Herinrichting De Lymen

Vaststellen taakstelling en rivierkundige effectenbeoordeling definitief ontwerp

Vereniging Natuurmonumenten

5 september 2023

Project	Herinrichting De Lymen
Opdrachtgever	Vereniging Natuurmonumenten
Document	Vaststellen taakstelling en rivierkundige effectenbeoordeling definitief ontwerp
Status	Definitief
Datum	5 september 2023
Referentie	130938/23-014.243
Projectcode	130938
Projectleider	Ir. B. Gradussen
Projectdirecteur	Ir. R. Bouw
Auteur(s)	Ir. B. Gradussen
Gecontroleerd door	Ir. M.H.P. Jansen
Goedgekeurd door	Ir. M.H.P. Jansen
Paraaf	

Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	**INLEIDING**	**5**
1.1	Introductie	5
1.2	Doel	6
1.3	Leeswijzer	7
2	**REFERENTIESITUATIE EN VARIANT**	**8**
2.1	Introductie	8
2.2	Overzicht modelvergelijkingen	8
2.3	Referentiemodel (YY2)	9
2.4	Oude referentie (YY1)	11
2.5	Variant ZZ4: Herinrichting De Lymen	15
3	**SYSTEEMWERKING EN KWALITATIEVE BESCHOUWING**	**21**
3.1	Introductie	21
3.2	Systeemwerking Maas vóór de ingreep	21
3.3	Systeemwerking rond de Lymen vóór de ingreep	21
3.4	Aard en omvang van geplande ingreep	22
3.5	Te verwachten hydraulische effecten	22
3.6	Te verwachten morfologische effecten	23
4	**UITGANGSPUNTEN MODELBEREKENINGEN**	**25**
4.1	Introductie	25
4.2	Methode	25
4.3	Uitgangspunten	25
4.4	Modelkoppeling en randvoorwaarden	25
5	**VASTSTELLEN TAAKSTELLING**	**28**
5.1	Introductie	28
5.2	Waterstandseffecten bij 4.118 m^3/s	28

5.3 Taakstelling 29

6 RIVIERKUNDIGE EFFECTEN 30

6.1 Introductie 30
6.2 Waterstandsverschillen op de rivieras bij Hoogwaterreferentie 30
6.3 Hoogwaterreferentie buiten de rivieras 31
6.4 Invloed op ijsafvoer 32
6.5 Inundatiefrequentie van de uiterwaard 32
6.6 Stroombeeld in de uiterwaard en hoofdgeul 34
6.7 Dwarsstroming 36
6.8 Beoordeling morfologische effecten 40
6.8.1 Kwalitatieve beschouwing 40

7 CONCLUSIES 43

8 REFERENTIES 47

Laatste pagina 47

Bijlage(n)

		Aantal pagina's
I	Bodemhoogte Referentiemodel YY1	1
II	Vegetatieruwheid Referentiemodel YY1	1
III	Bodemhoogte Referentiemodel YY2	1
IV	Vegetatieruwheid Referentiemodel YY2	1
V	Bodemhoogte Variant ZZ4	1
VI	Vegetatieruwheid Variant ZZ4	1

1

INLEIDING

1.1 Introductie

Natuurmonumenten wil in het gebied tussen Ravenstein en Lith de uiterwaard De Lymen ontwikkelen als natuurgebied. Onderdeel van deze uiterwaardherinrichting is de aanleg van een niet-permanent meestromende nevengeul, waarin de in- en uitstroomopeningen functioneren als drempels die boven een bepaalde rivierafvoer overstromen. Hierdoor heeft de geul tijdens lage rivierafvoeren geen invloed op de waterbeweging of morfologie in het zomerbed.

De ontwerpopgave vraagt om een cyclisch voorbereidingsproces van integraal ontwerpen, onderzoeken en besluitvoorbereiding. Het initiële zoekgebied voor dit voornemen is in afbeelding 1.1 weergegeven. De uiterwaarden ligt aan de Gelderse zijde van de Maas en beslaat een oppervlak van ongeveer 60 ha. Het oppervlak van het uiteindelijke zoekgebied waarbinnen is gewerkt heeft een grootte van circa 40 ha.

Afbeelding 1.1 Plangebied De Lymen



In de afgelopen jaren zijn er in het omliggende gebied verschillende initiatieven verkend met het ontwikkelen van natuur en behalen van voldoende waterstandsdaling als belangrijke uitgangspunten. Zo is ook de gebiedsontwikkelingen Demen-Dieden verkend. Het ontwerp van Demen-Dieden, zoals vastgelegd in 2018 (in het vervolg aangeduid met DD18), is integraal opgenomen in de doelstelling binnen het project Meanderede Maas. Voor dit integrale project is een taakstelling voor het behalen van een waterstandsdaling op rivierkilometer 184 vastgelegd. Echter was DD18 ten tijde van de ontwikkeling van Meanderende Maas nog niet afgerond en nog niet vergund.

Parallel aan de uitwerking van Meanderende Maas zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd in het ontwerp voor de gebiedsontwikkelingen Demen-Dieden, wat heeft geleid tot een definitief, vergund ontwerp in 2020 (in het vervolg aangeduid met DD20, zie ook hoofdstuk 2). Dit heeft tot gevolg dat de vastgestelde waterstandsdaling voor Meanderende Maas (dat uit gaat van DD18) niet meer gehaald wordt wanneer het

definitieve ontwerp voor Demen-Dieden (DD20) wordt meegenomen. Met behulp van de inrichting van De Lymen wordt getracht dit verschil in waterstandsdaling te compenseren, om zo tot de netto waterstandsdaling zoals vastgesteld binnen Meanderende Maas te behalen. Deze gewenste waterstandseffecten die met De Lymen moeten worden behaald vormen daarom de taakstelling voor het ontwerp van de Lymen.

Naast het vaststellen van de taakstelling bevat deze rapportage ook de bepaling van rivierkundige effecten die ontstaan ten gevolge van het definitieve ontwerp voor de herinrichting van De Lymen (afbeelding 1.2). Deze studie is een vervolg op een eerdere studie waarbij een voorlopig ontwerp voor De Lymen is beschouwd [ref. 5]. Daarnaast is eerder ook een gevoeligheidsstudie uitgevoerd om het effect van vegetatie in het ontwerp te verkennen [ref. 6].

Gelet op de ligging van het plangebied in de Maas, moeten de rivierkundige effecten ter onderbouwing van een vergunningsaanvraag op grond van de Waterwet worden doorgerekend. Hiervoor moeten de rivierkundige effecten worden bepaald, om deze vervolgens te toetsen aan de criteria van het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK 5.0) [ref. 1].

Afbeelding 1.2 Definitief ontwerp voor De Lymen (zie ook hoofdstuk 2)



1.2 Doel

Het doel van deze studie is tweeledig:
1 bepalen van de taakstelling voor het ontwerp voor de Lymen;
2 beoordelen of het definitief ontwerp van de Lymen voldoet aan het RBK.

Allereerst is de taakstelling voor de herinrichting van de Lymen bepaald. Daarnaast bevat dit rapport de resultaten van de rivierkundige berekeningen voor het definitief ontwerp en de beoordeling op basis van de eisen van het RBK. Op basis van de vooraf gemaakte afspraken met Rijkswaterstaat[1], zijn er verschillende berekeningen gemaakt voor zowel de Hoogwaterreferentie als voor lagere afvoeren om de verschillende aspecten uit het RBK te beoordelen. Zoals afgestemd met Rijkswaterstaat gebeurt dit deels kwantitatief op basis van uitgevoerde modelberekeningen en deels kwalitatief op basis van een expertoordeel.

[1] Communicatie met de heer S. Folkertsma en de heer E. Lemaire, RWS-ZN op 28 april 2022, 8 juli 2022, 21 juli 2022 en 15 augustus 2022.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 presenteert twee verschillende referentiescenario's die zijn beschouwd voor het vaststellen van de taakstelling. Hiervoor zijn de alternatieven voor de herinrichting van DD18 (opgenomen in het project Meanderende Maas), en DD20 (definitief en vergund) opgenomen. Daarnaast wordt het definitief ontwerp van de herinrichting van de Lymen en ook de schematisatie van het ontwerp in Baseline en WAQUA besproken.

Hoofdstuk 3 beschrijft de systeemwerking van de Maas, in het bijzonder nabij het projectgebied. Ook bevat dit hoofdstuk een kwalitatieve beschouwing van de te verwachten effecten. Hiermee wordt invulling gegeven aan de aanvullend gevraagde kwalitatieve beschouwing uit de Richtlijn Morfologische Effectbepaling [ref. 2].

In hoofdstuk 4 zijn de methode en uitgangspunten van de rivierkundige analyse nader beschreven. In hoofdstuk 5 wordt de taakstelling voor het ontwerp van De Lymen beschreven. In hoofdstuk 6 komt de rivierkundige effectenbepaling van het definitief ontwerp voor De Lymen aan bod.

Dit rapport sluit af met de conclusies in hoofdstuk 7 waarin samenvattende tabellen zijn opgenomen die de resultaten vergelijken met de eisen uit het RBK.

2

REFERENTIESITUATIE EN VARIANT

2.1 Introductie

Voor de rivierkundige beoordeling van ingrepen wordt altijd gebruik gemaakt van een referentiemodel dat is opgeleverd door Rijkswaterstaat. Dit hoofdstuk geeft een overzicht welke modellen met elkaar zijn vergeleken (paragraaf 2.2) en beschrijft vervolgens de referentieschematisatie, de verschillende versies van de ingreep Demen-Dieden op basis waarvan de taakstelling wordt bepaald (paragraaf 2.3 en paragraaf 2.4), en het definitief ontwerp voor de herinrichting van De Lymen (paragraaf 2.5).

2.2 Overzicht modelvergelijkingen

De effecten van het definitief ontwerp ten opzichte van het referentiemodel van Rijkswaterstaat worden getoetst aan de eisen uit het RBK. Het ontwerp van de Lymen moet echter niet enkel aan het RBK voldoen, maar ook aan de taakstelling. Om deze taakstelling te bepalen is gebruik gemaakt van twee referentiesituaties: een oude (inclusief DD18) en een nieuwe (inclusief DD20). Het verschil tussen de nieuwe en oude referentie is de extra taakstelling voor het ontwerp van de Lymen. Dit zorgt voor verschillende referenties en varianten die in deze rapportage worden besproken. Deze paragraaf geeft een kort overzicht en een visuele representatie van de elementen waaruit de verschillende schematisaties bestaan in afbeelding 2.1. Ruimtelijke kaarten van de verschillende varianten worden in paragraaf 2.3-2.5 getoond.

Nieuwe referentie (YY2)

Zoals gebruikelijk wordt de meest recente modelschematisatie van de Maas aangeleverd door RWS (in dit geval, beno17_5-v1). Deze bevat het vergunde ontwerp voor Demen-Dieden (DD20; ma_DeDiVKA_b8) en een aantal andere vergunde maatregelen (ma_uitdijk_a1, m_krw4nvo_a5 en ma_eco17_a2). Toch bleek het referentiemodel niet te voldoen aan de huidige situatie in het veld op locatie van De Lymen. Er was daardoor nog een update van de schematisatie nodig. Rijkswaterstaat beschikte niet over de juiste maatregel om het referentiemodel dusdanig te updaten dat de juiste representatie van de werkelijkheid ontstond voor de effectbeoordeling van de Lymen. Witteveen+Bos heeft daarom in samenspraak met Rijkswaterstaat (d.d. 13 december 2022) zelf de maatregel ma_beno196_v2 opgesteld om de referentie up to date en kloppend te maken met de situatie in het veld. Dit is gedaan door een vergelijking te maken tussen het geleverde referentiemodel (beno17_5-v2) en de nieuwste (nog niet in gebruik genomen) schematisatie van de Maas (beno19_6-v1). De verschillen tussen deze twee schematisaties zijn in een maatregel gezet (ma_beno196_v2) om het referentiemodel beno17_5-v1 mee te updaten. Het resulterende referentiemodel is gebruikt in deze studie en wordt aangeduid met YY2 (zie ook paragraaf 2.3).

Oude referentie (YY1)

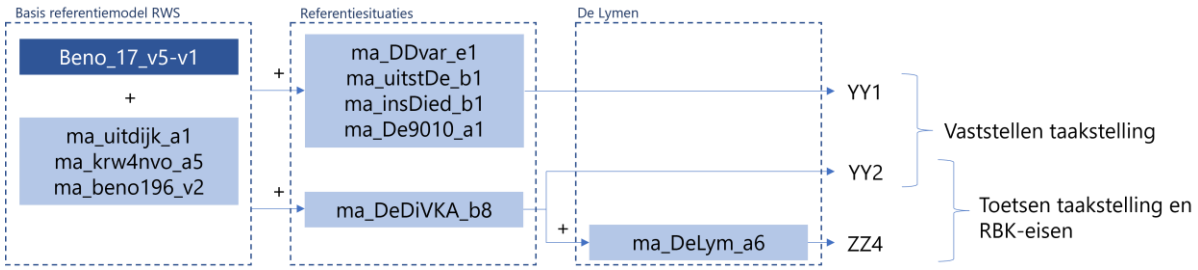
Voor het vastleggen van de taakstelling van het project is het nodig om het verschil te weten tussen de rivierkundige effecten met de nieuwe situatie van Demen-Dieden (DD20; ma_DeDiVKA_b8) en de oude situatie van Demen-Dieden (DD18, bestaande uit 4 losse maatregelen). De vergunde variant DD20 zorgt voor een kleinere waterstandsdaling op rivierkilometer 184 dan DD18, waardoor de bestuurlijke samenwerkingsovereenkomst van Meanderende Maas niet volledig ingevuld wordt. Het ontwerp van de Lymen moet dit verschil in waterstandsdaling compenseren. Het is daarom nodig om een oude referentie op

te stellen waarmee deze vergelijking gemaakt kan worden. De oude referentie wordt gemaakt door de maatregel Demen-Dieden (DD20) uit het referentiemodel (YY2) te vervangen door de oudere versie van de maatregel (DD18). (zie ook paragraaf 2.4).

Variant: De Lymen (ZZ4)

Voor een rivierkundige effectbeoordeling moet het referentiemodel (YY2) worden uitgebreid met een maatregel van het ontwerp. In dit geval met de maatregel van het definitieve ontwerp van de Lymen (ma_DeLym_a6). Dit resulteert in de variant ZZ4 (zie ook paragraaf 2.5). Variant ZZ4 wordt vergeleken met referentiesituatie YY2 om zo de rivierkundige effecten die optreden ten gevolge van De Lymen in kaart te brengen en te toetsen aan de criteria uit het Rivierkundig Beoordelingskader. De taakstelling en overige rivierkundige aspecten wordt getoetst door het effect van ZZ4 te vergelijken met het effect van YY2-YY1.

Afbeelding 2.1 Overzicht van de modellen



2.3 Referentiemodel (YY2)

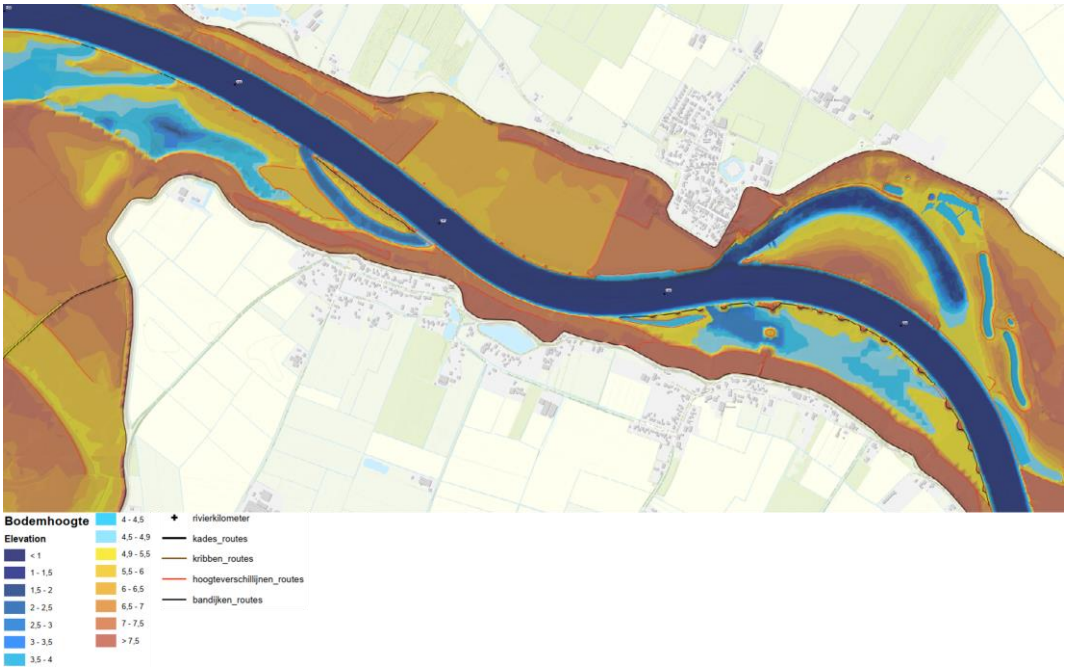
Baseline-schematisatie

YY2 bestaat als basis uit Beno17_5-v1, aangevuld met de maatregel ma_DeDiVKA_b8 (DD20). In mailverkeer op 31 augustus 2022 is door de heer S. Folkertsma van Rijkswaterstaat aangegeven dat deze referentieschematisatie ook moet worden aangevuld met een aantal KRW-maatregelen, de maatregel Diedensche Uiterdijk en een actualiseringsmaatregel. De volgende maatregelen zijn daarom aan Beno17_5-v1 toegevoegd (in volgorde van inmixen):

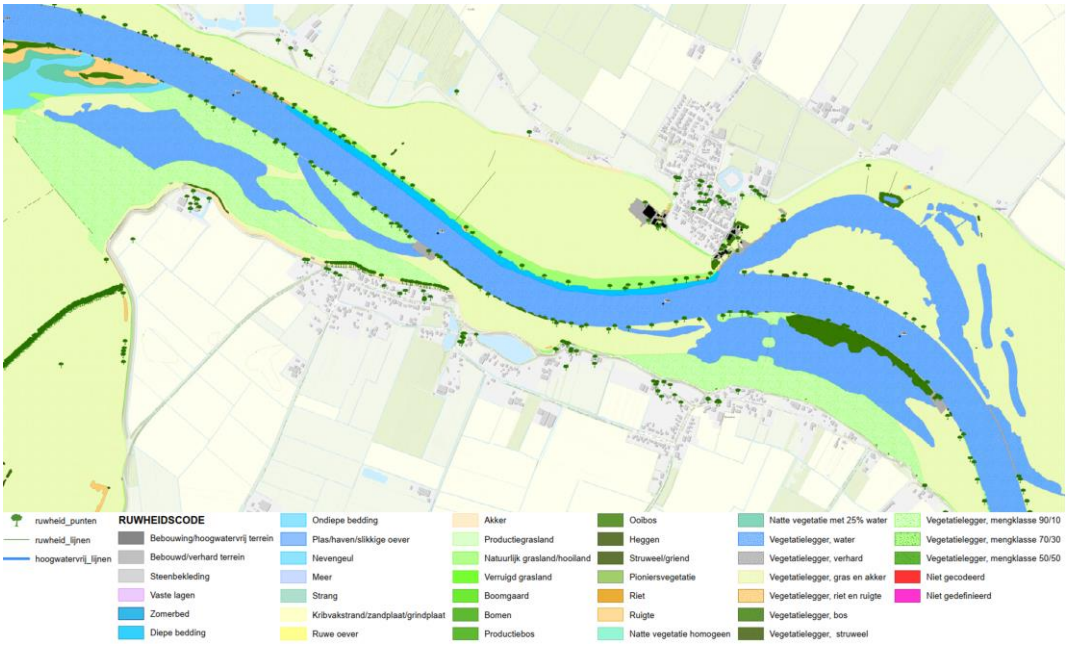
- ma_uitdijk_a1;
- ma_DeDiVKA_b8;
- ma_krw4nvo_a5;
- ma_beno196_v2.

Onderstaande afbeeldingen tonen de bodem- en ruwheidskaarten uit het Baselinemodel voor YY2.

