Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

Aan:	Martine van Delft, Jeroen Bloemberg
Van:	Hidde Kats
Datum:	10 december 2020
Kopie:	
Ons kenmerk:	BG8046-RHD-ME-TM-XX-WM-0022-C8.0
Classificatie:	Projectgerelateerd
Goedgekeurd door:	Wiebe de Jong

Onderwerp: **Rivierkundige beoordeling Lunenburgerwaard**

Versiebeheer

Versie 1.0 dateert van 31 maart 2020.

Versie 2.0 dateert van 13 mei 2020. Op 24 april heeft de opdrachtgever, Provincie Utrecht, het besluit genomen om de twee tichelputten niet mee te nemen in het ontwerp en niet te gaan realiseren. Vanwege dit besluit is de rivierkundige beoordeling voor de Lunenburgerwaard aangepast. Deze aanpassing is uitgevoerd door een nieuwe Baseline maatregel aan te maken met het kenmerk ‘lun_do_v7’ en deze in te mixen om tot een nieuwe (volledige) variant te komen met als kenmerk ‘lun_do_v7’. Deze nieuwe variant is opnieuw doorgerekend in WAQUA met een afvoer van 16.000 m^3/s bij Lobith, om hiermee het waterstandseffect op de as van de rivier te kunnen beoordelen. De Figuren 4, 5, 6 en 7 in deze memo zijn hierop aangepast, de overige figuren niet. De opstuwingspiek blijft ongewijzigd, daarentegen is het bovenstroomse waterstandsverlagende effect 0,02 mm minder in vergelijking tot ‘lun_do_v6’. De tichelputten hadden een zeer gering rivierkundig effect, het niet realiseren van de tichelputten wijzigt de rivierkundige effecten dan ook nauwelijks. Voor het aspect hoogwaterveiligheid is er een kleine wijzing (bovenstaand genoemd), maar voor de overige rivierkundige aspecten is dit verwaarloosbaar. Door de geringe effecten van het verwijderen van de tichelputten blijven de conclusies in het hoofdstuk ‘Conclusie’ ongewijzigd t.o.v. de beoordeling van 31 maart 2020.

Versie 3.0 dateert van 10 juni 2020 en daarin is paragraaf 5.3 aangescherpt. De onderbouwing bij de morfologische effecten is nader geanalyseerd op basis van een berekening bij een afvoer van 8.000 m^3/s te Lobith. Op basis van deze inzichten is paragraaf 5.3 aangepast.

In versie 4.0 van 22 juli 2020 zijn de figuren van het DO aangepast zodat deze consistent zijn met de definitieve versie van de kaarten. In versie 5.0 en 6.0 En zijn de laatste tekstueel opmerkingen van de nautisch adviseur van RWS-ON verwerkt welke bij projectplan Waterwet naar voren kwamen.

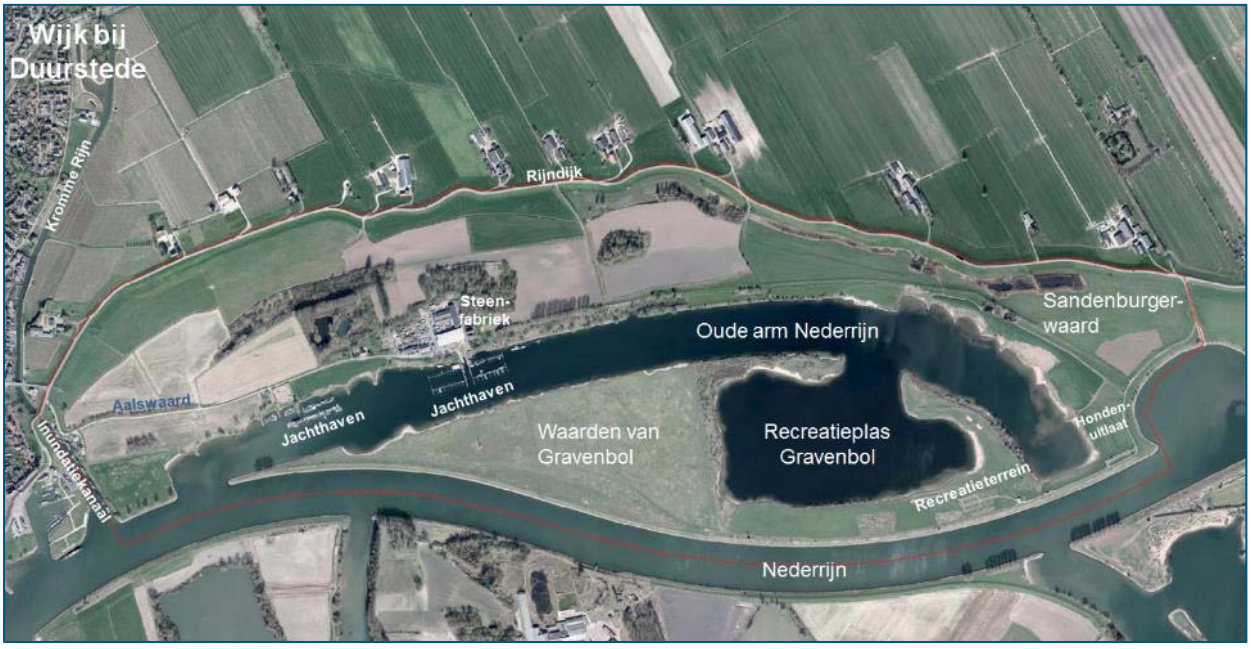
Versie 7.0 dateert van 19 oktober 2020 en hierin is een wijziging van het DO doorgevoerd. Op 8 oktober heeft de opdrachtgever, Provincie Utrecht, het besluit genomen om het afplaggen met een diepte van 30 cm op de oostelijke percelen niet mee te nemen in het ontwerp en dus niet te gaan realiseren. Dit vanwege een negatief advies van HDSR over het afplaggen binnen de zone waterstaatswerk en de beschermingszone. Vanwege dit besluit is de rivierkundige beoordeling voor de Lunenburgerwaard aangepast. Deze aanpassing is uitgevoerd door een nieuwe Baseline maatregel aan te maken met het kenmerk 'lun_do_v8' en deze in te mixen om tot een nieuwe (volledige) variant te komen met als kenmerk 'lun_do_v8'. Deze nieuwe variant is opnieuw doorgerekend in WAQUA met een afvoer van 16.000 m^3/s bij Lobith, om hiermee het waterstandseffect op de as van de rivier te kunnen beoordelen. De Figuren 4, 5, 6 en 7 in deze memo zijn hierop aangepast, de overige figuren niet. De opstuwingspiek wijzigt niet, daarentegen is het bovenstroomse waterstandsverlagende effect 0,019 mm minder in vergelijking tot 'lun_do_v7'. Het af te plaggen perceel heeft rivierkundig gezien een zeer gering effect en het niet realiseren ervan wijzigt de rivierkundige situatie nauwelijks. Het bovenstroomse waterstandsverlagende effect neemt nauwelijks af waardoor de 'zaagtand' methode van toepassing blijft. Voor het aspect hoogwaterveiligheid is er een kleine wijzing (bovenstaand genoemd), maar voor de overige rivierkundige aspecten is dit verwaarloosbaar. De beoordeling van de overige rivierkundige aspecten blijft ongewijzigd. Door de geringe effecten van het verwijderen van het af te plaggen perceel blijven de conclusies in het hoofdstuk 'Conclusie' ongewijzigd t.o.v. de beoordeling van 31 maart 2020 (versie 1.0).

Versie 8.0 dateert van 9 december en hierin is een wijziging van het DO doorgevoerd. Er is een besluit genomen om het stortsteen dat vrijkomt langs de oever van de oude rivierarm te gebruiken om 5 meter uit de oever een dam te realiseren over een lengte van circa 125 meter (de exacte lengte is afhankelijk van de hoeveelheid vrijkomend stortsteen). Deze dam krijgt een hoogte tot 3,2 meter +NAP. Om het rivierkundige effect van de dam te toetsen is de dam verwerkt in een nieuwe Baseline maatregel met het kenmerk 'lun_do_v9'. Deze maatregel is ingemixt om tot een nieuwe (volledige) variant te komen met als kenmerk 'lun_do_v9'. Bij het omzetten van de Baseline variant naar WAQUA-bestanden bleek uit het overlaten-bestand dat de overlaat ter plaatse van de nieuw dam zeer conservatief (niet diagonaal, maar recht) is verwerkt. Bij een tweetal roostercellen is hierdoor een overlaat dwars op de stroming ontstaan, terwijl hier een diagonale overlaat werd verwacht. In een kopie van het overlaten-bestand zijn de overlaten in deze twee roostercellen handmatig aangepast naar diagonale overlaten conform de diagonale overlaten van de parallel lopende oever. De nieuwe variant 'lun_do_v9' is doorgerekend in WAQUA met een afvoer van 16.000 m^3/s bij Lobith, om hiermee het waterstandseffect op de as van de rivier te kunnen beoordelen. De Figuren 5 en 7 in deze memo zijn hierop aangepast, de overige figuren niet. Door de dam wijzigt de maximale opstuwingspiek niet. Het bovenstroomse waterstandsverlagende effect wordt door de dam verkleind met
0,04 mm ten opzichte van 'lun_do_v8'. Voor de 'zaagtand' methode heeft dit tot gevolg dat het waterstandsverlagende effect in plaats van vijfmaal nu viermaal groter is dan het waterstandsverhogende effect. Het opstuwingspiekje is echter zeer kortstondig, het manifesteert zich over een afstand van slechts 200 meter, en heeft met een piek van 1,15 mm slechts een zeer minimale overschrijding boven de norm van 1,0 mm. Bovendien vindt er langs de bandijk alleen maar waterstandsverlagende effecten plaats. De beoordeling van de overige rivierkundige aspecten blijft ongewijzigd. Door de geringe effecten van het aanbrengen van de dam blijven de conclusies in het hoofdstuk 'Conclusie' ongewijzigd t.o.v. de beoordeling van 31 maart 2020 (versie 1.0).

1. Inleiding

De Lunenburgerwaard is één van de deelgebieden in het project Uiterwaarden-Nederrijn. Deze uiterwaarden hebben als doelstelling om optimaal ingericht te worden voor natuurontwikkeling. De Lunenburgerwaard is volledig begrensd als Natura2000 gebied en grotendeels begrensd als Natuur Netwerk Nederland (NNN). Daarnaast voorziet RWS mogelijkheden binnen de Lunenburgerwaard voor het realiseren van maatregelen voor de Kaderrichtlijn Water (KRW). Het plangebied bestaat uit de uiterwaarden van de Lunenburgerwaard incl. de Sandenburgerwaard en Waarden van Gravenbol. Het gebied is gelegen langs de Nederrijn ten oosten van Wijk bij Duurstede. Aan de noordzijde wordt het begrensd door de Rijndijk en aan de zuidzijde door de huidige loop van de Nederrijn, zie Figuur 1. Het gebied bevindt zich tussen rivierkilometer 923 en 926.

In opdracht van de Provincie Utrecht is er een definitief ontwerp (DO) opgesteld met daarin maatregelen die bijdragen aan verschillende natuur- en kwaliteitsdoelen binnen N2000, NNN en KRW. De maatregelen bestaan uit het aanleggen van laagtes met open water (plas-dras gebied Gravenbol), het ontstenen van oevers, het aanvullen van oevers, het aanbrengen van rivierhout, het aanleggen van zoom-mantelvegetatie, het opschonen van een bestaande tichelput, een drempel naar de Sandenburgerwaard en het aanleggen van nieuw hardhoutooibos. De verschillende deelmaatregelen staan ingetekend op de ontwerptekening in bijlage A.
Het doel van deze notitie is om de effecten van de natuurontwikkeling in de Lunenburgerwaard op verschillende rivierkundige aspecten inzichtelijk te maken en te beoordelen of het DO vergunbaar is vanuit het rivierkundig beoordelingskader 5.0 (RBK 5.0) van RWS. Hiertoe zijn verschillende rivierkundige modelberekeningen en kwalitatieve analyses uitgevoerd. Deze memo wordt als bijlage bij het projectplan waterwet opgenomen. Voorafgaand aan deze rivierkundige beoordeling van het DO heeft er tijdens de VO-fase (in 2017) een verkennend rivierkundig onderzoek plaatsgevonden, voor meer informatie wordt er doorverwezen naar de notitie van 12 januari 2018 van RHDHV [1].



Figuur 1: Luchtfoto uiterwaard Lunenburgerwaard met toponiemen

2. Werkwijze en uitgangspunten

De rivierkundige beoordeling is uitgevoerd op basis van een deels kwantitatieve analyse door middel van modelberekeningen. Op basis van de modelresultaten zijn een aantal aspecten uit het RBK kwantitatief beoordeeld. Tevens is het voor een aantal aspecten niet relevant geacht om specifieke modelberekeningen uit te voeren, zoals bijvoorbeeld voor effect op de afvoerverdeling. Hier is middels een kwalitatieve analyse een beoordeling gegeven over het effect. De GIS-applicatie Baseline is gebruikt om het DO te schematiseren en vervolgens is het 2D stromingsmodel WAQUA toegepast om deze schematisatie door te rekenen. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij het maken van de rivierkundige modelberekeningen:

<u>Referentie:</u>

- Voor de Baseline referentieschematisatie is door RWS Oost-Nederland ‘baseline-rijn-beno18_5-v1’ uitgeleverd per mail door T. Vos d.d. 25-11-2019;
- Voor het WAQUA referentiemodel is door RWS Oost-Nederland ‘waqua-rijn-beno18_5_20m_nrlk-v1’ uitgeleverd per mail door T. Vos d.d. 25-11-2019;
- Op verzoek van RWS-ON is de referentieschematisatie uitgebreid met de volgende 5 maatregelen:
  - nr_mauri95_a1;
  - nr_lunenb_a1;
  - nr_luneref_b1;
  - nr_lunen_v02;
  - nr_lunen_v03.
- Bovenstaande maatregelen zijn op verzoek van RWS-ON ingemixt in de Baseline referentieschematisatie. Het kenmerk van deze nieuwe referentie is *‘lunenburg_ref’.*

Maatregel:

- Voor de maatregel van het DO is een schematisatie gemaakt met het kenmerk ‘lun_do_v9’;
- De maatregel is gebaseerd op het DO zoals op de kaart in Bijlage A is gepresenteerd;
- De schematisatie van de vegetatietypen is gebaseerd op de interventiewaardenkaart zoals te zien in Bijlage C;
- Deze maatregel is ingemixt op de referentieschematisatie, de nieuwe variant heeft als kenmerk: *‘lun_do_v9’*.

Model software: (zoals benoemd in de mail van T. Vos d.d. 25-11-2019):

- Baseline versie 5.3.3;
- ArcGIS versie 10.3.1;
- WAQUA versie SIMONA2017 (patch 2).

Werkwijze:

- Het rivierhout is geschematiseerd zoals benoemd in de mail van S. Engelen d.d. 14-01-2020: een gemiddelde boom wordt geschematiseerd als vlak van 5 x 10m met vegetatieklasse struweel (ruwheidscode 1984). In het ontwerp worden 20 gemiddelde bomen over een zone van 420 m in de oude rivierarm (oostelijk deel aan de noordoever) gelegd.
- Zowel de variant (*‘lun_do_v9’*) als de referentie zijn doorgerekend met afvoeren van 16.000, m^3/s bij Lobith (met vaste afvoerverdeling op de splitsingspunten). Een eerdere versie van ontwerp (zonder afplaggen en stenen dam, zie blok versiebeheer) is geschematiseerd in variant (*‘lun_do_v6’*). Met deze variant zijn berekeningen gemaakt bij 6.000 en 10.000 m^3/s te Lobith (met vaste afvoerverdeling op de splitsingspunten). Op basis van deze drie afvoeren is het mogelijk een goede beoordeling op te stellen van de effecten op alle rivierkundige aspecten. Het is daarbij belangrijk om te weten dat de uiterwaarden pas mee gaan stromen bij afvoeren hoger dan 6.000 m^3/s te Lobith.
- Voor de rivierkundige beoordeling is het rivierkundig beoordelingskader versie 5.0 gebruikt (RBK 5.0)

3. Het definitief ontwerp

De inrichtingsmaatregelen die nodig zijn om de natuurdoelstellingen te realiseren zijn weergegeven in de ontwerptekening in Figuur 2.



Figuur 2: Ontwerptekening van het DO (deze is op A0-formaat toegevoegd in Bijlage A).

De maatregelen bestaan uit het aanleggen van laagtes met open water (plas-dras gebied Gravenbol), het ontstenen van oevers, het aanvullen van oevers, het aanbrengen van rivierhout, het aanleggen van zoom-mantelvegetatie, het schonen van een tichelput, een drempel naar de Sandenburgerwaard en het aanleggen van nieuw hardhoutooibos.

Aanleggen plas-dras Gravenbol

In het westelijk deel van de Gravenbol wordt over ca. 2,9 ha het maaiveld verlaagd (in een oude zandbaan/natuurlijke laagte) variërend tussen NAP+1,7 m en NAP+3,2 m. De waterdiepte bij stuwpeil (NAP+3,0 m.) is daarbij op het diepste deel 1,3 meter. Daarnaast is er op de hellingen rondom de plas-dras ruimte voor de ontwikkeling van riet en ruigte. Een drempel met kruinhoogte op NAP+3,8 m zorgt voor een beschutte ligging. De oevers van de plas-dras worden met een flauwe taludhelling vormgegeven.

