

RAPPORT

Ontwerpnota

Bestaande vispassage Linne

Klant: RWS Z-N

Referentie: BJ5649-WM-RP-240917-1221

Status: Definitief/v2.0

Datum: 21 juli 2025

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 20 00
Fax: +31 33 463 36 52
Email: info@rhdhv.com
Website: royalhaskoningdhv.com

Titel document:	Ontwerpnota
Ondertitel:	Bestaande vispassage Linne
Referentie:	BJ5649-WM-RP-240917-1221
Uw kenmerk	Product 40, 42-44
Status:	Definitief/v2.0
Datum:	21 juli 2025
Projectnaam:	Visconnectiviteit Maas
Projectnummer:	BJ5649
Auteur(s):	Projectteam Visconnectiviteit

Opgesteld door: [Click here to enter text.](#)

Gecontroleerd door: WB, GGD

Datum: 21-07-2025

Goedgekeurd door: JV

Datum: 22-07-2025

Classificatie: Projectgerelateerd

Disclaimer

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Projectintroductie	1
1.2	Verbetering bestaande vispassages Maas	2
1.3	Leeswijzer	2
1.4	Referenties	2
2	Systeemanalyse	3
2.1	Objecttypeboom	3
2.2	Raakvlakken	5
2.3	Functies	5
3	Uitgangspunten ontwerp	6
3.1	Technische ontwerpeisen (TUN)	6
3.2	Samenvatting inspectie resultaten	7
3.3	Randvoorwaarden uitwerking verbetermaatregelen	9
4	Ontwerp verantwoording en beschrijving	10
4.1	Interpretatie inspectieresultaten	10
4.2	Resultaat verkenning maatregelen	10
4.3	Hydraulisch ontwerp	11
4.4	Bekkens	14
4.5	Drempels	16
4.6	Inlaatwerk	17
4.7	Uitstroomwerk	20
4.8	Integrale veiligheid	21
4.9	Duurzaamheid	22
5	Conditionering en effectbeoordeling	23
5.1	Kabels en leidingen	23
5.2	Eigendomssituatie	23
5.3	Niet gesprongen explosieven	24
5.4	Archeologie en cultuurhistorie	24
5.5	Ecologie	25
5.6	Rivierkundige effectbeoordeling	26

6	Effect van de maatregelen voor vindbaarheid en vispasseerbaarheid	27
7	Uitvoering en bouwfaserings	28
8	Kostenraming	33
8.1	Resultaten	33
8.2	Uitgangspunten	33
8.3	Toeslagen	34
8.4	Opgenomen risico's	35
	Bijlage 1 Ontwerptekeningen	36
	Bijlage 2 Hydraulisch ontwerp	37
	Bijlage 3 SSK kostenraming	38

1 Inleiding

1.1 Projectintroductie

De huidige toestand voor macrofauna en vis in de Maas is nog niet op orde. Hierbij spelen de beperkte beschikbaarheid van stromend habitat en de connectiviteit voor vis (vispasseerbaarheid) een grote rol. Rijkswaterstaat (hierna: RWS) heeft daarom enkele verbetermaatregelen geselecteerd die uitgevoerd kunnen worden binnen het programma Kaderrichtlijn Water (KRW), waarvan de derde tranche loopt van 2022 t/m 2027. In dit project Visconnectiviteit Maas werken we een aantal van de geselecteerde maatregelen verder uit. Het gaat om de volgende maatregelen:

- De planuitwerking van vier maatregelen:
 - Aanleg van een stuwpasserende geul nabij stuw/sluiscomplex Grave.
 - Aanleg van een stuwpasserende geul nabij stuw/sluiscomplex Belfeld.
 - Aanleg van een vispassage nabij stuw/sluiscomplex Lith.
 - Aanleg van een vispassage nabij stuw/sluiscomplex Linne.
- Het uitwerken van technische verbeteringen van zeven bestaande vispassages in de rivier de Maas op basis van een eerder uitgevoerde studie. Deze bestaande vispassages bevinden zich bij Borgharen, Linne, Roermond, Belfeld, Sambeek, Grave en Lith.

Uit de inspectie van de bestaande vispassage bij Linne is gebleken dat een nieuw ontwerp gemaakt gaat worden voor de gehele vispassage. Onderstaand figuur toont de locaties van de bestaande vistrappen.



Figuur 1-1 Locatie bestaande vispassages in de Maas

1.2 Verbetering bestaande vispassages Maas

Basis voor de scope van benodigde technische verbeteringen zijn eerder uitgevoerde inspecties in 2014 [9.]. Om een actualisatie van het functioneren te krijgen, zijn in 2024 nieuwe inspecties uitgevoerd. Deze inspecties bestonden uit visuele inspecties, waterstandsverschilmetingen, ADCP debiet- en stroomsnelheidsmetingen. Met de uitkomsten is het functioneren van de vispassages beoordeeld met de criteria zoals beschreven in de 'Handreiking voor de bepaling van de technisch-hydraulische streefwaarden van vispassages' [4.] met criteria ten aanzien van vindbaarheid, passeerbaarheid en onderhoud. Dit is gerapporteerd in de inspectierapportages, inclusief Linne [2.].

Uit de inspecties van de bestaande vispassages volgt dat verbetermaatregelen nodig zijn. Deze maatregelen dienen positief bij te dragen aan het verbeteren van de vindbaarheid en passeerbaarheid voor een breed spectrum aan doelsoorten. In voorliggende ontwerpnota worden deze verbetermaatregelen voor locatie Linne uitgewerkt.

1.3 Leeswijzer

Voorliggende ontwerpnota beschrijft het ontwerp van de verbetermaatregelen voor de vispassage in Linne. In hoofdstuk 2 wordt een systeemanalyse gegeven van het stuwcomplex Linne en in hoofdstuk 3 is een overzicht gegeven van de inspectieresultaten en de uitgangspunten voor het ontwerp. De verbetermaatregelen voor het ontwerp zijn onderbouwd en beschreven in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 bevat de conditionering en de effectbeoordeling van het ontwerp. Hoofdstuk 6 gaat specifiek in op de effectbeoordeling van het maatregelenpakken t.a.v. vismigratie. Daarna wordt in hoofdstuk 7 de uitvoering en bouwfaserings toelichting. De opgestelde kostenraming wordt toelichting in hoofdstuk 8.

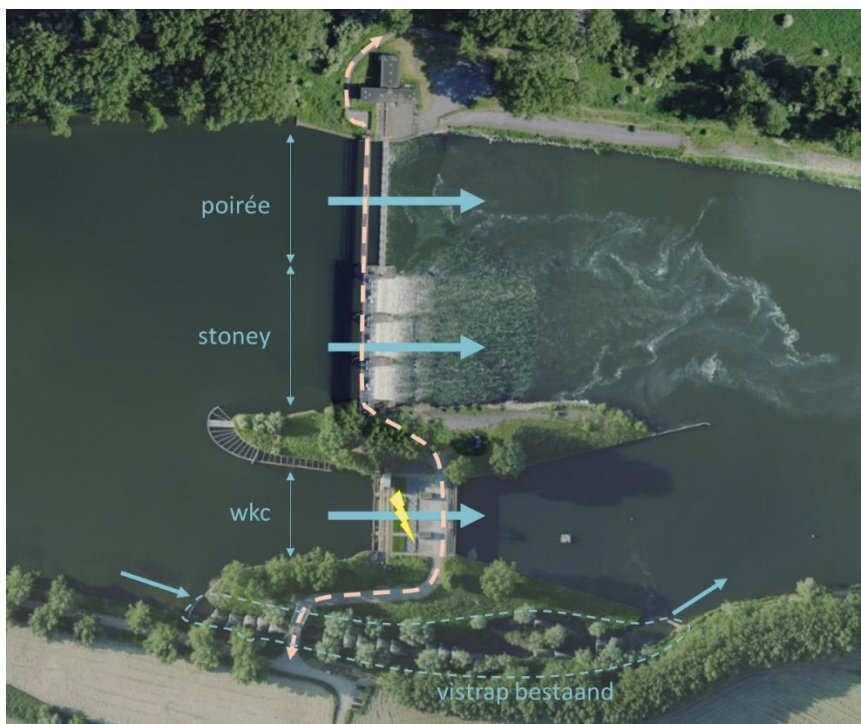
1.4 Referenties

- [1.] RHDHV, 2024a – Technische uitgangspunten Notitie Vistrappen
- [2.] RHDHV, 2024b – Inspectierapport vispassage Linne
- [3.] RHDHV, 2024c - BJ5649-Verbeteren bestaande vispassages Maas en nieuwe vispassage Lith
- [4.] RHDHV, 2021 - Handreiking voor de bepaling van de technisch-hydraulische streefwaarden van vispassages
- [5.] RWSZN, 2023 – Bijsluitende betrekkingen Maas 2023_2024
- [6.] ATKB, 2014 - De vispassages op de Maas, historisch overzicht, uitgevoerde monitoring en huidige status
- [7.] RHDHV, 2024d - Verbeteren bestaande vispassages Maas en nieuwe vispassage Lith - Verkenning oplossingen
- [8.] RHDHV, 2024e – Risicodossier
- [9.] ATKB, 2014 - De vispassages op de Maas, historisch overzicht, uitgevoerde monitoring en huidige status
- [10.] Imares, juli 2010 - Evaluatie van de vistrappen in de Nederrijn-Lek, Rapport C064/10
- [11.] RHDHV, 2024f – Memo's bureauonderzoek K&L bestaande vistrappen (104-103)
- [12.] RHDHV, 2024g – Memo's Quickscan natuur vispassages (104-104)
- [13.] Bombs Away, 2024 – Memo Ontploffbare Oorlogsresten Linne
- [14.] RHDHV, 2024h – Memo's Archeologisch en cultuurhistorisch vooronderzoek (102-102)
- [15.] RHDHV, 2025 - Nader onderzoek bever vispassage Linne
- [16.] Ploegam, 2022 – Brug Linne – uitvoeringsontwerp – vormtekening & tekening overzicht en profielen

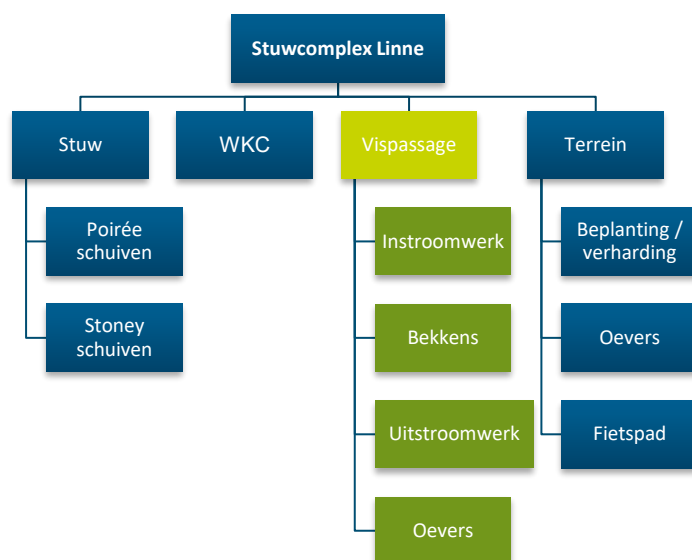
2 Systeemanalyse

2.1 Objecttypeboom

Onderstaande luchtfoto en objectenboom geven overzicht van de hoofdobjecten in de bestaande situatie van het stuwcomplex bij Linne. De bestaande vispassage bevindt zich aan de zuidoever van het stuwcomplex.

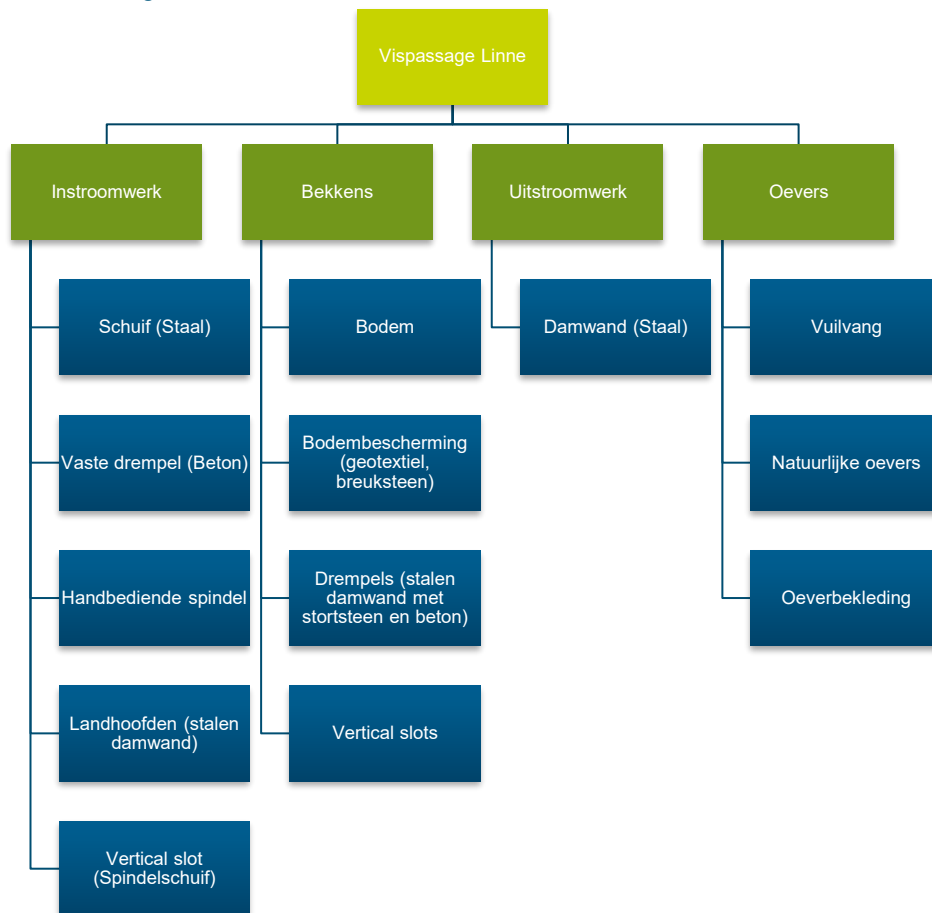


Figuur 2-1 Aanduiding hoofdobjecten bestaande situatie stuwcomplex Linne



Figuur 2-2 Decompositie stuwcomplex Linne (hoog abstractieniveau)

De objectenboom van de bestaande vispassage is verder uitgesplitst om hier afgeleide eisen voor het ontwerp aan te koppelen. Onderstaande objectenboom kan nader gedetailleerd worden in de contractvoorbereidingsfase.



