneemt. De weergegeven lijn is zodoende alleen representatief bij 0,8 meter. Het is zodoende aannemelijk dat de vispassage ook functioneert op het overgrote deel van de punten onder de lijn, weergegeven bij kleinere peilverschillen.

Er is in de periode maart t/m mei veelal voldoende water beschikbaar om de vispassage te laten functioneren, maar in de zomerperiode moet de vispassage noodgedwongen worden dichtgezet om uitzakken van het peil te voorkomen of moet extra wateraanvoer worden gerealiseerd. De keuze voor dit ontwerpdebiet is als volgt te onderbouwen:

- Er is besloten geen extra invulling te geven aan de functionaliteit in de zomerperiode, maar juist in te zetten op de periode met voldoende water en kleinere peilverschillen. Bij een kleiner peilverschil neemt het debiet van de vispassage immers af én wordt de lokstroom kleiner.
Dergelijke situaties komen vaker voor dan de droge perioden met een groot peilverschil. Overigens betekent dit niet dat de vispassage in de zomer nooit functioneel is. Andersom geldt dat het vergroten van de functionaliteit in de zomerperiode gepaard gaat met een lagere functionaliteit in het migratieseizoen vanwege een afname van het debiet door de vispassage (en daarmee verminderde lokstroomwerking).
- De wens om vis over de volledige waterkolom te laten migreren én een degelijke, overeenkomende waterdiepte te bieden, leidt tot een relatief grote doorzwemopening. Hiermee wordt de functionaliteit voor alle vissoorten vergroot, maar neemt ook het ontwerpdebiet toe.

Op basis van de getoonde correlatie in Figuur 7 én het feit dat het debiet van de vispassage juist afneemt, naarmate het peilverschil kleiner wordt, is besloten om een extra lokstroomleiding aan te brengen om de aantrekkende werking van de vispassage in situaties met beperkt peilverschil te vergroten.

3.1.2 Klimaatverandering

Klimaatverandering gaat invloed hebben op de beschikbaarheid. Enerzijds kunnen langere perioden van droogte tot een tekort aan beschikbare hoeveelheid water en een lage Maaswaterstand leiden, en daarmee een groot peilverschil. Anderzijds zal de zeespiegelstijging invloed hebben op de Maaswaterstand ter hoogte van Gewande. Naar verwachting zal dit effect vooral zichtbaar zijn bij de lagere Maaswaterstanden. De impact van deze effecten op de waterstanden bij Gewande gedurende de levensduur van de vismigratiefunctie is sterk afhankelijk van de snelheid waarmee het klimaat verandert en de zeespiegel stijgt.

In het IRM (2021) wordt voor zichtjaar 2050 op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Getijdenmaas in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI'14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI'06 - W+. Als gevolg van zeespiegelstijging nemen de laagwaterstanden tot 2050 toe. Het IRM geeft een toename van de gemiddelde laagwaterstand met 30 cm in 2050. Dit leidt tot onderstaande Figuur 8, waarin de relatie tussen het peilverschil en het debiet per maand is weergegeven. De blauwe punten geven de gevolgen aan van de toegenomen waterstand met 0,3 meter en de extra marge van 0,10 meter waarbinnen de vispassage (ook in de huidige situatie) vanuit waterveiligheid niet kan functioneren. De rode punten zeggen iets over de beschikbaarheid van het ontwerpdebiet. Het geeft de situaties weer waarbinnen met zekerheid kan worden gesteld dat de vispassage niet kan functioneren als gevolg van te beperkte afvoer. In werkelijkheid ligt het aantal situaties nog iets hoger, omdat het ontwerpdebiet afhankelijk is van het optredende peilverschil. De weergegeven horizontale lijn correspondeert enkel met het referentiepeilverschil van 0,8 meter. Het aantal situaties neemt overigens verder toe wanneer ook de afvoer als gevolg van klimaatverandering afneemt. Omdat dit effect niet kan worden gekwantificeerd, kunnen hier ook geen uitspraken over worden gedaan.

Geredeneerd vanuit de bovengrens (maximale peilverschil dat optreedt) ontstaan de waarden zoals weergegeven in onderstaande tabel. Daarbij is geredeneerd op basis van de beschikbare daggemiddelde data voor de periode waarin sprake is van een positief peilverschil (minimaal 0,1 meter).