Afbeelding 2.2 Bodemhoogte uit het Baselinemodel voor YY2



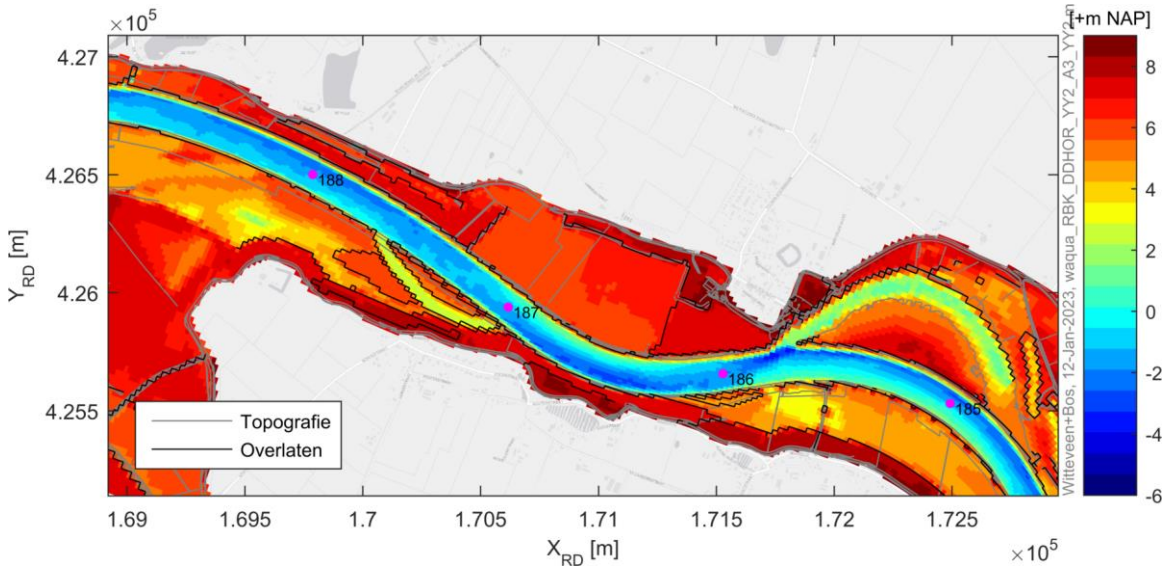
Afbeelding 2.3 Ruwheidskaart uit Baselinemodel voor YY2



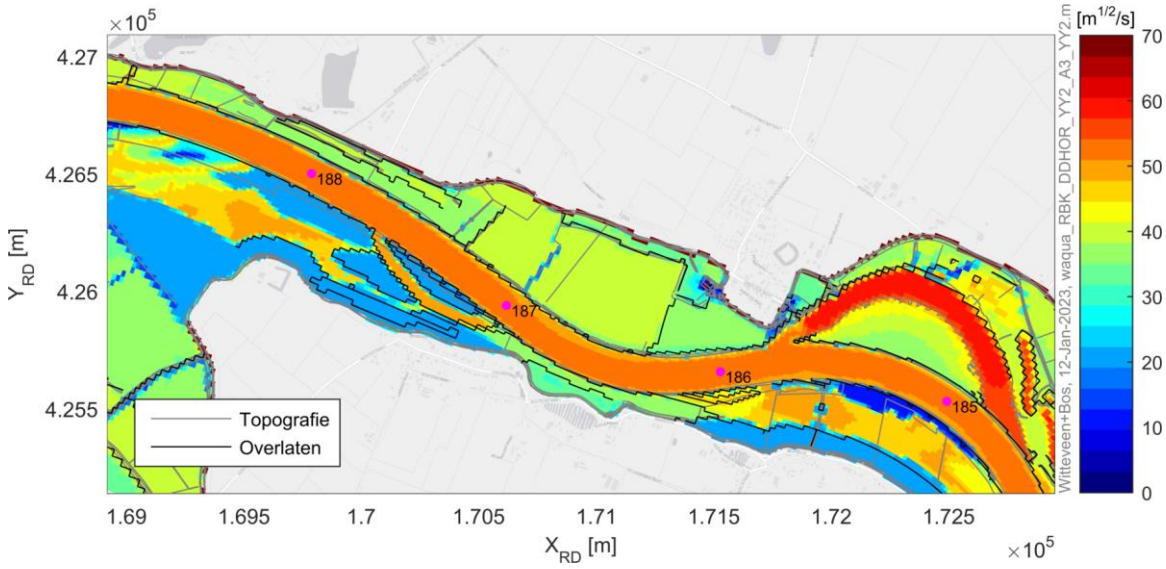
WAQUA-schematisatie

De vertaling van het Baselinemodel naar het WAQUA-model is in onderstaande afbeeldingen weergegeven.

Afbeelding 2.4 Bodemhoogte



Afbeelding 2.5 Chezy-ruwheid bij 4.118 m^3/s



2.4 Oude referentie (YY1)

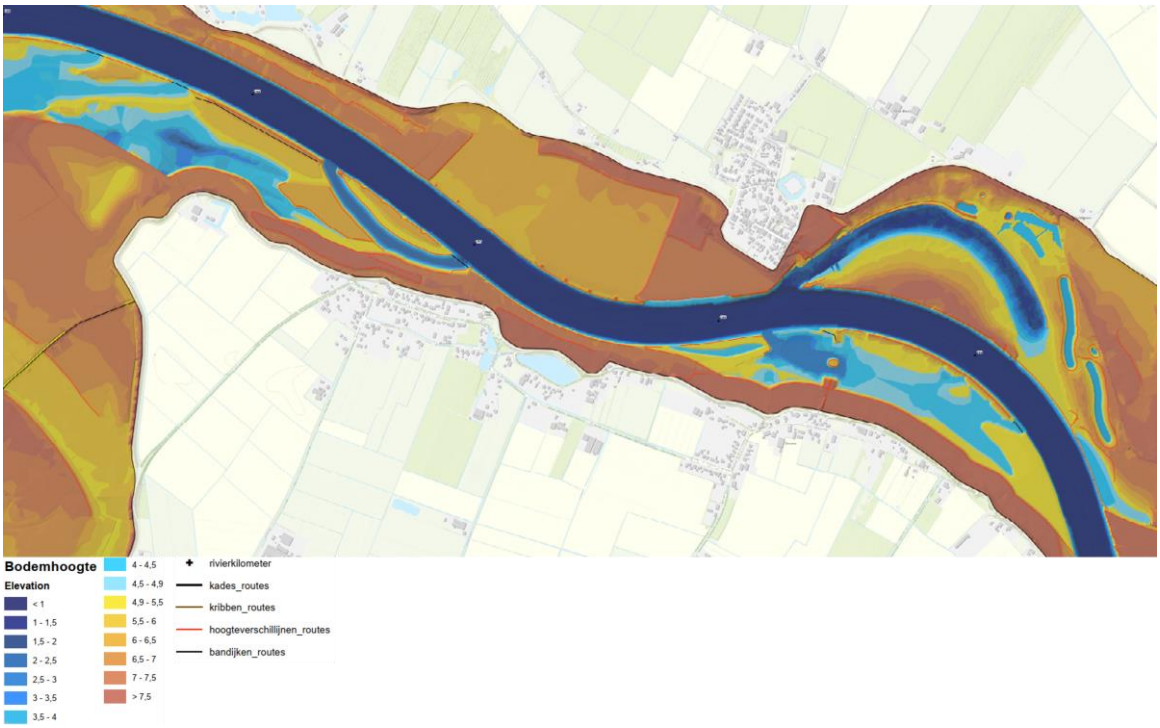
Baseline-schematisatie

De oude referentie YY1 gaat in eerste instantie ook uit van de situatie zoals opgenomen in Beno17_5-v1, aangevuld met de Diedensche Uiterdijk en de KRW-maatregelen zoals in paragraaf 2.3 beschreven. In plaats van DD20 (ma_DeDiVKA_b8) is in deze variant DD18 toegevoegd, bestaande uit vier losse maatregelen (blauw gemarkeerd in onderstaande opsomming). Aan Beno17_5-v1 zijn de volgende maatregelen toegevoegd (in volgorde van inmixen, blauw is anders ten opzichte van YY2):

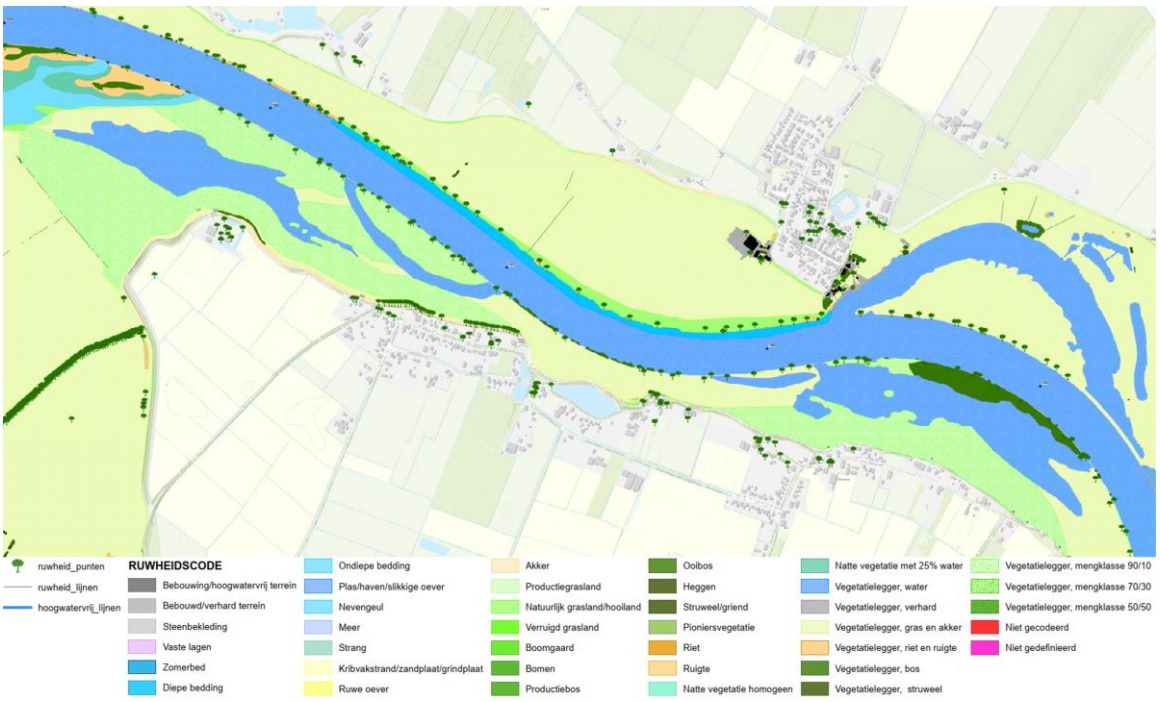
- ma_uitdijk_a1;
- ma_DDbvar_e1;
- ma_uitstDe_b1;
- ma_insDied_b1;
- ma_De9010_a1;
- ma_krw4nvo_a5;
- ma_beno196_v2.

Onderstaande afbeeldingen tonen de kaarten van de Baseline-schematisatie van referentiemodel YY1.

Afbeelding 2.6 Bodemkaart van het Baselinemodel voor YY1



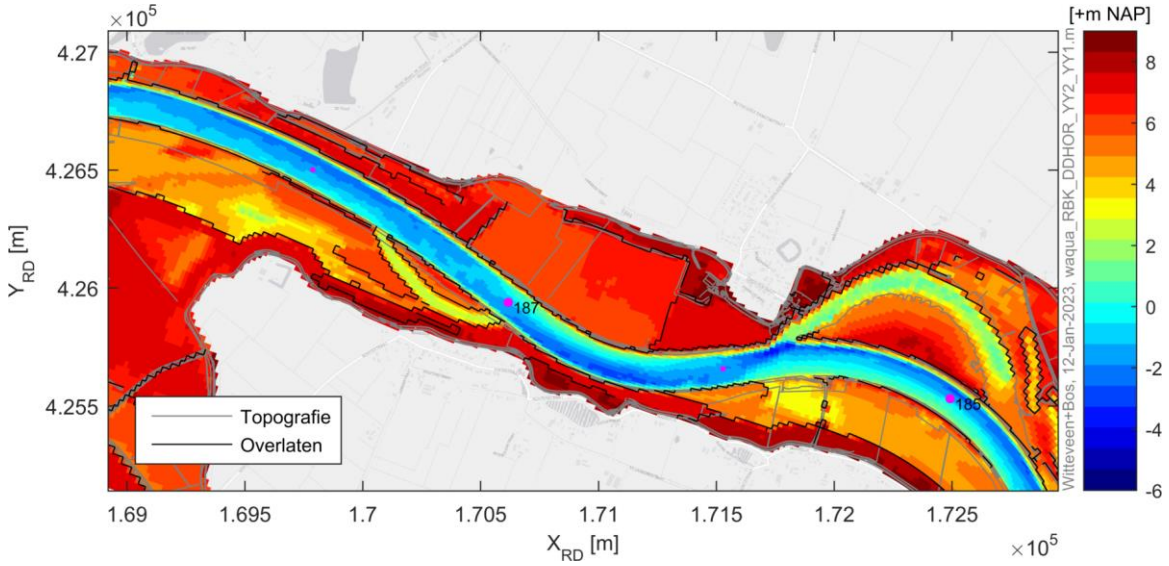
Afbeelding 2.7 Ruwheidskaart van het Baselinemodel voor YY1



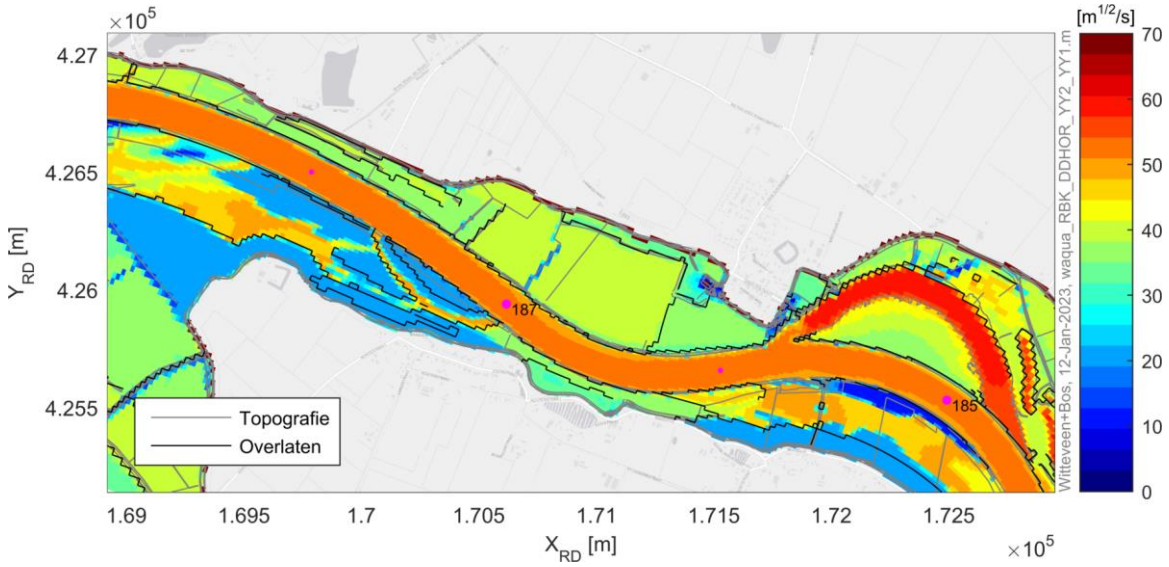
WAQUA-schematisatie

De vertaling van het Baselinemodel naar het WAQUA-model is in onderstaande afbeeldingen weergegeven.

Afbeelding 2.8 Bodemhoogte



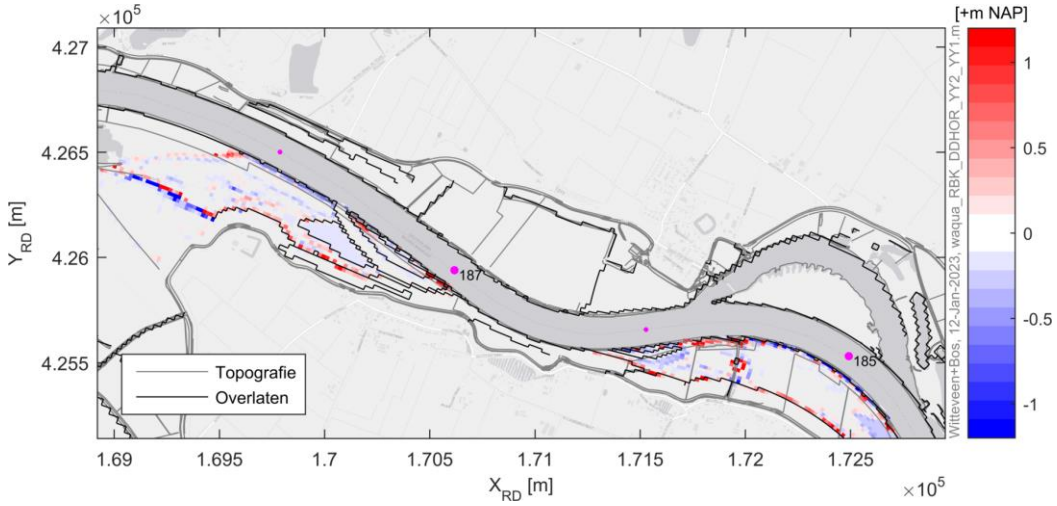
Afbeelding 2.9 Chezy-ruwheid bij 4.118 m^3/s



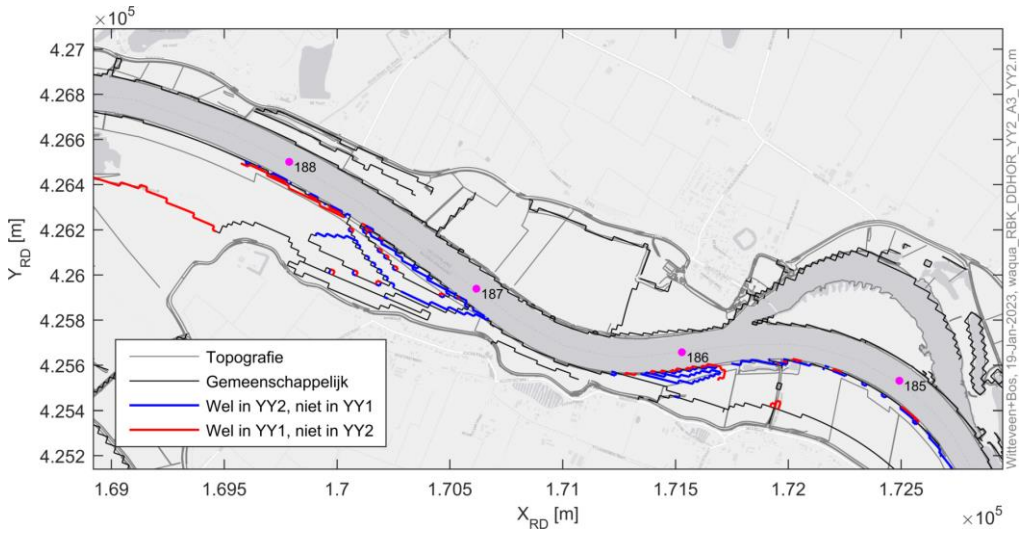
Verschillen tussen YY2 en YY1

Onderstaande afbeeldingen tonen de verschillen in WAQUA-schematisaties tussen YY2 en YY1.

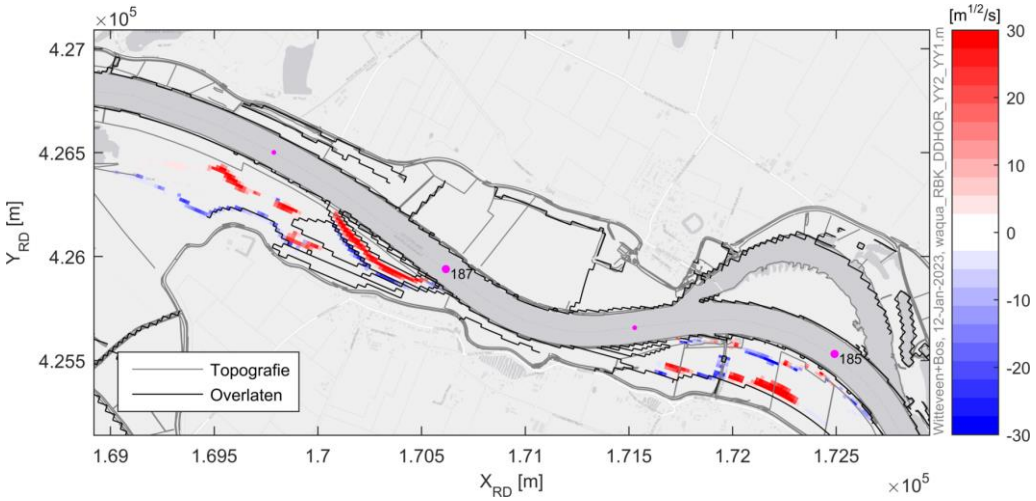
Afbeelding 2.10 Verschil in bodemhoogte (YY2-YY1)



Afbeelding 2.11 Verschil in locaties van overlaten (YY2-YY1)



Afbeelding 2.12 Verschil in Chezy-ruwheid bij 4.118 m^3/s (YY2-YY1)



2.5 Variant ZZ4: Herinrichting De Lymen

Baseline-schematisatie

Variant ZZ4 gebruikt als basis het referentiemodel YY2. Aan het referentiemodel is het definitief ontwerp van de herinrichting van De Lymen (ma_DeLym_a6) toegevoegd. Deze maatregel omvat onder andere twee niet-permanent aangetakte nevengeulen, beide met een bodemhoogte op minimaal NAP +3,0 tot +4,0 m (afbeelding 2.13).

De geulen hebben in totaal zeven verbindingen met de hoofdgeul (zie nummering in afbeelding 2.13):

1 een instroomopening ter hoogte van rivierkilometer 186, met een drempelhoogte op ongeveer NAP +7,0 m;
2 een opening ter hoogte van rivierkilometer 186,5, met een drempelhoogte van NAP +5,9 m;
3 en 4. twee openingen ter hoogte van rivierkilometer 187, met een drempelhoogte van NAP +5,7 tot +5,8 m;
5 een opening aan de noordwestzijde van het gebied, met een drempelhoogte op NAP +5,6 m;
6 ter plaatse van [6] ligt een uitstroomopening met een drempelhoogte van circa NAP +4,8 m, in combinatie met stapstenen met een kruinhoogte van NAP +5,5 m[2];
7 meer stroomafwaarts ligt op [7] een uitstroomopening met een drempelhoogte op circa NAP +6,5 tot + 6,8 m.

De zuidelijke geul wordt gescheiden van de noordelijke geul door middel van twee openingen [8] met een bodemhoogte van twee openingen met een bodemhoogte van circa NAP +5,2 m. Ter plaatse van [9] is het lager gelegen gedeelte ten noorden van de bestaande boerderij Banken opgehoogd tot NAP +7,8 m. Op [10] ligt een verhoogd plateau dat in stroomafwaartse richting afloopt. Deze verhoging loopt langs de dijk door tot aan de gemeentegrens tussen gemeente Wijchen en gemeente West Maas en Waal. Dit plateau biedt in de toekomst mogelijk ruimte voor een fietspad. Locatie [11] markeert een oeverwal waarvan de maaiveldhoogte behouden blijft op NAP +7,15 m. Binnen het landschappelijk ontwerp zijn in de geulen eilanden aangebracht op [12], waarvan de hoogte op NAP +4,9 m ligt. De hoogte van het grootste eiland ligt op maximaal NAP +5,2 m.