Ontstenen oevers

Er is voorzien om langs de zuidoever van de oude rivierarm, op delen (verspreide locaties over ca. 400 meter) waar nu nog oeverbescherming in vorm van basaltblokken en stenen aanwezig is, de basaltblokken en de aanwezige vleilaag te verwijderen. Dit gaat om een totale lengte van 400 m verspreid over een vijftal naast elkaar gelegen locaties. Het aanwezige, te verwijderen, stortsteen (basalt) wordt verzameld en gebruikt voor het opbouwen van een stenen dam. De beoogde locatie van de dam is op het oostelijke uiteinde van de te ontstenen oevers. Hier worden de vrijkomende stenen bij elkaar geschoven tot een dam van ca. 125 m lengte met een kruinhoogte op NAP+3,2 m (20 cm boven stuwpeil). De lengte van het dam is afhankelijk van hoeveelheid vrijkomend materiaal. Er wordt geen nieuw stenig materiaal aangevoerd, de dam wordt gevormd door de vrijkomende basaltblokken op de oevers. De vrijkomende vleilaag van rode baksteen en ander niet toepasbaar materiaal wordt afgevoerd. Op deze wijze ontstaat er een meer natuurvriendelijke oever. Na het ontstenen van de oevers zal op termijn een nieuwe evenwichtsligging van de oever ontstaan. Er zullen zandige flauwe oevers ontstaan.

Aanvullen oever

Op de westelijke punt van de landtong Gravenbol is een reeds ontsteende oever sinds 1960 steeds verder aan het eroderen. Op het smalste punt is de afstand van de oever tot het zomerbed van de Nederrijn ca. 30 meter. Op termijn zou hier mogelijk een kortsluiting/doorbraak richting de rivier kunnen ontstaan na een hoge afvoergolf op de Nederrijn. Om de kans op een doorbraak te beperken wordt derhalve het kleiig materiaal dat vrijkomt uit de plasdras gebruikt om deze oever aan te vullen. Dit is een nuttige toepassing van vrijkomende grond, vallend onder de op- en nabij regeling uit het Bbk.

Aanbrengen rivierhout

Om in de oude rivierarm een meerwaarde voor macrofauna te bereiken, worden 20 stuks rivierhout aangebracht. Het rivierhout biedt eveneens een schuilgelegenheid voor vissen en foerageergebied voor visetende vogels en levert een bijdrage aan de biodiversiteit voor het gebied.

Aanleggen zoom-mantelvegetatie

Ter bevordering van de biodiversiteit wordt bij de bospercelen aan oostzijde van de steenfabriek, een verbindende zoom-mantel vegetatie aangebracht (ca. 1,0 ha). De bestaande aansluiting op de bosrand wordt licht opgehoogd met ca. 30 cm om een flauwe overgang tussen het bestaande bos en de nieuwe zoom-mantel te maken.

Schonen tichelput

Het schonen van de oostelijke bestaande tichelput behelst het verwijderen van enkele bomen aan de zuidelijke rand (ca. 10 stuks) en het schonen van de oevers van tichelput door organisch plantmateriaal te verwijderen in de zuidwesthoek. Het verwijderen van de bomen leidt tot meer lichtinval ten behoeve van de groei van waterplanten.

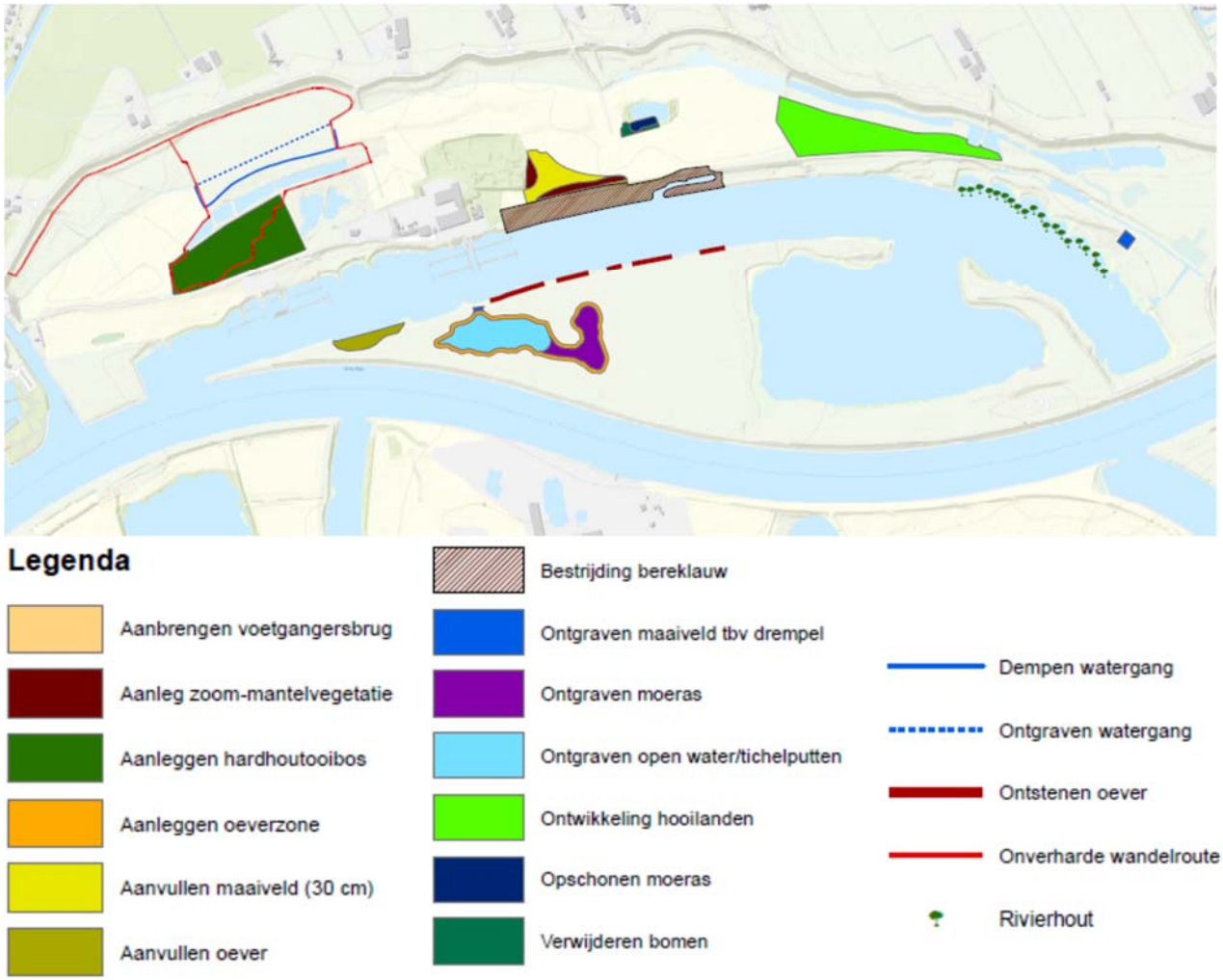
Drempel Sandenburgerwaard

De overgang tussen de oude rivierarm en Sandenburgerwaard wordt vormgegeven als een drempel (25 meter breed, in grond, ingezaaid met grasmengsel, geen bestorting). De drempelhoogte ligt op NAP+4,4 m, passend bij het doel om moerasvegetatie te laten ontwikkelen met een korte inundatiefrequentie in de winter.

Aanleggen hardhoutooibos

Op een perceel van ca. 3,7 ha ten westen van de steenfabriek is de ontwikkeling van hardhoutooibos beoogd. De hoogte van het perceel ligt tussen NAP+4,5 en 6 m. Deze hoogte is een goed uitgangspunt voor ontwikkeling van hardhout.

Error! Not a valid bookmark self-reference. toont de verschillende deelmaatregelen. Voor verdere details omtrent het ontwerp wordt er doorverwezen naar de ontwerpnota, versie 9.0 van oktober 2020 van RHDHV [2].



Figuur 3: Maatregelenkaart met daarin de verschillende deelmaatregelen (zie ook bijlage A)

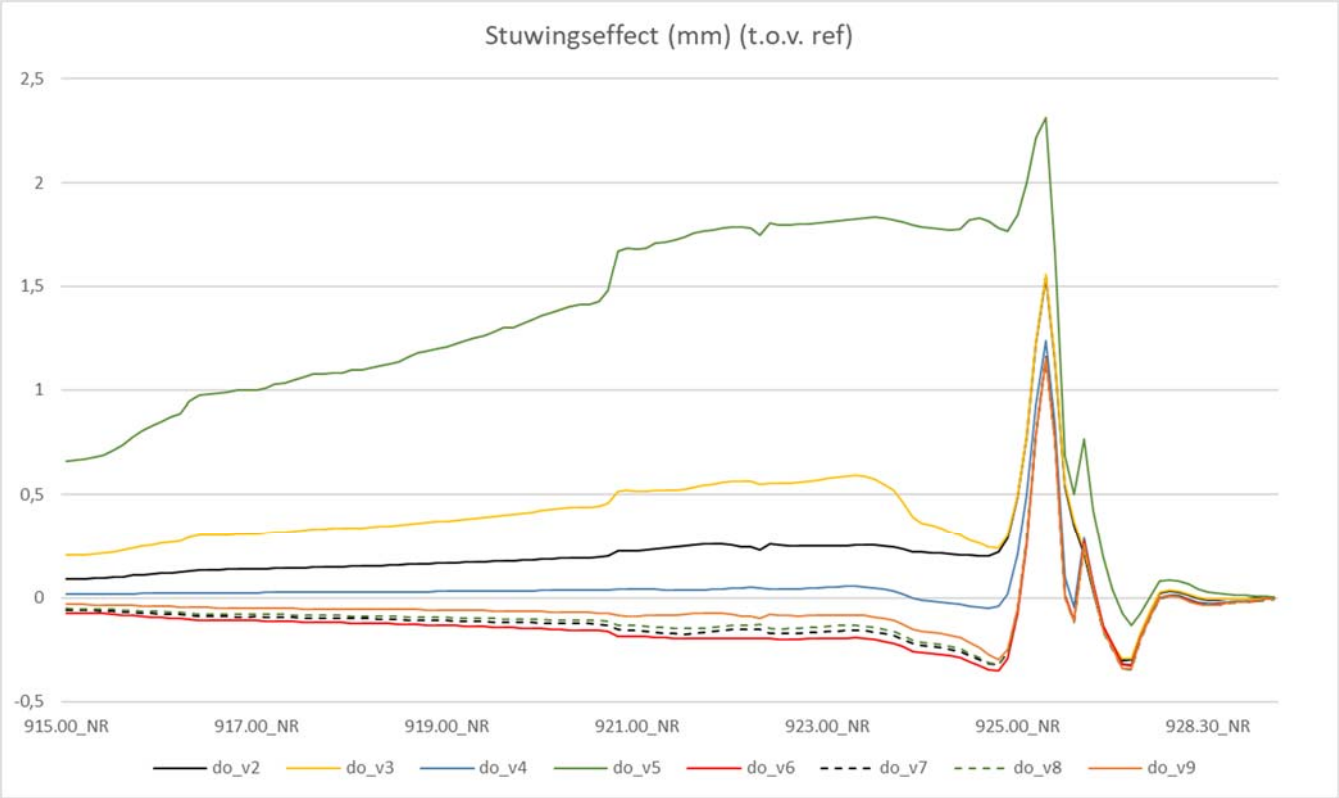
4. Rivierkundige optimalisatie ontwerp

Op basis van het voorlopig ontwerp (VO) uit 2017 [1] is er eind 2019 door Royal HaskoningDHV in afstemming met Utrechts Landschap, RWS-ON (team KRW) en Provincie Utrecht een concept definitief ontwerp (CDO) gemaakt en hierin is in verschillende optimalisaties naar een definitief ontwerp (DO) gewerkt. Vervolgens zijn er verschillende optimalisatieslagen uitgevoerd cq. nodig geweest op het DO om tot een rivierkundig vergunbaar ontwerp te komen. De volgende tabel geeft een overzicht van de verschillende doorgerekende varianten tijdens deze laatste rivierkundige optimalisatieronde (*Tabel 1*).

Tabel 1: Verschillende varianten die rivierkundig zijn doorgerekend om tot een rivierkundig geoptimaliseerd DO te komen

Variant	Onderdelen van het ontwerp
do_v2	Alle onderdelen zijn opgenomen zoals het ontwerp in Bijlage A. In Het CDO was sprake van een ca 10 m brede zone van riet en ruigte rondom de nieuwe plas-dras bij Gravenbol. In deze variant v2 is deze zone aan de westelijke kant van de plas-dras aangepast naar vegetatie mengklasse 90/10.
do_v3	Dezelfde onderdelen als do_v2, er zijn 30 stuks extra dood rivierhout toegevoegd in de oude rivierarm (oostelijk deel), waardoor het aantal bomen op 50 stuks komt.
do_v4	Dezelfde onderdelen als do_v2, de vegetatie rond de plas-dras bij Gravenbol is op sommige plaatsen verandert van mengklasse 90/10 naar vegetatieklasse gras en akker.
do_v5	Dezelfde onderdelen als do_v4, Langs de zuidelijke oever van de oude rivierarm is een palenrij met rijshout toegevoegd. Doel van de palenrij is het creëren van een luwte bij de ontsteende, natuurlijke oevers. De palenrij is geschematiseerd als dichte heg waarbij elke 100 meter heg afgewisseld is met 5 meter geen heg.
do_v6	Dezelfde onderdelen als do_v4, de gehele zone met riet en ruigte op de oevers rondom de plas-dras bij Gravenbol is verandert in vegetatieklasse gras en akker. Dit betekent dat de oevers elk jaar gemaaid dienen te worden
do_v7	Dezelfde onderdelen als do_v6, alleen de twee te realiseren tichelputten zijn uit het ontwerp gehaald.
do_v8	Dezelfde onderdelen als do_v7, alleen het af te plaggen perceel is uit het ontwerp gehaald. Geen maaiveldverlaging meer van 30 cm op dit perceel.
do_v9	Dezelfde onderdelen als do_v8, alleen de stenen dam langs de oude rivierarm (lengte 125 m) is toegevoegd aan de schematisatie

Met betrekking tot de hoogwaterveiligheid moeten alle ingrepen in de uiterwaard waterstandsneutraal zijn. Concreet houdt dit in dat er geen opstuwing op de as van de rivier van meer dan 1 mm mag ontstaan. De varianten ‘do_v2’ t/m ‘do_v9’ zijn allemaal doorgerekend voor een afvoer van 16.000 m^3/s bij Lobith. Door de resultaten te vergelijken met de som voor de referentiesituatie wordt er inzicht verkregen in het stuwende effect op de as van de rivier van de verschillende varianten, zie Figuur 4.



Figuur 4: Stuwingseffect t.o.v. de referentie op de as van de rivier voor de varianten do_v2 t/m do_v9 bij een afvoer van 16.000 m³/s te Lobith

Geen van alle varianten levert een waterstandslijn waarin de (lokale) opstuwingspiek lager is dan de vereiste 1 mm. We concluderen het volgende op basis van deze grafiek:

- Alle varianten behalve ‘do_v5’ laten voornamelijk alleen een kortstondige lokale opstuwingspiek zien. Het effect van ‘do_v5’ is aanzienlijk en werkt ver bovenstrooms door. Deze variant is gelijk aan ‘do_v4’ met als enige toevoeging de palenrij met rijshout. Hierdoor kan geconcludeerd worden dat de palenrij met rijshout niet vergunbaar is conform de eisen gesteld in het RBK 5.0. De palenrij met rijshout is een goede maatregel om luwte te creëren langs de ontsteende oever en daarmee een beschutting te creëren voor opgroeiende vis. Het blijkt echter niet waterstandsneutraal te ontwerpen
  NB: Er is een berekening gedaan waarin het rivierhout als ‘kade’ is geschematiseerd en een berekening (v5) waarin het als heg is geschematiseerd. De schematisatiewijze als heg geeft een gunstiger resultaat, maar nog steeds een te grote opstuwing volgens de norm.
- Verder laat ‘do_v3’ duidelijk zien dat het toevoegen van extra rivierhout voor opstuwing zorgt. Hierbij blijft de opstuwingspiek gelijk aan ‘do_v2’, maar is het bovenstroomse effect groter. Er kan geconcludeerd worden dat het extra rivierhout niet vergunbaar is door het forse bovenstroomse effect. In samenspraak met RWS (KRW-team, M. Tijnagel) is besloten dat 20 stuks voldoende is.
- De varianten ‘do_v2’, ‘do_v4’ en ‘do_v6’ verschillen alleen op de vegetatie rondom de plas-dras bij Gravenbol. De effecten hiervan zijn vooral bovenstrooms zichtbaar en in mindere mate in de grote van de lokale opstuwingspiek. De variant ‘do_v2’ levert bovenstrooms enige opstuwing op, terwijl ‘do_v4’ bovenstrooms nagenoeg waterstandsneutraal is. Variant ‘do_v6’ levert bovenstrooms enige waterstandsverlaging op en heeft met een maximale opstuwing van 1,15 mm ook de laagste lokale opstuwingspiek.

- Er is geen onderscheid tussen do_v7 en do_v8. Het al dan niet afplaggen van het oostelijke perceel heeft geen invloed op het waterstandseffect bij MHW.

Verdere verlaging van de opstuwingspiek is mogelijk door aanpassingen te verrichten aan de vorm van de plas bij Gravenbol en de hellingen te verflauwen. Grofweg komt het erop neer dat de plas dan minder diep moet worden en minder groot. Dit heeft echter een negatief effect op het te ontwikkelen oppervlak aan natuurwaarden en het behaalde doelbereik voor KRW. Een minder diepe plas zorgt ook voor minder overlevingskansen voor vis in droge tijden (de drempel zorgt voor insluiten van vissen in de plas-dras).

Om deze redenen is het advies van RHDHV, UL, PU en RWS (KRW team) om 'do_v6' als de meest optimale variant te kiezen. Met gebruik van de 'zaagtand-methode' uit RBK 5.0 is de vergunbaarheid t.a.v. het aspect hoogwaterveiligheid voor deze variant ook te onderbouwen. Bij gebruik van de 'zaagtandmethode' dient aangetoond te worden dat in Figuur 4 het oppervlak onder de nul-lijn vele malen groter is dan het oppervlak boven de nul-lijn. In andere woorden het waterstandsverlagende effect moet veel groter zijn dan het waterstandsverhogende effect. In paragraaf 4.1 wordt dit aangetoond en onderbouwd.