Tabel 5. Peilverschillen Roode Wetering en Maas en overschrijdingspercentages binnen beschikbare data (periode 2014-2024, daggemiddelden)

Percentage	Peilverschil – jaarrond (m)	Peilverschil – maart t/m mei (m)
100% (= maximale peilverschil)	1,22	1,07
99%	0,96	0,89
95%	0,84	0,80
90%	0,78	0,75

Uitgangspunt:

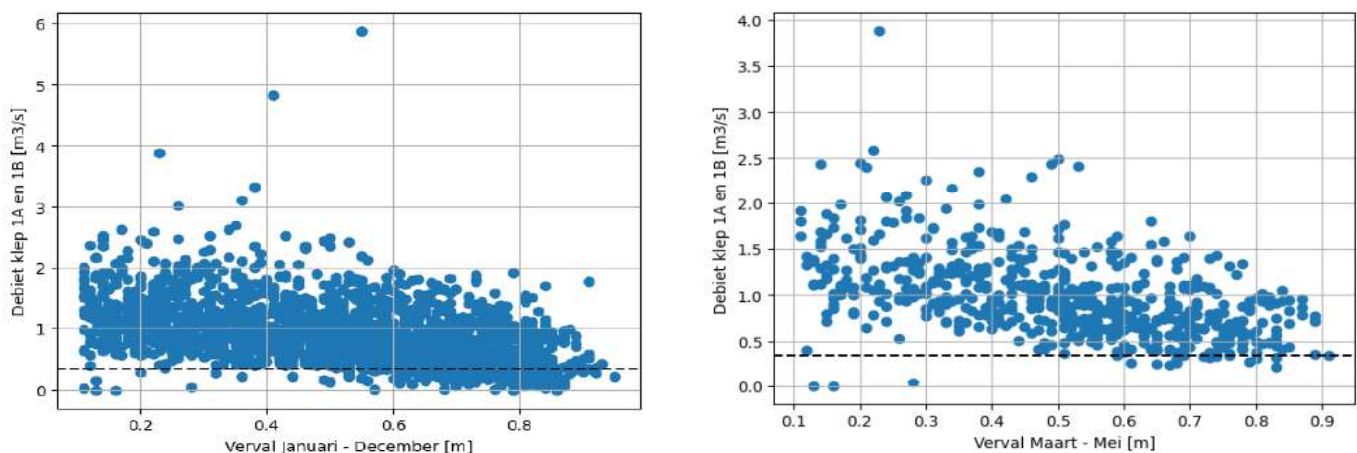
Er is gekozen voor een maximaal te overbruggen peilverschil van 0,8 meter, waardoor de vispassage optimaal moet functioneren tussen 0,1 en 0,8 meter peilverschil. Op basis van de voorkomende waterstanden (zie vorige paragraaf) moet theoretisch gezien gekozen worden voor een peilverschil van 1,0 meter (1,4-0,4), maar praktisch gezien moet het voorkomen van de peilverschillen worden beschouwd in relatie tot de waterstanden waar deze bij voorkomen. Daarmee lijkt 0,8 meter voldoende effect te sorteren met een functionaliteit van ruim 90% jaarrond en 95% in de periode maart t/m mei. Daarbij kan op basis van de systeemwerking worden beredeneerd dat grotere peilverschillen samenvallen met perioden van weinig afvoer. Deze correlatie wordt bevestigd in de data. In dergelijke perioden moet de vispassage (tijdelijk) worden dichtgezet.

Bij de gekozen uitgangspunten ten aanzien van waterstanden en peilbeheer is de vispassage jaarrond en in de periode maart t/m mei respectievelijk 53,7% en 59,75% van de tijd functioneel.

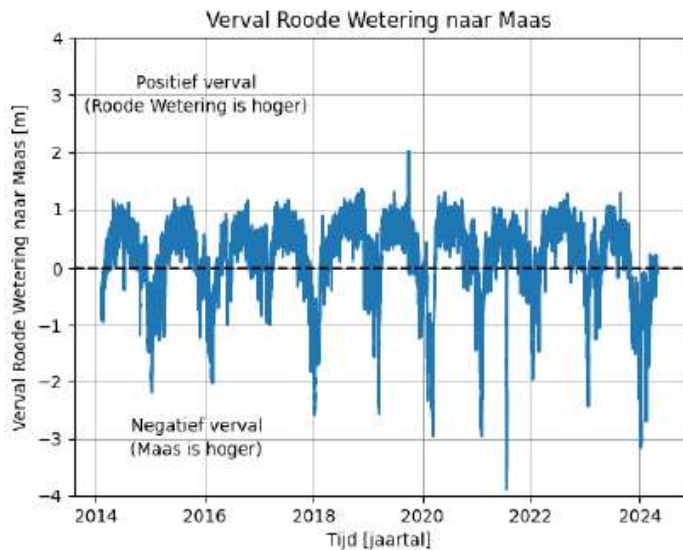
Afvoer

Op basis van de in de vorige paragraaf gedefinieerde gebruiksgrenzen wordt in deze paragraaf bepaald hoeveel debiet beschikbaar is zonder al teveel afbreuk te doen aan de beschikbaarheid van de vispassage.