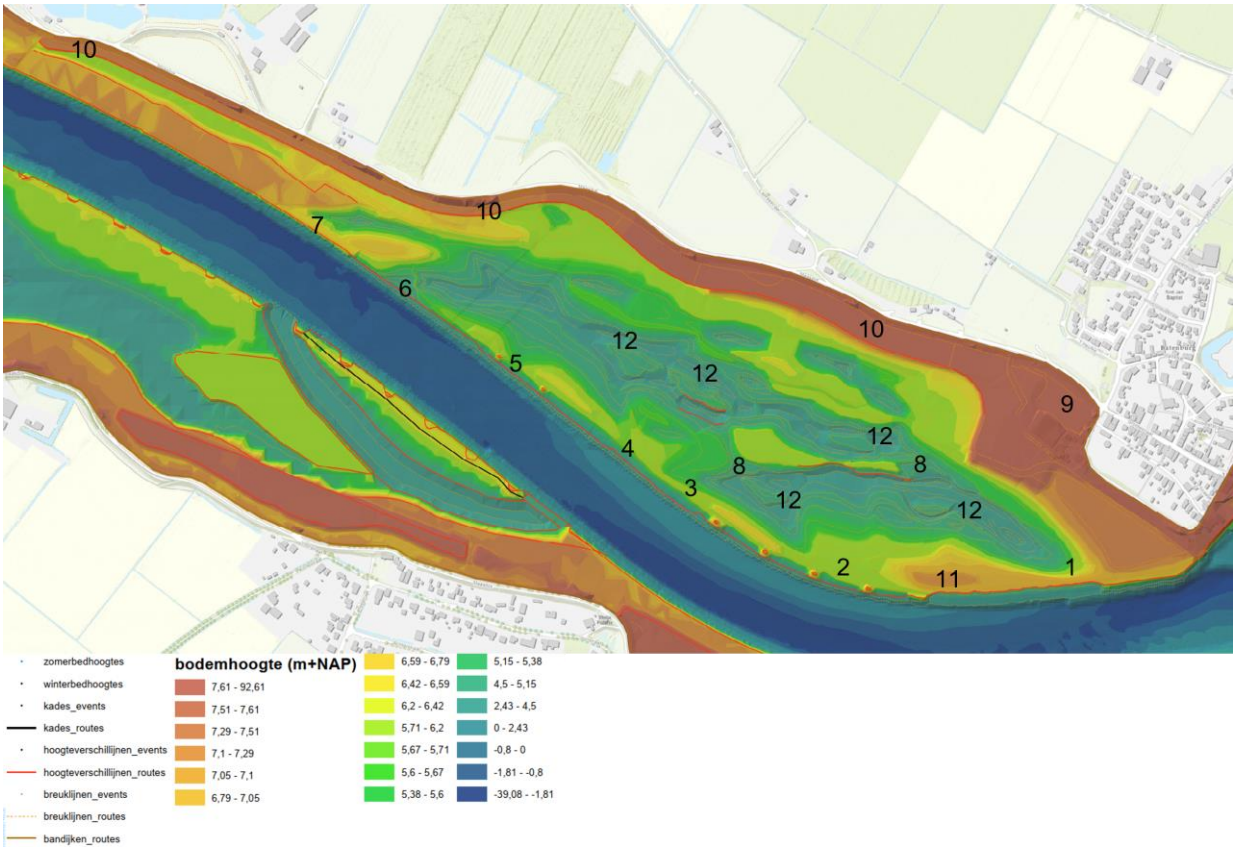
De ecotopenruwheid van het grootste deel van het oppervlak binnen het projectgebied is veranderd van Gras en Akker naar Mengklasse 90/10 (afbeelding 2.14). Langs de noordelijke oever van de noordelijke geul is Mengklasse 70/30 geïntroduceerd. In de luwte achter boerderij Banken wordt rekening gehouden met Mengklasse 50/50. Vier eilanden liggen net onder stuwpeil (circa NAP +4,92 m). Doordat deze eilanden

[2] In overleg met de heer Ed Lemaire is op 6 juni 2023 besloten deze stapstenen (wegens de kleine dimensie) als breuklijn te schematiseren, zodat deze in de bodemhoogte wordt verdisconteerd.

vrijwel altijd onder water staan, wordt hier rekening gehouden met een Gras en Akker en Mengklasse 90/10. Op het hoogste eiland (op NAP +5,2 m) wordt wel rekening gehouden met groei van vegetatie en is Mengklasse 50/50 toegepast. Ten slotte is binnen het gebied op vier locaties rivierhout geïntroduceerd. Deze locaties zijn geschematiseerd als struweel[1].

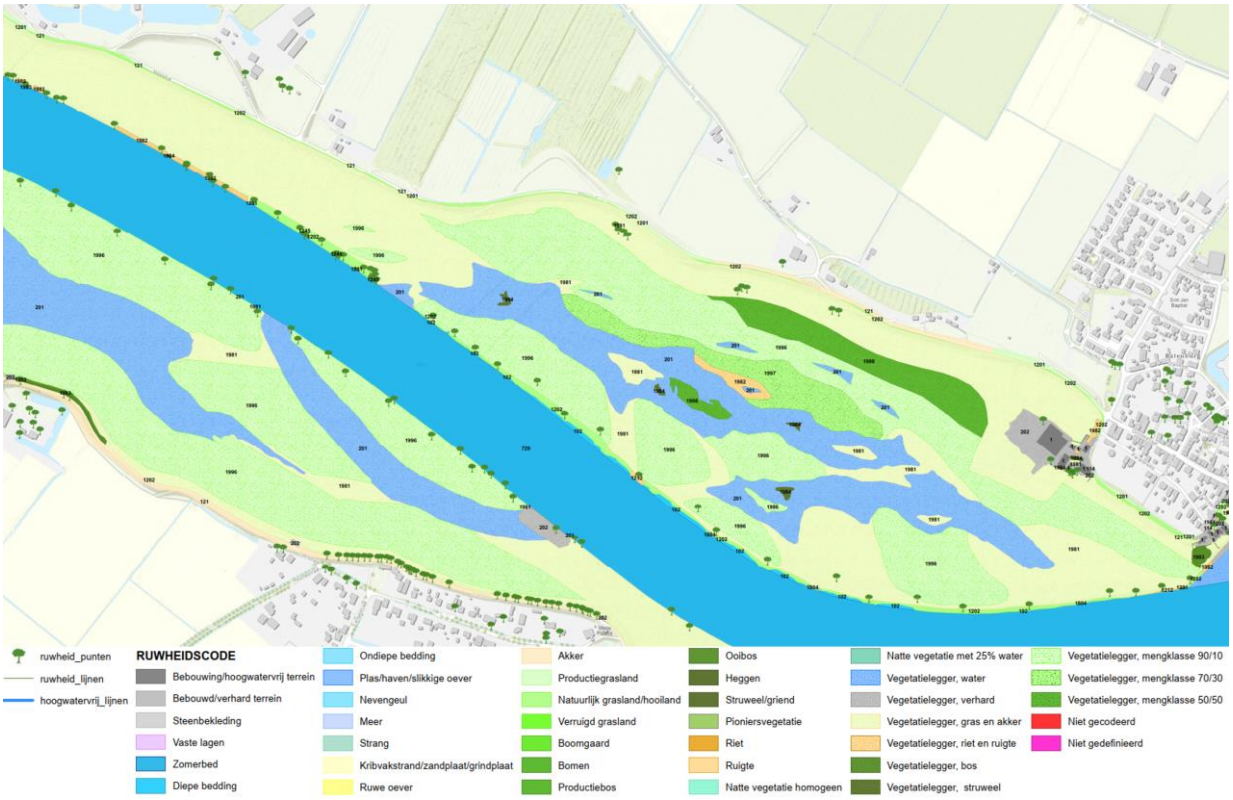
Een detail van de Baseline-schematisatie ter plaatse van De Lymen is hieronder weergegeven. Volledige, gedetailleerde kaarten zijn opgenomen in de bijlage.

Afbeelding 2.13 Bodemkaart in het Baselinemodel voor ZZ4



[1] In de e-mailconversatie tussen mevrouw Lianne Schröder en de heer Ed Lemaire op 2 mei 2023 besloten.

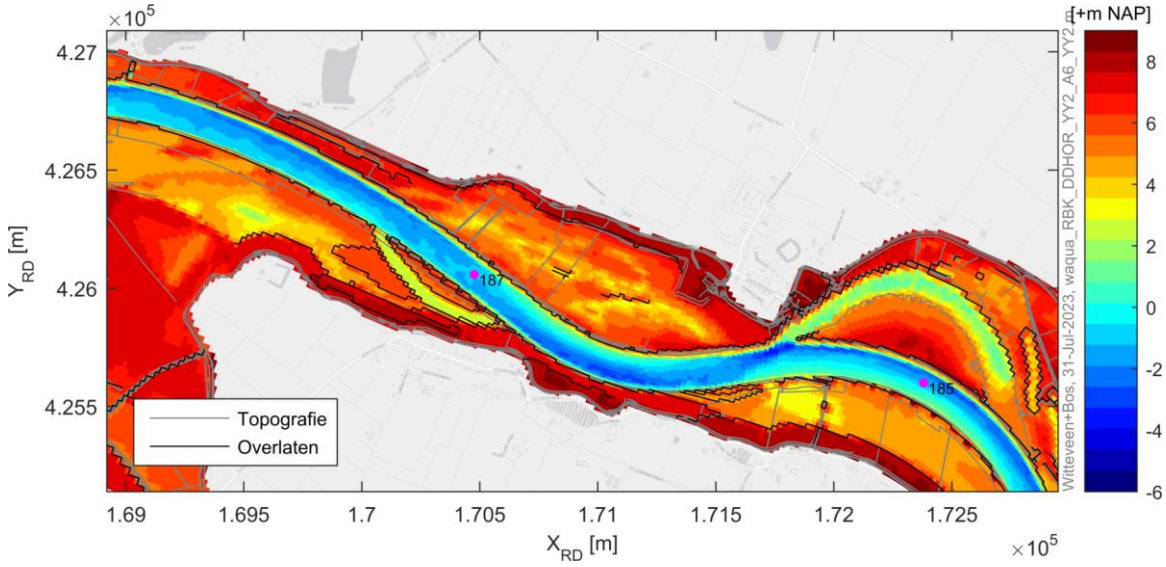
Afbeelding 2.14 Ruwheidskaart uit het Baselinemodel voor ZZ4



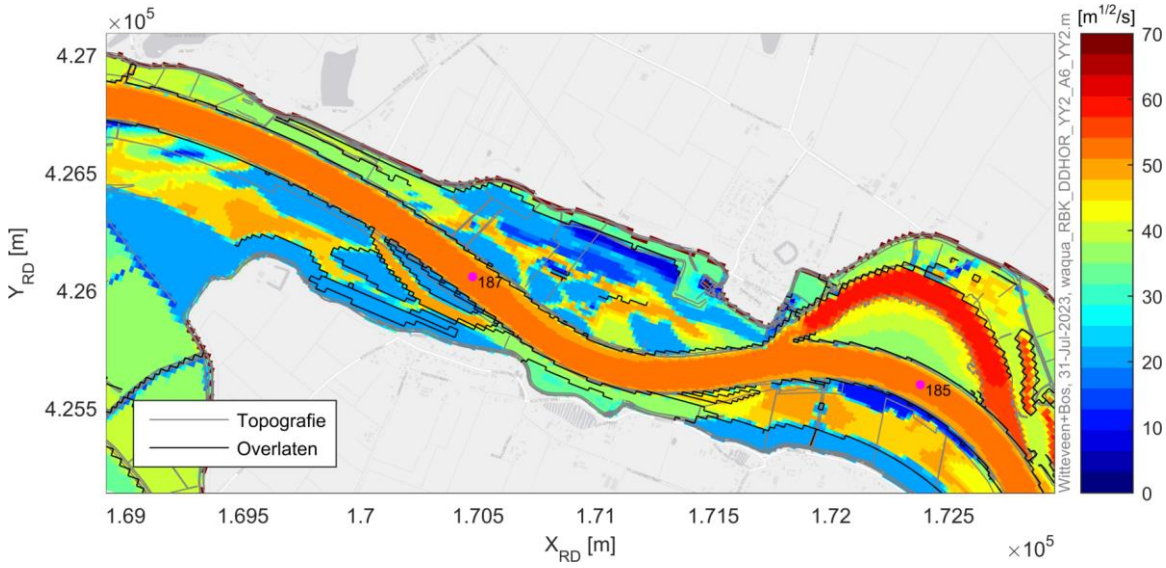
WAQUA-schematisatie

De WAQUA-schematisatie van het hierboven besproken Baselinemodel is in onderstaande afbeeldingen weergegeven.

Afbeelding 2.15 Bodemhoogte



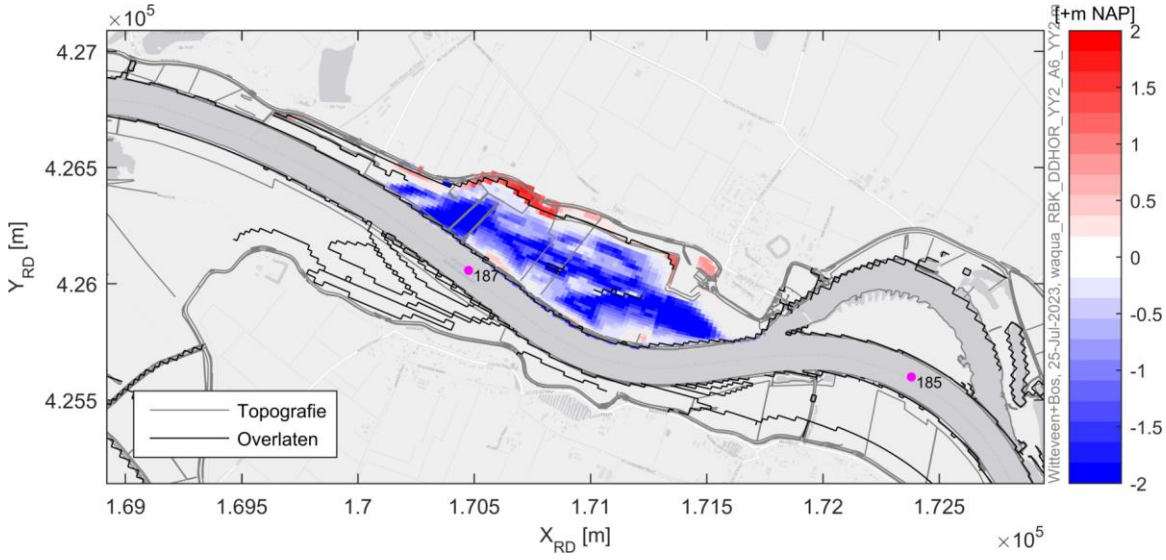
Afbeelding 2.16 Chezy-ruwheid bij 4.118 m^3/s



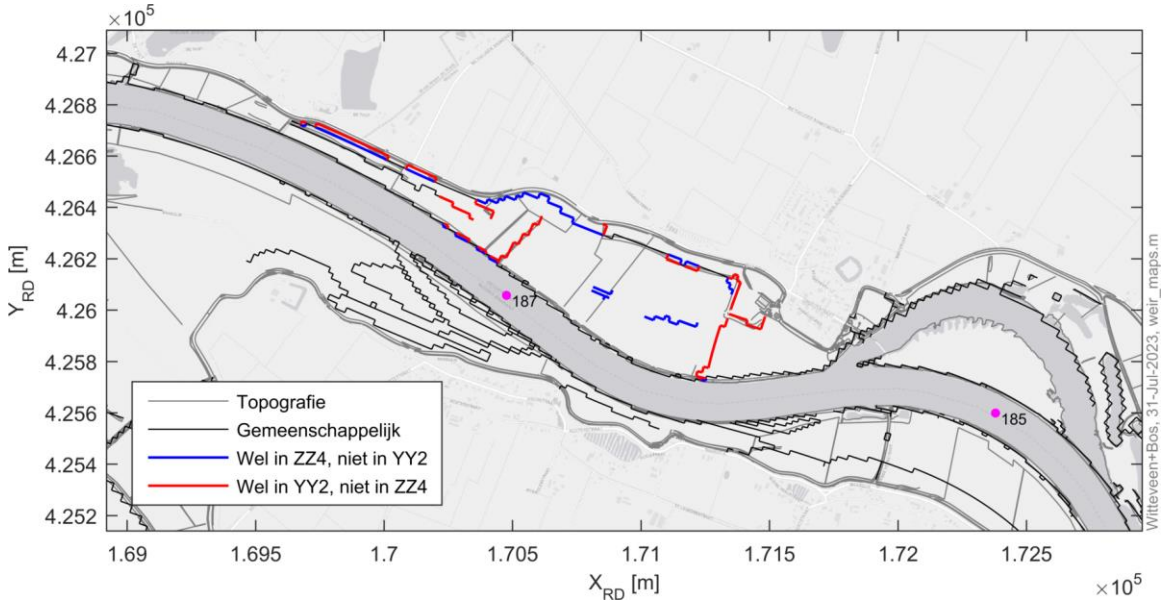
Verschillen tussen ZZ4 en YY2

De verschillen in bodemhoogte, overlaten en ruwheden tussen variant ZZ4 en referentie YY2 zijn in de onderstaande afbeeldingen gegeven. Binnen het projectgebied neemt de bodemhoogte over het grootste gedeelte af. Langs de dijk en op enkele plekken langs de hoofdgeul neemt de bodemhoogte lokaal toe. Verder neemt de bodemruwheid in de geulen binnen het projectgebied af. Over het grootste deel van de uiterwaarde neemt de bodemruwheid toe. Waar in de referentiesituatie (YY2) voornamelijk Gras en Akker binnen het gebied voorkomt, wordt dit in variant ZZ4 een afwisseling tussen 90-10-mengklasse 70-30-mengklasse en bos.

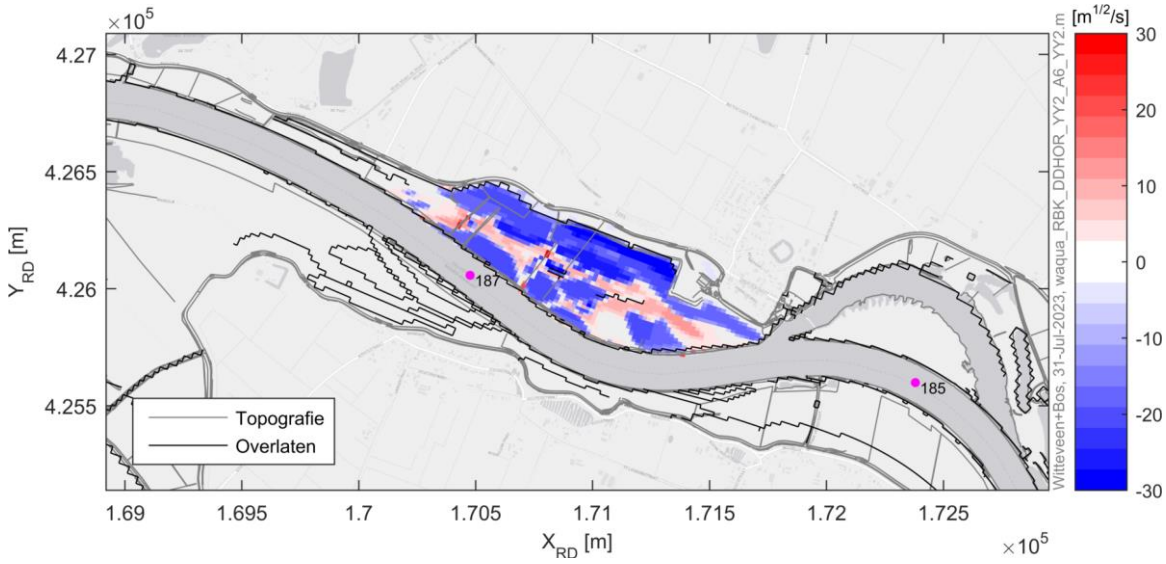
Afbeelding 2.17 Verschil in bodemhoogte (ZZ4-YY2)



Afbeelding 2.18 Verschil in locaties van overlaten (ZZ4-YY2)



Afbeelding 2.19 Verschil in Chezy-ruwheid bij 4.118 m^3/s (ZZ4-YY2)



3

SYSTEEMWERKING EN KWALITATIEVE BESCHOUWING

3.1 Introductie

Dit hoofdstuk beschrijft de systeemwerking van de Maas in het algemeen en in het bijzonder nabij het projectgebied van De Lymen. Ook geeft het een overzicht van de aard en omvang van de geplande ingreep in De Lymen. Daarnaast bevat het een kwalitatieve beschouwing van de te verwachten effecten. Hiermee wordt invulling gegeven aan de gevraagde kwalitatieve beschouwing uit de Richtlijn Morfologische Effectbepaling [ref. 2].

3.2 Systeemwerking Maas vóór de ingreep

De Maas is een gestuwde rivier bij lage en midden afvoeren waardoor de waterstand gecontroleerd wordt en de rivier zo het grootste deel van de tijd bevaarbaar blijft. Vanaf een afvoer bij Borgharen die groter is dan ongeveer 1.250 m^3/s zijn de stuwen volledig geopend. Het projectgebied van de Lymen bevindt zicht in het stuwpand tussen Lith en Grave. De beschouwde rivierafvoeren in deze studie zijn groter dan het strijkdebiet van de stuwen. Dit maakt de Maas in deze analyse een vrij stromende rivier. Voor de morfologische beschouwing blijft de aanwezigheid van de stuwen echter een belangrijke factor, omdat tijdens lage- en gemiddelde afvoeren de stroomsnelheden (en daarmee de sedimenttransportcapaciteit) daarvoor van belang zijn. Deze stroomsnelheden zijn echter kleiner dan in ongestuwde omstandigheden. De bijdrage van deze afvoeren aan de morfologie op de Maas wordt kwalitatief meegenomen in de analyse.