Figuur 2-3 Objectenboom bestaande vispassage Linne

De ligging van de hoofdobjecten is hieronder weergegeven:



Figuur 2-4 Aanduiding hoofdobjecten vispassage in luchtfoto

2.2 Raakvlakken

De volgende raakvlakken zijn in beeld bij het ontwerp en de werkzaamheden van de bestaande vispassage bij Linne:

Raakvlak	Omschrijving	Rakend object
Terrein (o.a. brug)	- De werkzaamheden aan de bestaande vispassage hebben raakvlak met het medegebruik van het terrein door RWE (personeel en materieel waterkrachtcentrale) en door gebruikers van de fietsroute over de stuw. - De brug over de vispassage wordt door RWE vervangen. Dit heeft raakvlak met het ontwerp van de vispassage.	Bekkens, Uitstroomwerk
Kabels en Leidingen	Bij het aanleggen van het nieuwe bekken tracé en herprofielen van de bodem is er raakvlak met de ligging van kabels en leidingen. Daarbij komt dat met vervanging van de brug ook verlegging van kabels plaatsvindt.	Bekkens
Bestaande oeverwand WKC	Bij het aanleggen van het nieuwe bekken tracé moet rekening worden gehouden met de invloedszone van de ankers van de bestaande damwand constructie.	Bekkens

2.3 Functies

De voorziene aanpassingen van de bestaande vispassage bij Linne geeft geen verandering in de te vervullen functies van de vispassage, zoals hieronder uiteengezet.

Functies	Toelichting	Relatie objecttype
Vismigratie mogelijk maken	De basisfunctie van de vispassage is het verbeteren van vismigratie van het lage naar het hoge stuwpan. Doel is om een zo breed mogelijk soortenspectrum te bedienen.	Vispassage Linne (algemeen)
Water afvoeren	Door water af te voeren via de bekkens wordt vismigratie mogelijk gemaakt.	Inlaatwerk Bekkens Uitstroomwerk
Water keren	De vispassage moet afsluitbaar zijn vanaf de zijde van het bovenpan.	Inlaatwerk
Beheer en onderhoud faciliteren	De bekkens moeten bereikbaar zijn om onderhoud uit te voeren (verwijderen vuil, inspecteren staat, etc.) en onderdelen moeten drooggezet kunnen worden.	Inlaatwerk Bekkens Uitstroomwerk
Faciliteren bediening	De vispassage heeft een regelbaar debiet. In een veilige en vlotte bediening van het regelwerk moet voorzien worden. Uitgangspunt is handmatige bediening.	Inlaatwerk
Bieden bescherming en beveiliging	Betreft veilig gebruik en onderhoud van de vispassage.	Vispassage Linne (algemeen)

3 Uitgangspunten ontwerp

3.1 Technische ontwerpisen (TUN)

In Fase 1 is een technische uitgangspuntennotitie (TUN) opgesteld. Hierin zijn ontwerpisen opgenomen voor de nieuw aan te leggen vispassage bij Linne / Lith. Aangezien de bestaande vispassage bij Linne opnieuw wordt ingericht, zijn onderstaande uitgangspunten ook gehanteerd voor het ontwerp van de bestaande vispassage Linne:

Thema	Eis
Ecologie-doelsoorten	Het uitgangspunt is dat de vispassage voor alle voorkomende vissoorten in de Maas en hun verschillende levensstadia werkt. Grotere diadrome soorten hebben prioriteit in geval van onverenigbare eisen.
Ecologie-streefwaarden	Uitgangspunt voor de te hanteren viszone is de <i>Brasem zone</i> . De bijbehorende streefwaarde voor de energiedemping in een bekkenpassage bedraagt 100 W/m ³
Ecologie-streefwaarden	De grootste te verwachten doelsoort ter plaatse van het stuwcomplex Linne en Lith is de Europese meerval. Hieruit volgen de geometrische streefwaarden: -Waterdiepte in openingen: 0,52 m* -Breedte in openingen: 0,72 m* -Lengte van Bekkenachtige structuren: 4,8 m* * Dit is het vertrekpunt voor het VO-ontwerp, beperkingen in het ruimtebeslag kunnen ertoe leiden dat er afgeweken wordt van deze afmetingen. RWS hanteert voor grote rivieren als de Maas een minimale waterdiepte van 1,5 m. Met deze eis wordt in het VO en DO proces rekening gehouden. Uitgangspunt is dat als er ontwerpkeuzes gemaakt moeten worden omdat de ideale variant niet lukt dan voorrang geven aan de eisen van de grote diadrome soorten.
Ontwerp	De vispassage moet in principe het hele jaar kunnen functioneren, behalve als er onderhoud aan de stuw plaatsvindt of de stuw gestreken is. In het geval van water te kort moet de inlaat van de nieuwe vispassage geknepen (naar 1 m ³ /s) kunnen worden en in uitzonderlijke gevallen dient de vispassage ook dichtgezet te kunnen worden.
Ontwerp	Het benedenstroomse peil voor alle stuwen kan sterk variëren, wat kan resulteren in een verdrinken/uitgezakte lokstroom. Hiermee dient rekening te worden gehouden in het ontwerp van de vistrappassage
Ontwerp	De nieuwe vispassages (Linne en Lith) moeten zo ontworpen worden dat de vispassage ook nog functioneren bij een bovenstroomse peilopzet van 5 à 10 cm.
Ontwerp	De besturing van de passages en hun afvoer moet in een beheerprotocol vastgelegd worden. Dit om in te kunnen spelen op peilfluctuaties en watertekorten.
Ontwerp	De bodem van de vispassage moet zo worden vormgegeven dat er bij droogzetting zo min mogelijk vis achterblijft.
Ontwerp	Het daggemiddelde maximale verval zoals is gemeten betreft: -Linne: 4,00m -Lith: 4,30m

	Uit het ontwerp moet volgen in hoeverre de vispassage regelbaar te maken is om ook bij groter of kleiner verval effectief te zijn.
Ontwerp	Ontwerpeisen voor lokstroom: -Afstand tot de stuw: zo kort als technisch mogelijk (met oog voor turbulente zone). -Aansluiting op de bodem van de waterloop: hellend. -Positie van locatie lokstroom in waterloop: afweging op basis van jaarrond functioneren stuwcomplex/waterkrachtcentrale/bestaande vistrappen. -Richting van de lokstroom: idealiter parallel van de hoofdstroom. -Benodigde stroomsnelheid lokstroom: 1,3 tot 1,6 m/s.
Ontwerp	Ontwerplevensduur: -Civiele onderdelen: 50-100 jaar -Oeverconstructies: 50 jaar -Mechanische onderdelen: 50 jaar -Elektrotechnische installaties: 25 jaar
Ontwerp	Functionele eisen (aanvullend t.o.v. eerder benoemd): - Het inlaatwerk moet ingezet kunnen worden om de vispassage droog te zetten voor onderhoud of als dit vanuit overige beheeraspecten noodzakelijk is. - De vispassage moet bestand zijn tegen hoogwatercondities (volledig verdrongen situatie) en het stromingsbeeld bij deze condities moet beheersbaar zijn. - Het ontwerp moet in kunnen spelen op peilfluctuaties en klimaat-ontwikkelingen door het debiet regelbaar te maken. Uitgangspunt in de VO-fase is om dit te realiseren met een regelbaar inlaatwerk en een lokstroomvoorziening - De nieuwe situatie moet veilig toegankelijk zijn voor personeel en onderhoudbaar worden ingericht. In het VO wordt rekening gehouden met ruimtebeslag/toegankelijkheid en droogzetvoorzieningen.

3.2 Samenvatting inspectie resultaten

Om te bepalen wat er bij de huidige vispassages moet worden gedaan om de vispasseerbaarheid te vergroten, zijn er inspecties bij de huidige vistrappen uitgevoerd [2.]. Bij de inspecties zijn de ecologische aspecten en onderhoudstoestand beoordeeld. Voor de ecologische aspecten is gebruik gemaakt van het RHDHV-toetsingstool voor de technisch - hydraulische controle van vispassages [4.].

3.2.1 Leeswijzer en aanvulling toetskader inspectie

De beoordelingen vanuit inspectieresultaten vragen om een goede interpretatie. Dat is in deze paragraaf nader toegelicht. Op basis hiervan is het toetskader aangevuld (zie de volgende subparagrafen).

Leeswijzer inspectieresultaten

1. De inspectieresultaten zijn een momentopname. Niet altijd leidt een negatieve score daarom tot een verbetermaatregel. De maatregelen zijn uitgewerkt in hoofdstuk 4 en met een effectbeoordeling in hoofdstuk 6.
2. Voor de beoordeling van de inspectieresultaten is in de inspectierapporten uitgegaan van de stromingscondities voor de Brasem zone. Op het moment dat afwegingen getroffen moeten worden tussen verbetermaatregelen in relatie tot kosten of uitvoerbaarheid geldt dat de eisen voor de grote diadrome soorten voorrang hebben ten opzichte van de eisen van de eurytope zoetwatermigranten. Daarom is een toets op de passeerbaarheid van deze grotere soorten ook relevant.

Toelichting bij 2: De brasem zone wordt gekenmerkt door een soortenspectrum met een relatief lage zwemcapaciteit. Dit betreft veelal eurytope soorten zoals baars, blankvoorn, brasem, kolblei, pos en snoek- baars. Als gevolg van de lage zwemcapaciteit liggen de grenswaarden voor de hydraulische kenmerken laag. Dit leidt tot een relatief slechte score van de passages op deze aspecten. De mogelijkheid om tussen de verschillende stuwpannen te kunnen passeren is voor deze soorten echter niet van existentieel belang. Anders dan lange afstandsmigranten kunnen deze soorten (zoetwatermigranten) hun paai- voedsel- of overwinteringshabitat in een stuwpan of de zijwateren en uiterwaarden vinden. Grote diadrome soorten zoals de Atlantische zalm zijn voor het bereiken van geschikte paaihabitaten echter aangewezen op de vispassages.

Aanvulling toetskader

Rekening houdend met de grotere doelsoorten is in onderstaande tabellen naast de toets aan de zwemcapaciteit van de brasem zone ook de score voor de grote diadrome soorten weergegeven. Dit helpt de lezer om een inschatting te kunnen maken van het functioneren van de passages voor grote diadrome soorten zoals de Atlantische zalm.

3.2.2 Inspectieresultaten Linne

1. Algemene informatie:			
Datum en tijdstip		Ingevuld door:	
10 april 2024 van 9:00 tot 12:00 uur		Gabriel Ghodrati / Wieger Blokland	
Naam beek/rivier	Locatie	Type vispassage	Hoofdstroom/ nevengeul
Maas	Stuwcomplex Linne	V-vormige bekkenpassage	Nevengeul
Totale lengte [m]	Totaal verval [m]	Grootste doelsoort	Viszone
215	3,20	Europese meerval	Brasem zone
Afvoer hoofdstroom [m³/s]	Afvoer passage [m³/s]	Gemiddelde voorjaarsafvoer [m³/s]	
511	2,0 (max 2,5)		

2. Vindbaarheid		Waarde	Beoordeling
2.1	Ligging van de vispassage in de waterloop	Aan de kant van WKC	B
2.2	Afstand van de ingang tot de stuw	95 [m]	C
2.3	Richting van de lokstroom	< 30°	B
2.4	Stroomsnelheid lokstroom [m/s]	0,1-0,2 [m/s]	C
2.5	Aansluiting van de bodem van de passage op de bodem van de hoofdstroom	Goed	B

3. Passeerbaarheid		Waarde	Beoordeling Brasem zone	Beoordeling Bovenstroomse Forellenzone
3.1	Minimale lengte bekken [m]	6 [m]	B	B
3.2	Minimale gemiddelde waterdiepte bekken [m]	1,2 [m]	B	B
3.3	Minimale waterdiepte slot/overlaat [m]	Niet bereikbaar	-	-
3.4	Minimale breedte slot/overlaat [m]	Zie toelichting in [2.]	B	B
3.5	Maximaal verval Δh [m]	0,28 [m]	E	D
3.6	Maximale stroomsnelheid in de slot/overlaat [m/s]	2,36 [m/s]	E	D
3.7	Maximale stroomsnelheid bekken [m/s]	0,75 [m/s]	C	C
	Stroombeeld	Kortsluiting	E	E
3.8	Maximale stroomsnelheid op de bodem van de overlaat [m/s]	Niet bereikbaar	-	-
3.9	Maximale energiedichtheid [W/m³]	209 [W/m³]	E	B
3.10	Uitvoering van de bodem	Ruwe bodem	B	B

Onderhoudstoestand
Regelbare inlaat
De algehele uitvoering van het regelwerk oogt niet robuust. De werking is niet gecontroleerd.

• Er stroomt water tussen de aansluitende damwandplanken langs de inlaat.
<u>Drempels</u>
• Waar de damwand vanaf de oever zichtbaar is, zijn geen gebreken waargenomen. • Uit het stroombeeld van de drempels volgt geen aanleiding voor significante gebreken.
<u>Oevers</u>
• Langs de oevers is geen significante uitspoeling of instabiliteit waargenomen.
<u>Bekkens</u>
• Vanuit de metingen volgt een bodemhoogte die lokaal afwijkt van de ontwerpwaarden, wat kan duiden op aanzanding.

3.3 Randvoorwaarden uitwerking verbetermaatregelen

Vertrekpunt voor het definiëren van verbetermaatregelen bij de bestaande vistrappen zijn de uitkomsten van de uitgevoerde inspecties. Daarbij ligt het voor de hand de criteria die slecht scoren indien mogelijk aan te passen in het ontwerp van de desbetreffende vistrap om de vispasseerbaarheid te verbeteren. Tegelijk bepalen de fysieke grenzen van de vispassages en het integrale budget voor aanpassing van de vispassages wat er technisch mogelijk is om verbeteringen uit te voeren.

Daarom is samen met Rijkswaterstaat Zuid-Nederland overeenstemming gezocht over het maatregelpakket. Voorafgaand aan het opstellen van de ontwerpnota is verkennend onderzocht welk gecombineerd maatregelpakket technisch haalbaar en betaalbaar is [7.]. De hieruit afgeleide scope is vertrekpunt voor de uit te werken maatregelen.