De beschikbare data is weergegeven in onderstaande Figuur 7. Daarbij zijn weer zowel de periode jaarrond als maart t/m mei weergegeven. De maximale afvoer bedraagt jaarrond en van maart t/m mei respectievelijk bijna 6 en 4 m³/s.

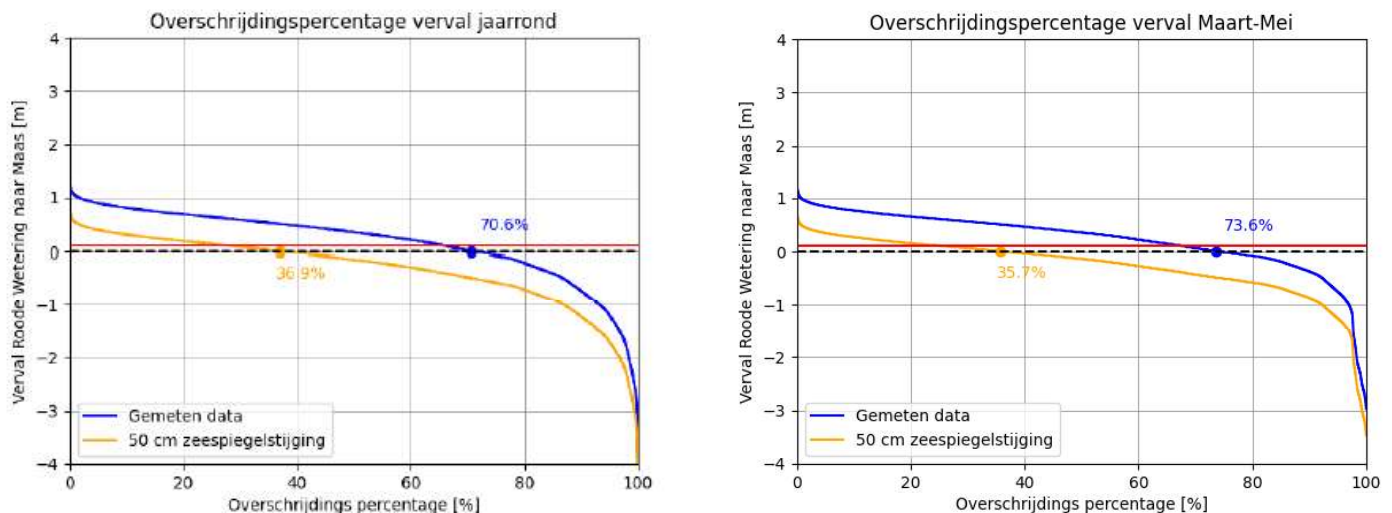


Figuur 7. Scatterplots van debiet en peilverschil (2014-2024), jaarrond en maart t/m mei



Figuur 5. Peilverschil Roode Wetering en Maas (periode 2014-2024)

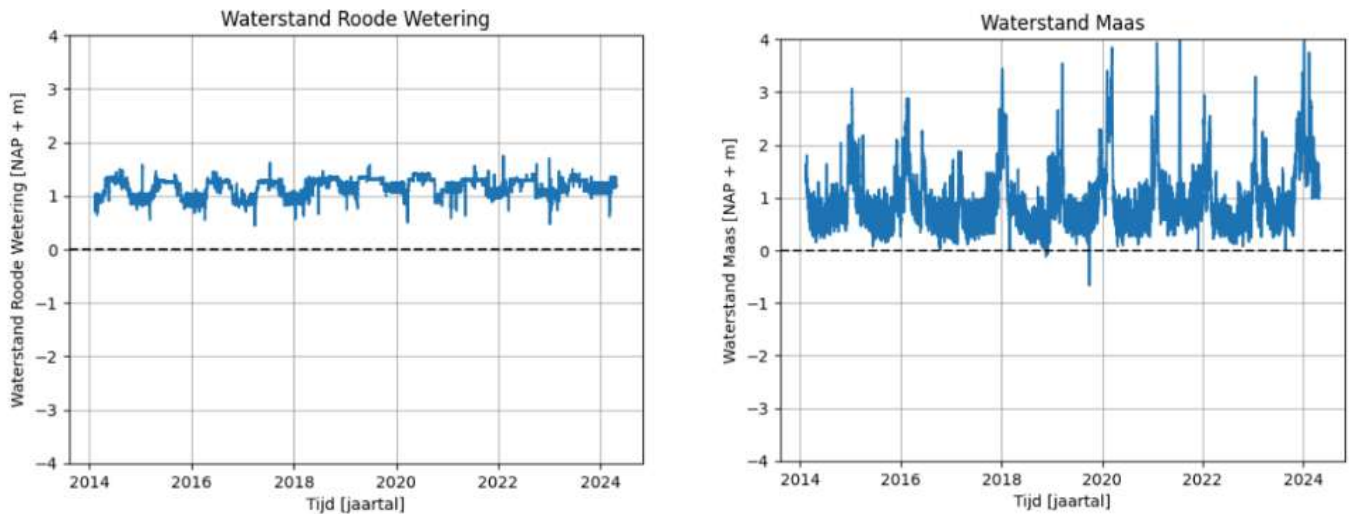
Wanneer de frequentie van iedere waarde wordt bepaald, kunnen overschrijdingspercentages worden bepaald. In Figuur 6 zijn deze grafieken opgenomen voor de periode jaarrond en maart t/m mei.



