

Ontwerpnota

**GEUL BOKHOVEN [GTM_223_L]
KRW-ZN DP-3 - Wp-3-1
Rijkswaterstaat**

11 maart 2025 - Public

Contactpersoon

ARCADIS NEDERLAND B.V.

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	KRW-opgave Benedenmaas	5
1.3	Geul Bokhoven	6
2	Het doorlopen ontwerpproces	8
3	Het ontwerp	10
3.1	Kenmerken	10
3.1.1	Kansen voor natuur	10
3.1.2	(Geo)hydrologische uitgangspunten	10
3.2	Ontwerpbesluiten	11
3.2.1	Scope	11
3.2.2	Zonering	12
3.2.3	Maatregelspecifiek	12
3.3	Raakvlakken	21
3.4	Vergunningsontwerp	21
3.4.1	Ontwerpbeschrijving	21
3.4.2	Grondstromen	24
3.4.3	Habitatontwikkeling en beheervisie	25
3.4.4	Rivierkundige beoordeling	25
3.5	Bijdrage doelbereik	26
4	Geraadpleegde literatuur	27

Bijlagen

Bijlage A	Ontwerptekening	28
Bijlage B	Specifieke doelecotopen voor het riviertraject	29
Bijlage C	Landschappelijk ecologische systeemanalyse	33

Colofon	44
----------------	-----------

1 Inleiding

Voor u ligt de ontwerpnota van de KRW-maatregel Geul Bokhoven [GTM_223_L], gelegen in het waterlichaam Benedenmaas. In deze ontwerpnota beschrijven wij de aanleiding voor deze maatregel (dit hoofdstuk), het doorlopen proces om tot dit ontwerp te komen (hoofdstuk 2) en het ontwerp voor deze maatregel (hoofdstuk 3). Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de achtergronddocumenten en de geraadpleegde literatuur. In de bijlagen vindt u respectievelijk de ontwerptekening, specifieke doel-ecotopen voor het riviertraject, de uitgebreide Landschapsecologische systeemanalyse (die de huidige waarden en kenmerken van het landschap beschrijft) en de beoogde grondstromen.

Deze ontwerpnota is een bijlage bij het projectbesluit voor de maatregelen in de Benedenmaas. De opgestelde achtergrondrapporten vanuit de conditionerende aspecten (onder meer archeologie, milieu-hygiënisch) maken (net als deze ontwerpnota) deel uit van het maatregeldossier.

1.1 Aanleiding

Sinds 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht. De doelstelling van de KRW is dat uiterlijk in 2027 in heel Europa de kwaliteit van alle wateren zowel chemisch (schoon) als ecologisch (gezond) op orde moet zijn. Rijkswaterstaat (RWS) heeft als waterbeheerder de opdracht om deze doelstellingen te halen voor de rijkswateren, waaronder de rivier de Maas. Grote rivieren (zoals de Maas) zijn op basis van de diversiteit verdeeld in verschillende operationele eenheden, de waterlichamen. Een waterlichaam is de basiseenheid voor de beschrijving van de toestand en voor de te nemen maatregelen. De kwalitatieve, ecologische doelstelling is per waterlichaam vertaald naar een kwantitatieve opgave. Voor de verschillende waterlichamen van de Maas zijn hoofdzakelijk 4 typen maatregelen zijn geformuleerd:

- Het aanleggen en/of herstel van (kwel)geulen.
- Het aanleggen van natuurlijke oevers (middels ontstening).
- Het herstel van beekmondingen.
- Uiterwaardvergraving.

Dit is een grote opgave die in drie tranches van 6 jaar is opgedeeld. De eerste tranche is inmiddels afgerond (2009-2015). Momenteel wordt gewerkt aan het restant van de tweede tranche (2016-2021) en lopen de voorbereidingen voor de realisatie van de derde tranche (2022-2027). Het overgrote deel van de nog niet gerealiseerde maatregelen is door RWS ondergebracht in het programma KRW-ZN (Kader Richtlijn Water-Zuid Nederland). Het programma bestaat uit 65 maatregelen verspreid over de Maas, grofweg van Eijsden tot aan Keizersveer (inclusief de Afgedamde Maas). De invulling van de ecologische doelstelling maakt deel uit van dit programma.

1.2 KRW-opgave Benedenmaas

De Benedenmaas (NL94_5) is ca 4200 hectare groot en is getypeerd als het natuurlijk watertype R8 'Zoet getijdenwater (uitlopers rivier) op zand/klei' (RWS Waterdienst, 2012). De ligging is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Ligging waterlichaam Benedenmaas (RWS Waterdienst, 2012)

De ecologische doelstellingen van de Benedenmaas zijn bepaald op basis van de toestand voorafgaand aan de start van de KRW én een inschatting van de effectiviteit van de (mogelijk) te nemen individuele maatregelen. Deze maatregelen zijn vastgesteld met een expertgroep van RWS en dragen bij aan het oplossen van de volgende knelpunten: leefgebied, schoon water en verbindingen (RWS Waterdienst, 2012). Met name voor vissen (en macrofauna) is verbetering van de biodiversiteit nodig in het waterlichaam Benedenmaas. De opgave van Rijkswaterstaat voor de 3e tranche bestaat uit het aanleggen van:

- 6,7 km aan natuurlijke oevers
- 1,21 km aan geulen

Daarnaast heeft Rijkswaterstaat de opdracht om over de volledige Maas in totaal 13 beekmondingen ecologisch te herstellen.

Deze maatregelen beogen een direct positieve invloed op de geschiktheid van de Benedenmaas voor migrerende vis, macrofauna en macrofyten (waterplanten). Hiernaast dienen de maatregelen bij te dragen aan het realiseren van een meer natuurlijke Hydro-morfologische inrichting van het riviertraject.

Het watertype R8 wordt gekenmerkt door de invloed van het getij. Deze invloed uit zich in een dagelijkse waterstandswisseling. Op ondiepe wateren heeft het getij meer effect dan op diepe wateren. De intergetijdenzone is de tweemaal daags droogvallende zone. De levensgemeenschap van deze zone bestaat uit soorten die zijn aangepast aan de invloed van getijbeweging. Dit betekent aanpassing aan tijdelijke droogval, variaties in stroming en aan instabiele substraten. De geconstateerde knelpunten binnen het type R8 zijn met name een gebrek aan:

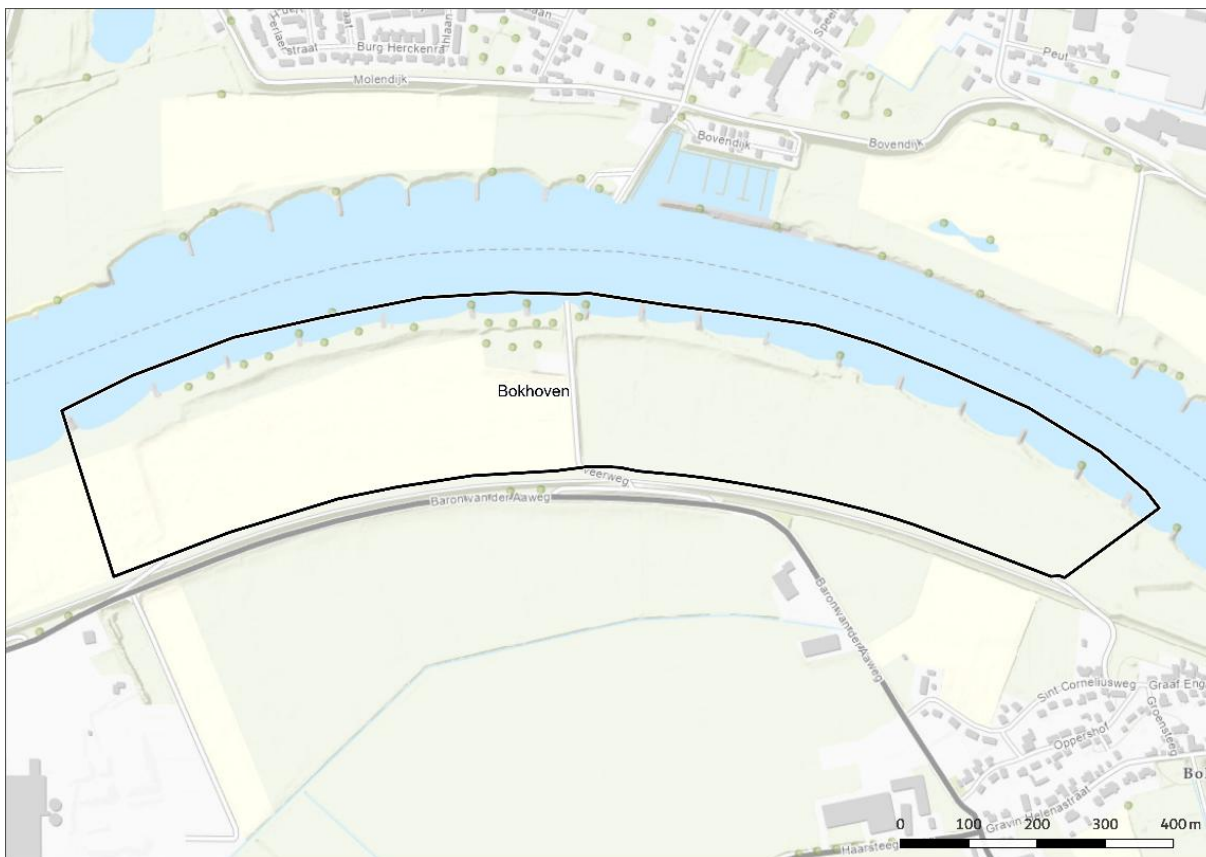
- Paai- en opgroeimogelijkheden voor jonge (rheofiele) vissen.
- Groeimogelijkheden voor oeverplanten en waterplanten.
- Diverse habitatniches voor kenmerkende soorten macrofauna die leven in of op de bodem of sediment of in de oeverzone op hout of vegetatie.

Voor meer inhoudelijke details over de totstandkoming van de opgave van de Benedenmaas wordt verwezen naar het Brondocument waterlichaam Benedenmaas (RWS Waterdienst, 2012).

In het MIRT2-besluit van 20 april 2020 is deze opgave verdeeld over meerdere zoekgebieden voor maatregelen verspreid over de totale lengte van de Beneden Maas. Deze ontwerpnota gaat in op het ontwerp voor de maatregel Geul Bokhoven [GTM_223_L].

1.3 Geul Bokhoven

De Bokhovense uiterwaard ligt aan de linkeroever (rkm 222.8 t/m 224.6) van de Maas in de gemeente Den Bosch. Het zoekgebied wordt ingesloten door de winterdijk in het zuiden en in het westen door de gemeentegrens met de gemeente Heusden (zie Figuur 2). Het grondgebruik bestaat uit grasland ten oosten van de veerweg, dat door natuurmonumenten wordt beheerd. Ten westen van de veerweg ligt een agrarisch perceel met onder meer maïsteelt. Langs de oever ligt er een oeverwal met deels bakenbomen en her en der nog meidoorns. Aan het einde van de veerweg ligt een loswal die gebruikt wordt door de steenfabriek. Ook is er nog een gemeentelijke parkeerplaats ten westen van de veerweg met meerdere bomen, waaronder notenbomen.



Figuur 2 Maatregelgebied Bokhoven en omgeving

De maatregel Geul Bokhoven [GTM_223_L] bestaat uit de realisatie van een nieuwe meestromende nevengeul van 1,60 kilometer tussen rkm 222,8 en rkm 224,6. De nieuwe geul volgt de natuurlijke laagtes die in de Bokhovense Uiterwaard voorkomen.

Plangebied, projectgebied, zoekgebied en maatregelgebied: Om deze nota en het bijbehorende projectbesluit goed te kunnen lezen, is kennis van de volgende definities van belang:

Plangebied – het plangebied is het gebied waarop het projectbesluit betrekking heeft. Het betreft het gebied dat na uitvoering van het projectbesluit wijzigt.

Projectgebied – het projectgebied is het gebied waarvoor de aanleg en het beheer en onderhoud benodigde maatregelen (tijdelijke en permanente werkzaamheden) plaatsvinden.

Zoekgebied – het gebied waarbinnen is gezocht naar de mogelijkheden voor een KRW-maatregel vanuit de beoogde doelen voor het betreffende riviersysteem.

Maatregelgebied – het gebied waarbinnen het SO valt. Binnen dit maatregelgebied zijn de conditionerende veldonderzoeken uitgevoerd.

2 Het doorlopen ontwerpproces

Tot het ontwerp in deze nota zijn we gekomen door het doorlopen van verschillende stappen in het ontwerpproces binnen het benoemde zoekgebied. Het ontwerpproces is een iteratief proces geweest van SO naar SO+ naar SO++, waarbij op basis van ontwerpbeslissingen, gehonoreerde wensen uit de omgeving en uitkomsten van conditionerende onderzoeken wijzigingen zijn doorgevoerd in het ontwerp. Dit betekent dat bij eventuele tegenstrijdigheden tussen de SO, SO+ of SO++ het gestelde in de hoogste versie van het ontwerp (SO++) van toepassing is.

De verschillende stappen zijn hierna op hoofdlijnen toegelicht. In hoofdstuk 3 bespreken we de stappen in meer detail.

Fysieke en biotische kenmerken van het gebied – de basis

Op basis van verschillende landschapsecologische bouwstenen en een oriënterend veldbezoek hebben we een Landschapsecologische Systeemanalyse (LESA) opgesteld (zie bijlage C). Allereerst zijn op basis van abiotische systeemeigenschappen de logische plekken voor mogelijke KRW-maatregelen bepaald. Aan de hand van de gebiedseigen kenmerken is een eerste inschatting gemaakt van de haalbaarheid van natuurontwikkeling voor een gebied in het algemeen (zowel droge als natte natuur) en de KRW-doelen (natte natuur) in het bijzonder. Hierbij is gebruik gemaakt van de ecotopengids van het Rivierengebied.

Vervolgens zijn de aanwezige waarden in beeld gebracht die een rol kunnen spelen bij het behalen van de natuurdoelen. Hiervoor zijn bureaustudies opgesteld voor onder meer archeologie, bodemkwaliteit, niet gesprongen explosieven. Op basis van deze informatie is voor het gebied een ecologische visie opgesteld. Voor de KRW-doelen is deze visie verder uitgewerkt tot een voorlopig schetsontwerp (SO). Hierbij is uitgegaan van de inrichtingsprincipes van Smart Rivers en de door Rijkswaterstaat aangeleverde achtergronddocumenten. Het voorlopige schetsontwerp is vervolgens beoordeeld op de Smart Rivers (SR) inrichtingscriteria en een globale KRW-toets, die is uitgevoerd door Bureau Waardenburg. Waar nodig is het SO op de uitkomsten van beide toetsen aangepast.

Ontwerpsessie 1

Vervolgens is het SO aan direct belanghebbenden gepresenteerd via een 1e Ontwerpsessie (OS1) op 25 september 2020. In deze sessie zijn opgehaalde knelpunten voor het ontwerp uit de conditionerende onderzoeken toegelicht. In de ontwerpsessie is gesproken over belangen en aandachtspunten, en zijn wensen en eisen ten aanzien van het ontwerp opgehaald. Rijkswaterstaat heeft vervolgens afgewogen of deze wensen kunnen worden opgenomen in het ontwerp en heeft daarbij gekeken naar bijvoorbeeld technische maakbaarheid en beschikbaar budget. Alle wensen en eisen, zowel die zijn gehonoreerd als afgewezen, zijn teruggekoppeld naar de betreffende belanghebbenden in de zomer van 2022.

Conditionerend veldonderzoek & Ontwerpsessie 2

Hierna zijn in de volgende fase (indien van toepassing) aanvullende conditionerende veldonderzoeken uitgevoerd voor:

- Archeologie
- Milieu hygiënisch bodemonderzoek
- Soortgericht onderzoek Flora en Fauna
- Ontploffbare Oorlogsresten (voorheen Niet Gesprongen Explosieven)
- Geotechnisch onderzoek
- Geohydrologische onderzoek
- Oriëntatiemelding Kabels en Leidingen.

In het SO+ hebben we, naast de gehonoreerde wensen en eisen, de resultaten uit deze onderzoeken meegenomen. Het SO+ is daarna op 11 november 2022 met (hoofdzakelijk dezelfde) belanghebbenden in een 2e Ontwerpsessie (OS2) doorgenomen. Daarin zijn ook vragen beantwoord over eerder afgewezen of gehonoreerde wensen. Eventuele aanvullende wensen en eisen zijn daarna, indien ze door Rijkswaterstaat gehonoreerd zijn, in het ontwerp, het SO++ verwerkt.

Ontwerpsessie 3

Op 29 maart 2023 is in de derde ontwerpsessie (OS3) het (concept) SO++ gepresenteerd. In deze sessie zijn eventuele laatste aanvullende wensen en eisen opgehaald, waarna ze, indien ze door Rijkswaterstaat gehonoreerd zijn, verwerkt zijn in het definitief SO++.

Doelbereik

Om de kwaliteit van de ontwerpen te garanderen zijn op het SO++ een KRW-toets en een Smart Rivers kwaliteitstoets (SRK) uitgevoerd. De KRW-toets richt zich op de realisatie van de KRW-doelen van het waterlichaam en of het projectontwerp daar voldoende op toespitst. De SRK richt zich op de landschappelijke kwaliteit van het ontwerp, of de getroffen maatregelen op de juiste plek liggen en passend zijn binnen het riviertraject. De SRK-toetsing dient als extra kwaliteitsborging en validatie van het ontwerp. Hieruit volgt dat het ontwerp invulling geeft aan de beoogde doelen (KRW-toets).

Vervolgproces

Op basis van het SO++ zijn een grondbalans en een raming opgesteld. Daarna is het SO++ voorgelegd aan RWS en vastgesteld. Wanneer het MIRT3 besluit over het projectbesluit is genomen volgt de aanbesteding van de realisatie.

3 Het ontwerp

3.1 Kenmerken

3.1.1 Kansen voor natuur

In deze paragraaf zijn op basis van de landschapsecologische systeemanalyse (LESA) de kansen voor natuur binnen het zoekgebied van de maatregel beschreven. Voor de volledige LESA wordt verwezen naar bijlage C. Bij de beschrijving is gebruik gemaakt van de Ecotopengids. Daarnaast zijn de doel-ecotopen voor het relevante riviertraject opgenomen in bijlage B.

De huidige soorten, geïnventariseerd door Natuurmonumenten, tonen goede kansen voor stroomdalgrasland. Op de overstromingskaart is te zien dat vrijwel de hele uiterwaard minder dan 10 dagen per jaar overstroomt. De kalkrijke oeverwallen die in dit riviertraject voorkomen zijn afgezet toen de piekafvoeren van de Waal via de Maas werden afgevoerd (voor circa 1850, toen beide rivieren van elkaar zijn gescheiden). Van deze oeverwal is nog een smal relict aanwezig met kenmerkende soorten. De Maas is benedenstrooms van stuw Lith weer een vrij afstromende zandrivier. Door de aanwezige stroming en zanddynamiek leent de Bokhovense uiterwaard, in combinatie met de uiterwaard van Hedikhuizen, zich goed voor de aanleg van een meestromende nevengeul. Deze uiterwaarden liggen in de binnenbocht waardoor het verval goed wordt benut. Verder is er grote kans dat bij het aanleggen van een geul zand wordt aangesneden.

De belangrijkste kans binnen het maatregelgebied is het aanleggen van een meestromende nevengeul. Door de aanwezige stroming op de Getijdenmaas zorgt het tweezijdig aantakken van de geul voor ecologische meerwaarde voor KRW zoals macrofauna, waterplanten en vis. Verder kan er in de binnenbocht van de rivier optimaal gebruik gemaakt worden van het verval. De rivieroever behoeft geen inrichting en voldoet geheel aan het ecologisch streefbeeld van een natuurlijke zandige rivieroever met geleidelijke overgang van ondiep water naar strand. Het aanbrengen van dood hout op de rivieroever leidt tot meer substraatvariatie en werkt positief door voor vis en macrofauna.

3.1.2 (Geo)hydrologische uitgangspunten

Bij de ontwerpen is rekening gehouden met de (geo)hydrologische situatie (zie uitgebreide rapportage 'Verkenkend onderzoek water' dd 25 september 2023 voor meer informatie).

Het maaiveld in de uiterwaard ligt met een gemiddeld niveau van circa NAP +2,1 a +2,6 m. Dit is ca 2 m boven het reguliere peil van de Beneden-Maas, die hier onder geringe invloed van getijde staat. De bodem van een toekomstige meestromende nevengeul komt op een diepte van NAP 0,0 m tot NAP -1,0 m te liggen. Hiervoor wordt gemiddeld 2 tot 3 m grond verwijderd. De effecten op de omgeving zijn bepaald op basis van een analyse van het ontwerp en doorgerekend met een grondwatermodel (MORIA) en met een oppervlaktewatermodel (SOBEK). Er zijn geen (negatieve) effecten te verwachten voor de aspecten afvoercapaciteit, bebouwing en infrastructuur, natuur, zoet-zout verdeling van het grondwater en grondwateronttrekkingen. Vanwege de aandachtspunten voor waterveiligheid is met het model een variant doorgerekend waarbij klei wordt toegepast onder de te graven geulbodem. De modelberekening laat zien dat bij 1 m klei onder de geul aanbrengen er geen effecten binnendijs meer voorkomen.

De Maaswaterstanden bij geul Bokhoven zijn afgeleid van de 'Betrekkingslijnen 2021-2022' (RWS) en zijn gegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Maaswaterstanden geul Bokhoven (bron: Rijkswaterstaat betrekkingslijnen 2021-2022)

nr	Klasse		Waterhoogte (m NAP)	Frequentie T = X jaar	Dagen per jaar hoger
1	Extreem hoogwater	>	5,20	100	
2	Hoogwater	<	3,76	10	
3	Verhoogde waterstand	<	2,55	1	2
4	Licht verhoogd	<	0,70		107
5	Normaal	<	0,56		183
6	Verlaagde waterstand	<	0,49		267

De uiterwaard ligt redelijk hoog ten opzichte van de Maas. Ook liggen op sommige plekken nog delen van een oeverwal. Met name vlak bij de rivier is een hogere wal aanwezig, die op de laagste delen een hoogte van NAP +2,30 m heeft. Op basis van de hoogtekaart en de Maaswaterstanden stroomt de huidige uiterwaard gemiddeld eens per 2 jaar over. In de toekomst, met een meestromende geul zal de overstromings-frequentie gelijk blijven.

De T=10-hoogwatergolf van de Maas bereikt een hoogste waterstand van NAP +4,00 m op km 222.8 (de instroomlocatie van Bokhoven) en een hoogste waterstand van NAP +3,84 m op km 224.6 km (de uitstroomblocatie). De hoogwatergolf treedt op over een periode van 20 dagen. De piek van de waterstand, afgerond in millimeters, duurt ca. 8 uur, waarbij het verschil tussen piek bij het inlaatpunt en het uitstroompunt ca. 4 uur verschilt.

Het maaiveld in de uiterwaard ligt rond NAP +2,4 m. In de polder ligt het maaiveld rond ca. NAP +2,10 m. Het grondwater ligt relatief diep onder het maaiveld: in de uiterwaard gemiddeld ca. 1,5 m en in droge perioden 1,8 m onder maaiveld. In de polder ligt het grondwater gemiddeld 1,3 m onder maaiveld en in perioden van droogte 1,5 m (volgens de peilbuis. De Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) volgens de bodemkaart is 1,4 m -mv; de berekende gemiddelde grondwaterstand in de zomer volgens het model ligt tussen de 0,80 en 1,40 m -mv. Voor de beoordeling van effecten op grondwater in de polder wordt aangehouden dat het grondwater in de polder diep staat: GHG 0,75 m-mv; GLG 1,4 m-mv.

3.2 Ontwerpbesluiten

3.2.1 Scope

Op basis van inzichten in schetsontwerpfase zijn onderdelen afgevallen en/of aangepast. In Tabel 2 zijn deze ontwerpkeuzes toegelicht.

Tabel 2 Ontwerpkeuzes uit de SO-fase.

Code	Omschrijving	Onderbouwing
OWB-0088	In tegenstelling tot Antea wordt binnen het zoekgebied ingezet op een geïsoleerde geul	Binnen het zoekgebied is te weinig ruimte om een goed functionerende nevengeul aan te leggen. De uitstroom zou dan door de bestaande oeverwal moeten en haaks op de rivier aansluiten. Dit levert ongewenste dwarsstromen op voor scheepvaart en heeft ook het risico dat de geul na een paar jaar gaat verzanden.
OWB-0335	Ontwerp wordt een meestromende nevengeul	Omdat is gebleken dat de een geïsoleerde geul op deze locatie niet de gewenste ecologische meerwaarde zou creëren is ervoor gekozen om het zoekgebied uit te breiden tot rkm 224.6 en hiermee het ontwerpen van een meestromende geul mogelijk te maken.

3.2.2 Zonering

Bij het ontwerp van KRW-maatregelen dient standaard rekening te worden gehouden met een aantal zones, te weten:

- Erosielimietlijn: Dit betreft de begrenzing waarbinnen de berekende, voortschrijdende erosie zal plaatsvinden. De zone tussen de herinrichting en de erosielimietlijn heeft de volgende breedte:
 - Geulen:
 - Geïsoleerd: 0 meter
 - Eenzijdig Aangetaakt: 3 meter
 - Meestromend: 5 meter
- Beheer- en onderhoudsstrook: om onderhoud uit te kunnen voeren dient naast de maatregel een strook ingericht te worden als beheer- en onderhoudsstrook. Deze strook maakt het mogelijk om onderhoud uit te voeren en het beoogde ontwerp instant te houden.

Beheer- en onderhoudsstrook

Hiervoor wordt een strook met een breedte van 4,10 m. toegepast.

3.2.3 Maatregelspecifiek

Omgeving

In het ontwerpproces hebben de volgende ontwerpbijsluitingen met belanghebbenden plaatsgevonden:

- Ontwerpsessie 1 (OS1): 25 september 2020, digitaal via Microsoft Teams.
- Ontwerpsessie 2 (OS2): 11 november 2022, Zalencentrum De Engelenburcht te 's-Hertogenbosch.
- Ontwerpsessie 3 (OS3): 29 maart 2023, Zalencentrum De Engelenburcht te 's-Hertogenbosch.

De input die tijdens de ontwerpessies door stakeholders zijn ingebracht hebben geleid tot enkele ontwerpkeuzes. Zo is het ontwerp aangepast naar een meestromende nevengeul op verzoek van zowel Natuurmonumenten, gemeente 's-Hertogenbosch en provincie Noord-Brabant. Daarnaast blijft de Veerweg bereikbaar en begaanbaar voor vrachtverkeer van 60 ton naar aanleiding van wensen van Delgromij B.V. en Vandersanden Group Hedikhuizen. Ook is het ontwerp zo aangepast dat op het noordelijke deel geen bos ontstaat en blijft het mogelijk om vee te verplaatsen in het gebied. Naast de ontwerpbijsluitingen hebben we ook contact met belanghebbenden gehad in de vorm van keukentafelgesprekken.

In totaal zijn voor deze maatregel 71 wensen verzameld. Hiervan zijn 47 wensen gecategoriseerd als 'SYS', 9 wensen als 'VSP', 5 wensen als 'onderzoek planvorming', 4 wensen als 'Beheer en onderhoud planvorming', 3 wensen als 'Integraal', en 3 wensen als 'VSE'. Van de 47 SYS zijn er 26 gehonoreerd en als SYS verwerkt in het ontwerp. Er zijn 21 SYS niet opgenomen in het ontwerp. Hiervan zijn er 18 afgewezen omdat ze buiten de KRW-scope vallen of omdat ze niet aan de KRW-opdracht bijdragen. Ook zijn er 3 SYS vervallen, omdat het niet mogelijk was hier advies op te geven. De wensen die zijn vertaald naar SYS, zijn opgenomen in het verificatierapport.

Conditionering

Binnen het project zijn verschillende conditionerende onderzoeken uitgevoerd in verschillende fases. In de fase van SO zijn bureaustudies opgesteld. Deze bureaustudies hadden als doel:

- De potentiële knelpunten voor het ontwerp vroegtijdig te signaleren (denk aan een voormalige stortplaats of een archeologische vindplaats), en
- De noodzaak voor en omvang van vervolgonderzoek te bepalen.

In de fase van het SO+ zijn de vervolgonderzoeken uitgevoerd.

Tabel 3 beschrijft welke onderzoeken uitgevoerd zijn. Deze onderzoeken zijn separaat opgeleverd en zijn hier enkel opgesomd ter volledigheid.

Tabel 3 Overzicht uitgevoerde conditionerende onderzoeken.

Discipline	Onderzoek	Maatregel	Uitgevoerd (jaartal)	Conclusie
Archeologie	Bureauonderzoek (SO-fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	-	n.v.t.
Bodem	Vooronderzoek (water)bodem (SO-fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	2022	Er zijn twee verdachte locaties in het zoekgebied
	Indicatief (Water)bodemonderzoek incl. PFAS (SO+ fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	2023	Het te ontgraven (water)bodemmateriaal is over het algemeen licht verontreinigd (klasse altijd toepasbaar tot en met B) en daardoor beperkt toepasbaar. Een deel van het vrijkomende waterbodemmateriaal is niet toepasbaar en dient derhalve te worden afgevoerd naar een erkend verwerker.
	Verkenning waterbodemmimissietoets (WIT) (SO+ fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	2023	Uit de voorgaande (verkenkende) beoordeling blijkt dat de beoogde maatregelen en de lokale (water)bodemkwaliteit in de Geul Bokhoven géén aanleiding geven tot het uitvoeren van de WIT.
Cultuurhistorie	Bureauonderzoek Cultuurhistorie (SO-fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	-	n.v.t.
Ecologie	Quicksan ecologie (SO-fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	2022	Vervolgonderzoek in de vorm van soortgericht onderzoek benodigd en maatregelen noodzakelijk bij werkzaamheden.
	Toetsing NNN (SO+ fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	2023	Herinrichting van Geul Bokhoven leidt niet tot negatieve effecten op ecologische waarden en kenmerken van het Natuurnetwerk Brabant
	Toetsing N2000-gebieden (SO+ fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	2023	Het Natura 2000-gebied Vlijmens Ven, Moerputten en Bossche Broek is op meer dan 5 kilometer afstand niet nabijgelegen. Negatieve effecten op habitattypen en soorten, ook binnen andere Natura 2000-gebieden zijn uitgesloten omdat deze niet binnen de reikwijdte van effecten voorkomen
	Soortgericht onderzoek flora & fauna (SO+ fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	2022	Er is geen sprake van overtreding van verbodsbepalingen.
Geo-hydrologie	Verkenkend onderzoek water (SO+ fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	2023	Uit dit onderzoek blijkt dat de maatregelen een kans op negatieve effecten zullen veroorzaken op een geohydrologisch vlak. De verlagingscontouren van 5 cm van de freatische grondwaterstand in een gemiddelde zomer- en wintersituatie reiken tot in de waterkering en het binnendijkse gebied. Een verlaging van 5 à 10 cm treedt op binnen enkele landbouwpercelen alsook enkele panden. Tijdens een hoogwatersituatie treedt een verandering in kwelflux op van meer dan 2% voor peilgebied II.
Geotechniek	QuickScan (SO-fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	2023	De KRW-maatregel heeft invloed op het faalmechanisme piping.
	Geotechnisch haalbaarheidsstudie (SO+ fase)			Aanscherpingen/aanpassingen op het ontwerp is noodzakelijk om het ontwerp vergunbaar te maken.
K&L	KLIC Oriëntatiemelding	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	2021	Geen impact op het ontwerp, wel aandachtspunt
NGE	Vooronderzoek NGE (SO-fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	2021	Er zijn verschillende delen van de geul Bokhoven verdacht op NGCE in de vorm van klein-kalibermunitie, hand- en geweergrenaten en munitie voor granaatwerpers, geschutmunitie, landmijnen, raketten, toebehoren van munitie en vernielingsladingen.
	Detectieonderzoek NGE (SO+ fase)	Geul Bokhoven [GTM_223_R]	2023	Voor uitvoering van de maatregel dienen de gemeten objecten (potentiële NGE) te worden

Discipline	Onderzoek	Maatregel	Uitgevoerd (jaartal)	Conclusie
				verwijderd. Ook dient er rekening te worden gehouden met de niet-gedetecteerde delen en de niet-geïnterpreteerde delen door bodemverstoringen. Voor vrijgave van deze verstoorde gebieden moet laagsgewijze detectie plaatsvinden en/of is de inzet nodig van een NGE-beveiligde kraan.

Uit de verschillende onderzoeken zijn mogelijke aandachtspunten voor het ontwerp naar voren gekomen. In Tabel 4 zijn alle conditionerende aandachtspunten opgenomen die betrekking hebben op het ontwerp en de uitvoering. De relevante aandachtspunten voor het ontwerp zijn in het SO++ verwerkt en beschreven.

Tabel 4 Aandachtspunten vanuit conditionerende onderzoeken.

Code	Type	Omschrijving	Verificatie criteria
ADP-0154	Natuur	Broedvogels met jaarrond beschermd nest zijn n.a.v. het soortgericht onderzoek niet aangetroffen.	VSP (proceseis - uitvoering - gerelateerd - contract)
ADP-0536	Niet-gesprongen conventionele explosieven	Voor uitvoering van de maatregel dienen de gemeten objecten (potentiële NGE) te worden verwijderd. Het gaat hier om 509 objecten in het maatregelgebied Bokhoven. Ook dient er rekening te worden gehouden met de niet-gedetecteerde delen en de niet-geïnterpreteerde delen door bodemverstoringen. Voor vrijgave van deze verstoorde gebieden moet laagsgewijze detectie plaatsvinden en/of is de inzet nodig van een NGE-beveiligde kraan. Dit geldt o.a. voor de aan te leggen duiker onder de Veerweg.	VSP (proceseis - uitvoering - gerelateerd - contract)
ADP-0063	Kabels en leidingen	Voor aanpassing van het omliggende gebied door de contractaannemer is contact met de netbeheerder benodigd (Conform CROW500).	VSP (proceseis - uitvoering - gerelateerd - contract)
ADP-0197	Geotechniek	Werkzaamheden in de kernzone en beschermingszone A zijn niet toegestaan. Mitigerende maatregelen tegen piping zijn nodig.	SYS (eis in eigen ontwerp)
ADP-0155	Natuur	Voor algemeen voorkomende broedvogels waarvan het nest gedurende broedperiode beschermd is: • Voer werkzaamheden buiten het broedseizoen uit. Het broedseizoen loopt ongeveer van 15 maart tot 15 juli, maar kan afhankelijk van het weer en andere factoren verschuiven. • Indien het niet mogelijk is om buiten het broedseizoen te werken: maak geschikte broedlocaties voorafgaand aan het	VSP (proceseis - uitvoering - gerelateerd - contract)

Code	Type	Omschrijving	Verificatie criteria
		broedseizoen ongeschikt en houd deze ongeschikt totdat de werkzaamheden zijn afgerond. Dit betreft standaard maatregelen	
ADP-0525	Milieuhygienische bodemkwaliteit	Een groot deel van de toplaag en ondergrond is beoordeeld als niet toepasbaar in een oppervlaktewaterlichaam (PFAS-OWLNT) als gevolg van de aanwezigheid van PFOA in de bodem. Een gecertificeerd aannemer en milieukundige begeleiding is niet nodig maar materiaal moet afgevoerd worden naar een baggerspeciéstortplaats.	VSP (proceseis - uitvoering - gerelateerd - contract)
ADP-0526	Milieuhygienische bodemkwaliteit	Ter plaatse van deellocatie A1 en C4 komt in de laag 0,4-1,2 m-mv klei voor waar een overschrijding van de interventiewaarde voor cadmium wordt gemeten. De exacte omvang is onbekend maar de verwachting is dat er minder dan 1000 m3 vrijkomt boven de interventiewaarde. (Bij afgraven van meer dan 1000 m3 moet rekening gehouden worden met een waterbodemsanering die uitgevoerd moet worden door een BRL 6000 protocol 6003 gecertificeerde aannemer met milieukundige begeleiding maar zoals gezegd is de inschatting dat dit hier niet nodig is). Vrijkomende waterbodem klasse NT moet afgevoerd worden naar een stortplaats.	VSP (proceseis - uitvoering - gerelateerd - contract)
ADP-0527	Milieuhygienische bodemkwaliteit	Binnen deellocatie B.2a is de bovengrond (0,0 – 0,5 m-mv) asbestverdacht wegens het aantreffen van asbestverdachte plaatmateriaal op het maaiveld dat vervolgens ook in de bodem is aangetroffen in een gehalte dat de norm van 50 mg/kg.ds niet overschrijdt. Aanbevolen wordt voorafgaande aan graafwerkzaamheden ter plaatse van deellocatie B.2a middels handpicking de asbestverdachte fragmenten te verwijderen van het maaiveld.	VSP (proceseis - uitvoering - gerelateerd - contract)
ADP-0153	Natuur	Maatregelen: • Maai en/of snoei voorafgaand aan de werkzaamheden de nog aanwezige vegetatie in het zoekgebied kort. Hierdoor wordt het voor algemeen voorkomende grondgebonden zoogdieren minder aantrekkelijk om te verblijven in deze zone tijdens de werkzaamheden. • Voer de werkzaamheden rustig uit en op een manier waarop dieren niet ingesloten raken. Op deze manier zijn dieren in de gelegenheid om te vluchten naar andere	VSP (proceseis - uitvoering - gerelateerd - contract)

Code	Type	Omschrijving	Verificatie criteria
		leefgebieden en worden ze niet het water ingejaagd. Dit betreft standaard maatregelen.	

Technisch ontwerp

Wanneer er keuzes zijn gemaakt met betrekking tot aanpassingen aan het ontwerp zijn deze vastgelegd als ontwerpbesluiten, zodat bijvoorbeeld scopewijzigingen en de onderbouwing daarvan navolgbaar is. In Tabel 5 zijn de ontwerpbesluiten weergegeven die in de SO+/SO++-fase genomen zijn.

Tabel 5 Ontwerpbesluiten (OWB) uit de SO+/SO++-fase.

Code	Omschrijving	Onderbouwing
OWB-0545	Steilranden (SO+)	In de buitenbocht van de geul worden steilranden aangebracht. Hiermee wordt een koppelkans benut voor het realiseren van nieuw habitat voor vogels (zoals oeverwaluven en ijsvogels). De steilranden worden afgegraven vanaf maaiveld tot aan ca. 1 m +NAP (boven de wilgenvloedzone)
OWB-0531	Vastleggen van instroomdrempel (SO+)	Om verplaatsing van de geul door erosie te voorkomen, wordt de instroomdrempel vastgelegd met een stenen constructie.
OWB-0547	Aanplanten (SO+)	Aanplanten van bomen en struweel langs de geul om oevers te beschaduen en daarmee zowel specifiek habitat te realiseren voor macrofauna als beschutting voor vissen.
OWB-0543	Duikers (SO+)	Als verbinding van de geul onder de veerweg, worden 2 geschakelde duikers geplaatst met een totaal doorstroomprofiel van 12m ² (2 x 6m ²).
OWB-0640	Hergebruik vrijkomende grond (SO++)	In het grondstromenplan wordt gekeken of de vrijkomende grond in het project en anders elders in een KRW-maatregel is toe te passen.
OWB-0639	Kans HWBP koppelen piping maatregel	Er zijn 2 HWBP- dijkversterkingstrajecten rondom Bokhoven, te weten • Lith – Bokhoven. • Bokhoven – Doeveren
OWB-0548	Aanbrengen rivierhout (SO+)	Aanbrengen en verankeren van 36 stuks dood rivierhout op verschillende locaties in de geul, voor het verhogen van de aquatische biodiversiteit.
OWB-0550	Inrichting overhoek achter parkeerplaats (SO++)	De overhoek op het terrein ten westen van de parkeerplaats is door de verlegging niet meer bruikbaar voor agrarische bedrijfsvoering. Hier ontstaat wel een kans voor het realiseren van extensief beheerde kruidenrijk grasland en een bomenweide.
OWB-0544	Uitlaatconstructie (SO+)	Om verplaatsing van de geul door erosie te voorkomen, wordt de uitlaatconstructie vastgelegd in een stenen constructie

Code	Omschrijving	Onderbouwing
OWB-0637	Vrijkomende grond (SO++)	Anders dan in SO+ zal de vrijkomende grond niet verwerkt worden in het ontwerp van de oeverwal. Deze grond wordt op een ander manier nuttig ingezet/toegepast.
OWB-0549	Verleggen Geul (SO++)	Ten westen van de veerweg wordt de geul verlegd richting het noorden. Hierdoor komt de geul dicht langs de parkeerplek te lopen en is er aan de zuidzijde van de geul tot aan de winterdijk meer ruimte voor eventueel agrarisch landgebruik. Daarnaast zorgt deze verlegging dat de geul beter wordt gepositioneerd op de locatie van de oude stroomgeul.
OWB-0553	Oversteekplek voor vee (SO++)	Aan weerszijden van de veerweg komt een extra duiker voor vee om de geul over te steken.
OWB-0554	Uitgraving geulbodem (SO++)	De bodem van de geul wordt uitgegraven tot 0.7 m-NAP, waarmee een waterdiepte van ca. 1,10 m wordt gerealiseerd bij een laagwaterafvoer op de Maas van 80m ³ /s en een ebstand van NAP+0,34 m.
OWB-0546	Refugia (SO+)	Op enkele plekken in de geul worden Refugia gegraven tot een diepte van -1.40 m NAP, waar vissen in tijden van droogte en lage waterstanden kunnen schuilen. Bij een laagwaterafvoer van 80m ³ /s en ebstand van NAP+0,34 m heeft de Refugia een waterdiepte van ca 1.80 m.
OWB-0551	Aanplanten dicht naar water (SO++)	Aanplanten van bomen en struweel dicht langs de geul om meer beschaduwning te creëren van oevers en water en daarmee zowel specifiek habitat te realiseren voor macrofauna als beschutting voor vissen.
OWB-0541	Klei-inkassing + zandtopping (SO+)	Vanuit het waarborgen van de dijkveiligheid van de primaire kering dient de geul te worden ingepakt in een klei-inkassing, ter voorkoming van piping. De dikte van deze kleilaag bedraagt ca. 1.0meter. Daar bovenop wordt een zandlaag van 50cm aangebracht, die dient als een bodemlaag voor waterflora en leefgebied voor vissen en andere (zoog)dieren.
OWB-0638	Refugia (SO++)	Om de totaaloppervlakte aan vluchtplaatsen voor vis van voldoende omvang te voorzien, wordt 15% van de geul ingericht met refugia
OWB-0530	Verlengen meestromende nevengeul (SO+)	De oorspronkelijk geïsoleerde geul wordt verlengd en loopt onder de veerweg door als een meestromende nevengeul met een totale lengte van ca. 1.63km.

Duurzaamheid en veiligheid

De geïdentificeerde duurzaamheidskansen staan in onderstaande tabel uitgewerkt en zijn gekoppeld aan een ontwerpbesluit. Het is mogelijk dat niet alle geïdentificeerde kansen ook daadwerkelijk zijn doorgevoerd als ontwerpbesluit, bijvoorbeeld als een kans technisch niet haalbaar blijkt of onevenredig veel kosten met zich meebrengt.

Tabel 6 Uitgewerkte geïdentificeerde duurzaamheidskansen met bijbehorende ontwerpbesluiten.

Code	Ontwerpbesluit	Onderbouwing	Duurzaamheidskansen	Omschrijving kans	Toelichting
OWB-0637	Vrijkomende grond (SO++)	Anders dan in SO+ zal de vrijkomende grond niet verwerkt worden in het ontwerp van de oeverwal. Deze grond wordt op een ander manier nuttig ingezet/toegepast.	Gebruik van uit project vrijkomende zand en/of klei	Interesse van particulier in vrijkomende vruchtbare grond (KES1498). Het is aan de aannemer om een geschikte plek te vinden voor de vrijkomende grond en dit af te stemmen met de eigenaren. Er is geen plek voor vrijkomende grond in het ontwerp opgenomen.	Netto vrijkomende grond. Vrijkomende zand uit geul toepassen voor realisatie zandige oeverwal (KES1066). Deze KES is vervallen
OWB-0543	Duikers (SO+)	Als verbinding van de geul onder de veerweg, worden 2 geschakelde duikers geplaatst met een totaal doorstroomprofiel van 12m ² (2 x 6m ²).	Aanleg duiker of palenrij met gebruikt materiaal	Duiker benodigd voor kruising Veerweg, mogelijk aanleg duiker met gebruikt materiaal	Kans voor hergebruik van een vrijkomende duiker elders.
OWB-0545	Steilranden (SO+)	In de buitenbocht van de geul worden steilranden aangebracht. Hiermee wordt een koppelkans benut voor het realiseren van nieuw habitat voor vogels (zoals oeverzwaluwen en ijsvogels). De steilranden worden afgegraven vanaf maaiveld tot aan ca. 1 m +NAP (boven de wilgenvloedzone)	Extra natuurwaarden-verhogende maatregel (bovenop KRW-doelen)	Het huidige ontwerp biedt de mogelijkheid een voorziening voor vogels als oeverzwaluwen en ijsvogels aan te leggen. Daarnaast is er in de overhoek de mogelijkheid voor het omzetten van agrarisch grondgebruik naar natuurlijk grasland met bomen waarmee een positieve waarde voor de biodiversiteit wordt geleverd. De voedselrijke top laag wordt afgegraven. Door af te graven verschaald de bodem en is er geen uitspoeling van vrijkomende nutriënten naar de geul.	Geen opmerking
OWB-0639	Kans HWBP koppelen piping maatregel	Er zijn 2 HWBP-dijkversterkingstrajecten rondom	Combineren van maatregelen/projecten op een locatie	Naar aanleiding van de duurzaamheids sessie is er contact geweest met	Geen opmerking

Code	Ontwerpbesluit	Onderbouwing	Duurzaamheidskans	Omschrijving kans	Toelichting
		Bokhoven, te weten		Ws Aa en Maas (maart 2023).	
		• Lith – Bokhoven.		Uit het overleg komt het volgende naar voren	
		• Bokhoven – Doevertoren		Er zijn 2 HWBP-dijkversterkingstrajecten rondom Bokhoven:	
				• Lith – Bokhoven.	
				• Bokhoven – Doevertoren	
				Lith - Bokhoven	
				Voor Lith Bokhoven is in 2023 de pre-verkenning gestart en naar verwachting in 2024/25 klaar. Is een complex gebied vanwege oa stedelijk gebied van Den Bosch en relatie met HoWaBo. Analyse van het jaar 2075, verandert het oordeel dan van de dijkversterkingsopgave? Scope 2024 klaar, dan planstudie en uitvoering Ca. 2028-2030.	
				Voorlopig opgave voor Piping en lastig door stedelijk gebied van Lith en Den Bosch.	
				Een idee is nog een hoogwatergeul bij Bokhoven en eventueel een dijkteruglegging, wel bijvoorbeeld een steenfabriek inpassen.	
				Er is daar nog geen trekker voor. Lijkt een IRM project te kunnen zijn. Maar nog geen trekker. Er ligt een kans voor waterstandsdeling, effect op de dijkversterkingsopgave en HoWaBo (waterbergingsopgave van 35 miljoen m3) dient dan nog verder in kaart te worden gebracht.	
				Bokhoven- Doevertoren	
				Start pré verkenning over ca 2-3 jaar (2026). Opgave lijkt niet zo groot. Planuitwerking en	

Code	Ontwerpbesluit	Onderbouwing	Duurzaamheidskansen	Omschrijving kans	Toelichting
				uitvoering volgt dan na ca 2030.	
OWB-0550	Inrichting overhoek achter parkeerplaats (SO++)	De overhoek op het terrein ten westen van de parkeerplaats is door de verlegging niet meer bruikbaar voor agrarische bedrijfsvoering. Hier ontstaat wel een kans voor het realiseren van extensief beheerde kruidenrijk grasland en een bomenweide.	Extra natuurwaarden-verhogende maatregel (bovenop KRW-doelen)	Het huidige ontwerp biedt de mogelijkheid een voorziening voor vogels als oeverzwaluwen en ijsvogels aan te leggen. Daarnaast is er in de overhoek de mogelijkheid voor het omzetten van agrarisch grondgebruik naar natuurlijk grasland met bomen waarmee een positieve waarde voor de biodiversiteit wordt geleverd. De voedselrijke top laag wordt afgegraven. Door af te graven verschaald de bodem en is er geen uitspoeling van vrijkomende nutriënten naar de geul.	Geen opmerking
OWB-0548	Aanbrengen rivierhout (SO+)	Aanbrengen en verankeren van dood rivierhout op verschillende locaties in de geul, voor het verhogen van de aquatische biodiversiteit.	Gebruik van uit project vrijkomend hout (bijv. rivierhout)	Rivierhout in ontwerp, komt niet vrij in project.	Rivierhout wordt toegepast in de geul Bokhoven, wordt in het water aangebracht
OWB-0640	Hergebruik vrijkomende grond (SO++)	In het grondstromenplan wordt gekeken of de vrijkomende grond in het project en anders elders in een KRW-maatregel is toe te passen.	Gebruik van uit project vrijkomende zand en/of klei	Interesse van particulier in vrijkomende vruchtbare grond (KES1498). Het is aan de aannemer om een geschikte plek te vinden voor de vrijkomende grond en dit af te stemmen met de eigenaren. Er is geen plek voor vrijkomende grond in het ontwerp opgenomen.	Netto vrijkomende grond. Vrijkomende zand uit geul toepassen voor realisatie zandige oeverwal (KES1066). Deze KES is vervallen

De ontwerpbesluiten die tijdens het ontwerpproces genomen zijn én die een raakvlak hebben met de door RWS gehanteerde veiligheidsaspecten zijn in onderstaande tabel opgenomen. In deze tabel zijn de ontwerpbesluiten gekoppeld aan het betreffende veiligheidsaspect. Naast de ontwerpbesluiten vanuit het ontwerpproces zijn eventuele

aanvullende veiligheidsaspecten ook in de tabel (Tabel 7) toegevoegd. Verdere uitwerking van de veiligheidskeuzes vindt plaats in het Integraal Veiligheidsplan (IVP) dat wordt opgesteld in de contractfase.

Tabel 7 Overzicht van de raakvlakken tussen de ontwerpbesluiten en gehanteerde veiligheidsaspecten vanuit RWS.

Code	Veiligheidskeuze	Onderbouwing OWB	Veiligheidsaspect
OWB-0543	Duikers (SO+)	Als verbinding van de geul onder de veerweg, worden 2 geschakelde duikers geplaatst met een totaal doorstrooprofiet van 12m2 (2 x 6m2).	Constructieve veiligheid
OWB-0531	Vastleggen van instroomdrempel (SO+)	Om verplaatsing van de geul door erosie te voorkomen, wordt de instroomdrempel vastgelegd met een stenen constructie.	Constructieve veiligheid
OWB-0541	Klei-inkassing + zandoptopping (SO+)	Vanuit het waarborgen van de dijkveiligheid van de primaire kering dient de geul te worden ingepakt in een klei-inkassing, ter voorkoming van piping. De dikte van deze kleilaag bedraagt 1.0 meter. Daar bovenop wordt een zandlaag van 0,50 m aangebracht, die dient als een bodemlaag voor waterflora en leefgebied voor vissen en andere (zoog)dieren.	Veiligheid tegen overstromen
OWB-0544	Vastleggen Uitlaatconstructie (SO+)	Om verplaatsing van de geul door erosie te voorkomen, wordt de uitlaatconstructie vastgelegd in een stenen constructie	Constructieve veiligheid

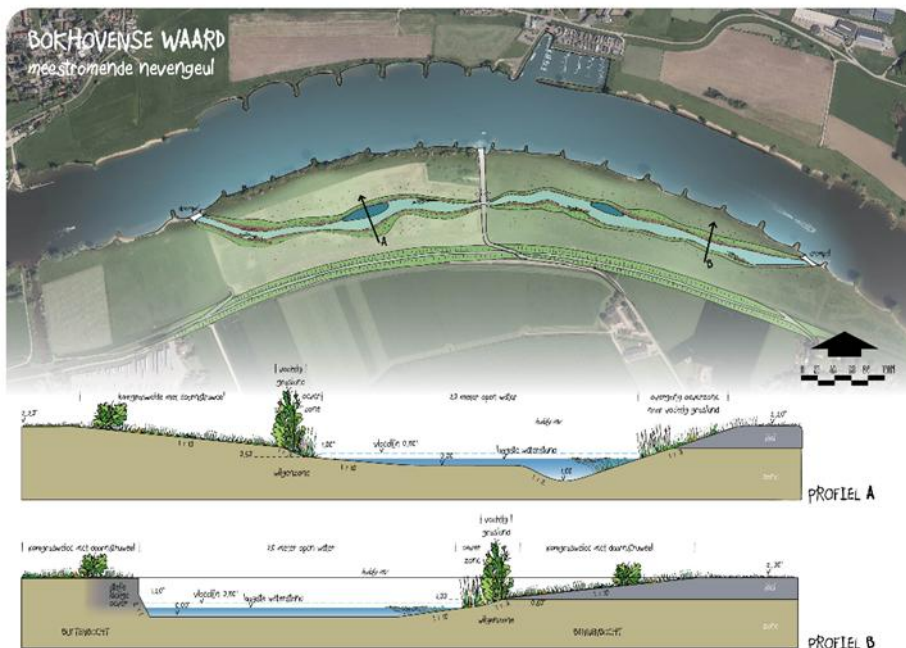
3.3 Raakvlakken

In het ontwerp wordt rivierhout aangebracht, ter verhoging van de aquatische biodiversiteit. Voor dit hout kan gebruik gemaakt worden van vrijkomend hout uit andere KRW-maatregelen, het is aan de aannemer om dit te organiseren.

3.4 Vergunningsontwerp

3.4.1 Ontwerpbeschrijving

Deze maatregel bestaat uit de realisatie van een nieuwe meestromende nevengeul van 1,60 kilometer tussen rkm 222,8 en rkm 224,6 in de Bokhovense Uiterwaard. De nieuwe geul volgt de natuurlijke laagtes die in de Bokhovense Uiterwaard voorkomen en volgt tevens een oude geulstructuur welke in de geomorfologische kaart nog zichtbaar is. Het doel van de maatregel bestaat uit het vergroten van de diversiteit aan groeigebieden voor natuurlijke oevervegetatie en leefgebieden voor macrofauna en vis.



Figuur 3 Ontwerpschets van de meestromende nevengeul in de Bokhovense Uiterwaard

In bovenstaande afbeelding (Figuur 3) is de ontwerpschets weergegeven van de meestromende nevengeul in de Bokhovense Uiterwaard. Deze schets was het initiële vertrekpunt voor het ontwerp van de maatregel en is richting latere fases verder uitgewerkt. De nevengeul in de Bokhovense Uiterwaard wordt met drempels aangesloten op de Maas. Deze inlaatwerken zorgen ervoor dat het rivierkundig maximaal toegestane debiet dat door de geul stroomt niet wordt overschreden, en helpen bij het verminderen van de golfinslag van langsvarende schepen. De nevengeul wordt onder een flauwe hoek aan het zomerbed van de Maas aangetakt. Op deze manier is de invloed van scheepsgolven minimaal. De aantakking van de nevengeul ligt zowel bij de instroom als uitstroom vast in een steenbekleding met sortering 60-200kg om te voorkomen dat de geul zich verplaatst als gevolg van erosieprocessen in de rivier.

Naast de inlaatwerken wordt er in het midden van de geul een duiker aangebracht voor het behouden van de verkeersfunctie van de veerweg. Daarnaast fungeert de duiker ook als oversteekplaats van de geul voor vee aan weerszijden van de veerweg komt er een oversteek. De duiker heeft een totaal doorstroomprofiel van 12m² en een overkluizing van 13,75m.

De Bokhovense Uiterwaard ligt in het riviertraject van de Getijdemaas, waardoor de nevengeul wordt beïnvloed door een beperkte getijdewerking van circa 0,2- 0,3 m (afhankelijk van de afvoeren op de Maas). Dit zorgt voor een in de Maas unieke ecologische waterkwaliteit met wisselende waterstanden en stroomsnelheden gedurende de dag.

Bij een afvoer van 80 m³/s op de Maas is het rivierpeil 0,49 m + NAP (dit is een lage afvoersituatie). Met de getijdeninvloed varieert het peil dan tussen de 0,34 en 0,64 m + NAP. De bodem van de geul komt te liggen op 0,70 m - NAP, zodat er gedurende het grootste deel van het jaar 1 m waterdiepte aanwezig is. Ook bij extreme lage waterstanden van bijvoorbeeld 0,00 m NAP is er dan nog steeds 70 cm water. Op twee plekken wordt een dieper gedeelte (refugia) aangelegd dat dient als vluchtplaats voor vissen tijdens tijden van droogte. De wilgenkiemzone ligt tussen de 50 en 150 dagen per jaar overstroming (zie Tabel 8), deze wordt relatief snel overbrugt door een 1:3 -1:4 talud tussen de 0,60 m + NAP en 1,0 m + NAP. Hiermee wordt grote wilgenopslag voorkomen. Boven ca. 1,0 m + NAP is de overstromingsduur minder dan 50 dagen per jaar en is een zone met structuurrijke graslanden voorzien, waar zich ook meidoorns kunnen ontwikkelen.

Tabel 8 Betrekkingslijnen* Maas (2021/2022) voor 50 en 150 dagen per jaar in de Bokhovense Uiterwaard

Rivierkilometer	Waterstand die 50 dagen per jaar wordt overschreden	Waterstand die 150 dagen per jaar wordt overschreden
222	1.08	0.63
223	1.06	0.62
224	1.04	0.62
225	1.02	0.61

* De waarden in de tabel zijn lineair geïnterpoleerd o.b.v. de overschrijdingsduren van 45, 107 en 183 dagen/jaar

De bodem van de geul bestaat uit zandig materiaal. Dit is wenselijk voor het doorzicht van het water en bevordert de groei van waterplanten en vissen die hiervan afhankelijk zijn. Onder de zandige bodem van 0,5 m dikte wordt een kleilaag aangebracht. Dit is noodzakelijk om te voorkomen dat er bij extreem hoog water op de Maas de dijkveiligheid te garanderen. In de huidige situatie is er te weinig klei in de ondergrond. Door een 1 m dikke kleilaag onder de geul aan te brengen, worden pipingproblemen opgelost en ook het optreden van binnendijs kwel wordt hierdoor minder dan het nu is. In de rapportage van geotechniek en geohydrologie wordt hier separaat op ingegaan. De taluds van de steilranden worden in klei aangebracht. Dit dient erosiebestendige klei te zijn, zodat de steilranden ook na hoogwaterafvoeren blijven staan.

Bij de aantakkingen van de meestromende geul op het zomerbed van de Maas wordt de bodem verdedigd met breuksteun (sortering 40/200 kg). Hieronder moet een filterlaag onder komen. De dimensionering van de filterlaag dient door de aannemer te gebeuren. De dikte en afmetingen van de breuksteenlaag staan op de situatietekening aangegeven.

Meestromende nevengeulen vormen een leefgebied voor riviertrekvisen als zalm en rivierprik. Daarnaast is het ook een geschikte plek voor andere stromingsminnende vissoorten. Qua waterplanten biedt de nevengeul geschikte omstandigheden voor verschillende soorten fonteinkruid (o.a. rivierfonteinkruid, doorgroeid fonteinkruid, gekroesd fonteinkruid, schedefonteinkruid en aarvederkruid). In de buitenbochten van de geul worden de oevers steiler en in de binnenbocht krijgt de geul flauwe oevers. Op verschillende plekken in de buitenbocht wordt een steilrand van circa 1 meter gerealiseerd. Steilranden dienen als nestlocatie voor ijsvogels en oeverwaluizen. Ook wordt op verschillende plekken (totaal 36 stuks) dood rivierhout (verankerd) in het water gelegd.

Dit zorgt als belangrijk substraat voor macrofauna en dient tevens als schuilplek voor vissen. Op de flauwe oevers ontstaan zandige strandjes overgaand in dynamische moerassen tot vochtig grasland. Op de hogere stukken langs de nevengeul ontstaat kamgrasweide met doornstruweel. De hogere delen van de oevers zijn geschikt voor ontwikkeling van stroomdalflora bij een voldoende kalkrijke zandige bodem. Mogelijk kan pleksgewijs nog vrijkomend kalkrijk zand worden verwerkt in de oevers.

Langs de geul is het beeld dat hier zich kamgrasweide ontwikkelt. Op diverse plaatsen worden inheemse boomsoorten aangeplant, dit om beschaduwing van de geul te verkrijgen en om lokaal bosjes te laten ontwikkelen als afwisseling met de graslanden. De boomsoorten die langs de oevers worden aangeplant bestaan uit een combinatie van *Salix alba*, *Populus nigra*, *Alnus glutinosa* (verhouding 20/30/30), inheemse boomsoorten passend bij de uiterwaarden van de Getijdemaas. Ten westen van de gemeentelijke parkeerplaats zijn in de huidige situatie diverse notenbomen aanwezig, in westelijke richting worden hier ook bomen aangeplant naast het inzaaien met kruidenrijk grasland. In totaal worden er hier 12 stuks inheemse bomen aangeplant die passen in het uiterwaardengebied langs de Maas, de soorten worden in afstemming met de terreinbeheerder vastgesteld.

Daarnaast dient er in het westelijk plangebied een afrastering te komen op de toekomstige eigendomsgrens in verband met de blijvende agrarische functie. In het oostelijk gebied ten oosten van de Veerweg dient de afrastering te worden hersteld aan het eind van de uitvoeringsfase, dit is terrein van natuurbeschermingsorganisatie.

3.4.2 Grondstromen

In Tabel 9 en Tabel 10 is een samenvattend overzicht opgenomen van de grondstromen binnen geul Bokhoven. De uitwerking van de gedetailleerde grondstromen binnen de maatregel zijn te vinden in het grondstromenplan (als onderdeel van het SSK). Een deel van de vrijkomende klei kan worden toegepast voor de benodigde klei op de bodem van de geul (ten minste 1 m dik), dit gaat om de fractie potentieel toepasbaar in de dijkenglei. Ook vrijkomend zand kan worden aangewend op de bodem van de geul (ca 0,5 m).

Tabel 9 Overzicht van te ontgraven grondstromen van Geul Bokhoven

Materiaal	Hoeveelheid [m ³]	Potentieel toepasbaar als dijkenglei	Potentieel toepasbaar als zand op klei-inkassing	Toepasbaar in niet-vrijliggende diepe plas of elders	Afvoeren vervuilde grond (niet toepasbaar)
Klei	47.786	18.967		9.021	19.797
Zand	66.871		53.450	10.781	2.640
Grind	342			0	342
TOTAAL	114.999				

Tabel 10 Overzicht van toe te passen grondstromen Geul Bokhoven

Materiaal	Hoeveelheid [m ³]
Klei	66.177, waarvan 18.967 uit maatregel Bokhoven, 38.189 m ³ aanvoeren vanuit Capelsche Waard
Zand	33.088, geheel uit maatregel Bokhoven
Stortsteen (40-200kg)	1.617, geheel aanvoerendui
Filterlaag, grind	2.079

3.4.3 Habitatontwikkeling en beheervisie

De verwachte vegetatieontwikkeling in de meestromende nevengeul bestaat uit drijvende en ondergedoken watervegetatie (zoals fonteinkruiden). De laatste zone van de natuurvriendelijke oevers ontwikkelt zich tot kruidenrijk grasland. In de dynamische moeraszone wordt ontwikkeling van moerasvegetatie zoals riet en watermunt verwacht.

Het toekomstige beheer zal bestaan uit duurzaam en robuust beheer van de maatregelen. Hiervoor wordt zoveel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke dynamiek, zoals morfologische, hydrologische en vegetatieontwikkelingen binnen de daarvoor geldende kaders van onder ander de vegetatielegger en ruimte van erosie en sedimentatieprocessen zoals op ontwerp tekening is aangegeven. Daarvoor wordt uitgegaan van extensief beheer dat aansluit op bestaand natuurbeheer in de omgeving. Het beheer bestaat dan uit een combinatie van begrazingsbeheer aangevuld met maaibeheer. De oeverzone dient zich te ontwikkelen en ongewenste wilgenopslag dient periode te worden verwijderd. Pleksgewijs kan wilg blijven staan dit naast de aangeplante bomen.

Er dient nog een beheer en onderhoudsplan te worden opgesteld waarin afrastering en hekwerken worden uitgewerkt. Voor het oostelijk van de veerweg gelegen gebied dient huidige afrastering te worden hersteld. Westelijk van de veerweg gelegen gebied is nog onduidelijk wat de eigendomsgrens wordt. Er dient in ieder geval op de eigendomsgrens met particulier gebied een afrastering te komen. Uitgangspunt is dat het westelijk gebied binnen de maatregelcontour ook extensief kan worden begraaasd en/of in combinatie met maaibeheer.

Vanwege de erosie- en aanzandingsprocessen in de meestromende nevengeul zal de loop van de geul eens in de ca. 20-30 jaar opnieuw moeten worden uitgebaggerd, dit afhankelijk van de mate van sedimentatie. Ook dient dan de in – en uitstroombrempel te worden gebaggerd, mocht daar aanzanding hebben plaats gevonden. Belangrijk is dat er op de bodem en taluds weer een zandlaag aanwezig is op de kleilaag (van ten minste 1 m dik), zoals nu ook in het ontwerp is aangegeven. Mocht erosie te ver doorgaan richting de winterdijk, moet dit worden hersteld. Overigens is dat niet de verwachting omdat er ook een klei-inkassing van 1 m wordt aangebracht, die grotendeels de erosie moet tegenhouden. Belangrijk is dat er jaarlijks gemonitord wordt na de hoogwaterperiode en bekeken in hoeverre er erosie dan wel sedimentatie is opgetreden.

In het Beheer en Onderhoudsdocument wordt de strategie en uitwerking rondom beheer en onderhoud nader beschreven.

3.4.4 Rivierkundige beoordeling

De waterstandseffecten zijn getoetst voor alle maatregelen uit deelproject (DP)-2-3 samen en separaat gerapporteerd, Dit betreffen de KRW maatregelen in de Beneden Maas/Bergsche Maas, met uitzondering van de Afgedamde Maas. Uit de rivierkundige toetsing blijkt dat de KRW-maatregelen uit DP-2-3 zorgen voor een waterstandsverlaging op de as van de rivier 4 tot 10 millimeter voor een groot deel van traject waarin de maatregelen van DP-2-3 zich bevinden. Op enkele locaties komt een beperkte en lokale waterstandsverhoging voor op de rivieras. Bij geul Bokhoven is er een lokale waterstandsverhoging van maximaal 0,5 mm te zien. Volgens het RBK 5.0 wordt een waterstandsverhoging tot 1 mm in de as van de rivier geaccepteerd, dus deze verhoging is acceptabel.

Bij de primaire kering zijn op twee plekken waterstandsverhogingen bij de kering te zien: in het oostelijke deel van de geul, ter hoogte van rivierkilometer (rkm) 223,5, is de waterstandsverhoging maximaal 4,5 mm bij de kering (dijkring 36, Land van Heusden). De waterstandsverhoging bij de kering is hier over een lengte van ruim 200 m groter dan 1 mm. De tweede locatie waar een waterstandsverhoging plaatsvindt is ter hoogte van de uitstroomopening van de geul in de Maas. De waterstandsverhoging bij de kering is maximaal 1,4 mm en over een lengte van ruim 200 m groter dan 1 mm. Tegenover deze relatief beperkte waterstandsverhogingen bij de kering staat een waterstandsverlaging bij de kering voor een groot deel van de bedijkte Maas als gevolg van het maatregelpakket DP-2-3. Deze verlaging is maximaal 10 mm en neemt in bovenstroomse richting af tot 1 mm bij rkm 180 (direct stroomopwaarts van Ravenstein; circa 45 km stroomopwaarts).

De maatregel zorgt niet voor hinder of schade door een verandering van inundatiefrequentie van de uiterwaard. Bij de primaire kering neemt de stroomsnelheid op enkele korte trajecten toe met maximaal 0,03 m/s. De absolute stroomsnelheid in deze trajecten (waar de stroomsnelheid toeneemt) is overal kleiner dan 0,65 m/s, ook na uitvoering van de KRW-maatregel. De maatregel leidt niet tot een onacceptabele verhoging van de dwarsstroming en is overal lager dan 0,15 m/s.

De sedimentatie in de vaargeul bij geul Bokhoven is in het grootste deel van het traject ongeveer 10 cm met uitschieters tot 25 cm. Per hectometervak is de aanzanding 9 tot 12 cm over het hele traject van de geul. Het netto volume aan sediment dat op lange termijn in de vaargeul kan sedimenteren is 17.300 m³. Deze aanzanding leidt waarschijnlijk niet tot problemen voor de scheepvaart vanwege de grote overruimte ten opzichte van de minimaal benodigde vaardiepte.

3.5 Bijdrage doelbereik

In deze paragraaf zijn de conclusies opgenomen uit de KRW-toets, zoals uitgevoerd door Bureau Waardenburg. Voor meer inhoudelijke details wordt verwezen naar de KRW-toets zelf (MIRT-formulier geul Bokhoven).

Algemene meerwaarde

- Er wordt een meestromende geul gerealiseerd
- Daarnaast wordt er rivierhout (36 stuks) geplaatst
- In totaal wordt er 1,60 km aan geul gerealiseerd

Specifieke meerwaarde

- Ruimte en diverse omstandigheden voor macrofyten;
- Meer oppervlakte habitat voor macrofauna.
- Leefgebied voor rheofiele vissoorten.

De nieuwe geul kan voor stromingsminnende vissoorten kansen bieden, in het bijzonder voor soorten als riviergrondel, barbeel, serpeling, sneed en winde. Ook kan het kansen bieden voor doortrekkende soorten als zalm, fint en rivierprik. De nevengeul functioneert voor deze soorten als een vispassage, maar ook als tijdelijke tussenstop op de trekroute. De maatregel kan zo positief doorwerken op zowel de deelmaatlat voor soortenrijkdom als abundantie.

Deze maatregel zal het geschikte areaal voor specifieke (stromingsminnende) macrofaunasoorten als bolle stroommossel, rivierrombout, vierlijneendagsvlieg, specifieke kokerjuffers en schoraas. Het rivierhout levert habitat voor bepaalde dansmuggen, kokerjuffers en andere hout gebonden macrofaunasoorten.

Door de maatregelen ontstaan ook geschikte groeiplaatsen voor de ontwikkeling van macrofyten die passen bij stromend water, zoals rivierfonteinkruid, doorgroeid fonteinkruid en gekroesd fonteinkruid.

4 Geraadpleegde literatuur

Arcadis, 2020. Memo aanpak duurzaamheid KRW Zuid-Nederland.

Arcadis i.s.m. Bureau Waardenburg, 2021. Ecotopengids Rivierengebied – streefbeelden en inrichtingsprincipes. In opdracht van SBB/smartrivers masterclass.

Arcadis. 2022. Erosielimietlijnen voor geulen KRW Zuid-Nederland.

Marijs, L.B., B. Achterkamp, F.P.L. Collas, M. De la Haye, M. Dorenbosch, W.M. Liefveld, M. Maathuis, G. Van Geest & N. Van Kessel (2020). KRW Leidraad Rijkswaterstaat.

Ministerie van IenM, 2012. Waterlichaam Benedenmaas, Doelen en maatregelen rijkswateren.

Peters, B., 2009. Kwaliteitsprincipes Uiterwaardinrichting.

STOWA, 2018. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kader Richtlijn Water 2021-2027.

Rijkswaterstaat, 2016. Afwegingen bij het plaatsen van rivierhout.

Rijkswaterstaat, 2017. Werken aan het Ecologisch Herstel van de Maas.

Rijkswaterstaat, 2020. Verankering rivierhout, afwegingen bij het plaatsen van Rivierhout.

Rijkswaterstaat, 2022. Verder werken aan het Ecologisch Herstel van de Maas.

Arcadis, 2020. Memo aanpak duurzaamheid KRW Zuid-Nederland.

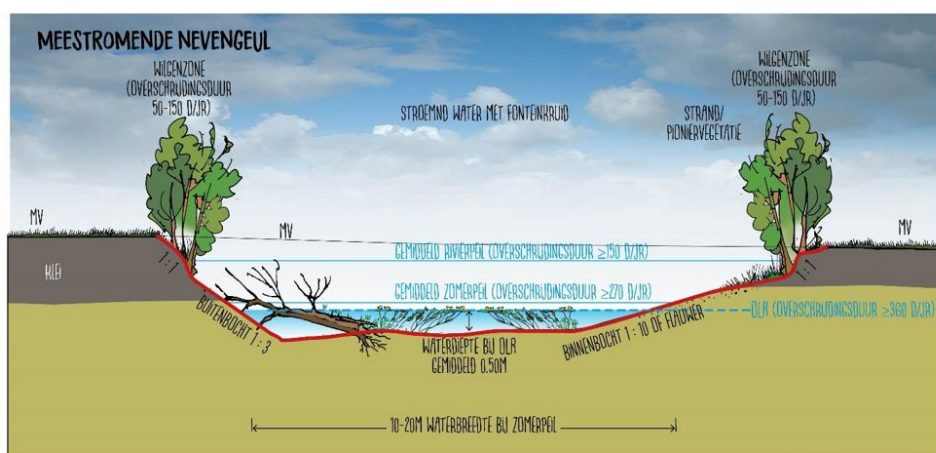
Bijlage A Ontwerptekening

Bijlage B Specifieke doelecotopen voor het riviertraject

Kenmerkende ecotopen voor de Getijdenmaas kunnen we opsplitsen in KRW-relevante ecotopen en ecotopen voor NNN-doelen. Alle 'natte' ecotopen zijn KRW-relevant, oftewel geulen en oevers. De "droge" ecotopen zoals onder andere ooibos en stroomdalgrasland leveren geen bijdrage voor de KRW-doelstelling en worden verder in het ontwerp niet uitgewerkt.

Meestromende nevengeul

Zoek bij de aanleg van tweezijdig aangetakte geulen naar historische geulpatronen in de ondergrond. Zorg bij de aanleg dat de geul alle dagen van het jaar meestromend is en dat het rivierkundig maximale debiet door de geul stroomt. Stroomsnelheden dienen bij gemiddeld debiet te liggen op 50 cm/s en dienen bij lagere debieten niet terug te lopen tot onder 30 cm/s. Maak geulen zo lang mogelijk om scheepvaarteffecten te minimaliseren. Tweezijdig aangetakte geulen dienen een breedte te hebben van 10-30 meter en een diepte van 50-100 cm. Breng variatie in breedte en diepte aan zodat bij iedere waterstand andere stromingspatronen optreden en ontwerp de geul liever iets te krap dan te ruim; een krappe geul zal eroderen, terwijl een ruime geul juist zal sedimenteren. Oevers dienen een variabele helling te hebben, van flauw (1:5 tot 1:20) in de binnenbochten tot steil (1:2) in de buitenbochten. Graaf tweezijdig aangetakte nevengeulen bij voorkeur af tot op de zandige ondergrond en breng dood hout in de geul aan.



Afbeelding 1 Meestromende nevengeul

Structuurrijke graslanden

Structuurrijke graslanden zijn ruige, bloemrijke graslanden, te vinden op allerlei vochtige tot droge bodemtypen. De overstromingsduur bedraagt minder dan 50 dagen per jaar. Ze komen vaak voor in afwisseling met droge ruigten en (doorn)struwelen. Deze graslanden zijn rijk aan diverse robuuste kruiden, die vaak niet door vee gegeten worden. Voorbeelden zijn distelsoorten, heksenmelk en jacobskruiskruid. Deze graslanden zijn rijk aan insecten en bieden broedgebied voor tal van zangvogels, soms ook aan de kwartelkoning. In het winterhalfjaar biedt het overwinteringsplekken voor diverse levensstadia van insecten.



Afbeelding 2 Structuurrijk droog grasland in afwisseling met doornstruweel

Stroomdalgrasland

Stroomdalgraslanden worden gekenmerkt door soortenrijke laagblijvende vegetaties op droge, zandige of licht zavelige rivierduinen en oeverwallen. De overstromingsduur bedraagt minder dan 10 dagen per jaar. Voor de stroomdalgraslanden is aanrijking met basenrijk grondwater of substraat van essentieel belang voor de instandhouding of ontwikkeling van het grasland. Deze aanrijking kan plaatsvinden middels overzanding (ofwel opzanding) tijdens hoogwaterperioden, of via hoge grondwaterstanden die bij hoge rivierafvoeren kunnen optreden. De typische vormen van stroomdalgraslanden komt nog maar op enkele plaatsen in het rivierengebied voor, vooral langs de IJssel. Ze kenmerken zich door de aanwezigheid van tal van stroomdalsoorten als cipreswolfsmelk, handjesgras, kaal breukkruid, kleine ruit, liggende ereprijs, rivierduinzegge, ruige weegbree, rode bremraap, tripmadam, veldsalie, wilde averuit, zacht vetkruid en zandwolfsmelk.



Afbeelding 3 Stroomdalgrasland met veldsalie, zachte haver, beemdkroon en geoorde zuring in de Gelderse poort bij Tolkamer

Tabel 12 Tabel gidssoorten voor meestromende geul

Soortgroep	Gidssoort	Waterdiepte minimaal (m):	Waterdiepte maximaal (m):	Ecologische Ontwerpeis	Ecologische Ontwerpeis
Vissen	Rivierprik	0.1	5.0	Stroomsnelheid adult (m/sec) min-max: 1,0-2,8	Stroomsnelheid larve/eieren (m/sec) min-max:0,5-1,0
Vissen	Riviergrond el	0.1	1.5	Stroomsnelheid adult (m/sec) min-max: 0,1-0,8	Stroomsnelheid larve/eieren (m/sec) min-max:0,1-0,3
Vissen	Barbeel	0.8	5.0	Stroomsnelheid adult (m/sec) min-max: 0,16-1,80	Stroomsnelheid larve/eieren (m/sec) min-max 0,2-1,2
Vissen	Serpeling	0.5	5.0	Stroomsnelheid adult (m/sec) min-max: 0,1-0,8	Stroomsnelheid larve/eieren (m/sec) min-max 0,02-0,50
Vissen	Sneep	0.3	1.5	Stroomsnelheid adult (m/sec) min-max: 0,2-1,1	Stroomsnelheid larve/eieren (m/sec) min-max 0,5-1,0
Vissen	Winde	0.3	5.0	Stroomsnelheid adult (m/sec) min-max: 0,05-1,50	Stroomsnelheid larve/eieren (m/sec) min-max: 0,05-0,50
Macrofauna	Bataafse Stroommos sel	0.1	10.0	Heeft stromend water nodig. Stroomsnelheid max. (m/sec) 1,4	Goede waterkwaliteit is noodzakelijk.
Macrofauna	Bolle stroommos sel	0.2	9.2	Stroomsnelheid max. (m/sec) 1,3	Voor voortplanting afhankelijk van vissoorten die als gastheer voor larven geschikt zijn, zoals barbeel, bittervoorn en sneep.
Macrofauna	Kokerjuffer	0.5		Stroomsnelheid max. (m/sec) 0,95	Hard bodemsubstraat is noodzakelijk voor bevestiging van hun web. Bodemsubstraat kan zijn: hout, grind, steen, evt. slib, klei, driehoeksmosselen, zand als er waterplanten zijn.
Macrofauna	Schoraas			Stroomsnelheid max. (m/sec) 1,6	stromende wateren (larven); natuurlijke rivieroever
Macrofauna	Vierlijneend agsvlieg		9.2		stilstand tot langzaam stromend water
Macrofauna	Rivierromb out	0.3	3.0	Stroomsnelheid max. (m/sec) 0,26	Leven op zandstrandjes en ruigtevegetatie in de directe nabijheid van de rivier.
Flora	Doorgroeid fonteinkruid				
Flora	Rivierfontein kruid	0.7	1.5	0,05 - 0,73	Kan niet tegen droogvallen

Soortgroep	Gidssoort	Waterdiepte minimaal (m):	Waterdiepte maximaal (m):	Ecologische Ontwerpeis	Ecologische Ontwerpeis
Flora	Schedefont einkruid	0.7	1.5	0,05 - 0,73	Kan niet tegen droogvallen
Flora	Aarvederkr uid				

Bijlage C Landschappelijk ecologische systeemanalyse

Algemene beschrijving riviertraject

Watersysteem Getijdenmaas

De Getijdenmaas ligt tussen Lith en Ammerzoden en is een meanderende laaglandrivier met afgezwakte getijdeninvloeden. Stroomafwaarts van de stuw van Lith hervat de Maas zijn vrij afstromende karakter. De morfologie van het riviertraject werd lange tijd bepaald door de verbinding met de Waal bij Heerewaarden (afgesloten rond 1850 met de bouw van sluis sint Andries), die bij hoogwater veel water via de Getijdenmaas afvoerde. Dit fenomeen zorgde voor een aanvoer van kalkrijk zand dat in eilanden, zandplaten en oeverwallen afgezet werd en nu nog waarneembaar is aan (restanten van) kalkminnende stroomdalgraslanden. De bedding vormde een afwisseling van grote zandplaten, nevengeulen, middelwaarden en hoogwatergeulen en een relatief sterke getijdenwerking met dagelijkse schommelingen van 1-1,5 m bepaalde het karakter van de Getijdenmaas.

Sinds 1856 is de verbinding met de Waal afgesloten en na de aanleg van de Bergsche Maas (rond 1900) kwam er een einde aan het hierboven beschreven systeem. In deze periode werden, gelijk aan de Bedijkte Maas, enkele meanderbochten rechtgetrokken. De Getijdenmaas is hiermee minder morfologisch actief geworden; daarbij is de getijdenwerking teruggebracht tot maximaal 30 cm met de afsluiting van het Haringvliet en is de vaargeul genormaliseerd. Veel uiterwaarden zijn in de tweede helft van de 20e eeuw vergraven ten behoeve van diepe zandwinning.

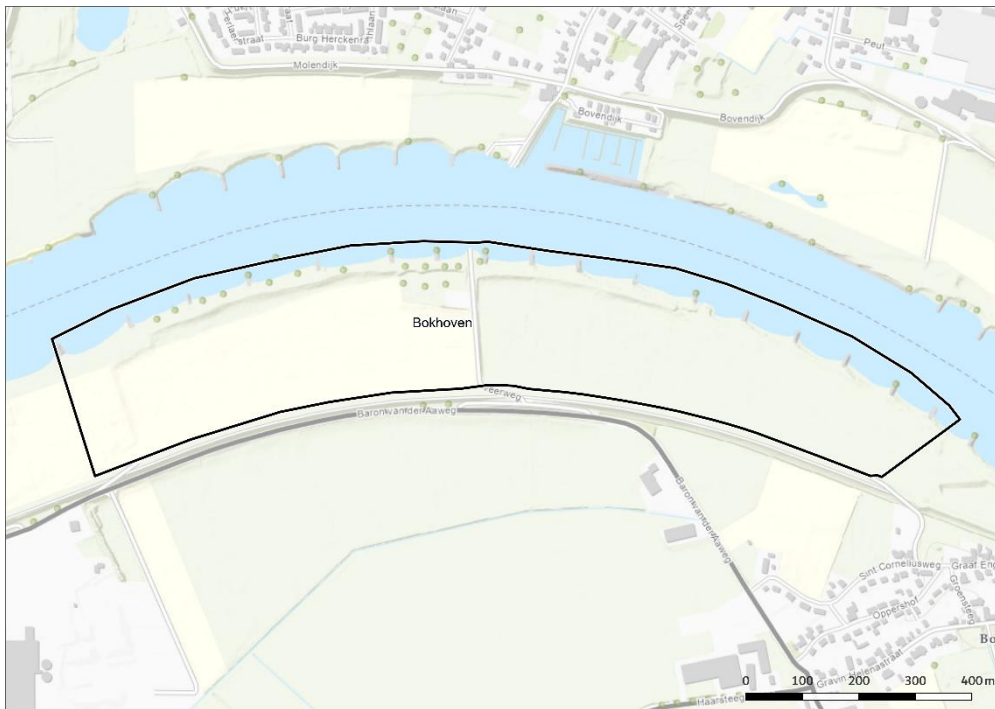
Natuur langs het watersysteem

Dit traject onderscheidt zich van de andere Maastrajecten door het voorkomen van een beperkte getijdenslag. Na sluiting van de Haringvlietdam bedraagt deze nog maar 20-30 cm, en ook na de opening van de Kier wordt dit voornamelijk niet meer. Sporadisch komen dan ook kleine getijdengeulen voor, zoals bij de Hedelse bovenwaarden, de Empelse waard en nabij de Blauwe sluis. Daarnaast kenmerkt dit traject zich door het voorkomen van kalkrijke zandige bodems, afkomstig van oude Rijnafzettingen. Deze zorgen voor mooie brede zandige oevers met dito stroomdalgraslanden. Goed ontwikkelde stroomdalgraslanden komen onder meer voor op de oevers bij de Koornwaard. De zandige Maasoevers vormen leefgebied voor de zeldzame Rivierrombout, die soms vanuit het Rijnsysteem hier de Maas bereikt. Door het voorkomen van veel zandige oevers komen grote aantallen Oeverzwaluwen in dit traject tot broeden.

Beschrijving van de uiterwaarde

Algemene kenmerken

De Bokhovense uiterwaard ligt aan de linkeroever (rkm 222.8 t/m 224.6) van de Maas in de gemeente Den Bosch. Het zoekgebied wordt ingesloten door de winterdijk in het zuiden en in het westen door de gemeentegrens met Heusden. Het zoekgebied is deels, ten oosten van de veerweg, een openbaar natuurgebied waar van mei tot november beweiding plaatsvindt (seizoensbegrazing). Ten westen van de veerweg is de uiterwaard nog in agrarisch gebruik. Ten noorden van uiterwaard Bokhoven ligt het zoekgebied van de Wellsche Waard op de rechteroever van de Maas. Vroeger heeft er een voetveer gevaren tussen Bokhoven en Well.

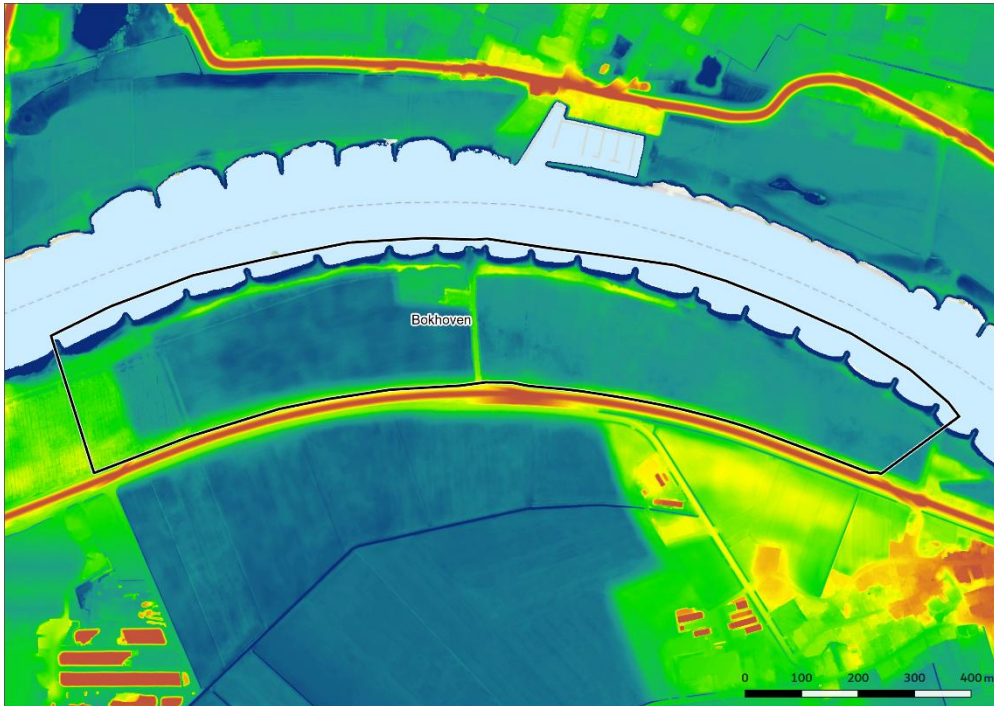


Afbeelding 4 Maatregelgebied Bokhoven en omgeving.

Abiotische systeembeschrijving

Hoogteligging

De hele uiterwaard is vrij uniform qua hoogteligging. Hoogstwaarschijnlijk is deze afgevlakt of gedeeltelijk afgegraven in het verleden waardoor er nog weinig reliëf zichtbaar is in het landschap. Zeker het westelijk deel van de uiterwaard is duidelijk afgegraven en ligt op circa 2 m + NAP wat 0.5 m lager is dan het oostelijk deel. Langs de Maas zijn nog enkele dunne restanten van de oorspronkelijke oeverwallen zichtbaar die hier vroeger zijn afgezet door de Maas en de Waal. Dit was in de tijd dat Maas en Waal samenvloeiden, waardoor dit deel van de Maas onder invloed stond van opzandingsprocessen met kalkrijk sediment.



Afbeelding 5 Hoogtekaart van Bokhoven

Geologie en geomorfologie

De geomorfologische kaart toont evenals de hoogtekaart weinig variatie. In de Bokhovense uiterwaard heeft een complex van richels en droge geulen gelegen. Grote delen hiervan zijn enigszins tot sterk afgevlakt, dit is ook te zien in de hoogtekaart. In het westen is nog een duidelijke geul te zien op de geomorfologische kaart. Echter is ook dit deel van de uiterwaard vergraven en is de restgeul hooguit nog in de bodemopbouw te herkennen. De geomorfologische kaart toont aan dat er iets van een dijk door het gebied heeft gelopen. Deze is tijdens het veldbezoek niet waargenomen in de handboringen.



Afbeelding 6 Geomorfologie van Bokhoven

Bodemopbouw

Tijdens een oriënterend veldonderzoek in januari 2020 zijn er tien handboringen gezet in het gebied ten oosten van de veerweg om te bepalen wat de bodemopbouw is. Het doel was om inzicht te krijgen wanneer de zandondergrond begint, welke textuur de bovenlaag heeft, wat de grondwaterstand is en of de grond kalkhoudend is. Deze parameters worden vervolgens als uitgangspunten gebruikt voor het ontwerp van de maatregel. De boringen zijn gezet in een viertal raaien zoals aangegeven op de onderstaande afbeelding. De bodemopbouw van deze vier raaien wordt hier kort toegelicht.



Afbeelding 7 Gezette boringen in de Bokhovense uiterwaard



Afbeelding 8 Bodemtypes van de Bokhovense uiterwaard

De bodemopbouw in de Bokhovense uiterwaard is vrij uniform door de uiterwaard heen met hier en daar wat variaties. Door de gehele uiterwaard bestaat de bovengrond uit een A-horizont van 20 tot 30 centimeter. De textuur van deze horizont varieert tussen lichte zavel en lichte klei waarbij de textuur in de regel fijner wordt verder van de rivier af. Onder de A-horizont bevindt zich een laag die qua textuur vergelijkbaar is met het bovenliggende materiaal. De diepte van deze horizont varieert tussen de 60 en de 150 centimeter – mv.

Verder differentieert deze laag zich door een lager gehalte organisch materiaal en over het algemeen een iets hogere concentratie kalk dan de A-horizont. Hierna vinden we vrijwel overal een zandige ondergrond aan tot twee meter beneden maaiveld. De korrelgrootte (M50) van het zand is op de meeste plekken 250-355 met hier en daar variatie naar 355-500 of zelfs 500-710. Het zand bevat op enkele plaatsen een hoog gehalte aan silt waardoor het materiaal wat meer samenhang krijgt. Bij een paar boorprofielen zijn wat dunne lagen lichte klei aangetroffen tussen het zand door. De kalkhoudendheid varieert binnen deze lagen tussen kalkarm en kalkhoudend.

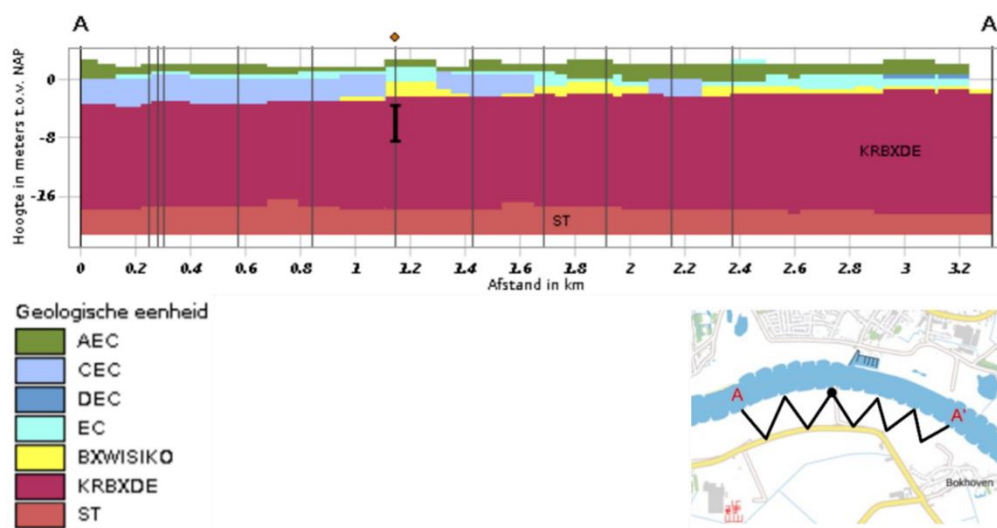


Afbeelding 9 Boorprofiel Bokhovense uiterwaard

In maart 2022 is een aanvullend veldbezoek uitgevoerd om ook de bodemopbouw in het westelijk deel van het zoekgebied te onderzoeken. Hierbij zijn een vijftal boringen uitgevoerd, een op de oeverwal langs de Maas en vier in de verlaagde maïsakker. De boring op de oeverwal bestaat volledig uit grof zand (M50: 355) tot 1.2 m - mv.

Bij de boringen in de maisakker bestaat de eerste 80 - 100 centimeter uit zware of lichte klei, aan de westzijde is deze kleilaag 130 centimeter. Onder deze toplaag bevindt zich bij alle boringen matig grof zand (180-255) tot een diepte van circa 120 cm - mv. Bij de boring tegen de Veerweg aan bevindt zich onder de zandlaag wederom een laag met zware klei tot ten minste 170 cm - mv, deze bevat ook dunne laagjes met fijn zand.

Deze boringen sluiten aan bij het beeld uit GeoTOP (TNO). In de figuur hieronder is een representatief beeld van de regionale ondergrond weergegeven. De deklaag bestaat voornamelijk uit klei en matig fijn zand en is circa 5 m dik met een aangenomen verticale weerstand van 500 d. Het onderliggende watervoerend pakket bestaat uit matig tot uiterst grof zand en is circa 15 m dik en heeft een doorlaatvermogen van 450 m²/d. Op basis van deze regionale kenmerken is de spreidingslengte circa 475 m. Bron: www.dinoloket.nl ; geraadpleegd op 04/03/2021).

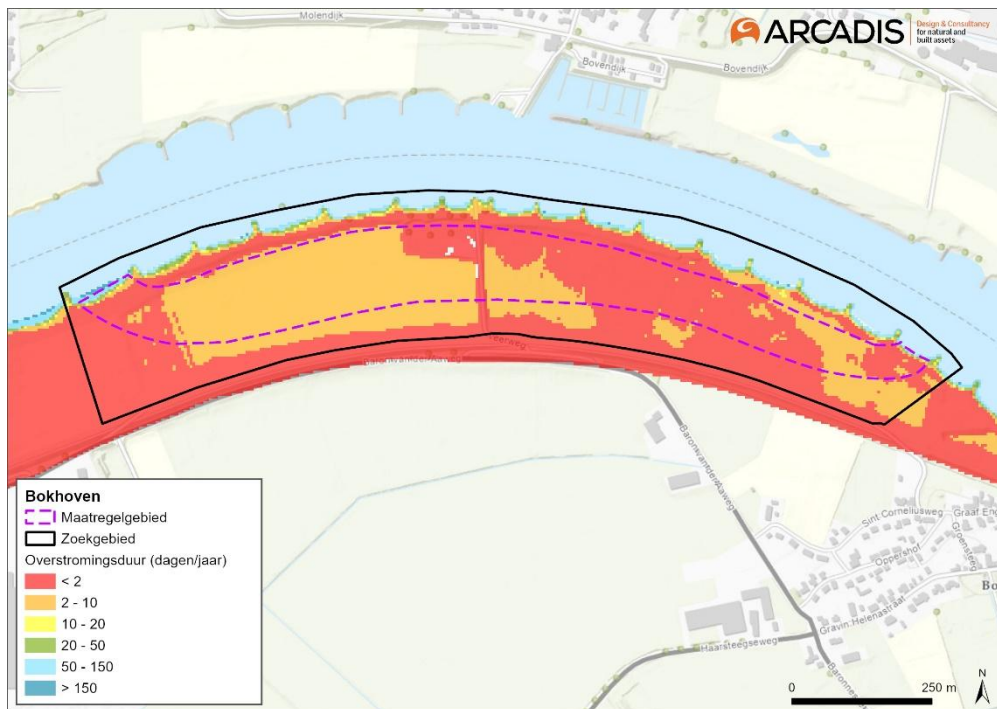


Afbeelding 10 GeoTOP

Hydrodynamiek

Ondanks dat de uiterwaard is afgevlakt ligt deze nog steeds redelijk hoog ten opzichte van de Maas. Ook liggen er op sommige plekken nog delen van een oeverwal. Met name vlak bij de rivier is er een onafgebroken hogere ligging aanwezig. Deze combinatie zorgt ervoor dat de uiterwaarde weinig overstroomt. Zoals te zien is op onderstaande afbeelding overstroomt de uiterwaarde op veel plekken slechts minder dan 2 dagen per jaar. Een aantal delen overstroomt tussen de 2 en 10 dagen per jaar.

Omdat de uiterwaard dicht bij de Maas ligt is het aannemelijk dat het grondwater het peil van de rivier volgt. Met behulp van de betrekkinglijnen en kennis van de getijdeninvloed is een inschatting te maken voor de grondwaterstanden door het jaar heen. Bij een afvoer van 80m³/s op de Maas is het rivierpeil 0,55 m + NAP. Met de getijdeninvloed varieert het peil dan tussen de 0,35 en 0,75 m + NAP.



Afbeelding 11 Overstromingsduur van de Bokhovense uiterwaard

Op een afstand van circa 6 km (benedenstrooms) bevindt zich het meetpunt Heesbeen. In de tabel zijn de Maaswaterstanden (grenswaarden) van het meetpunt Heesbeen weergegeven. Het waterpeil is hier onder normale omstandigheden circa 0,90 tot 2,90 meter lager dan het maaiveld ter hoogte van het zoekgebied.

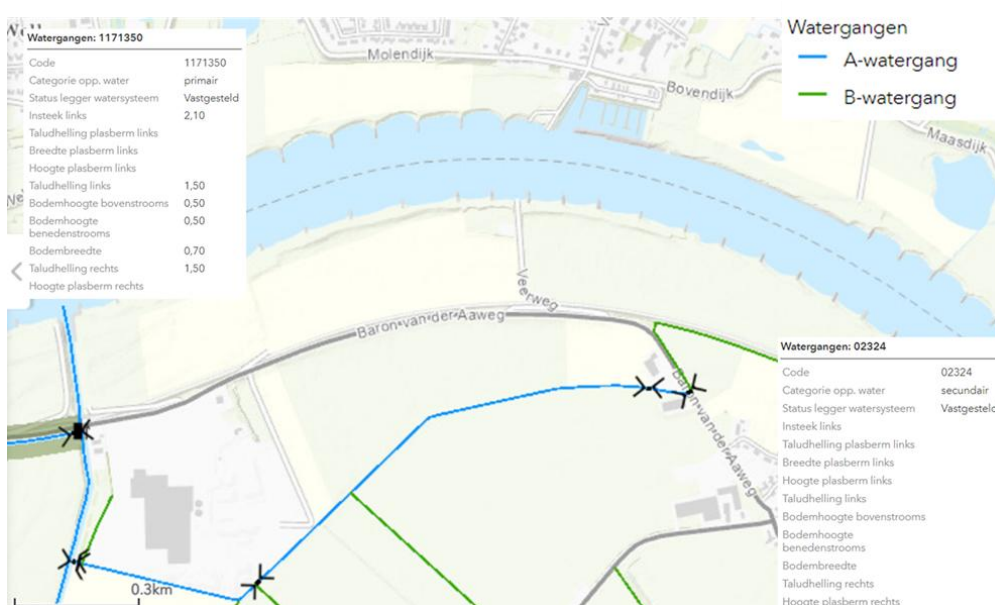
Laagwater	< NAP 0,10 m
Normaal	NAP 0,10 m tot NAP 2,10 m
Licht verhoog	> NAP 2,10 m
Verhoogde waterstand	> NAP 2,30 m
Hoogwater	> NAP 3,00 m
Extreem hoogwater	> NAP 4,10 m

Afbeelding 12: Maaswaterstanden (bron: <https://waterinfo.rws.nl/#/kaart/waterhoogte/> ; geraadpleegd op 04/03/2021)

Oppervlaktewaterhydrologie

Het maatregelengebied valt binnen het beheergebied van Waterschap Aa en Maas. Binnen dit gebied zelf zijn geen A- als B-waterlopen gelegen. Deze watergangen zijn wel ten zuiden van het gebied aanwezig. Er zijn in het peilbesluit geen streefpeilen vastgelegd. Geheel westelijk ligt een uitwatering van gemaal Groenendaal dat water op de Maas afvoert.

Bron: <https://www.aaenmaas.nl/onswerk/regels/legger/> ; geraadpleegd op 04/03/2021)



Afbeelding 13 Legger

Grondwaterhydrologie

Het grondwater in de regio stroomt richting de Maas. Er zijn geen grondwatertrappen in het zoekgebied vastgesteld. Peilbuis B45A0336 ligt 2 km van het gebied en is het meest dichtstbijzijnde meetpunt met recente grondwaterstandmetingen. In de tabel zijn de eigenschappen van de meetreeks voor de periode 2012 tot 2020 weergegeven.

Gemiddeld waterpeil	NAP 0,87 m
Minimaal waterpeil	NAP -0,08 m
10 ^e percentiel	NAP 0,08 m
50 ^e percentiel	NAP 0,95 m
90 ^e percentiel	NAP 1,67 m
Maximaal waterpeil	NAP 2,80 m

Afbeelding 14 Grondwaterstanden

Grondwaterkwaliteit

Grondwaterkwaliteit is bepalend bij de aanleg van kwelgeulen. Bij Bokhoven is geen sprake van lange kwel zoals langs de Terrassenmaas, daardoor wordt grondwaterkwaliteit niet meegenomen.

Oeverinrichting

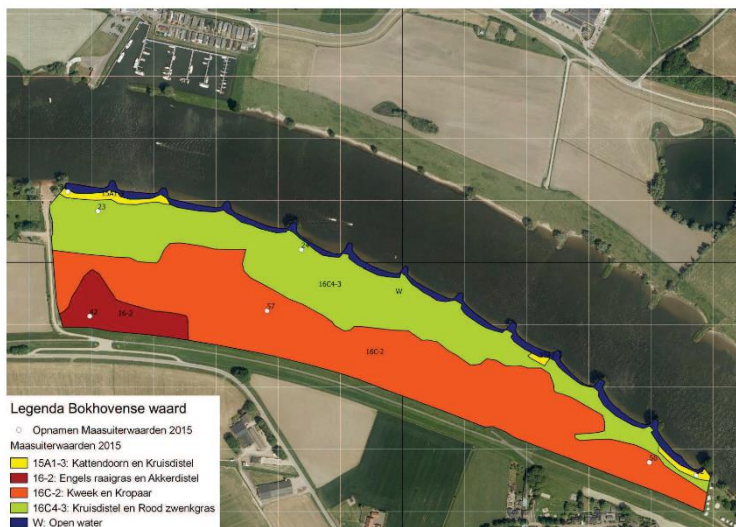
Langs de oever van de uiterwaard liggen kribvakken, die een functie hebben voor de water- en sedimentafvoer op de Maas en voor de scheepvaart. Op enkele plekken langs de oever staan nog bakenbomen die kenmerkend zijn voor de Maas. Deze bomen zijn sinds circa de jaren '30 van de vorige eeuw geplant als markering van de vaargeul voor

scheepvaart ten tijde van hoogwater. Tussen de kribben zijn zowel zandstrandjes als steilranden ontstaan. De bovengrond bestaat uit klei/zavel en resulteert daarom in steilwanden, daaronder bevindt zich zand dat ervoor zorgt dat steilwanden en zandstrandjes tegelijkertijd voorkomen. De steilranden geeft geschikt biotoop voor onder andere de oeverwaluw.

Biotiek

Natuurwaarden in het maatregelgebied

Natuurmonumenten heeft in 2015 een uitgebreide vegetatiekartering gedaan waaronder de Bokhovense uiterwaard. Hierin kwam het volgende naar voren. Voornamelijk op de oever komen zeldzame soorten voor zoals sikkellaver, geoorde zuring, kweekdravik en zacht vetkruid. Deze soorten zijn kenmerkend voor stroomdalgrasland. Het centrale deel van de uiterwaard bestaat uit ruige vegetatie met langs de oeverwal stroomdalsoorten die minder kritisch zijn zoals kruisdistel. Het stuk uiterwaarde wat het dichtst aan de dijk ligt bestaat uit soorten die ecologisch weinig interessant zijn en kenmerkend zijn voor bemesting en agrarisch gebruik. Er worden distels gemaaid zonder het maaisel af te voeren, tussen mei en november vindt er begrazing plaats. Het gebied ten westen van de veerweg wordt nog intensief gebruikt als maisakker en bevat zodoende weinig ecologische waarde. De oeverwal bevat vergelijkbare vegetatie als het oostelijke gebied, met enkele minder kritische stroomdalsoorten en sporadisch enkele meidoorns.



Afbeelding 15 Vegetatiekartering Bokhovense uiterwaard door Natuurmonumenten



Afbeelding 16 Bakenboom op de oever van de Bokhovense uiterwaard

Kansen voor natuur binnen het zoekgebied van de maatregel

In deze paragraaf zijn de kansen voor natuur binnen het zoekgebied van de maatregel beschreven. Hierbij is gebruikt gemaakt van de Ecotopengids. Daarnaast zijn de doelecotopen voor het relevante riviertraject opgenomen in Bijlage B.

De belangrijkste kans binnen het maatregelgebied is het aanleggen van een meestromende nevengeul. Door de aanwezige stroming op de Getijdenmaas zorgt het tweezijdig aantakken van de geul voor ecologische meerwaarde voor KRW zoals macrofauna, waterplanten en vis. Verder kan er in de binnenbocht van de rivier optimaal gebruik gemaakt worden van het verval. De rivieroever behoeft geen inrichting en voldoet geheel aan het ecologisch streefbeeld van een natuurlijke zandige rivieroever met geleidelijke overgang van ondiep water naar strand. Het aanbrengen van dood hout op de rivieroever leidt tot meer substraatvariatie en werkt positief door voor vis en macrofauna.

Colofon

ONTWERPNOTA
GEUL BOKHOVEN [GTM_223_L]
KRW-ZN DP-3 - WP-3-1

KLANT
Rijkswaterstaat

AUTEUR
Arcadis Nederland B.V.

PROJECTNUMMER
C05056.000059

DATUM
11 maart 2025

STATUS
Definitief

Over Arcadis

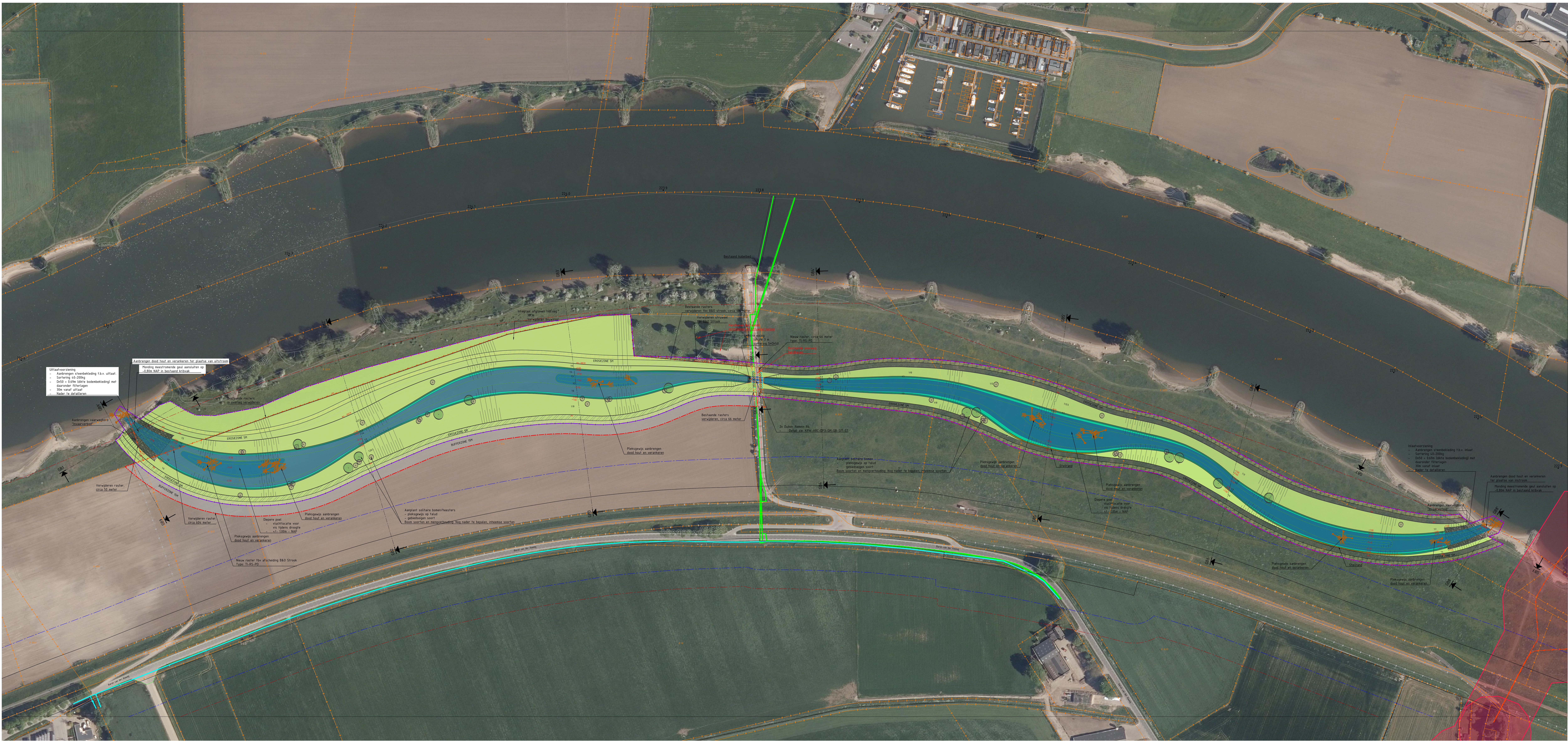
Arcadis is de leidende wereldwijd opererende datagedreven duurzame ontwerp-, advies- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij zijn met 36.000 architecten, data-analisten, ingenieurs, projectplanners, water- en duurzaamheidexperts. Onze gedeelde passie is: Improving quality of life. Toewijding aan de strategie 'accelerating a planet positive future' onderschrijft onze wereldwijde samenwerking met klanten en hoe we hen helpen met duurzame projectkeuzes. We combineren digitale met mensgerichte innovaties en omarmen toekomstgerichte vaardigheden op het gebied van milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. We werken vanuit meer dan dertig landen en rapporteerden in 2023 een bruto omzet van 5 miljard euro. www.arcadis.com

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

T **+31 (0)88 4261 261**



Overzicht Situatie Geul Bokhoven
Schaal 1:1000

Legende

Legenda bestaande situatie

- Bestaande situatie
- Kadastrale grenzen met nummers
- Hoofdwatervogels in n. NAP (AANK)
- Aanduiding behoud
- Bestaande rasters

Legenda te verwijderen

- Verwijderen rasterwerk
- Verwijderen strooel
- Verwijderen boom

Legenda beschermingszone's

- Waterstaalwerk
- Beschermingszone
- Bufferbeschermingszone

Legenda K&L

- Gaaiend HD (binnen projectgrens)
- Leegspanningskabel
- Middenspanningskabel
- DATA kabel
- Glasvezel kabel
- Kabel vrijverval
- Drinkwaterleiding
- Voorzorgsmaatregel K&L
- Gas/water afsluiter
- Riolput

Legenda ontwerp

- Projectgrens
- Locaties dwarsprofielen
- Oritwerphoogtes in n. NAP
- Aanbrengen rasterwerk
- Aansluiting op bodem van de plan
- Instreek talud
- Taludpijpen
- Moeraszone
- Ruig grasland
- Geul/oppervlaktewater
- Grasbesteden
- Bufferzone
- Erozezone
- Bijkant & onderhoudstrook
- Aanbrengen bruiksteen 45-200
- Aanbrengen bruiksteen 10-60
- Aanbrengen doof rivierhout 10-100
- Boom 10-100
- Heester 10-100
- Aanduiding nieuwe
- Taludhelling

Planoverzicht

Scale	1:1000	Bladformaat	A4	Status	DEFINITIEF
Contractnummer	N.v.t.	Bladnummer	1 van 1		
Tekeningnummer	KRW-Zuid-Nederland				
Projectnaam	Geul Bokhoven [GTM_223_L]				
Fase	100%				
Onderwerp	KRW Zuid Nederland				
	Deelproject 3				
	Geul Bokhoven [GTM_223_L]				

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat - PPO

Advies- en Ingenieursorganisatie

ARCADIS

Project

KRW Zuid Nederland

Deelproject 3

Geul Bokhoven [GTM_223_L]

Schaal 1:1000

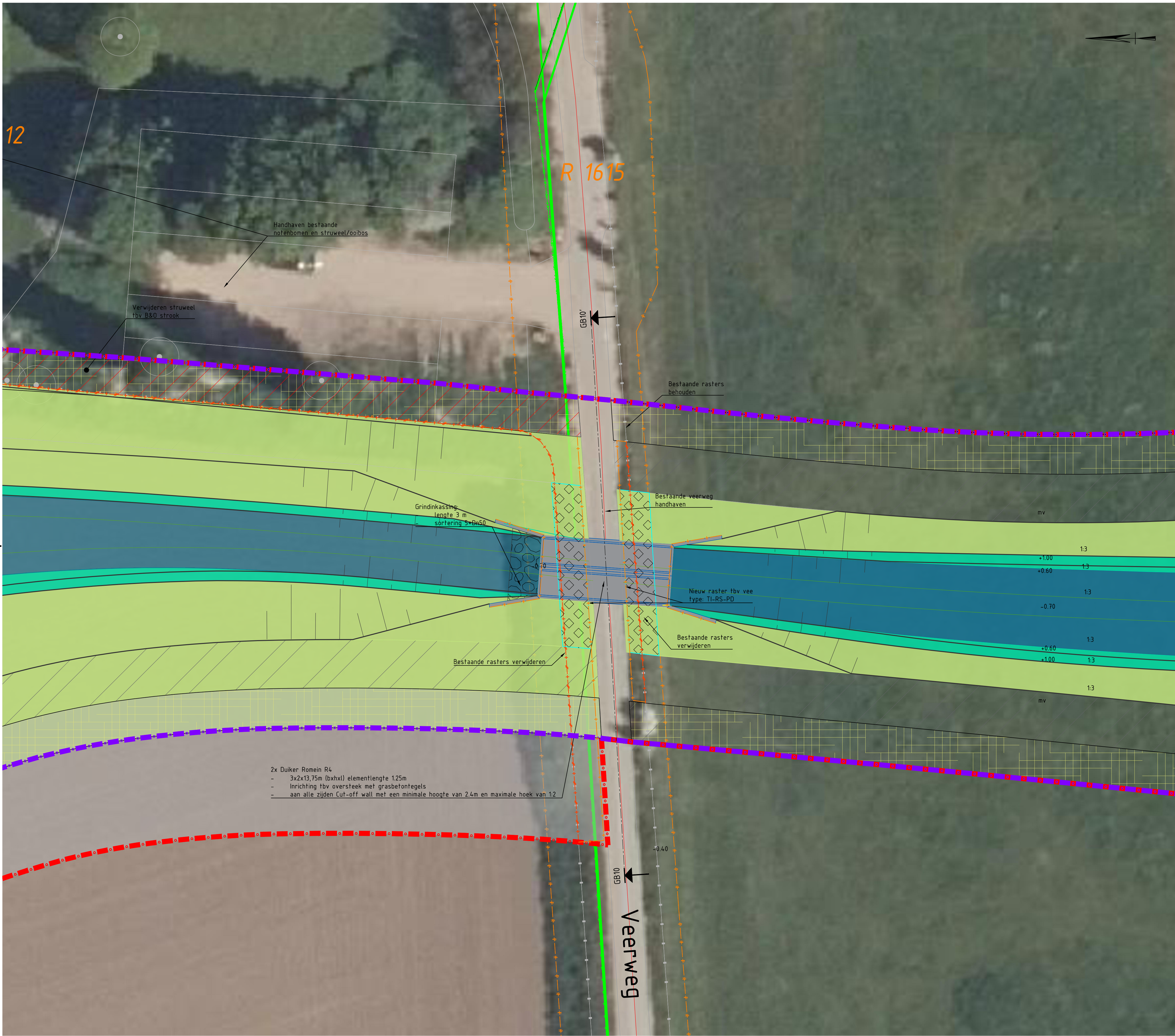
Contractnummer N.v.t.

Bladformaat A4

Bladnummer 1 van 1

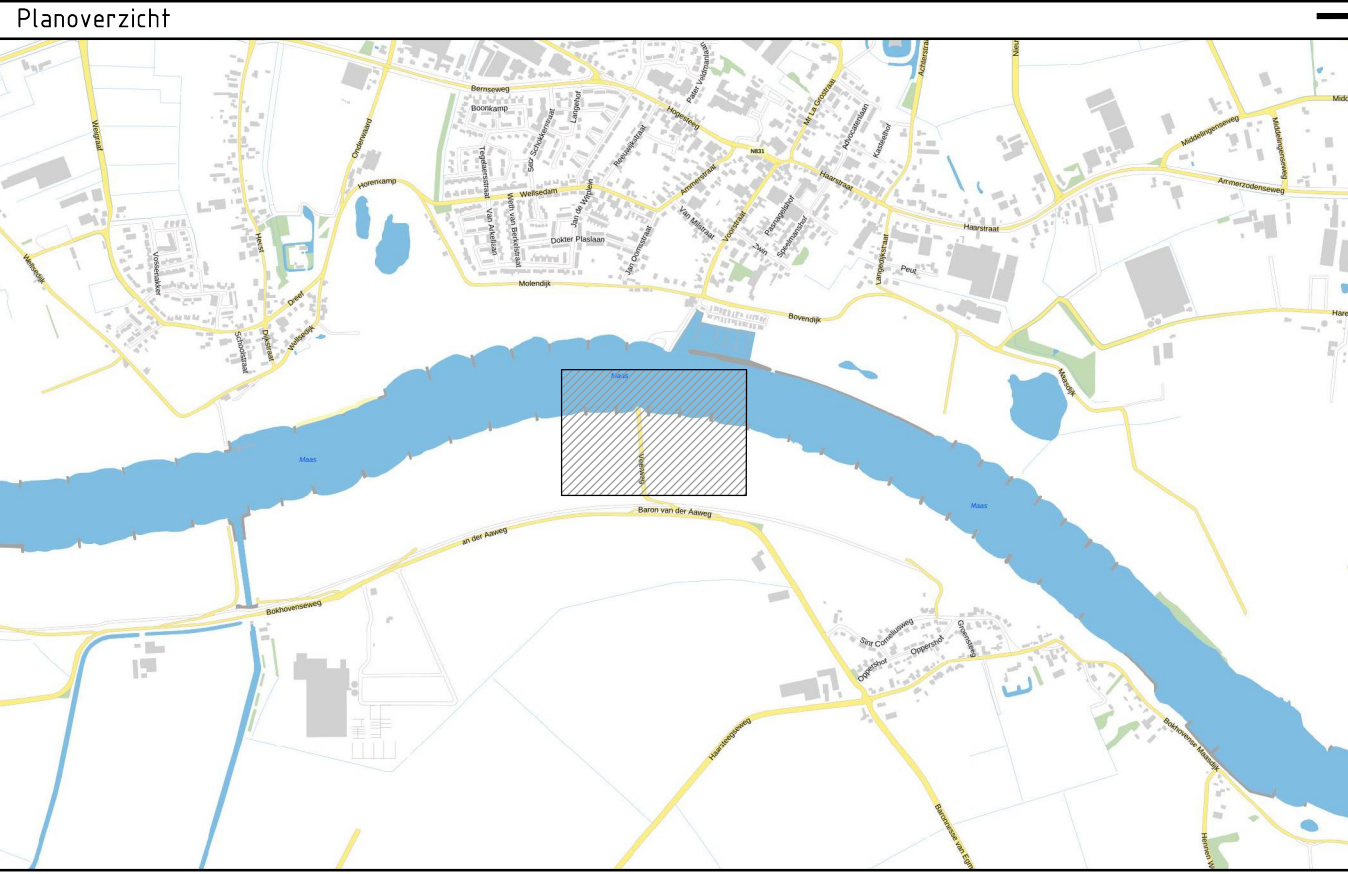
Status DEFINITIEF

Versie 10.0



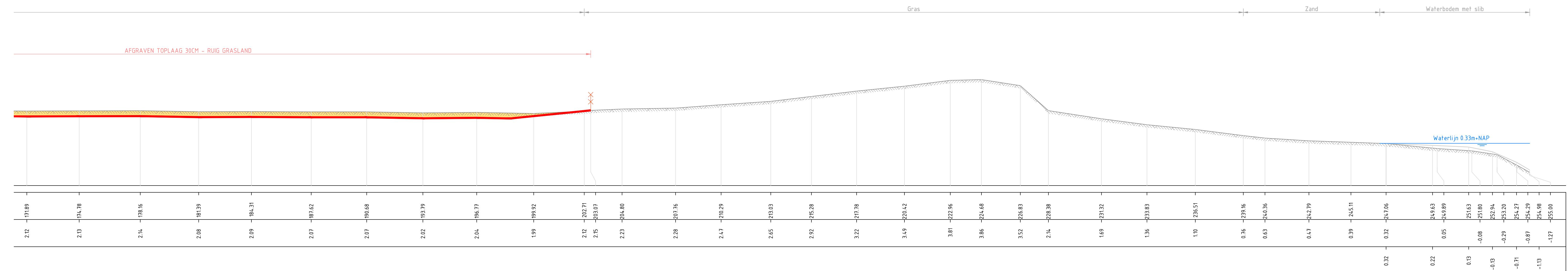
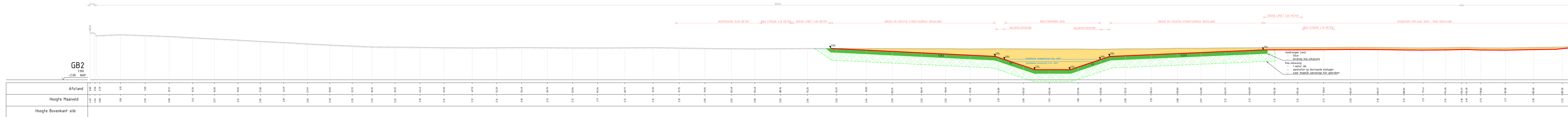
Uitsnede situatie duiker
SCHAAL 1 : 200

Legenda	
Legenda bestaande situatie	Legenda ontwerp
- Bestaande situatie	- Plangrens
- Kadastrale grenzen met nummers	- Projectgrens
- Maaielvldhoogtes in m NAP (AHN3)	- Locaties dwarsprofielen
- Aanduiding behoud	- Ontwerphoogtes in m NAP
- Bestaande rasters	- Aanbrengen rasterwerk
Legenda te verwijderen	
- Verwijderen rasterwerk	- Aansluiting op bodem van de plas
- Verwijderen struweel	- Insteek talud
- Verwijderen boom	- Taludlijnen
Legenda beschermingszone's	
- Waterstaatwerk	- Moeraszone
- Beschermingszone	- Ruig grasland
- Buitenbeschermingszone	- Geul/oppervlaktewater
- Voorzorgsmaatregel K&L	- Grasbetonsteen
Legenda K&L	
- Gasleiding HD (binnen projectgrens)	- Erosiezone
- Laagspanningskabel	- Beheer & onderhoudstrook
- Middenspanningskabel	- Aanbrengen breuksteen 40-200
- DATA kabel	- Aanbrengen breuksteen 10-60
- Glasvezel kabel	- Aanbrengen dood rivierhout (36 stuks)
- Kabel vrijverval	- Boom (23 stuks)
- Drinkwaterleiding	- Heester (36 stuks)
- Gas/water afsluiter	- Aanduiding nieuw
	- Taludhelling

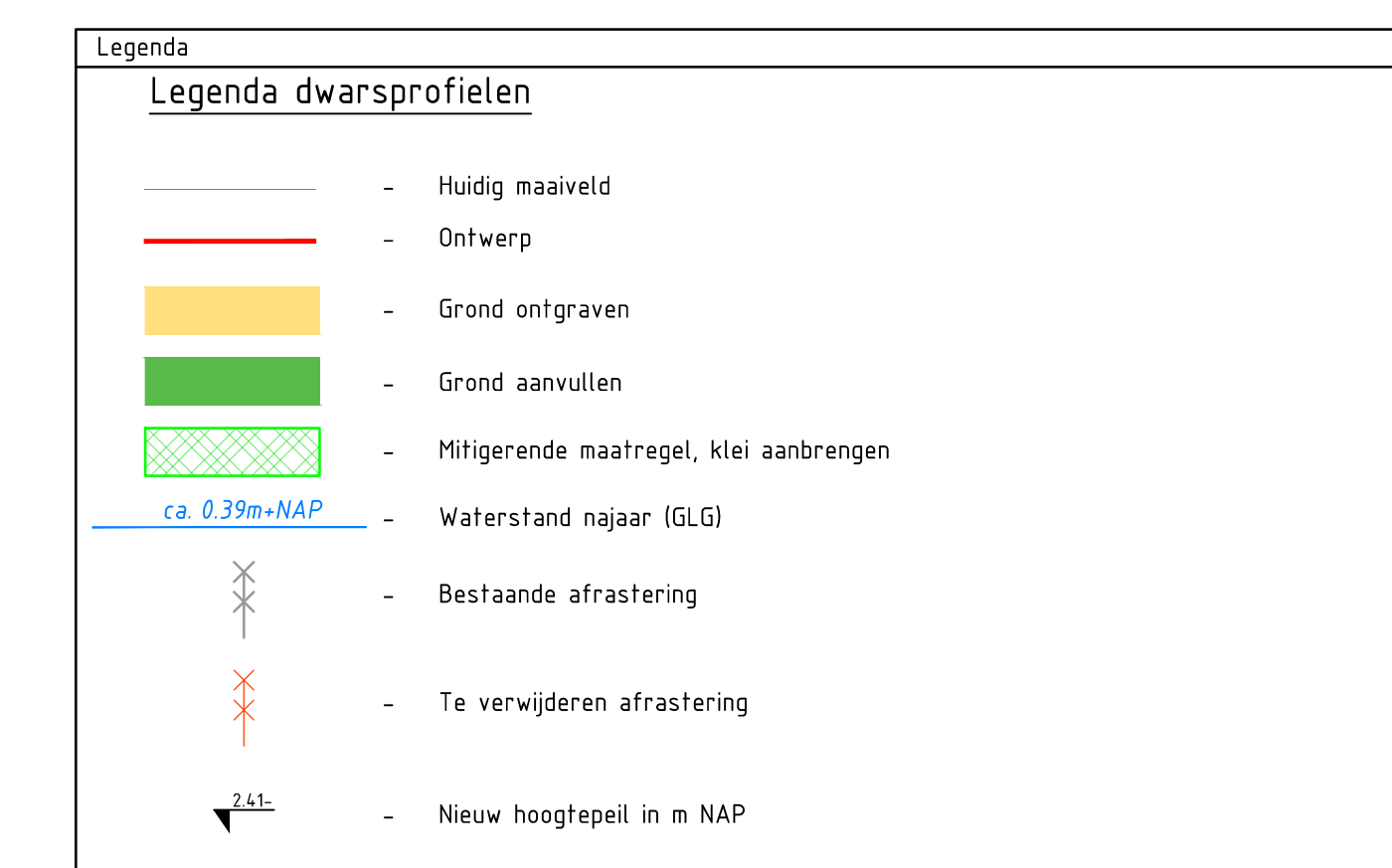


Versie 10.0	Omschrijving: Situatietekening SO++ - Geul Bokhoven Duiker	Datum: 07-03-2025	Get.: Ontwerper	Con.: Ontwerpleider	Vrij.: Deelprojectleider
Versie 9.0	Omschrijving: Situatietekening SO++ - Geul Bokhoven Duiker	Datum: 26-09-2024	Get.: Ontwerper	Con.: Ontwerpleider	Vrij.: Deelprojectleider

Opdrachtgever		Contact
Rijkswaterstaat - PPO		
Advies- en Ingenieursorganisatie		Architect
Project		Contact
KRW Zuid Nederland		
Projectnummer : XC05056000059	Security Category:	
Fase : SO++		
Onderwerp : KRW Zuid Nederland		
Deelproject 3		
Geul Bokhoven [GTM_223_L]		
Schaal : 1:200	Bladformaat: A0+	Status : DEFINITIEF
Contractnummer: N.v.t.	Bladnummer: 1 van 1	
Tekeningnummer: KRW-ARC-DP3-GTM-GB-SIT-02	Versie: 10.0	



Vervolg Profiel GB3

[illegible]