3.3 Systeemwerking rond de Lymen vóór de ingreep

Stroombeeldbepalende elementen, inundatie en stroombanen referentiesituatie

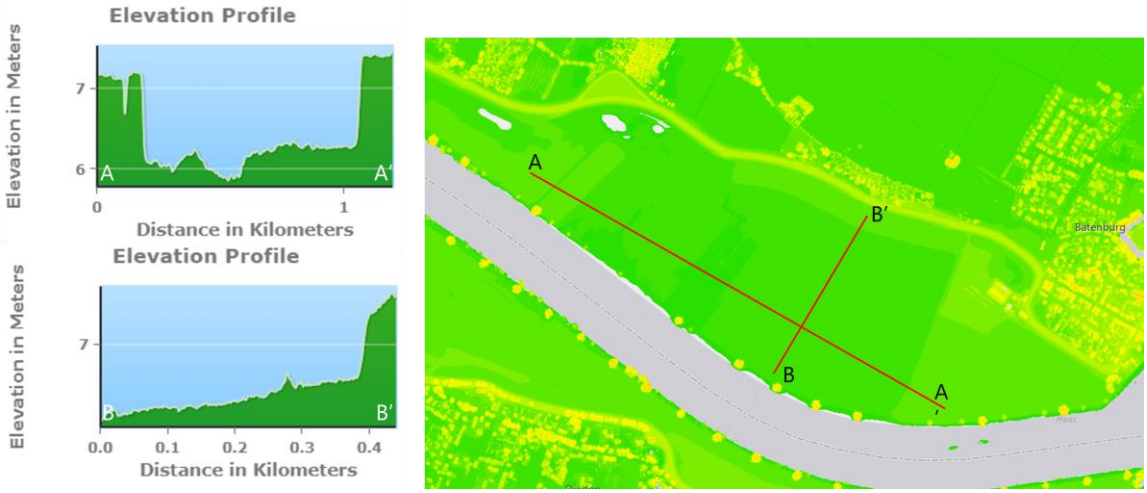
Afbeelding 3.2 toont een hoogteprofiel van het projectgebied. In de referentiesituatie heeft het maaiveld in de oostelijke zijde van het projectgebied een hoogte van ongeveer NAP +7,4 m. In westelijke richting neemt de maaiveldhoogte abrupt af tot NAP +6,4 m. Aan het westelijke uiteinde van het plangebied ligt de uiterwaardehoogte op NAP +6,5 tot +7 m. Vanaf de dijk tot aan de hoofdgeul van de Maas neemt de maaiveldhoogte geleidelijk af.

Als deze hoogtedata wordt vergeleken met de betrekkingslijnen voor de Maas [ref. 4] (afbeelding 3.1), blijkt dat het gebied (met uitzondering van het westelijke, hoger gelegen deel), enkele dagen per jaar inundeert, bij afvoeren van 1.470 m^3/s en hoger.

Afbeelding 3.1 Betrekkingslijnen, toegespitst op de rivierkilometers rondom De Lymen

Informatiebron		Gemeten waterstand 1.7.2018 - 30.6.2019							WAQUA in bereik recente hoogwaters						WAQUA			
Waterstand Borgharen-dorp [m]		38.13	38.73	39.25	39.91	41.11	41.69	42.19	43.21	43.80	44.26	44.48	44.70	44.95	45.27	45.53	45.73	45.94
aantal dagen/jr dat ws hoger is		268	184	107	45	8	4	2										
Afvoer St. Pieter [m3/s]		80	155	280	530	1030	1280	1500	1982	2308	2609	2781	2969	3226	3578	3862	4113	4396
herh. tijd v/d topafvoer in jaren									5	10	20	30	50	100	300	1000	3000	10000
Afvoer Borgharen-dorp [m3/s]		(50)	(125)	(250)	(500)	(1000)	(1250)	(1470)	1971	2302	2603	2776	2965	3224	3573	3862	4118	4398
Rivierkilometer	185	4.92	4.94	5.01	5.19	5.78	6.01	6.41	7.53	8.21	8.70	8.95	9.18	9.45	9.74	9.99	10.14	10.26
	186	4.92	4.94	5.00	5.16	5.72	5.90	6.27	7.35	8.01	8.50	8.74	8.97	9.23	9.52	9.77	9.91	10.04
	187	4.92	4.94	4.99	5.14	5.64	5.79	6.15	7.24	7.91	8.39	8.62	8.84	9.10	9.39	9.63	9.78	9.90
	188	4.92	4.94	4.99	5.11	5.58	5.68	6.03	7.07	7.74	8.20	8.43	8.65	8.91	9.20	9.45	9.59	9.72

Afbeelding 3.2 Hoogteprofiel van het plangebied voor de referentiesituatie. Linksboven: doorsnede A-A‘; Rechtsonder: doorsnede B-B‘



Bestaande hydraulische of scheepvaartknelpunten

Het projectgebied van De Lymen bevindt zich in een smalle sectie van de Maas. De hoofdgeul heeft een breedte van 150 m. De breedte tussen de dijken is op dit traject ongeveer 650 m. Dit leidt ertoe dat de uiterwaarden vooral een stroomvoerende functie hebben tijdens een hoogwatergolf, en niet zozeer bergende capaciteit hebben (zoals bijvoorbeeld de Gouden Ham, enkele kilometers stroomafwaarts van De Lymen). Dit impliceert ook dat De Lymen zich niet in een stromingsluw gebied bevindt, waardoor aanpassingen in het winterbed zich doorvertalen in hydraulische effecten. Dit maakt De Lymen een gevoelige locatie voor ingrepen.

Verder is het bekend dat direct bovenstrooms van het projectgebied de geul bij Batenburg terug de hoofdgeul instroomt. Dit leidt lokaal tot dwarsstroming die belemmerend kan zijn voor scheepvaart.

3.4 Aard en omvang van geplande ingreep

De aard van de ingreep betreft een rivierverruimende maatregel. Netto neemt het bergend vermogen toe met ongeveer 440.000 m^3. Langs de oever is het maaiveld op enkele locaties verhoogd, wat juist voor een extra blokkade van de stroming zorgt.

Naast een verruiming wordt de vegetatie ook meer divers. Dit leidt ertoe dat de ecotopenruwheid verandert binnen het gebied. Over een groot deel van het gebied wordt de stromingsweerstand hierdoor groter dan in de referentiesituatie. Lokaal, ter plaatse van de geulen, neemt de stromingsweerstand juist af, doordat de bodem lager komt te liggen en de ecotopenruwheid het kenmerk ‘water’ krijgt.

3.5 Te verwachten hydraulische effecten

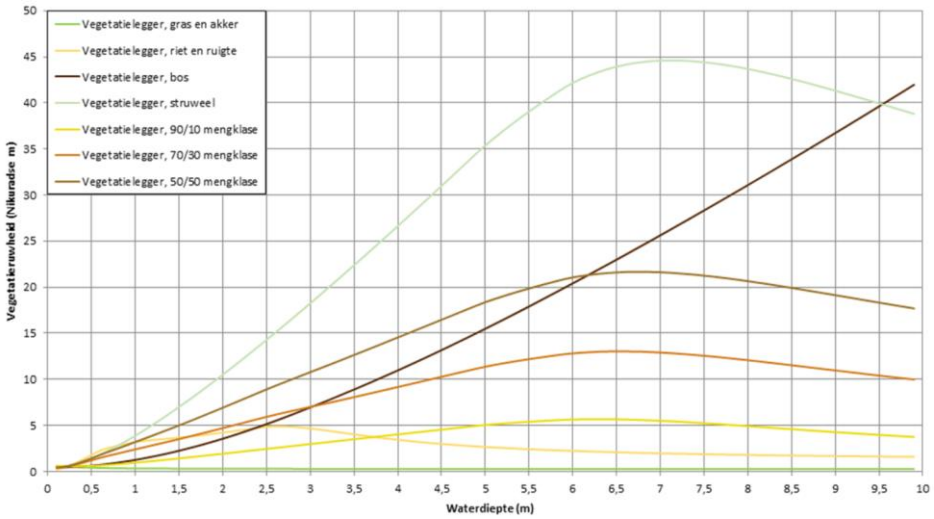
Hoogwaterveiligheid

Zoals in de vorige paragraaf besproken neemt op veel stukken binnen het gebied de ruwheid toe, en daarmee ook de stromingsweerstand. Deze stromingsweerstand is afhankelijk van de waterdiepte (afbeelding 3.3).

Naast een toevoeging van de stromingsweerstand ten gevolge van vegetatie, zorgt het nieuwe landschappelijke ontwerp ook voor een betere geleiding van het water, omdat het water via geulen over de uiterwaarde kan stromen. Dit leidt bruto tot een onttrekking van water uit het zomerbed.

Het gecombineerde effect van verruwing en vergroting van het doorstroomoppervlak moet netto tot een waterstandseffect leiden dat voldoet aan de taakstelling. In een eerder uitgevoerde gevoeligheidsstudie is aangetoond dat het effect van de vegetatie op de waterstanden significant is [ref. 6]. Deze bevindingen zijn dan ook gebruikt in het optimaliseren van het rivierkundig ontwerp van De Lymen.

Afbeelding 3.3 De vegetatieruwheid van de verschillende ecotopenklassen, als functie van de waterdiepte



Inundatie en meestromen

Het volstromen van de geulen vindt voor lage tot midden-hoge afvoeren voornamelijk plaats doordat het water via de opening het gebied in stroomt. Hierdoor zullen de geulen zich opvullen. Dit zal gebeuren bij afvoeren waarbij de instroomdrempels overstromen bij afvoeren tussen 1.250 en 1.470 m^3/s. De stroomvoerende capaciteit van de geulen is voor lage tot midden-hoge afvoeren nog beperkt. Pas vanaf 1.470 m^3/s zal de stroomvoerende capaciteit van de geulen zich uiten in een merkbare onttrekking van water uit de hoofdgeul, met als gevolg dat er merkbare stroming ontstaat in de geulen die dezelfde richting heeft als de stroming in de hoofdgeul.

Het maaiveld dat om de geulen ligt zal inunderen tussen 1.250-1.470 m^3/s. Dat is eerder dan in de referentiesituatie (vanaf 1.470 m^3/s).

Dwarsstroming

Zodra de geulen mee beginnen te stromen, betekent dit dat er actief water wordt onttrokken uit de hoofdgeul, en er stroomafwaarts weer water wordt geloosd. Dit kan ter plekke van de in- en uitstroomdrempels van het gebied leiden tot lokale, geconcentreerde dwarsstroompieken die mogelijk leiden tot niet-acceptabele condities.

3.6 Te verwachten morfologische effecten

Zomerbed

Afhankelijk van de mate van onttrekking van water uit het hoofdgeul richting de uiterwaarde, kan de morfodynamiek in het zomerbed veranderen. Over het algemeen leidt een onttrekking van water uit de hoofdgeul tot lokale sedimentatie, met bovenstrooms terugschrijdende erosie.

Uiterwaard

Lokaal kan de stroomsnelheid in de geulen al gauw oplopen. Indien de drempels, oevers en geulen van het projectgebied niet zijn ontworpen op lokale stroomsnelheden van > 0,3 m/s ontstaat de kans op oevererosie en erosie van de drempels ter plaatse van de in- en uitstroomopeningen. Met name deze laatstgenoemde elementen moeten met zorg worden ontworpen, omdat de mate van turbulentie op locaties waar stroming vertraagt (direct na passage van de drempels) tot onvoorziene erosie kan leiden.

4

UITGANGSPUNTEN MODELBEREKENINGEN

4.1 Introductie

Dit hoofdstuk licht de gehanteerde methode toe (paragraaf 4.2), somt de geldende uitgangspunten op (paragraaf 4.3) en toont de gehanteerde modelkoppeling met bijhorende randvoorwaarden (paragraaf 4.4).

4.2 Methode

Voor het bepalen van de rivierkundige effecten zijn de Baseline- en WAQUA-modellen gebruikt die aan Witteveen+Bos ter beschikking zijn gesteld door Rijkswaterstaat op 26 april 2022. De hydrodynamische effecten zijn beoordeeld op basis van de WAQUA-modelresultaten.

De effecten op waterstanden, dwarsstroming, afvoerverdeling, erosie en sedimentatie zijn gekwantificeerd op basis van WAQUA-simulaties voor afvoeren 1.250, 1.470, 1.971 en 4.118 m^3/s. Hiervoor zijn ook informatie uit waterdieptekaarten en betrekkingslijnen gebruikt. Overige aspecten (voor andere afvoeren) zijn op basis van deze afvoeren met een expertoordeel beoordeeld.

4.3 Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd voor de bestudeerde ingreep De Lymen:
- herinrichting conform het ontwerp aangeleverd door Bart Peters van 28 oktober 2022;
- ontwerpvariant: Plan De Lymen variant 6;
- baseline maatregel ma_DeLym_a6;
- Arcgis-versie: 10.3.1;
- baseline-versie: 5.2;
- baseline-referentie: Beno_17_5-v1 inclusief diverse maatregelen (paragraaf 2.3);
- het gehanteerde WAQUA-deelmodel van de referentie:
  - L1: beno17_5_20m_km135_188-v1;
  - L2: beno17_5_20m_km183_231-v1;
- Simona-versie: 2016;
- de waterstandsverschillen zijn gebaseerd op de zogenaamde last 25;
- ruwheidsdefinities; roughcombination-general-2015_5-v1, roughcombination-maas-2015_5-v3;
- Rivierkundig Beoordelingskader versie 5.0 [ref. 1]. Verder in dit document aangeduid als RBK.

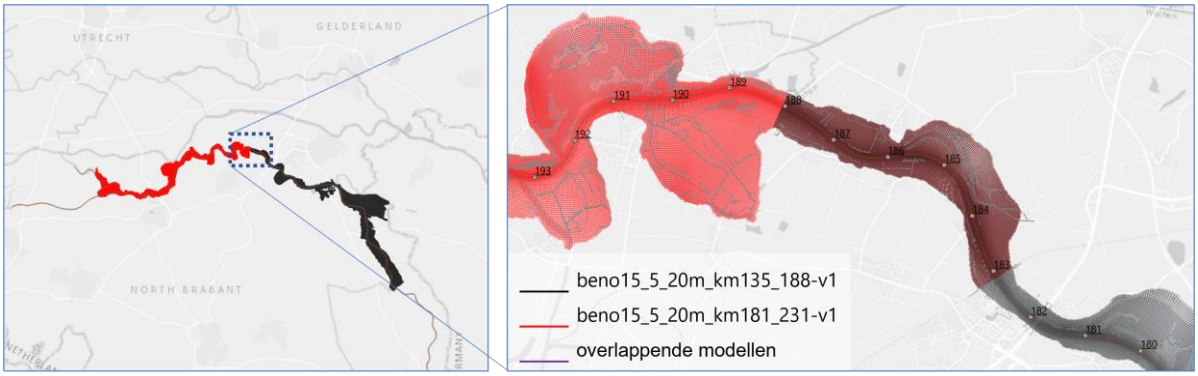
4.4 Modelkoppeling en randvoorwaarden

Het projectgebied van De Lymen bevindt zich tussen rivierkilometer 186 en 188. Het gebruik van een deelmodel met een fijne roosterresolutie dan het totale Maasmodel is gewenst. Het gebied van De Lymen ligt precies op de rand van twee deelmodellen.

Om de rivierkundige effecten zowel boven- als benedenstrooms van De Lymen goed in kaart te brengen moeten twee modeldomeinen worden gekoppeld: L1 (rivierkilometer 155-188) en L2 (rivierkilometer 183-231). Deze modellen overlappen tussen rivierkilometer 183-188, zie afbeelding 4.1. De koppeling is geplaatst op rivierkilometer 183.

De koppeling van modeldomeinen vereist een nieuwe combinatie van randvoorwaarden. Deze randvoorwaarden zijn met Rijkswaterstaat definitief overeengestemd[1]. Een overzicht van de toegepaste randvoorwaarden is weergegeven in tabel 4.1.

Afbeelding 4.1 Locaties van de voorgeschreven rekenmodellen beno15_5_20m_km135_188-v1 (L1) en beno15_5_20m_km181_231-v1 (L2)



Tabel 4.1 Combinatie van randvoorwaarden voor de gegeven afvoeren en de RBK-toetsen waar deze afvoeren voor worden gebruikt

Herhaaltijd	Afvoer	RBK-Toets	Bovenrand L1 (Q)	Benedenrand L2 (WL)	Lateralen
4d/j	1.250 m3/s	2.2 2.3 3.1 3.2	1.250 m3/s	NAP 1,95 m	n.v.t.
2d/j	1.470 m3/s	2.2 2.3 3.1 3.2	1.440 m3/s	NAP 2,30 m	L1 (135-188) No-Brabant: 12,58 m3/s Niers: 31,72 m3/s Bloemers-gemaal: 1,55 m3/s L2 (181-231) Quarles-gemaal: 1,55 m3/s Gewande-gemaal: 3,63 m3/s Dieze: 34,69 m3/s
T5	1.971 m3/s	2.2 2.3 3.1 3.2	1.853 m3/s	NAP 2,83 m	L1 (135-188) No-Brabant: 17,23 m3/s Niers: 34,12 m3/s Bloemers-gemaal: 2,13 m3/s L2 (181-231) Quarles-gemaal: 2,13 m3/s Gewande-gemaal: 14,29 m3/s Dieze: 33,21 m3/s

1 Communicatie met de heer S. Folkertsma en de heer E. Lemaire, RWS-ZN op 28 april 2022, 8 juli 2022, 21 juli 2022 en 15 augustus 2022.

Herhaaltijd	Afvoer	RBK-Toets	Bovenrand L1 (Q)	Benedenrand L2 (WL)	Lateralen
T3000	4.118 m3/s	1.1 1.2 2.2	3.770 m3/s	NAP 5,04 m	L1 (135-188) No-Brabant: 36,00 m3/s Niers: 49,42 m3/s Bloemers-gemaal: 4,45 m3/s L2 (181-231) Quarles-gemaal: 4,45 m3/s Gewande-gemaal: 30,00 m3/s Dieze: 0,00 m3/s

5

VASTSTELLEN TAAKSTELLING

5.1 Introductie

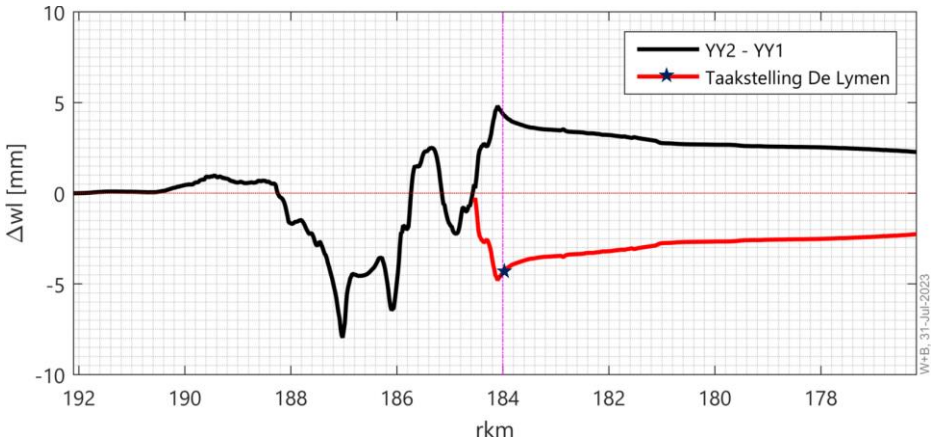
Dit hoofdstuk behandelt het vaststellen van de taakstelling voor de herinrichting van De Lymen. Deze taakstelling is bepaald door het verschil tussen de oude referentie inclusief het ontwerp voor Demen-Dieden zoals vastgelegd in 2018 (DD18), en de huidige referentieschematisatie inclusief het ontwerp voor Demen-Dieden zoals vergund in 2020 (DD20) te vergelijken bij een stationaire afvoer van 4.118 m^3/s.

5.2 Waterstandseffecten bij 4.118 m^3/s

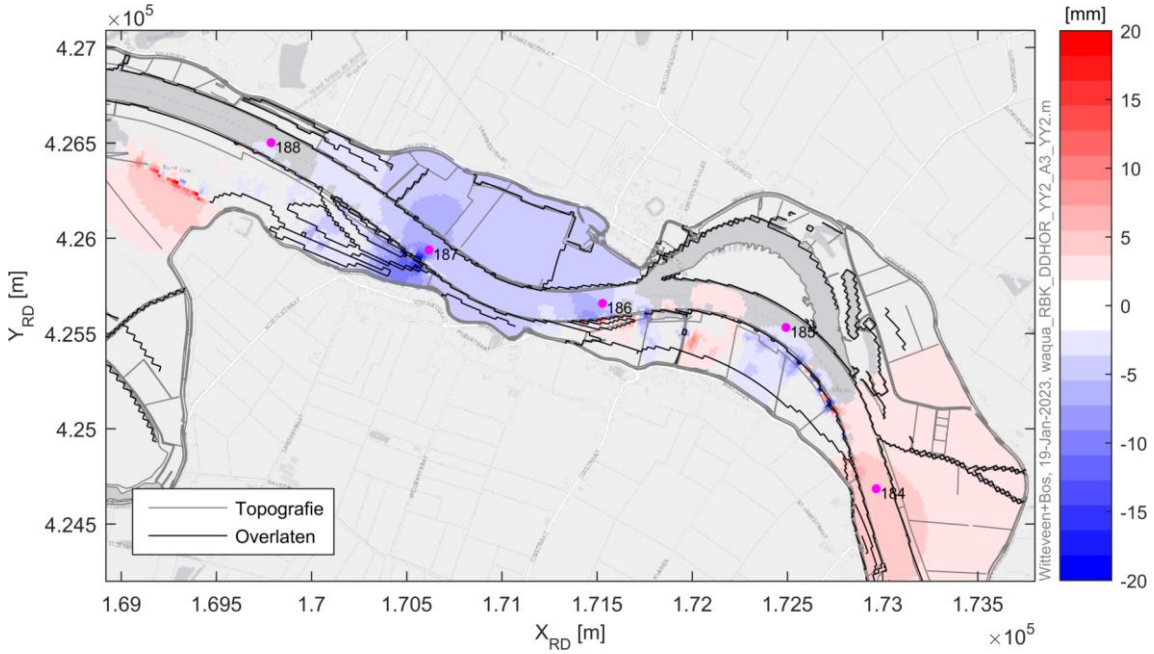
Afbeelding 5.1 en afbeelding 5.2 tonen de waterstandsverschillen op respectievelijk de rivieras en in het tweedimensionale vlak ter hoogte van het projectgebied van De Lymen bij een afvoer van 4.118 m^3/s. DD20 zorgt ten opzichte van DD18 voor 8 mm meer waterstandsdaling ter hoogte van rivierkilometer 187. Ter hoogte van rivierkilometer 186 levert DD20 6 mm meer waterstandsdaling op. Ten slotte leidt DD20 op rivierkilometer 185 tot een verhoging in de waterstand van 2 mm ten opzichte DD18. Bovenstrooms van het projectgebied van Demen-Dieden leidt DD20 ten opzichte van DD18 op rivierkilometer 184 tot een relatieve toename in de waterstand van maximaal 5 mm. Dit effect moet gecompenseerd worden met het project De Lymen. De taakstelling is daarom gespiegeld aan dit effect (rode lijn met ster in afbeelding 5.1).