Figuur 6. Overschrijdingsgrafieken peilverschil Roode Wetering en Maas jaarrond en maart t/m mei (periode 2014-2024, kwartierwaarden)

Hieruit blijkt dat er jaarrond en in de periode maart t/m mei respectievelijk 70,6% en 73,6% van de tijd sprake is van een positief peilverschil. Vanuit waterveiligheid moet een minimaal positief peilverschil worden gehanteerd van 0,10 meter waarop de vispassage kan worden ingezet (zie rode lijn in Figuur 6). Deze situatie komt op basis van daggemiddelde data jaarrond 63,2% en van maart t/m mei 67,2% van de tijd voor.

Gewande bevindt zich in de ongestuwde Getijdenmaas. De gemiddelde laagwater- en hoogwaterstanden nabij Gewande worden daardoor beïnvloed door klimaatverandering (zeespiegelstijging, meer extremen) en veranderingen in het rivierbed. Door zeespiegelstijging neemt de gemiddelde laagwaterstand bij Gewande toe. Indicatief is ook de invloed van 50 cm zeespiegelstijging weergegeven. Vanzelfsprekend leidt dit tot een afname van de periode dat er kan worden geloosd onder vrij verval (en daarmee ook tot een afname van de periode waarin een vispassage kan functioneren). Verwacht wordt dat bij een dergelijke toename ook andere (beleidsmatige) ingrepen nodig zijn in de Getijdenmaas. Het resultaat is derhalve niet meer dan een indicatie van de mogelijke gevolgen. Zie paragraaf 'Klimaatverandering' voor een uitgebreide toelichting.



Figuur 4. Waterbodemoogtes in de Maas in de uitstroom van gemaal Gewande

Een tweetal belangrijke beheeraspecten:

- De overgang van winter- naar zomerpeil vindt plaats medio april (en dus in de periode maart t/m mei). Op basis daarvan zijn beide peilen relevant in de analyse.
- De afvoer van de Roode Wetering vindt zoveel als mogelijk onder vrij verval (bij positief peilverschil) plaats. Dit operationele beheer is energetisch gezien gunstig. Het peil in de winter (minimale peil) wordt zodoende alleen gehanteerd op het moment dat de pompen worden ingezet. Het zorgt ervoor dat het zomerpeil vaker voorkomt dan het winterpeil. Er is geen duidelijke lijn zichtbaar rondom het waterpeil in de winterperiode.

Uitgangspunt:

- De range binnen de waterstand van de Roode Wetering waarbinnen de vispassage moet functioneren, bedraagt NAP +0,8 m tot NAP +1,4 m. Bij deze range is uitgegaan van het gehanteerde winter- en zomerpeil met een marge van 10 cm. Uit de data blijkt dat waarden buiten deze range zelden voorkomen.
- Als minimale waterstand van de Maas wordt uitgegaan van NAP +0,4 m. Lagere waterstanden komen in de periode maart t/m mei niet veel voor.

Bij deze uitgangspunten is de beschikbaarheid op basis van kwartierwaarden 63,6%. Op het moment dat wordt gekozen voor een Maas-waterstand van minimaal NAP +0,2 m wordt dit 64,0%. Dat is dus een beperkte meerwaarde met relatief grote gevolgen voor het ontwerp. De uitgangspunten zijn gekozen op basis van de huidige situatie. De potentiële effecten van klimaatverandering worden verderop in de memo toegelicht en zijn dermate onzeker dat is besloten om daar niet op voor te sorteren.