Bij de verdere uitwerking zijn de volgende principes toegepast:

- Op basis van de uitkomsten ten aanzien van de vindbaarheid (stroomsnelheid lokstroom, debiet) is verkend of er binnen het kader van optimalisatie effectieve maatregelen te nemen zijn.
- Ten aanzien van passeerbaarheid is verkend of maatregelen mogelijk zijn om het verval over de drempels te optimaliseren, het stroombeeld aan te passen en/of de energiedissipatie te verbeteren binnen de bekkens.
- De bestaande vispassages kennen een ontwerpverval van ca. 20 cm. Dit wordt met de optimalisatie van de vispassages niet aangepast, met als argumenten:
 - Het aanpassen van het verval in de vispassages betekent in de praktijk het moeten uitbreiden en opnieuw inrichten van alle vispassages, wat een groter ruimtebeslag en relatief grote investeringen vraagt. Dit is niet in verhouding met de opdracht om de bestaande vispassages te optimaliseren. Alleen bij Linne en Lith is gekozen om de vispassages opnieuw in te richten, maar wel binnen het huidige ruimtebeslag.
 - Het ontwerpverval van 20 cm is goed passeerbaar voor de grote diadrome/reofiele soorten zoals de Atlantische zalm. De eurytope soorten zoals baars, blankvoorn, brasem, kolblei, pos en snoek- baars hebben een lagere zwemcapaciteit. De mogelijkheid om tussen de verschillende stuwpannen te kunnen passeren is voor deze soorten echter niet van existentieel belang. Anders dan lange afstandsmigranten kunnen deze soorten (zoetwatermigranten) hun paai- voedsel- of overwinteringshabitat in een stuwpan of de hieraan takkende uiterwaarden vinden. Uit onderzoek bij diverse vispassages in de Maas blijkt dat de eerdergenoemde eurytope vissoorten passages met een verval van 20 cm en meer kunnen passeren. De gemonitorde aantallen van deze soorten blijven echter achter [7.].
- Vanuit de onderhoudsstaat is verkend of er herstelmaatregelen of groot onderhoud gecombineerd kan worden met voorgestelde aanpassingen.

4 Ontwerp verantwoording en beschrijving

4.1 Interpretatie inspectieresultaten

Na de inspectie is gebleken dat de vispassage bij Linne niet optimaal functioneert. Het gemeten debiet door de passage was maximaal 2,5 m³/s, terwijl het gewenste debiet 4 m³/s bedraagt onder normale omstandigheden. Bovendien zijn de bekken te klein, wat zelfs bij een laag debiet leidt tot overmatige turbulentie en kortsluiting tussen de bekken. De passeerbaarheid van de drempels is beperkt door lokaal te hoog verval en stroomsnelheid. Daarnaast zorgt de grote uitstroombopening naar de Maas ervoor dat de lokstroom nauwelijks aanwezig is, wat de vindbaarheid van de vispassage bemoeilijkt. Deze bevindingen hebben geleid tot de beslissing om de vispassage bij Linne opnieuw in te richten.

4.2 Resultaat verkenning maatregelen

4.2.1 Maatregelen vanuit inspectie en verkenning

Specifiek voor Linne is vanuit [7.] en [2.] het volgende maatregelpakket gekozen:

- In het bovenstroomse deel van de vispassage wordt het huidige tracé behouden en worden de bekkens heringedeeld.
- Benedenstrooms worden de bekkens verlegd in noordelijke richting, zodat de lokstroom dichterbij de WKC gesitueerd is. De lengte blijft orde gelijk aan de huidige situatie (orde 180 m tussen de drempels). Met een nieuwe indeling kan tenminste hetzelfde aantal bekkens worden gerealiseerd (18 bekkens, elk orde 10 m lang).
- Het inlaatwerk van de vispassage bij Linne vervangen. Dit volgt uit het feit dat het debiet onvoldoende is en er lekkage is rond de constructie. Aanpassing/reparatie van de schuif lijkt niet kansrijk vanwege de opbouw uit hout en de leeftijd (40 jaar).



Figuur 4-1 Concept ontwerp herindeling bestaande vispassage Linne

4.2.2 Autonome ontwikkelingen

Peilopzet

In het stuwpand Borgharen-Linne wordt peilopzet overwogen. Het huidige streefpeil is 20,85 m. + NAP. De peilopzet vertaalt zich naar de volgende streefpeilen:

- Bij normaal- en hoogwaterbeheer: 21,00 – 21,05 m. + NAP
- Bij laagwaterbeheer: 21,10 – 21,15 m. + NAP

De peilopzet is daarmee 15-30 cm. Met deze ontwikkelingen is bij de uitwerking van het ontwerp rekening gehouden door ruimte te reserveren voor het realiseren van twee extra bekkens aan bovenstroomse zijde.

Vervanging brug

De toegangsbrug over de vispassage wordt vervangen. Het uitvoeringsontwerp is gedeeld met Haskoning [16.]. Daaruit is besloten om de vispassage in te passen in de situatie waarin de brug is vervangen (uitvoering brug is gepland voorafgaand aan de werkzaamheden voor de vispassage).

4.3 Hydraulisch ontwerp

4.3.1 Hydraulische modellering

In Bijlage 2 is het hydraulisch ontwerp beschreven en onderbouwd. De resultaten zijn hieronder samengevat en toegelicht. Uit modellering van het hydraulisch gedrag van de vispassage bij Linne volgt de volgende set aan hydraulische ontwerpwaarden:

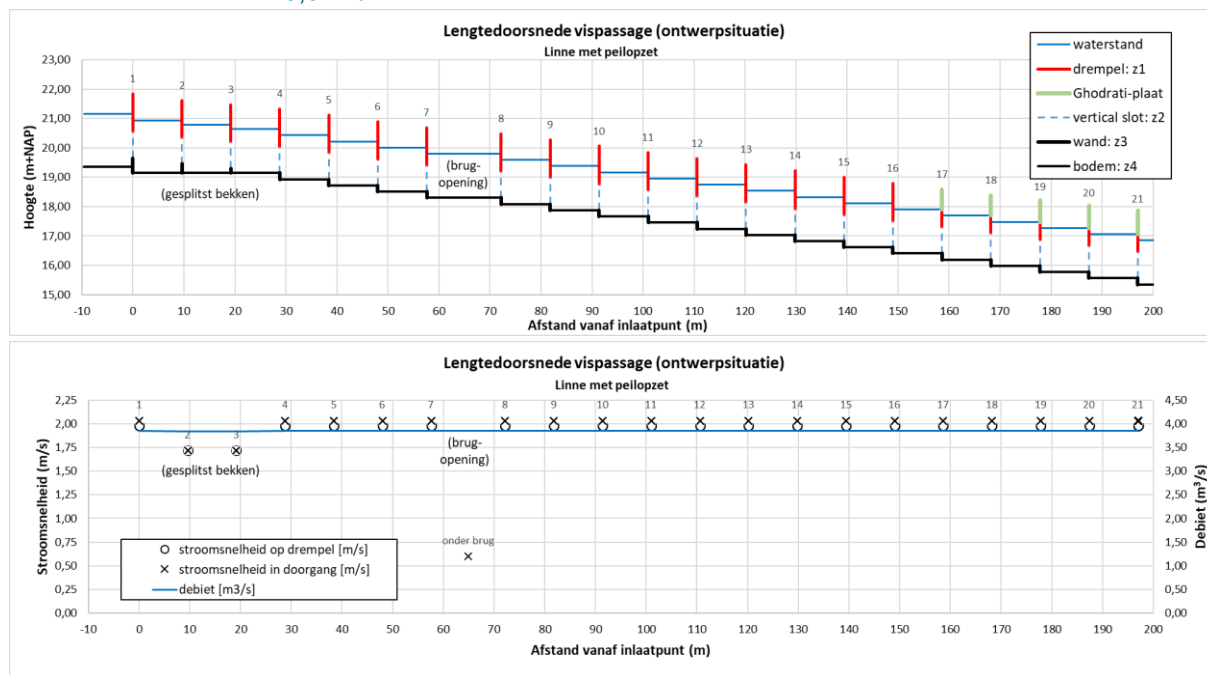
Aspect	Waarden bij lage Maas afvoer (verval 4,3 m*) 0 m ³ /s (St. Pieter)	Waarden bij verhoogde Maas afvoer (verval 3,54 m*) 530 m ³ /s (St. Pieter)
Lengte bekkens	10m (15m t.h.v. brug)	
Breedte bekkens	10m	
Waterdiepte bekkens	≥1,5m	
Aantal bekkens, totale lengte	20 bekkens (21 drempels)*, orde 210 m lang	
Type drempel	V-vormige overlaat met vertical slot	
Breedte vertical slot	0,6 m	
Energiedichtheid	<90 W/m ³	
Debiet door de vispassage	3,9 m ³ /s	
Verval per bekken	0,21 m	0,21 m – afnemend benedenstrooms tot 0,08m
Stroomsnelheid vertical slot	2,0 m/s	1,3 - 2,0 m/s

*Uitgaande van peilopzet, inclusief 2 extra drempels

Toelichting:

1. De lengte van de bekkens is vergroot en uniform gemaakt ten opzichte van de huidige situatie om in elk bekken voldoende energiedemping te realiseren. De breedte is van invloed op het volume van het bekken en daarmee de energiedemping die bereikt kan worden in de bekkens. De breedte van de bekkens is gemiddeld 10 m.
2. De afmetingen van de bekkens leiden bij het ontwerpdebiet en -verval tot een energiedichtheid in de bekkens die altijd (ruim) onder de grenswaarde ligt van 90 W/m³.
3. In afwijking van de TUN is een smallere spleetbreedte gehanteerd (0,6 i.p.v. 0,72m). Deze is nog steeds passeerbaar voor de grootste doelsoorten. Deze aanpassing is gedaan om het debiet door de passage tot 4m³/s te beperken. De 2 optionele drempels hebben een spleetbreedte van 0,74m omdat deze beide een verval van 15 cm moeten realiseren, versus 20 cm voor de andere drempels.

4. De waterdiepte is altijd minimaal 1,5 m. Ook van invloed op de waterdiepte is het verhang over de vispassage. Bij hogere benedenwaterstanden zal de waterdiepte in de bekkens toenemen, met name de lagergelegen bekkens.
5. De hydraulische werking van de vispassage is afgeleid voor 2 grenswaarden (zie Figuur 4-2 en Figuur 4-3):
 - a. Benedengrens waterstand: een situatie met een groot verval van orde 4,3m (waterstand Linne beneden 16,85 m+NAP en 21,15 m+NAP boven – uitgaande van peilopzet). Hieruit volgt een debiet van 3,9 m³/s.

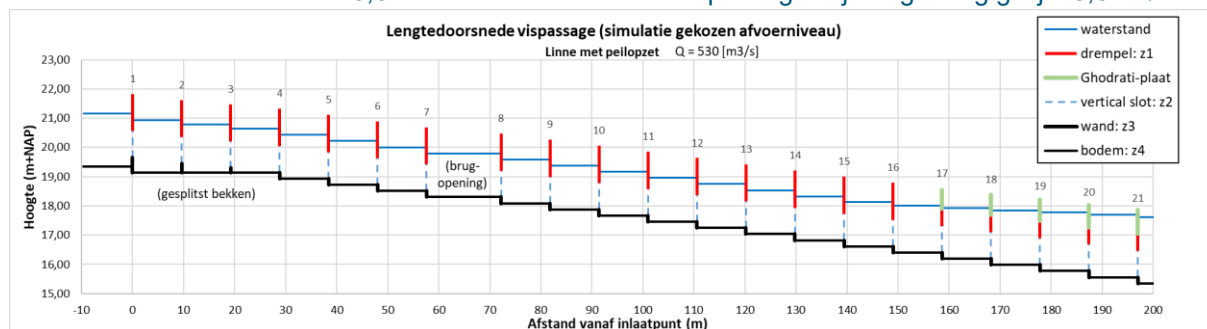


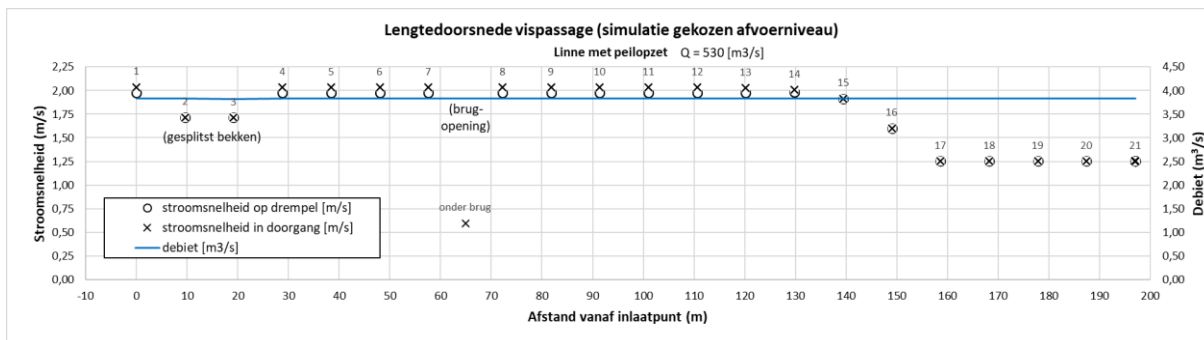
Figuur 4-2 Waterstanden, bodemverloop (boven) – debiet en stroomsnelheden (beneden) – situatie met peilopzet, lage afvoer

Toelichting bij grafieken:

- Drempel 1 betreft de inlaatsdrempel
- Drempel 21 betreft de uitstroomdrempel naar de Maas
- Drempel 2 en 3 zijn de drempels die bij peilopzet extra nodig zijn. De bodemhoogte verspringt niet tussen drempel 1 en 4, omdat dit initieel als 1 bekken wordt aangelegd.
- Tussen drempel 7 en 8 ligt een bekken met 15m lengte omdat hier de brug in is opgenomen.