Vanwege de ligging recht in de stroombanen is op de oevers rondom de plas-dras bij Gravenbol een hoge frequentie van beheer nodig. Door de plas-dras zal er riet en ruigte op de oevers ontstaan. Dit is gewenst voor de opgroei mogelijkheden voor de gewenste vis- en vogelsoorten. Om ervoor te zorgen dat deze oevers niet voor opstuwing zorgen, dienen deze jaarlijks voor de hoogwaterperiode (medio oktober) gemaaid te worden. Dit is nodig om te voldoen aan aspect 1.1 van het RBK 5.0. In de gekozen variant 'do_v6' zijn de oevers rondom de plas bij Gravenbol namelijk geschematiseerd als gras en akker. Om ervoor te zorgen dat tijdens de hoogwaterperiode de ruwheid van de oeverbegroeiing hieraan voldoet dient dit voorafgaand aan deze periode gemaaid te worden.

De overweging kan gemaakt worden om minder frequent beheer te plegen om de oevervegetatie te laten verruwen. Op deze manier kan er een robuustere bijdrage geleverd worden aan de natuurontwikkeling. Dat heeft echter wel tot gevolg dat de 'zaagtand' zoals uitgewerkt in hoofdstuk 4.1 niet toepasbaar is. De variant 'do_v4' geeft een lokale opstuwingspiek van 1,24 mm. Er is echter geen sprake meer van een waterstandsdaling in bovenstroomse richting, maar een nagenoeg waterstandsneutraal beeld. Gezien de geringe waterstandseffecten en de winst die dit oplevert voor ecologie en de reductie in beheer, wordt deze overweging als volwaardige optie meegegeven.

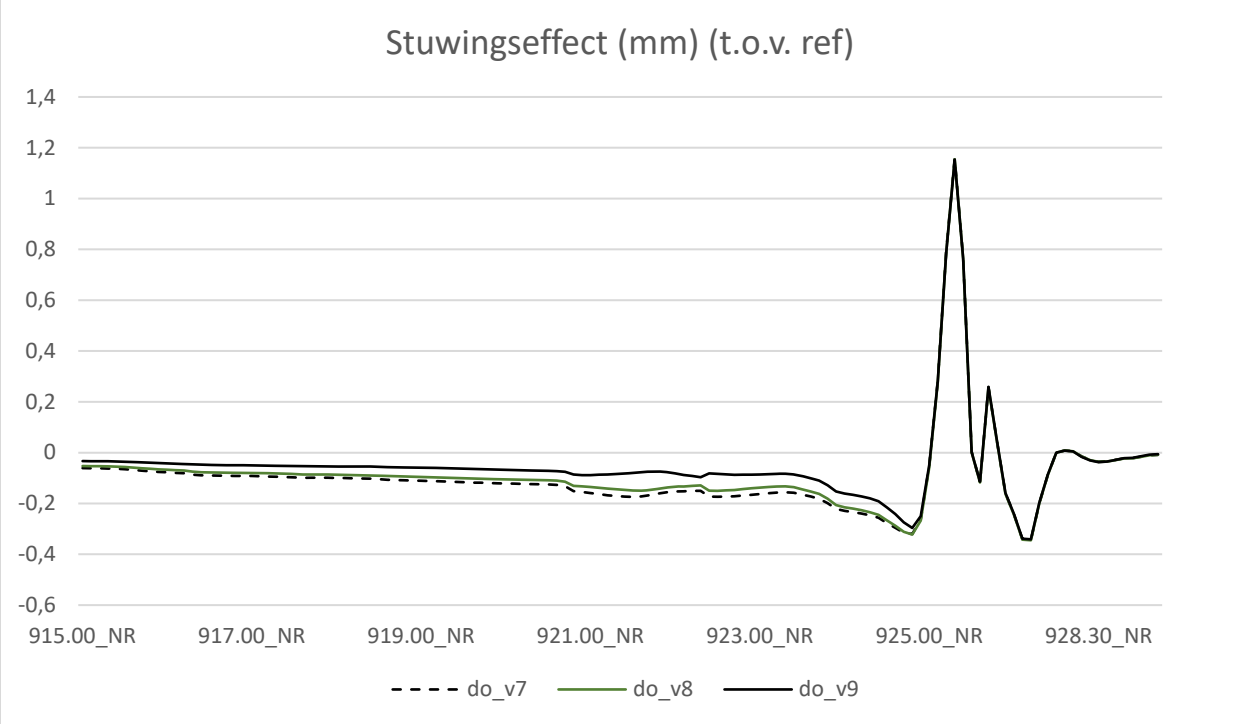
Vanuit natuurdoelen is het de wens om aan de randen van de plas-dras een brede zone met lage moerasvegetatie met veel zeggesoorten tot ontwikkeling te laten komen. Na ontgraving van de plas-dras wordt zeggevegetatie aangeplant om de ontwikkeling van een vitaal zeggemoeras te bevorderen. In het beheer- en onderhoudsplan [3] is het volgende opgenomen:
Vanuit rivierkundig perspectief is het noodzakelijk dat de vegetatie zo laag mogelijk blijft in het hoogwaterseizoen (oktober – maart). Zeggen groeien in min of meer dichte pollen. De bladeren kunnen in de zomer ongeveer 1 meter hoog worden. In de winter sterven de bladeren af en blijft er een dichte dorre laag over van ongeveer 30 cm hoog. Zegge is gevoelig voor begrazing. Het zeggemoeras wordt dan ook uitgerasterd in de periode 1 april - 1 augustus, met de mogelijkheid van nabeweiding in het najaar. Vanwege rivierkundige effecten is het van belang dat jaarlijks voor de hoogwaterperiode (begin oktober) inspectie plaatsvindt en vegetatie hoger dan 30 cm wordt gemaaid.
Ook achter de dam is vegetatiebeheer noodzakelijk, deze locatie is mogelijk extra gevoelig voor aangroei van (riet)ruigte) door de afgeschermde ligging voor scheepsgolven.

5. Rivierkundige beoordeling

5.1 Hoogwaterveiligheid

Waterstandseffect op de as van de rivier

Om de effecten van de ingrepen op de hoogwaterveiligheid te toetsen zijn er voor zowel ‘do_v7’, ‘do_v8 en‘do_v9’ als de ‘referentie’ sommen gemaakt met een afvoer van 16.000 m^3/s bij Lobith. De waterstand bij maatgevend hoogwater (MHW) op de as van de rivier is weergegeven in Figuur 5. Het waterstandseffect is uitgedrukt als het verschil ten opzichte van de referentie-situatie. Zoals hierboven reeds besproken voldoet deze variant niet aan de eis om onder de 1 mm opstuwing te blijven. Ter hoogte van rivierkilometer 925.30 vindt er een maximale lokale opstuwingspiek plaats van 1,15 mm. Het opstuwingspiekje is zeer kortstondig, het manifesteert zich over een afstand van slechts 200 meter, en heeft met een piek van 1,15 mm slechts een zeer minimale overschrijding boven de norm van 1,0 mm.



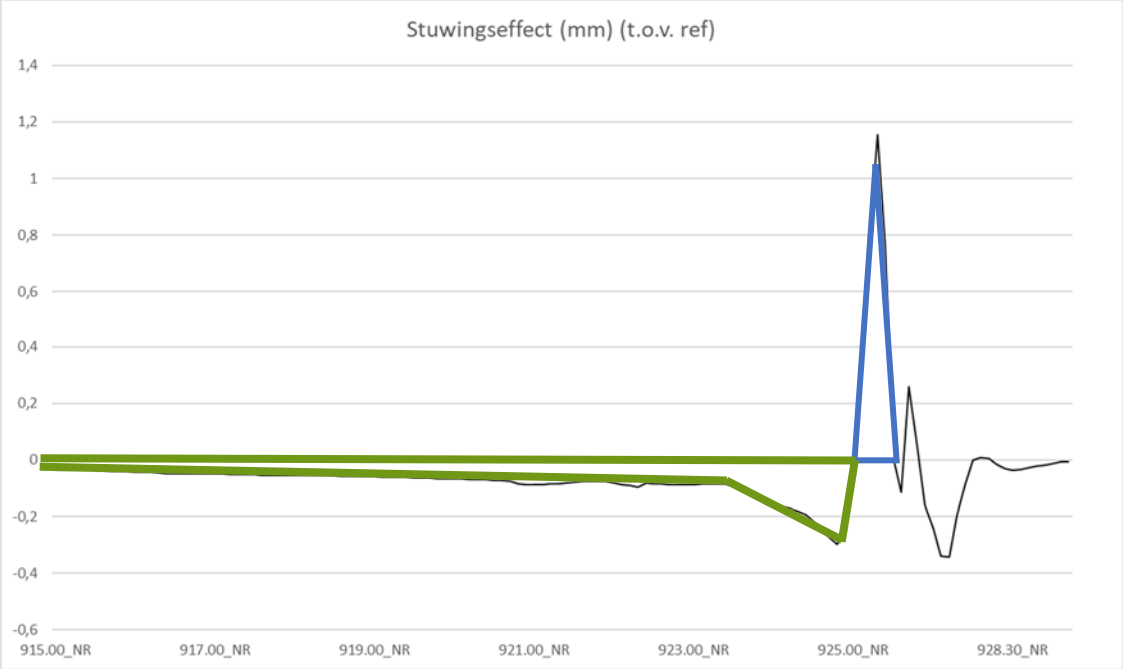
Figuur 5: Stuwingseffect t.o.v.de referentie op de as van de rivier voor varianten do_v7, do_v8 en do_v9 bij een afvoer van 16.000 m^3/s te Lobith

Ook vindt er bovenstrooms van de ingrepen een waterstandsverlagend effect plaats welke ter hoogte van rivierkilometer 924,8 een maximum bereikt van -0,3 mm. Het RBK 5.0 (bijlage 4) schrijft voor dat een benedenstrooms piekje is toegestaan indien is voldaan aan de volgende drie voorwaarden:

1. Indien het ontwerp geoptimaliseerd is, én
2. Indien er sprake is van een ruimte netto waterstandsverlaging; d.w.z. dat het oppervlak van de verhogingsdriehoek vele malen kleiner is dan de verlagingsdriehoek, én
3. Indien de waterstandsverhoging bij derden zoveel mogelijk wordt voorkomen.

Aan de eerste voorwaarde wordt voldaan, aangezien het ontwerp d.m.v. meerdere iteraties is geoptimaliseerd (zie H3). Verder optimalisatie van de opstuwingspiek gaat ten kosten van KRW doelstelling.
Het voldoen aan de tweede voorwaarde wordt aangetoond door middel van de 'zaagtand'. In Figuur 6 is het waterstandsverhogende oppervlak in het blauw aangegeven en het waterstandsverlagende effect in het groen. Het blauwe vlak heeft een oppervlak van 0,29 m^2 (gerekend van rivierkilometer 925,1 t/m 925,5), terwijl het groene vlak een oppervlak heeft van 1,6 m^2 (gerekend van rivierkilometer 915 t/m 925). Er kan dus geconcludeerd worden dat het waterstandsverlagende effect vijfmaal groter (= vele malen groter) is dan het waterstandsverhogende effect en dat het toepassen van de 'zaagtand' dus geoorloofd is.' Bij do_v9 is het waterstandsverlagende effect viermaal groter dan het waterstandsverhogende effect.

Aan de derde voorwaarde wordt ook voldaan doordat de waterstandsverhoging slechts erg lokaal optreedt en geen invloed heeft op derden. Dit is in de volgden sectie onderbouwd. Ook is er geen onderscheid tussen do_v7 en do_v8. Ofwel het niet uitvoeren van het afplaggen heeft geen ander waterstandseffect bij MHW tot gevolg. Ook is er geen onderscheid tussen do_v8 en do_v9, dus de dam heeft geen ander waterstandseffect bij MHW tot gevolg.



Figuur 6: Stuwingseffect met daarin aangegeven het waterstandsverhogende effect (blauw) en waterstands-verlagende effect (groen) t.b.v. de 'zaagtand'.

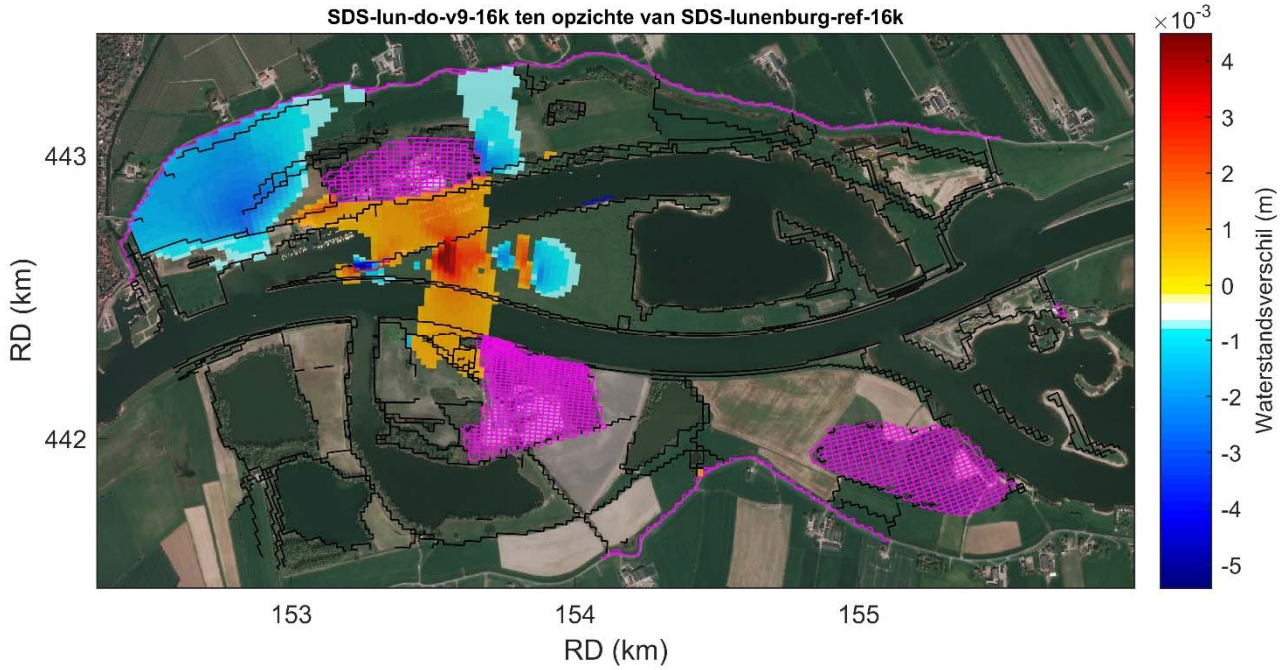
Waterstandseffect buiten de as van de rivier
De MHW-stand buiten de as van de rivier verandert op een aantal locaties, zie Figuur 7.

De maatregelen veroorzaken nergens een waterstandsverhogend effect direct aan de noordelijke of zuidelijke bandijk. De enige twee locaties waar waterstandseffecten langs de bandijk plaatsvinden is aan de noordelijke bandijk met waterstandverlagingen tot 2 mm.

Ter plaatse van de jachthaven en de woningen op de terp is de verhoging 1 mm. Dit heeft geen invloed op de hoogwaterveiligheid. De terp ligt grotendeels hoogwatervrij met hoogtes van NAP+8 of hoger.

De maximale waterstandverhoging in het gehele gebied treedt op bij de plas van Gravenbol en bedraagt 4 mm. Dit wordt veroorzaakt doordat de plas meer water aantrekt dat vervolgens benedenstrooms van de plas opstuwt tegen de oevers. De richting van de stroombanen lopen loodrecht op de flauw voorgenomen oevers met een energieverlies tot gevolg. Dit effect werkt door tot op de as van de rivier en veroorzaakt hier de eerdergenoemde opstuwingspiek van 1,15 mm.

Daarnaast zijn de effecten van het aanleggen van het hardhoutooibos en het vullen van de oever zichtbaar in Figuur 7. Deze effecten blijven echter lokaal. Verder valt het op dat het aanleggen van de 20 stuks dood rivierhout en het aanbrengen van de zoom-mantel vegetatie nauwelijks waterstandseffecten teweeg brengen. De overige deelmaatregelen van het ontwerp hebben ook geen effect op de waterstand.



Figuur 7: Waterstandsverschil tussen 'do_v9' en de 'referentie' in 2D bij een afvoer van 16.000 m³/s te Lobith. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan.

Effect op de afvoerverdeling

Vanuit het RBK 5.0 is het vereist om het effect van de maatregelen op de afvoerverdeling bij de splitsingspunten IJsselkop en Pannerdensche Kop te beoordelen. Dit dient beoordeeld te worden voor MHW (16.000 m³/s), normaal hoogwater (10.000 m³/s) en laag water (OLA, 1020 m³/s).

Zoals hierboven gepresenteerd hebben de maatregelen bij MHW bovenstrooms een licht waterstandsverlagend effect op de as van de rivier. Gezien het feit dat de maatregelen ongeveer rond rivierkilometer 925 liggen en de IJsselkop bij rivierkilometer 878, een afstand van circa 47 km, zal de geringe invloed van de maatregelen op de waterstand en daarmee op de afvoerverdeling verwaarloosbaar klein zijn. De Pannerdensche kop is nog verder van het plangebied gelegen en daarom zal de afvoerverdeling daar ook niet veranderen. Bij een lagere afvoer dan MHW zijn de waterstandseffecten nog kleiner. De inschatting is dat er dan ook geen effecten op de afvoerverdeling

plaats zullen vinden bij een normaal hoogwater (10.000 m^3/s) en in zijn geheel niet bij OLA, waarbij de stuwen gesloten zijn en de afvoerverdeling bepalen.