De waterstandsdoelstelling van Meanderende Maas is gedefinieerd op rivierkilometer 184. De gevraagde waterstandsdaling (taakstelling) voor De Lymen op deze locatie bedraagt 5 mm.

Afbeelding 5.1 Waterstandsverschil op de as tussen YY2 en YY1



Afbeelding 5.2 Tweedimensionaal waterstandsverschil ter hoogte van het projectgebied van De Lymen tussen YY2 en YY1



5.3 Taakstelling

Uit de vergelijking tussen YY2 en YY1 blijkt de taakstelling voor De Lymen: op rivierkilometer 184 moet ten minste 5 mm waterstandsdaling behaald worden bij een afvoer van 4.118 m^3/s. Dit geldt dus voor het verschil tussen variant ZZ4 en YY2.

6

RIVIERKUNDIGE EFFECTEN

6.1 Introductie

In dit hoofdstuk worden de rivierkundige effecten van de herinrichting van De Lymen beschreven en beoordeeld. Hiervoor zijn WAQUA-berekeningen uitgevoerd voor de hoogwaterreferentie afvoer (HWR) van 4.118 m^3/s en afvoeren van 1.970, 1.470 en 1.250 m^3/s. De berekeningen zijn aangevuld met een expertoordeel op basis van de beschrijving van het systeem (zie hoofdstuk 3), en betrekkingslijnen.

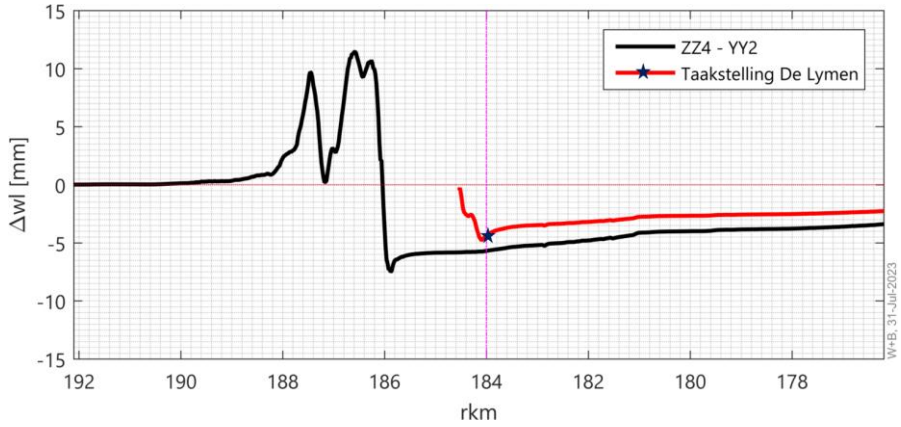
6.2 Waterstandsverschillen op de rivieras bij Hoogwaterreferentie

Analyse
Een opstuwing in het zomerbed groter dan 1 mm bij de hoogwaterreferentie is volgens het RBK niet toelaatbaar. Deze eis gaat echter niet op, omdat aan deze eis wordt voldaan zodra de taakstelling zoals gedefinieerd in hoofdstuk 5 wordt behaald (afgestemd met BG, Rijkswaterstaat).

De waterstandsverschillen op de rivieras tussen de variant (ZZ4) en de referentie YY2 zijn weergegeven in afbeelding 6.1 voor de hoogwaterreferentie afvoer (HWR) van 4.118 m^3/s. ZZ4 leidt tot een afname in waterstand ten opzichte van YY2 van maximaal 7 mm op rivierkilometer 186. Op rivierkilometer 184 bedraagt de waterstandsdaling ongeveer 6 mm. Op rivierkilometer 187 leidt variant ZZ4 tot een relatieve toename in waterstand van 12 mm ten opzichte van referentie YY2, als gevolg van de het water dat uit de uiterwaarde terug de hoofdgeul instroomt. Deze benedenstroomse stijging is niet problematisch, omdat hier vanuit het project Meanderende Maas voldoende spelingsruimte is.

Conclusie
Ten opzichte van YY2 levert de ingreep bij De Lymen ter hoogte van rivierkilometer 184 ongeveer 6 mm waterstandsdaling op. Hiermee wordt met ruim 1 mm extra voldaan aan de taakstelling zoals in hoofdstuk 5 is vastgesteld. Benedenstrooms treedt een relatieve waterstandsverhoging van ongeveer 12 mm op.

Afbeelding 6.1 Waterstandsverschil op de rivieras (mm) tijdens 4.118 m^3/s voor variant ZZ4 ten opzichte van YY2. Stroomrichting is van rechts naar links



6.3 Hoogwaterreferentie buiten de rivieras

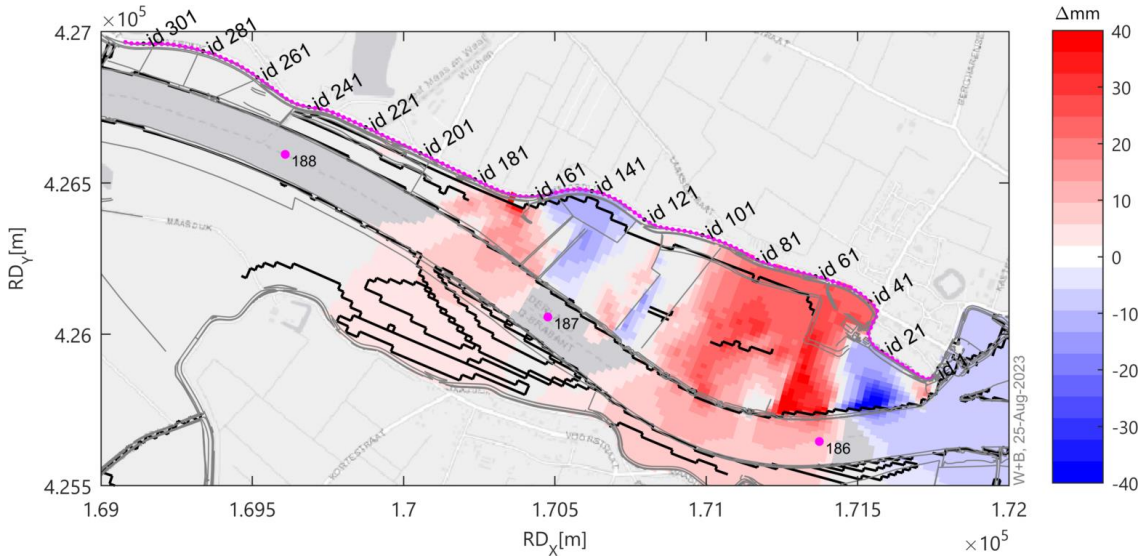
Analyse

De ruimtelijke waterstandsverschillen tussen ZZ4 en YY2 zijn weergegeven in afbeelding 6.2. Maximale waterstandsdaling treedt op langs de rechteroever bovenstrooms van rivierkilometer 186. De grootste opstuwing treedt op langs de rechteroever rond en benedenstrooms van rivierkilometer 186.

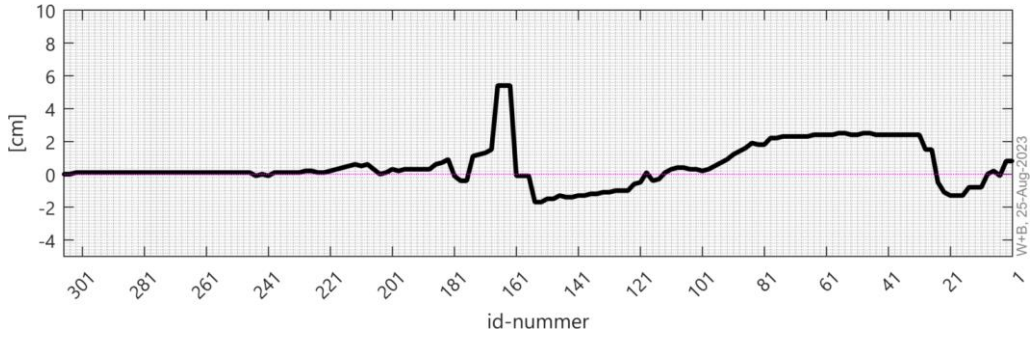
Het waterstandsverschil langs de dijk is weergegeven in afbeelding 6.3 voor de id-nummers zoals weergegeven in afbeelding 6.2. Globaal gezien treedt er een opstuwing op van maximaal 2-2,5 cm. Op id-nummer 165 is er een piek van 6,0 cm te zien, doordat hier (numerieke) modelartefacten optreden. Het gaat hier om een enkele cel die (soms) droogvalt. Dat komt omdat het rooster hier schuin op de dijk aansluit, waardoor het rooster de stroombanen niet goed kan volgen. Zowel in de referentieberekening als in de berekende variant observeren we op deze locatie een relatief grote afwijking in de berekende waterstand ten opzichte van de rekencellen daaromheen. Dit is fysisch niet te verklaren en daarom laten we de toename in dit punt ook verder buiten beschouwing.

Ten slotte zijn deze waterstandsverschillen berekend exclusief het waterstandsdalende effect vanuit het project Meanderende Maas. Hierdoor wordt de opstuwing langs de primaire kering in de praktijk gecompenseerd.

Afbeelding 6.2 Tweedimensionale waterstandsveranderingen (mm) tijdens 4.118 m^3/s voor variant ZZ4 ten opzichte van YY2



Afbeelding 6.3 Geprojecteerd waterstandsverschil tussen variant ZZ4 en YY2 op de grens van het model bij een afvoer van 4.118 m^3/s



Naast waterstandseffecten langs de dijk, is ook golfoploop tegen de dijk onderzocht. Voor de maatgevende situatie kijken we alleen naar windgolven en niet naar scheepsgolven, aangezien bij extreme afvoeren geen schepen meer varen. Windgolven zijn in (smalle) riviersecties, zoals bij de Lymen, niet diepte-gelimiteerd, maar eerder gelimiteerd door strijklengte (de afstand waarover een golf kan groeien). Dit houdt in dat vergravingen in de uiterwaarden waarschijnlijk geen effect op golfhoogte en -oploop hebben.

In het merendeel van het gebied wordt de vegetatieruwheid groter. Dit zorgt voor een afname in golfhoogte en -oploop. Op de locaties waar een opstuwing ontstaat die groter is dan 2 cm (id-nummers 30-90) wordt relatief kort voor de dijk Mengklasse 50-50 toegepast. Dit ruwere vegetatietype heeft een remmend effect op golven die vanaf het zuiden richting de dijk propageren. Langs de volledige dijk wordt een fietspad c.q. berm aangelegd. Dit leidt zowel tot een reductie van de golfhoogte (echter zeer beperkt bij extreme afvoeren) en een verbetering van de geotechnische stabiliteit van het dijklichaam (door het verzwaren van de dijkdoorsnede). Conclusie is dat de golfhoogte en golfoploop langs de dijk waarschijnlijk iets zal afnemen door de nieuwe maatregelen.

Conclusie
Met betrekking tot waterstandseffecten buiten de rivieras, dient met de beheerder overeengestemd te worden of de optredende opstuwing langs de dijken toelaatbaar is.

6.4 Invloed op ijsafvoer

Analyse
De RBK-eis voor ijsafvoer is dat een goede geleiding gewaarborgd dient te blijven voor de hoogwaterveiligheid. Deze eis wordt kwalitatief getoetst.

De maatregel leidt niet tot een versmalling van de normaalbreedte van de rivier. De ligging van de gestrekte oevers blijft behouden. Enkel de kruinhoogte en de helling van de oevers veranderen. De ligging van de uitstroomopening is gestroomlijnd, waardoor er niet van opzij grote ijsschotsen op de rivier terecht komen, maar deze in de stroomrichting de hoofdgeul instromen. Ten slotte neemt het doorstroomoppervlak ook toe door het uitgraven van de geulen. Dit verkleint de kans op blokkades van ijsschotsen op de rivier.

Conclusie
Met betrekking tot ijsafvoer wordt deze door het ontwerp niet gehinderd en voldoet de maatregel.

6.5 Inundatiefrequentie van de uiterwaard

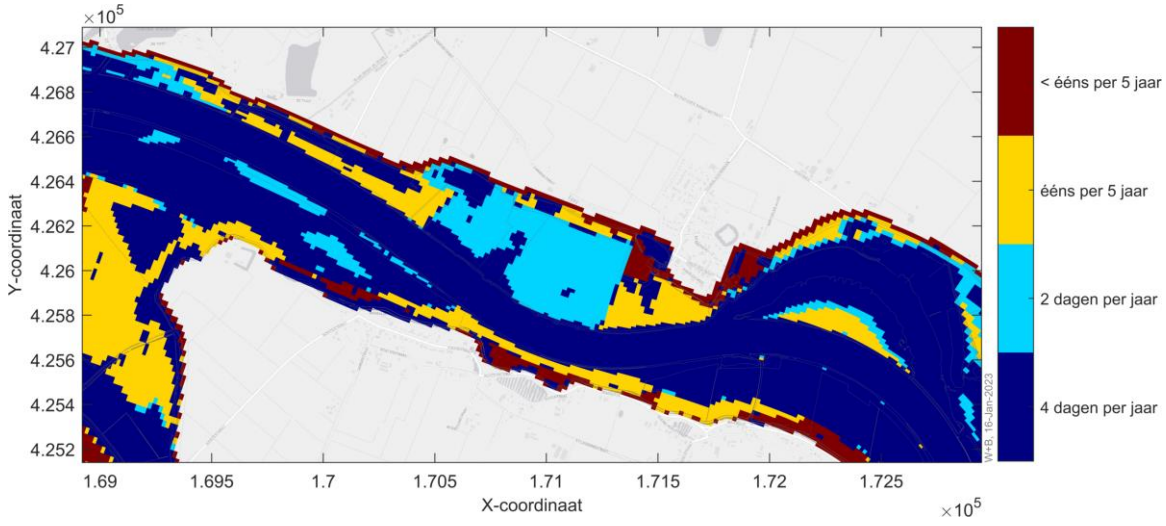
Analyse
Op de uiterwaarde van De Lymen worden delen verhoogd en verlaagd. Hierdoor liggen delen van de uiterwaarden langer droog, of zijn de delen juist langer nat. Afbeelding 6.4 en afbeelding 6.5 tonen de

inundatiekaarten voor het gebied rondom De Lymen. Vrijwel de hele uiterwaard rond De Lymen inundeert in de referentiesituatie zo'n 2 dagen per jaar. In de bestudeerde variant neemt de overstromingsfrequentie van het gebied toe en inundeert vrijwel de hele uiterwaarde ten minste 4 dagen per jaar. De functie van het gebied verandert van agrarisch naar ecologisch. Voor dit laatste kan de toename in inundatiefrequentie voordelig zijn, mits de omstandigheden passen bij de habitat van de doelsoorten. Als gevolg van de maatregelen zal de inundatiefrequentie van andere uiterwaarden buiten het projectgebied niet veranderen.

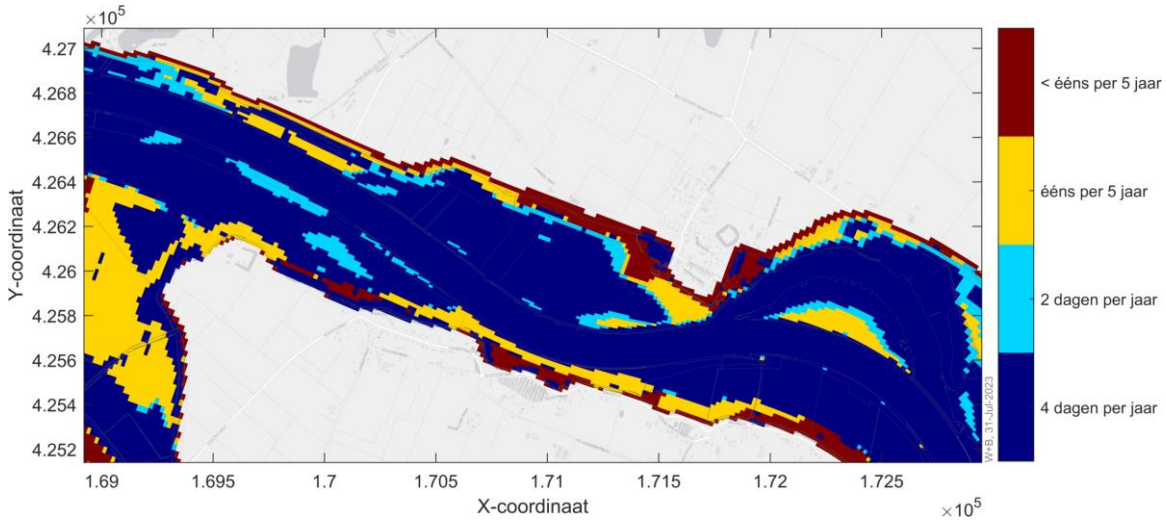
Conclusie

De inundatiefrequentie neemt toe binnen het projectgebied. Dit hangt samen met de nieuwe toekomstige functie van het gebied. De verandering van de inundatiefrequentie zal daarom geen nadelige gevolgen hebben en voldoet daarmee aan het RBK.

Afbeelding 6.4 Inundatiekaart van de referentiesituatie (YY2)



Afbeelding 6.5 Inundatiekaart van de variant (ZZ4)



6.6 Stroombeeld in de uiterwaard en hoofdgeul

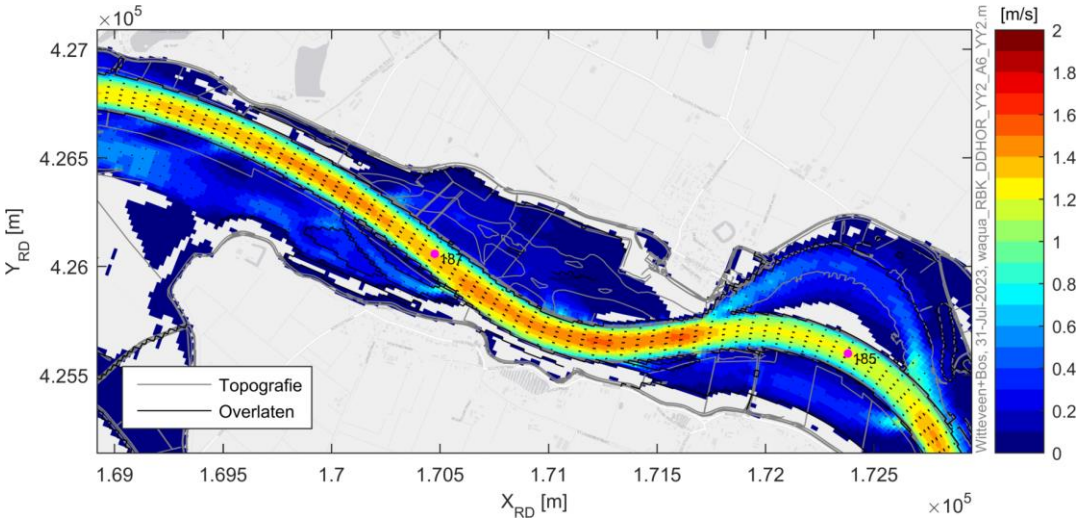
Analyse

Afbeelding 6.7-afbeelding 6.9 tonen de absolute stroomvelden voor de variant ZZ4 en de verschillen ten opzichte van de referentiesituatie YY2[1]. Bij een afvoer van 1.470 m^3/s neemt de stroomsnelheid op de rivier ter hoogte van rivierkilometer 186 toe met 0,05 m/s. Langs de rechteroever neemt de stroomsnelheid hier af met 0,2 m/s. Ter hoogte van rivierkilometer 187,5 neemt de stroomsnelheid op de rivieras af met ongeveer 0,15 - 0,2 m/s. Bij deze afvoer stroomt er een beperkte afvoer door de geulen op de uiterwaarde. Pas bij 1.971 m^3/s stroomt een aanzienlijk deel van het debiet uit de hoofdgeul door het geulensysteem op de Lymen. In de geulen treden stroomsnelheden van 0,6-0,7 m/s op. Met name ter plaatse van de in- en uitstroomdrempel vinden de hoogste stroomsnelheden plaats. Daarom moet in het geul- en drempelontwerp rekening worden gehouden met de stabiliteit van de drempel en de oevers, en moet worden bepaald of de geulen niet verder uitslijten. In de hoofdgeul, tussen rivierkilometer 186 en 187 neemt de stroomsnelheid af met 0,2-0,25 m/s bij 1.971 m^3/s.

Conclusie

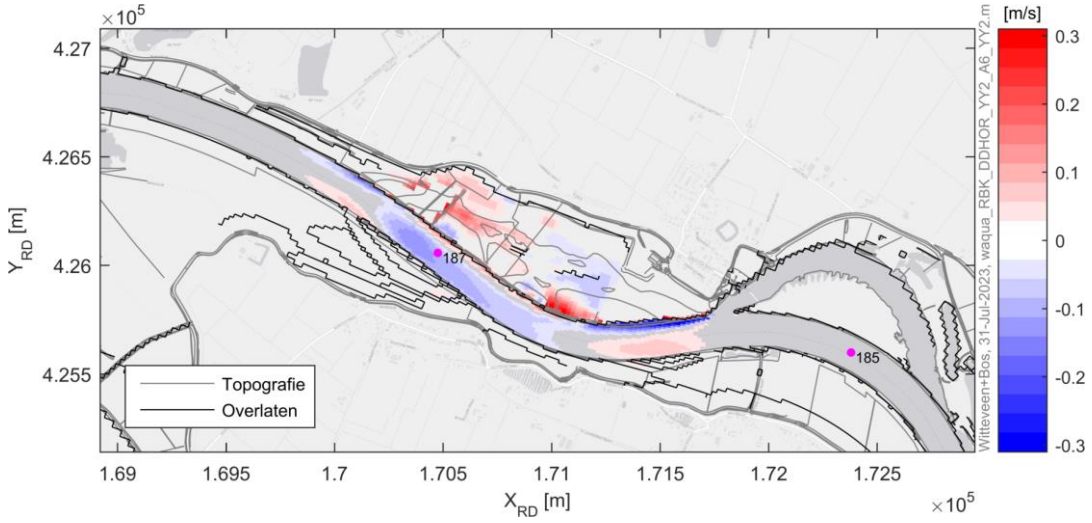
Door de toename in stroomsnelheid in de geulen en op de in- en uitstroomdrempel moet worden getoetst of dit implicaties heeft op de stabiliteit van de drempels. Daarnaast moet worden onderzocht of deze stroomsnelheden niet leiden tot een aantasting van de geplande vegetatie.

Afbeelding 6.6 Absolute stroomsnelheid voor de variant (ZZ4) voor een debiet van 1.470 m^3/s

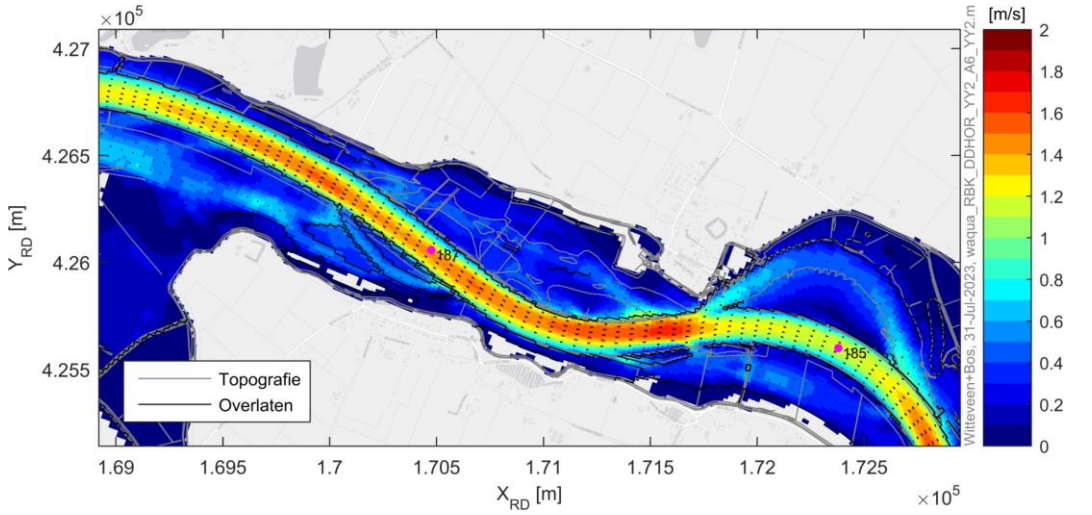


[1] De koppeling tussen deeldomeinen in WAQUA leidt ertoe dat de stroombanen niet goed worden weergegeven in de resultaten. Deze zijn daarom niet opgenomen in de figuren.

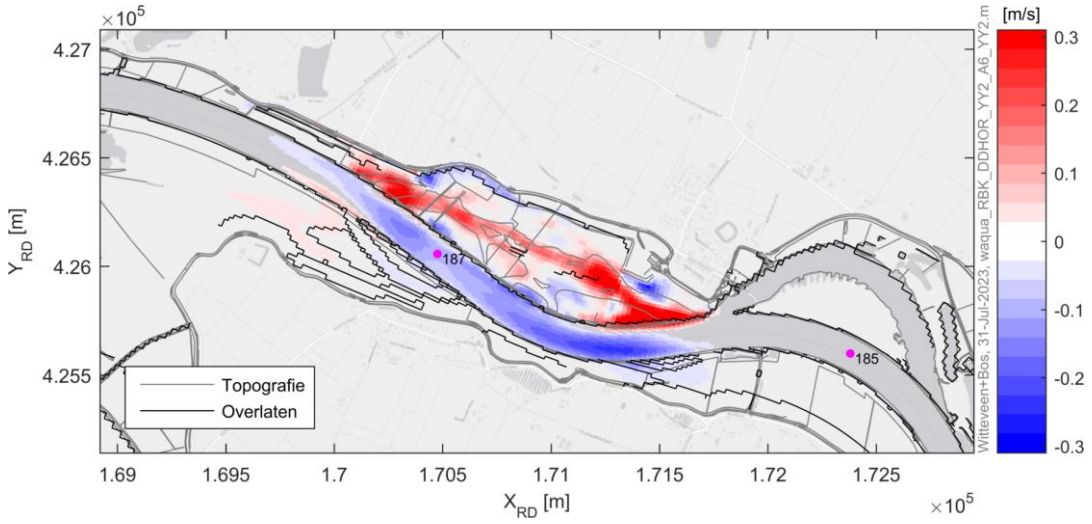
Afbeelding 6.7 Verschil in stroomsnelheid tussen de variant (ZZ4) en de referentie (YY2) voor een debiet van 1.470 m^3/s



Afbeelding 6.8 Absolute stroomsnelheid voor de variant (ZZ4) voor een debiet van 1.971 m^3/s



Afbeelding 6.9 Verschil in stroomsnelheid tussen de variant (ZZ4) en de referentie (YY2) voor een debiet van 1.971 m^3/s



6.7 Dwarsstroming

Analyse

Dwarsstroming kan hinder veroorzaken voor scheepvaart. In deze paragraaf bestuderen we of de ingreep leidt tot onacceptabele dwarsstroming. De oostelijke instroomdrempel (rivierkilometer 186) ligt op NAP +6,8 tot +7,0 m. Hier zal pas bij de simulatie met 1.971 m3/s water instromen. Wel leiden aanpassingen in de hoogte van de oever al bij lagere afvoeren (bijvoorbeeld 1.250 m^3/s) tot veranderingen in het lokale stroombeeld. De drie openingen ter hoogte van rivierkilometer 187 liggen op NAP +5,6 tot +5,8 m. Hier kan bij afvoeren tussen 1.250 en 1.470 m^3/s water instromen. De openingen ter plaatse van rivierkilometer 187,5 en 188 hebben een drempelhoogte van respectievelijk NAP +5,5 en +5,7 m. Hierdoor kan water bij een afvoer van ongeveer 700 m^3/s het gebied uitstromen. Deze afvoer wordt gemiddeld ongeveer 30-40 dagen per jaar overschreden.

Door de verbinding tussen de geulen op de uiterwaarde van De Lymen ontstaat er stroming in de dwarsrichting op de hoofdgeul. Bij toenemende afvoeren neemt de uitwisseling van water (en de hoeveelheid dwarsstroming) tussen het zomerbed en de uiterwaard toe.

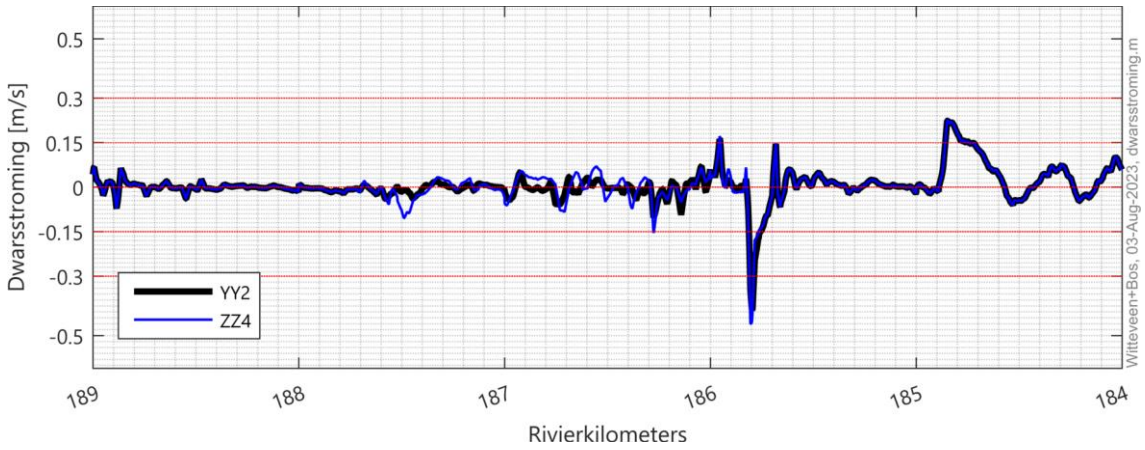
Er gelden twee criteria voor de dwarsstroming (conform RBK 5.0) afhankelijk van het dwarsdebiet:
- criterium bij dwarsdebiet groter dan 50 m^3/s: dwarsstroming <0,15 m/s;
- criterium bij dwarsdebiet kleiner dan 50 m^3/s: dwarsstroming <0,30 m/s.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de rechteroever, omdat de herinrichting hier de grootste effecten heeft. De analyse voor dwarsstroming is uitgevoerd voor drie kenmerkende afvoeren: 1.250, 1.470 en 1.971 m^3/s.

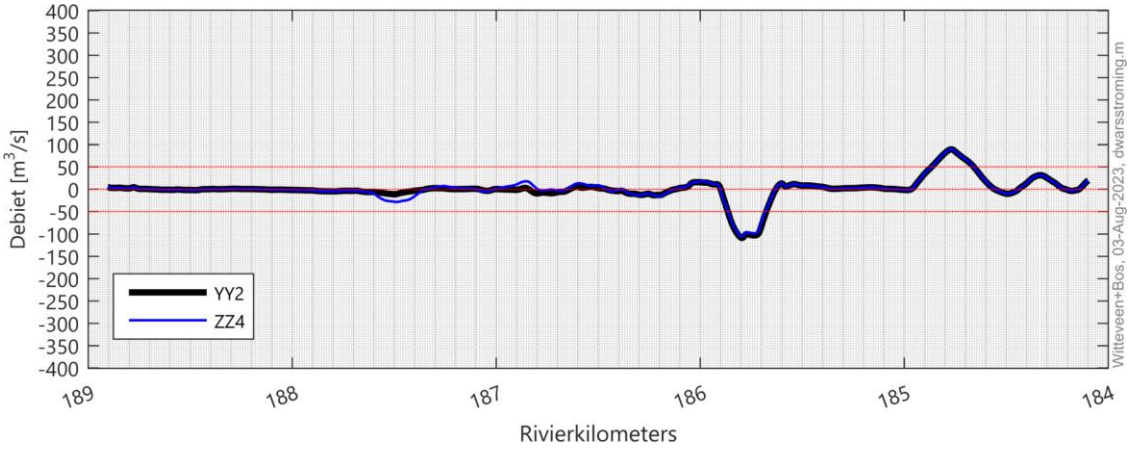
Dwarsstroming bij 1.250 m^3/s

Bij een afvoer van 1.250 m^3/s ontstaan er over het algemeen rondom De Lymen geen problemen met betrekking tot dwarsstroming. Enkel ter hoogte van rivierkilometer 185,8 neemt de dwarsstroming toe met 0,04 m/s. Door de nieuwe vormgeving van de oostelijke instroomopening wordt de richting van de stroming beïnvloed, waardoor er een kleine toename in concentratie van de stroming ontstaat die uit de nevengeul bij Batenburg terug de hoofdgeul in stroomt. Deze toename is echter zeer klein. De dwarsstroom neemt op deze locatie bij hogere afvoeren juist af (zie hierna).

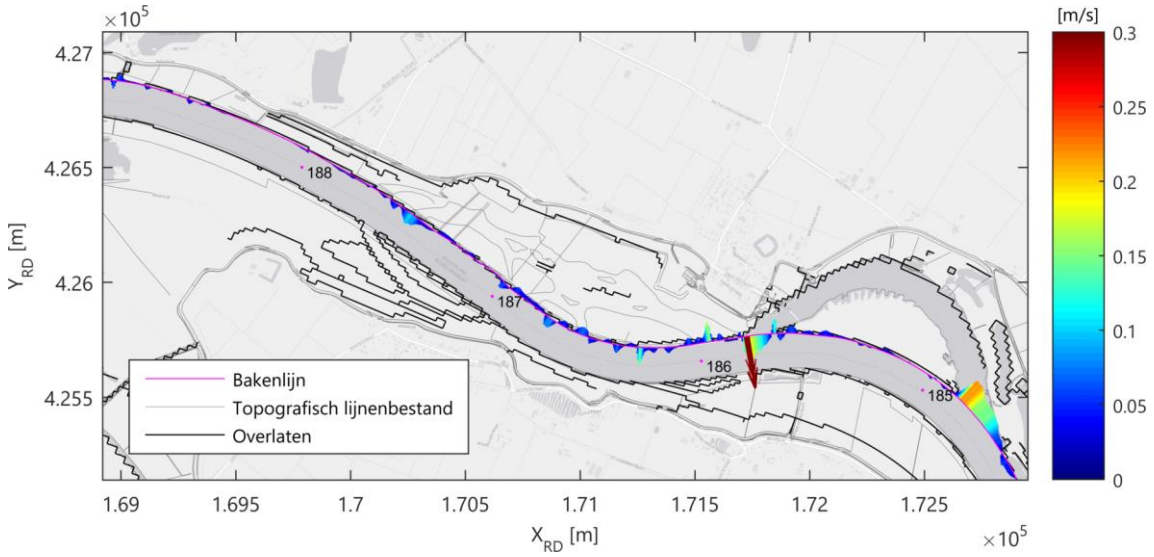
Afbeelding 6.10 Dwarsstroming voor de referentiesituatie (YY2) en de variant (ZZ4) voor de rechteroever bij 1.250 m^3/s. De rode lijnen geven de limieten voor de toetsing aan het RBK weer



Afbeelding 6.11 Dwarsdebiet voor de referentiesituatie (YY2) en de variant (ZZ4) voor de rechteroever bij 1.250 m^3/s. De rode lijnen geven de limieten voor de toetsing aan het RBK weer



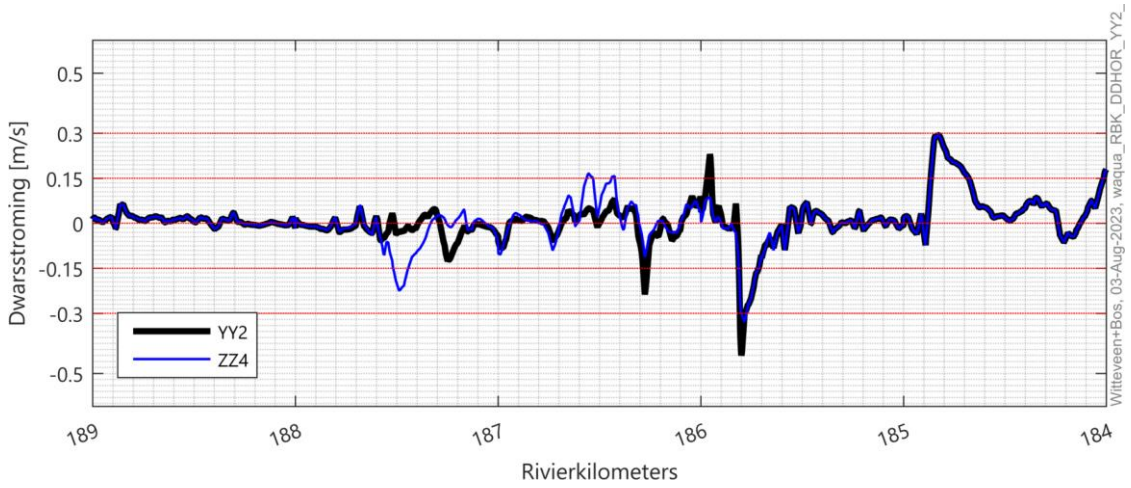
Afbeelding 6.12 Ruimtelijk beeld dwarsstroming voor variant ZZ4 bij 1.250 m^3/s



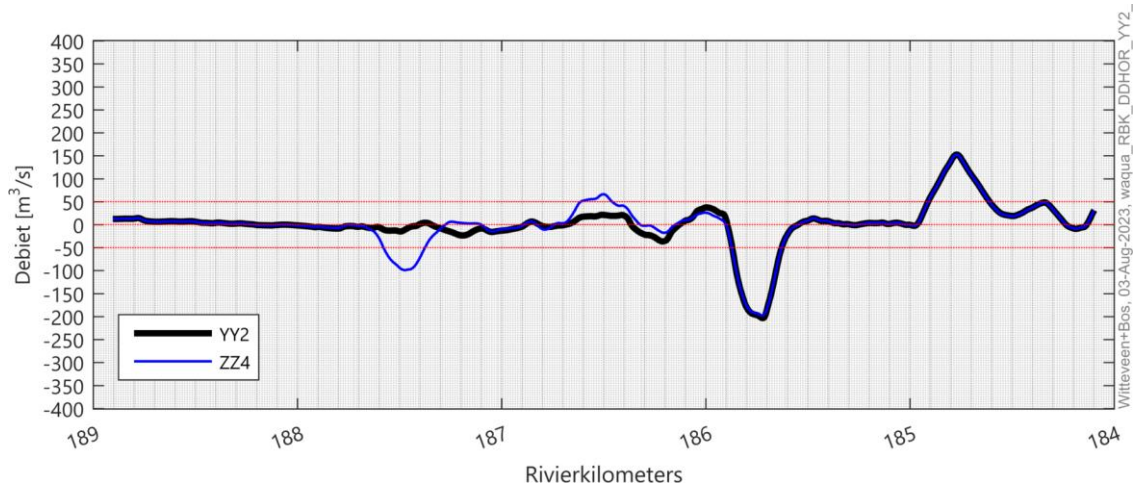
Dwarsstroming bij 1.470 m^3/s

Bij een afvoer van 1.470 m^3/s ontstaat er op twee plaatsen een overschrijding van de eisen met betrekking tot dwarsstroming. Ter hoogte van rivierkilometer 186,5 overschrijdt het dwarsdebiet de 50 m^3/s-grens én overschrijdt de dwarsstroming de grens van 0,15 m/s (in de richting van de uiterwaarde). Deze overschrijding is echter gering en wordt daarom niet als problematisch geacht. Ter hoogte van rivierkilometer 187,5 stroomt het water vanaf de uiterwaarde terug naar de hoofdgeul. Hierbij wordt zowel de 50 m^3/s-grens voor het dwarsdebiet als de 0,15 m/s-grens voor dwarsstroming (in de richting van de hoofdgeul) overschreden. Hinder kan ontstaan als de dwarsstroming te groot wordt én als de gradiënt in de dwarsstroming groot is. Bij rivierkilometer 187,5 is de gradiënt echter kleiner dan bij 185,8. Daarom verwachten we geen grote problemen. De variant leidt daarnaast ook op een aantal plaatsen tot een afname van de dwarsstroming. Op rivierkilometer 185,7, 186 en 186,3 verbetert de situatie.