Peilverschil

Wanneer de grafieken in Figuur 4 worden gecombineerd, leidt dat tot Figuur 5.

3 Ontwerptoelichting

In dit hoofdstuk worden de hydrologie, het systeem van de kering en ontwerponderdelen toegelicht op basis van de objectenboom. Het ontwerp is nauw overleg tot stand gekomen met het gezamenlijke projectteam van Aa en Maas en Arcadis. Het ontwerp is weergegeven in de tekeningen volgens Tabel 4

Tabel 4: tekeningenoverzicht

Tekeningnummer	Titel	Versie en datum
VGG-ARC-4901-REV-VERT-050	Vertical slot	V5 10-04-2026
VGG-ARC-4211-CE-SIT-050	Situatie	V5 10-04-2026
VGG-ARC-4221-CE-KL-050	Kabels en leidingen	V5 10-04-2026
VGG-ARC-4221-CE-DM-010	Demarcatie	V1 10-04-2026
VGG-ARC-4221-CE-PR-010	Profielen	V1 10-04-2026

3.1 Hydrologie, klimaat en werking

3.1.1 Hydrologie

Voor de hydrologische analyse is gebruik gemaakt van zowel kwartierwaarden als daggemiddelde waarden. Er is aangenomen dat er geen grote verschillen zijn tussen deze datasets. Over 6,5% van de tijd kan door ontbrekende data geen uitspraak worden gedaan. Uitgaande van een evenredige verdeling van deze ontbrekende data (inzake de periode dat er kan worden geloosd onder vrij verval en de periode dat er water middels inzet van pompen moet worden afgevoerd) mag worden aangenomen dat de genoemde percentages aangaande de periode van vrije lozing (en daarmee de beschikbaarheid van de vispassage) ca. 4% hoger liggen.

De analyse van de waterstanden en peilverschillen is uitgevoerd met kwartierwaarden en daggemiddelde waarden. Hiervoor is gekozen omdat op deze locatie nog beperkte invloed is van getij. Dit heeft mogelijk invloed op de keuze voor het te overbruggen peilverschil. Uit de analyse blijkt dat beide datasets een vergelijkbaar percentage van de tijd met positief peilverschil geven. Het gebruik van kwartierwaarden of daggemiddelde waarden leidt dus niet tot een ander inzicht.

Peilbeheer

Waterstanden

Voor Roode Wetering de volgende peilen gehanteerd:

- Winter: NAP +0,9 m.
- Zomer: NAP +1,30 m.

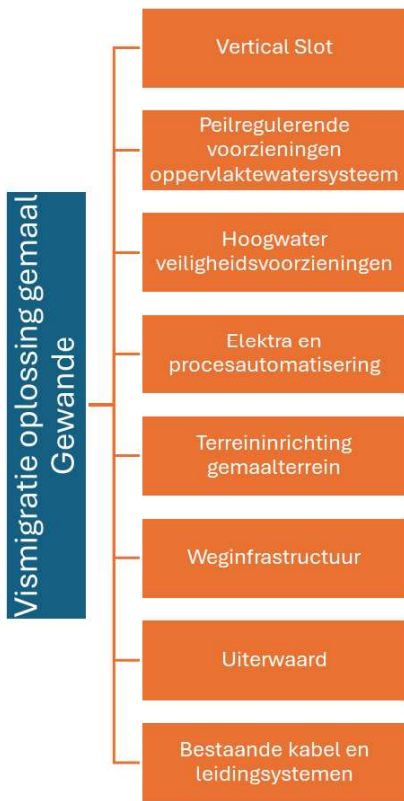
Voor beide peilen geldt een beheermarge van ± 20 cm.

In Figuur 4 is te zien dat de waterstand op de Roode Wetering grofweg fluctueert tussen NAP +0,5 m en NAP +1,50 m. Dit betreft de fluctuatie jaarrond. Uit een nadere analyse blijkt dat de fluctuatie in de maanden maart t/m mei tussen NAP +0,75 m en NAP +1,30 m ligt. Met de ingestelde streefpeilen kan worden geconcludeerd dat de Roode Wetering een onnatuurlijk peilbeheer kent, waar de Maas tot aan zee ongestuwd is en daarmee een natuurlijke peilfluctuatie kent.

De Maas kent ter hoogte van gemaal Gewande (gemeten) waterstanden die fluctueren tussen NAP +0 m en NAP +4 m. Gezien de getijdewerking kent de Maas nabij Gewande ook een 12-uurlijkse fluctuatie van ca. 0,2 meter.