Effect op ijsafvoer

Binnen het ontwerp voor de natuurontwikkeling Lunenburgerwaard vinden er rivierkundig gezien vooral kleinschalige ingrepen plaats binnen de uiterwaard, buiten het directe invloed gebied van het zomerbed. Naar ons oordeel hebben de maatregelen geen effect gaan op de afvoer van ijs of de vorming van ijsdammen. Deze conclusie is gebaseerd op:

- De ingrepen hebben vooral betrekking op wijzigingen in vegetatie of veranderingen van het huidige maaiveld. Maar in geen geval is er sprake van het aanleggen van geulen of het aantakken van bestaande strangen op het zomerbed.
- Daarnaast vinden er geen ingrepen plaats aan de kribben of geleidingswerken langs de vaargeul (zoals de verdedigde gestrekte oevers). De geleiding van ijs in het zomerbed blijft daarmee ongewijzigd.
- De toename van oppervlaktewater door de plas-dras Gravenbol kan zorgen voor extra ijstoevoer naar de hoofdgeul. Aangezien de geleidingswerken op de rivier niet wijzigen blijft de afvoer van ijs ongewijzigd. De drempel (NAP+3,8 m) bij de plas-dras Gravenbol zorgt ervoor dat ijs blijft ingevangen tot een afvoer van 3500 m^3/s bij Lobith. Bij de drempel bij Sandenburgerwaard (NAP+4,4 m) is dit tot 4500 m^3/s.
- Het dode rivierhout dat in de oude rivierarm bij de kribben aangebracht wordt ligt ver van de vaargeul af en het rivierhout heeft daarmee geen effect op de ijsgang op de hoofdgeul van de rivier.

5.2 Hinder of schade door hydraulische effecten

Effect op inundatiefrequentie

Als gevolg van een gebiedsontwikkeling kan de frequentie van instromen van (delen van) de uiterwaard wijzigen. Dit kan nadelig zijn voor omwonenden, voor de bereikbaarheid of voor de natuurontwikkeling. Dit aspect uit het RBK 5.0 gaat daar op in.

De grootste veranderingen zullen plaats gaan vinden bij de plas-dras bij Gravenbol en de Sandenburgerwaard. In het ontwerp is een hoogte van 3,8 m+NAP voorzien voor de drempel bij Gravenbol. De drempelhoogte bij de Sandenburgerwaard is voorzien op 4,4 m+NAP. Als gevolg hiervan zullen deze gebieden met enige regelmaat (frequenter dan de huidige situatie) gaan inunderen, dit is echter het beoogde effect vanuit de beoogde KRW-doelstelling voor ontwikkeling van waterplanten en opgroeimogelijkheden voor vis. Deze toename van inundatie levert geen schade of hinder voor derden.

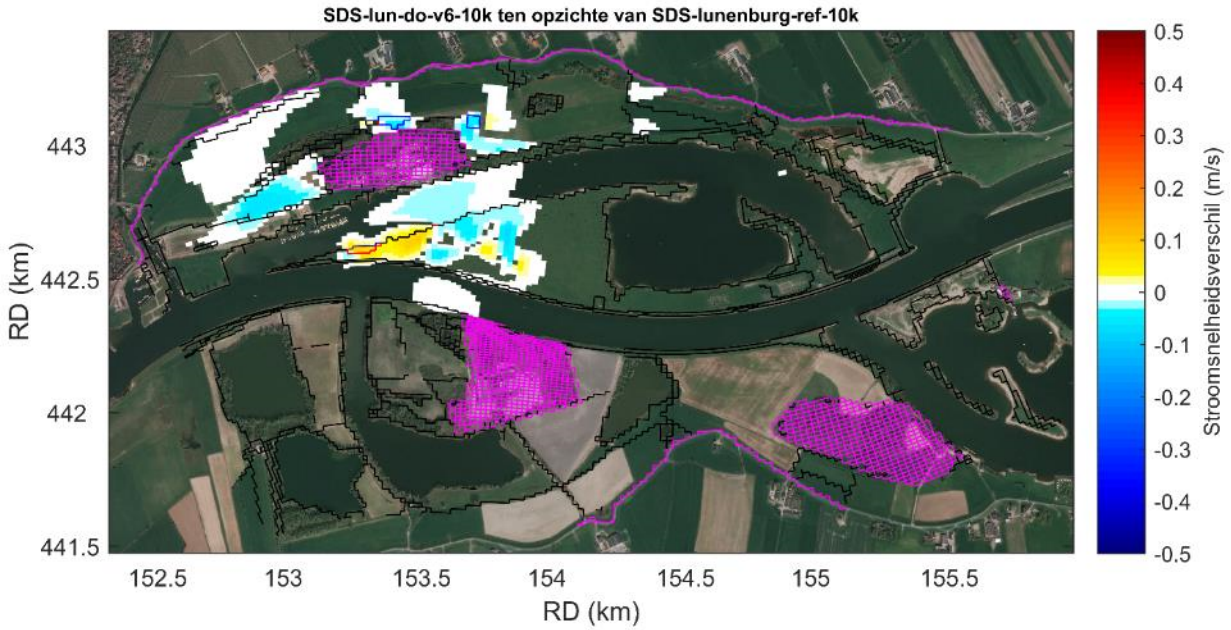
Er vinden geen ingrepen plaats aan de zomerkades. Hierdoor zijn er geen effecten op de inundatiefrequentie van het noordelijke deel van de uiterwaard te verwachten. De zomerkade bepaalt het moment van inunderen. De waterstandseffecten van alle deelmaatregelen samen zijn dusdanig gering dat er geen sprake is van een gewijzigde inundatiefrequentie. Er zal dus ook geen hinder voor terreineigenaren, bewoners of bedrijven in de Lunenburgerwaard optreden.

Effect op stroombeeld in de uiterwaard

Door ingrepen langs de rivier kunnen (lokale) stroomsnelheden in de uiterwaard veranderen. Dit kan resulteren in lokale erosie bij constructies als kribben, gebouwen, kaden, wegen, maar ook langs randen van plassen en geulen. De mate van eventuele effecten wordt ingeschat door het beoordelen van de verandering van de grootte en richting van de stroomsnelheden bij een afvoer van 10.000 m^3/s. Dit beoordelingsaspect is omschreven in aspect 2.2 van RBK 5.0.

Als gevolg van het aanleggen van de plas bij Gravenbol zullen bij normaal hoogwater de stroomsnelheden direct ten westen van de plas met maximaal 0,09 m/s toe gaan nemen. Hierbij komt de toekomstige maximale snelheid uit op 0,45 m/s. Verder heeft de aanleg van de plas nog effect op de stroomsnelheid aan de zuidwest kant van de plas. De stroomsnelheid zal hier ter plaatse met 0,05 m/s toenemen. Zie Figuur 8 voor de stroomsnelheidsverschillen (de figuren voor de absolute stroomsnelheden zijn in Bijlage E weergegeven). In de rest van de uiterwaard blijft de stroomsnelheidsverandering beperkt tot een verandering van rond de 0,01 m/s. De absolute stroomsnelheden in de uiterwaard bij 10.000 m^3/s blijven, afgezien van de snelheden in Gravenbol en de oude rivierarm beperkt tot 0,35 m/s.

Als gevolg van de snelheidstoename ontstaan er geen stroomsnelheden die resulteren in grootschalige erosie langs kades, oevers of andere objecten. De absolute stroomsnelheden blijven ver onder de kritische grens van erosie van een met grasbeklede oever of dijk (meer dan 1,0 m/s over een zeer lange periode (uit Design of Reinforced grass waterways). Daarmee wordt geconcludeerd dat er ten gevolge van dit ontwerp geen schade of hinder zal ontstaan ten gevolge van stroomsnelheden bij een normaal hoogwater.



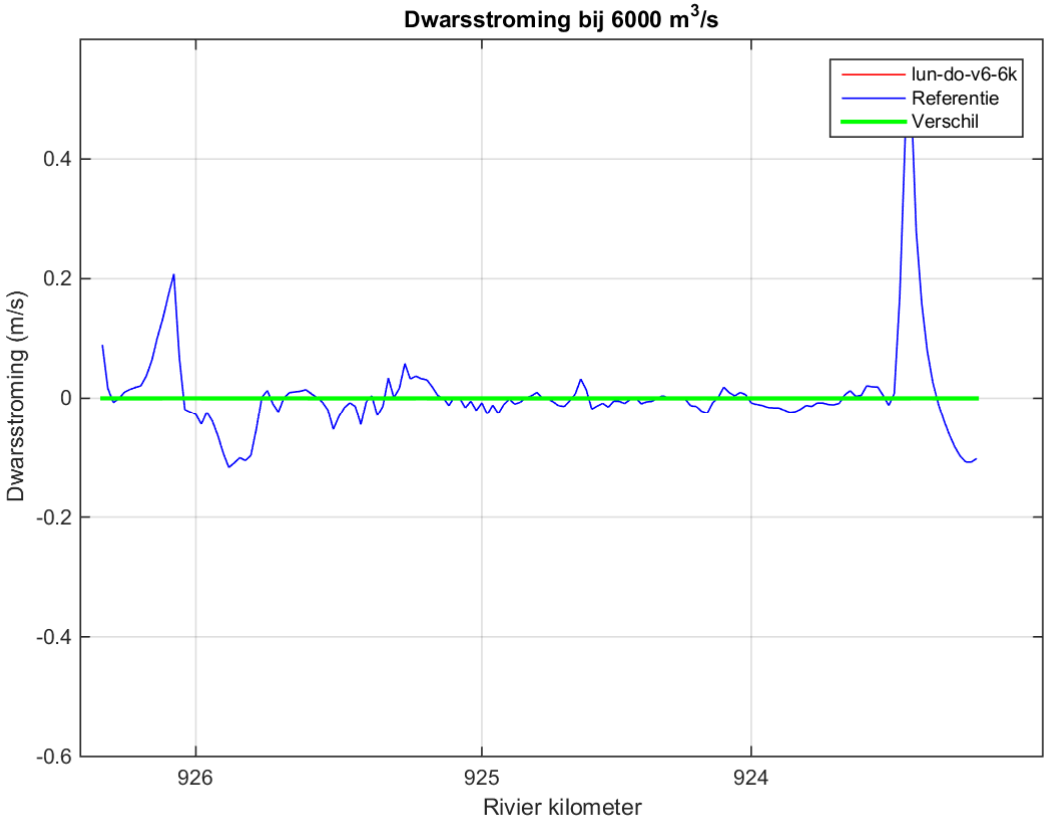
Figuur 8: Verschil in stroomsnelheid tussen 'do_v6' en de 'referentie' in 2D bij een afvoer van 10.000 m^3/s te Lobith. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan.

Effect op stroombeeld in vaarweg

Bij aangetakte nevengeulen kunnen bij lage afvoer dwarsstromingen optreden bij de in- en uitstroomopeningen van deze geulen. Deze dwarsstromingen kunnen hinderlijk zijn voor de scheepvaart en de veiligheid (navigatie) nadelig beïnvloeden. Dit is aspect 2.3 RBK 5.0. De ingrepen mogen niet resulteren in een absolute dwarsstroming in de vaarweg die groter is dan 0,15 m/s.

Aangezien er binnen dit ontwerp geen veranderingen plaatsvinden die effect zullen hebben op in- of uitstroomopeningen zijn de te verwachten gevolgen voor dit aspect klein. De uiterwaarden stromen nog niet mee bij afvoeren lager dan 6.000 m^3/s. He beoordelen van dwarsstroming bij deze afvoeren is niet zinvol, er wijzigt dan niks aan het stroombeeld als gevolg van de ingrepen.

Allereerst is de dwarsstroming bij een afvoer van 6.000 m^3/s te Lobith beschouwd, zie Figuur 9. In het figuur is de dwarsstroming aan de rand van de vaarweg inzichtelijk gemaakt voor de variant ‘do_v6’, de referentie en het verschil. Voor een afvoer van 6.000 m^3/s heeft het ontwerp geen impact op de huidige dwarsstroming.

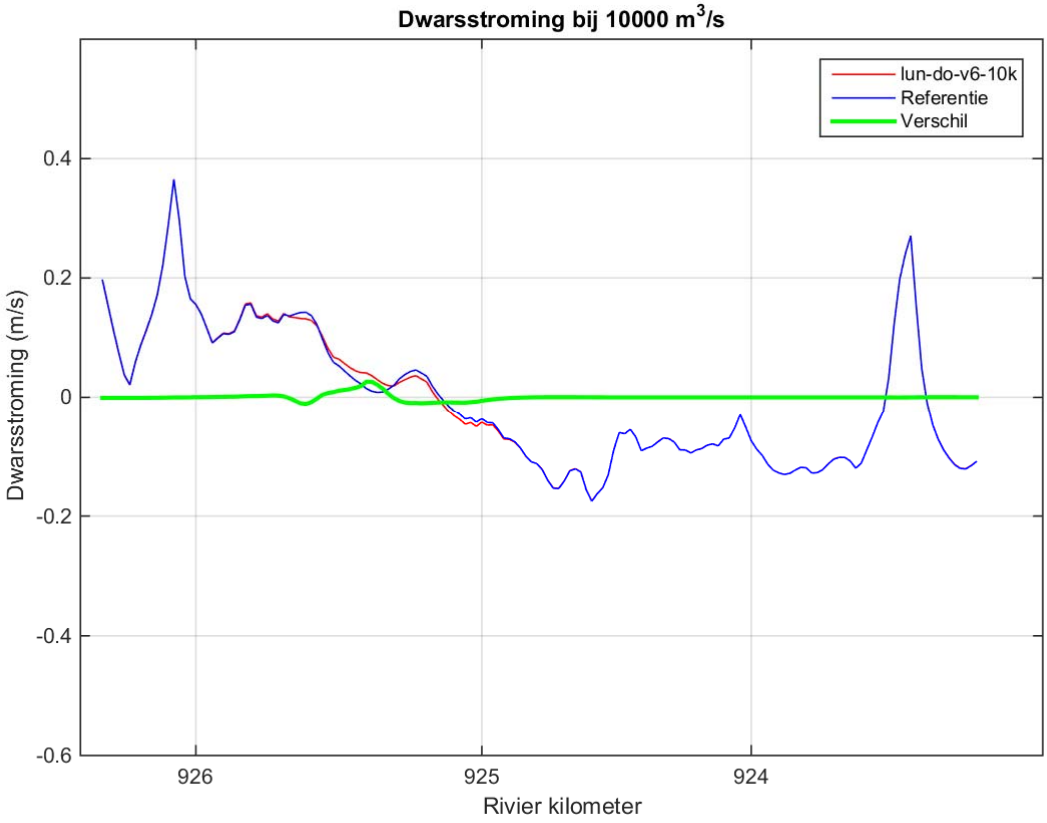


Figuur 9: Dwarsstroming aan de rand van de vaarweg voor variant lun_do_v6, de referentie en het verschil bij een afvoer van 6.000 m^3/s bij Lobith

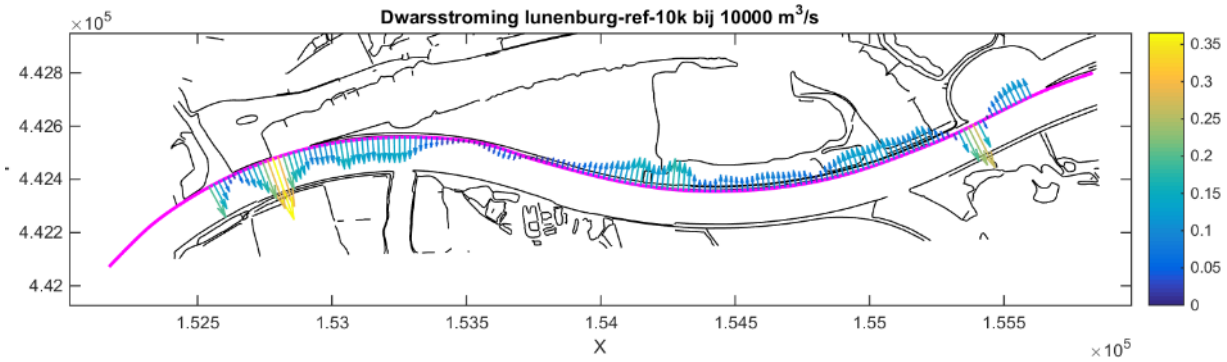
De dwarsstroming is ook beoordeeld voor een situatie met normaal hoogwater (afvoer van 10.000 m^3/s te Lobith), zie Figuur 10. Voor deze situatie levert het ontwerp wel een klein verschil op, maar de maximale toename in dwarsstroming blijft beperkt tot 0,02 m/s. De absolute dwarsstroming is voor de referentie en de variant ‘do_v6’ ook nog op kaartjes geplot, zie Figuur 11 en Figuur 12. Hieruit valt op te maken dat de dwarsstroming het grootste is nabij de uitstroomopening van de oude rivierarm, echter heeft het ontwerp hier geen effect op; de piek blijft gelijk. Op de locaties waar in de referentie deze norm van 0,15 m/s al wordt overschreden, neemt de dwarsstroming niet toe als gevolg van de ingrepen.

Het dwarsstromingsbeeld bij 8.000 m^3/s is niet berekend, ons oordeel is dat dit nagenoeg gelijk zal zijn aan het beeld bij 10.000 m^3/s.

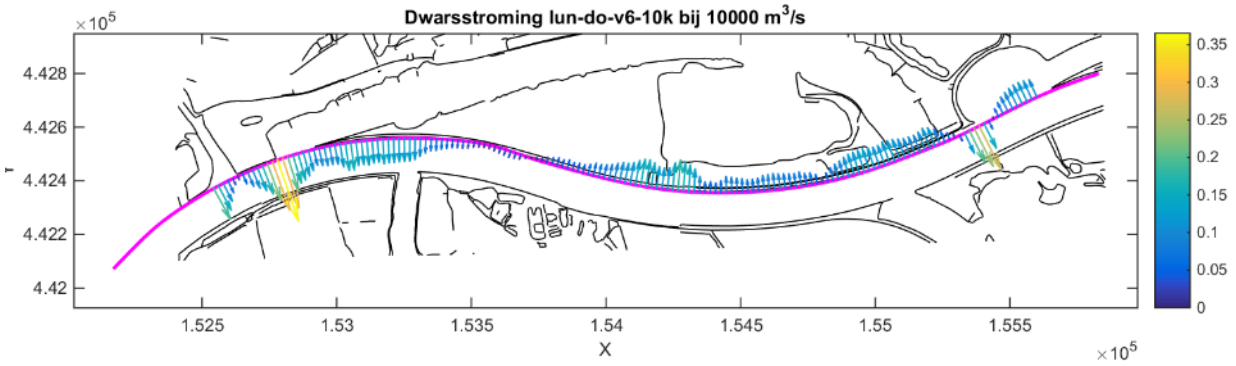
Er kan geconcludeerd worden dat de veranderingen in dwarsstroming ten gevolge van dit ontwerp geen hinder zal opleveren voor de scheepvaart of extra veiligheidsrisico’s zal opleveren. Hiermee wordt dus voldaan aan het criterium voor dwarsstroming.