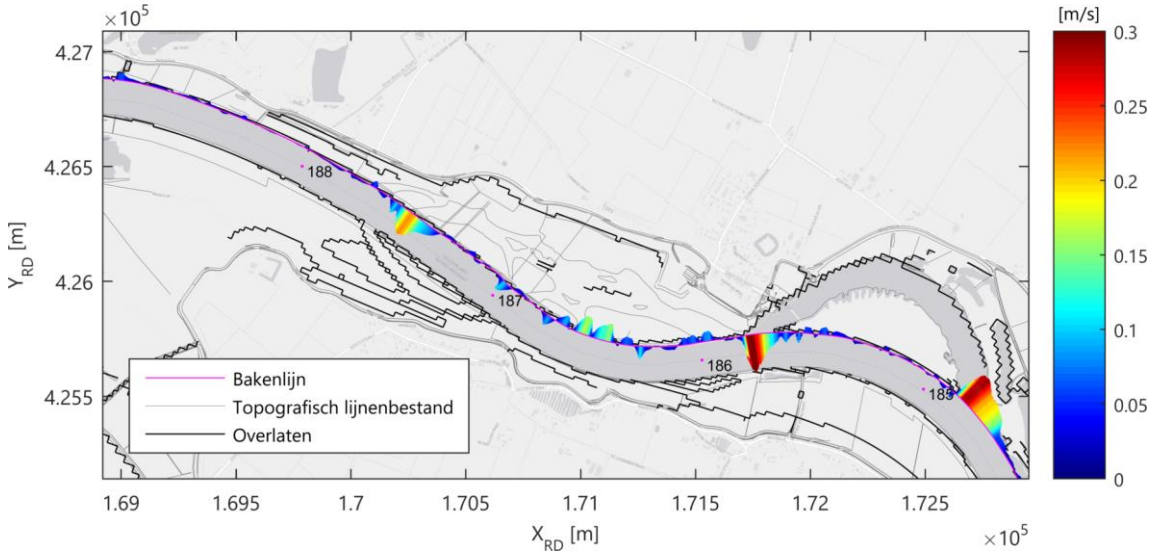
Afbeelding 6.13 Dwarsstroming voor de referentiesituatie (YY2) en de variant (ZZ4) voor de rechteroever bij 1.470 m^3/s.
De rode lijnen geven de limieten voor de toetsing aan het RBK weer



Afbeelding 6.14 Dwarsdebiet voor de referentiesituatie (YY2) en de variant (ZZ4) voor de rechteroever bij 1.470 m^3/s.
De rode lijnen geven de limieten voor de toetsing aan het RBK weer



Afbeelding 6.15 Ruimtelijk beeld dwarsstroming voor de variant bij 1.470 m^3/s

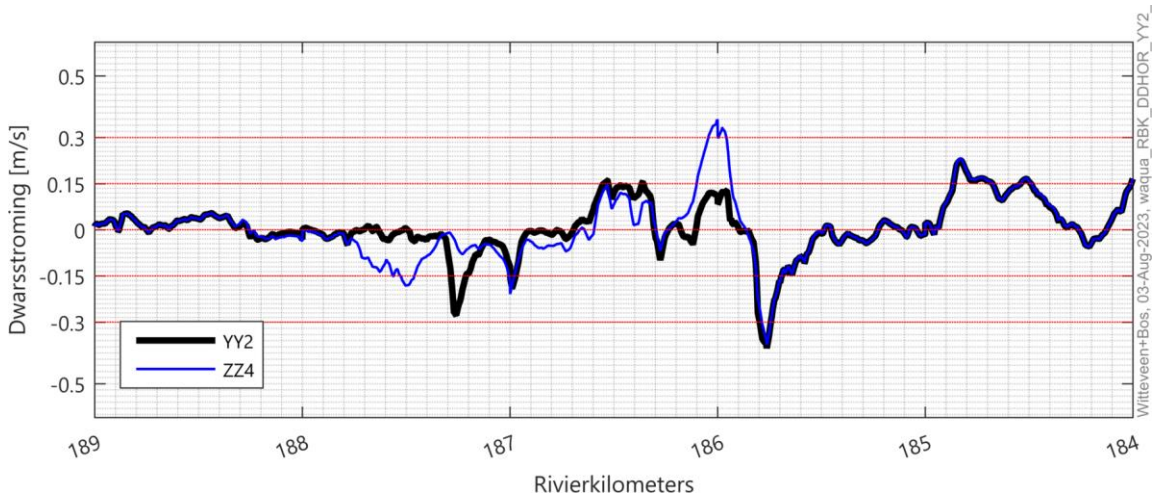


Dwarsstroming bij 1.971 m^3/s

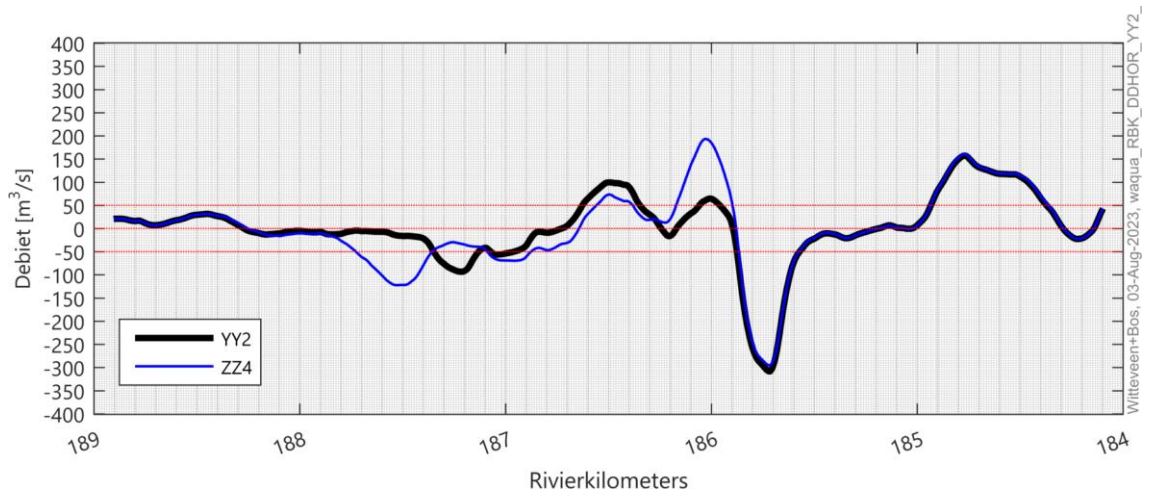
Bij een afvoer van 1.971 m^3/s worden de criteria met betrekking tot dwarsstroming overschreden. Op rivierkilometer 186 leidt de instroomlocatie van het projectgebied tot een toename in dwarsstroom en -debiet, waarbij zowel de grens van 50 m^3/s dwarsdebiet en 0,3 m/s dwarsstroom wordt overschreden. Over de grootte van de dwarsstroom die hier ontstaat is afstemming geweest met Rijkswaterstaat[1]. Uit dit gesprek bleek dat dergelijke dwarsstroom op deze locatie overkomelijk is omdat deze stroomsnelheden door de hoogte van de instroomdrempel vooral boven in de waterkolom optreden (bovenste 40-50 cm), waardoor risico's op grote zijdelingse verplaatsingen gering blijven. Daarnaast compenseert dit het effect dat ontstaat ter plaatse van de uitstroomlocatie bij de geul van Batenburg.

Ook op rivierkilometer 187,5 ontstaat een dergelijke overschrijding. Echter wordt in deze situatie duidelijk dat de overschrijding die plaatsvindt bij rivierkilometer 187,5 eerder een verschuiving (en een gedeeltelijke vermindering) is van de effecten die in de referentie op rivierkilometer 187,3 plaats vinden. De overschrijding ter hoogte van rivierkilometer 187,5 wordt daarom niet als problematisch geacht.

Afbeelding 6.16 Dwarsstroming voor de referentiesituatie (YY2) en de variant (ZZ4) voor de rechteroever bij 1.971 m^3/s. De rode lijnen geven de limieten voor de toetsing aan het RBK weer

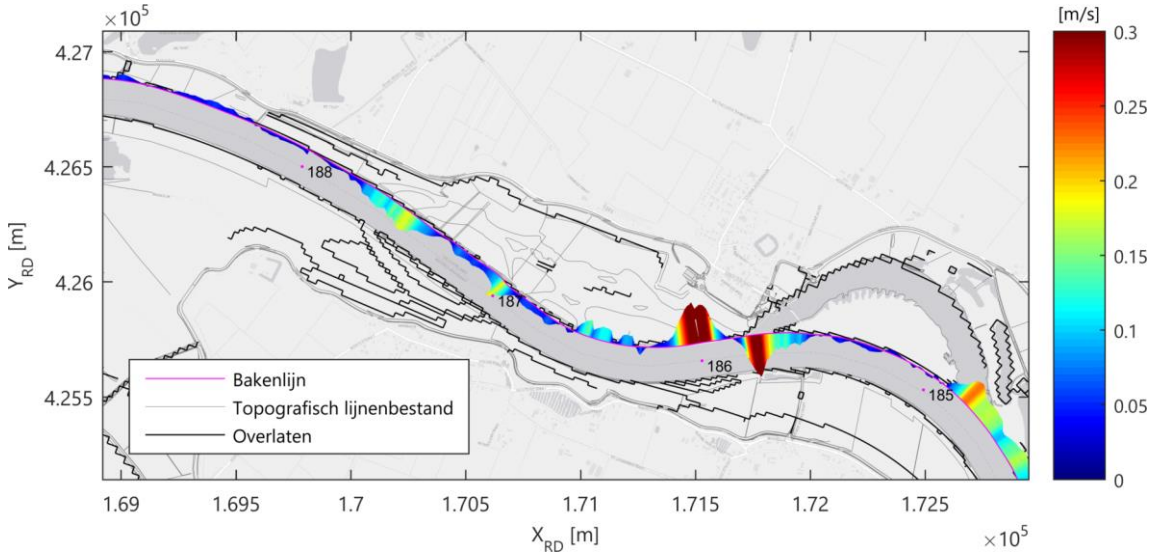


Afbeelding 6.17 Dwarsdebiet voor de referentiesituatie (YY2) en de variant (ZZ4) voor de rechteroever bij 1.971 m^3/s. De rode lijnen geven de limieten voor de toetsing aan het RBK weer



[1] E-mailcommunicatie met de heer S. Le Sage op 23 maart 2022.

Afbeelding 6.18 Ruimtelijk beeld dwarsstroming voor de variant bij 1.971 m^3/s



Conclusie

Bij een afvoer van 1.470 m^3/s ontstaat ter plaatse van de uitstroomopening op rivierkilometer 187,5 een overschrijding van de dwarsstroomcriteria. Bij deze afvoer leidt de variant echter ook tot een verbetering van de situatie rondom bijvoorbeeld rivierkilometer 185,8 bij hoge afvoeren.

Bij 1.971 m^3/s worden ter plaatse van de oostelijke instroomopening (rivierkilometer 186) de eisen met betrekking tot dwarsstroming en dwarsdebieten overschreden. Ter plaatse van de westelijke uitstroomopening (rivierkilometer 187,5) worden de dwarsstroomcriteria ook overschreden, maar verbetert de situatie vlak bovenstrooms van de uitstroomopening. Op deze locatie leidt de variant eerder tot een verschuiving van de sterkte in dwarsstroom dan een verslechtering van de situatie.

6.8 Beoordeling morfologische effecten

6.8.1 Kwalitatieve beschouwing

Analyse

In deze fase van het project De Lymen volstaat een kwalitatieve beschouwing van de te verwachten morfologische effecten.

De ingreep in het winterbed leidt ertoe dat het rivierkundige systeem verandert. Door de ingreep wordt er vanaf een afvoer van 1.250 m^3/s (voor de openingen rond rivierkilometer 187) en 1.600-1.700 m3/s (voor de oostelijke opening ter plaatse van rivierkilometer 186) meer water aan het zomerbed onttrokken (over een lengte van ongeveer 1-2 kilometer) dan in de huidige situatie. In de dagelijkse situatie zal er daardoor niets veranderen aan het riviersysteem. Dat betekent dat, enkel voor extreme afvoeren die enkele dagen per jaar voorkomen, het stromingsbeeld rondom De Lymen beïnvloed wordt. Het is echter wel bekend dat dit de afvoeren zijn die een belangrijke invloed hebben op de lokale morfologie.

De mate van morfologische veranderingen is grotendeels afhankelijk van de onttrekking van debiet uit de hoofdgeul en de lokale sedimenttransportcapaciteit. Afbeelding 6.19-afbeelding 6.21 tonen de verschillen in specifiek debiet aan tussen de variant ZZ4 en de referentiesituatie voor de drie afvoeren 1.250, 1.470 en 1.971 m^3/s. Pas vanaf 1.470 m^3/s ontstaan er verschillen in specifiek debiet die invloed kunnen hebben op de morfologische ontwikkelingen. De verschillen in specifiek debiet bij 1.470 m^3/s zijn dermate klein, dat er geen grote morfologische veranderingen verwacht worden. Bij 1.971 m^3/s treden er echter wel grote verschillen op in veranderingen in specifiek debiet. Ondanks de kleine kans van voorkomen van deze afvoer,

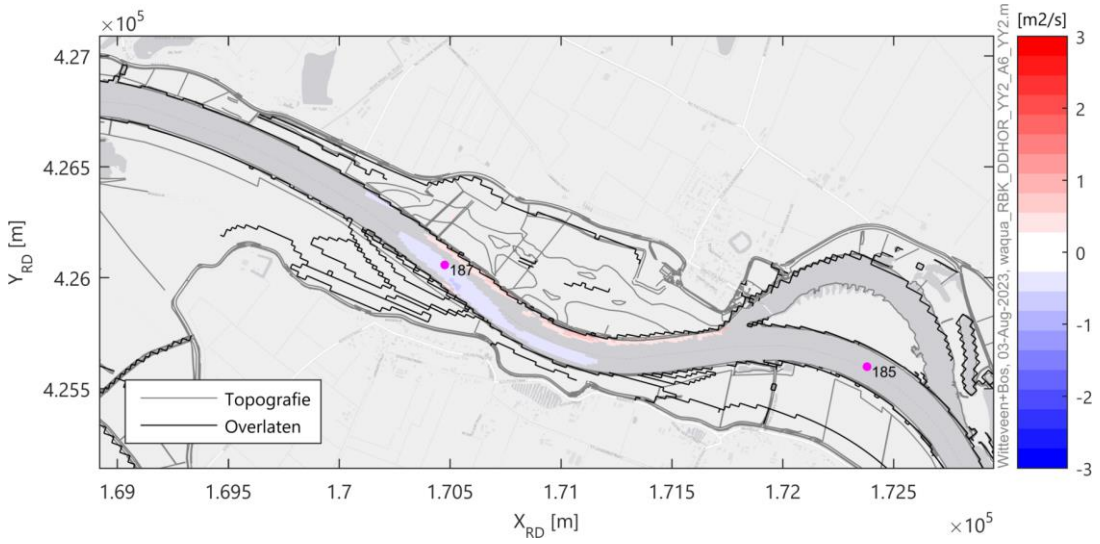
kan sedimentatie in de hoofdgeul worden verwacht tussen rivierkilometer 186 en 188. Bovenstrooms van rivierkilometer 186 bestaat de kans op terugschrijdende erosie.

Het project Demen-Dieden leidt tot erosie tussen rivierkilometer 186-87. Daarnaast leidt het tot sedimentatie tussen rivierkilometer 184 en 186 [ref. 3]. Deze morfologische ontwikkelingen zijn het tegenovergestelde van wat voor De Lymen kan worden verwacht. De morfologische effecten compenseren elkaar tot op zekere hoogte.

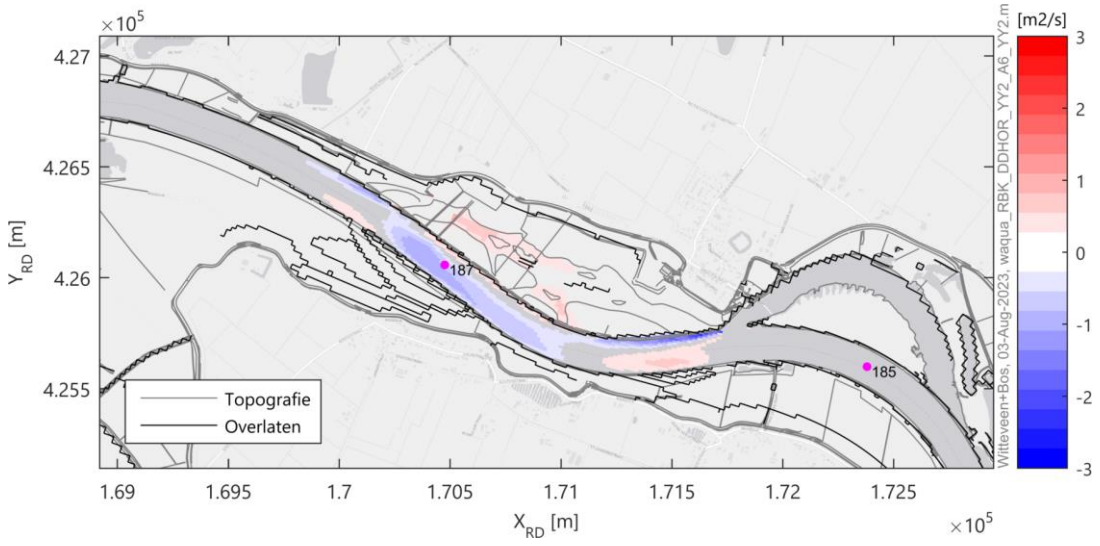
Conclusie

Het project De Lymen zal lokaal voor sedimentatie van het zomerbed zorgen bij hoge afvoeren (1/5jr). Bovenstrooms van de maatregel zal terugschrijdende erosie optreden. Deze effecten ten gevolge van De Lymen zijn echter tegengesteld aan de morfologische effecten ten gevolge van Demen-Dieden en vormen zo een (gedeeltelijke) compensatie.

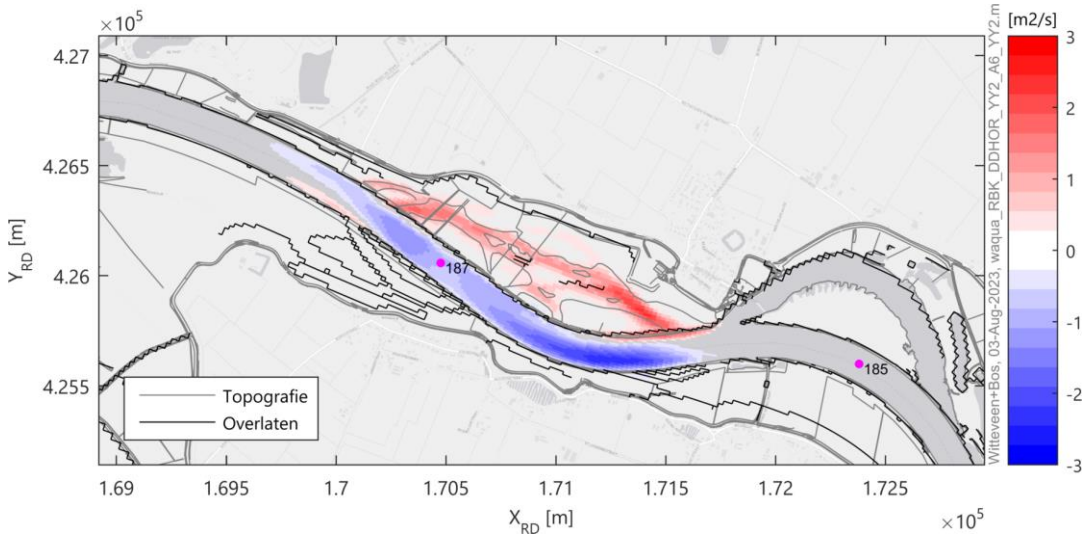
Afbeelding 6.19 Verschil in specifiek debiet tussen de variant (ZZ4) en de referentiesituatie (YY2) bij 1.250 m^3/s



Afbeelding 6.20 Verschil in specifiek debiet tussen de variant (ZZ4) en de referentiesituatie (YY2) bij 1.470 m^3/s



Afbeelding 6.21 Verschil in specifiek debiet tussen de variant (ZZ4) en de referentiesituatie (YY2) bij 1.971 m^3/s



7

CONCLUSIES

De bevindingen uit dit rapport zijn in de tabellen 7.1 tot en met 7.3 samengevat en uitgezet tegen de eisen die worden gesteld in het Rivierkundig Beoordelingskader v5.0 [ref. 1]. In de eerste kolom wordt verwezen naar de paragraaf in het RBK. De tweede kolom beschrijft het te beoordelen effect met het bijhorende criterium in de derde kolom. Kolom vier beschrijft het rivierkundige effect ten gevolge van de implementatie van de variant, zoals vastgesteld in deze rapportage. Deze bevindingen zijn gebaseerd op variant ZZ4, op basis van maatregel ma_DeLym_a6. Kolom vijf verwijst naar de desbetreffende paragraaf in dit rapport. De laatste kolom geeft de conclusie per eis weer.

Conclusie met betrekking tot de taakstelling

De taakstelling voor De Lymen is het behalen van een waterstandsdaling van ten minste 5 mm ter plaatse van rivierkilometer 184 bij een afvoer van 4.118 m^3/s. Het definitief ontwerp, zoals in deze rapportage bestudeerd, levert ter hoogte van rivierkilometer 184 een waterstandsdaling op van 6 mm. Dit betekent dat de taakstelling wordt gehaald en er nog 1 mm speling overblijft.

Tabel 7.1 Toetsing variant ma_DeLym_a6 op hoogwaterveiligheid op criteria uit RBK

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf-nummer	Conclusie
1.1	maatregel in stroomvoerend deel rivier: HWR stand op de as van de rivier	n.v.t. Taakstelling is hier leidend	de taakstelling wordt met het definitief ontwerp van De Lymen behaald	6.2	voldoet
1.2	HWR stand buiten as van de rivier	toename waterstand (bij 4.118 m^3/s op de Maas)	lokale opstuwing van maximaal 25 mm langs de primaire dijk. Dit is echter *exclusief de waterstandsdaling* die hier wordt gehaald vanuit het project Meanderende Maas. Op de locaties waar 25 mm opstuwing optreedt, zal de inkomende golfhoogte en -oploop verminderen door de grotere buitendijkse ruwheid direct voor de dijk in het ontwerp van De Lymen. Ook heeft het fietspad (c.q. berm) een positief effect op de golfoploop en de stabiliteit van de waterkering.	6.3	voldoet, indien akkoord met dijkbeheerder
1,5	invloed op ijsafvoer	een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven	het ontwerp voldoet aan de kwalitatieve uitgangspunten	6.4	voldoet

Tabel 7.2 Toetsing variant (optimalisatie) op hinder of schade door hydraulische effecten

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf-nummer	Conclusie
2.1	waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard	verandering waterstanden en/of inundatiefrequentie bij afvoeren die afhankelijk zijn van lokale omstandigheden. Standaard is een Maasafvoer van 4.118 m^3/s	de inundatiefrequentie van het gebied neemt toe. De functie van het gebied gaat van agrarisch naar ecologisch. De omstandigheden passen bij de habitat van de doelsoorten voor de nieuwe inrichting	6.5	voldoet
2.2	stroombeeld in de uiterwaard	verandering grootte en richting stroomsnelheden	bij het ontwerp van de geulen, oevers en drempels moet rekening worden gehouden met snelheden > 0,3 m/s	6.6	voldoet, indien in de praktijk wordt geanticipeerd op de

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf-nummer	Conclusie
					optredende stroomsnelheden
2.3	stroombeeld in hoofdgeul bij de aan- en aftakking van nevengeul	bankfull afvoer nevengeul <50 m^3/s: dwarsstroming vaarweg ≤0,3 m/s bankfull afvoer nevengeul >50 m^3/s: dwarsstroming vaarweg ≤0,15 m/s	voor de afvoeren 1.470 en 1.971 m3/s worden ter plaatse van de oostelijke instroomopening en de westelijke uitstroomopening de eisen met betrekking tot dwarsstroming en dwarsdebieten overschreden. Echter neemt langs het projectgebied op diverse locaties de dwarsstroming af	6.7	voldoet lokaal niet, maar globale situatie verbetert

Tabel 7.3 Toetsing variant (optimalisatie) op morfologische effecten

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf-nummer	Conclusie
3.1	aanzanding en erosie van het zomerbed (+ oevers)	bij erosie: - geen verlaging gemiddelde bodemligging; - geen oevererosie; - beperkte ontgronding bij constructies per hoogwater; - geen erosie ter hoogte van kabels, leidingen en tunnels met een te kleine gronddekking. bij sedimentatie: - geen sedimentatie in vaargeul conform BPRW; - geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren; - geen verhoging MHW op lange termijn.	ter plaatse van het projectgebied kan sedimentatie worden verwacht doordat de maatregel leidt tot onttrekking van water uit de hoofdgeul. Deze sedimentatie wordt (gedeeltelijk) gecompenseerd door de verwachte erosie vanuit het project Demen-Dieden [ref. 3]. Bovenstrooms van De Lymen wordt terugschrijdende erosie verwacht, waar Demen-Dieden juist leidt tot sedimentatie	6.8	voldoet op basis van kwalitatieve beoordeling

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf-nummer	Conclusie
		in het algemeen: - beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten en behouden veiligheid scheepvaartverkeer; - geen onacceptabele terugschrijdende erosie of sedimentatie i.v.m. risico verandering afvoerverdeling bij MHW of OLA.			
3.2	aanzanding en erosie van uiterwaard	bij sedimentatie: - beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten. bij erosie: - geen ongewenste zijdelingse verplaatsing van de nevengeul; - stroomsnelheid nevengeul bankfull <0,3 m/s; geen bodemerosie langs waterkering; - geen bodemerosie langs primaire waterkering; - stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard niet verminderen.	bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met de stabiliteit van de oevers en de bodem van de geulen. Daarnaast moeten de drempels ter plaatse van de openingen met zorg worden ontworpen, omdat hier lokaal de stroomsnelheid kan oplopen en hier typisch een grote mate van turbulentie wordt verwacht	6.8	voldoet, indien in de praktijk wordt geanticipeerd op de optredende stroomsnelheden

8

REFERENTIES

[ref. 1] Rivierkundig beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren. Versie 5.0, Rijkswaterstaat, d.d. 4 juni 2019.

[ref. 2] Rijkswaterstaat (2020). Richtlijn Morfologische effectbepaling binnen RWS ON. Rijkswaterstaat Oost-Nederland, afdeling NOV, definitief versie v1.1 d.d. 25 september 2020.

[ref. 3] WSP (2020). Natuurontwikkeling Demen-Dieden. Rivierkundige rapportage ten behoeve van vergunningsaanvragen. 17M7013.RAP004.

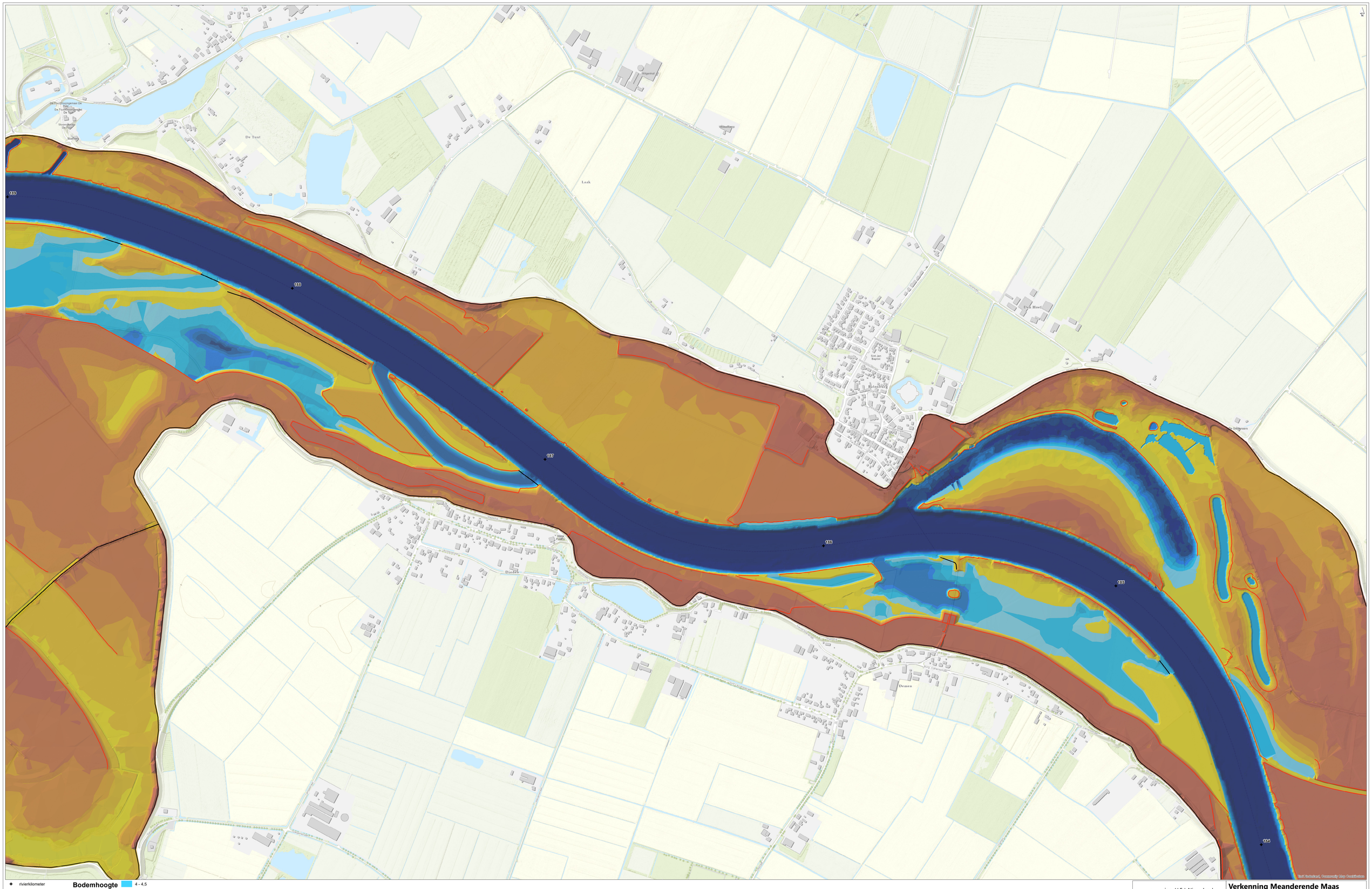
[ref. 4] Rijkswaterstaat (2020). Betrekkingslijnen Maas 2019-2020.

[ref. 5] Witteveen+Bos (2023a). Herinrichting De Lymen: Vaststellen taakstelling en rivierkundige effectenbeoordeling voorlopig ontwerp. Ref: 130938_23-001.363.

[ref. 6] Witteveen+Bos (2023b). Gevoeligheidsanalyse ruwheid binnen maatregel De Lymen. Ref: 130938/23-003.545.

Bijlage(n)

BIJLAGE: BODEMHOOGTE REFERENTIEMODEL YY1



- rivierkilometer
- kades_routes
- kribben_routes
- hoogteverschillijnen_routes
- bandijken_routes

Bodemhoogte
Elevation

< 1	4 - 4,5
1 - 1,5	4,5 - 4,9
1,5 - 2	4,9 - 5,5
2 - 2,5	5,5 - 6
2,5 - 3	6 - 6,5
3 - 3,5	6,5 - 7
3,5 - 4	7 - 7,5
	> 7,5

drawn:	ing. H.E.J. Nieuwland
verified:	S.J.H.A. Gradussen MSc
approved:	ir. L. Straatsma
version:	definitief 1
date:	21-08-2020
drawing no:	0
page size:	A0 landscape
scale:	1:3828

0 250 500 750 m


Verkenning Meanderende Maas

Beno_mm_VKA
Bodemhoogte

client:
project: Verkenning Meanderende Maas
project code: 103185

II

BIJLAGE: VEGETATIERUWHEID REFERENTIEMODEL YY1



- rivierkilometer
- ruwheid punten
- ruwheid lijnen
- hoogwatervrij vlakken
- bomen
- lanen
- heggen

ecotopen_ruwheid

RUWHEIDSCODE

- Bebouwing/hoogwatervrij terrein

drawn:	ing. H.E.J. Nieuwland
verified:	S.J.H.A. Gradussen MSc
approved:	ir. L. Straatsma
version:	definitief 1
date:	21-08-2020
drawing no:	0
page size:	A0 landscape
scale:	1:3828

Verkenning Meanderende Maas

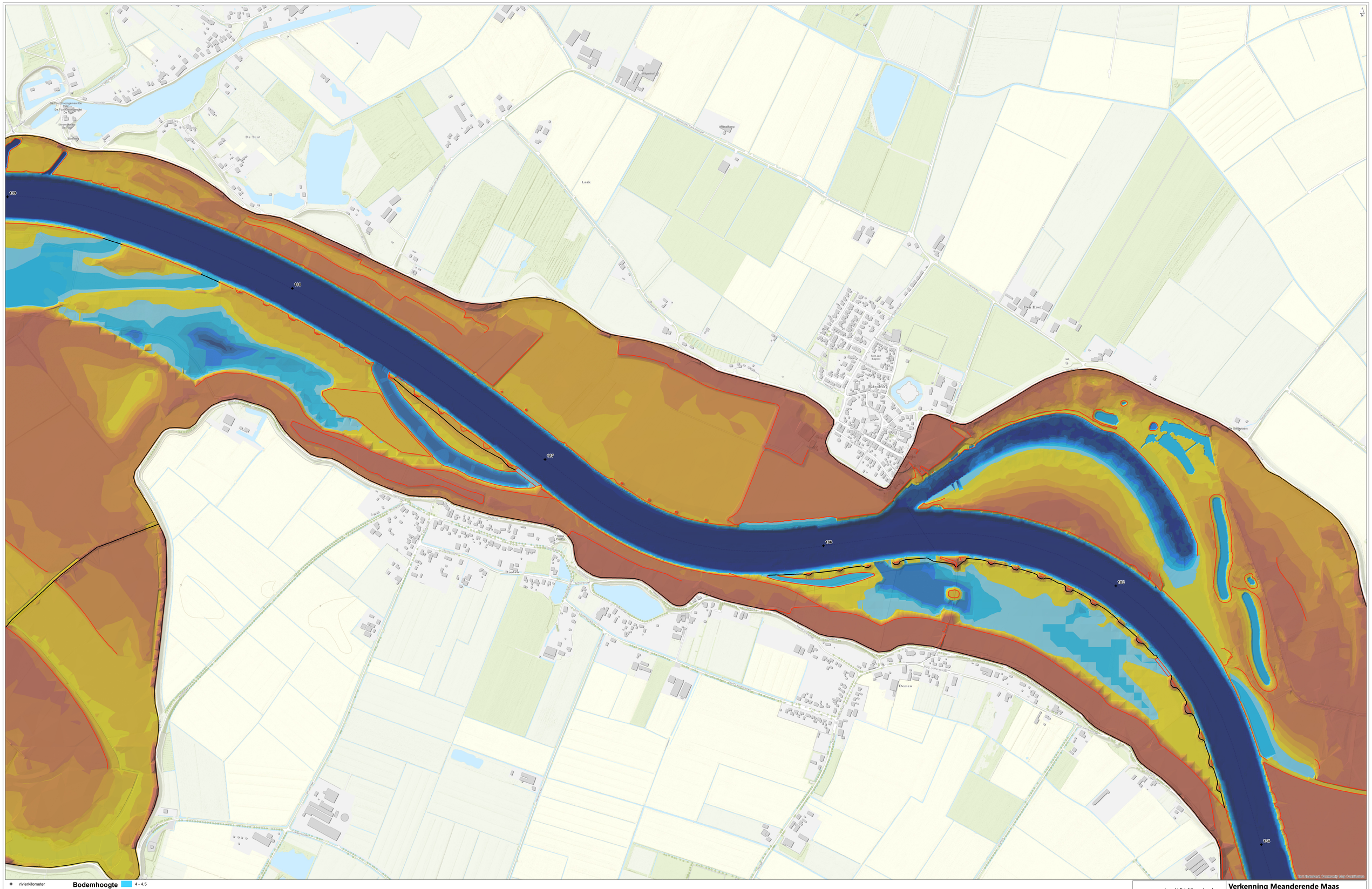
Beno_mm_VKA
Bodemhoogte

client:	
project:	Verkenning Meanderende Maas
project code:	103185

0 250 500 750 m

III

BIJLAGE: BODEMHOOGTE REFERENTIEMODEL YY2



- rivierkilometer
- kades_routes
- kribben_routes
- hoogteverschillijnen_routes
- bandijken_routes

Bodemhoogte
Elevation

< 1	4 - 4,5
1 - 1,5	4,5 - 4,9
1,5 - 2	4,9 - 5,5
2 - 2,5	5,5 - 6
2,5 - 3	6 - 6,5
3 - 3,5	6,5 - 7
3,5 - 4	7 - 7,5
	> 7,5

drawn:	ing. H.E.J. Nieuwland
verified:	S.J.H.A. Gradussen MSc
approved:	ir. L. Straatsma
version:	definitief 1
date:	21-08-2020
drawing no:	0
page size:	A0 landscape
scale:	1:3828

0 250 500 750 m

Verkenning Meanderende Maas

Beno_mm_VKA
Bodemhoogte

client:
project: Verkenning Meanderende Maas
project code: 103185

IV

BIJLAGE: VEGETATIERUWHEID REFERENTIEMODEL YY2



- meetkilometer
- ruwheid punten
- ruwheid lijnen
- hoogteverschil vlakken
- bomen
- beton
- beggen

ecotopen_ruwheid

RUWHEIDSCODE

- Bebouwing/hoogteverschil terrein
- Bebouwd/verhard terrein
- Rivierbedding
- Vaste tegen
- Zomerbed
- Diepe bedding
- Ondiepe bedding
- Plas/overstromingsgebied zomer
- Nevengeul
- Meer

drawn:	ing. H.E.J. Nieuwland
verified:	S.J.H.A. Gradussen MSc
approved:	ir. L. Straatsma
version:	definitief 1
date:	21-08-2020
drawing no:	0
page size:	A0 landscape
scale:	1:3828

0 250 500 750 m

Verkenning Meanderende Maas

Beno_mm_VKA
Bodemhoogte

client:	
project:	Verkenning Meanderende Maas
project code:	103185

V

BIJLAGE BODEMHOOGTE VARIANT ZZ4

Laak

Maasdijk

Dieden

Batenburg

Sint Jan Baptist

Stella Polaris

Spijkswiel

Leeuwenstraat

Achterstraat

Voorstraat

Kerkstraat

Kloosterstraat

Heppenhofstraat

Willibrordusstraat

Tolhuisplein

Brugstraat

Stationsstraat

Parallelweg

Grotestraat

Molenstraat

Schoolstraat

Pastoriestraat

Veerstraat

Polderdijkstraat

Veerstraat

Esri Nederland, Community Map Contributors

zomerbedhoogtes
winterbedhoogtes
kades_events
kades_routes
hoogteverschillijnen_events
hoogteverschillijnen_routes
breuklijnen_events
breuklijnen_routes
bandijken_routes

bodemhoogte (m+NAP)

7,61 - 92,61	6,59 - 6,79
7,51 - 7,61	6,42 - 6,59
7,29 - 7,51	6,2 - 6,42
7,1 - 7,29	5,71 - 6,2
7,05 - 7,1	5,67 - 5,71
6,79 - 7,05	5,6 - 5,67
	5,38 - 5,6
	5,15 - 5,38
	4,5 - 5,15
	2,43 - 4,5
	0 - 2,43
	-0,8 - 0
	-1,81 - -0,8
	-39,08 - -1,81

drawn: ing. H.E.J. Nieuwland
verified: S.J.H.A. Gradussen MSc
approved:
version: definitief 1
date: 21-07-2023
drawing no: 1

page size: A1 landscape
scale: 1:3000
0 40 80 120 m

De Lymen

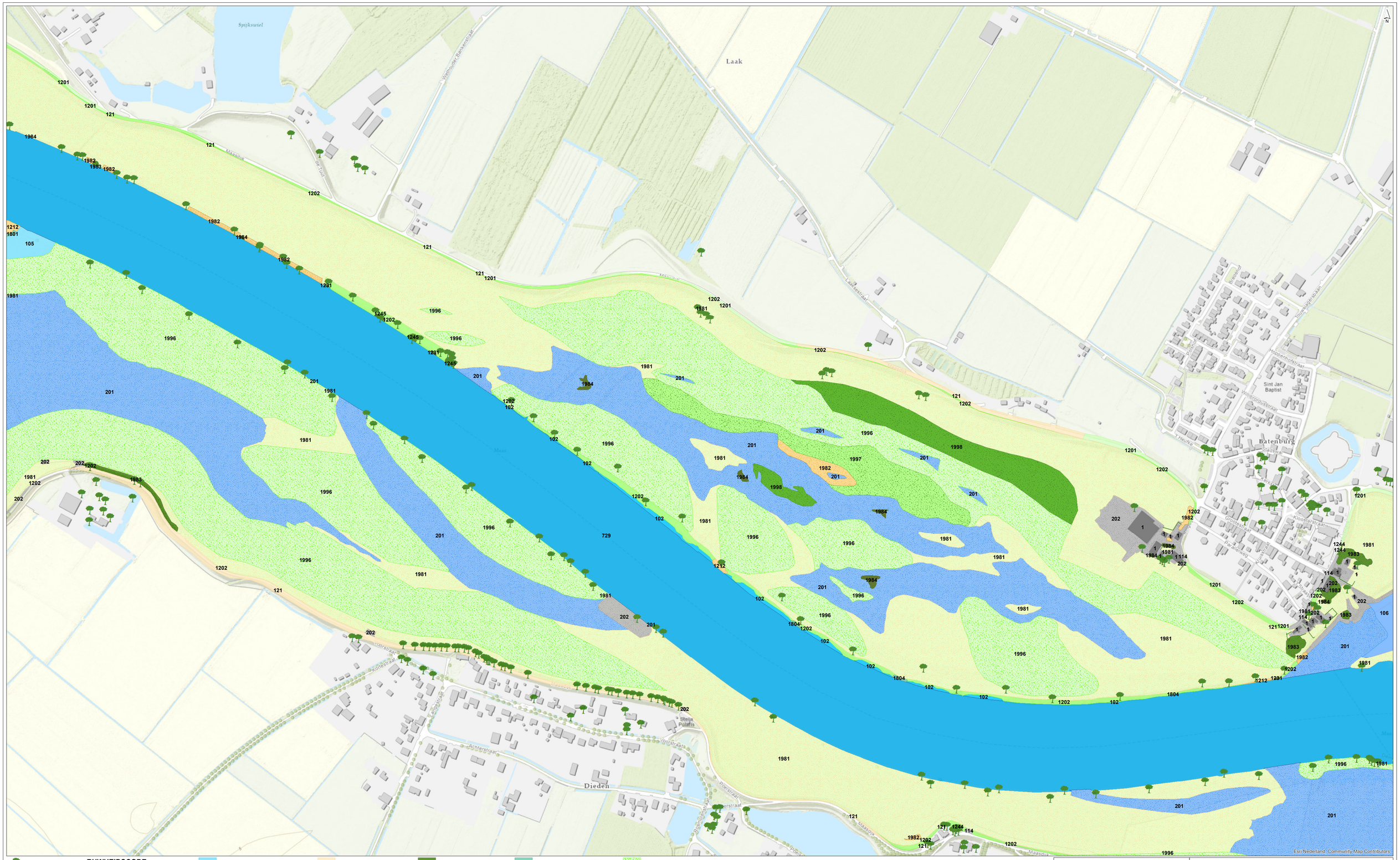
variant: beno175yy2_a6
maatregel: ma_DeLym_a6

client:
project: De Lymen
project code: 130938

Witteveen + Bos

VI

BIJLAGE: VEGETATIERUWHEID VARIANT ZZ4



ruwheid_punten
ruwheid_lijnen
hoogwatervrij_lijnen

RUWHEIDSCODE

- Bebouwing/hoogwatervrij terrein
- Bebouwd/verhard terrein
- Steenbekleding
- Vaste lagen
- Zomerbed
- Diepe bedding
- Ondiepe bedding
- Plas/haven/slikkige oever
- Nevengeul
- Meer
- Strang
- Kribvakstrand/zandplaat/grindplaat
- Ruwe oever
- Akker
- Productiegrasland
- Natuurlijk grasland/hooiland
- Verruigd grasland
- Boomgaard
- Bomen
- Productiebos
- Ooibos
- Heggen
- Struweel/griend
- Pioniersvegetatie
- Riet
- Ruigte
- Natte vegetatie homogeen
- Natte vegetatie met 25% water
- Vegetatielegger, water
- Vegetatielegger, verhard
- Vegetatielegger, gras en akker
- Vegetatielegger, riet en ruigte
- Vegetatielegger, bos
- Vegetatielegger, struweel
- Vegetatielegger, mengklasse 90/10
- Vegetatielegger, mengklasse 70/30
- Vegetatielegger, mengklasse 50/50
- Niet gecodeerd
- Niet gedefinieerd

drawn:	ing. H.E.J. Nieuwland
verified:	S.J.H.A. Gradussen MSc
approved:	
version:	definitief 1
date:	21-07-2023
drawing no:	2
page size:	A1 landscape
scale:	1:3000

0 40 80 120 m

De Lymen

variant: beno175yy2_a6

maatregel: ma_DeLym_a6

client:	
project:	De Lymen
project code:	130938

Witteveen + Bos