Object	Functie
Terreininrichting gemaalterrein	Het terrein waarin de vispassage wordt ingepast bij gemaal Gewande.
Weginfrastructuur	Het onderdeel aan wegen en terreinverhardingen in het ontwerp voor inpassing van het ontwerp.
Uiterwaard	Het terreindeel waardoor de duiker van de vispassage doorheen ligt en de inzwemopening van de vispassage.
Bestaande kabel en leidingsystemen	De set van bestaande (lokale) kabels en leidingen waarbinnen de vismigratieoplossing van gemaal moet zijn ingepast.

2.4 Objectenboom



Figuur 2-3: objectenboom. Dit is de objectenboom op basis waarvan het ontwerp is opgesteld. Voor het UAV-gc contract zal de objectenboom specifiekere worden gemaakt voor het contract

Toelichting van de objecten en haar functies

Tabel 3: toelichting functies van de objecten

Object	Functie
Vertical slot	Een vispassagetype die het peilverschil trapsgewijs laten zakken in bekkens met sparingen, zodat vissen tegen de stroom in kunnen zwemmen. De uitzwemopening komt uit op de Roode wetering. De verbinding tussen het Vertical slot en de Maas (zijde inzwemopening) wordt voorzien door een koker. Om voldoende lokstroom te creëren bij een verminderd peilverschil, maakt een lokstroomleiding onderdeel uit van het vertical slot.
Peilregulerende voorzieningen oppervlaktewatersysteem	Het regelen van het debiet door de vispassage heen. Bij te weinig afvoer op de Roode wetering gaat het dicht, bij hoger peil op de Maas ook en de voorzieningen zijn afgestemd op het peilbeheer van gemaal Gewande.
Hoogwatervoorzieningen	Het voorzien in de hoogwaterveiligheid doormiddel van schuiven in een schuivenhuis om de duiker af te kunnen sluiten. Kwelweglengtevoorzieningen om de duiker.
Elektra en procesautomatisering	Het aansturen van de peilregulerende voorzieningen oppervlaktewatersysteem en de hoogwaterveiligheidsvoorzieningen vanuit en in afstemming met gemaal Gewande.

2.3 Functies



Figuur 2-2: functieboom Gewande. Dit is de functieboom op basis waarvan het ontwerp is opgesteld. Voor ht UAV-gc contract zal de functieboom specifiekere worden gemaakt voor het contract

Aan de Maaszijde is er een met stenen bekleed uitwateringskanaal aanwezig. Het water van de Rode Wetering en Hertoghs wetering komen hier bij elkaar. De uiterwaarde wordt beheerd door Rijkswaterstaat.

Binnen het plangebied zijn diverse kabels en leidingen aanwezig. De kabels en leidingen die de vispassage zullen kruisen zijn een laagspannings- en datakabel van Waterschap Aa & Maas, deze zullen gedeeltelijk verlegt moeten worden. Daarnaast kruist er ook een waterleiding van Brabant Water en een zogenaamd kabelbed van KPN met de vispassage. De waterleiding betreft een PVC Ø63. In het kabelbed van KPN ligt één of meerdere koperen kabels, geen glasvezel aanwezig.

Verder is bekend dat er een persleiding van het waterschap over het terrein loopt, maar deze is niet opgenomen in de KLIC. De knelpunten met het ontwerp zijn weergegeven op tekeningnummer VGG-ARC-4221-CE-KL-020, Tabel 4

2.2 Toekomstige situatie

In de toekomstige situatie is er aan de westzijde van het gemaal Gewande een vertical slot gerealiseerd om vismigratie mogelijk te maken vanaf de Maas naar de Roode Wetering. Het vertical slot is ingepast in de bestaande situatie, zodat de kroosvoorzieningen en het veiligheidsregime gehandhaafd blijven. De hoogwaterveiligheid is gewaarborgd blijft met hoogwaterschuiven aansluitend op de bestaande sluitingsprotocollen.

Het verkeer op de Krommenhoek heeft geen verkeershinder van het vertical slot. Het vertical slot en het schuivenhuis is zo goed als mogelijk ingepast op de toekomstige ontwikkelen vanuit het HWBP Lith-Bokhoven waar de dijk wordt verhoogd en verbreed.

De vispassage bezit educatiemogelijkheden om onder andere recreanten te voorzien van informatie.