Figuur 10: Dwarsstroming aan de rand van de vaarweg voor variant lun_do_v6, de referentie en het verschil bij een afvoer van 10.000 m³/s bij Lobith



Figuur 11: Dwarsstroming in 2D-perspectief van de referentie



Figuur 12: Dwarsstroming in 2D-perspectief van de variant 'do_v6'

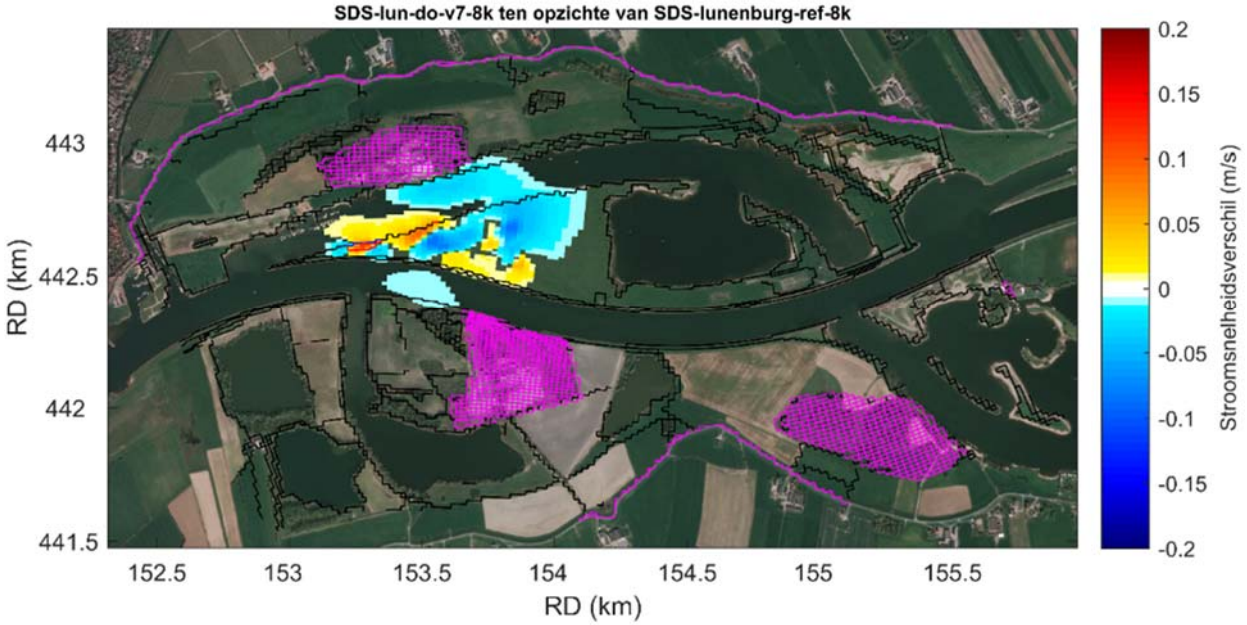
5.3 Morfologische effecten

Morfologisch effect op zomerbed (kwantitatief)

Ingrepen langs de rivier kunnen effect hebben op de stroomsnelheid in het zomerbed. Deze verandering van stroomsnelheid kan leiden tot ongewenst aanzanding of erosie, hetgeen een effect kan hebben op de bevaarbaarheid van de vaargeul voor de scheepvaart. Dit is aspect 3.1 uit RBK 5.0.

Voor het projectgebied geldt dat de waarden bij Gravenbol pas gaan meestromen met de rivier bij afvoeren vanaf 7.600 m^3/s te Lobith. De zomerkades langs de waarden aan noodzijde van de oude rivierarm hebben een hoogte van 7m+NAP, een dergelijke waterstand wordt bij de Lunenburgerwaard pas bereikt bij een afvoer van 8.700 m^3/s te Lobith. Dat betekend dus dat de meeste uiterwaarden pas gaan meestromen bij dit debiet, wat op basis van historische data gemiddeld eens per 8 jaar te verwachten is.

Omdat de uiterwaarden niet frequent meestromen is er is in dit project gekozen om geen WAQMORF berekening te maken, maar de effecten te beoordelen op basis van een deskundigheidsoordeel. Het WAQMORF script geeft aan dat er voor dit projectgebied een berekening bij 7.600 m^3/s gemaakt zou moeten worden. De aanzandingslengte volgens WAQMORF is 39 m vanaf de bovenstroomse rand van het gebied met bodemverandering. Het deskundigheidsoordeel over het morfologisch effect is bepaald op basis van een WAQUA berekening bij 8.000 m^3/s. De effecten van sedimentatie en erosie worden beoordeeld op basis van de verschillen in stroomsnelheid en de vigerende waterdiepte die op zullen treden bij deze afvoer tussen de referentie en de variant 'do_v6'.



Figuur 13: Verschil in stroomsnelheid tussen 'do_v6' en de 'referentie' in 2D bij een afvoer van 8.000 m³/s te Lobith. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan.

Figuur 13 maakt de stroomsnelheidsverschillen voor een afvoer van 8.000 m³/s te Lobith inzichtelijk. De figuur toont dat er bij een dergelijke hoogwatergolf nog nauwelijks verschillen optreden in de stroomsnelheden. Ter plaatse van Gravenbol, op kmr 925,3, varieert de toename in stroomsnelheid van 0,005 m/s (aan de rand van de lichtblauwe vlek) tot 0,011 m/s (midden van de lichtblauwe vlek).

Bij afvoeren lager dan 7.600 m³/s stroomt Gravenbol nog niet mee met de rivier vanwege de zomerkade langs de rechteroever van de Nederrijn. Er zijn dan geen stroomsnelheidsverschillen ten gevolge van de ingrepen in het projectgebied.

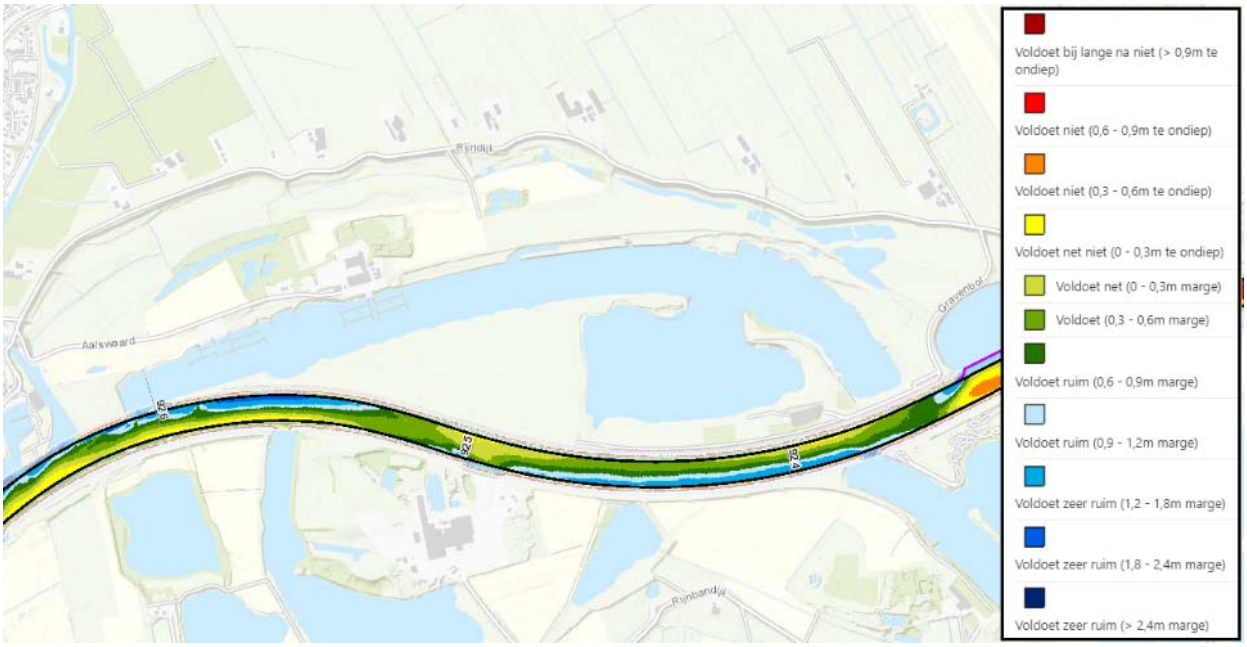
Op basis van 1) het aantal dagen per jaar dat er een effect optreedt 2) de absolute stroomsnelheid en waterdiepte en 3) de mate waarin de wijziging optreedt over het jaar en 4) de actuele toestand van de beschikbare minimale vaardiepte ter plaatse en 5) de breedtegemiddelde vaardiepte ter plaatse, kan beredeneert worden dat er geen nadelig morfologisch effect is.

1) Een afvoer van 7600 m³/s of hoger komt eenmaal per 3 jaar voor. Gedurende het grootste deel van het jaar is de afvoer lager en treden er geen effecten op. Gedurende het jaar is het rivierbed 153 dagen gestuwd en 113 dagen ongestuwd waarvan gemiddeld 112 dagen per jaar onder de 7600 m³/s.
2) De stroomsnelheid ter plaatse bij een afvoer van 8.000 m³/s varieert van 0,65 m/s aan de rand van het zomerbed tot aan 1,15 m/s in het midden van het zomerbed. De verandering in stroomsnelheid in de vaargeul (zoals getoond in figuur 13) is daarmee ca 1%. Bij een afvoer van 8.000 m³/s is de waterdiepte circa 8 m (waterstand is NAP+6,65 m en bodemniveau is ca NAP-1,5 m). Dit betekent een waterdiepte van ca. 8 m bij 8.000 m³/s. Uitgaande dat een stroomsnelheidsverandering van 1 cm/s leidt tot een afname van 1% van de waterdiepte indien deze verandering jaarrond voorkomt, dan is de wijziging 8 cm aanzanding (afname evenwichtsdiepte) over een lengte van 39 m (aanzandingslengte bepaald door WAQMORF op de Nederrijn).
3) De verandering in stroomsnelheid ten gevolge van de ingrepen treedt gemiddeld gedurende minder dan 1 dag per jaar op. Dat is 0,3% van het jaar. Dat betekent dat de verandering van de evenwichtsdiepte (uitgegaan van lineaire relatie tussen mate van voorkomen en bodemverandering) minder is dan 1 mm (0,2-0,3 mm) over een lengte van 39 m. Vanwege de exponentiele relatie tussen

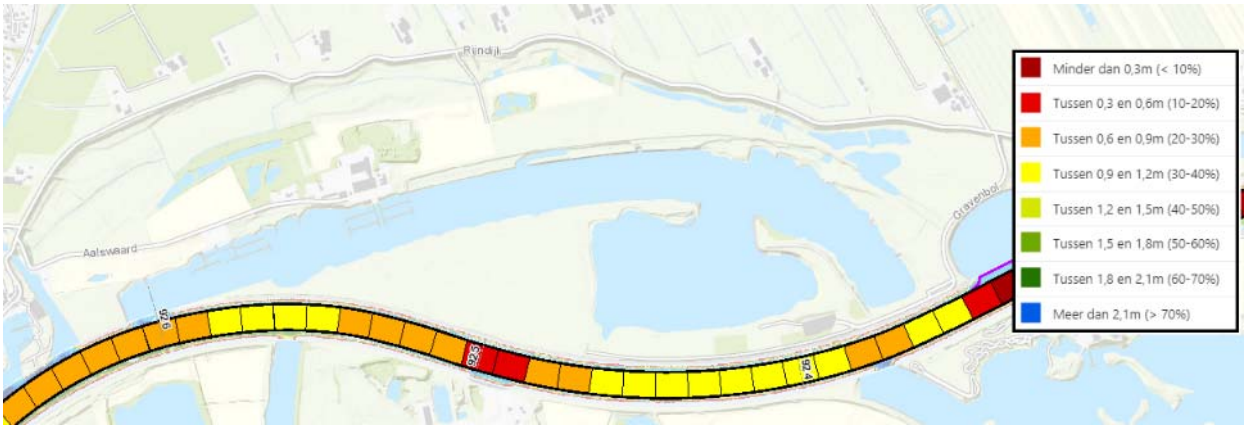
mate van verandering en bodemverandering ligt de verandering van de evenwichtsdiepte ten gevolge van het project waarschijnlijk een factor 2 hoger, dat blijft echter minder dan 1 mm over een lengte van 39 m. Daarmee is het maximum aanzandingsvolume: 39 m * 0,4 à 0,6 mm * 80 m (vaargeulbreedte) = 1,248 à 1,872 m3.

4) De minimale waterdiepte in de vaargeul mag als gevolg van ingrepen lokaal niet kleiner worden dan 3,5 m-OLR volgens het RBK 5.0. Figuur 14 geeft de mate waarin de waterdiepte in de vaargeul afwijkt van de ter plekke geldende scheepvaartnorm. De figuur toont dat er op delen van het traject nog slechts beperkte marge is op de vereiste vaardiepte en dat er lokaal in de binnenbochten sprake is van ondieptes. Ter plaatse van kmr 925,3 is sprake van een overgangsgebied tussen 2 bochten en is de marge op de minimale diepte nog 0,3-0,6 m. De beschikbare vaardiepte zal als gevolg van de ingrepen zeer licht wijzigen met minder dan 1 mm op kmr 925,2-925,4. Dit zal niet leiden tot een afname van de beschikbare minimale vaardiepte tot onder de norm. Er blijft ter plaatse circa 0,3 – 0,6 meter marge op de minimaal benodigde vaardiepte.
5) De breedtegemiddelde waterdiepte in de vaargeul mag als gevolg van ingrepen lokaal niet kleiner worden dan 4,9 m-OLR (o.b.v. RBK versie 3.0). Ter plaatse van kmr 925,3 is volgens de hectometervakindeling van figuur 16 gemiddeld 0,6 – 0,9 meter marge op de breedtegemiddelde vaardiepte in de vaarweg. De beschikbare vaardiepte zal als gevolg van de ingrepen zeer licht wijzigen met minder dan 1 mm op kmr 925,2-925,4. Dit zal niet leiden tot een afname van de beschikbare breedtegemiddelde vaardiepte tot onder de norm. Er blijft ter plaatse ca 0,6 – 0,9 meter marge op de breedtegemiddeld benodigde vaardiepte.

Op basis van bovenstaande analyse kan er geconcludeerd worden dat het ontwerp geen (grootschalige) effecten teweeg brengt met betrekking tot sedimentatie en erosie in de vaarweg. De ingrepen leiden niet tot een toename van de baggerinspanning of baggerbezwaar. De beschikbare vaardiepte zal als gevolg van de ingrepen zeer licht wijzigen met minder dan 1 mm op kmr 925,2-925,4. Dit zal niet leiden tot een afname van de beschikbare minimale en beschikbare breedtegemiddelde vaardiepte tot onder de norm. Er blijft voldoende vaardiepte beschikbaar op dit traject van de Nederrijn. Daar waar de beschikbare waterdiepte reeds onvoldoende is, vinden geen wijzigingen ten gevolge van het project plaats.



Figuur 14: Waterdieptekaart vaargeul Rijntakken, RWS, ingezoomd op de Lunenburgerwaard



Figuur 15: Waterdieptekaart vaargeul Rijntakken per hectometervak, RWS, ingezoomd op de Lunenburgerwaard

Morfologisch effect op winterbed

Ingrepen langs de rivier kunnen ook effect hebben op de stroomsnelheid in het winterbed, dit is aspect 3.2 uit RBK 5.0. Dit kan leiden tot lokale ongewenste schade door erosie aan objecten.

In de uiterwaard in het projectgebied zijn geen grootschalige aanzanding of erosie effecten te verwachten die tot ongewenste schade aan objecten zal leiden. De zomerkades langs de waarden aan noodzijde van de oude rivierarm hebben een hoogte van 7m+NAP, een dergelijke waterstand wordt bij de Lunenburgerwaard pas bereikt bij een afvoer van 8.700 m^3/s te Lobith. Dat betekend dus dat de meeste uiterwaarden pas gaan meestromen bij dit debiet, wat op basis van historische data gemiddeld eens per 8 jaar te verwachten is. De meeste uiterwaarden stromen in de praktijk dus niet frequent mee.

Aan de zuidkant van de oude rivierarm worden een aantal oevers ontsteend, dit zal waarschijnlijk enige morfologische gevolgen teweegbrengen. De verwachting is dat de oevers ten gevolge van erosie zullen verflauwen totdat er een nieuwe evenwichtssituatie ontstaat. Daarnaast wordt er een tweetal drempels aangelegd, als toegang tot de Sandenburgerwaard en als toegang tot de plas-dras bij Gravenbol. De stroomsnelheden die bij deze drempels zullen ontstaan zijn te zien in Tabel 2. Dergelijke dieptegemiddelde stroomsnelheden zullen niet tot problemen leiden, aangezien de drempel bij Gravenbol aangelegd wordt d.m.v. een kleidek en de drempel bij Sandenburgerwaard als kleidek met grasbedekking. De kritische stroming bij deze drempels wordt veroorzaakt door in- en uitstromen van water onder bepaalde condities dat de geulen of plas zich zal vullen of leeglopen. Bij pas-dras Gravenbol geldt verder dat golfaanval van recreatievaart of andere schepen een maatgevende factor is in de hydraulische belasting. Middels een goed waterbouwkundig ontwerp wordt hier een adequaat ontwerp van de drempel gemaakt. De drempel zal moeten bestaan uit een dik kleipakket, welke voldoende ingekast is in de oever om schade aan de drempel te voorkomen.