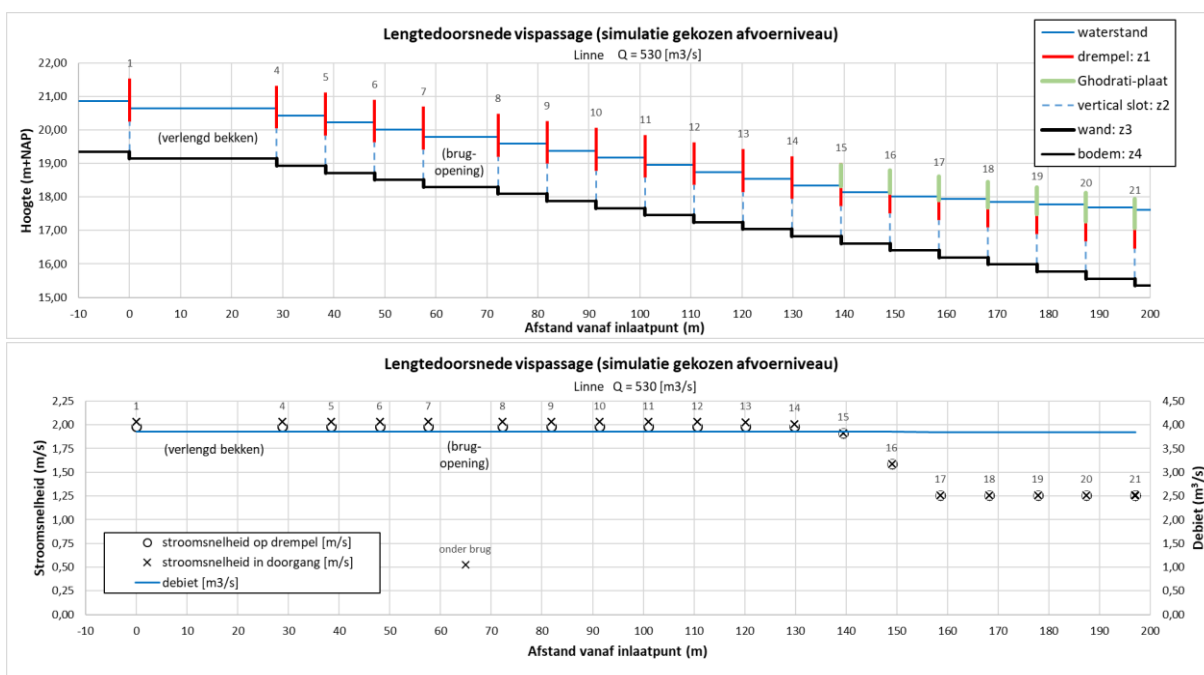
- b. Bovengrens waterstand: een benedenwaterstand van 17,61 m+NAP is als waterstand gehanteerd (orde 300 d per jaar onderschreden, debiet Maas 530m³/s). Het verval is in deze situaties kleiner: 3,54 m. Het debiet door de vispassage blijft nagenoeg gelijk: 3,8 m³/s.





Figuur 4-3 Waterstanden, bodemverloop (boven) – debiet en stroomsnelheden (beneden) – situatie met peilopzet, hoge afvoer

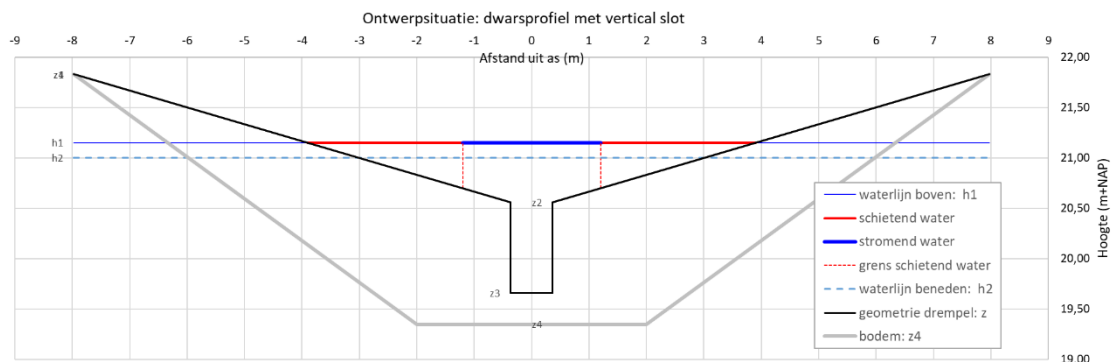
6. De hydraulische werking van de vispassage is ook beschouwd voor het scenario waarbij peilopzet bij renovatie (nog) niet is doorgevoerd. Als peilopzet niet doorgaat dan zijn drempels 2 en 3 niet nodig. Het eerste bekken van de vispassage blijft dan langer dan de overige bekken. De hydraulische prestaties blijven gelijk, mits het inlaatwerk op het ontwerpdebiet wordt afgesteld.



Figuur 4-4 Waterstanden, bodemverloop (boven) – debiet en stroomsnelheden (beneden) – situatie zonder peilopzet, hoge afvoer

4.3.2 Ontwerp drempels

Het ontwerp van de drempel is opgebouwd uit een V-vormige overlaat (8 m breed op de waterlijn, helling 1:6) met een vertical slot van 0,6 m breed en 0,9 m hoog. Het debiet door de vispassage volgt uit deze afgeleide afmetingen. Daarbij wordt de locatie van het vertical slot en het diepste punt van de V in de praktijk verspringend toegepast worden om een betere energiedemping te realiseren in de bekken.

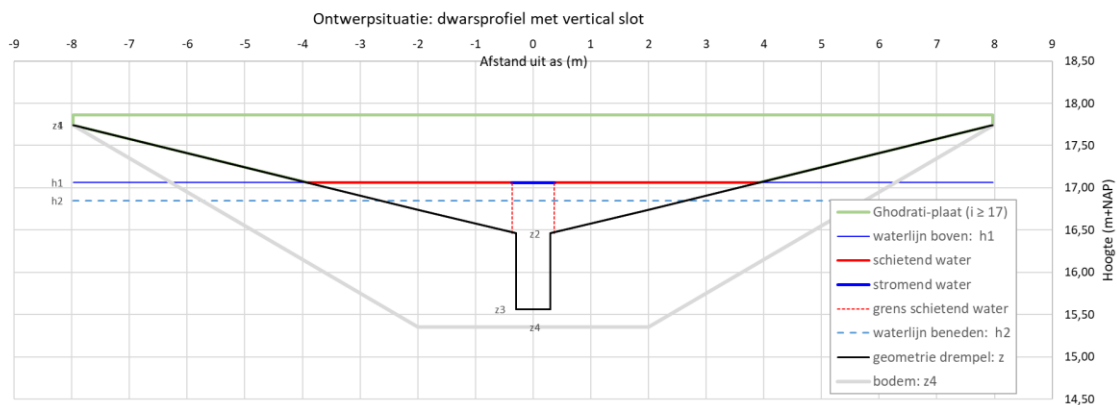


Figuur 4-5 Ontwerp drempel zoals toegepast in hydraulische simulatie

In par. 4.5 is de praktische vertaling gemaakt van de drempelgeometrie. Het hydraulisch natte oppervlak blijft daarbij gelijk aan de schematisatie in het hydraulisch model.

Optimalisatie werking drempels bij verhoogd benedenpeil

Het huidige ontwerp is uitgelegd om passeerbaar te zijn bij variërende benedenwaterstanden, waarbij de benedenwaterstand tot orde 16,85 m + NAP kan zakken. Hoewel dit betekent dat de vispassage bij droogte passeerbaar blijft, zullen bij vaker voorkomende omstandigheden de benedenstroomse drempels verdrongen raken, waardoor stroomsnelheden bij deze drempels sterk afnemen. Door de benedenstroomse drempels aan de bovenzijde dicht te maken wordt de afname in stroomsnelheid beperkt, ten gunste van de vindbaarheid. In inderstaande figuur is met groen een verticaal plaalement gesimuleerd die de stroming bij hogere afvoeren beïnvloedt. Zie ook Bijlage 2 en paragraaf 4.5 waar de vertaling is gemaakt naar een praktisch ontwerp.



Figuur 4-6 Ontwerp drempel van benedenstroomse gelegen bekkens met verticaal plaalement.

4.4 Bekkens

4.4.1 Verantwoording en beschrijving

Tracé

Het nieuwe tracé van de vispassage bij Linne volgt tot de afbuiging naar het uitstroomwerk het tracé van de huidige vispassage. Om de lokstroom dicht bij het WKC uit te laten stromen zijn de benedenstroomse bekkens en het uitstroomwerk verplaatst in de richting van de WKC. Hierdoor komt het tracé van de vispassage in een bocht te liggen over het eiland tussen de huidige vispassage en de WKC. Om de energiedichtheid per bekken te verlagen, zijn de bekkens ontworpen met een langere lengte. De

vispassage bevat 18-20 bekkens (afhankelijk van peilopzet). Het nieuwe inlaatwerk verschuift westelijk om ruimte te maken voor extra bekkens t.b.v. peilopzet.



Figuur 4-7 Indicatie van het nieuwe tracé

Afmetingen

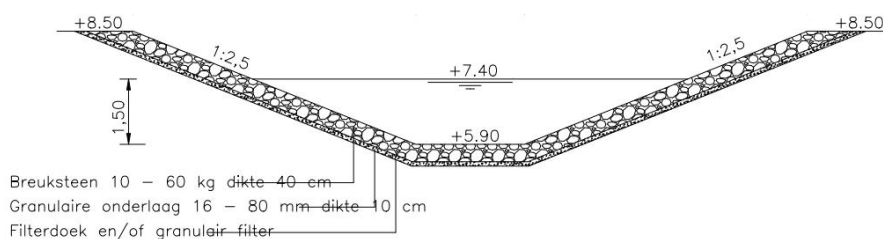
De bekkens hebben een gemiddelde lengte van 10 m en een breedte van 8m op de waterlijn. Bij de bekkens die in de bocht liggen richting het uitstroomwerk varieert de lengte en de breedte, zodat de bocht naar het uitstroomwerk gemaakt kan worden. De bekkens hebben natuurlijke taluds.

4.4.2 Ontwerp

De bekkens hebben een bodembreedte van 4m en een talud helling van 1:2,5 m. Daarnaast is een bodembescherming voorzien. Deze lagen van de bodembescherming bestaan uit:

- Een breuksteen laag van gradering 10-60 kg en een dikte van 40 cm;
- Een granulaire onderlaag van gradering 16-80 mm en een dikte van 40 cm;
- Een geotextiel filterdoek.

Deze ontwerpspecificaties zijn afgeleid van het ontwerp van de bekkens van de vispassage bij Grave (zie Figuur 4-8).



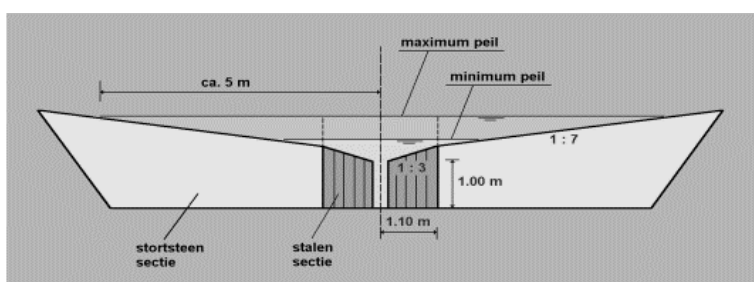
Figuur 4-8 Doorsnede bekken vispassage Grave t.o.v. NAP (tekening RWSZN-2020-039139)

De bodemhoogte van de bekkens bij Linne volgt uit het hydraulisch ontwerp en de eis van een minimale waterstand van 1,5m in de bekkens. Zie Bijlage 1 voor de technische tekeningen waar doorsnedes en informatie over het bodemhoogteverloop zijn opgenomen.

4.5 Drempels

4.5.1 Verantwoording en beschrijving

Het ontwerp van de drempels tussen de bekkens is gebaseerd op het ontwerp van de drempels bij de Nederrijn-Lek (Driel, Hagestein, Mourik), zie Figuur 4-9. Een variant op dit type drempel is o.a. bij Borgharen ook toegepast en is in afstemming met RWS als vertrekpunt gekozen. De drempel kent variërende stroombeelden over de breedte waarmee een breder soortenspectrum de drempel kan passeren. Door de V-vorm is er voldoende doorstroomoppervlak om het gewenste debiet van orde 4 m³/s af te voeren. Om de passeerbaarheid van de drempels verder te vergroten bevat de drempel ook een verticale opening (vertical slot).



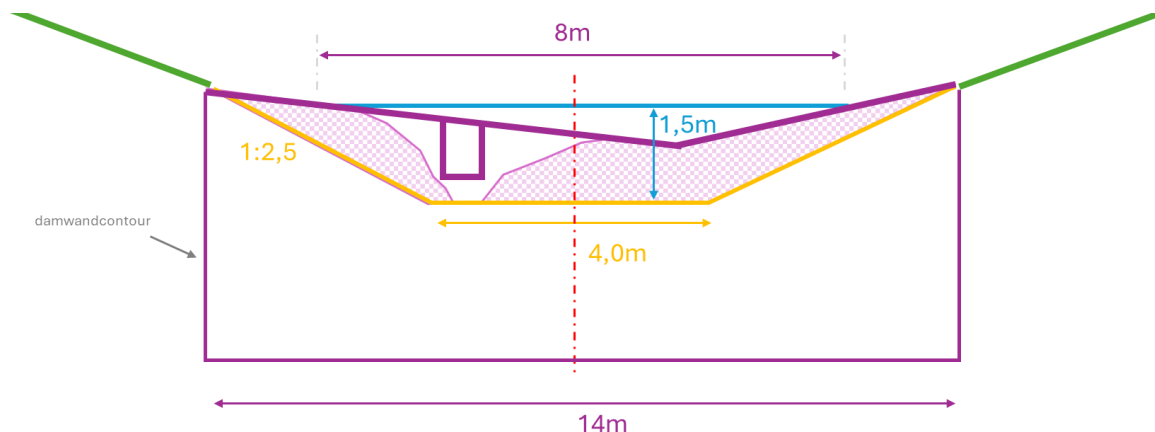
Figuur 4-9 Principe ontwerp drempels vispassages Nederrijn-Lek [10.]

4.5.2 Ontwerp

Voor Linne is een basisconstructie gekozen die bestaat uit een damwand over de gehele breedte. Deze damwand wordt onder de gewenste helling afgebrand. Op dezelfde wijze kan de opening voor het vertical slot worden gemaakt (deze verspringt tussen links en rechts om maximale energiedissipatie te realiseren in de bekkens). Vervolgens wordt de damwand aangevuld met stortsteen, in te wassen met beton.