2 Bestaande en toekomstige situatie

2.1 Bestaande situatie

In het beheergebied van waterschap Aan en Maas wateren de Roode Wetering en de Hertogswetering af op de Maas via gemaal Gewande. Gemaal Gewande ligt in de primaire keringen nabij Hectometrering 762+0 aan de zuidzijde van de Maas. Dit deel van de Maasdijk behoort tot het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) Lith-Bokhoven. De vismigratieoplossing zelf behoort niet tot de HWBP -programma, het behoort tot de KRW-opgave (Kader Richtlijn Water). Het gemaal zelf ligt in de gemeente Oss en op de grens van de gemeente 's-Hertogenbosch. De geplande vismigratieoplossing, een vertical slot komt te liggen in beide gemeenten.



Figuur 2-1: overzicht locatie gemaal Gewande met de locatie van de vispassage als blauwe lijn aangeduid

De Roode Wetering water af via een vrijval systeem door het gemaal. Op het moment dat de Maaswaterstand bijna gelijk (0,10 m peilverschil) staat met de Roode wetering, dan gaan schuiven dicht en wordt het water van de Rode Wetering verpompt door het gemaal. Vissen kunnen niet via het vrijval lozingssysteem de Roode Wetering optrekken, omdat er een stuw aanwezig is in het vrije lozingskanaal van het gemaal. De Hertogswetering kan niet worden gebruikt voor vismigratie van de Roode Wetering, omdat in de bovenloop deze twee systemen niet vismigratie effectief zijn te koppelen.

De Hertogswetering heeft een eigen lozingssysteem via het gemaal, dat niet in verbinding staat met de Roode wetering bij het gemaal Gewande. Er is een KRW- natuurvriendelijke oever aanwezig aan de westoever van de Rode Wetering. Het onderhoud aan de Rode Wetering wordt varend uitgevoerd. Het agrarisch perceel aan de westzijde van de Roode Wetering is van een particulier en het waterschap heeft overeenstemming om een gedeelte van het perceel te kopen voor realisatie van de vismigratie oplossing.

Op de primaire kering ligt de weg "Krommenhoek" een Erftoegangsweg waar lokaal en recreatieverkeer gebruik van maakt. Er zijn geen fietspaden aanwezig die het fietsverkeer scheiden van het autoverkeer. Om percelen en terreinen bereikbaar te maken zijn dijk op-afrit aanwezig. De kroosvoorzieningen van gemaal Gewande zijn ook bereikbaar via een dijkafrit.

Het gemaal heeft kroosvoorzieningen om via een krooshekreiniger en containerbakken het kroos te verwijderen en met een opstelplaats voor graafmachines en transportvoertuigen bij aanvoer van maaisel vanuit het varend onderhoud. Er is een kadaverplaats en containerplaats aanwezig om "niet kroos" zijnde materialen te scheiden en af te voeren. De kroosvoorziening heeft een eigen percolaatwatervoorziening.

1.4 Referenties

1.4.1 Projectspecifieke documenten

De onderstaande project specifieke documenten zijn gehanteerd om te komen tot het VO.

Tabel 1-1: Project specifieke documenten

Ref	Document	Beschrijving
[1]	Uitgangspunten schetsontwerp vispassage gemaal Gewande, Arcadis, 22 november 2024, P5JDCT2J2PR2-1439929986-1023:1.0	Uitgangspunten uit het SO
[2]	Ontwerptoelichting schetsontwerpen vismigratievoorzieningen gemaal Gewande, Arcadis, 31 oktober 2024, P5JDCT2J2PR2- 1439929986-652:1.0	Ontwerptoelichting 3 varianten SO
[3]	VGG-ARC-ZZ-ZZ-DR-CE- SO_4201_REVIT_VERTICAL SLOT_V3 (V199)_18-10-2024	SO ontwerptekening vertical slot
[4]	VGG-ARC-ZZ-ZZ-DR-CE- SO_4201_VERTICAL SLOT_V3 (V202)_25- 11-2024	SO situatie Vertical Slot
[5]	Tekening LM24-066 DP Gemaal Gewande, 21-5-2024	Dwarsprofielen bodem rondom Gemaal Gewande
[6]	Tekening VGG-ARC-4221-CE-KL-010, 29-07-2025	KLIC

1.4.2 Normen en richtlijnen

De onderstaande normen en richtlijnen zijn van toepassing op de huidige beschouwing.

Tabel 1-2: Normen en richtlijnen

Ref	Document	Beschrijving
[a.]	Toegepaste Vloeistofmechanica, Nortier en de Koning, 1996, ISBN 9040103186	
[b.]	The Rock Manual, CIRIA, CUR, CETMEF, 2007	

1 Inleiding

1.1 Projectomschrijving

Waterschap Aa en Maas dient in verband met de Kaderrichtlijn Water (KRW) haar objecten voor de waterhuishouding vispasseerbaar te maken. In 2016 is het tweede convenant beekmondingen tussen Rijkswaterstaat, waterschap Limburg en waterschap Aa en Maas ondertekend. Hierin is vastgelegd welke beekmondingen volgens de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) aangepakt moeten worden. Een van de beekmondingen is Hertogswetering/Roode Wetering bij gemaal Gewande.

Gemaal Gewande is in 1976-1979 gebouwd in het kader van de Ruilverkaveling Midden-Maasland en gerenoveerd medio 2010. Het zorgt voor de afwatering van een circa 30.000 hectare groot gebied van de grens van Limburg tot Waalwijk. Het gemaal is de 'monding' in de Maas van het stroomgebied van de Roode Wetering en de Hertogswetering. Ook het stroomgebied van de Hoefgraaf en Nieuwe Vliet wateren via de Roode Wetering af op de Maas. Daarmee vormt het gemaal een belangrijk vismigratieknelpunt. Om de afvoer van water jaarrond te garanderen én omdat het gemaal een fluctuerende buitenwaterstand kent, kan het gemaal onder vrij verval lozen en water opvoeren.

Het waterschap is voornemens de Roode Wetering optrekbaar te maken. Daarvoor heeft in de voorverkenningfase en de schetsontwerpfase een analyse en afweging plaatsgevonden die geleid heeft tot de volgende keuzes:

- Het gemaal wordt vispasseerbaar gemaakt middels een aparte voorziening om het gemaal heen (en die dus geen gebruik maakt van de bestaande kokers in het gemaal). Op basis van de ligging van de Roode Wetering en de beschikbare ruimte wordt de westelijke oever benut.
- Het gemaal wordt vispasseerbaar gemaakt in de periode dat de Roode Wetering hoger staat dan de Maas.
- Er is gekozen voor een Vertical Slot-vispassage.

1.2 Doel rapport

Deze rapportage heeft als doel om de ontwerpkeuzes van het Voorlopig Ontwerp (VO) vast te leggen en toe te lichten. Dit ontwerp dient als basis voor het UAV-GC contract voor de aanleg van de vismigratievoorziening naast Gemaal Gewande.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de bestaande en toekomstige situatie beschreven, en ook de functie- en objectenboom voor het ontwerp. Het VO wordt besproken in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 gaat over de uitgangspunten van het hydraulisch ontwerp van de lokstroomleiding en duiker. Het ontwerp van de lokstroomleiding wordt in hoofdstuk 5 beschreven en de duiker in hoofdstuk 6.

3.7.2	Uiterwaard	25
3.8	Kabel en leidingsystemen	25
4	Uitgangspunten hydraulisch ontwerp duiker en lokstroomleiding	27
5	Ontwerp lokstroomleiding	28
5.1	Benodigde diameter	28
5.2	Inlaat lokstroomleiding	28
5.3	Uitstroom lokstroomleiding	29
6	Duikerontwerp	31
6.1	Stortsteen in de duiker	31
6.2	Duikerhoogte en stroomsnelheid	32
6.2.1	Maximale stroomsnelheid en verhang	32
6.2.2	Waterstanden op de Maas	32
6.2.3	Variantenafweging binnen bovenkant koker	33
6.3	Uitstroomopening	34
6.4	Duikerinspectie	34
7	Geraadpleegde literatuur	35
	Colofon	36

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Projectomschrijving	5
1.2	Doel rapport	5
1.3	Leeswijzer	5
1.4	Referenties	6
1.4.1	Projectspecifieke documenten	6
1.4.2	Normen en richtlijnen	6
2	Bestaande en toekomstige situatie	7
2.1	Bestaande situatie	7
2.2	Toekomstige situatie	8
2.3	Functies	9
2.4	Objectenboom	10
3	Ontwerptoelichting	12
3.1	Hydrologie, klimaat en werking	12
3.1.1	Hydrologie	12
	Peilbeheer	12
	Afvoer	15
3.1.2	Klimaatverandering	16
3.1.3	Werking	18
3.2	Vertical slot	19
3.2.1	Vertical slot en duiker	19
3.2.2	Lokstroomleiding	22
3.3	Peilregulerende voorzieningen oppervlaktewatersysteem	22
3.4	Hoogwaterveiligheidsvoorzieningen	22
3.5	Elektra en procesautomatisering (E-PA)	23
3.6	Terreininrichting gemaalterrein en weg infrastructuur	24
3.7	Uiterwaard	24
3.7.1	Inzwemopening	24

Contactpersoon

ARCADIS

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

VO Ontwerptoelichting Vismigratie Gewande

Waterschap Aa en Maas

1 mei 2026 - Confidential