Tabel 2: Lokale stroomsnelheden (dieptegemiddeld en gemiddelde over een oppervlak van 10 bij 10 m, geen turbulentie) bij de drempels van Gravenbol en Sandenburgerwaard

Drempel	**16.000 m^3/s te Lobith**	**10.000 m^3/s te Lobith**
Gravenbol	0,43 m/s	0,32 m/s
Sandenburgerwaard	0,46 m/s	0,19 m/s

Langs de nieuw gegraven oevers van de plas-dras Gravenbol kan lokaal erosie ontstaan na een hoogwater of onder invloed van windgolven. Deze erosie is kleinschalig en levert gene ontoelaatbare schade op aan derden of gevoelige objecten.

Voor de ontsteende oevers langs de oude rivierarm geldt dat er onder invloed van stroming en scheepsgolven een nieuw dynamisch evenwichtsprofiel tot stand zal komen. Dit zal initieel tot oevererosie leiden. Verwacht wordt een soortgelijk profiel als bij de reeds ontsteende oevers langs deze zuidoever van de oude rivierarm. Indien de oevers veel verder eroderen dan hetgeen wenselijk wordt geacht door Utrechts landschap of RWS (vanwege natuurbeheer of de functies van de rivier (hoogwaterveiligheid, scheepvaart) dat kan het nodig zijn de oever te herstellen door deze aan te vullen met kleiig, meer erosiebestendig materiaal.

Het is niet aannemelijk dat er veel meer of minder water door de uiterwaard gaat stromen tijdens hoogwater of dat de uiterwaard anders aan gaat stromen. Op basis van de stroomsnelheden en het verschil in stroomsnelheden bij MHW (Figuur 8, **Error! Reference source not found.** en Figuur 13) kan worden geconcludeerd dat de stroomsnelheid lokaal tot maximaal 0,09 m/s oploopt. De stroomsnelheidsverschillen zijn echter dermate klein dat er ten gevolge van de ingrepen weinig tot geen verandering optreedt ten opzichte van de huidige situatie. Verandering van aanzanding of erosie processen in de uiterwaard t.o.v. de huidige situatie is dan ook niet aan de orde.

6. Conclusie

De conclusies zijn samengevat in onderstaande tabel (Tabel 3). Zoals in hoofdstuk 3 beschreven is kan er nog een afweging gemaakt worden met betrekking tot de vegetatie op de oevers rondom de plas bij Gravenbol. Om te voldoen aan aspect 1.1 van het RBK 5.0 wordt er vanuit gegaan dat het nodig is om jaarlijks voorafgaand aan de hoogwaterperiode (medio oktober) alle oevers te maaien. De overweging kan gemaakt worden om minder frequent beheer te plegen om de oevervegetatie te laten verruwen. Gezien de zeer geringe waterstandseffecten en de winst die dit oplevert voor ecologie en de reductie in het beheer, wordt deze overweging als volwaardige optie meegegeven. Het heeft echter wel tot gevolg dat de 'zaagtand' zoals uitgewerkt in hoofdstuk 4.1 niet toepasbaar is.

Tabel 3: Conclusies per beoordeelaspect van RBK 5.0

Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Effect van de ingreep	Voldoet ja/nee
1.1	MHW stand op de as van de rivier	Stroomvoerend: waterstandsverhoging gelijk of kleiner dan 1 mm (bij 16.000 m³/s te Lobith).	Ontwerp leidt tot een lokale opstuwingspiek van 1,15 mm op de as van de rivier. Voldoet aan de 3 criteria: 1. het ontwerp is geoptimaliseerd; 2. het oppervlak van de verhogingsdriehoek is vele malen kleiner is dan de verlagingsdriehoek; 3. de waterstandsverhoging bij derden wordt zoveel mogelijk voorkomen.	Ja
1.2	MHW stand buiten de as van de rivier	Waterstandsverhoging in het 2D-vlak en langs de bandijk.	Langs de bandijk vinden alleen waterstandsverlagingen plaats	Ja
1.3	Effect op afvoerverdeling bij MHW	Verandering afvoerverdeling < 5 m³/s bij Boven-Rijn afvoer van 15.000 m³/s.	Geen effect (< 1 m^3/s), zeer kleine waterstandsverandering op splitsingspunt.	Ja
1.4	Effect op afvoerverdeling bij normaal hoogwater	Verandering afvoerverdeling < 20 m³/s bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m³/s.	Geen effect (< 1 m^3/s), zeer kleine waterstandsverandering op splitsingspunt.	Ja
1.5	IJsafvoer	Een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven	Geen effect, maatregelen gaan geen effect hebben op de ijsafvoer	Ja
2.1	Waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard	Verandering waterstanden en/of inundatiefrequentie bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m³/s.	Behalve veranderingen van inundatiefrequentie door het creëren van KRW-maatregelen (vernatten Gravenbol en Sandenburgerwaard) zijn er geen effecten op de inundatiefrequentie te verwachten en dus ook geen hinder voor terreineigenaren.	Ja
2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	Verandering grootte en richting stroomsnelheden bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m³/s.	Geen groot effect, er ontstaan geen stroomsnelheden die resulteren in hinder of schade aan objecten.	Ja
2.3	Stroombeeld in hoofdgeul bij de aan- en aftakking van nevengeul	Bij afvoer nevengeul < 50 m³/s: dwarsstroming vaarweg ≤ 0,3 m/s; Bij afvoer nevengeul > 50 m³/s: dwarsstroming vaarweg ≤ 0,15 m/s.	Geen relevante wijzigingen, geen hinder voor scheepvaart op gebied van dwarsstroming.	Ja
3.1	Aanzanding en erosie van het zomerbed (+ oevers)	<u>Bij erosie:</u> geen verlaging gemiddelde bodemligging en geen oevererosie, beperkte ontgronding bij constructies per hoogwater. <u>Bij sedimentatie:</u> geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren; geen verhoging MHW op lange termijn.	Geen (grootschalige) effecten met betrekking tot sedimentatie en erosie in de vaarweg. De ingrepen leiden niet tot een toename van de baggerinspanning of baggerbezwaar. De beschikbare vaardiepte zal als gevolg van de ingrepen zeer licht wijzigen met minder dan 1 mm op	Ja

Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Effect van de ingreep	Voldoet ja/nee
		In het algemeen: beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten en behouden veiligheid scheepvaartverkeer.	kmr 925,2-925,4. Dit zal niet leiden tot een afname van de beschikbare vaardiepte tot onder de norm. Er blijft voldoende vaardiepte (minimaal en breedtegemiddeld) beschikbaar op dit traject van de Nederrijn. Daar waar de beschikbare waterdiepte reeds onvoldoende is, vinden geen wijzigingen ten gevolge van het project plaats.	
3.2	Aanzanding en erosie van uiterwaard en nevengeulen	Bij sedimentatie: beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten. Bij erosie: geen bodemerosie langs waterkering; stroomsnelheid nevengeul bankfull < 0,3 m/s; geen bodemerosie langs waterkering.	Geen effecten verwacht, verandering van aanzanding en erosie in de uiterwaard is niet aan de orde. Geen grootschalige erosie langs kades, oevers of andere objecten. Wel aandachtspunt bij ontwerpeisen drempels plas-dras Gravenbol en Sandenburgerwaard Wel aandachtspunt voor beheerplan ontsteende oevers en plas-dras Gravenbol	Ja

7. Bronnen

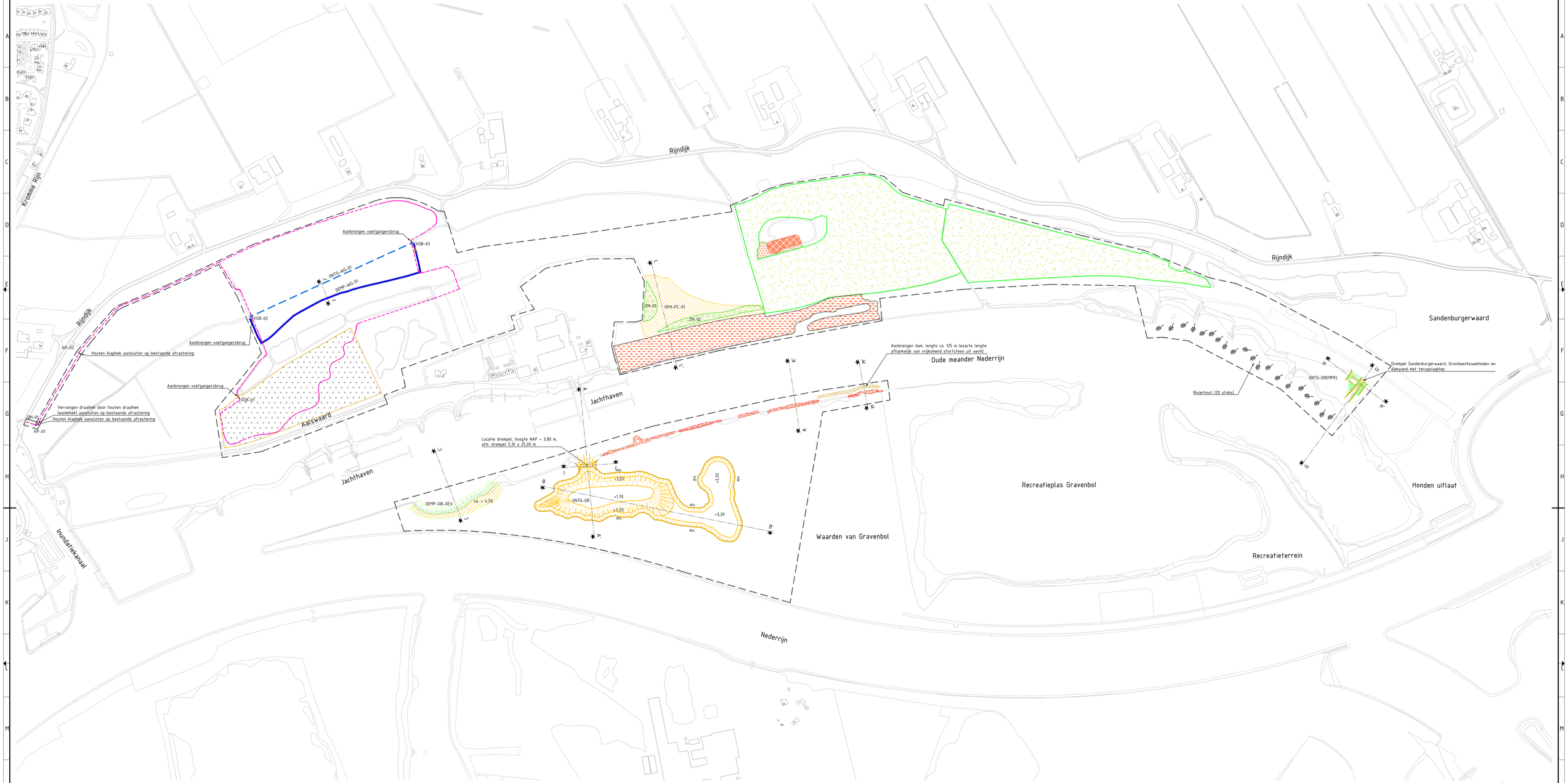
[1] RHDHV, Lunenburgerwaard – Rivierkundige berekening VO, rapport, 12 januari 2018, WATBD8555R001F1.

[2] RHDHV, Lunenburgerwaard – Ontwerpnota 10.0 Lunenburgerwaard, rapport december 2020, BG80460-RHD-RP-TM-ZZ-C-0034

[3] RHDHV, Lunenburgerwaard – Beheer- en Onderhoudsplan 6.0, rapport december 2020, BG80460-RHD-RP-TM-ZZ-C-0035

Bijlage A

Ontwerptekening DO + maatregelenkaart



Legenda

Algemeen

- BGT bestaande situatie
- Kadastrale grens
- Projectgrens

Opruimwerkzaamheden

- Ontstenen oever, bestorting rivieroevers in water drukken.
- Verwijderen bomen / bos
- Opschonen moeras, baggeren en verwijderen begroeiing
- Bestrijden berenklauw
- Verwijderen duiker

Grondwerk

- Ontgraven Gravenbol en drempel
- Dempen oever oude meander Nederrijn, dempen tot bestaand mv.
- Aanvullen percelen, laagdikte 0,30 m
- Ontgraven watergang
- Dempen / verlanden watergang

Kunstwerken

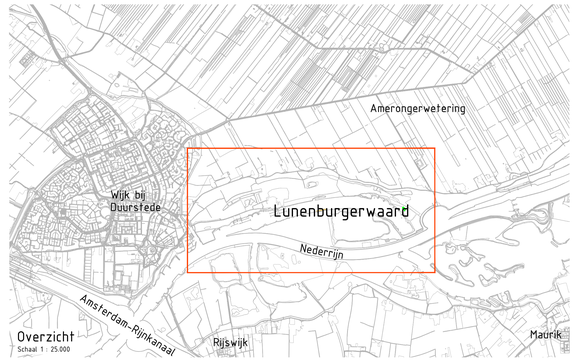
- Aanbrengen bomen (rivierhout)
- Aanbrengen drempel Sandenburgerwaard, Damwand met trugslagklep
- Aanbrengen voetgangersbrug
- Aanbrengen bestorting

Terreininrichting

- Wandelroute
- Aanbrengen houten draaihekken
- Aanbrengen houten klappoortje

Groenvoorziening

- Aanbrengen zoommantel, aanplant bomen / heesters
- Aanbrengen hardhoutooibos
- Ontwikkeling tot Kruiden- en faunarijk grasland (natuurbeheertype N12.02)



Overzicht
Schaal 1 : 25.000

Opmerkingen

Alle lengtematen in meters, tenzij anders aangegeven.
Alle hoogtematen t.o.v. N.A.P., tenzij anders aangegeven.
Alle materiaalmaten in millimeters, tenzij anders aangegeven.

0 25 50 75 100m

versie	omschrijving	getekend	gecontroleerd	akkoord	datum
13.0	Toevoeging verwerkingslocatie stortsteen	L. Spijker	W. de Jong	W. de Jong	03-12-2020
12.0	Wijziging nav. gesprekken stakeholders	L. Spijker	W. de Jong	W. de Jong	23-10-2020
11.0	Wijziging projectgrens t.h.v. de berenklauw	L. Spijker	R. van de Laar	W. de Jong	27-07-2020
10.0	Wijziging wandelpad, klaphekje en draaihek	L. Spijker	R. van de Laar	W. de Jong	14-07-2020
9.0	Wijziging wandelpad en klaphekjes	L. Spijker	R. van de Laar	W. de Jong	08-07-2020
8.0	Toevoeging DWP L-L' en ballenrijn is komen te vervallen	L. Spijker	R. van de Laar	W. de Jong	11-06-2020
7.0	Wijziging Tichelpuiten zijn komen te vervallen en daarmee DWP D-D' en E-E'	L. Spijker	R. van de Laar	W. de Jong	15-05-2020
6.0	Wijziging lengte bestorting en bestrijding berenklauw	L. Spijker	R. van de Laar	W. de Jong	23-04-2020
5.0	Wijziging t.b.v. vergunningen	L. Spijker	R. van de Laar	W. de Jong	08-04-2020
4.0	Wijziging wandelpad, bruggetje en textueel	L. Spijker	R. van de Laar	W. de Jong	27-03-2020
3.0	Aanduiding deelnaamlijsten	L. Spijker	R. van de Laar	W. de Jong	18-03-2020
2.0	Wijziging nav. rivierkundige beoordeling en gesprekken stakeholders	L. Spijker	R. van de Laar	W. de Jong	28-02-2020
1.0	Eerste uitgave	L. Spijker	R. van de Laar	W. de Jong	20-12-2019

opdrachtgever
Provincie Utrecht

project
Natuurontwikkeling Lunenburgerwaard

omschrijving
Definitief Ontwerp - Inrichtingsplan

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together
HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

documentstatus	documentversie
Definitief	13.0

formaat	schaal	fase	bladnr.	van
A0 - 841x1260	1:2500	DefinitiefOntwerp	01	03

projectnummer / tekeningnummer
BG8046-TE-DO-1201

provincie :: Utrecht

Legenda

- Aanbrengen voetgangersbrug
- Aanleg zoom-mantelvegetatie
- Aanleggen hardhoutooibos
- Aanleggen oeverzone
- Aanvullen maaiveld (30 cm)
- Aanvullen oever
- Bestrijding bereklauw
- Ontgraven maaiveld tbv drempel
- Ontgraven moeras
- Ontgraven open water/tichelputten
- Ontwikkeling hooilanden
- Opschonen moeras
- Verwijderen bomen
- Dempen watergang
- Ontgraven watergang
- Ontstenen oever
- Onverharde wandelroute
- Rivierhout

0 0,125 0,25 0,5 0,75 1 Kilometers

Titel
Natuurbeheertypenkaart Lunenburgerwaard

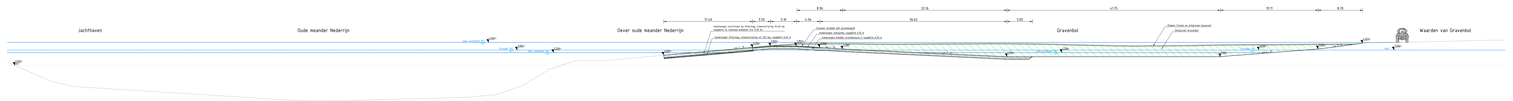
Project
Natuurontwikkeling Lunenburgerwaard Fase1

Datum	*Opgesteld door*
26-10-2020	H. Kats

Esri Nederland, Community Map Contributors

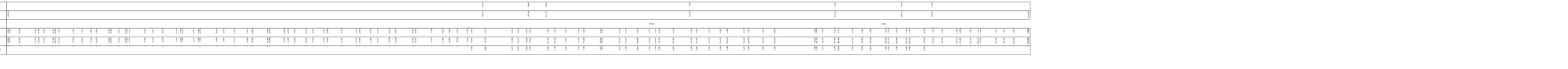
Bijlage B

Dwarsprofielen



Dwarsprofiel A - A'
Ontgraving Gravenbol
Schaal 1:200

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
	Breedte	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	
	Hoogteverschil	



Dwarsprofiel B - B'
Ontgraving Gravenbol
Schaal 1:200

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
	Breedte	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	
	Hoogteverschil	



Dwarsprofiel C - C'
Dempen dever oude meander Nederrijn
Schaal 1:200

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
	Breedte	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	
	Hoogteverschil	

Legenda

- Bestaand
- Markgrens (in doorsneden aangegeven met stuggard)
- Kwel, verticaal waterpeilgelijk, NAP + 4,70 m
- Kwel, schuingaal waterpeilgelijk, NAP + 2,50 m
- Drukpeil, waterpeilgelijk NAP + 1,50 m
- Kwel, grondwaterpeilgelijk, NAP + 3,00 m
- Nieuw maaiveld
- Hoogte palen
- Peilbuis met nr.
- Zand, grof grind
- Asfalt/ver bestraat
- Asfalt/ver groen
- Asfalt/ver klei
- Beschoeiing
- Inkassen bestaande talud/ verharding en sievers oude meander Nederrijn
- Plaaten/Projectverlegbaan bosvenser

Opmerkingen

Alle lengtematen in meters, tenzij anders aangegeven.
Alle hoogtematen in m t.o.v. NAP, tenzij anders aangegeven.
Alle dwarsmaten in millimeters, tenzij anders aangegeven.