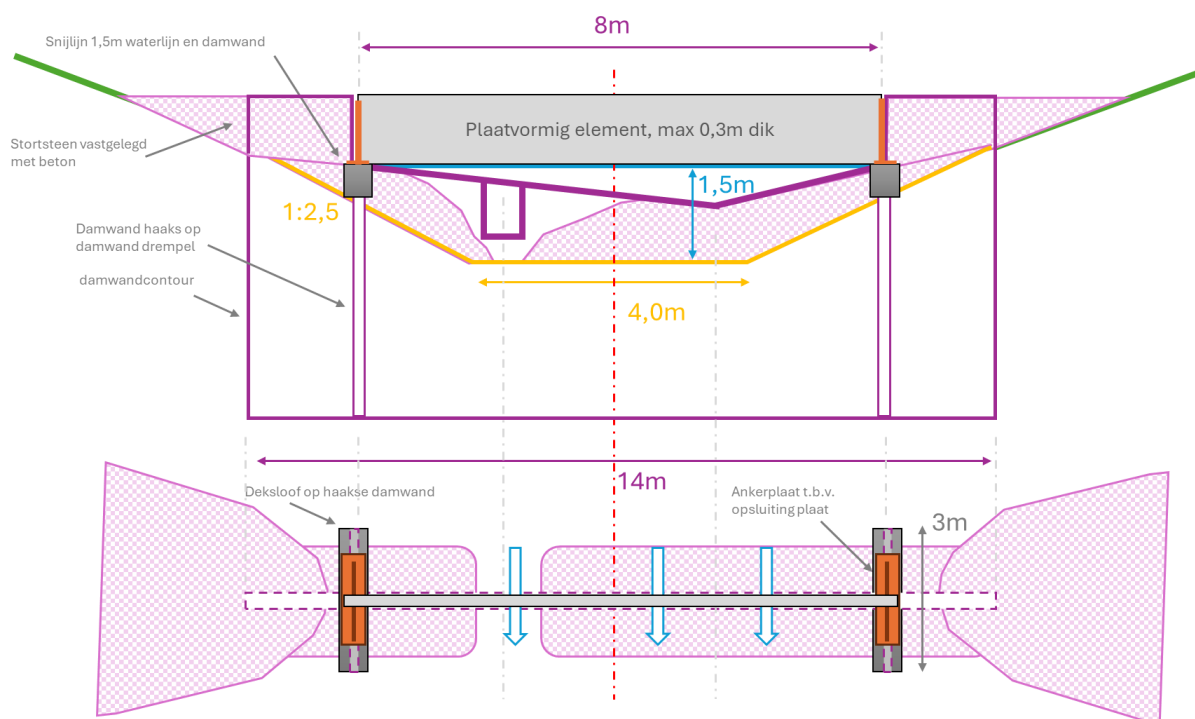
Technische specificaties:

- Profiel damwand PU-8 – 4m lang
 - o Dit betreft een damwandprofiel met voldoende robuustheid om in te brengen. De lengte van 4m volgt uit vuistregels voor de inheidiepte (minimaal 2m bij 1m uitkraging) en het gewenste hoogteverloop richting de oever.
- De breedte van de drempel is 14m om het bodemprofiel tot 2m boven de bodemhoogte te kunnen afsluiten.
- De hoogteligging is per drempel bepaald, dit volgt uit het hydraulisch ontwerp en is aangegeven op de technische tekeningen, waarbij de hoogteligging van het diepste punt van de V-vorm is aangegeven. De locatie van de V en de vertical slot verspringt tussen links en rechts. De resulterende breedte op de waterlijn is 8m en een doorstroomoppervlak van 3,1 m² bij een referentiewaterstand van 1,5m boven de bodemhoogte.
- De vertical slots hebben afmetingen van 0,6 meter breed en 0,9 meter hoog.
 - o Dit volgt uit het hydraulisch ontwerp en principe ontwerp
 - o De 2 optionele drempels hebben een vertical slot van 0,74m breed



Figuur 4-10 Basiscontour drempelontwerp (hier getoond met vertical slot aan linker zijde)

- De verticale begrenzing van de laatste 5 drempels wordt gevormd door een plaatvorming element waarvan de minimale hoogte volgt uit het hydraulisch ontwerp (opgenomen in de technische tekeningen). Deze wordt gefundeerd op damwanden dwars op de drempel, zie onderstaande figuur.

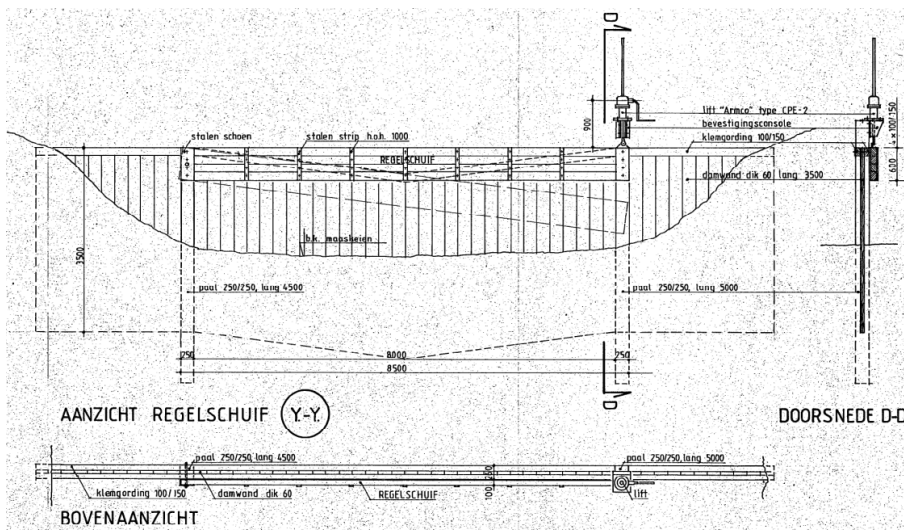


Figuur 4-11 Drempel ontwerp met verticale plaat

4.6 Inlaatwerk

4.6.1 Verantwoording en beschrijving

Het bestaande inlaatwerk bij Linne is orde 40 jaar oud en opgebouwd uit houten damwanden. (zie Figuur 4-12). Uit de inspectie volgt dat het debiet door de vispassage te laag is en dat de damwand plaatselijk waterdoorlatend is geworden. Aanpassing van de bestaande constructie wordt niet realistisch geacht en de schuif is met 40 jaar ook aan het einde van de technische levensduur. Daarom is vervanging van de inlaat voorgesteld.



Figuur 4-12 Regelschuiif Linne (bestaand)

Functies

De hoofdfuncties van het nieuwe inlaatwerk zijn het reguleren van het debiet in de vispassage en het droogzetten van de vispassage. Daarbij moet het regelwerk vispasseerbaar zijn, ook voor bodemminnende vis.

Afmetingen

De drempelhoogte van de inlaatdrempel volgt uit het hydraulisch ontwerp. Voor de vorm van de vaste drempel kunnen de principes van de andere drempels worden overgenomen. Wel wordt de vertical slot bij de oever gesitueerd zodat deze apart af te sluiten is. In gesloten toestand moet de kerende hoogte voldoende zijn om het stuwpeil te kunnen keren en daarbij rekening te houden met eventuele peilopzet in de toekomst.

Bediening

Uitgangspunt is een handmatig bediende schuiif die middels een spindel omhoog gedraaid kan worden.

4.6.2 Ontwerp

Dimensies

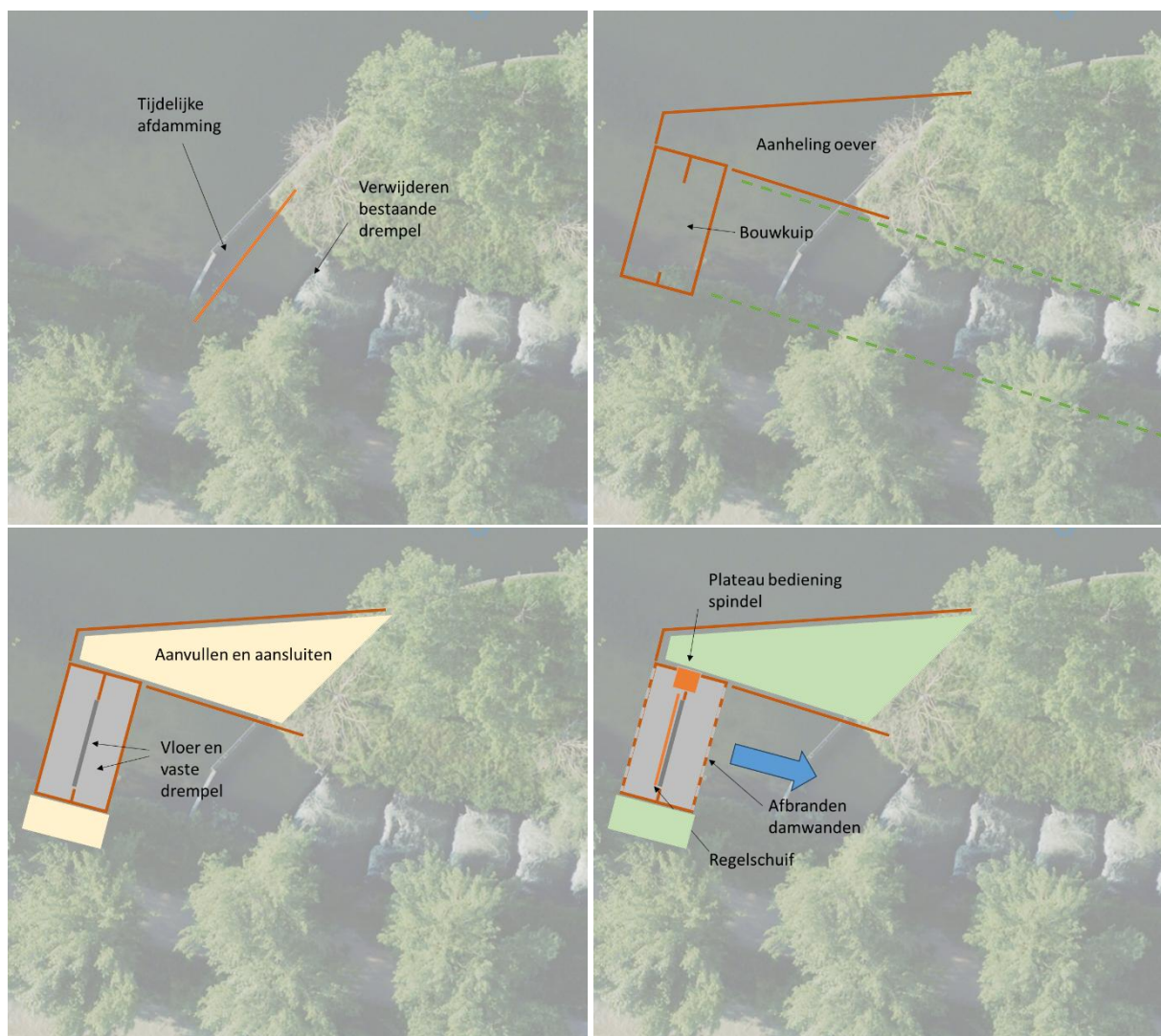
De afgeleide dimensies zijn toegelicht:

- Door de vaste drempel van het inlaatwerk te dimensioneren op de situatie zonder peilopzet, kan deze het gewenste debiet leveren als peilopzet niet doorgaat. De bijbehorende drempelhoogte van de inlaatdrempel bedraagt 20,25 m +NAP. Als peilopzet doorgaat moet het regelbereik van de beweegbare drempel worden aangepast, zodat het debiet na peilopzet weer op het gewenste niveau wordt gemaximeerd. Dit kan door de vaste drempel te verhogen. De bodemhoogte achter de drempel is bepaald op NAP+19,14m. De bodem van het inlaatwerk moet mogelijk lager zijn om voldoende ruimte te hebben voor de beweging van de schuiif.
- De breedte van de doorstroomopening bedraagt 10 m (breedte bekkens).
- Bovenkant schuiif (gesloten toestand): 21,20 m + NAP. Dit is afgeleid van het huidige stuwpeil bij Linne (20,85 m + NAP) + 30 cm peilopzet + 5 cm marge.

Een tekening van de afgeleide dimensies is opgenomen in Bijlage 1.

Uitvoering en bouwwijze

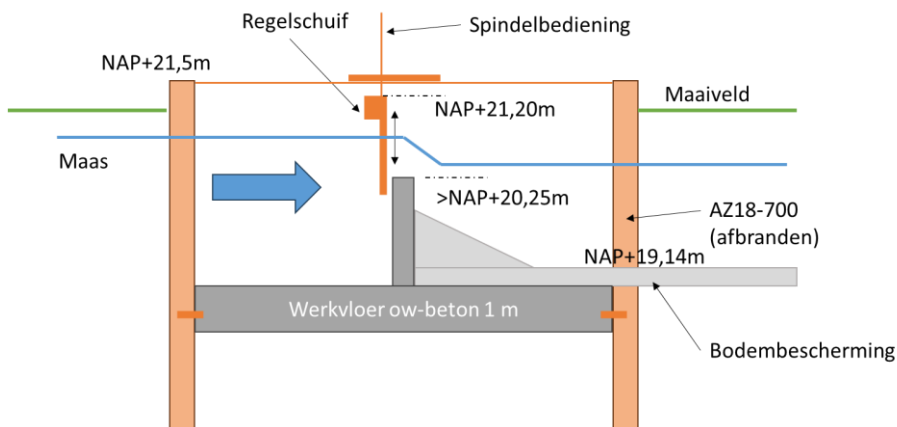
Uitgangspunt is het realiseren van een handbediende scharnierende schuif, die langs een vaste drempel kan worden bewogen. Deze wordt gebouwd door het maken van een bouwkuip, waarbij de damwanden langs de oever als landhoofden fungeren. De damwanden dwars op het bekken kunnen afgebrand worden op de ontwerp bodemhoogte. In de bouwkuip kan een onderwaterbetonvloer en een vaste drempel worden gemaakt. Vervolgens kan de schuif worden gemonteerd. Zie ook onderstaande figuren:



Figuur 4-13 Hoofdstappen aanleg nieuwe drempel

Ontwerp

Voor de bouwkuip en oevers is uitgegaan van toepassing van damwanden met AZ18-700 profiel, lengte orde 8 m (op basis van expert judgement en vergelijkbaar referentie project) met buitenafmetingen van 10 x 5 m. In de bouwkuip is een owb-betonvloer voorzien van 1 m (nat ontgraven en aanbrengen, verbinding damwanden aan vloer). Daarop kan de vaste drempel (beton) worden aangelegd. Vervolgens kan de regelschuif (stalen plaat met verstijvingsribben en balk aan bovenzijde) worden gemonteerd. Ook moet een vertical slot worden ingepast om de passeerbaarheid voor bodeminnende vis te verbeteren.



Figuur 4-14 doorsnede nieuw inlaatwerk Linne

4.7 Uitstroomwerk

4.7.1 Verantwoording en beschrijving

Om de lokstroom en vindbaarheid van de vispassage te verbeteren wordt de uitstroom van de vispassage dichter naar de WKC verplaatst. Daarnaast wordt een versmalde uitstroomopening toegepast om de stroomsnelheid van de lokstroom te verbeteren.

4.7.2 Ontwerp

Nieuwe uitstroomopening

De nieuwe locatie van het uitstroomwerk kruist de bestaande damwand die aanwezig is als oeverbescherming. Deze dient onderbroken te worden en aan worden gesloten op de achterliggende bekkens. Dit kan door het (deels onder water) afbranden van de bestaande damwand. De vormgeving van de uitstroomopening volgt uit het hydraulisch ontwerp. De bodembescherming moet hierop worden aangesloten. De hoogte van de oever is orde NAP+17,7m (en hoger). Dit komt overeen met een benedenwaterstand die 60 d per jaar wordt overschreden. De bekkens kunnen hierop worden aangesloten in de profilering. Zie ook Bijlage 1.

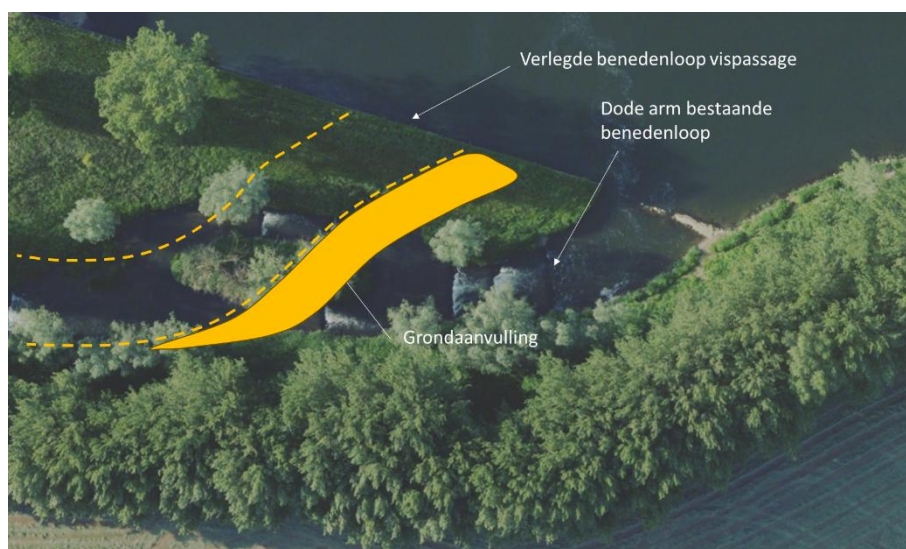


Figuur 4-15 Indicatie locatie uitstroom, kruising met bestaande oeverbescherming.

Afgedamde uitstroom Linne

Na verlegging van het tracé zal de huidige benedenloop in een dode arm veranderen. De vrijkomende grond uit de ontgraving is niet voldoende om de huidige benedenloop te dempen. Wel zal de waterdiepte door aanslibbing gaan afnemen. Vanuit kansen voor ecologie is uitgegaan van het open houden van de bestaande benedenloop. De grondaanvulling wordt met een klei- en grasbekleding afgedekt om bestand te zijn tegen stroming bij hoogwatersituaties. De taluds van de afdamming zijn 1:3 en de hoogte is bepaald op NAP+19m, aansluitend op bestaand maaiveld. Zie ook de ontwerptekeningen in Bijlage 1.

De bekleding van de afgedamde oever moet bestand zijn tegen een stroming van 1,4 m/s. Deze stroomsnelheid volgt uit het rivierkundig model ter hoogte van de huidige vistrap bij een Maasafvoer van 4.100 m³/s (St. Pieter). Afhankelijk van de kwaliteit van de grasmatt, kan een met gras beklede oever stroomsnelheden van 1,5 á 2,5 m/s weerstaan gedurende 100 uur achter elkaar, conform CUR201 (RWS, 1999). Daarmee is toepassing van een grasbekleding uitgangspunt voor het ontwerp.



Figuur 4-16 Situatie na verlegging benedenloop

4.8 Integrale veiligheid

Onderstaande punten geven een overzicht van aandachtspunten t.a.v. integrale veiligheid. Zie het risicodossier [8.] voor een uitgebreide toelichting op alle aandachtspunten voor het optimaliseren van vistrappen.

Veilig te bouwen

De werkzaamheden zijn over het algemeen met relatief licht materieel uit te voeren, en bestaan voornamelijk uit graafwerk (afgraven, profileren bodem en aanvullen) en heiwerkzaamheden (drempels en inlaatwerk). Het bovenstroomse deel van de vispassage is bereikbaar via de zuidelijke oevers. De benedenstroomse bekkens die het nieuwe tracé volgen zijn bereikbaar via een aan te leggen rijbaan die de huidige vispassage kruist. De rijbaan kan na aanleg van de bekkens geprofileerd worden tot de oostelijke oever van de benedenloop. De uitvoering en bouwfasering zijn verder beschreven in H7.

Aandachtspunten voor veilig werken zijn het werken in buitendijks gebied; er moet ingespeeld kunnen worden op hoogwatersituaties tijdens de uitvoering. Daarnaast moet veilig werken gewaarborgd worden tijdens het droogzetten van (delen van) de vispassage. Een ander aandachtspunt is de toegangsweg naar het stuwcomplex en het fietspad over het stuwcomplex, die ook tijdens uitvoering gebruikt zullen worden door personeel van de stuw en de WKC en fietsers. Dit introduceert extra veiligheidsrisico's die beheerst

moeten worden door aandacht voor verkeerskundige maatregelen. Werkzaamheden met een standaard verhoogd risico dienen zorgvuldig voorbereid te worden. Dit betreft werken in de bouwkuip van het nieuwe inlaatwerk en het afbranden van de oeverwand aan de WKC-zijde.

Veilig te gebruiken

De bediening van de inlaat bij Linne wordt verbeterd in vergelijking aan de huidige situatie. De werkwijze en bereikbaarheid van de inlaat blijft gelijk aan de huidige situatie, maar de gebruiksvriendelijkheid en kwaliteit van de constructie wordt verbeterd. Daarnaast is er geen regulier gebruik van de vispassage van toepassing. Beheer en onderhoud bestaat voornamelijk uit maaiwerk van de oevers.

4.9 Duurzaamheid

Ontwerpkeuzes

De volgende ontwerpkeuzes zijn mede vanuit het oogpunt van duurzaamheid gemaakt:

- De vispassage is zoveel mogelijk een natuurlijk ontwerp geworden. De bekkens zijn ontworpen met een natuurlijk talud gemaakt van grond.
- Vrijkomende grond kan in de bestaande vispassage worden hergebruikt om de benedenloop te dempen.

Kansen

- Bij het aanleggen van de nieuwe bodembescherming ontstaat de kans om zoveel mogelijk stortsteen, dat vrij is gekomen bij het verwijderen van de oude bodembescherming, te hergebruiken.
- Het benodigde grondwerk vraagt inzet van groter materieel. Aan de uitvoering kunnen eisen gesteld worden op het gebied van duurzaamheid. In de aanbesteding kunnen eisen opgenomen worden t.a.v. de hoeveelheid emissies, klasse materieel e.d.

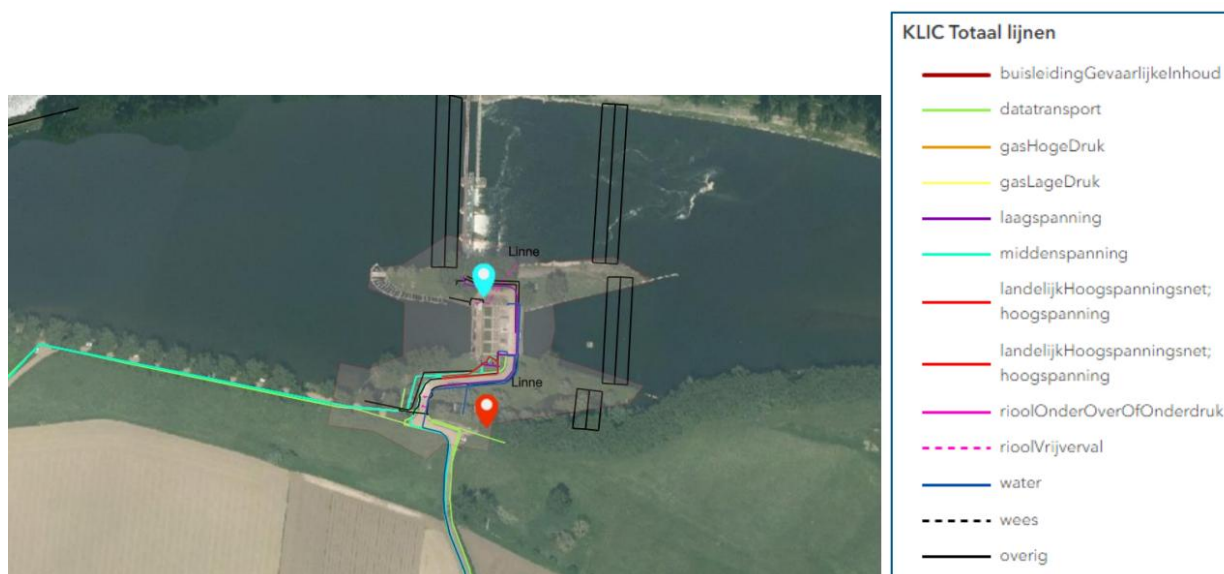
5 Conditionering en effectbeoordeling

5.1 Kabels en leidingen

Voor de vispassage bij Linne geldt dat er graafwerkzaamheden zullen plaatsvinden in het middeneiland van het stuwcomplex. Daarom is het van belang om een goed beeld te hebben van de aanwezige kabels en leidingen.

De KLIC-informatie per locatie is gerapporteerd in aparte memo's [11.]. Specifiek voor Linne geldt dat de vispassage en WKC zich in een gebied bevinden waarvoor een zogenoemde 'Eis voorzorgsmaatregel' geldt. Dit is een waarschuwing vanuit de netbeheerder over een belangrijke kabel of leiding in de grond. Deze kabel (middenspanning) is gelegen in de bovenloop van de vispassage, net ten westen van de brug, waar geen ontgraving is voorzien onder de ontwerphoogte maar waar wel damwanden voor de drempels geplaatst gaan worden. In de huidige situatie zijn ook al damwanden aanwezig (hout). Bij uitvoering is nadere plaats- en dieptebepaling wel van belang om risico's op schade en ongelukken te beheersen. Ter hoogte van de te vernieuwen inlaat en de te verleggen benedenloop zijn geen K&L aanwezig.

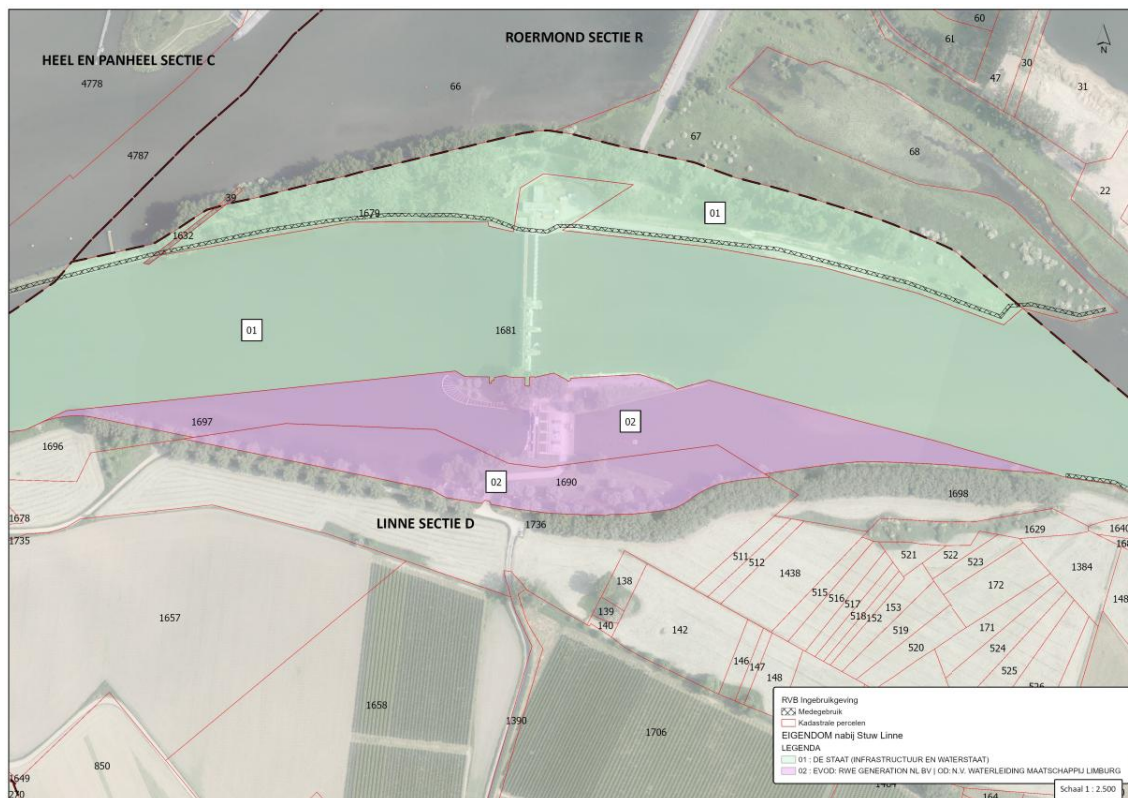
Opmerking: de brug over de vispassage wordt vervangen, daarmee worden ook kabels en leidingen aangepast. De nieuwe situatie moet worden beoordeeld op eventuele conflicten met de werkzaamheden.



Figuur 5-1 overzicht K&L informatie Linne [11.]

5.2 Eigendomssituatie

Uit informatie over eigendomssituatie volgt dat de voorziene werkzaamheden volledig binnen het eigendomsgebied van RWE Generation BV vallen. De huidige vispassage ligt ook volledig binnen deze begrenzing.



Figuur 5-2 Eigendomssituatie van de grond bij stuw- en sluiscomplex Linne

5.3 Niet gesprongen explosieven

Bombs Away heeft eerder onderzoek gedaan naar ontplofbare oorlogsresten in het meest noordelijke eiland van het stuwcomplex Linne. Dit onderzoek omvatte niet het middeneiland en het gebied van de vispassage. Uit het eerdere onderzoek blijkt dat het gehele onderzoeksgebied verdacht is op de aanwezigheid van diverse ontplofbare oorlogsresten. Daarom is het zeer waarschijnlijk dat het nabijgelegen gebied van de vispassage ook verdacht is op ontplofbare oorlogsresten.

Gezien de graafwerkzaamheden die nodig zijn voor het herindelen en verleggen van de bekkens, wordt aanbevolen om voorafgaand aan de geplande werkzaamheden nader onderzoek te doen naar ontplofbare oorlogsresten. In de directe omgeving van het huidige onderzoeksgebied hebben enkele naoorlogse ontwikkelingen plaatsgevonden. Daarom is het advies om een vooronderzoek na-conflictperiode (VNC) en eventueel een risicoanalyse (RA) naar ontplofbare oorlogsresten uit te laten voeren [13.].

5.4 Archeologie en cultuurhistorie

Vestigia heeft ten behoeve van het project 'Planuitwerking Visconnectiviteit in de Maas' een archeologisch en historisch bureauonderzoek uitgevoerd bij het stuwcomplex Linne. Echter ligt de focus van het onderzoek op het eiland tussen de WKC en de stuw en ligt de bestaande vispassage bij Linne buiten het onderzoek gebied. Voor het eiland geldt:

- Archeologie:
 - o Het eiland heeft een lage archeologische verwachting, maar het gebied is in het verleden al danig verstoord geraakt dat er geen intacte archeologische vindplaats meer te verwachten is. Daarom wordt geadviseerd om het eiland vrij te geven voor ingrepen.

- Het is aan het bevoegd gezag, de gemeente Maasgouw, om een besluit te nemen ten aanzien van het beëindigen of verder laten verlopen van het onderzoeksproces. Dit besluit kan afwijken van het bovenstaande advies.
- Cultuurhistorie:
 - In het onderzoeksgebied van het bureauonderzoek bevinden zich geen Rijksbeschermd, provinciale of gemeentelijke monumenten noch beeldbepalende panden. Ook bevinden zich geen binnen regelgeving of beleid beschermde cultuurlandschappelijke waarden binnen het plangebied.
 - Gezien de ouderdom, de kenmerkendheid van de stuw én de mate van belangstelling die er voor de stuw is, adviseren wij om de stuw als cultuurhistorisch object te beschouwen.

Omdat de bestaande vispassage net buiten het onderzoeksgebied van het plangebied valt, kunnen deze adviezen niet direct worden overgenomen. Echter, op basis van het onderzoek is het onwaarschijnlijk dat archeologische en cultuurhistorische waarden een belemmering zullen vormen voor de aanleg van de vispassage, aangezien de vispassage bij Linne is aangelegd in 1989.

5.5 Ecologie

Er is een bureauonderzoek uitgevoerd naar de Flora en Fauna bij de bestaande vispassages [12.] en nader onderzoek naar de bever [15.]. Hierbij zijn o.a. beschouwd:

- Relatie werkzaamheden met stikstofwetgeving (Natura 2000 gebied)
- Voorkomen beschermde soorten.
- Relatie werkzaamheden met beschermde houtopstanden en effecten op Natuurnetwerk Nederland

Voor Linne is aangegeven (samengevat):

- Natura 2000-gebieden: de dichtstbijzijnde Natura 2000-gebieden zijn de Grensmaas en het Roerdal en liggen op circa 4,5 kilometer afstand van het plangebied. Er dient daarom een stikstofberekening uitgevoerd te worden voor de beoogde werkzaamheden, die in de aanlegfase van een plan noodzakelijk zijn. Indien er sprake is van een toename van 0,01 N mol/ha/j of meer dan zijn mogelijk vervolgstappen nodig.
- Soortenbescherming:
 - Het is op voorhand uitgesloten dat in het plangebied beschermde amfibieën, reptielen en ongewervelden voorkomen.
 - Voor zoogdieren geldt dat er mogelijk negatieve effecten te verwachten zijn voor de bever. Het aanvragen van een vergunning is dan ook niet uitgesloten. Mitigerende maatregelen dienen te worden vastgelegd in een ecologisch werkprotocol.
 - Het is op voorhand niet uit te sluiten dat beschermde vissen in het plangebied voorkomen of er gebruik van maken. Voorzorgsmaatregelen dienen in een ecologisch werkprotocol opgenomen te worden.
 - Vleermuizen / de Grote gele kwikstaart / rode lijst soorten > opnemen maatregelen in een ecologisch werkprotocol.
 - Buiten de vispassage liggen twee burchten/oeverholten in een poel. Door de werkzaamheden aan de vispassage zal een eventueel aanwezig oeverhol worden vernietigd, mogelijk worden bevers gedood en zeker verstoord. Voor het verstoren en vernietigen van een rust- en voortplantingsplaats (Bal art. 11.46 1b en Bal art. 11.46 1d) zijn ten minste mitigerende en mogelijk compenserende maatregelen noodzakelijk. Tevens is de aanvraag van een vergunning in het kader van de Omgevingswet noodzakelijk. Het overtreden van Bal art. 11.46 1a (doden van dieren) is te voorkomen met mitigerende maatregelen. Mitigerende en/of compenserende maatregelen zullen in een activiteitenplan nader uitgewerkt moeten worden voor de aanvraag van de vergunning. Een vooroverleg

met bevoegd gezag zou duidelijkheid kunnen scheppen welke mitigerende maatregelen of compenserende maatregelen noodzakelijk zijn voor het verkrijgen van een vergunning.

- Houtopstand: de knotbomen rond de vistrap Linne vallen niet onder de houtopstanden beschermd door de omgevingswet. Een toetsing aan het onderdeel houtopstanden van de omgevingswet is daardoor niet aan de orde.
- Natuurnetwerk Nederland: significant negatieve effecten op de wezenlijke kenmerken en waarden van het NNL kunnen op voorhand worden uitgesloten.

5.6 Rivierkundige effectbeoordeling

Een rivierkundige berekening wordt uitgevoerd met de software WAQUA of D-Hydro. Via de Baseline tool wordt het riviersysteem benaderd door het toekennen van bodemhoogtes, ruwheiden, stromingsvlakken en energieverlies-kenmerken. Deze kenmerken kunnen allemaal heel precies worden geschematiseerd in Baseline. De Baseline schematisatie wordt daarna omgezet naar bruikbare input voor de WAQUA of D-Hydro software. Bij deze conversie wordt de precieze Baseline schematisatie geprojecteerd op 20x20 m rekenrooster voor WAQUA of D-Hydro. Door deze grove rekencellen zijn kleine aanpassingen in de Baseline schematisatie niet terug te vinden in de rekencellen van WAQUA of D-Hydro, en heeft dit geen representatieve effecten op de rivierkundige uitkomsten.

Uit een kwalitatieve beschouwing van de voorziene maatregelen bij Linne volgt:

De verlegging heeft een verwaarloosbare rivierkundige impact doordat:

- De aanpassingen vinden plaats onder huidig maaiveld
- Er worden geen obstakels gecreëerd in het stromingsveld van de Maas
- De aanpassingen hebben geen invloed op scheepvaart aangezien de vispassages aan de stuwkant ligt, deze stuwkant ligt gescheiden van de sluizen en daarmee dus ook de vaarweg.
- De aanpassing heeft geen invloed op de lokale hoogwaterveiligheid aangezien er geen opstuwing wordt verwacht door deze aanpassing
- De uitstroom wordt verplaatst en komt uit bij vergelijkbare verwachte stroomsnelheden als de huidige situatie, het morfologische effect zal daarom vergelijkbaar zijn met de huidige situatie en dus niet verslechteren.
- Er zal geen verandering in debietonttrekking optreden, enkel de uitstroomopening komt iets verder bovenstrooms te liggen.
- De turbulentie volgend uit de uitstroom van de vispassage is nihil in vergelijking met de turbulentie volgend uit het overlaten van water over de stuw.

6 Effect van de maatregelen voor vindbaarheid en vispasseerbaarheid

Aspect	Huidige beoordeling	Oordeel na uitvoering verbetermaatrel
Vindbaarheid	Matig (laag debiet, lage stroomsnelheid, grote afstand van de WKC)	Goed (groter debiet, meer geconcentreerde lokstroom, dichterbij WKC)
Passeerbaarheid	Matig (te hoge turbulentie en vervallen tussen bekkens)	Goed voor het ontwerp-doelbereik (sterkere zwimmers)

Vindbaarheid

In de huidige situatie is de vispassage Linne niet optimaal vindbaar. De reden hiervoor is de grote afstand tussen de WKC en de lokstroom (95 m). Daarnaast zijn de stroomsnelheden van de lokstroom gedurende lange periodes van het jaar te laag. De afvoer van de passage bereikt in de huidige toestand ook niet de gewenste 4 m³/s. Als gevolg hiervan scoort de passage in de huidige toestand t.a.v. vindbaarheid matig tot slecht.

Doormiddel van een aangepaste uitstroomopening, een groter lokstroomdebiet en het verplaatsen van de lokstroom (zie 4.7) wordt de score voor de stroomsnelheid en de afstand van de lokstroom aanzienlijk verbeterd (zie ook 4.3 Hydraulisch ontwerp). Ook de toevoeging van de verticale platen bij de laatste drempels verbetert de vindbaarheid bij verhoogde rivierafvoeren. Het aspect van de afstand tussen lokstroom en WKC is geoptimaliseerd binnen de randvoorwaarden van de bestaande situatie; zo kan de uitstroom niet te dicht bij de WKC worden geplaatst vanwege de hier aanwezige de verankerde damwand (uitstroomwand van de WKC). Ook is ruimte nodig om de lokstroom zoveel mogelijk parallel aan de hoofdstroom te laten uitstromen.

Passeerbaarheid

In de huidige toestand heeft de vispassage lokaal te grote vervallen en kleine bekkens. Hierdoor treden hoge stroomsnelheden en turbulente bekkens op. Voor de verschillende aspecten scoort de vispassage dan ook een "E" wat een slechte toestand representeert. In de toekomstige situatie zal de vispassage volledig nieuw opgebouwd worden. Hierdoor vindt een begrenzing van het verval op maximaal 20 cm plaats. De bekkens worden voldoende groot gedimensioneerd waardoor de turbulentie laag blijft. Hierdoor wordt een goede passeerbaarheid voor salmoniden behaald.

7 Uitvoering en bouwfasering

Fase 1: Bovenstrooms afdammen

Om de bouwwerkzaamheden van het inlaatwerk, bekkens en drempels in den droge te kunnen uitvoeren is het noodzakelijk om de vispassage bovenstrooms van het inlaatwerk tijdelijk af te dammen. De afdamming kan gemaakt worden met een damwand/kleidam tussen de bestaande oevers, zodat een waterdichte verbinding gerealiseerd kan worden.



Figuur 7-1 Fase 1: Bovenstrooms afdammen

Fase 2: Inlaat en drempels verwijderen

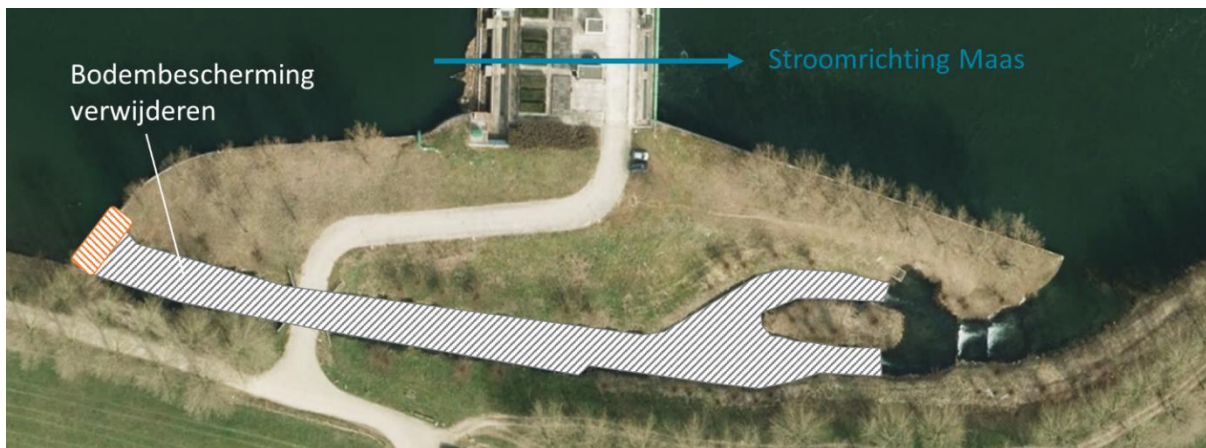
Wanneer de vispassage is afgedamd is kan de constructie van het inlaatwerk en de drempels gesloopt en verwijderd worden. Indien nodig kunnen delen van de vispassage daarvoor plaatselijk worden drooggelegd. De vrijkomende materialen (houten damwanden) worden niet hergebruikt in het project en kunnen afgevoerd worden. In totaal worden er 22 drempels verwijderd.



Figuur 7-2 Fase 2: Inlaat en drempels verwijderen

Fase 3: Bodembescherming verwijderen

Wanneer de drempels verwijderd zijn, wordt de bodembescherming (gefaseerd) worden verwijderd. Het stortsteen moet in zijn geheel verwijderd worden om de bodemhoogte juist te profileren.



Figuur 7-3 Fase 3: Bodembescherming verwijderen

Fase 4: Aanleg nieuwe inlaat en start aanleg nieuwe drempels

Voor het nieuwe inlaatwerk kan de bouwkuip worden gemaakt. Daarnaast kan een zandbaan worden gemaakt in de bedding van de vispassage om vanaf hier de drempels aan te brengen (heiwerkzaamheden).



Figuur 7-4 Fase 4a: aanleg nieuwe inlaat (bouwkuip) en zandbaan t.b.v. aanbrengen drempels

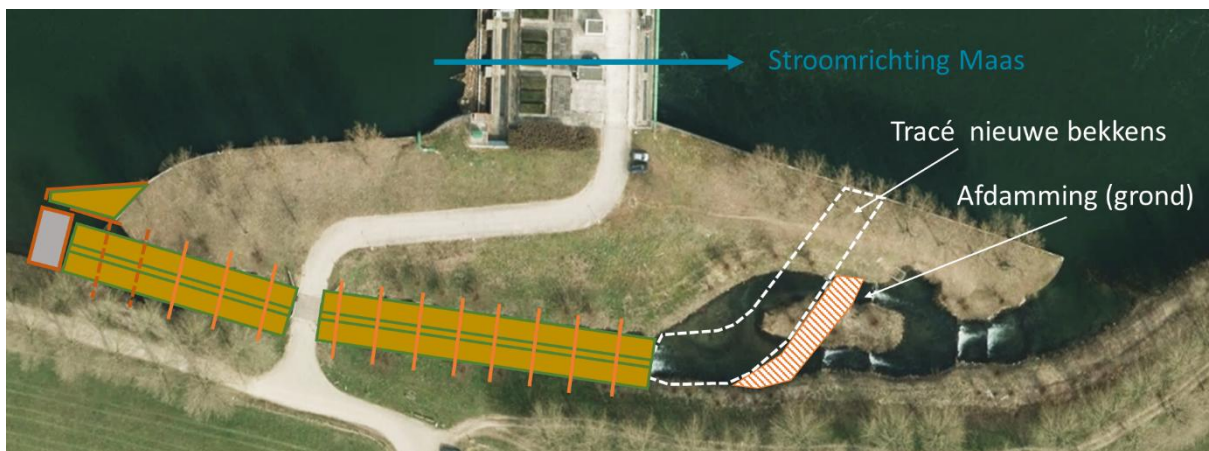
Na het plaatsen van de drempels kan het betreffende deel worden geprofileerd en kan de damwand op de goede hoogte worden afgebrand.



Figuur 7-5 Fase 4b: verplaatsen zandbaan, profileren eerste deel, afbranden damwanden

Fase 5: Afdamming benedenstrooms aanleggen

Benedenstrooms in de vispassage wordt een afdamming aangelegd om het nieuwe tracé van de bekkens te realiseren. De afdamming heeft als functie om het benedenstroomse deel volledig droog te leggen en functioneert ook als werkplatform voor het materieel. De taluds op het eiland aan de zijde van de stuw zijn steil wat werken vanaf deze zijde vermoeilijkt.



Figuur 7-6 Fase 5: Afdamming benedenstrooms aanleggen

Fase 6: Afgraven en aanleggen zandbaan benedenloop

Het nieuwe tracé van de bekkens moet worden afgegraven uit het huidige maaiveld. De vrijkomende grond kan gebruikt worden om de afdamming benedenstrooms te verbreden en de taluds volgens het ontwerp aan te leggen. Over het tracé van de benedenloop wordt een zandbaan aangelegd t.b.v. aanbrengen van de drempels.



Figuur 7-7 Fase 6: Afgraven en aanleg zandbaan benedenloop

Fase 7: Plaatsen drempels benedenloop, bodem profileren

Na aanleg van de zandlaag kunnen de drempels worden aangelegd en kan de grond geprofileerd worden. De uitstroomopening blijft nog gesloten.



Figuur 7-8 Fase 7: Bodem laatste bekkens profileren

Fase 8: Afwerken bodem en drempels

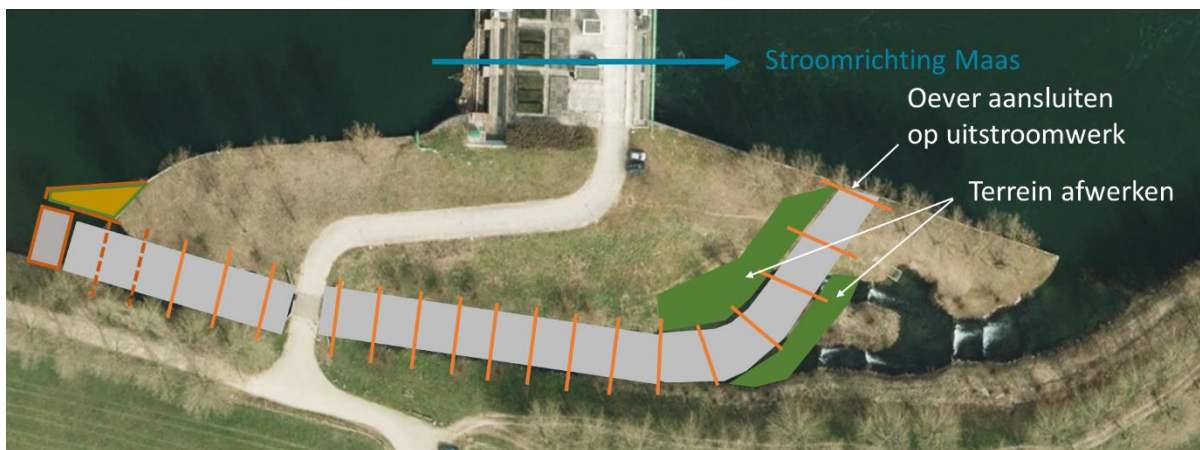
In de nieuwe bekkens kan de bodembescherming worden aangelegd. Deze bestaat uit een geotextiel, filterlaag en een laag stortsteen (gradering 10-60kg). De drempels worden met stortsteen aangestort, vastgelegd met beton.



Figuur 7-9 Fase 8: Aanbrengen bodembescherming in bekkens, afwerken drempels

Fase 9: Realiseren van uitstroomopening en afwerken terrein

Het nieuwe tracé van de bekkens eindigt tegen een bestaande damwand. In deze damwand wordt de benedenstroomse opening van de vispassage gerealiseerd. Ook kan het terrein afgewerkt worden. Daarna is de vispassage functioneel.



Figuur 7-10 Fase 9: afwerken terrein en maken uitstroomopening

Opmerking: er is een separaat uitvoeringsplan opgesteld dat uitgebreider ingaat op de bouwfaserings bij Linne.

8 Kostenraming

8.1 Resultaten

Er is een probabilistische SSK kostenraming opgesteld waarin de voorziene maatregelen zijn afgeprijsd. Ten behoeve van het totaaloverzicht worden hier ook de geraamde kosten van de verbetering van de andere bestaande vispassages weergegeven. De ontwerpmaatregelen voor deze vispassages zijn in aparte ontwerpnota's opgenomen. De SSK raming is in Bijlage 1 opgenomen en hieronder samengevat.

Managementoverzicht SSK-2018						
Prijspeil 01-01-2025						
Object	Geactiveerd	Investeringskosten (rekenhorizon 2 jaar, reële kosten)				
		Voorziene kosten		Risicoreservering	Totaal	
Deelraming 1.Linne - Linne	JA	€	3.414.458	€	155.148	€ 3.569.606
Deelraming 2.Lith - Lith	JA	€	3.470.332	€	163.511	€ 3.633.843
Deelraming 3.Belfeld - Belfeld	JA	€	838.892	€	39.526	€ 878.417
Deelraming 4.Sambeek - Sambeek	JA	€	585.122	€	27.569	€ 612.691
Deelraming 5.Grave - Grave	JA	€	56.004	€	2.639	€ 58.642
Deelraming 6.Roermond - Roermond	JA	€	371.280	€	17.494	€ 388.774
Deelraming 7.Borgharen - Borgharen	JA	€	89.969	€	4.239	€ 94.208
Objectoverstijgende risicoreservering incl. verschuiving	JA			€	1.323.752	€ 1.323.752
Kosten incl. BTW		€	8.826.056	€	1.733.878	€ 10.559.934

8.2 Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij het opstellen van de raming:

- Werkzaamheden kunnen overdag plaatsvinden op normale werkdagen.
- De complete scope wordt in één contract op de markt gebracht.
- Er zijn geen kosten opgenomen voor eventuele huur van gronden t.b.v. depot- of bouwplaatsruimte. Uitgangspunt is dat voor depot- of bouwplaatsruimte gebruik kan worden gemaakt van gronden/oppervlaktes in de nabije omgeving die in eigendom zijn van opdrachtgever. Er is tevens gerekend met tijdelijk opslaan van materialen in beunbakken / dekschuiten.
- Vrijgekomen grond is schoon en kan waar nodig hergebruikt worden. Dit betreft een aanname die in volgende fasen door middel van nader onderzoek getoetst dient te worden. Eventueel aantreffen van verontreinigde grond (en/of asbest) is onderdeel van de risicoreservering. Zie benoemde risico.
- Ten aanzien van archeologie en OO is aangenomen dat het gebied niet verdacht is. Bij Linne geldt wel een verdachte situatie t.a.v. OO.
- Kosten voor onderzoek is opgenomen in de engineeringkosten en kosten voor beperkte mitigerende maatregelen zijn procentueel ingeschat en opgenomen in de overige bijkomende kosten. Eventuele aanvullende kosten bovenop de reserveringen zijn onderdeel van de risicoreservering.
- Ten aanzien van ecologie is aangenomen dat het gebied geen bijzondere flora en fauna bevat. Kosten voor onderzoek is opgenomen in de engineeringkosten en kosten voor beperkte mitigerende maatregelen zijn procentueel ingeschat en opgenomen in de overige bijkomende kosten. Eventuele aanvullende kosten bovenop de reserveringen zijn onderdeel van de risicoreservering.

- De ondergrond is vrij van obstakels zoals stobben, overige mogelijke obstakels. Kabels en leidingen zijn geïnventariseerd. Het lokaliseren en beschermende maatregelen zijn onderdeel van de post Nader te Detailleren. (eventuele schade is onderdeel risicoreservering).
- Ten aanzien van vrijgekomen materialen bij schuifconstructies is uitgegaan dat deze geen asbest bevatten. Kosten voor onderzoek is opgenomen in de engineeringkosten. Eventuele aanvullende kosten bovenop de reserveringen zijn onderdeel van de risicoreservering.
- Afmetingen van constructies zoals damwanden en beton zijn geschat. Er zijn nog geen constructieve berekeningen uitgevoerd. In de vervolgfase zal dit verder uitgewerkt worden.
- Er is niet uitgegaan van emissie loos of emissiearm materieel.
- Voor duurzaamheid is in de overige bijkomende kosten een reservering opgenomen van 2% over de voorziene bouwkosten.
- Overige Bijkomende Kosten: als procentuele posten geraamd.
- Risicoreserveringen, deels benoemde risico's en als procentuele posten.

8.3 Toeslagen

De volgende toeslagen zijn gehanteerd:

Nader te detailleren

- Hoeknaalden in damwanden, slotverklikkers
- Opschonen werkterrein
- Graven proefsleuven kabels en leidingen
- Veiligheidsvoorzieningen op land en water
- Verwijderen en terugplaatsen van afrasteringen / hekken
- Klein aanvullend grondwerk / herstellen / aansluiten op bestaand
- Overige onderdelen/werkzaamheden van kleine aard
- inzet klein materieel op lastige locaties (bobcat)
- monitoring hoogwater, monitoring tijdelijke dammen
- schoonmaken her te gebruiken waterbouwsteen
- maatregelen uitvoeren onder bestaande bruggen nader uitwerken
- verkeersmaatregelen bouwplaats / openbaar
- drooghouden bouwkuip

Eenmalige kosten

- Aan-/afvoerkosten materieel.
- Keuringen ten aanzien van grondwerk.
- Keuringen ten aanzien van materieel.
- Opnames nul- en eindmetingen.
- Inrichting depots.

Algemene bouwplaatskosten

- Bouwketen.
- Tijdelijke bouwhekken en poorten.
- Bouwaansluitingen.
- Keet/kantoorinventarisatie.
- Containers.
- Werkloodsen, opslagloodsen en algemene werkplekken.

Uitvoeringskosten

- Stafkosten opdrachtnemer vanaf de bouwfase.
- Uitvoerderskosten.

- Monitoring (indien nodig).
- Maatvoering.

8.4 Opgenomen risico's

In de deterministische raming zijn de volgende risico's opgenomen:

- Niet benoemde risico's bouwkosten (5%) t.o.v. voorziene bouwkosten
- Risicoreservering engineeringskosten (5%) t.o.v. voorziene engineeringskosten
- Objectoverstijgende risicoreservering investeringskosten
 - o Tijdens de werkzaamheden is er sprake van Hoog Water (gevolg: materieel valt stil, en moet verkast worden, depot opruimen, mogelijk herstel van gerealiseerd werk)
 - o Aantreffen bodemverontreiniging in te verwijderen grond (kwaliteit boven norm) (gevolg: grond als NT afvoeren en verwerken, hergebruik op locatie niet meer mogelijk, dus leverantie)
 - o Eisen t.a.v. veiligheid worden niet opgevolgd (gevolg: boete en extra toezicht)
 - o Obstakels in ondergrond (gevolg: heiwerkzaamheden vertragen, zwaarder trilblok, ...)
 - o Afdammingen bovenstrooms / bouwkuip niet waterdicht (gevolg dichtmaken lekgaten, extra monitoring inzetten)
 - o Benedenstroomse panden kunnen niet droog gezet worden; bemalinginstallatie ontoereikend, grond is doorlatend
 - o Compenserende maatregelen nodig in kader van PAS: toepassen emissieloos materieel
 - o Schade aan kabels en leidingen
 - o Beperkingen vanuit ecologie (gevolg: stagnatie, inefficiënt werken, mitigerende maatregelen)
 - o Beverburchten compenseren: nieuw kunstmatige burchten realiseren

Bijlage 1 Ontwerptekeningen

Bijlage 2 Hydraulisch ontwerp

Bijlage 3 SSK kostenraming