01	Opdracht tot gewijzigd uitvoering	14-10-2020	M. de Vries
02	Definitief	14-10-2020	M. de Vries
03	Definitief na verwerking opmerkingen Provincie Utrecht	14-10-2020	M. de Vries
04	Definitief na verwerking opmerkingen Provincie Utrecht	14-10-2020	M. de Vries
05	Definitief na verwerking opmerkingen	14-10-2020	M. de Vries
06	Definitief na verwerking opmerkingen	14-10-2020	M. de Vries
07	Definitief na verwerking opmerkingen	14-10-2020	M. de Vries

Provincie Utrecht

Natuurontwikkeling Lunenburgerwaard

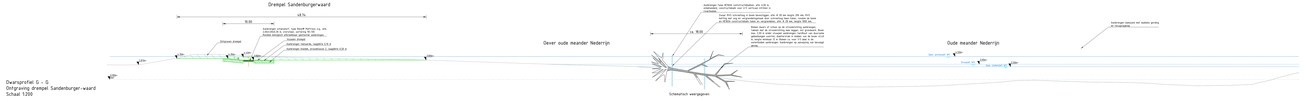
Dwarsprofiel A-A' t/m C-C'

Royal HaskoningDHV
Enabling Delta Together

Haskoningdhv Nederland B.V.
Transport & Planning

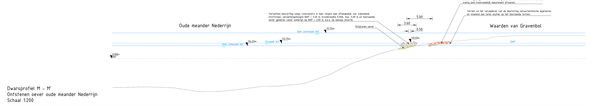
Definitief

Datum	Schaal	Formaat	Tekeninstructienummer	Versie	Blad	Bladen
14-10-2020	1:200	A0	BGB046-TE-DO-A002	07	001	001



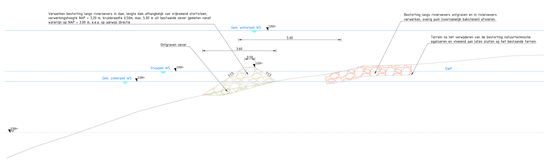
Dwarsprofiel G - G'
Ontgraving drempel Sandenburger-waard
Schaal 1:200

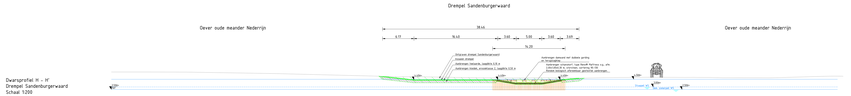
Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
	Breedte	5.00m
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	
	Hoogteverschil	



Dwarsprofiel M - M'
Ontstenen over oude meander Nederrijn
Schaal 1:200

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
	Breedte	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	
	Hoogteverschil	





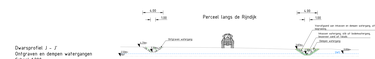
Dwarsprofiel H - H'
Drempel Sandenburgerwaard
Schaal 1:200

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
	Breedte	8.47
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	
	Hoogteverschil	



Dwarsprofiel I - I'
Drempel Gravenbol
Schaal 1:200

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
	Breedte	31.44
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	
	Hoogteverschil	

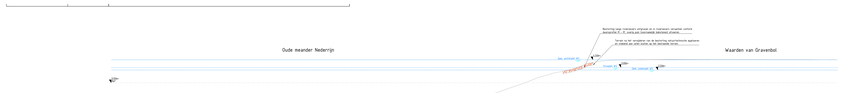


Dwarsprofiel J - J'
Ontgraven en dempen watergangen
Schaal 1:200

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
	Breedte	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	
	Hoogteverschil	

Legenda

- Wetland
- Verlgraven (in deelvlakken aangegeven met vlaggen)
- Gem. winterpeil waterpeilgebied: NAP + 4.50 m
- Gem. zomerpeil waterpeilgebied: NAP + 2.50 m
- Vlaspeil, waterpeilgebied: NAP + 3.00 m
- Gem. grondwaterstand: NAP + 3.00 m
- Nieuw maaiveld
- Hoogte gebied
- Helling talud
- Ontgraven grond
- Aanvullen hoofgrond
- Aanvullen grond
- Aanvullen klei
- Herstellende bekleding
- Herstellende bodemlaag
- Aanvullen bodemlaag (gelijk vlgens ophoging en overig oude meander Nederrijn)
- Plaatsen/toepassingsgrens bouwsteur



Dwarsprofiel K - K'
Ontstenen over oude meander Nederrijn
Schaal 1:200

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
	Breedte	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	
	Hoogteverschil	



Dwarsprofiel L - L'
Ophoging perceel en aanbrengen zoombeplanting
Schaal 1:200

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
	Hoogteverschil	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	
	Breedte	

Opmerkingen

Alle langteassen in meters, tenzij anders aangegeven.
Alle hoogtewaarden t.o.v. N.A.P., tenzij anders aangegeven.
Alle oeverprofielen in millimeters, tenzij anders aangegeven.

0	1	2	5	10m

03	Dwarsprofiel - M' toegevoegd en profielen aangepast	2. 1000	2. M. m.tov.	2. M. m.tov.
02	Dwarsprofiel - M' toegevoegd	2. 1000	2. M. m.tov.	2. M. m.tov.
01	Definitief - Ontwerp	2. 1000	2. M. m.tov.	2. M. m.tov.
00	Voorlopig Ontwerp	2. 1000	2. M. m.tov.	2. M. m.tov.
00	Voorlopig Ontwerp	2. 1000	2. M. m.tov.	2. M. m.tov.
00	Voorlopig Ontwerp	2. 1000	2. M. m.tov.	2. M. m.tov.
00	Voorlopig Ontwerp	2. 1000	2. M. m.tov.	2. M. m.tov.
00	Voorlopig Ontwerp	2. 1000	2. M. m.tov.	2. M. m.tov.

Provincie Utrecht

Natuurontwikkeling Lunenburgerwaard

Dwarsprofiel G-G' t/m M-M'

Royal HaskoningDHV
Making Water Together
Royal HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

Definitief

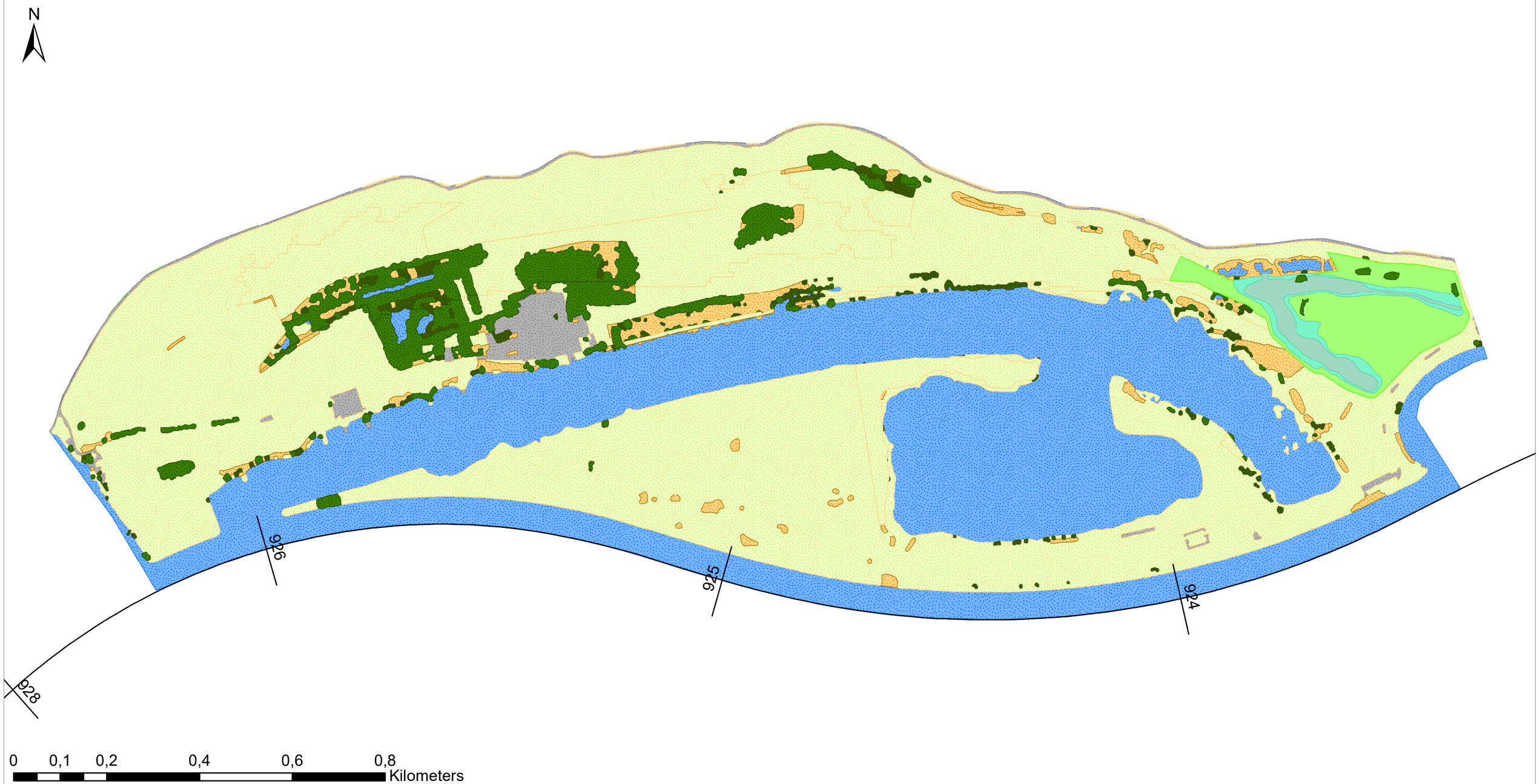
A3: 1841x2523 | 1:200 | 1:100

Definitief Ontwerp

B08646-TE-DO-A003

Bijlage C

Interventiewaardenkaarten



Legenda

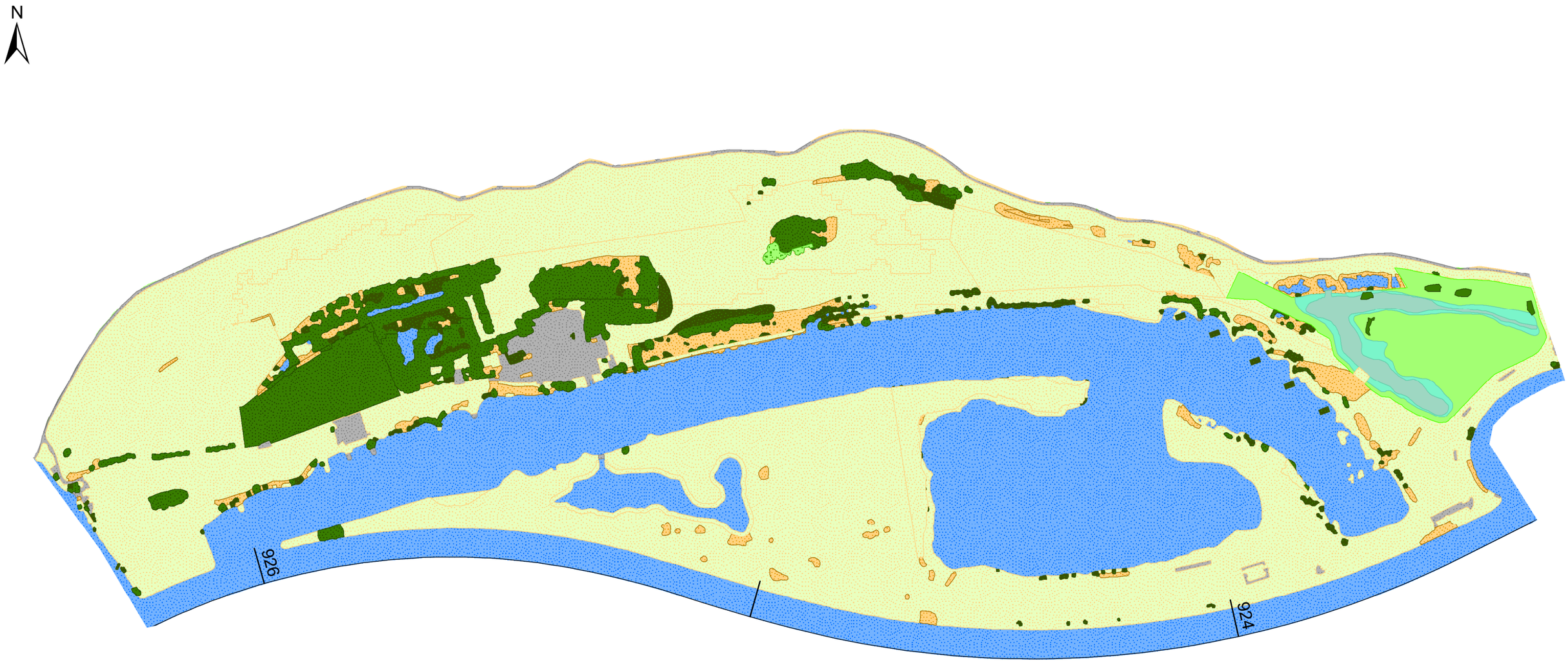
- Bebouwd/verhard terrein
- Strang
- Productiegrasland
- Natuurlijk grasland/hooiland
- Ooibos
- Pioniersvegetatie
- Natte vegetatie homogeen
- Vegetatielegger, water
- Vegetatielegger, verhard
- Vegetatielegger, gras en akker
- Vegetatielegger, riet en ruigte
- Vegetatielegger, bos
- Vegetatielegger, struweel

Titel
Interventiewaardenkaart referentie

Project
Natuurontwikkeling Lunenburgerwaard Fase1

Datum	Opgesteld door
26-3-2020	H. Kats

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together



Legenda

- Bebouwd/verhard terrein
- Strang
- Productiegrasland
- Natuurlijk grasland/hooiland
- Ooibos
- Pioniersvegetatie
- Natte vegetatie homogeen
- Vegetatielegger, water
- Vegetatielegger, verhard
- Vegetatielegger, gras en akker
- Vegetatielegger, riet en ruigte
- Vegetatielegger, bos
- Vegetatielegger, struweel
- Vegetatielegger, mengklasse 70% gras en akker, 30% bos

Titel
Interventiewaardenkaart ontwerp

Project
Natuurontwikkeling Lunenburgerwaard Fase1

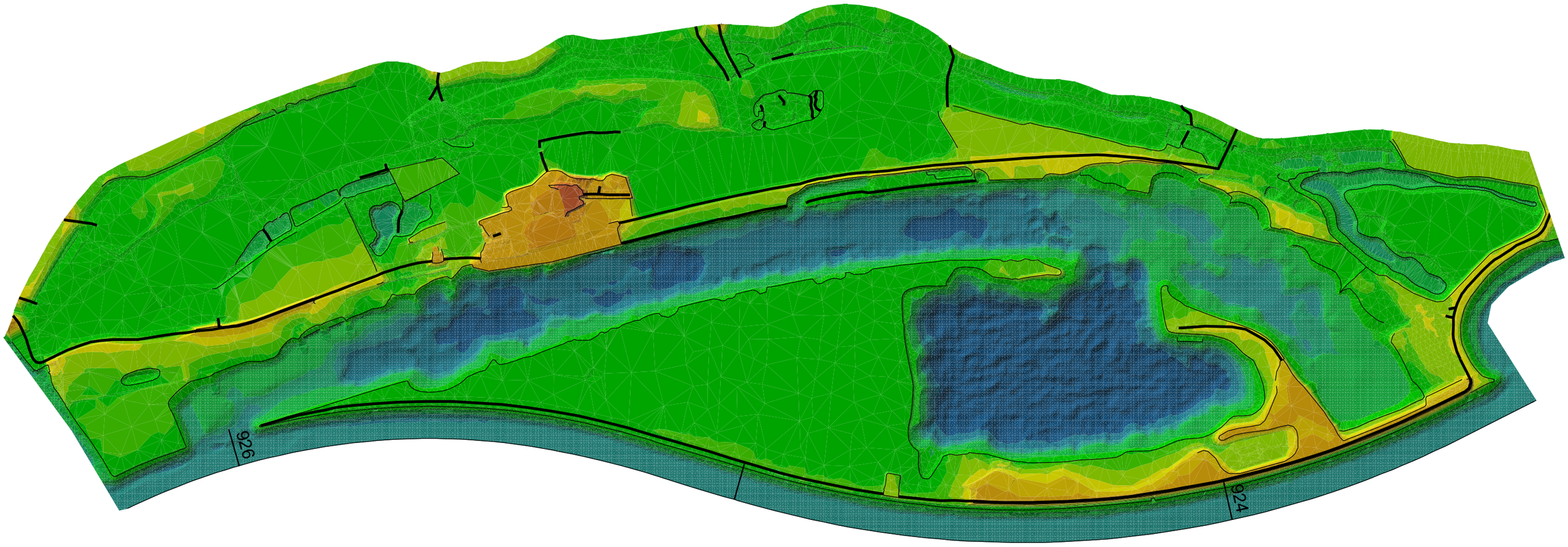
Datum	Opgesteld door
13-5-2020	H. Kats

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage D

Bodemhoogtekaarten

N



0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8
Kilometers

Legenda

Bodemhoogte (m+NAP)

- 12 - 40
- 10 - 12
- 9 - 10
- 8 - 9
- 7 - 8
- 6.5 - 7
- 6 - 6.5
- 5.5 - 6
- 5 - 5.5
- 3 - 5
- 0 - 3
- -1 - 0
- -3 - -1
- -7 - -3
- -18 - -7
- -30 - -18

kade

hoogteverschillijn

Titel
Bodemhoogtekaart referentie

Project
Natuurontwikkeling Lunenburgerwaard Fase1

Datum	Opgesteld door
3/27/2020	H. Kats

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

N

926

924

0 0,1 0,2 0,4 0,6 0,8
Kilometers

Legenda

Bodemhoogte (m+NAP)

- 12 - 40
- 10 - 12
- 9 - 10
- 8 - 9
- 7 - 8
- 6.5 - 7
- 6 - 6.5
- 5.5 - 6
- 5 - 5.5
- 3 - 5
- 0 - 3
- -1 - 0
- -3 - -1
- -7 - -3
- -18 - -7
- -30 - -18

kade

hoogteverschillijn

Titel
Bodemhoogtekaart ontwerp

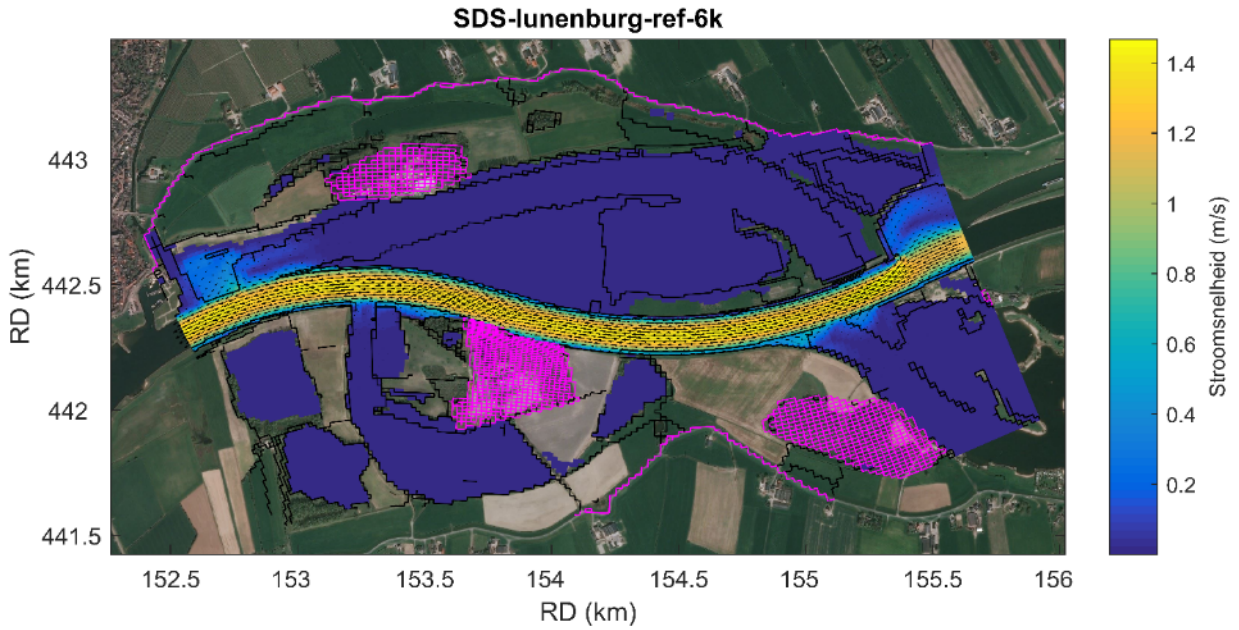
Project
Natuurontwikkeling Lunenburgerwaard Fase1

Datum	Opgesteld door
14-10-2020	H. Kats

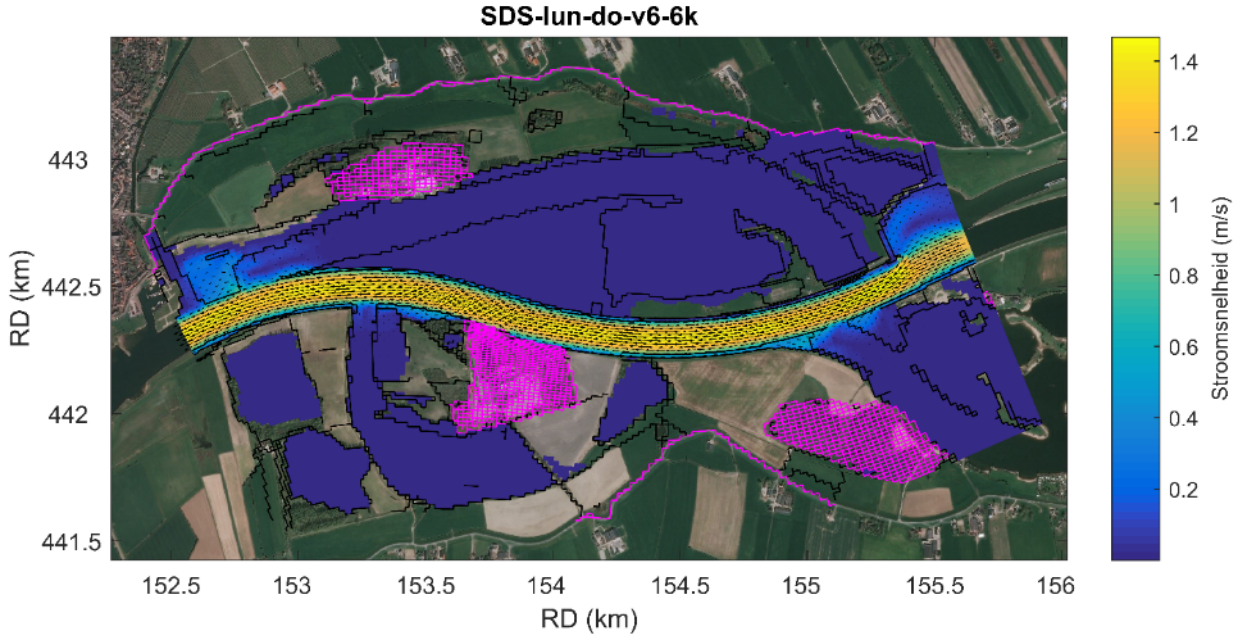
Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage E

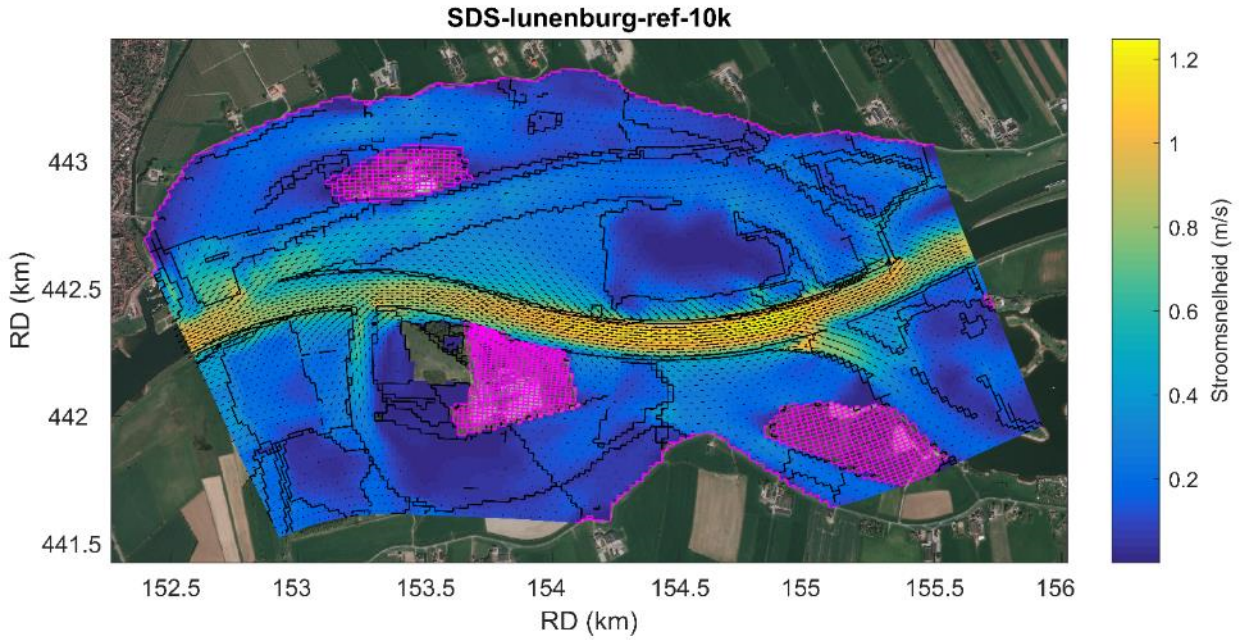
Figuren met absolute stroomsnelheid



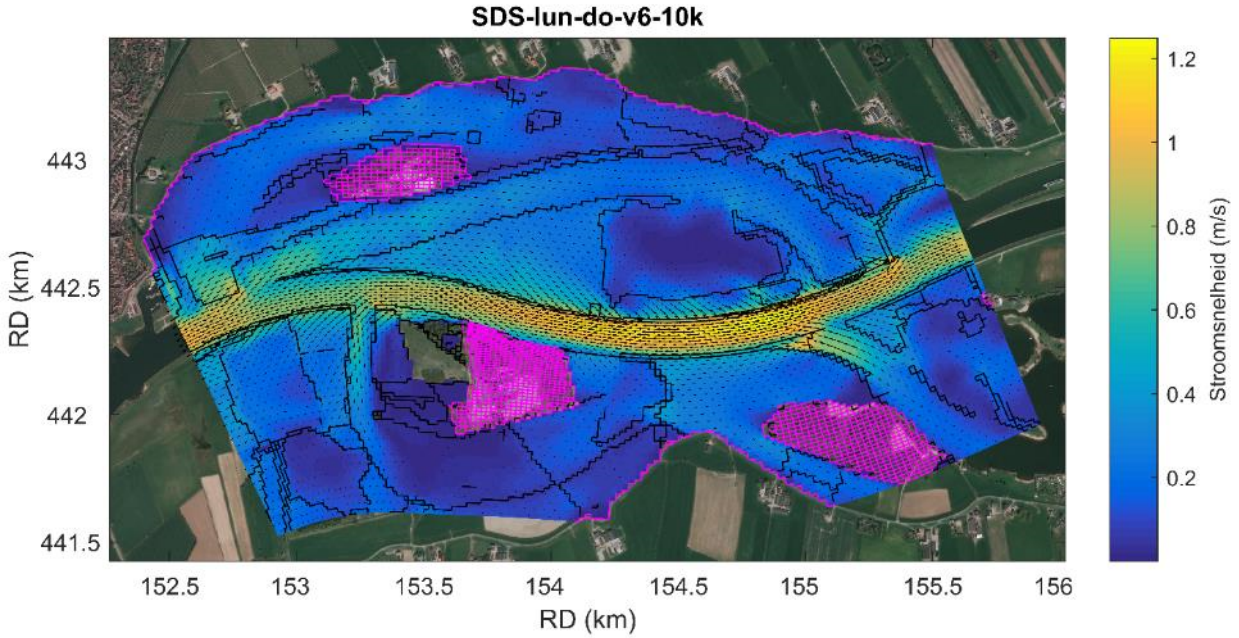
Figuur 16: Absolute stroomsnelheid van de referentie in 2D bij een afvoer van 6.000 m^3/s te Lobith. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan.



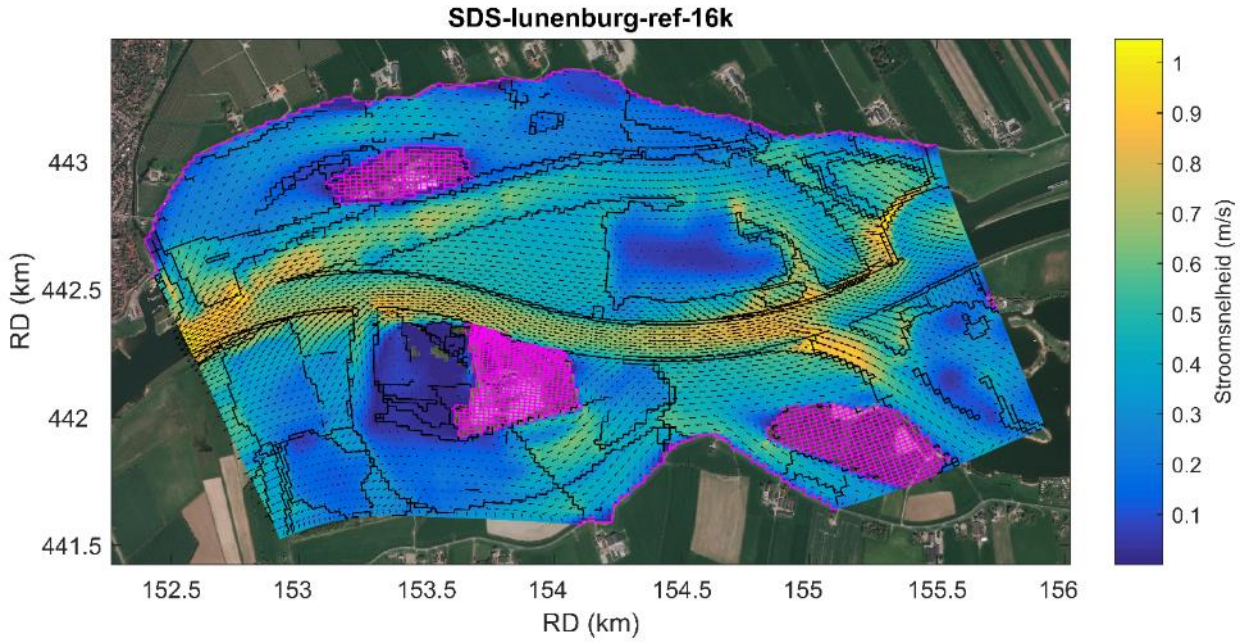
Figuur 17: Absolute stroomsnelheid van variant 'do_v6' in 2D bij een afvoer van 6.000 m^3/s te Lobith. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan.



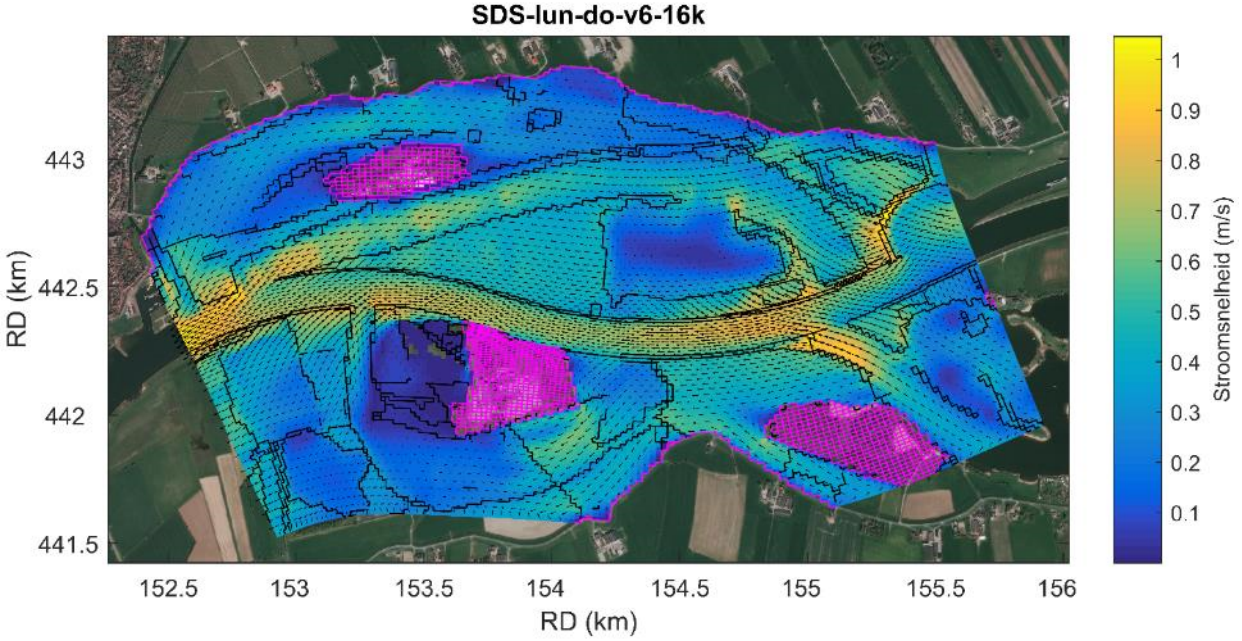
Figuur 18: Absolute stroomsnelheid van de referentie in 2D bij een afvoer van 10.000 m^3/s te Lobith. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan.



Figuur 19: Absolute stroomsnelheid van variant 'do_v6' in 2D bij een afvoer van 10.000 m3/s te Lobith. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan.



Figuur 20: Absolute stroomsnelheid van de referentie in 2D bij een afvoer van 16.000 m3/s te Lobith. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan.



Figuur 21: Absolute stroomsnelheid van variant 'do_v6' in 2D bij een afvoer van 16.000 m^3/s te Lobith. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan.