

Deelrapport Rivierkundige beoordeling

Definitief Ontwerp



PROJECT **Meanderende Maas**

PLANUITWERKING

7 oktober 2022

Projectnummer	528-12T032858		
Projectomschrijving	Fase 1: Planuitwerking Meanderende Maas, Ravenstein -Lith		
Opdrachtgever	Waterschap Aa en Maas		
Contract-/besteknummer	SOK MeMa 21-07-2021		
Documentnummer	32858-ONT-00038		
Versienummer	2.0	Versiedatum	7-10-2022

Naam en paraaf

Opsteller	Gecontroleerd	Vrijgegeven
		

DOCUMENTHISTORIE

Revisienummer	Revisiedatum	Omschrijving
0.5	28 maart 2022	Rivierkundige beoordeling DO Rivier OL1 & OL2
0.7	13 mei 2022	Rivierkundige beoordeling DO Rivier OL3, concept
1.0	30 mei 2022	Rivierkundige beoordeling DO Rivier OL3, definitief
1.1	23 september 2022	Rivierkundige beoordeling DO Rivier versie 4.0, concept
2.0	7 oktober 2022	Rivierkundige beoordeling DO Rivier versie 4.0, definitief

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING EN ALGEMENE PROJECT INFORMATIE	5
1.1. Doel van dit document	5
1.2. Leeswijzer	5
1.3. Algemene project informatie	5
1.4. Onderscheid eindbeeld en tussentijdse situatie	7
2. WERKWIJZE EN UITGANGSPUNTEN	8
2.1. Uitgangspunten	8
2.2. Vertaling randcondities volledige WAQUA-model naar deelmodel	8
2.3. Baseline maatregelen	9
2.4. WAQUA-schematisatie en simulaties	10
3. HET DEFINITIEF ONTWERP (EINDBEELD)	12
3.1. Ruimtelijke inrichting	12
3.2. Toelichting per deelgebied	13
4. RIVIERKUNDIGE BEOORDELING EINDBEELD	16
4.1. Hoogwaterveiligheid	16
4.2. Hinder of schade door hydraulische effecten	19
4.3. Morfologische effecten	30
5. OPTIMALISATIEPROCES	40
5.1. Projectdoel en planvormingsproces	40
5.2. Principes rivierverruiming en gebiedsinrichting	41
5.3. Optimalisaties alternatieven van VKA naar VO	41
5.4. Optimalisaties van VO naar DO	42
5.5. Optimalisaties ten behoeve van duurzaamheid en uitvoerbaarheid	44
5.6. Motivatie resterende effecten	44
6. CONCLUSIE EFFECTEN EINDBEELD DO	46
7. RIVIERKUNDIGE BEOORDELING TUSSENTIJDSE SITUATIE (ALLEEN HET WERK)	48
7.1. Hoogwaterveiligheid	48
7.2. Hinder of schade door hydraulische effecten	50
7.3. Morfologische effecten	55
8. CONCLUSIE TUSSENTIJDSE SITUATIE (ALLEEN HET WERK)	58
9. REFERENTIES	60

APPENDICES

Appendix 1.	WAQUA-schematisatie
Appendix 2.	Inundatiekaarten
Appendix 3.	Figuren stroomsnelheid
Appendix 4.	Figuren Dwarsstroming eindbeeld DO
Appendix 5.	Eisenverificatie
Appendix 6.	Knelpuntlocaties Morfologie
Appendix 7.	Betrekkinglijn / waterstanden
Appendix 8.	Ruimtelijke Inrichtingskaart eindbeeld DO en tussentijdse situatie DO



1. INLEIDING EN ALGEMENE PROJECT INFORMATIE

1.1. Doel van dit document

In dit rapport is de rivierkundige beoordeling van het project 'Planuitwerking van de Meanderende Maas' vastgelegd. Deze beoordeling heeft als doel om de effecten van het Definitief Ontwerp op diverse rivierkundige aspecten inzichtelijk te maken en te beoordelen of het ontwerp vergunbaar is vanuit het rivierkundig beoordelingskader 5.0 (RBK 5.0) [1]. Daarnaast zijn in deze beoordeling ook de gestelde systeemeisen binnen het DO op aspect rivierkunde geverifieerd. Een deel van de gepresenteerde effecten komt ook terug in de milieueffectrapportage (mer) van het DO.

Dit rapport is zelfstandig leesbaar en wordt als bijlage bij het projectplan Waterwet opgenomen. Voor een uitgebreide toelichting op het DO Rivier wordt verwezen naar de ontwerpnota [2].

Dit deelrapport gaat enkel in op de rivierkundige effecten van het DO conform de toetsingscriteria van het RBK. Het rapport gaat niet in op de toetsing van de bestuurlijke waterstandsdoelstelling. Er is een aparte memo (Memo toetsing Waterstandsdoelstelling [3]) opgesteld waarin het ontwerp is getoetst aan de bestuurlijke waterstandsdoelstelling. De topeis (SES-00092) van de inrichting van het buitendijks watersysteem van project Meanderende Maas is het realiseren van 14 cm waterstandsdoelstelling op rivierkilometer 184 bij een maatgevend debiet van 4.118 m³/s te Borgharen. Het behalen van deze doelstelling is met een andere referentiesituatie en andere modelschematisatie getoetst. Dit verschil komt doordat de bestuurlijke waterstandsdoelstelling meerdere projecten betreft (ook oeverzone Diedensche Uiterdijk en Demen-Dieden) en de effectbeoordeling enkel over project Meanderende Maas betreft. Dit verschil is in de TUN Rivier [4] uitgelegd.

1.2. Leeswijzer

Hoofdstuk 2 presenteert de gebruikte werkwijze en uitgangspunten. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van het eindbeeld van het DO. Vervolgens komt in hoofdstuk 4 de rivierkunde beoordeling aan bod per beoordelingsaspect uit het RBK. De binnen het project gestelde systeemeisen op aspect rivierkunde komen aan bod binnen verschillende paragrafen van de RBK-aspecten, afhankelijk bij welk aspect de eis het beste aansluit. Een totaaloverzicht van de eisenverificatie is gepresenteerd in Appendix 5. In Hoofdstuk 5 komt het optimalisatie proces in relatie tot de verschillende projectdoelen aan bod. Hoofdstuk 6 geeft een samenvatting van de conclusies per beoordelingsaspect voor het eindbeeld van het DO.

Niet het gehele eindbeeld wordt met oplevering van het Werk gerealiseerd. De rivierkundige effecten van de tussentijdse situatie zijn beoordeeld in hoofdstuk 7. Per beoordelingsaspect is nagegaan of er verschillen zijn met het eindbeeld. De conclusies van de rivierkundige effecten in de tussentijdse situatie zijn benoemd in hoofdstuk 8.

1.3. Algemene project informatie

Het project 'Planuitwerking van de Meanderende Maas' behelst de planuitwerking van 26 km versterking van de dijk tussen Ravenstein en Lith, het treffen van verruimingsmaatregelen in de Maas tussen genoemde plaatsen en het realiseren van het NatuurNetwerkBrabant (NNB) door ontwikkeling van een grote eenheid van rivier- en moeraslandschap en realiseren van KRW- en PAGW doelen..

De rivierdijk aan de Brabantse zijde tussen de plaatsen Ravenstein en Lith voldoet niet aan de waterveiligheidsnormen die per 1 januari 2017 gelden. Het project 'Meanderende Maas' heeft als belangrijkste doel om de waterveiligheid in het gebied tussen Ravenstein en Lith te vergroten, waardoor 270.000 bewoners en bedrijven achter de Brabantse dijk en omgeving beter beschermd zijn tegen overstroming bij hoog water in de Maas. Aan de Gelderse zijde is de dijk veilig, dit is dus geen onderdeel van het project.

- Realiseren van een substantiële waterstandsverlaging door rivierverruiming;
- Realiseren van het NNB, rivier- en moeraslandschap, KRW-waarden en PAGW doel betreffende riviernatuur van goede kwaliteit;;
- Herstel van de oude meanders en verlaging van de uiterwaarden met het oorspronkelijk geomorfologisch landschap als basis;
- De ruimtelijke impact van de nieuwe meanders en de gekanaliseerde Maas dient in evenwicht te blijven;
- Bijdragen aan recreatieve mogelijkheden, beleving, ruimtelijke kwaliteit.

[illegible]

6

2. WERKWIJZE EN UITGANGSPUNTEN

2.1. Uitgangspunten

Bij de berekening van de rivierkundige effecten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd, dit is conform TUN Rivier DO [4]:

- voor de modelopbouw is gebruik gemaakt van de onderstaande software:
 - ArcGIS 10.3.1;
 - Baseline 5.3.1;
 - SIMONA 2016;
- de waterstanden op de as van de rivier zijn gebaseerd op de zogenaamd 'last 25', wat inhoudt dat de waterstand gemiddeld is over de laatste 25 rekentijdstappen in WAQUA;
- waterstandslijnen en -verschillen zijn gebaseerd op een uitvoer op rivierkilometerpunten;
- er is met stationaire rivierafvoeren van 1.250, 1.500, 2.000, 2.300 en 4.118 m³/s te Borgharen gerekend, zie Tabel 2-1;
- het toegepaste referentie Baselinemodel is Maas-beno17_5-v1;
- het toegepaste WAQUA-model is het Maas-beno17_5_20m_km181-231-v1 deelmodel.

2.2. Vertaling randcondities volledige WAQUA-model naar deelmodel

Voor de RBK-toetsing is gebruik gemaakt van het WAQUA-deelmodel (Maas-beno17_5_20m_km181-231-v1). Het rekenrooster van het deelmodel heeft een typische roosterafmeting van 20 x 5 m in het zomerbed in tegenstelling tot het standaard volledige WAQUA-model (beno17_5-v1), met een typische roosterafmeting van 40 x 10 m. Zo wordt met het deelmodel inzicht in rivierkundige effecten verkregen met een vier keer zo hoge resolutie.

Voor het uitvoeren van simulaties met WAQUA worden afvoeren gebruikt die door RWS-ZN zijn vastgesteld. Deze afvoeren gelden voor het volledige WAQUA-model en worden opgelegd op de bovenstroomse rand ter hoogte van Borgharen. De randcondities van het deelmodel zijn door RWS-ZN afgeleid met behulp van het volledige WAQUA-model. Dit wordt gedaan door simulaties met het volledige model uit te voeren op basis van een afvoergolf, ook wel een dynamische afvoer genoemd.

Binnen deze simulatie vindt er in benedenstroomse richting topvervlakking plaats van de afvoergolf. Afhankelijk van de ligging van de bovenstroomse rand van het deelmodel wordt de afvoer op deze locatie in meer of mindere mate beïnvloed door het effect van topvervlakking. Daarnaast bestaan er op een aantal locaties laterale instromen die ook effect hebben op de afvoer in het WAQUA-model. Op basis van het volledige model met daarin de afvoergolf, het effect van topvervlakking en de lateralen, wordt een afvoer bepaald die representatief is voor het deelmodel. Het deelmodel is met deze afvoer als randvoorwaarde op de bovenstroomse rand doorgerekend. Hierbij is gebruikt gemaakt van een stationaire randvoorwaarde, dus geen afvoergolf. De benedenstroomse randvoorwaarde van het deelmodel dient te worden opgegeven als waterstand. De afvoeren voor het volledige model en de daarop gebaseerde randvoorwaarden die representatief zijn voor het deelmodel zijn vermeld in Tabel 2-1. Deze randvoorwaarden zijn toegepast bij het gebruik van het deelmodel binnen de RBK-toetsing.

Tabel 2-1: Vertaling van randcondities vanuit het volledige model naar het deelmodel voor de uit te voeren stationaire WAQUA-berekeningen met de herhalingstijden en het doel conform RBK 5.0. Deze randcondities zijn door RWS-ZN aangeleverd.

Piekafvoer van afvoergolf [m ³ /s] (Borgharen)	Stationaire afvoer op bovenstroomse modelrand [m ³ /s] deelmodel (rkm 183)	Waterstand op benedenstroomse modelrand [m+NAP] deelmodel (rkm 231)	Herhalingstijd - overschrijdinsduur)	Gebruikt voor beoordeling van	Piekafvoer van afvoergolf [m ³ /s] (Borgharen)
4.118	3.737	5,04	herhalingstijd: 1/3.000 jaar	hoogwaterreferentie	4.118
2.300	2300	3,13	herhalingstijd: 1/10 jaar	dwaarsstroming, morfologie en inundatiefrequentie	2.300
2.000	2.000	2,82	herhalingstijd: 1/5 jaar	dwaarsstroming, morfologie en inundatiefrequentie	2.000
1.500	1.500	2,34	gemiddelde overschrijdinsduur: 2 dagen/jaar	dwaarsstroming, morfologie en inundatiefrequentie	1.500
1.250	1.250	1,95	gemiddelde overschrijdinsduur: 4 dagen/jaar	dwaarsstroming en inundatiefrequentie	1.250

2.3. Baseline maatregelen

Voor het bepalen van de rivierkundige effecten op de verschillende aspecten van het RBK 5.0, worden de Baseline maatregelen van Demen-Dieden en Oeverzone DU in de referentiesituatie opgenomen. Hiermee wordt gewerkt conform het advies van de commissie m.e.r.

Dit wordt op deze manier gedaan omdat de maatregelen van deze twee projecten nog niet in het nieuwe rivierkundige referentiemodel (beno17) zijn opgenomen. In tegenstelling tot bij de toetsing van de bestuurlijke doelstelling worden voor de RBK-toetsing wel de vergunde (meest recente) Baseline maatregelen gebruikt, zie Tabel 2-2.

Door de maatregelen van Demen-Dieden en Oeverzone DU in te voegen op de referentie op basis van de meest recent beschikbare Baseline-maatregelen, worden de maatregelen van het project Meanderende Maas vergeleken met de correcte referentie situatie. Binnen de RBK-toetsing is dit nodig, aangezien de maatregelen van de twee initiatiefnemers waterschap Aa en Maas en Natuurmonumenten via gescheiden projectbesluiten en vergunningstrajecten verlopen.

Tabel 2-2: Te gebruiken Baseline maatregelen voor het opbouwen van de Baseline referentie en variant DO ter beoordeling van RBK. De tabel toont tevens de mix volgorde van de maatregelen.

evenals de mix volgorde van de maatregelen:

Deelgebied	Opbouw referentie: Van: 'maas-beno17_5-v1' Naar: 'mema_rbk_ref'	Opbouw variant DO: Van: 'mema_rbk_ref' Naar: 'mema_rbk_do_ol4'
	In volgorde van inmixin	
Demen-Dieden		
Oeverzone Diedensche Uiterdijk	1. <i>ma_uitdijk_a1</i>	
Demen-Dieden	2. <i>ma_DeDiVKA_b8</i>	
Gelderse Zijde		
Ossekamp (inclusief Lelyzone)		3. <i>ma_OssKam_d1</i>
De Waarden (inclusief Lelyzone)		4. <i>ma_DeWaar_d1</i>
Diedensche Uiterdijk		5. <i>ma_DiedUi_d1</i>
Oeverzone Megen		6. <i>ma_MegUit_d1</i>
Brabantse Zijde		
Geul Maasbommel West		7. <i>ma_MBst_c7</i>
Drempel Appeltern		8. <i>ma_APdrp_c4</i>
Geul en veerweg Maasbommel Oost		9. <i>ma_MBglwv9_d2</i>
Gebiedsoverstijgend		
Buitenwaartse asverschuiving dijk		10. <i>ma_dijk_d2</i> 11. <i>ma_hutten_d1</i>

De ruwheid, bodemhoogte en overlaten van de maatregelen zijn gebaseerd op de Ruimtelijke inrichtingskaart en AutoCAD-model. De schematisatie van de ruwheid, bodemhoogte en overlaten in Baseline is opgenomen in Appendix 1. Deze bijlage bevat tevens verschilkaarten DO t.o.v. het VO en de referentieschematisatie.

2.4. WAQUA-schematisatie en simulaties

De Baseline referentie 'mema_rbk_ref' is omgezet naar WAQUA-modelbestanden met het kenmerk 'mema_rbk_ref_20m'. De Baseline variant van het DO 'mema_rbk_do_ol4' is omgezet naar WAQUA-modelbestanden met het kenmerk 'mema_rbk_do_ol4_20m'. Beide schematisaties zijn met het 'Maas-beno17_5_20m_km181-231-v1' deelmodel doorgerekend. Voor de definitieve RBK-toetsing zijn er 10 WAQUA-simulaties uitgevoerd. Tabel 2-3 geeft de kenmerken van deze WAQUA-simulaties weer met de bijbehorende afvoeren.

Tabel 2-3: Uitgevoerde WAQUA-simulaties met bijbehorende stationaire afvoeren conform de TUN [4]

Uitgevoerde WAQUA-simulaties met kenmerk	Piekafvoer van afvoergolf [m ³ /s] (Borgharen)	Stationaire afvoer op bovenstroomse modelrand [m ³ /s] deelmodel (rkm 183)
'rbk_ref_20m_S4118'	4.118	3.737
'rbk_do_ol4_20m_S4118'		
'rbk_ref_20m_S2300'	2.300	2300
'rbk_do_ol4_20m_S2300'		
'rbk_ref_20m_S2000'	2.000	2.000
'rbk_do_ol4_20m_S2000'		
'rbk_ref_20m_S1500'	1.500	1.500
'rbk_do_ol4_20m_S1500'		
'rbk_ref_20m_S1250'	1.250	1.250
'rbk_do_ol4_20m_S1250'		

3. HET DEFINITIEF ONTWERP (EINDBEELD)

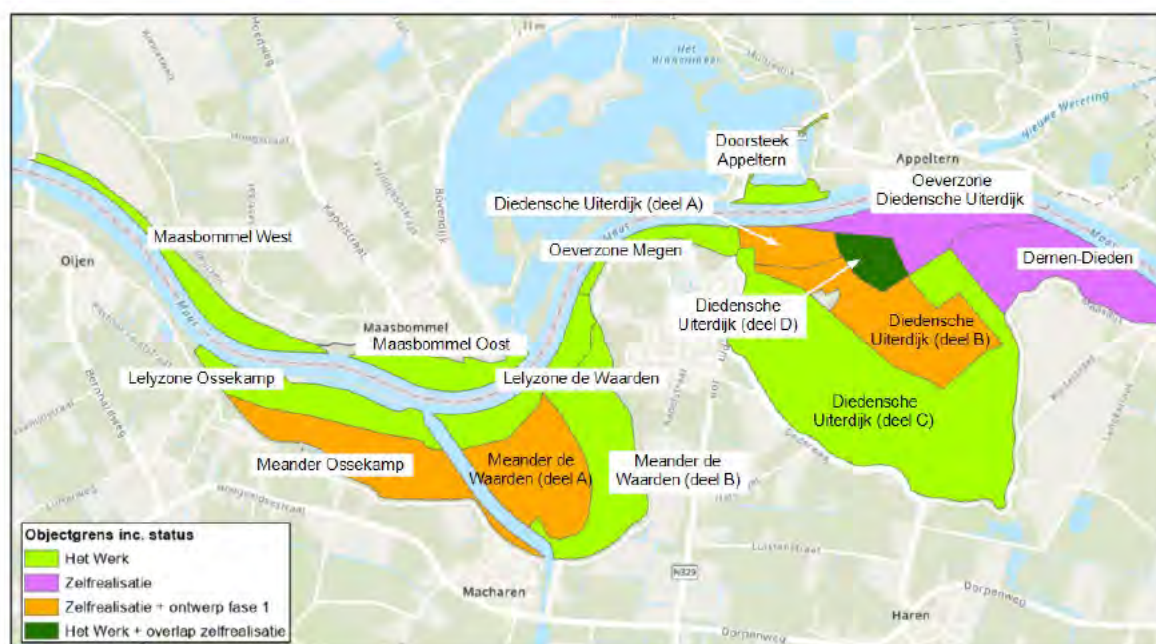
3.1. Ruimtelijke inrichting

De Ruimtelijke Inrichtingskaart van het Definitief Ontwerp is in Figuur 3-1 gepresenteerd. De kaart toont het eindbeeld van de gebiedsinrichting. Het eindbeeld omvat zowel de deelgebieden die onderdeel zijn van het Werk als de deelgebieden in zelfrealisatie (zie par 1.4). De kaart is in groot formaat toegevoegd als bijlage aan het rapport. Per deelgebied, welke hieronder zijn opgesomd, is een korte toelichting gegeven van het DO. Voor een uitvoerige beschrijving van het Definitief Ontwerp en alle gemaakte ontwerpkeuzes wordt verwezen naar de ontwerpnota Rivier [2] het projectplan Waterwet Rivier [5] en de vergunningaanvraag volgens de waterwet. De verschillende deelgebieden binnen projectgebied Meanderende Maas zijn:

- Diedensche Uiterdijk;
- De Waarden;
- Ossekamp;
- Oeverzone Megen;
- Maasbommel West;
- Maasbommel Oost;
- Drempel Appeltern.



Figuur 3-1: Ruimtelijke inrichtingskaart van het DO Rivier (eindbeeld)



Figuur 3-2: Overzicht van deelgebieden ontwerp Rivier

3.2. Toelichting per deelgebied

3.2.1. Diedensche Uiterdijk

In de Diedensche Uiterdijk wordt een groot aaneengesloten rivier- en moeraslandschap gerealiseerd waarin de voormalige meander van de Maas volledig is hersteld met daartussen en er omheen een robuuste kern van hardhoutoibos (ca 67 ha). Dichter naar de rivier toe in de stroombaan ontstaat een veel opener landschap met vochtig, kruiden- en faunarijk en droog grasland. Langs de ruim 4,5 km lange geïsoleerde laagdynamische meanderboog is er naast open water ruimte voor ca. 37 ha rietmoeras. Vanwege de stromingsluwe ligging van een groot deel van de Diedensche Uiterdijk past dit ruigere vegetatiebeeld binnen het behalen van de waterstandsdoelstelling.

Het bijzondere patroon van oude kronkelwaardgeulen en oude oeverwallen in de ondergrond van het centrale deel tussen de meander, worden zichtbaar gemaakt door subtiele verschillen in het maaiveld van de bovengrond en daarmee in het vegetatiebeeld (open vochtig tot droger grasland en gesloten bos). Op een deel van de archeologische locatie van huize Maasakker komt een hoogwatervluchtplaats en een uitzichtpunt. Bij de dijkopgang van de Rulstraat aan de oostzijde en de Maasakkerstraat aan de zuidzijde komen twee kleinere hoogwatervluchtplaatsen langs de dijk.

Op het 26 km lange traject van de Meanderende Maas zal deze nieuw ingerichte uiterwaard een aantrekkelijk kerngebied voor recreanten (wandelaars, fietsers, natuurliefhebbers) worden door de combinatie van het historische vestingstadje Megen met een passantenhaven en het grote oibos- en moeraslandschap rondom de herstelde meander.

3.2.2. De Waarden

In De Waarden wordt een groot aaneengesloten moeras- en rivierlandschap ontwikkeld. Het bovenstroomse deel van de voormalige meander is over een lengte van ruim 1,5 km hersteld en bevaarbaar gemaakt voor kleine sloepjes. Rondom deze eenzijdig aangetakte recreatiegeul liggen geïsoleerde geulen met rietmoeras. Het eiland tussen de Maas, het scheepvaartkanaal en de meander is omgevormd naar een gevarieerd natuureiland met gevarieerde riviernatuur van hoge kwaliteit; een grote kern hardhoutoibos, een deel droog grasland op de hogere rug en een deel met vochtig grasland

en plukken ruigte en struweel. Er komt een hoogwatervluchtplaats op de oude oeverwal. Totaal wordt er 20 ha ooibos ontwikkeld in gehele deelgebied De Waarden.

De Lelyzones van de Waarden wordt integraal verlaagd tot ca. NAP+ 5,4m. Ook worden er twee geïsoleerde geulen gegraven die bijdragen aan de gewenste waterstandsdoelstelling en tevens bijdragen aan de doelstellingen van KRW.

3.2.3. Ossekamp

In de Ossekamp ontstaat een open landschap met gevarieerde riviernatuur van hoge kwaliteit bestaande uit vochtig-, kruiden- en faunarijk en droog grasland met daarbinnen ruimte voor afwisseling met plukken struweel en ruigte. Ook is er in de stromingsluwere delen ruimte voor ontwikkeling van ca. 2 ha ooibos. Bij kasteel Oijen wordt een deel van de oude haven hersteld.

De Lelyzone van Ossekamp wordt integraal verlaagd tot ca. NAP+ 5,4m. Ook worden er twee geïsoleerde geulen en één aangetakte geul gegraven die flink bijdragen aan de gewenste waterstandsdoelstelling en tevens bijdragen aan de doelstellingen van KRW.

3.2.4. Oeverzone Megen

Oeverzone Megen wordt, met uitzondering van een klein gebied dat slechts tot NAP+ 5,9m verlaagd wordt om archeologische waarden veilig te stellen, integraal verlaagd tot ca. NAP+ 5,4m. Dit is een verlaging van ca. 1,4 tot 1,7 m. De maaiveldverlaging levert een flinke bijdrage aan de gewenste waterstandsdoelstelling. In deze oeverzone wordt het grasland beheerd als kruiden- en faunarijk en droog grasland. Er is vanwege de doorstroming geen ruimte voor ruigere vegetatie.

3.2.5. Maasbommel West

In deelgebied Maasbommel West wordt een 1,5 km lange KRW-geul gerealiseerd in een open natuurlandschap. De KRW-waarde van de geul is gericht op de verbetering van waterkwaliteit en waterplanten, macrofauna en vis. De geul Maasbommel West bestaat uit een aaneengesloten dieper deel met flauw oplopende oevers zodat zo veel mogelijk variatie ontstaat waarmee de doelen van de KRW worden behaald. Samen met de maaiveldverlaging tot NAP+ 5,4 m rond de geul wordt een optimale bijdrage geleverd aan de waterstandsdoelstelling. In de graslanden rondom de geul ontwikkelt zich kruiden- en faunarijk grasland. Gelegen tussen de dijk en de geul wordt een buitendijks fietspad gerealiseerd vanuit de westrand van Maasbommel richting de Oijenseveerweg.

3.2.6. Maasbommel Oost

Maasbommel Oost is reeds een natuurgebied met een geïsoleerde KRW-geul. In het DO zijn aan de oost-, zuid- en westzijde van deze geïsoleerde geul MBO de oevers verlaagd naar NAP+ 5,4 m. De geul MBO zelf blijft ongeroerd. In de graslanden rondom de geul zal er kruiden- en faunarijk grasland tot ontwikkeling komen na realisatie. De veerweg wordt verlaagd naar NAP+6,0 m. Het camperterrein aan de oostzijde van de veerweg wordt verlaagd naar NAP+5,7 m. Deze maaiveldverlagingen dragen bij aan de gewenste waterstandsdoelstelling.

3.2.7. Drempel Appeltern

Bij Drempel Appeltern wordt de bestaande oever en kruin tot een hoogte van NAP+ 5,4 m afgegraven. Dit is een verlaging van ca. 0,5 à 0,8 m ten opzichte van huidige maaiveld. De huidige oever is begroeid met ooibos wat verwijderd zal worden. Aan beide zijden van de drempel zullen de taluds worden verdedigd met stortsteen. De aanwezige dassenburcht op de drempel wordt verplaatst, aan de westzijde van de drempel komt een nieuwe kunstburcht.

3.2.8. Dijkversterking

Binnen het project Meanderende Maas wordt de dijk over een traject van 28 km versterkt. Op bepaalde trajecten is er sprake van een buitenwaartse herprofilering. Dit betreft dijksectie 2 en de dijkvakken 1_1, 1_2, 3_3, 5b_2, 7a_3, 9a_1, 9a_3, 9a_4, 10_5, 9b_5/9b_6, 10_2 en 10_3. De herprofilering betreft het ontwerp van een buitenwaartse berm of een wijziging van de buitenwaartse taludhelling. De herprofilering gaat om ca. 5-10 m (verschilt per dijksectie) verschuiving van de buitenteen. De herprofilering is geschematiseerd in het rivierkundig model. In de ontwerpnota Dijk is de onderbouwing bij deze buitenwaartse versterking toegelicht. Het effect van de buitenwaartse versterking op de waterstanden in de rivier bij hoogwater zijn gecompenseerd binnen het DO Rivier. Met het DO Rivier is voldoende rivierkundige ruimte gecreëerd om de optimalisatie binnen het DO Dijk mogelijk te maken en te voldoen aan de waterstandsdoelstelling van 14 cm waterstandsval op rkm 184 bij maatgevend hoogwater.

Tevens zijn op een aantal locaties in het DO Dijk klei-inkassingen voorgesteld in het voorland van de dijk. Deze klei-inkassingen bevinden zich onder maaiveld in een zone van ca 10-20 m uit de buitenteen van de dijk. De klei-inkassingen hebben geen invloed op het riviersysteem of op rivierkundige effecten doordat ze onder maaiveld liggen.

3.2.9. Natuur

In alle deelgebieden geldt dat er vanuit natuurwetgeving nog compensatiemaatregelen zijn genomen om de bestaande natuurwaarden te beschermen, te compenseren, mitigeren of versterken. In de deelgebieden zijn maatregelen genomen als aanplanten van struweel, aanplant van heggen, aanbrengen van takkenrillen, plaatsen van rivierhout, aanleg van hoogwatervluchtplaatsen en hoogwaterterpen (t.b.v. reduceren risico graverij in het dijklichaam door bevers en dassen bij hoogwater).

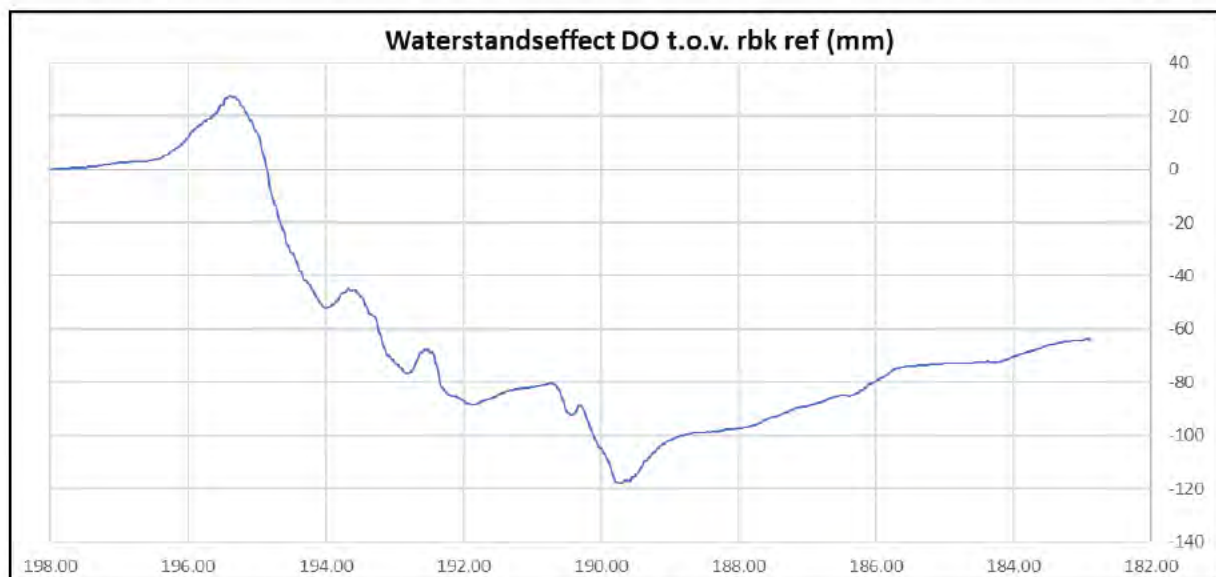
4. RIVIERKUNDIGE BEOORDELING EINDBEELD

4.1. Hoogwaterveiligheid

4.1.1. Waterstandseffect op de as van de rivier & bergend vermogen

Om de effecten van de ingrepen op de hoogwaterveiligheid te toetsen is het DO beoordeeld bij een afvoer van 4.118 m³/s bij Borgharen. Het waterstandseffect op de as van de rivier is weergegeven in Figuur 4-1. Het waterstandseffect is uitgedrukt als het verschil ten opzichte van de referentie-situatie.

Het getoonde effect is puur het effect van de ingrepen binnen het DO van project Meanderende Maas. Dit waterstandseffect is dus anders dan de bestuurlijke waterstandsdoelstelling. De bestuurlijke waterstandsdoelstelling dient te worden behaald door de ingrepen binnen project Meanderende Maas, project Oeverzone Diedensche Uiterdijk en project Demen-Dieden samen. Het toetsen aan die bestuurlijke waterstandsdoelstelling is toegelicht in de memo Toetsing waterstandsdoelstelling [3].



Figuur 4-1: Waterstandsverschil t.o.v. de referentie op de as van de rivier bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen.

In het DO is over een groot traject (ca. 45 km) een significante waterstandsdeling gerealiseerd (rkm 150 – 195). De maximale waterstandsdeling is 11,8 cm en treedt op rond rkm 189,7. Door het integrale karakter van project Meanderende Maas leidt de dijkversterking, met buitenwaartse herprofilering en buitenwaartse bermen, in combinatie met rivierverruimende maatregelen niet tot een netto opstuwing in bovenstroomse richting.

Benedenstrooms van het projectgebied treedt een opstuwing op met een maximale piek van 2,7 cm. Deze maximale opstuwingspiek treedt op ter hoogte van rivierkilometer 195,4. Dit betreft een typisch benedenstroomse opstuwing welke wordt veroorzaakt door rivierverruimende maatregelen. In de praktijk is een dergelijke opstuwingspiek in enige mate te reduceren d.m.v. optimalisatie van het ontwerp. Volledig voorkomen van een dergelijke piek is echter onmogelijk.

Deze opstuwingspiek is gereduceerd door middel van optimalisaties aan de uitstroomopening van Geul MBW met 1,6 cm gereduceerd van 4,3 cm (in het VO) tot voornoemde 2,7 cm (in het DO). Deze optimalisaties zijn onder andere het verwijderen van de begroeiing aan het benedenstroomse einde van de geul Maasbommel-West (MBW) en direct benedenstrooms van het uiteinde van de geul een

maaiveldverlaging (naar NAP+ 5,4m) over een lengte van ca. 500 meter. Daarnaast is het bodemprofiel van de geul MBW gewijzigd. De opstuwingspiek manifesteert zich over een afstand van ongeveer één kilometer (rkm 195 – 196). Gezien het groter traject waarover waterstandsdeling wordt gerealiseerd (rkm 150 – 195) kan men spreken van een kortstondige opstuwingspiek.

Het RBK 5.0 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 ruime netto waterstandsverlaging; d.w.z. dat het oppervlak van de verhogingsdriehoek vele malen kleiner is dan de verlagingdriehoek, én
3. Indien de waterstandsverhoging bij derden zoveel mogelijk wordt voorkomen.

(1) Aan de eerste voorwaarde is voldaan, aangezien het ontwerp van de uitstroombopening van de geul Maasbommel West d.m.v. meerdere iteraties is geoptimaliseerd. (2) Het voldoen aan de tweede voorwaarde is aangetoond door middel van de 'zaagtand'. Figuur 4-1 toont aan dat het oppervlak onder de opstuwingspiek boven de x-as vele malen kleiner is dan het oppervlak van de waterstandsverlaging onder de x-as. (3) Aan de derde voorwaarde is ook voldaan doordat de waterstandsverhoging slechts lokaal optreedt en geen noemenswaardig effect heeft op derden. Er is echter wel een effect merkbaar langs de bandijken aan zowel de Gelderse als Brabantse zijde. Dit effect is in de volgende paragraaf beoordeeld.

Conclusie: Het DO realiseert over een groot traject (ca. 45 km) een significante waterstandsdeling (rkm 150 – 195). De maximale waterstandsdeling is 11,8 cm en treedt op rond rkm 189,7. Het benedenstroomse opstuwingspiekje in de as van de rivier blijft niet onder de 1 mm, zoals door het RBK wordt voorgeschreven. Echter is deze opstuwing van 2,7 cm wel toegestaan en daarmee vergunbaar, aangezien aan alle drie de voorwaarden voor het toepassen van de 'zaagtand' methode is voldaan. De benedenstroomse opstuwingspiek is het direct gevolg van de grote behaalde waterstandsdeling bovenstrooms.

4.1.2. Waterstandseffect buiten de as van de rivier

Het beeld van het waterstandseffect buiten de as van de rivier is vergelijkbaar met het beeld dat door de grafiek in Figuur 4-1 is geschetst. Op het traject rkm 150 – 195 wordt waterstandsdeling gerealiseerd en benedenstrooms op het traject rkm 195 – 196 vindt opstuwing plaats, zie Figuur 4-2 voor een 2D beeld van de hoogwaterreferentie en Tabel 4-1 voor de stuwingeffecten aan de bandijk.

De maatregelen veroorzaken nergens schadelijke waterstandsverhoging voor derden. Er vinden wel opstuwende effecten plaats langs de bandijken. Langs de Gelderse bandijk vindt in het DO een maximale opstuwing plaats van 38 mm. Dit is een verlaging van 14 mm t.o.v. het VO (52 mm)¹. Langs de Brabantse bandijk vindt een opstuwing plaats van 30 mm. Hiermee blijft het opstuwende effect langs de Brabantse bandijk vergelijkbaar met het VO, zie Tabel 4-1.

Deze verlaging van 14 mm is bereikt door diverse optimalisaties rond de uitstroombopening van de geul Maasbommel West. Het benedenstroomse uiteinde van de geul is verflauwd en diverse ruige begroeiing

¹ Er zijn echter diverse buitenwaartse bermen en dijkverschuivingen meegenomen in de Baseline-schematisatie van het DO welke in de Baseline-schematisatie van het VO nog ontbraken. Als gevolg van deze buitenwaartse bermen en dijkverschuivingen neemt het stroomprofiel van de Maas binnen het DO op sommige plaatsen af t.o.v. het VO. Door toepassing van deze buitenwaartse bermen en dijkverschuivingen neemt langs de Gelderse bandijk de opstuwing toe met 7 mm. Zonder inpassing van deze buitenwaartse bermen en dijkverschuivingen zou de opstuwing langs de Gelderse bandijk binnen het DO op 31 mm uitkomen (38 – 7 = 31). Gebaseerd op deze redenering kan beargumenteerd worden dat het DO dus een verlaging van 21 mm (52 – 31 = 21) bewerkstelligt t.o.v. het VO (als beide varianten op eenzelfde wijze (dus met zelfde dijkversterking) worden vergeleken).

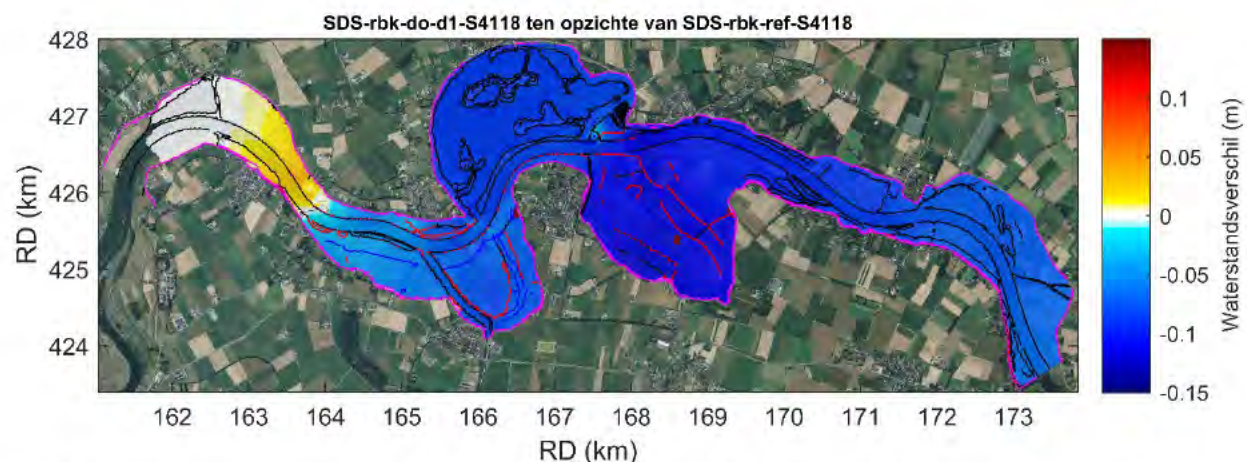
is verwijderd. Daarnaast is direct benedenstrooms van het uiteinde van de geul een maaiveldverlaging (naar NAP+ 5,4m) over een lengte van ca. 500 meter opgenomen in het DO. Deze optimalisaties zorgen ervoor dat de doorstroming bij het uiteinde van de geul is verbeterd en de opstuwung langs de bandijk is verminderd.

In meer detail treedt de volgende opstuwung op langs de Gelderse bandijk: een opstuwung van meer dan 30 mm komt voor over een lengte van 200 meter. Opstuwung van meer dan 20 mm over een lengte van 460 meter. En een opstuwung van meer dan 10 mm treedt op over een afstand van 1350 meter.

Tabel 4-1: Stuwungseffect aan bandijk

	Opstuwung VO	Opstuwung DO
Gelderse zijde	52 mm	38 mm
Brabantse zijde	30 mm	30 mm

Conclusie: Er is geconcludeerd dat er een opstuwungspiek optreedt langs de bandijken aan beide zijden van de rivier. De opstuwungspiek langs de Gelderse waterkering van 38 mm dient ter instemming voorgelegd te worden aan de kering beheerder, in dit geval Waterschap Rivierenland. Dit laatste gebeurt via het overleg met Bevoegd Gezag via de overleggen binnen het planologische spoor. WSRL heeft aangegeven (overleggen zomer 2022) na te gaan of compensatie noodzakelijk is. De opstuwungspiek langs de Brabantse waterkering van 30 mm is opgevangen binnen de dijkversterkingsopgave binnen het project.



Figuur 4-2: Waterstandsverschil tussen het DO en de referentiesituatie in 2D bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen.

4.1.3.Effect op ijsafvoer

Ijsdammen in de rivier en kruiend ijs tegen de dijk kunnen potentieel leiden tot grote overstromingen en dijkdoorbraken. Zodoende dient, bij een wijziging van het zomer- en/of winterbed van een rivier, een goede geleiding van water en ijs gewaarborgd dient te blijven. Voor een goede geleiding van ijs zijn de volgende ontwerpprincipes van toepassing:

- Verander lokaal de normaalbreedte van de rivier niet. Lokale versmallingen kunnen de ijsafvoer blokkeren;
- Laat de gestrekte oevers in stand, met name in het splitsingspuntengebied;
- Voorkom dat grote stukken ijs massaal vanuit de nevengeul in de hoofdgeul kunnen stromen en op die manier blokkades gaan vormen;
- Voorkom de vorming van ondieptes in het zomerbed.

Het effect van het ontwerp op de doorvoer van ijs in de rivier is op kwalitatieve wijze beoordeeld. Er is beoordeeld of er sprake is van wijzigingen aan de oevers van het zomerbed, waardoor de doorvoer van ijs mogelijk belemmerd zou kunnen worden. In de kwalitatieve beoordeling is gebruikt gemaakt van de resultaten uit de uitgevoerde WAQUA-berekeningen qua stroomlijnen.

Binnen project Meanderende Maas zijn er geen grote wijzigingen aan het zomerbed en oevers van het zomerbed waardoor de doorvoer van ijs (bij laagwatersituaties) mogelijk belemmerd zou kunnen worden. Enkel bij de gewijzigde monding van het Burgemeester Delenkanaal aan de Maas en bij de aantakking van de recreatiegeul in deelgebied De Waarden wordt een deel van de gestrekte oever afgegraven. Vanwege de geringe wijziging van deze oevers is hier geen extra risico op een verslechtering van de doorvoer van ijs te verwachten. De nieuwe mondingen zijn geen knelpunt voor de ijsgang.

Bij hogere waterstanden vanaf peil NAP+ 5,4 m, welke 8 dagen per jaar optreden, zijn er wijzigingen te verwachten met betrekking tot de ijsafvoer op de Maas. Vanaf dit peil overstroomt de Maasoevers en gaan de nevengeulen in de Lelyzones meestromen. Door de geïsoleerde ligging van de geulen in de Lelyzones is het niet de verwachting dat de maaiveldverlaging en aanleg van deze geulen zal leiden tot een risico op ijsschotsen in de rivier en kruisend ijs tegen de dijk. In de Lelyzones komen geen obstakels voor die eventuele ijsgang belemmeren. Vanwege de stroomvoerende aard van de Lelyzones blijven de Lelyzones vrij van grote obstakels of ruigte.

Door de toename van het oppervlak aan oppervlaktewater in de verschillende uiterwaarden (voormalig meanders) en Lelyzones is er wel een verhoogd risico op ijsvorming. Het oppervlak open water neemt toe, daarmee ook de hoeveelheid ijs. Echter, de geïsoleerde ligging van de geulen ten opzichte van het zomerbed van de Maas, en het feit dat de meanders ook bij hoogwater met name stromingsluw zijn, voorkomt dat het gevormde ijs richting het zomerbed wordt getransporteerd. Indien een hoogwater samenvalt met een ijsperiode, dan kan een deel van de ijsschotsen richting het zomerbed worden getransporteerd. Zoals in bovenstaande alinea genoemd worden er in het projectgebied geen obstakels opgetrokken die het transport van ijsschotsen belemmeren.

Conclusie: Het ontwerp van Meanderende Maas levert geen nadelige effecten op voor de ijsafvoer op dit traject van de Maas. Er vinden geen wijzigingen plaats aan het zomerbed of de ligging van de oevers van het zomerbed. De ijsgang kan onbelemmerd plaatsvinden, zoals in huidige situatie ook plaatsvindt.

4.2. Hinder of schade door hydraulische effecten

4.2.1. Effect op inundatiefrequentie

Als gevolg van een gebiedsontwikkeling kan de frequentie van instromen van (delen van) de uiterwaard wijzigen. Of een wijziging van de frequentie van instromen van (delen van) de uiterwaard ook daadwerkelijk nadelige gevolgen heeft voor het specifieke deel van de uiterwaard hangt af van het doelgebruik van het gebied. Een wijziging is enkel ongewenst wanneer deze nadelig is voor omwonenden, voor de bereikbaarheid of voor natuurontwikkeling. Voor ontwikkeling van natte natuur (nat grasland, rietmoeras e.d.) kan een frequentere inundatie ook voordelig zijn. Dit aspect uit het RBK 5.0 gaat daar op in.

Deze effecten zijn inzichtelijk gemaakt door de ontwerphoogte van verschillende objecten per deelgebied te vergelijken met de betrekkinglijnen van de Maas (2019-2020). Conform de TUN Rivier [4] zijn de effecten inzichtelijk gemaakt door gebruik van het deelmodel met afvoeren van 1.250 m³/s, 1.470 m³/s, 1.971 m³/s en 2.302 m³/s te Borgharen. De resultaten van deze analyse worden inzichtelijk gemaakt door middel van drie overzichtskaarten. Deze drie

overzichtskaarten geven in 2D weer bij welke afvoer verschillende delen van de uiterwaarden inunderen voor de referentie situatie en het DO.

Tabel 4-2 toont voor verschillende objecten per deelgebied de inundatiefrequentie. Tevens is vermeld of de getoonde inundatiefrequentie een wijziging is van de huidige situatie.

Tabel 4-2: Inundatiefrequentie per object.

Deelgebied	Object	Toekomstig maaiveldniveau (eindsituatie)	Inundatiefrequentie (gemiddeld o.b.v. betrekkingslijnen 2019-2020)	Wijziging t.o.v. huidige situatie
Diedensche Uiterdijk	Oeverzone	NAP+ 5,8 m	1 dag per jaar	Ja
	Rulstraat bij Megen	NAP+ 6,3 m	Eens in 2 à 3 jaar	Nee
	Camping en bewoners aan Rulstraat bij Megen	NAP+ 8,0 m	Eens in 20 à 30 jaar	Nee
De Waarden	Geulen in Lelyzones	NAP+ 5,2 m	Tussen 4 en 8 dagen per jaar	Ja
	Overstromingsvlakte	NAP+ 5,1 m	8 dagen per jaar	Ja
	Geïsoleerde rietmoerassen	NAP+ 5,5 m	2 dagen per jaar	Ja
	Maasbommelse veerweg	NAP+ 6,4 m	Eens in 4 à 5 jaar	Nee
	Tienmorgenstraat	NAP+ 7,0 m	Eens in 10 jaar	Nee
Drempel Appeltern	Maaiveld	NAP+ 5,4 m	4 dagen per jaar	Ja
Oeverzone Megen	Maaiveld	NAP+ 5,4 m	Tussen 2 en 4 dagen per jaar	Ja
Ossekamp	Maaiveld lelyzone en geulen lelyzone	NAP+ 5,4 m	2 dagen per jaar	Ja
Maasbommel Oost	Oeverzone en geul	NAP+ 5,4 m	2 dagen per jaar	Ja
	Veerweg	NAP+ 6,0 m	Eens in 2-3 jaar	Ja
	Camperterrein en afmeerplek cruiseschip	NAP+ 5,7 m	1 dag per jaar	Ja
	Parkeerplaats restaurant Foepy's	NAP+ 6,5 – 7,0 m	Eens per 5 jaar	Nee
Maasbommel West	Geul	NAP+ 5,0 m	2 dagen per jaar	Ja
	Oeverzone	NAP+ 5,4 m	1 à 2 dagen per jaar	Ja

Zoals in Tabel 4-2 getoond is, leidt de integrale maaiveldverlaging van de verschillende oeverzones (Lelyzones) en de aanleg van geulen in deze oeverzones tot een hogere inundatiefrequentie van deze gebieden. De hogere inundatiefrequentie van de oeverzones wordt in de meeste van deze gebieden niet als nadelig geacht omdat er in de toekomstige situatie (percelen zijn dan ingericht als natuur, zonder agrarisch gebruik) geen objecten in deze gebieden aanwezig zijn of gebruikers zijn die nadelige gevolgen ervaren naar aanleiding van de hogere inundatiefrequentie. De maaiveldverlaging in deze gebieden levert een significante bijdrage aan de waterstandsdoelstelling van het project.

Eén van de aandachtsgebieden waar de maaiveldverlaging wel de gebruikers en eigenaars raakt is de locatie bij de veerweg Maasbommel. Hier ligt een camperterrein, een afmeerplek voor een cruiseschip

en een parkeerplaats. Door de maaiveldverlaging met ca 1 m heeft het camperterrein en de afmeerplek voor cruiseschepen een frequentere inundatiefrequentie. Bij de terreininrichting worden de huidige voorzieningen teruggebracht. Bij de parkeerplaats van restaurant Foepy's (gedeelte binnen grenzen bestemmingsplan) wijzigt de situatie niet.

De bereikbaarheid van veerboten langs de Maasoevers is met zorg meegenomen in het DO. De wegen en veerstoepen van veerdienst Megen-Appeltern blijft ongewijzigd, de inundatiefrequentie wijzigt niet. De wegen naar de veerstoepen van veerdienst Megen-Maasbommel wijzigen wel. De Maasbommelse veerweg aan Brabantse zijde wordt verlegd, maar op zelfde hoogte nieuw aangelegd op een nieuwe locatie buiten de Lelyzone De Waarden, van deze weg wijzigt de inundatiefrequentie dus niet. De veerweg in Maasbommel wordt verlaagd van NAP+ 6,8 m naar NAP+6,0 m. De wegverlaging leidt niet tot een reductie van toegankelijkheid van de veerdienst. De veerdienst stopt met varen bij 1500 m³/s op de Maas, ofwel een waterstand van NAP+5,4 m (2 dagen per jaar). De huidige veerweg ligt op NAP+6,8 m (inundatie ca eens per 5-6 jaar). Bij een verlaging tot NAP+6,0 m staat de weg ca eens per 2-3 jaar onder water. De verlaging van de veerweg heeft geen beperking van de beschikbaarheid en toegankelijkheid van de veerdienst tot gevolg. De ligging en oriëntatie van de veerstoep wijzigt niet.

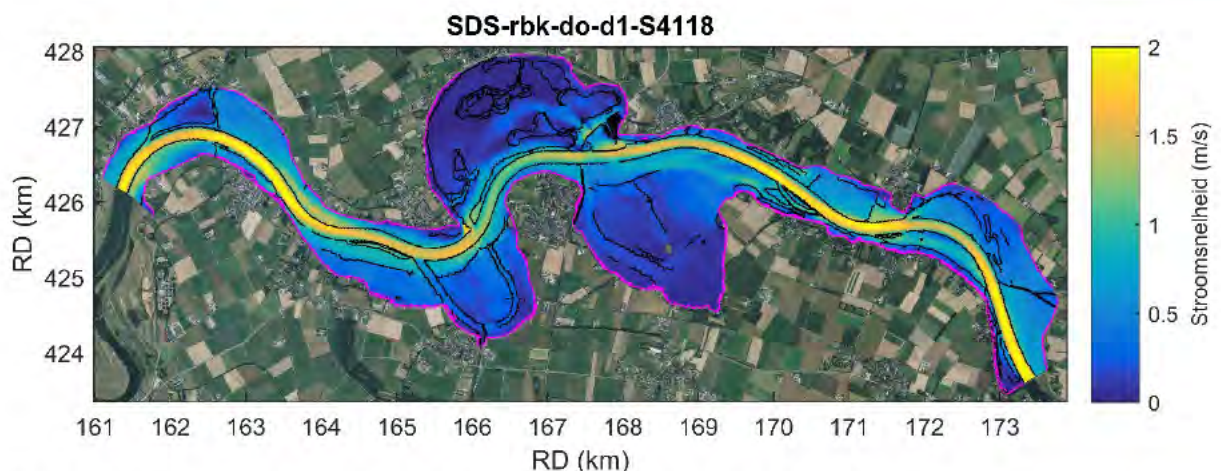
De inundatiefrequentie in de gouden Ham wijzigt niet door de ingrepen. De drempel bij Appeltern wordt verlaagd, maar deze beïnvloedt de inundatiefrequentie van de provinciale weg N329 richting de veerstoep niet. Deze weg ligt hoger dan de drempel Appeltern en blijft op hoogte. Er is geen verandering voor de gebruikers van het recreatiegebied.

De agrarische zones die momenteel in de referentiesituatie in de uiterwaarden aanwezig zijn, zullen in de eindsituatie plaatsmaken voor natuurontwikkeling. Dit geldt bijvoorbeeld voor overstromingsvlakte De Waarden en voor de verschillende (geïsoleerde) rietmoerassen. De verandering van inundatiefrequentie van deze gebieden zal deze functionaliteiten daarom ook niet negatief beïnvloeden. Een frequentere overstroming van deze gebieden is zelfs gewenst t.b.v. de robuuste ontwikkeling van de natte natuur. In de tussentijdse situatie (na realisatie van Het Werk, maar voor realisatie van de zelfrealisatie) blijft een deel van het gebied ingericht als agrarisch gebied. De maaiveldhoogte van deze gebieden wijzigt niet. Daarmee wijzigt ook de inundatiefrequentie niet, ook niet ondanks dat deel van het gebied al ingericht is als natuurgebied.

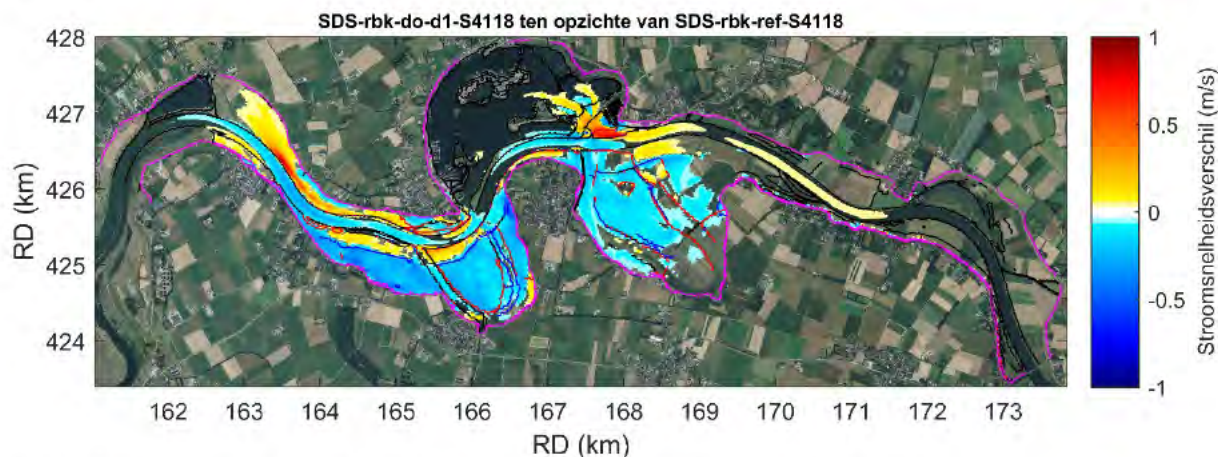
Conclusie: Er is geconcludeerd dat er in de meeste gebieden geen ongewenste wijzigingen zijn van de inundatiefrequenties met schade of hinder tot gevolg. Daar waar de inundatiefrequentie wijzigt is dit passend bij de inrichting van het gebied tot natuurgebied. Een gebied met aandachtspunten is de locatie bij de veerweg Maasbommel. Hier ligt een camperterrein, een afmeerplek voor een cruiseschip en een parkeerplaats bij een restaurant. Bij de terreininrichting worden de huidige voorzieningen teruggebracht en in de maaiveldniveaus is de hinder en schade zoveel mogelijk gereduceerd door optimalisaties in het ontwerp (hoger maaiveldniveau camperterrein t.o.v. VO, geen wijziging bij parkeerterrein Foepy's).

4.2.2.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 is ingeschat door het beoordelen van de verandering van de grootte en richting van de stroomsnelheden bij een afvoer van 4.118 m³/s. Dit beoordelingsaspect is omschreven in aspect 2.2 van RBK 5.0. Zie Figuur 4-3 voor een 2D beeld van de absolute stroomsnelheden die optreden bij een afvoer van 4.118 m³/s. Figuur 4-4 geeft het 2D beeld weer van de stroomsnelheidsverschillen tussen het DO en de referentie situatie.



Figuur 4-3: Absolute stroomsnelheid (m/s) van het DO in 2D bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen.



Figuur 4-4: Verschil in stroomsnelheid (m/s) tussen DO en Ref in 2D bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen

In het ontwerp is gestreefd naar een natuurlijke inrichting waar ruimte is voor natuurlijke processen. De rivierdynamiek wordt weer teruggebracht in het gebied door het herstellen van de oude meanders. Vanwege de lage dynamiek in de Maas en het stromingsluwe karakter van de meanders is deze dynamiek echter slechts relatief. De uiterwaarden blijven voor een groot deel in hoge mate stromingsluw. Wel is enige stromingsdynamiek en morfodynamiek tijdens hoogwater in de uiterwaarden toelaatbaar en zelfs gewenst.

Figuur 4-3 toont dat in de meanderbogen de stroomsnelheden bij deze extreme afvoer laag blijven. De Diedensche Uiterdijk, de Gouden Ham en het zuidelijk deel van meander De Waarden zijn zeer stromingsluw (<0,25 m/s). Ook in het noordelijk deel van meander De Waarden en De Ossekamp zijn de stroomsnelheden vrij laag (ca 0,5 m/s). In de verlaagde Lelyzones zijn de stroomsnelheden al een stuk hoger met snelheden groter dan 1 tot 1,5 m/s bij deze extreme afvoer. Nabij de veerstoeep en het camperterrein bij Maasbommel Oost, bij geul Maasbommel West, bij drempel Appeltern en in het zomerbed zijn de stroomsnelheden het hoogst met snelheden richting de 2 m/s.

Figuur 4-4 geeft heel duidelijk het effect van het DO op de stroomsnelheden weer. Het is goed te zien hoe de ingrepen van het DO de huidige systeemwerking versterken. In de verlaagde Lelyzones neemt de stroomsnelheid met ongeveer 0,2 – 0,4 m/s toe. Daarnaast heeft het verlagen van de Drempel





Figuur 4-6: Aandachtslocaties waar erosie beschermende maatregelen noodzakelijk zijn

Conclusie: Er is geconcludeerd dat door de natuurlijke inrichting er weer meer stromingsdynamiek terug wordt gebracht in de uiterwaarden. Dit is slechts relatief vanwege het gestuwde karakter van de Maas en de stromingsluwe ligging van de Meanderbogen. Onder normale dagelijkse omstandigheden blijven de uiterwaarden vrij van stroming. Bij een hoogwatergolf beperken de hoge stroomsnelheden zich voornamelijk tot de lelyzones. Het herstel van de meanders zorgt voor relatief meer stromingsdynamiek en waterstandsfluctuatie in de meanderbogen. Meer stromingsdynamiek en morfodynamiek past bij de natuurlijke inrichting van het gebied.

De aandachtslocaties tonen locaties waar de stroomsnelheden groot zijn en dynamiek ongewenst is. Op deze aandachtslocaties wordt door middel van bodem- en oeverbescherming voorkomen dat er negatieve lokale erosie effecten ontstaan bij constructies als kribben, gebouwen, kaden, wegen en langs randen van plassen en geulen. Met deze maatregelen zal er geen hinder of schade voor terreineigenaren, bewoners of bedrijven ontstaan als gevolg van het ontwerp. Tevens ontstaan er binnen het projectgebied ook geen kritische locaties met hoge stroomsnelheden langs de bandijk.

Verificatie systeemeisen

SES-102: De stroomsnelheid in een zandige nevengeul bij bankfull afvoer dient kleiner te zijn dan 0,3 m/s.

De stroomsnelheden in de geulen in de Lelyzones en de meanderbogen bij een bankfull afvoer zijn gering. De geulen zijn geïsoleerde, niet of eenzijdig aangetakte geulen. Bij bankfull afvoer van de Maas is de stroomsnelheid kleiner dan 0,3 m/s.

SES-103: De aanpassingen in de uiterwaard dienen niet te leiden tot bodemerosie langs de primaire waterkering.

Er zijn binnen de objectgrenzen van het rivierontwerp geen kritische locaties met hoge stroomsnelheden langs de bandijk. In het dijkontwerp zijn een aantal locaties ontworpen waar de dijkbekleding bestaat uit een grasdek op een ondergrond van erosieklasse 2 klei.

4.2.3.Effect op stroombeeld in vaarweg

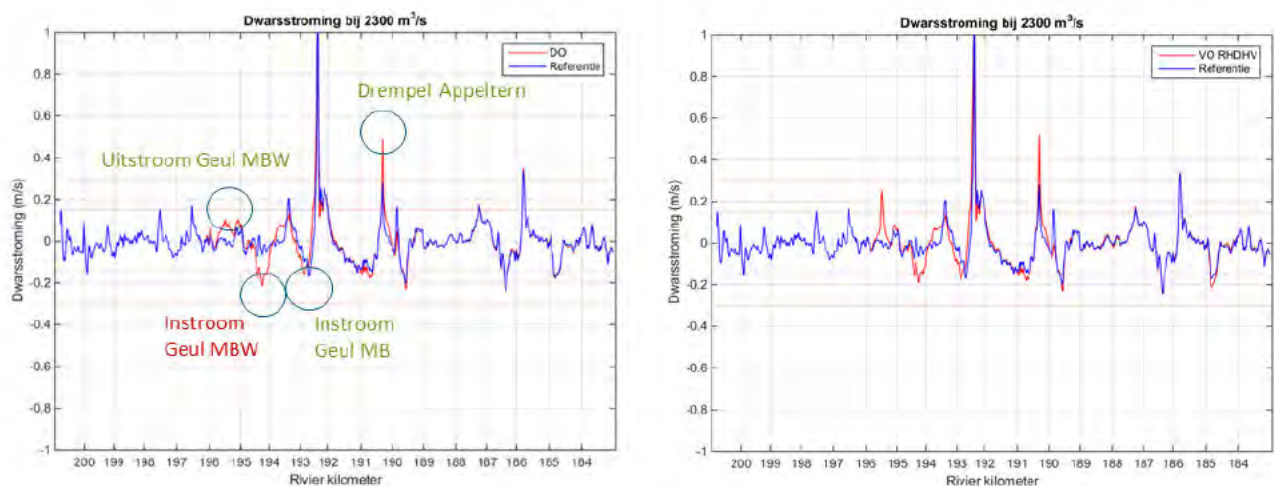
Door aangetakte nevengeulen kunnen bij lage afvoeren dwarsstromingen optreden bij de in- en uitstroomopeningen van deze geulen. Deze dwarsstromingen kunnen hinderlijk zijn voor de scheepvaart en de veiligheid (navigatie) nadelig beïnvloeden. Dit is aspect 2.3 uit RBK 5.0. Bij meestromende nevengeulen is meestal sprake van grote debieten. Bij dwarsstroming met een debiet van meer dan

50 m³/s is een dwarsstroomsnelheid van maximaal 0,15 m/s toegelaten. Alleen bij kleine debieten (< 50 m³/s) geldt dat een dwarsstroomsnelheid tot maximaal 0,30 m/s toelaatbaar is. Het effect op het stroombeeld van de vaarweg is beoordeeld voor de afvoeren 1.250, 1.500, 2.000 en 2.300 m³/s te Borgharen. Om een eerlijke vergelijking tussen het VO en het DO mogelijk te maken, is het cruciaal dat beide situaties met identieke randvoorwaarden zijn doorgerekend. Daartoe is het VO opnieuw doorgerekend met dezelfde randvoorwaarden die voor de DO-fase worden gebruikt (Tabel 2-1).

Voor zowel de Gelderse als de Brabantse oever treden de meest extreme dwarsstromingen op bij de 2.300 m³/s afvoer. Bij deze afvoer stromen de Lelyzones volledig mee en stromen ook de meanderbogen vol. De dwarsstromingseffecten in deze paragraaf zijn voor deze afvoer gepresenteerd. De effecten van de overige afvoeren zijn in Appendix 4 te vinden. Uit het gesprek met de scheepvaart adviseur van RWS-ZN (d.d. 10-02-2022) is gebleken dat er ter plekke van de rand van de vaarweg geen hinderlijke dwarsstroming optreden en dat er daarmee geen hinderlijke nautische effecten optreden als gevolg van het DO.

Gelderse Zijde

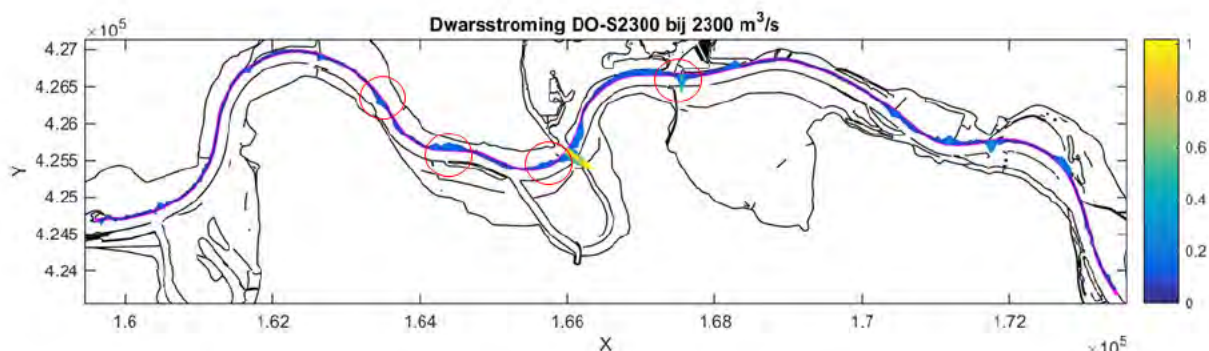
De effecten aan de Gelderse zijde zijn in figuur 4-7 en figuur 4-8 gepresenteerd. In figuur 4-7 worden links de effecten van het DO gepresenteerd. Rechts worden de effecten van het VO gepresenteerd.



Figuur 4-7: Dwarsstroming aan de rand van de vaarweg (Gelderse zijde) voor het DO (links) en VO (rechts).

In de linker grafiek van figuur 4-7 zijn de effecten van het DO (rood) vs de Referentie (blauw) gevisualiseerd. De rechter grafiek in figuur 4-7 geeft de effecten van VO (rood) vs de Referentie (blauw) weer. Binnen DO vallen de volgende punten op ten opzichte van het VO en de Referentie (in volgorde van bovenstrooms naar benedenstrooms):

1. Drempel Appeltern
2. Instroom Geul Maasbommel
3. Instroom Geul MBW
4. Uitstroom Geul MBW



Figuur 4-8: Dwarsstroming van het DO weergegeven in 2D-perspectief voor de Gelderse zijde.

Tabel 4-3: Maximale dwarsstroming aan de Gelderse zijde op de vier locaties bij een afvoer van 2.300 m³/s te Borgharen

Locatie	Dwarsstroming DO	Dwarsstroming VO	Dwarsstroming Referentie
Drempel Appeltern	0,48 m/s	0,52 m/s	0,28 m/s
Instroom Geul Maasbommel Oost	0,15 m/s	0,18 m/s	0,18 m/s
Instroom Geul MBW	0,21 m/s	0,19 m/s	0,07 m/s
Uitstroom Geul MBW	0,11 m/s	0,25 m/s	0,02 m/s

De effecten op deze vier locaties worden in de volgende vier sub paragrafen in meer detail beschouwd.

Drempel Appeltern

Ter hoogte van de drempel Appeltern wordt de maximaal toelaatbare dwarsstroming van 0,30 m/s overschreden. Dit geldt voor zowel het DO (0,48 m/s) als het VO (0,52 m/s). Het DO laat een verbetering zien t.o.v. het VO. Een meer detailbeeld levert extra inzichten op, zie figuur 4-9. De dwarsstroming in Figuur 4-8 is bepaald aan de rand van het zomerbed. De dwarsstromingspiek ter plaatse van de drempel Appeltern is te zien in een klein aantal WAQUA-roostercellen, zie de rode cirkel in Figuur 4-9. Hierin is ook het beeld te zien dat de dwarsstroming in de richting van het centrum van de vaargeul zeer snel afneemt en ook in stroomafwaartse richting. Eén roostercel verder stroomt het water bijna volledig parallel aan het zomerbed. Doordat de dwarsstroming aan de rand van het zomerbed bepaald is terwijl de schippers in de praktijk meer in de richting van het centrum van het zomerbed zullen varen, wordt de dwarsstroming ter plaatse van de Drempel Appeltern niet als een nautisch probleem beschouwd.

Instroom Geul Maasbommel Oost

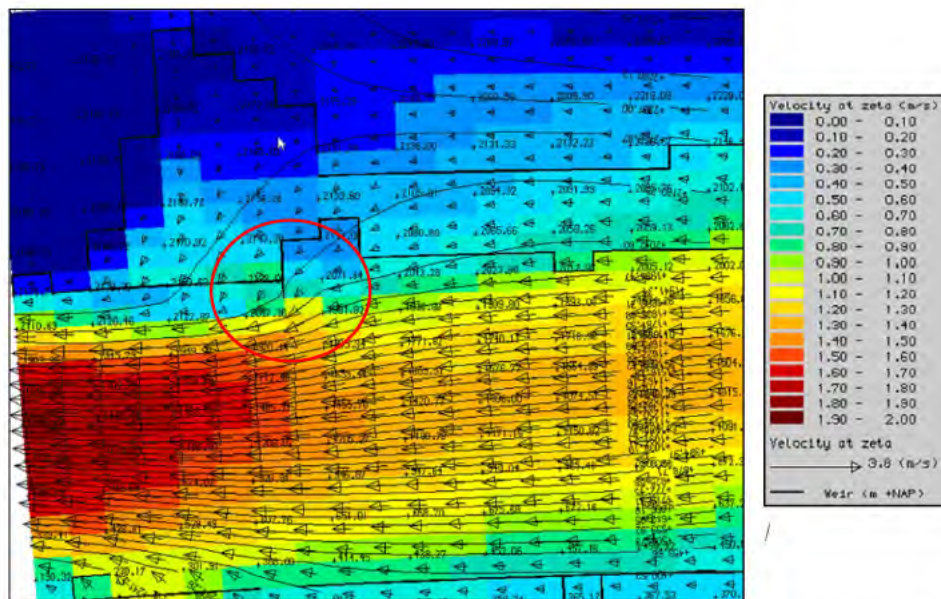
In Figuur 4-6 is te zien dat de dwarsstroming ter plaatse van de instroomopening van de geul bij Maasbommel Oost binnen het DO (0,15 m/s) verbetert ten opzichte van het VO (0,18 m/s). Dit is dus een positief effect.

Instroom Geul Maasbommel West

In Figuur 4-6 is te zien dat de dwarsstroming ter plaatse van de instroomopening van de geul Maasbommel West binnen het DO (0,21 m/s) iets verslechtert ten opzichte van het VO (0,19 m/s). Dit negatieve effect is echter zeer gering en de norm van 0,15 m/s wordt slechts beperkt overschreden.

Uitstroom Geul Maasbommel West

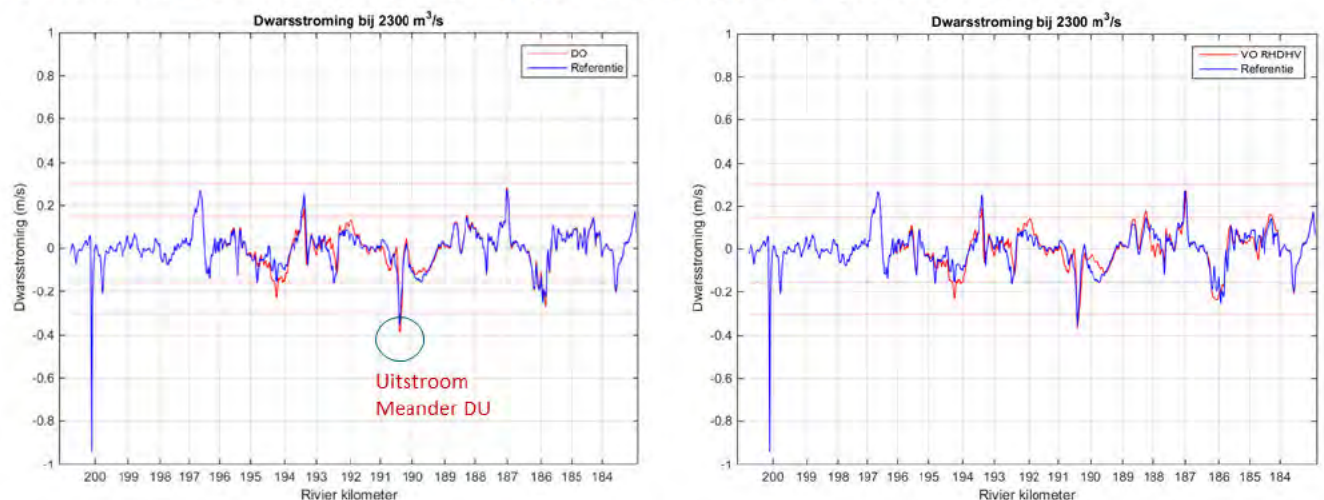
In Figuur 4-6 is te zien dat de dwarsstroming ter plaatse van de uitstroomopening van de Geul Maasbommel West binnen het DO (0,11 m/s) sterk verbetert ten opzichte van het VO (0,25 m/s). Dit is een sterke positieve verbetering.



Figuur 4-9: WAQVIEW-beeld van de stromingssituatie in het DO ter plaatse van het zomerbed bij de drempel Appeltern.

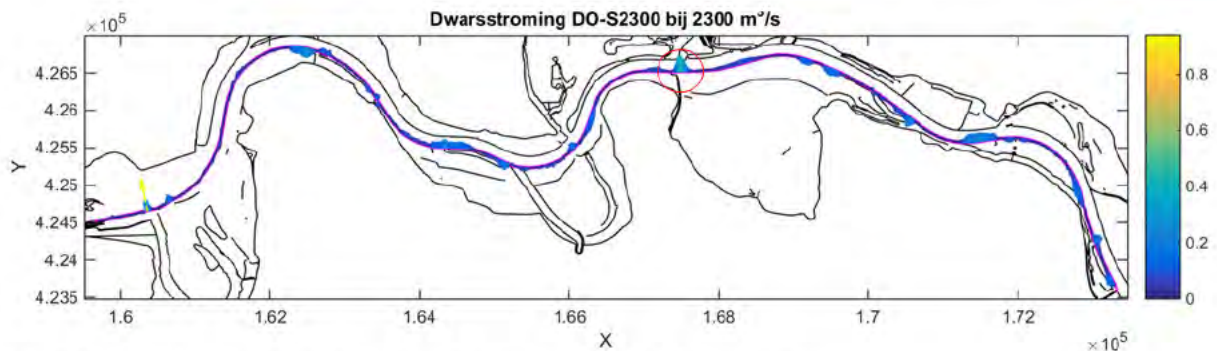
Brabantse Zijde

De effecten aan de Brabantse zijde zijn in Figuur 4-10 en Figuur 4-11 gepresenteerd.



Figuur 4-10: Dwaarsstroming aan de rand van de vaarweg (Brabantse zijde) voor het DO (links) en VO (rechts).

In de linker grafiek van Figuur 4-10 zijn de effecten van het DO (rood) vs de Referentie (blauw) gevisualiseerd. De rechter figuur geeft de effecten van VO (rood) vs de Referentie (blauw) weer. Binnen het DO valt één locatie op ten opzichte van het VO; de uitstroom Meander DU.



Figuur 4-11: Dwarsstroming van het DO weergegeven in 2D-perspectief voor de Brabantse zijde.

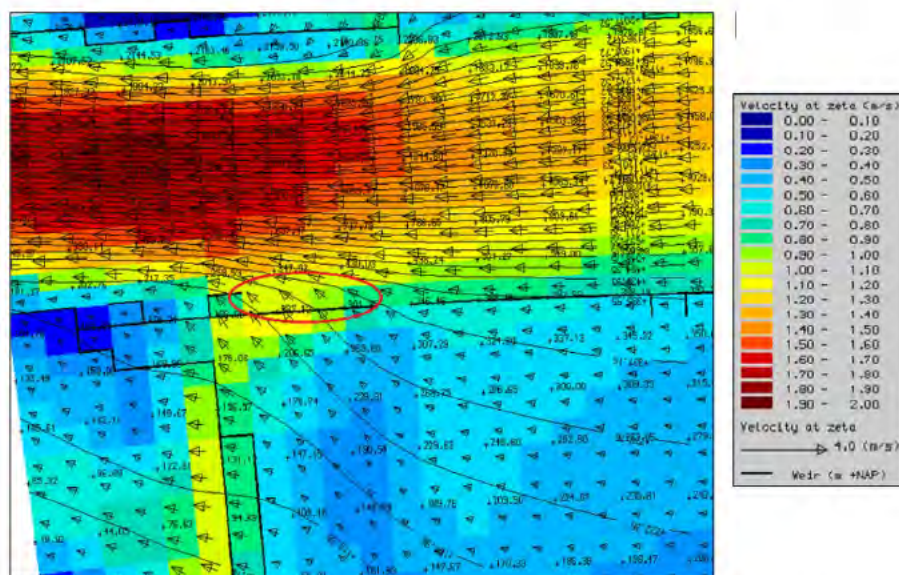
Tabel 4-4: Maximale dwarsstroming aan de Brabantse zijde bij een afvoer van 2.300 m³/s te Borgharen

Locatie	Dwarsstroming DO	Dwarsstroming VO	Dwarsstroming Referentie
Uitstroom Meander DU	0,38 m/s	0,37 m/s	0,37 m/s

Het effect op deze locatie is in de volgende sub paragraaf in meer detail beschouwd.

Uitstroom Meander DU

Ter hoogte van de uitstroom van de meander DU wordt de maximaal toelaatbare dwarsstroming van 0,30 m/s zowel binnen het DO (0,38 m/s) als het VO (0,37 m/s) overschreden. Een gedetailleerder beeld in Figuur 4-12 laat zien dat de situatie hier vergelijkbaar is met de situatie bij de drempel Appeltern, aan de overkant van het zomerbed. Wederom wordt de dwarsstromingspiek veroorzaakt door een klein aantal WAQUA-roostercellen, zie de rode cirkel in Figuur 4-12. Hier is wederom het beeld te herkennen dat de dwarsstroming in de richting van het centrum van de vaargeul zeer snel afneemt. Eén rooster cel verder stroomt het water bijna volledig parallel aan het zomerbed. Doordat de dwarsstroming aan de rand van het zomerbed bepaald is terwijl de schippers in de praktijk meer in de richting van het centrum van het zomerbed zullen varen, wordt de dwarsstroming ter plaatse van de uitstroom van de meander DU ook niet als een nautisch probleem beschouwd.

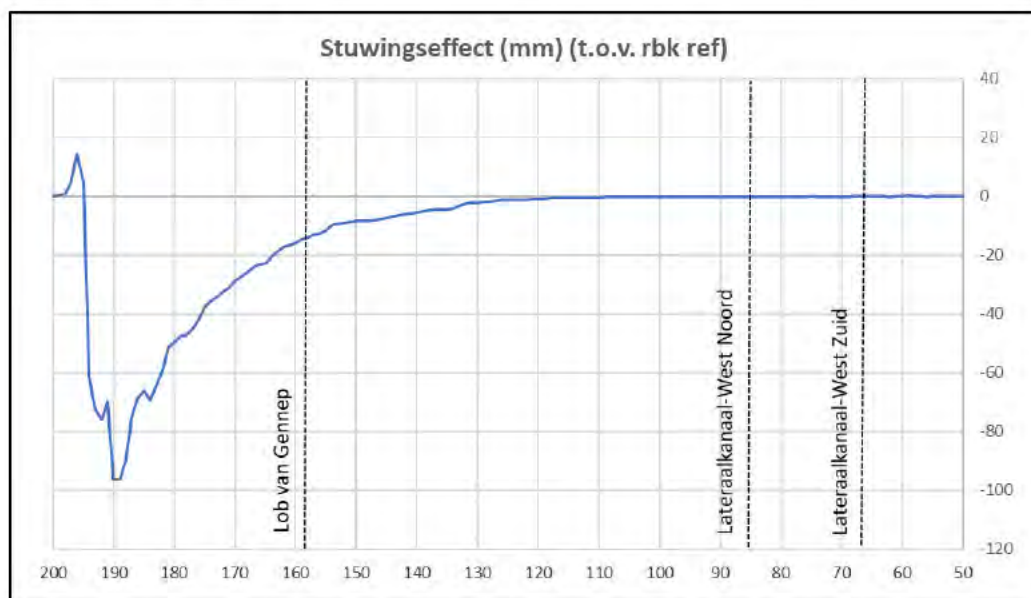


Figuur 4-12: WAQVIEW-beeld van de stromingssituatie in het DO ter plaatse van het zomerbed bij de uitstroom meander DU.

Conclusie: Er is geconcludeerd dat de huidige dwarsstromingseffecten die aan de rand van het zomerbed ontstaan geen negatieve gevolgen hebben voor de navigatie van de scheepvaart. Op een aantal locaties ontstaan dwarsstromingen welke de norm uit het RBK 5.0 overschrijden. Echter zal dit niet of nauwelijks hinder of extra veiligheidsrisico's voor de scheepvaart opleveren, aangezien de scheepvaart meer richting het centrum van het zomerbed vaart. Een schipper zal nooit zo dicht bij de rand van het zomerbed komen. Vanaf de rand van het zomerbed gezien nemen de dwarsstromingseffecten erg snel af in de richting van de vaarweg. In het gesprek met de scheepvaart adviseur van RWS-ZN (d.d. 10-02-2022) is deze conclusie gedeeld en onderkend; ter plekke van de rand van de vaarweg treden geen hinderlijke dwarsstroming op, er treden daarmee geen hinderlijke nautische effecten op als gevolg van het DO.

4.2.4. Instroom retentiegebieden

Om de instroom ter plaatse van de inlaten van de retentiegebieden Lateraalkanaal-West Noord (rkm 85,2), Lateraalkanaal-West Zuid (rkm 67,0) en de Lob van Gennep (rkm 157,3) te bestuderen, worden de waterstandsveranderingen bij de hoogwaterreferentie (4.118 m³/s te Borgharen) weergegeven in figuur 4-13.



Figuur 4-13: Waterstandsverschil op de as van de bij de hoogwaterreferentie (4.118 m³/s te Borgharen)

De waterstandsverschillen en daarmee de instroomeffecten ter plaatse van het Lateraalkanaal-West Noord en -Zuid zijn verwaarloosbaar. Ter plaatse van de instroom van de Lob van Gennep is het waterstandsverschil 1,3 cm. Dit betreft een optimalisatie van 1,7 cm ten opzichte van het VO, waar het waterstandsverschil ter plaatse van de instroom van de Lob van Gennep 3,0 cm bedroeg. Binnen het VO waren de instroomeffecten op de Lob van Gennep al minimaal.

Conclusie: Er is geconcludeerd dat de situatie binnen het DO is verbeterd t.o.v. het VO en dat daarmee de instroomeffecten op de Lob van Gennep minimaal zijn. Er zijn geen negatieve effecten.

4.3. Morfologische effecten

4.3.1. Morfologisch effect op zomerbed

De analyse van de morfologische effecten op het zomerbed is uitgevoerd met de tool WAQMORF. Met behulp van WAQMORF zijn de volgende drie zaken bepaald:

- Verandering van de theoretische evenwichtsbodemligging;
- Totale aanzanding binnen de vaarweg;
- Jaarlijkse baggervolumes op locaties met onvoldoende vaardiepte;

WAQMORF geeft op basis van WAQUA-resultaten een inschatting van het relatieve evenwichtseffect in de bodemligging door een lokale ingreep, rekening houdend met een gemiddelde seizoensvariatie in de afvoer [7]. Het resultaat is een indicatie van grootte en plaats van bodemliggingseffecten die zich voldoende lange tijd na aanleg van de ingreep kunnen ontwikkelen (> 50 jaar). Na het succesvol doorlopen van de vragen berekent WAQMORF de minimale, maximale en jaargemiddelde verandering van de evenwichtsbodemligging.

WAQMORF gebruikt als input de waterdiepte en dieptegemiddelde stroomsnelheden uit WAQUA van de afvoeren 1.500 m³/s, 2.000 m³/s en 2.300 m³/s (zie Tabel 2-1 voor specificatie van randvoorwaarden). Om een eerlijke vergelijking tussen het VO en het DO mogelijk te maken, is het cruciaal dat beide situaties met identieke randvoorwaarden zijn doorgerekend. Daartoe is het VO opnieuw doorgerekend met dezelfde randvoorwaarden die voor de DO-fase worden gebruikt (Tabel 2-1).

Op basis van de WAQMORF-analyse is per rivierkilometer bepaald wat op de lange termijn (>50 jaar) het totale te verwachten volume aanzanding of erosie is. Daarnaast is ook bepaald hoeveel van deze totale hoeveelheid aanzanding of erosie binnen de vaarweg plaats vindt. Vervolgens zijn hieruit de jaarlijkse baggervolumes berekend. Hiervoor zijn de volgende uitgangspunten uit RBK 5.0 gehanteerd:

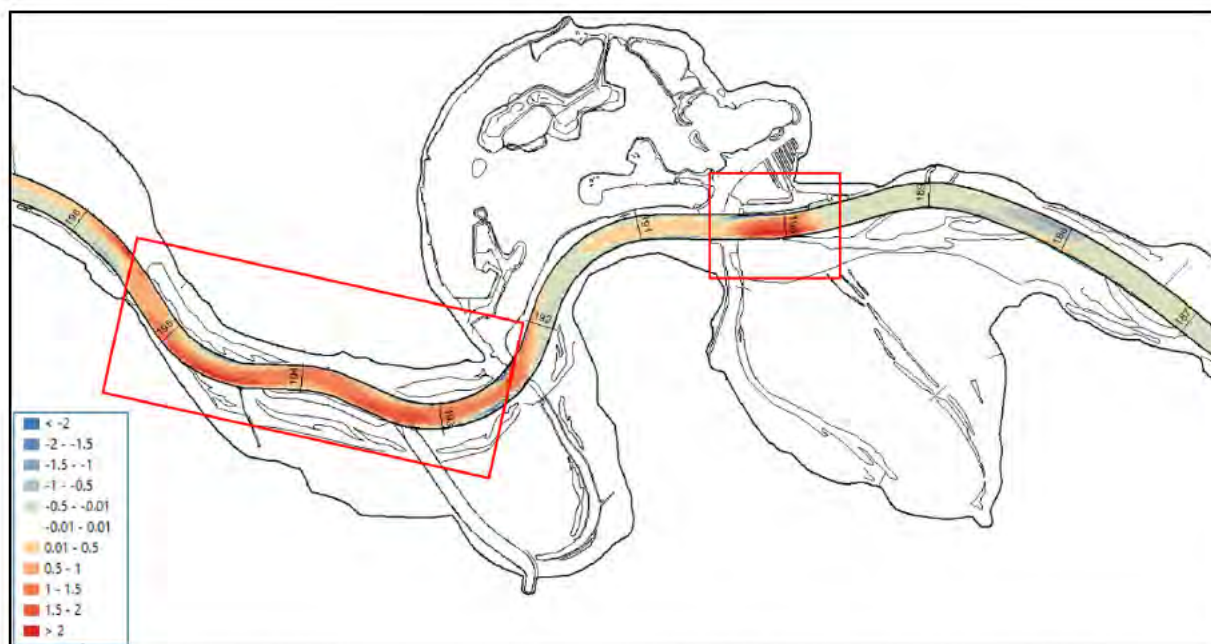
1. Maximaal toegestane diepgang scheepvaart op de Maas is 3,5 meter
2. Inclusief kielspeling van 40% levert dit minimale waterdiepte van 4,9 meter
3. Maatgevend Laag Water (MLW) situatie is maatgevende waterstand
4. Volgens 'Profielen RWS-ZN' viewer bedraagt MLW 4,6m+NAP
(https://maps.rijkswaterstaat.nl/gwproj55/index.html?viewer=ZN_Profielen)
5. Combinatie minimale waterdiepte (4,9m) en MLW (4,6m+NAP) levert dus een maximaal bodemniveau van vaarwegmodel van -0,3m+NAP. Aanzanding daarboven levert dus een extra baggerinspanning op.

Met de WAQMORF resultaten zijn de jaarlijkse baggervolumes bepaald op de locaties waar de aanzandingseffecten leiden tot een afname van de vereiste vaardiepte.

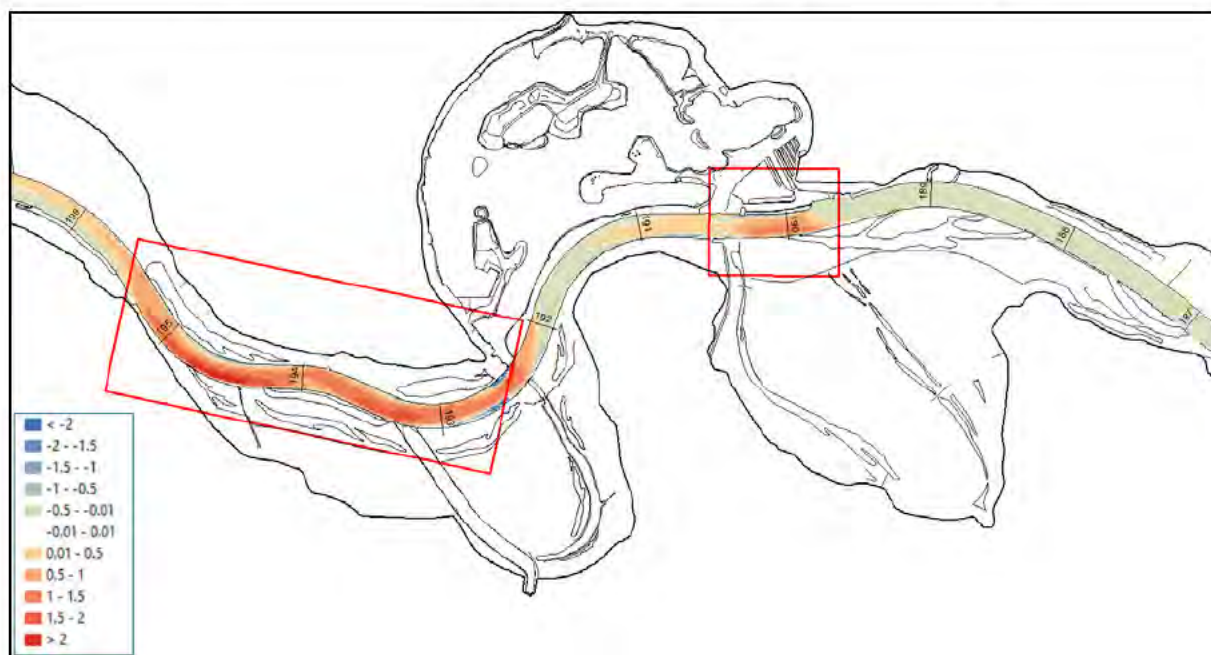
Verandering evenwichtsbodemligging VO & DO

De resultaten van de analyse van de evenwichtsbodemligging (op basis van de jaargemiddelde veranderingen) in het zomerbed zijn getoond in 2D kaarten, zie figuur 4-14, figuur 4-15 en figuur 4-16 voor respectievelijk het VO, het DO en de verschillen daartussen. Op basis van de WAQMORF-resultaten is de verwachting dat over het gehele traject van de Meanderende Maas voornamelijk sedimentatie effecten gaan optreden.

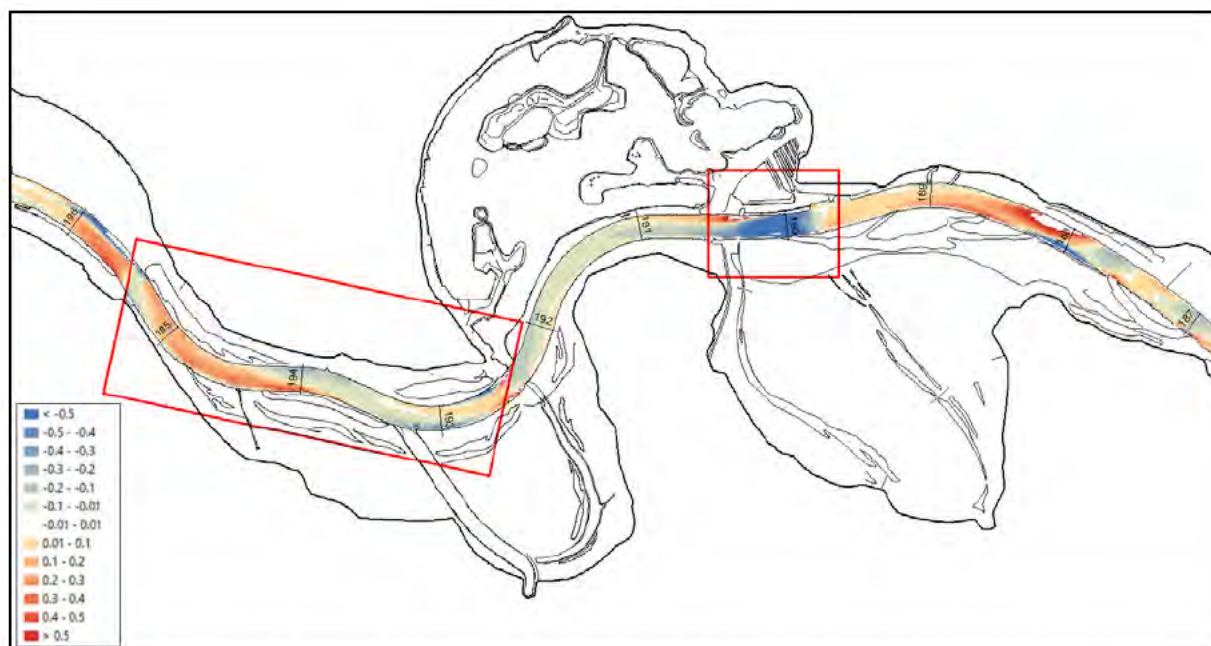
Hierbij is er echter vanuit gegaan dat er theoretisch gezien voldoende aanvoer van sediment aanwezig is in de Maas om deze sedimentatie effecten tot stand te laten komen. Het is onwaarschijnlijk dat deze theoretische aanvoer van sediment in de praktijk ook daadwerkelijk tot stand komt. Daarnaast is de Maas een gestuwde rivier, waardoor morfologische ontwikkelingen in de praktijk meestal een stuk trager verlopen. Door deze verschillen in theorie en praktijk is de verwachting dat de WAQMORF-resultaten de daadwerkelijke lange termijn effecten ruim overschatten.



Figuur 4-14: Veranderingen van de evenwichtsbodemligging in het zomerbed (op basis van jaargemiddelde veranderingen) voor het VO.



Figuur 4-15: Jaargemiddelde veranderingen van de evenwichtsbodemligging in het zomerbed (op basis van jaargemiddelde veranderingen) voor het DO.



Figuur 4-16: Verschil tussen VO en DO in de veranderingen van de evenwichtsbodemligging in het zomerbed (op basis van jaargemiddelde veranderingen).

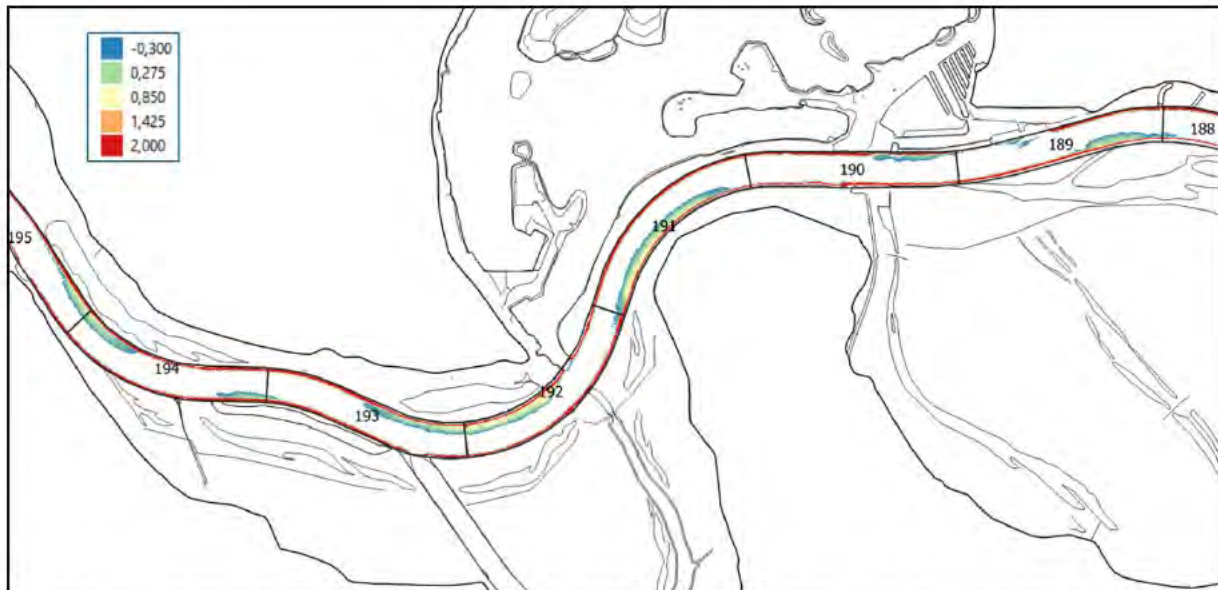
In figuur 4-14 en figuur 4-15 is te zien dat de met WAQMORF berekende evenwichtsbodemligging binnen het VO en het DO grotendeels hetzelfde patroon van aanzanding laten zien. Op het traject van rkm 190 – 190,5 vindt sedimentatie plaats in zowel het VO als het DO. Het DO is echter dusdanig geoptimaliseerd dat het aanzandingseffect op dit traject flink verminderd is, zie blauwe kleuren in figuur 4-16.

In zowel het VO als het DO is de Drempel Appeltern verlaagd waardoor water uit het zomerbed gemakkelijker de Gouden Ham in kan stromen. Daarnaast zijn er binnen het DO een aantal zaken in de DU aangepast waardoor er minder water door deze uiterwaard stroomt in vergelijking tot het VO en de referentie. De oeverzone (Diedensche Uiterdijk deel A) wordt in het DO slechts afgegraven tot NAP+ 6,7 m. In het VO lag het maaiveld in de oeverzone op NAP+ 5,4 m. In het DO wordt het dus 1,3 meter minder verlaagd dan het VO. Daarnaast blijven de overlapgebieden tussen de DU en Natuurontwikkeling Demen-Dieden op de originele ontwerphoogtes van die projecten liggen. Deze aanpassingen belemmeren de instroom van water vanuit het zomerbed richting de DU, waardoor er in het DO hier meer water in het zomerbed blijft.

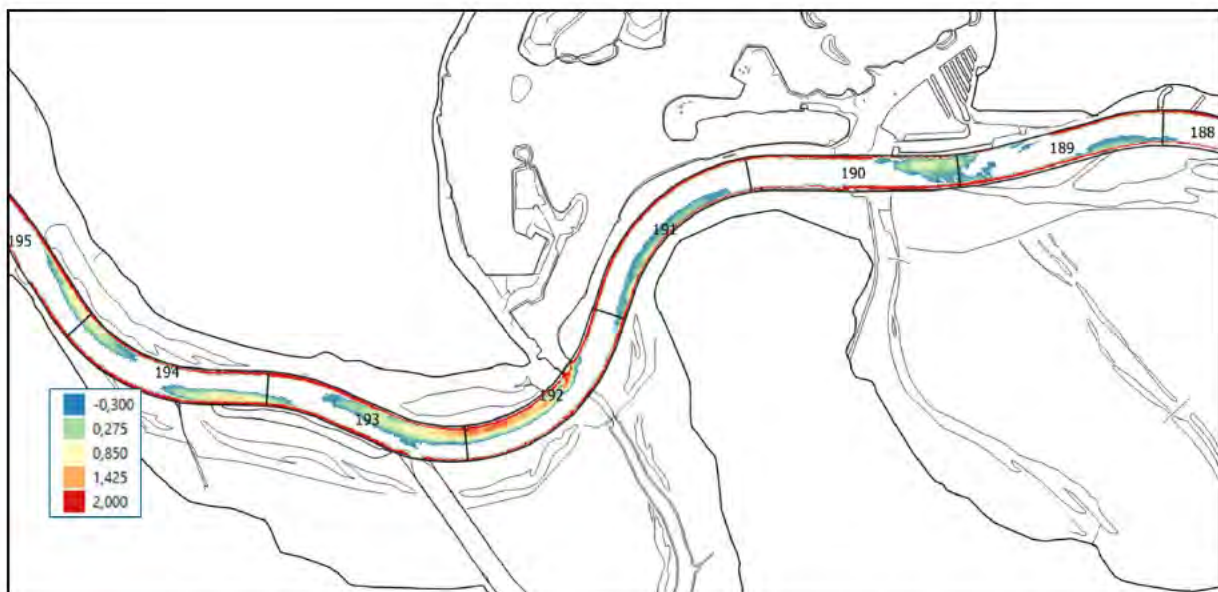
Op het traject rkm 192 – 196 is het patroon van aanzanding binnen het VO en het DO erg vergelijkbaar. De aanzandingseffecten binnen het zomerbed die op dit traject zichtbaar zijn worden veroorzaakt door het afgraven van de Lelyzones en het aanleggen van KRW Geulen. Aan het benedenstroomse uiteinde van Geul MBW zijn verschillen zichtbaar tussen het VO en het DO.

Totale aanzanding en aanzanding binnen de vaarweg

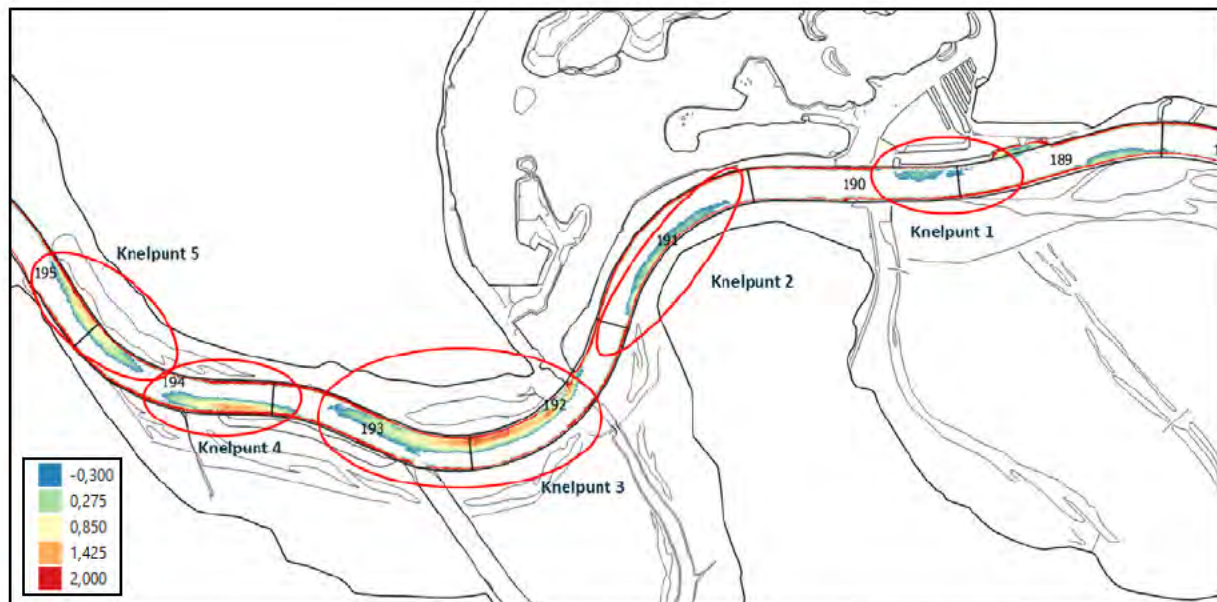
In deze subparagraaf zijn de totale volumes aanzanding of erosie per rivierkilometer op de lange termijn (>50 jaar) getoond. Ook is getoond hoeveel van dit volume aanzanding of erosie binnen de vaarweg plaats vindt. Figuur 4-17, figuur 4-18, en figuur 4-19 geven het 2D beeld van de aanzanding in de vaarweg weer. Hierbij is het niveau NAP-0,3m als maximale benodigde vaargeulligging (behorend bij waterdiepte van 4,9 m) aangehouden.



Figuur 4-17: Huidige ondieptes binnen de vaarweg (referentie). Hoogte in meter t.o.v. NAP. In witte vlakken in zomerbed is de waterdiepte groter dan 4,9 m (of bodemligging dieper dan NAP-0,3 m).



Figuur 4-18: Aanzanding binnen de vaarweg (VO). Hoogte in meter t.o.v. NAP. In witte vlakken in zomerbed is de waterdiepte groter dan 4,9 m (of bodemligging dieper dan NAP-0,3 m).



Figuur 4-19: Aanzanding binnen de vaarweg (DO). Hoogte in meter t.o.v. NAP. Rode cirkels geven de nummering van de knelpunten aan.

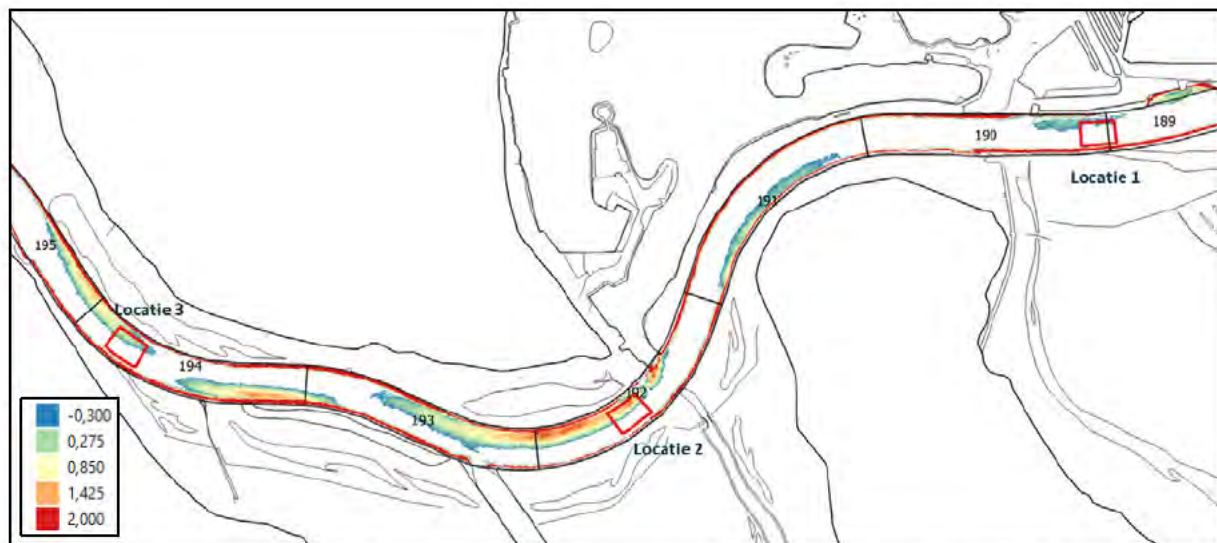
Gebaseerd figuur 4-18 en figuur 4-19 blijkt dat binnen het VO en het DO op het gehele traject rkm 189 – rkm 195 op de lange termijn in theorie (in geval van voldoende sedimentaanbod) verschillende knelpunten ontstaan. In appendix 4 zijn deze knelpunten individueel beschreven en is toegelicht welke optimalisaties zijn doorgevoerd om de knelpunten te reduceren.

Baggerwerkonderhoud

De aanzandingseffecten zijn d.m.v. optimalisaties binnen het VO en het DO al zoveel mogelijk geminimaliseerd (zie ook appendix 4). De negatieve morfologische effecten die na optimalisatie overblijven dienen gemitigeerd te worden. Om een beeld te krijgen bij de schaal van deze mitigatie zijn voor het DO de jaarlijkse baggervolumes bepaald. Hiervoor zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

1. Vaargeul breedte is 100 m
2. Jaarlijkse voortplantingslengte van aanzanding is 144 m (gebaseerd op output WAQMORF)
3. Al het materiaal boven -0,3m+NAP wordt verwijderd

Alle aanzandingseffecten stroomafwaarts van deze jaarlijkse voortplantingslengte hoeft niet te worden beschouwd als een potentiële bijdrage aan extra vaargeulonderhoud. De verschillende aanzandingseffecten die optreden binnen het traject van de Meanderende Maas worden beschouwd als drie onafhankelijke situaties. Hierbij is de aanname gemaakt dat door jaarlijkse de eerste 144 meter sediment te verwijderen binnen deze drie locaties, de evenwichtsbodemligging niet kan/zal ontstaan. Onderstaande figuur toont deze drie locaties middels rode kaders.



Figuur 4-20: Rode kaders geven de locaties aan waarop de jaarlijkse baggervolumes zijn bepaald, breedte is 100m en lengte is 144m.

De resulterende baggervolumes van deze drie locaties zijn weergegeven in Tabel 4-5. Om de locaties waar knelpunten ontstaan dus jaarlijks te mitigeren, zal er jaarlijks ca. 10.753 m³ gebaggerd moeten worden. Dit zijn resultaten op basis van WAQMORF, zoals genoemd geeft WAQMORF een overschatting van het daadwerkelijk optredende aanzandingsvolume en daarmee ook een overschatting van het te baggeren volume. Na optimalisaties van het DO neemt het baggerbezwaar af met 22% t.o.v. het VO. Het baggervolume op locatie 1 verdwijnt binnen het DO bijna geheel ten opzichte van het VO. Dit is bewerkstelligd door het maaiveld binnen de Diedensche Uiterdijk deel A minder ver af te graven.

Tabel 4-5: Jaarlijkse baggervolume

Jaarlijkse baggervolumes [m ³]		
Locatie	VO	DO
Locatie 1	4,563	163
Locatie 2	7,426	8,018
Locatie 3	1,793	2,572
Totaal	13,782	10,753

Conclusie: Er is geconcludeerd dat er in de huidige situatie een aantal knelpunten aanwezig zijn waar de minimaal vereiste vaarwegdiepte van 4,9 meter in de huidige situatie niet aanwezig is. Binnen het DO vindt op een aantal van deze knelpunten verdere aanzanding plaats waardoor de knelpunten groter worden. Het jaarlijkse baggervolume neemt toe met 10.753 m³ verspreid over drie knelpuntlocaties. Deze toename in baggeronderhoud zijn het directe gevolg van de rivierverruimende ingrepen in het gebied. Eén van de doelen van het project is het behalen van een significante waterstandsdeling t.b.v. hoogwaterveiligheid. Enkele andere doelen zijn het realiseren van tenminste 9,1 km lengte aan KRW geulen en het ontwikkelen van een gevarieerd rivier- en moeraslandschap (NNB en PAGW) met ruimte voor ooibosontwikkeling. Deze doelen zijn met het DO behaald. Het neveneffect hiervan is dat er morfologische effecten optreden in het zomerbed.

In het ontwerpproces van VO naar DO zijn de nadelige morfologische effecten gereduceerd door diverse ontwerpaanpassingen. De overgebleven aanzanding op deze knelpunten zal gemitigeerd moeten worden d.m.v. baggeren. Zie ook H5 voor een duiding van het optimalisatieproces tijdens de planuitwerking.

Verificatie systeemeisen

SES-00096: Het Systeem Meanderende Maas Ravenstein-Lith dient niet te leiden tot erosie van het zomerbed tot lager dan het minimale bodemniveau benodigd voor de stabiliteit van constructies en kruisende kabels en leidingen.

Zoals uit de morfologische analyse is gebleken treden er binnen het traject van de Meanderde Maas vooral sedimentatie effecten op. De erosie effecten treden vooral op binnen de trajecten rkm 183 – 190 en rkm 191,5 – 192. Deze effecten blijven echter beperkt tot een maximale erosie van 0,5 meter. Er zijn geen problemen voorzien met K&L in het zomerbed. Er ligt een kabel bij kmr 190,8 en 192,5. Bij 190,8 is beperkte erosie zichtbaar. Bij 192,5 is aanzanding zichtbaar. De maximale erosie in zomerbed is dusdanig beperkte van omvang dat er geen invloed is op de stabiliteit van de oeverconstructies.

SES-00098: Het Systeem Meanderende Maas Ravenstein-Lith dient niet te leiden tot meer hinder door baggeren/terugstorten. Nagaan of er extra gebaggerd moet gaan worden of dat effecten geen negatieve invloed hebben op de diepgang.

De rivierverruimende maatregelen van Meanderende Maas zullen onvermijdelijk leiden tot een toename in het baggerbezwaar. Uit de beoordeling van de morfologische effecten op het zomerbed blijkt dat er aanzanding gaat optreden welke op sommige knelpunten tot een verminderde diepgang zal leiden binnen de vaarweg. In het DO zijn een aantal optimalisaties doorgevoerd om deze aanzanding te minimaliseren. De overgebleven aanzanding op deze knelpunten zal gemitigeerd moeten worden d.m.v. baggeren.

4.3.2. Morfologisch effect op winterbed

Ingrepen langs de rivier kunnen ook effect hebben op de sedimentatie en erosie in het winterbed, dit is aspect 3.2 uit RBK 5.0. Het patroon en de hoeveelheid zand dat tijdens een hoogwater sedimenteert kan veranderen. Wat uiteindelijk weer invloed kan hebben op de afvoercapaciteit van de uiterwaard. Sedimentatie vindt meestal plaats in de lagere delen van een uiterwaard (bijvoorbeeld nevengeulen). Maar ook bijvoorbeeld op de oeverwal waar sedimentrijk water de uiterwaarden binnenkomt. Inzicht in de snelheid waarmee de sedimentatie zich voltrekt, is van belang voor de vormgeving van het toekomstige beheer en de hiervoor benodigde onderhoudskosten (baggeren, afgraven).

Erosie in het winterbed kan ertoe leiden dat de stabiliteit van kunstwerken zoals kribben, sluisjes en waterkeringen in gevaar wordt gebracht. Daarnaast kan door erosie van een nevengeul grond tussen de nevengeul en de hoofdgeul eroderen, met als gevolg een kortsluiting tussen de nevengeul en de hoofdgeul. Zo'n kortsluiting is ongewenst. Uitgangspunt is dat het functioneren van dergelijke kunstwerken en waterstaatswerken niet door erosie in gevaar mag komen. Dit betekent ook dat er geen ongewenste zijdelingse verplaatsingen van de nevengeul of plas mogen plaatsvinden richting dit soort werken.

Tenslotte is er binnen de beoordeling van de morfologische effecten op het winterbed ook gekeken naar de effecten op de monding van het Burgemeester Delenkanaal. De maatregelen van Meanderende Maas kunnen de jaarlijkse sedimentatielast laten toenemen.

Sedimentatie winterbed

In het algemeen kan gesteld worden dat door de verruimende en maaiveld verlagende maatregelen de overstromingsfrequentie van de uiterwaarden in het projectgebied zal toenemen. Dit kan in theorie de uitwisseling van water en sediment tussen het zomerbed en het winterbed bevorderen. Waardoor de dynamiek van de uiterwaarden toe zou kunnen gaan nemen. Echter is de Maas een groot deel van het jaar gestuwd waardoor de aanvoer van sediment beperkt blijft. Dit zal ook de uitwisseling van zand naar de uiterwaard sterk beperken.

Voor aanzanding en aanslibbing in geulen zijn de volgende kentallen aangehouden. De waarden zijn generieke waarden o.b.v. deskundigheidsoordeel van gegevens van geulen langs de Rijntakken. Voor

de gestuwde Maas is het zandtransport in het zomerbed zeer gering. De mate van aanzanding zullen daarmee geringer zijn dan de genoemde kentallen.

- Aanzanding vanuit de rivier vindt veelal plaats in een zone van ca 50 m van de instroomrand en is in orde 1 tot 2 dm per jaar. Aanzanding verder op in de geul wordt veelal veroorzaakt door interne verplaatsing van sediment onder invloed van stromingsverschillen of zijdelingse verplaatsing (aanbod sediment).
- Aanslibbing van cohesief materiaal (slibdeeltjes) vindt plaats in de stroomluwe delen van de uiterwaard en is in de orde 1 tot 3 mm per jaar, in strangen is dit hoger, ca 1 à 2 cm per jaar. Onder invloed van stroming bij een jaarlijks hoogwater zal cohesief materiaal ook weer (deels) de geul uitstromen.

De Lelyzones en de uiterwaarden bij Maasbommel zijn de delen van de uiterwaarden die het dichtst bij het zomerbed liggen en daardoor het snelst zullen inunderen. In het DO (en ook al in het VO) is er een maaiveldhoogte van 5,4m+NAP voorzien voor de verschillende oeverzones en delen van de uiterwaard die het dichtst bij het zomerbed liggen (zoals de Lelyzones). Op basis van de betrekkinglijnen van de Maas wordt een waterstand van 5,4m+NAP bereikt bij een afvoer van 1.470 m³/s te Borgharen. Een dergelijke afvoer wordt gemiddeld twee dagen per jaar behaald.

Bij deze afvoer en waterstand zullen de Lelyzones en de geulen die zich daarin bevinden dus beginnen met inunderen. Tijdens het inunderen zullen de uiterwaarddelen in de zone van ca 50 m vanaf het zomerbed relatief het meeste sediment ontvangen. De geulen in de Lelyzones liggen voor het grootste deel verder dan 50 m van het zomerbed af. Voor de Geul MBW geldt dat deze een stuk dichter op het zomerbed ligt (veelal 28 – 40 m). De oeverzones en geulen zullen dus gemiddeld twee dagen per jaar inunderen, met instroom van sediment tot gevolg. Op basis van de kentallen voor de Rijntakken en in ogeschouw nemende dat het sedimenttransport in de Maas veel geringer is, zal de sedimentatie in de Lelyzones en uiterwaarden bij Maasbommel gemiddeld in de orde van enkele cm's per jaar zijn.

Bij hogere waterstanden (die nog minder frequent voorkomen) zullen de oeverzones en geulen daarin daadwerkelijk beginnen mee te stromen met het zomerbed. Dit zal de influx van sediment naar de oeverzones zelf beperken en ervoor zorgen dat het reeds gesedimenteerde materiaal intern verplaatst wordt binnen de Lelyzones en de geulen. Voor een deel zal het sediment ook weer de geulen uitstromen richting het zomerbed of andere uiterwaarden.

De meanderboog DU en de meander in De Waarden zijn gevoelig om te gaan aanslibben. Voor een groot deel liggen deze geulen ver weg van het zomerbed. Deze ligging in combinatie met het ruige karakter van deze delen van de uiterwaarden zorgt ervoor dat ze niet of nauwelijks met het zomerbed zullen mee stromen (ongeacht de waterstand en rivierafvoer). De meander in De Waarden heeft een open verbinding met het zomerbed, waardoor sedimentrijk water vrij gemakkelijk naar binnen kan stromen. De meanderboog in de DU is niet direct verbonden met het zomerbed, maar wel d.m.v. duikers. De aanzanding/aanslibbing in meander De Waarden zal in de orde van enkele mm's tot 1 cm per jaar liggen. De aanzanding in de Meanderboog DU zal waarschijnlijk beperkt blijven tot orde van 1 à 2 mm per jaar.

In het ontwerp is rekening gehouden met het natuurlijk proces van sedimentatie/aanslibbing. De geulen zijn met voldoende waterdiepte ontworpen zodat grootschalig onderhoud niet nodig is binnen een periode van 25 tot 50 jaar. De gemiddelde geuldiepte van de diepere delen van de geulen in de Lelyzone en geul MBW kan in een dergelijke periode met grofweg 0,5 m afnemen. Voor de meander De Waarden is dit geringer en voor Meander DU is dit helemaal gering. Grootse risico voor verminderde waterdiepte in meander DU en de rietmoerassen in de Waarden is ophoging door organisch materiaal als dode plantenresten.

Erosie winterbed

De inrichting van de uiterwaarden in het projectgebied heeft een belangrijke doelstelling voor natuurontwikkeling. Daarmee is er in het ontwerp ruimte voor natuurlijke morfodynamische processen. Voor het Definitief Ontwerp zijn conform de limietwaarden uit Legger Rijkswaterstaatswerken Vlakken van Vrije Ruimte (VVR) opgesteld [8]. Met de VVR wordt aangegeven binnen welk vrijheidsveld een dynamisch object maximaal mag bewegen, zonder dat oevererosie of zijdelingse verplaatsing leidt tot overlast/schade aan belangen/eigendommen van derden of leidt tot functieverlies van het object (bijvoorbeeld door kortsluiting met zomerbed). Met de VVR is inzichtelijk op welke erosiegevoelige locaties erosie ongewenst is. Als er binnen het VVR nauwelijks tot geen ruimte is op een erosiegevoelige plek dan is erosiebescherming ontworpen. In het deelrapport erosie beschermende maatregelen [6] zijn de locaties met oever- en bodembescherming toegelicht.

Sedimentatie en erosie in het Burgemeester Delenkanaal

Het vergroten van de monding van het Burgemeester Delenkanaal en het verlagen van de Lelyzone de Waarden leidt tot meer uitwisseling van sedimenthoudend water richting het kanaal. Hierdoor zal de sedimentatiesnelheid in de monding naar verwachting toenemen met enkele centimeters extra aanslibbing per jaar binnen het rode kader in onderstaand figuur. Let wel, dergelijke analyses hebben een zeer grote onzekerheid, bij morfologische berekeningen/inschattingen dient een onzekerheidsmarge van >200% te worden aangehouden.

Er zijn twee mechanismen die deze extra aanslibbing van enkele cm's veroorzaken:

- 1) De sedimentatie van de monding van het Delenkanaal zal toenemen door aanvoer van sediment vanuit het zomerbed. Dit zal niet of nauwelijks veroorzaakt worden door de mobilisatie van grove deeltjes over de bodem van het zomerbed. Het zal echter voornamelijk worden veroorzaakt doordat de toegenomen neervorming leidt tot het neerslaan van sediment uit de waterkolom.
- 2) Het verlagen van de Lelyzones zal ervoor zorgen dat er meer fijn materiaal in het Delenkanaal terecht komt dan nu het geval is. Het verlagen van de Lelyzone maakt dat deze zone al bij afvoeren van 1500 m³/s gaat meestromen in plaats van 2000 m³/s in de huidige situatie. Dit betekent dat er in de nieuwe situatie enkele dagen per jaar vaker een aanvoerende stroom met zwevend sediment aanwezig zal zijn dwars op het kanaal. Dit sediment zal deels neerslaan in het meest noordelijk deel van het kanaal. Naar schatting zal dit binnen het rode kader leiden tot een extra aanslibbing.

Door scheepvaartbewegingen zal deze aanslibbing verspreid worden richting Maas en richting zuidelijke deel van het kanaal. Door scheepvaart zal de aanslibbingssnelheid lager zijn dan theoretisch bepaald. Meanderende Maas zal geen effect hebben op de aanslibbing van het Delenkanaal tussen de sluis en de Haven Oss, aangezien de sluizen een barrière vormen voor het transport van sediment én Meanderende Maas geen effect heeft op de mate waarin sediment zich door de sluiskolken verplaatst. Ook zal er geen verandering komen in de sluisoperaties, waardoor hier geen effect wordt verwacht.



Figuur 4-21: Deel van Burgemeester Delenkanaal waar sedimentatie met name plaatsvindt

Conclusie: Er is geconcludeerd dat er binnen het ontwerp van de Meanderende Maas verschillende aandachtspunten bestaan met betrekking tot sedimentatie en erosie in het winterbed. In het ontwerp van de geulen en meanders is rekening gehouden met het natuurlijk proces van sedimentatie/aanslibbing. De geulen zijn met voldoende waterdiepte ontworpen zodat grootschalig onderhoud niet nodig is binnen een periode van 25 tot 50 jaar. De gemiddelde geuldiepte van de geulen in de Lelyzones kan in een dergelijke periode met grofweg 0,5 m afnemen. Voor de meander De Waarden is dit geringer (m.u.v. de opening) en voor Meander DU is dit helemaal gering. Grootse risico voor verminderde waterdiepte in meander DU en de rietmoerassen in de Waarden is ophoging door organisch materiaal als dode plantenresten.

De erosie effecten die tot problemen zouden kunnen leiden zijn binnen het DO zoveel mogelijk ondervangen door de geulen vast te leggen en te beschermen tegen erosie op locaties waar het kritisch is. Op plekken waar erosie en verplaatsing van geulen niet direct tot problemen leiden wordt juist de ruimte gegeven aan de geulen om op deze manier zoveel mogelijk de ruimte te geven voor natuurlijke processen.

Verificatie systeemeisen

SES-00099: De beheerskosten voor het baggeren van nevengeulen dient acceptabel te zijn.

De nevengeulen zijn op een robuuste manier ontworpen, zodat aanzanding niet snel tot een afname van natuurlijke functies leidt. Hierdoor is grootschalig onderhoud pas op lange termijn vereist. De geulen zijn met voldoende waterdiepte ontworpen zodat grootschalig onderhoud niet nodig is binnen een periode van 25 tot 50 jaar. De gemiddelde geuldiepte van de geulen in de Lelyzone kan in een dergelijke periode met grofweg 0,5 m afnemen. Voor de meander De Waarden (m.u.v de opening) is dit geringer en voor Meander DU is dit helemaal gering.

5. OPTIMALISATIEPROCES

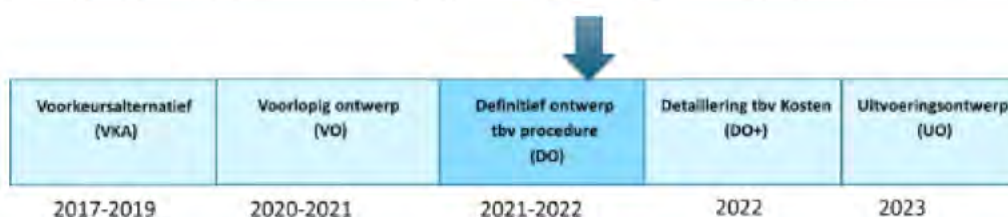
In dit hoofdstuk is een onderbouwing gegeven van de gemaakte ontwerpkeuzes in het doorlopen ontwerpproces. Inzicht in de ontwerpkeuzes is noodzakelijk om de rivierkundige optimalisaties zichtbaar te maken en de nog resterende negatieve rivierkundige effecten te kunnen accepteren. Om de gemaakte ontwerpkeuzes goed te kunnen begrijpen wordt eerst ingegaan op de verschillende projectdoelen van het project. Vervolgens zijn per fase de gemaakte ontwerpkeuzes toegelicht welke significant zijn geweest voor de rivierkundige effecten. In laatste paragraaf is gemotiveerd waarom verdere optimalisatie van de resterende nadelige effecten niet meer mogelijk is in het DO.

5.1. Projectdoel en planvormingsproces

Het project Meanderende Maas richt zich op waterveiligheid en de daaraan gekoppelde kansen voor gebiedsontwikkeling. Het verhogen van de waterveiligheid wordt gerealiseerd door de dijkversterking en door substantiële waterstandsaling door rivierverruiming. De rivierverruiming levert ook een bijdrage aan natuurontwikkeling, het verbeteren van de waterkwaliteit, versterken van de ruimtelijke kwaliteit en het versterken van de vrijetijdseconomie. Rivierverruiming is daardoor voorwaarden-scheppend voor de gebiedsontwikkeling.

Het project Meanderende Maas kent verschillende hoofduitgangspunten:

- Realiseren van de hoogwaterveiligheidsopgave door dijkversterking van traject Ravenstein – Lith. De dijkversterking moet voorzien in een veilige en herkenbare dijk.
- Realiseren van een substantiële waterstandsverlaging door rivierverruiming. Opgave is een waterstandsaling van 14 cm op rivierkilometer 184 bij een afvoer van 4.118 m³/s;
- Realiseren van het NNB, rivier- en moeraslandschap en KRW-waarden. Opgave is het realiseren van een lengte van 9,1 km aan KRW geulen en het realiseren van een gevarieerd rivier- en moeraslandschap met ruimte voor ontwikkeling van oobos;
- Herstel van de oude meanders en verlaging van de uiterwaarden met het oorspronkelijk geomorfologisch landschap als basis;
- De ruimtelijke impact van de nieuwe meanders en de gekanaliseerde Maas dient in evenwicht te blijven;
- Bijdragen aan recreatieve mogelijkheden, beleving, ruimtelijke kwaliteit.



Het ontwerp is opgesteld middels een planvormingsproces bestaande uit verschillende fases. In deze fases zijn gaandeweg keuzes gemaakt en het ontwerp geoptimaliseerd teneinde invulling te geven aan de doelen van het project, kansen te benutten, eisen vanuit stakeholders en omgeving mee te nemen en negatieve effecten te mitigeren. In de verkenningsfase (2017-2020) is gestart met een het opstellen van een integrale gebiedsvisie 'De Meanderende Maas'. Vervolgens zijn vanuit de zes mogelijke alternatieven twee kansrijke alternatieven ontwikkeld. Mede op basis van de integrale beoordeling is een voorkeursalternatief (VKA) samengesteld en vastgesteld door de partners (december 2019). Het VKA is overgenomen als maatregelenpakket tot 2028 in de interprovinciale structuurvisie. In de planuitwerkingsfase (2020-2022) is het VKA stapsgewijs verder uitgewerkt. Als eerste stap is een voorlopig ontwerp (VO) opgesteld in 2020 en momenteel (eind mei 2022) wordt het DO definitief gemaakt.

In de komende paragraaf is een onderbouwing gegeven van de principes rivierverruiming en gebiedsinrichting waar binnen het ontwerp is opgesteld. In de daaropvolgende paragrafen zijn per ontwerpfase de relevante rivierkundige keuzes en optimalisaties toegelicht. Er is toegelicht op basis van welke keuzes invulling is gegeven aan de opgave voor rivierverruiming en invulling van de opgave voor de gebiedsontwikkeling in de uiterwaarden. Het neveneffect van rivierverruiming is dat er morfologische effecten optreden in het zomerbed. De optimalisaties voor morfologie zijn integraal meegenomen in het proces en niet achteraf toegevoegd. Per ontwerpfase is aangegeven wat er gedaan is om deze morfologische effecten te reduceren. Hierbij is altijd integraal gekeken; behalen van de doelstellingen op hoogwaterveiligheid, behalen van doelen voor KRW en behalen van doelen op natuurontwikkeling (NNB, PAGW) en reduceren negatieve effecten op morfologie, scheepvaart en ecologie.

5.2. Principes rivierverruiming en gebiedsinrichting

Er zijn enkele belangrijke voorwaarden die leidend zijn geweest bij het tot stand komen van het ontwerp van de rivierverruiming en gebiedsontwikkeling in de uiterwaarden.

De waterstandsdeling van 14 cm moet behaald worden door rivierverruiming binnen de projecten Demen-Dieden (eventueel met De Lymen), Oeverzone Diedensche Uiterdijk en het project Meanderende Maas. De projecten Demen-Dieden en Oeverzone Diedensche Uiterdijk zijn reeds vergunde projecten in realisatie. Deze projecten zorgen voor ongeveer de helft van de benodigde waterstandsdeling. De andere helft moet door rivierverruiming in het projectgebied van Meanderende Maas ingevuld worden. Deze gebieden liggen verder benedenstrooms en zijn daarmee naar mate ze verder benedenstrooms liggen minder effectief in het behalen van waterstandsdeling op rkm 184.

De waterstandsdeling kan voornamelijk behaald worden door de stroomvoerende delen te verruimen. Dit zijn de Lelyzones, Ossekamp en de uiterwaard bij Maasbommel aan de Gelderse zijde. Verruiming in de stromingsluwe delen is weinig effectief. De stromingsluwe delen (het zuidelijke deel van De Waarden en grootste deel van de Diedensche Uiterdijk) kunnen benut worden voor de invulling van de natuur- en waterkwaliteitsdoelen middels herstel van de historische meanderbogen, kronkelwaarden en de ontwikkeling van een gevarieerd rivier- en moeraslandschap met ruimte voor ooi- en bosontwikkeling.

Bij Maasbommel en Ossekamp wordt de breedte van het totale rivierbed smaller tot slechts 500 m, terwijl deze in rest van projectgebied meer dan 1,5 km breed is. Rivierverruiming bij Maasbommel en Ossekamp is ondanks de grote afstand (ca 10 km) tot rkm 184 nog steeds een effectieve manier voor een substantiële bijdrage aan de waterstandsdeling. Ook het creëren van een instroomdrempel richting de Gouden Ham is een effectieve maatregel.

Het projectgebied Meanderende Maas kent veel locaties met een hoge archeologische of aardkundige waarde. Deze waarden geven beperkingen aan het ontgrondingsniveau van bepaalde locaties.

Op sommige locaties van het dijktracé is buitenwaartse herprofilering van de dijk onvermijdelijk. De verschuiving van de buitenkruin varieert tussen de 5 m en 10 m. De buitenwaartse herprofileringen en buitenwaartse bermen leveren een reductie van de waterstandsdeling welke elders in projectgebied gecompenseerd moeten worden middels rivierverruiming. Het project integraal (Dijk en Rivier) aan de waterstandsdoelstelling van 14 cm te voldoen.

5.3. Optimalisaties alternatieven van VKA naar VO

In de verkenningsfase [9] zijn op basis van zes mogelijke alternatieven, twee kansrijke alternatieven gedefinieerd. Middels een afweging tussen doelbereik, bijdrage waterstandsdeling, kosten en haalbaarheid, is uit de twee alternatieven een VKA samengesteld. De twee alternatieven behaalden beide de waterstandsdeling maar leiden ook tot grote aanzanding in het zomerbed en nadelige dwarsstroming vanwege de aangetakte geulen. In de samenstelling van het VKA zijn deze nadelige

effecten gereduceerd. Consequentie is wel dat de rivierverruimende maatregelen per deelgebied minder waterstandsaling geven, hetgeen het noodzakelijk maakt om in elk deelgebied een ingreep te doen; ook aan de Gelderse zijde bij Maasbommel. Bij het samenstellen van VKA [9] is er besloten om:

- Zomerbedverdieping als een niet reële maatregel te beschouwen;
- De Geul Appeltern-Maasbommel op te nemen in het VKA gezien de grote bijdrage aan de waterstandsaling tegen (in verhouding) geringe kosten;
- Het verlagen van de Lelyzone in Ossekamp en De Waarden een zeer effectieve maatregel is voor waterstandsaling;
- Het herstellen van de meanders van de oude Maasloop op te nemen omdat deze een grote bijdrage leveren aan de ruimtelijke kwaliteit, natuur, KRW en recreatie, nauwelijks aan de waterstandsaling;
- De Lymen, Oijensche Middenwaard en de Schans geen onderdeel uit te laten maken van het VKA aangezien deze slechts een kleine bijdrage leveren aan de gestelde projectdoelen.

Het VKA [9] bevatte (in hoofdzaak) de volgende maatregelen binnen projectgebied Meanderende Maas:

- Lelyzone Ossekamp: Maaiveldverlaging en aanleg 2 geïsoleerde en 1 aangetakte KRW geul. De bestaande KRW geul wordt gedempt;
- Lelyzone de Waarden: Maaiveldverlaging en aanleg 2 geïsoleerde geulen + verlagen veerweg.
- Meander de Waarden: Terugbrengen historische meander in De Waarden, tweezijdig aangetakt op Maas en Burg. Delenkanaal, bevaarbaar voor recreatievaart
- Diedensche Uiterdijk: Maaiveldverlaging Lelyzone en herstel historische meander met ontwikkeling van rietmoeras en oobos.
- Maasbommel: Weerdverlaging bij Maasbommel Oost en West, realiseren van 1,5 km eenzijdig aangetakte KRW geul en het verwijderen van de veerweg Maasbommel.
- Appeltern: realiseren directe verbinding (doorsteek) middels geul en brug tussen Appeltern en Gouden Ham
- Monding burg: Delenkanaal: Aanpassen kanaalmond ter verbetering nautische veiligheid

In de ontwerpfase van het VKA naar het VO [10] [11] zijn de volgende ontwerpwijzigingen doorgevoerd:

- Geen open verbinding naar de Gouden Ham bij Appeltern. In plaats hiervan wordt de drempel bij Appeltern verlaagd en bomen verwijderd. Als compensatie voor verlies aan waterstandsaling wordt ook de Lelyzone bij Megen verlaagd. Met deze aanpassing is aanzandingsvolume zomerbed gereduceerd en neemt de piek in dwarsstroming bij uitstroomopening Gouden ham bij Maasbommel af.
- De veerweg bij Maasbommel en de Waarden blijft behouden en op hoogte. De verlaging van de veerweg blijft achterwege. Dit reduceert de aanzandingslocatie bij de monding naar de Gouden Ham (rkm 192,5) maar zorgt voor verhoging van de dwarsstroming (t.o.v. VKA) ;
- Opnemen van de zelfrealisatiegebieden Meander Ossekamp en Eiland De Waarden binnen het VO. Hiermee wordt invulling gegeven aan de PAGW doelen voor natuurontwikkeling.
- Aanpassen profiel van geul Maasbommel t.b.v. KRW. Het profiel van de geul is aangepast zodat deze KRW waardig is, dit kost 0,5 cm waterstandsaling. Het morfologisch effect van de geul is hiermee gereduceerd t.o.v. het VKA.
- Behouden van de huidige KRW geul bij Ossekamp. Dit ter behoud van de bestaande KRW-waarden en de bijdrage aan de waterstandsaling. In het VKA werd deze geul gedempt. Het behouden van deze geul heeft een negatief effect op het aanzandingsvolume in het zomerbed.

5.4. Optimalisaties van VO naar DO

In de ontwerpfase van het VO naar het DO zijn de volgende optimalisaties doorgevoerd die de negatieve morfologische effecten verminderen:

- Verruigen vegetatiebeeld De Waarden, mate van meestromen van de uiterwaard reduceert en doelbereik KRW en natuurontwikkeling is gemaximaliseerd;



- Verruigen vegetatiebeeld Diedensche Uiterdijk, mate van meestromen van de uiterwaard reduceert en doelbereik KRW en natuurontwikkeling is gemaximaliseerd;
- Meander de Waarden is ingericht als eenzijdig aangetakte geul. De verbinding bij het Burg. Delenkanaal vervalt. De KRW waarde van de geul blijft gelijk, morfologisch effect wordt beperkt;
- Oeverzones rond de KRW geulen in de Lelyzones Ossekamp, De Waarden en Maasbommel op grotere afstand uit zomerbed. Hiermee wordt voldaan aan de eisen van RWS team Uiterwaarden voor stabiele oevers tussen zomerbed en de KRW-geulen. De geulen in de Lelyzone en bij Maasbommel zijn hiermee smaller geworden dan in het VO, dit is gecompenseerd middels aanpassing van de bodemligging.
- Geen maaiveldverlaging op landtong tussen de huidige KRW geul Ossekamp en het zomerbed. In VO was voorzien om de landtong te verlagen met ca 1 à 1,5 m.
- Minder maaiveldverlaging Lelyzone Diedensche Uiterdijk. In het VO was een maaiveldverlaging naar NAP+5,4 m voorzien, dit is aangepast naar NAP+6,7 m.
- Minder maaiveldverlaging bij camperterrein Maasbommel Oost. In het VO was een maaiveldverlaging naar NAP+5,4 m voorzien, dit is aangepast naar NAP+5,7 m.

Met deze optimalisaties is bereikt dat het baggerbezwaar bij drempel Appeltern (locatie 1, par 4.3.1) bijna geheel terug is gebracht naar nul. Bij de Waarden (locatie 2) neemt het baggerbezwaar licht toe met 7% t.o.v. het VO en bij geul Maasbommel neemt het baggerbezwaar toe met ca. 40% t.o.v. het VO. Het verlengen en verdiepen van de KRW geul Maasbommel West met doel de verwerving van een particulier perceel te voorkomen heeft gezorgd dat hier geen optimalisatie is behaald. Door de landtong bij Ossekamp niet te verlagen is hier het negatieve effect nog enigszins beperkt gehouden.

Diverse optimalisaties zijn uitgevoerd rond de uitstroomopening van de geul MBW met als doel benedenstroomse opstuwingspiek langs de bandijk te verlagen. Het DO is geoptimaliseerd qua beheer en onderhoud. Er is beheerruimte toegevoegd aan de bodemligging van de meanders en geulen. Hiermee is er ruimte voor aanslibbing en aanzanding en is groot (bagger)onderhoud niet te verwachten de eerste 50 jaar. Ook is voorzien in enige ruigte langs de geulen, waarmee beheerder niet direct hoeft te maaien bij aangroei van ruigte langs de geulen.

Het ontwerp van de dijkversterking is verder uitgewerkt van VO naar DO. Dit heeft geleid tot buitenwaartse herprofileringen op enkele tracés, welke bij elkaar een licht opstuwende effect hebben. Dit effect is opgevangen binnen het rivierontwerp. Het project leidt integraal (Rivier en Dijk) tot de vereiste waterstandsaling van 14 cm.

Met deze doorgevoerde optimalisaties in het DO is geconcludeerd dat:

- De vereiste waterstandsaling van 14 cm wordt behaald.
- het baggervolume met 20% gereduceerd t.o.v. het VO. Het jaarlijkse extra baggervolume bij het DO bedraagt 10.753 m³. Dit effect is beperkt ten opzichte van de huidige situatie, waar reeds een baggeropgave is omdat de vaarweg niet op de normatieve diepte is in de binnenbochten. Er zijn grote onzekerheden in de bovengenoemde absolute getallen vanwege de onzekerheden in de sedimenttoevoer in de Maas, in de grootte van de sedimentdeeltjes en vanwege het feit dat de Maas gestuwd is.
- de dwarsstromingseffecten aan de rand van het zomerbed bij een normaal hoogwater hebben geen negatieve gevolgen voor de navigatie van scheepvaart.
- de opstuwing benedenstrooms langs de bandijk is afgenomen van 5,2 naar 3,8 cm aan Gelderse zijde.

5.5. Optimalisaties ten behoeve van duurzaamheid en uitvoerbaarheid

Een belangrijk element in dit project is het zo hoogwaardig mogelijk verwerken en afzetten van de vrijkomende grond, en het voorkomen van onbruikbare reststromen die vaak over grote afstanden vervoerd moeten worden, met CO₂ en stikstofuitstoot tot gevolg. In het ontwerp bleek er ruimte om binnen de marges van de projectdoelen meer grond binnen Diedensche Uiterdijk deel C te verwerken.

In het DO is op de volgende locaties binnen de scope van Het Werk nog de volgende flexibiliteit aanwezig in de eindhoogte van het maaiveld:

- Ruimte is aanwezig in de gebieden met voorziene bosontwikkeling in het komgebied in de Diedensche Uiterdijk. De streefhoogte in dit gebied is een maaiveldhoogte van ca. NAP+ 5,6 m. In deze gebieden kan de eindhoogte variëren tussen NAP+ 5,6 m tot ca. 7,5 m zonder dat dit een effect heeft op het vegetatiebeeld of de rivierkundige effecten. Voorwaarde is wel dat het afwerkingsniveau nooit hoger is dan het oorspronkelijke reliëf. Dit om geen onnatuurlijke hoge oeverwallen te creëren en om negatieve effecten op de waterstandsdoelstelling te voorkomen.
- De bodem van de geulen heeft vanwege de waterkwaliteit bij voorkeur een zandige bodem (SES-111)². Anderzijds geldt vanuit dijkveiligheid dat er onder de bodem van de geul en het rietmoeras tenminste 1 meter kleidikte resteert. Er is in de geulbodem dus nog ruimte om, in geval van meer dan 1,5 m kleidikte, een 0,5 m zand aan te brengen op de geulbodem. In geval van minder dan 1,5 m kleidikte, zal het aanbrengen van 0,5 m zand betekenen dat er onvoldoende kleidikte achter blijft;
- De locatie van de refugia (diepere verblijfplaats voor vis) in de geulen mag wijzigen. Uit bodemonderzoek kan blijken dat er juist ter plaatse van deze diepere locaties onvoldoende kleidikte resteert. De locatie van de refugia kan dan gewijzigd worden naar een locatie in de geul waar deze kleidikte wel aanwezig is. Op basis van de huidige kennis van de ondergrond zijn in het DO de refugia op de geschikte locaties ontworpen, nieuwe inzichten kunnen dit doen wijzigen.

Er is rivierkundig beoordeeld of de flexibiliteit in het middendeel van de Diedensche Uiterdijk deel C (1^e bullet) leidt tot andere rivierkundige effecten. Dit is niet het geval. Vanwege de hoge ligging van de Rulstraat (> NAP +7,5m) stroomt dit gebied niet mee bij omstandigheden (inundatiefrequentie van ca 1/10 jaar) die van belang zijn voor dwarsstromen en morfologie. Bij extreem hoog water stroomt het gebied wel mee. Er is beoordeeld of een ophoging van maaiveld tot voornoemde maximale marges invloed heeft op de waterstandsdeling. Het benutten van de hogere afwerking bleek enkel een gering opstuwend effect (ca. 1 mm) te hebben ter plaatse van rivierkilometer 184. Doordat op dit gebied ooibosontwikkeling is voorzien (en de afgeschermd ligging achter de Rulstraat) is de mate van meestromen van dit gebied bij extreem hoogwater gering. De geboden flexibiliteit in de afwerkhoogte op dit deel van de Diedensche Uiterdijk heeft dus geen rivierkundige impact. In de berekening van de bestuurlijke taakstelling is rekening gehouden met de hoge opleverhoogte (NAP+7,5 m).

5.6. Motivatie resterende effecten

Er blijft in het DO, ondanks de optimalisaties op het VO, nog een nadelig effect op de aanzandingsvolumes in het zomerbed over. Er is in het DO echter geen ruimte meer over om deze effecten verder te reduceren. Om de aanzanding bij de waarden en Maasbommel nog te reduceren zal de lengte KRW geul of de maaiveldverlaging van de Lelyzone moeten worden beperkt, er is echter binnen het projectgebied geen locatie meer waar het verlies aan waterstandsdeling en KRW lengte op effectieve wijze opgevangen kan worden. In de meer bovenstroomse Lelyzones zijn er beperkingen vanuit de dijkstabiliteit (Lelyzone Megen) of vanuit archeologie (Lelyzone Diedensche Uiterdijk) waardoor hier beperkingen zijn voor verdere maaiveldverlaging. Daarmee blijven de maatregelen in de

² In deze eis is een laagdikte van 1,0 m zand genoemd. Tijdens afstemming met RWS KRW-team is genoemd dat een laagdikte van tenminste 0,5 m ook voldoet aan doel van deze eis.

meer benedenstrooms gelegen Lelyzones Ossekamp, De Waarden en Maasbommel essentieel voor het behalen van de waterstandsdeling en lengte KRW geulen.

Vanwege de resterende risico's op archeologie is er geen ruimte om het ontwerp verder te optimaliseren op de negatieve morfologische effecten. Er zijn nog diverse gebieden waar het risico groot is op het aantreffen van archeologische waarden. Het inpassen van deze locaties zal de bereikte waterstandsdeling verder onder druk zetten. Reductie van de morfologische effecten door bijvoorbeeld het verminderen van de maaiveldverlaging (dus hoger laten liggen oevers langs de geulen in de Lelyzone) is niet meer mogelijk zonder impact op de behaalde waterstandsdeling.

Omdat de natuurontwikkeling zich bevindt binnen het meer stromingsluwe deel van de uiterwaarden, zal een reductie in behaalde doelbereik op natuurontwikkeling geen ruimte scheppen om nog morfologische optimalisaties te kunnen doorvoeren.

Onze conclusie is dat met het DO een optimale invulling gevonden is van de gebiedsinrichting rekening houdend met de hoofddoelen, het reduceren van nadelige effecten op ecologie, geohydrologie en rivierkunde, het inpassen van eisen vanuit de omgeving en het scheppen van de ruimte voor het kunnen optimaliseren van het dijkontwerp.

Er wordt met het DO 90 ha hardhoutooibos en 47 ha rietmoeras ontwikkeld en 9,5 km aan KRW geulen gerealiseerd. De geomorfologische, aardkundige, cultuurhistorische en archeologische waarden zijn ingepast en versterkt in het DO. Ook is voorzien in recreatieve voorzieningen en routenetwerken die het gebied op aantrekkelijke wijze beleefbaar maken. Dit alles is ingepast binnen de randvoorwaarden van het behalen van de waterstandsdoelstelling, het reduceren van de morfologische effecten in het zomerbed, het mitigeren en compenseren van ecologische of hydrologische effecten. Tevens is binnen het DO voldoende rivierkundige ruimte gecreëerd om de optimalisatie binnen het dijkontwerp mogelijk te maken, zodat negatieve effecten voor de omgeving (woningen langs de dijk en monumentale bomen op de dijk) kunnen worden voorkomen en de kosten voor het dijkontwerp significant verlaagd kunnen worden (minder lengte damwand).

6. CONCLUSIE EFFECTEN EINDBEELD DO

Dit hoofdstuk geeft een samenvatting van de conclusies per beoordeeld aspect voor het eindbeeld DO. De effecten zijn de effecten van de ingrepen in de deelgebieden die onderdeel uit maken van het Werk en de deelgebieden in zelfrealisatie (zie par 1.4).

Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Effect van de ingreep	Voldoet ja/nee
1.1	Hoogwaterreferentie in de as van de rivier	Stroomvoerend: geen waterstandsverhoging op de as van de rivier bij de afvoer uit de hoogwaterreferentie (waterstandsverhoging < 1 mm)	Waterstanddaling DO levert het benodigde aandeel voor behalen van de bestuurlijk afgesproken taakstelling. Waterstandsverhoging > 1 mm Aan alle drie voorwaarden 'zaagtand' methode is voldaan.	Ja
1.2	Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier	Geen waterstandverhoging langs de hoge grondenlijn of primaire waterkering bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.	Opstuwning aan Gelderse kering is na optimalisatie afgenomen van 52 mm (VO) tot 38 mm (DO). Dit is acceptabel. Opstuwning aan Brabantse kering is 30 mm. Dit wordt opgevangen binnen de dijkversterking van dit project.	Ja
1.3	Ijsafvoer	Een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven	Er worden geen nadelige effecten op de ijsafvoer verwacht.	Ja
2.1	Waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard	Verandering waterstanden en/of inundatiefrequentie bij Maas afvoeren te Borgharen van 1.230, 1.500, 2.000 en 2.300 m ³ /s.	In de meeste gebieden vinden geen ongewenste wijzigingen van de inundatiefrequenties plaats. Aandachtspunt is veerstoep Maasbommel.	Ja
2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	Verandering grootte en richting stroomsnelheden bij Maas afvoeren te Borgharen van 4.118 m ³ /s.	De stromings-dynamiek neemt toe, met name in de lelyzones en in mindere mate in de meanderbogen. Dit past bij de natuurlijke inrichting. Bodem- en oeverbescherming voorkomen negatieve effecten.	Ja
2.3	Stroombeeld in vaarweg bij de aan- en aftakking van nevengeul	Bij afvoer nevengeul < 50 m ³ /s: dwarsstroming vaarweg ≤ 0,3 m/s; Bij afvoer nevengeul > 50 m ³ /s: dwarsstroming vaarweg ≤ 0,15 m/s.	De dwarsstromingseffecten aan de rand van het zomerbed hebben geen negatieve gevolgen voor de navigatie van scheepvaart.	Ja
2.4	Instroom retentiegebieden Maas	Verandering waterstand ter hoogte van inlaat retentiegebieden Maas, waaronder Lateraalkanaal-West en Lob van Gennep	De instroomeffecten ter hoogte van de inlaat van retentiegebieden is minimaal.	Ja

Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Effect van de ingreep	Voldoet ja/nee
3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers): 1. door ingrepen zomerbed 2. door ingrepen winterbed	<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. <u>In het algemeen:</u> Beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten en behouden veiligheid scheepvaartverkeer.	Er treden geen noemenswaardige erosie effecten op. Er treden wel aanzandingseffecten op waardoor het baggerbezwaar toe zal nemen. Door optimalisatie is baggerbezwaar 20% afgenomen t.o.v. VO. Baggeractiviteiten zullen naar verwachting niet vaker dan eens per 10 jaar nodig zijn.	Ja
3.2	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen: 1. sedimentatie winterbed 2. erosie winterbed	<u>Bij sedimentatie:</u> Beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten. <u>Bij erosie:</u> Geen bodemerosie langs waterkering; stroomsnelheid nevengeul bankfull < 0,3 m/s; geen bodemerosie langs waterkering.	De meanders en geulen zijn zo ontworpen dat binnen 25 tot 50 jaar de beoogde functionaliteit niet verloren gaat door sedimentatie. Tot die tijd is grootschalig onderhoud niet nodig. Eventuele erosie effecten zijn ondervangen door geulen vast te leggen op locaties waar dat tot problemen kan leiden. Op plekken waar erosie en verplaatsing van geulen niet direct tot problemen leiden wordt ruimte gegeven voor natuurlijke processen.	Ja

7. RIVIERKUNDIGE BEOORDELING TUSSENTIJDSE SITUATIE (ALLEEN HET WERK)

In dit hoofdstuk zijn de rivierkundige effecten van de tussentijdse situatie beoordeeld. Omdat nog onbekend is op welke termijn de realisatie van de deelgebieden in zelfrealisatie zal plaatsvinden, moeten ook de rivierkundig effecten van de tussentijdse situatie voldoen aan de normen van het RBK. In de tussentijdse situatie is alleen 'Het Werk' uitgevoerd en de werkzaamheden binnen de zelfrealisatie deelgebieden nog niet. Deze deelgebieden betreffen voornamelijk de diepe uiterwaarden van Ossekamp, De Waarden en de Diedensche Uiterdijk. Het enige deelgebied binnen de tussentijdse situatie dat grenst aan het zomerbed is Diedensche Uiterdijk deel A. Zie par 1.4 voor nader toelichting van Het werk en Zelfrealisatie.

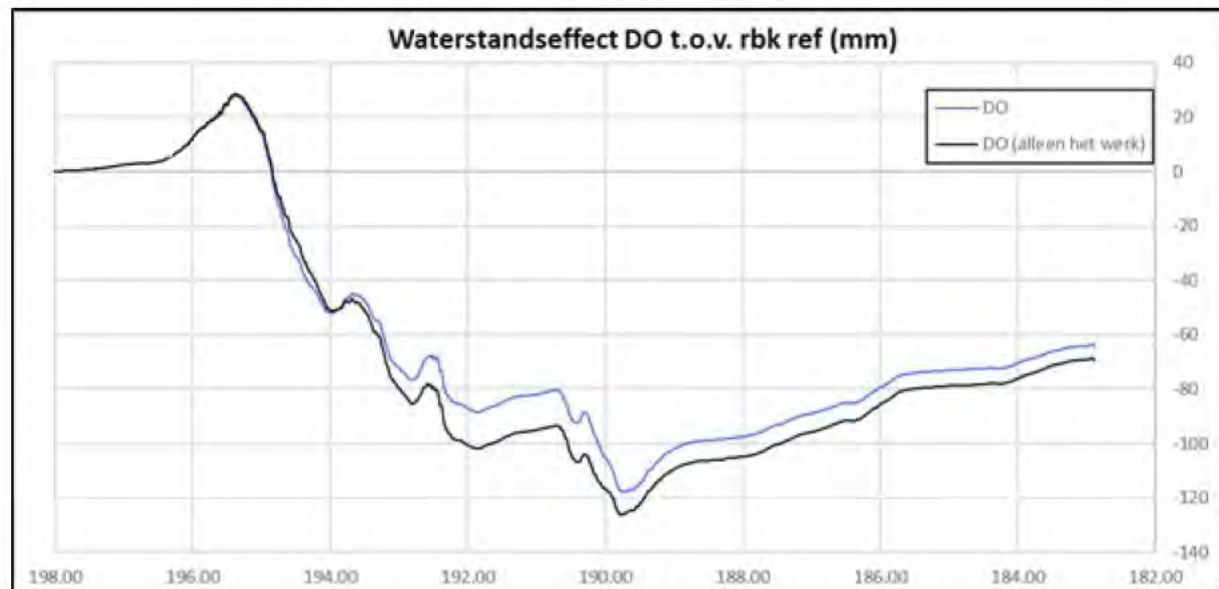
Doordat de meeste verschillen tussen het volledige DO en de tussentijdse situatie zich in de diepere uiterwaarden bevinden is de impact van de tussentijdse situatie op de rivierkundige beoordeling van het gehele DO gering. De individuele aspecten worden hieronder individueel benoemd.

7.1. Hoogwaterveiligheid

7.1.1. Waterstandseffect op de as van de rivier & bergend vermogen

In het DO is over een groot traject (ca. 45 km) een significante waterstandsval gerealiseerd (rkm 150 – 195). De maximale waterstandsval is 11,8 cm en treedt op rond rkm 189,7. Benedenstrooms van het projectgebied treedt binnen het DO een opstuwing op met een maximale piek van 2,7 cm. Deze maximale opstuwingspiek treedt op ter hoogte van rivierkilometer 195,4.

In de tussentijdse situatie neemt de maximale waterstandsval toe tot 12,6 cm. Terwijl de benedenstroomse opstuwing gelijk blijft. Hierdoor neemt de netto waterstandsverlaging in de tussentijdse situatie dus toe ten opzichte van het eindbeeld van het DO.



Figuur 7-1: Waterstandsverschil t.o.v. de referentie op de as van de rivier bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen.

Conclusie: De conclusie uit paragraaf 4.1.1 blijft gelden. Met als aanvulling dat de netto waterstandsverlaging in de tussentijdse situatie toeneemt terwijl de benedenstroomse opstuwing gelijk blijft. Hierdoor is het toepassen van de 'zaagtand' methode nog beter te verantwoorden. De tussentijdse

situatie geeft meer waterstandsvaling dan het eindbeeld DO. De gebieden in zelfrealisatie geven door de bosontwikkeling en natuurontwikkeling (landbouw naar ruigere graslanden) enige opstuwing. Hiermee is er ook zekerheid dat de tussentijdse situatie van project Meanderende Maas voldoet aan de bestuurlijk afgesproken waterstandsvaling van 14 cm op rkm 184 (inclusief Demen-Dieden en Oeverzone Diedensche Uiterdijk).

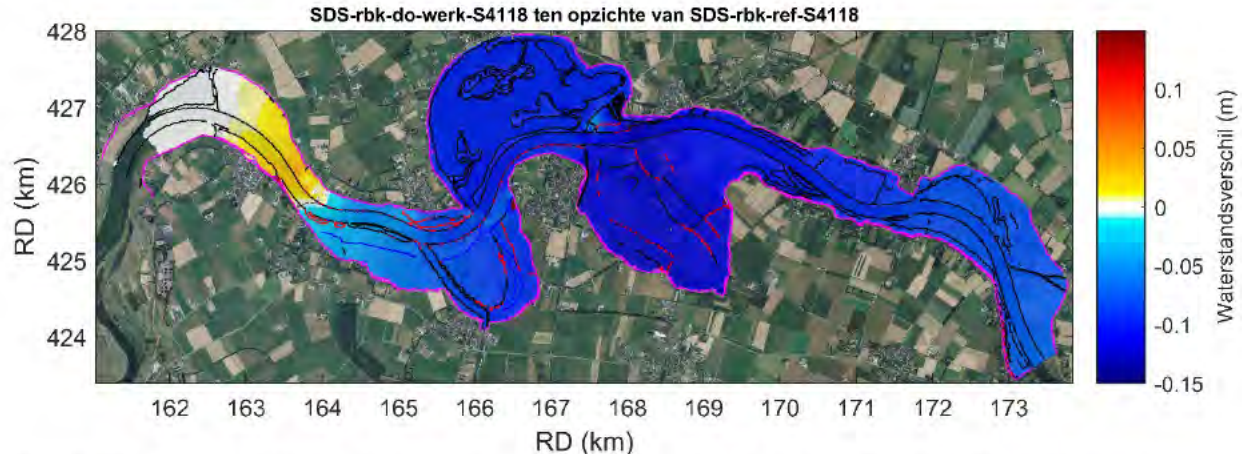
7.1.2. Waterstandseffect buiten de as van de rivier

Het waterstandseffect buiten de as van de rivier is voor de tussentijdse situatie niet anders dan voor het volledige DO. Op het traject rkm 150 – 195 wordt waterstandsvaling gerealiseerd en benedenstrooms op het traject rkm 195 – 196 vindt opstuwing plaats. Zie figuur 7-2 voor een 2D beeld van het waterstandsverschil tussen de tussentijdse situatie en de referentiesituatie en Tabel 7-1 voor de stuwingeffecten aan de bandijk tijdens de tussentijdse situatie.

Tabel 7-1: Stuwingeffect aan bandijk

	Opstuwing VO	Opstuwing eindbeeld DO	Opstuwing DO (tussentijdse situatie)
Gelderse zijde	52 mm	38 mm	38 mm
Brabantse zijde	30 mm	30 mm	30 mm

Ook tijdens de tussentijdse situatie worden er nergens schadelijke waterstandsverhoging voor derden veroorzaakt. De opstuwende effecten die binnen het volledige DO langs de bandijken plaatsvinden veranderen binnen de tussentijdse situatie niet.



Figuur 7-2: Waterstandsverschil tussen het DO (alleen het werk) en de referentiesituatie in 2D bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen.

Conclusie: Er is geconcludeerd dat de waterstandseffecten buiten de as van de rivier die voor het eindbeeld DO zijn berekend niet veranderen voor de tussentijdse situatie. De conclusie uit paragraaf 4.1.2 blijft gelden.

7.1.3. Effect op ijsafvoer

Voor een goede geleiding van ijs zijn de volgende ontwerpprincipes van toepassing:

- Verander lokaal de normaalbreedte van de rivier niet. Lokale versmallingen kunnen de ijsafvoer blokkeren;
- Laat de gestrekte oevers in stand, met name in het splitsingspuntengebied;

- Voorkom dat grote stukken ijs massaal vanuit de nevengeul in de hoofdgeul kunnen stromen en op die manier blokkades gaan vormen;
- Voorkom de vorming van ondieptes in het zomerbed.

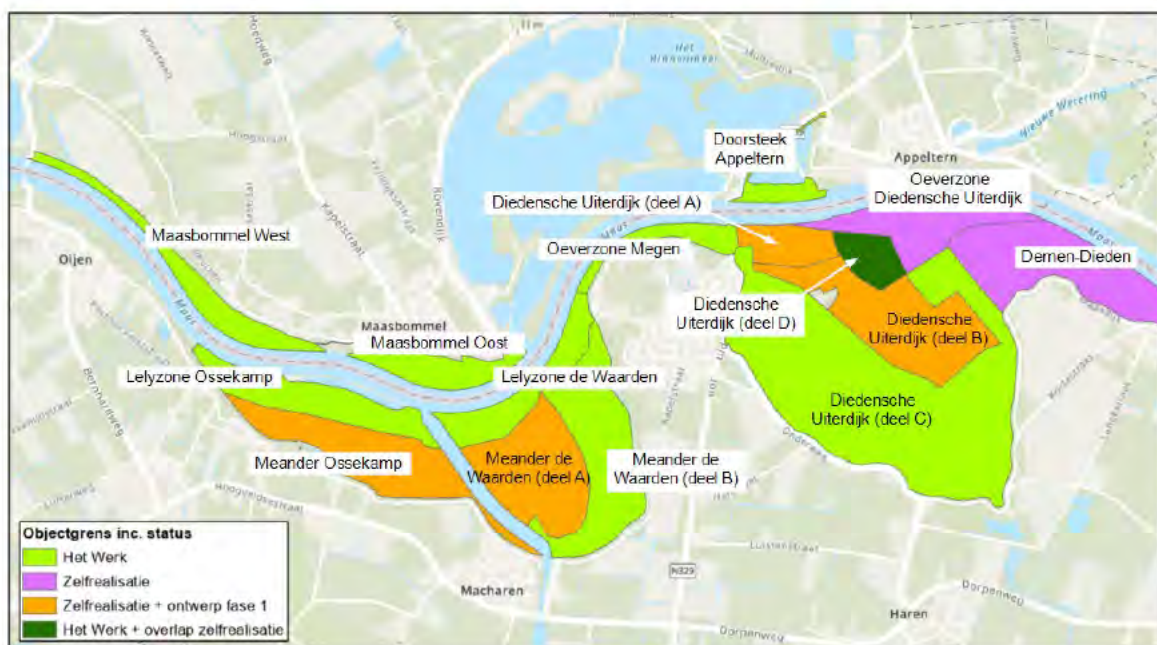
Tussen het volledige DO en de tussentijdse situatie zitten geen verschillen die invloed hebben op bovengenoemde ontwerpprincipes. Doordat de verschillen tussen het volledige DO en de tussentijdse situatie zich voornamelijk in de diepere uiterwaarden bevinden heeft de tussentijdse situatie geen wijzigingen aan de normaalbreedte van de rivier, de oevers of nevengeulen tot gevolg. Hierdoor wijzigt het effect op de ijsafvoer binnen de tussentijdse situatie niet.

Conclusie: de tussentijdse situatie heeft geen nadelige effecten op de ijsafvoer op dit traject van de Maas. Langs de oevers van de Maas zijn de maatregelen gelijk aan het eindbeeld (m.u.v. geringe maaiveldverlaging bij DU deel A). Hierdoor blijft de conclusie over ijsgang uit paragraaf 4.1.3 gelden voor de tussentijdse situatie.

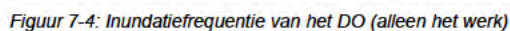
7.2. Hinder of schade door hydraulische effecten

7.2.1. Effect op inundatiefrequentie

Tijdens de tussentijdse situatie wordt binnen de deelgebieden van de Zelfrealisatie (hieronder in Figuur 7-3 aangegeven met oranje) het maaiveld nog niet verlaagd. De maaiveldhoogte blijft in de zelfrealisatie deelgebieden dus gelijk aan de referentie situatie. Hierdoor ligt het maaiveld in deze gebieden niet op 5,4 m +NAP (zoals in het DO), maar op de huidige hoogte. De huidige hoogte varieert binnen de verschillende deelgebieden tussen 6,0 en 7,5 m + NAP. Door de hogere ligging van de huidige situatie zullen de zelfrealisatie deelgebieden dus minder frequent inunderen, zie Figuur 7-4.

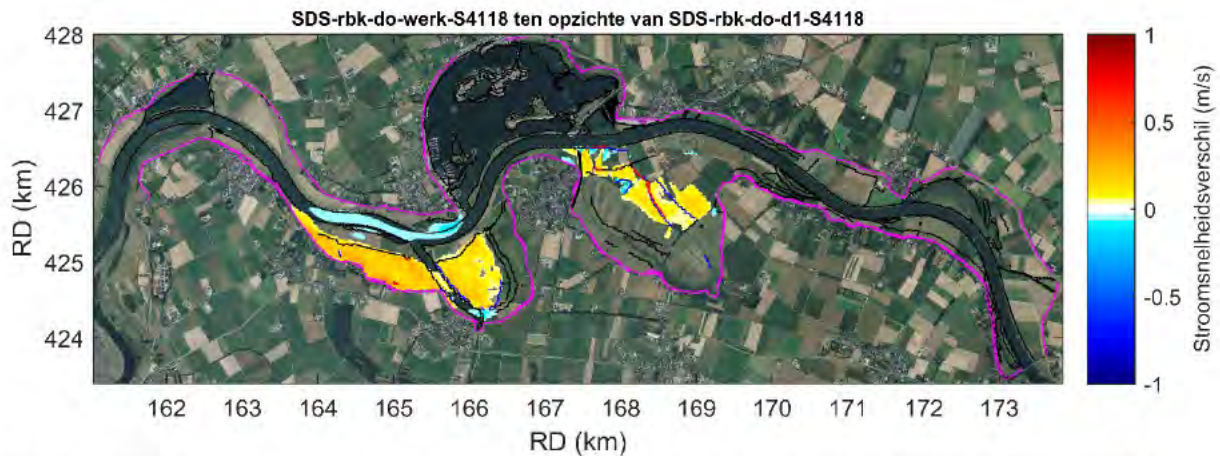


Figuur 7-3: Overzicht van deelgebieden ontwerp Rivier



7.2.2. Effect op stroombeeld in de uiterwaard

Figuur 7-5: Absolute stroomsnelheid (m/s) van de tussentijdse situatie DO (alleen het werk) in 2D bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen.



Figuur 7-6: Verskil in stroomsnelheid (m/s) tussen de tussentijdse situatie DO (alleen het werk) en DO in 2D bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen

Het stroombeeld in de uiterwaarden blijft in de tussentijdse situatie grotendeels gelijk aan het volledige DO. Uit het stroomsnelheidsverschilfiguur (Figuur 7-6) blijkt dat er binnen de deelgebieden die in de tussentijdse situatie nog niet opnieuw ingericht zijn kleine verschillen ontstaan. In deze deelgebieden blijft de referentie in stand. Hierdoor veranderen er grofweg twee zaken: (1) het maaiveld in deze deelgebieden wordt niet afgegraven en (2) de vegetatie in deze deelgebieden blijft gras en akker. Gras en akker is gladder dan de mengklasse 90/10 die in het volledige DO in deze deelgebieden voorzien is. Samen hebben deze twee veranderingen tot gevolg dat de stroomsnelheid in deze deelgebieden met ongeveer 0,15 m/s toeneemt. Dit heeft tot gevolg dat de stroomsnelheid in het zomerbed en de Lelyzones ter hoogte van De Waarden en Ossekamp met grofweg 0,05 m/s afneemt.

Bij een afvoer van 4.118 m³/s ontstaan er op meerdere locaties stroomsnelheden die kunnen resulteren in erosie langs kades, oevers of andere objecten. De aandachtslocaties die in Figuur 4-6 binnen paragraaf 4.2.2 zijn geïdentificeerd, zijn op basis van de tussentijdse situatie nogmaals geanalyseerd. Figuur 7-7 toont de hogere stroomsnelheden (>0,8 m/s) in de tussentijdse situatie tijdens een afvoer van 4.118 m³/s. Vergelijking met figuur 4-5 toont een afname van de maximale stroomsnelheden en een afname van het gebied waar deze maximale stroomsnelheden plaatsvinden in de tussentijdse fase vergeleken met het eindbeeld DO. Hieruit is geconcludeerd dat de maatgevende stroomsnelheden plaats vinden tijdens de situatie van eindbeeld DO. Voor het ontwerp van de erosiebeschermende maatregelen is dus de stroming bij eindbeeld DO toegepast. Het ontwerp van erosiebeschermende maatregelen is daarom niet aangepast aan omstandigheden die tijdens de tussentijdse situatie ontstaan.



Figuur 7-7: Stroomsnelheden bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen voor de tussensituatie 'het Werk' van het DO van project meanderende Maas. Stroomsnelheden lager dan 0,8 m/s zijn niet weergegeven.

Conclusie: Er is geconcludeerd dat in de tussentijdse situatie de stroomsnelheden in de diepere uiterwaarden licht zullen toenemen. Daarnaast zal de stroomsnelheid in het zomerbed ter hoogte van De Waarden en Ossekamp licht afnemen. Uit detailanalyse blijkt dat de erosie beschermende maatregelen niet aangepast hoeven te worden o.b.v. de tussentijdse situatie. De maximale stroomsnelheden bij een hoogwater zijn in de situatie na het eindbeeld hoger (of gelijk) dan in de tussentijdse situatie. Voor het ontwerp van de oever- en bodembescherming blijft de situatie van eindbeeld DO de maatgevende situatie. Verder blijft de conclusie van paragraaf 4.2.2 in stand.

7.2.3.Effect op stroombeeld in vaarweg

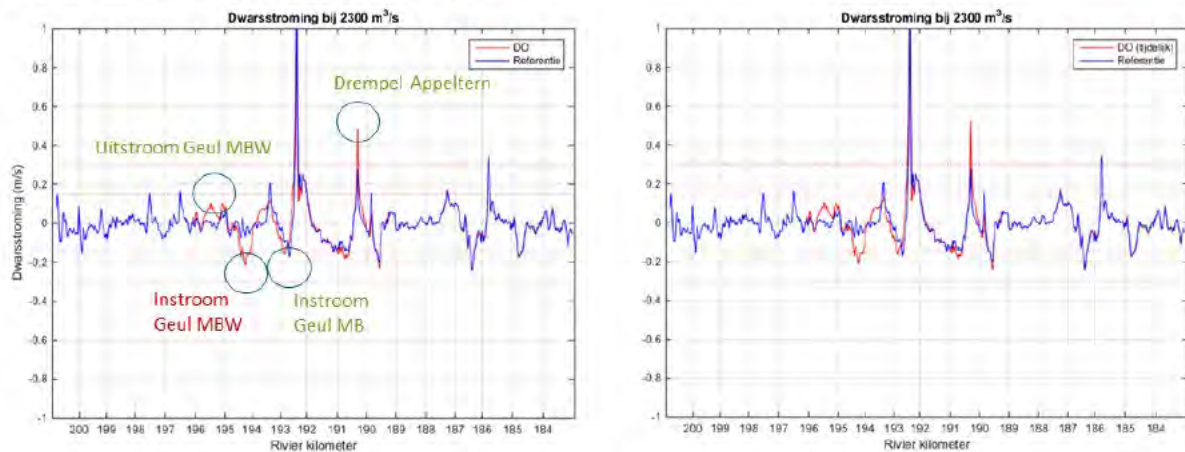
Binnen de tussentijdse situatie zijn het vooral de diepere uiterwaarden die nog niet ontwikkeld worden. Bij de afvoeren die relevant zijn voor het beoordelen van de effecten op dwarsstroming (2.300, 2.000, 1.500 en 1.250 m³/s) stromen de diepere uiterwaarden niet of nauwelijks mee. Voor het beoordelen van het effect van de tussentijdse situatie op de dwarsstroming wordt gefocust op de afvoer van 2.300 m³/s, omdat bij deze afvoer het effect van de tussentijdse situatie het grootste zal zijn.

Gelderse Zijde

Het effect van de tussentijdse situatie op de Gelderse zijde wordt in Figuur 7-8 vergeleken met het DO. Hierin is te zien dat alleen ter plaatse van de Drempel Appeltern een verschil optreedt. Op deze locatie neemt de dwarsstroming toe van 0,48 m/s in het DO tot 0,52 m/s in de tussentijdse situatie, zie Tabel 4-3.

Dit is een lichte toename die wordt veroorzaakt doordat binnen de tussentijdse situatie aan de Brabantse zijde de Diedensche Uiterdijk Deel A niet verlaagd wordt. Door dit deelgebied direct aangrenzend aan het zomerbed niet te verlagen zal in de tussentijdse situatie minder water de Diedensche Uiterdijk instromen. Het gevolg hiervan is dat het water geconcentreerder in het zomerbed zal blijven stromen. Zoals uit de analyse op dwarsstroming in paragraaf 4.2.3 wordt beschreven stroomt het water aan de Gelderse zijde van het zomerbed tegen de Drempel Appeltern aan. Vervolgens

stroomt het water geconcentreerd terug het zomerbed in door de ligging van de veerstoep, zie Figuur 4-9. Deze dwarsstroming neemt dus licht toe.



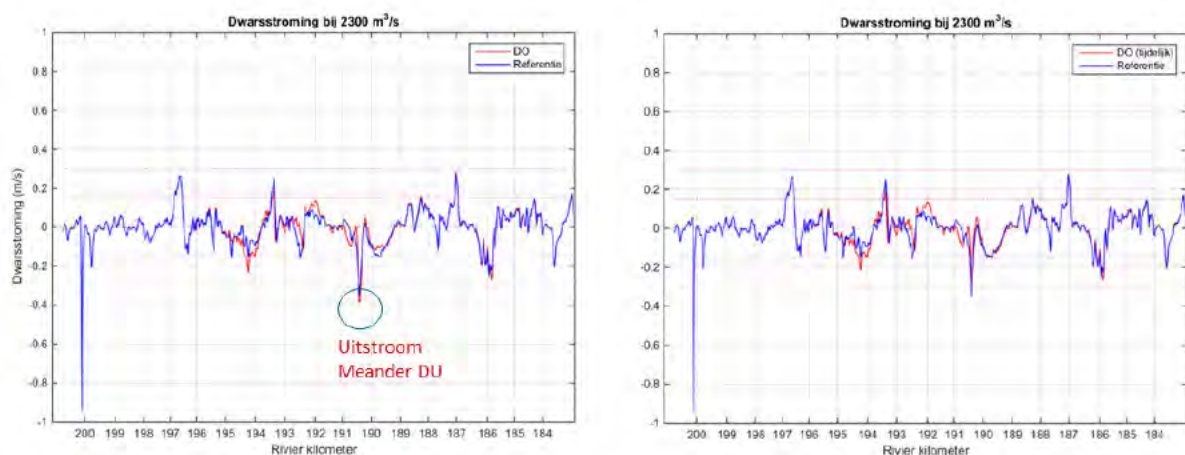
Figuur 7-8: Dwarsstroming aan de rand van de vaarweg (Gelderse zijde) voor het DO (links) en het DO tijdelijk (rechts).

Tabel 7-2: Maximale dwarsstroming aan de Gelderse zijde op de vier locaties bij een afvoer van 2.300 m³/s te Borgharen

Locatie	Dwarsstroming eindbeeld DO	Dwarsstroming DO (tussentijdse situatie)	Dwarsstroming VO	Dwarsstroming Referentie
Drempel Appeltern	0,48 m/s	0,52 m/s	0,52 m/s	0,28 m/s
Instroom Geul Maasbommel Oost	0,15 m/s	0,15 m/s	0,18 m/s	0,18 m/s
Instroom Geul MBW	0,21 m/s	0,21 m/s	0,19 m/s	0,07 m/s
Uitstroom Geul MBW	0,11 m/s	0,11 m/s	0,25 m/s	0,02 m/s

Brabantse Zijde

Aan de Brabantse zijde is er ook een licht effect ten gevolge van de tussentijdse situatie. Ook dit effect wordt veroorzaakt door de Diedensche Uiterdijk Deel A niet te verlagen. Dit betreft echter een positief effect. Ter hoogte van de uitstroom van de Meander in de Diedensche Uiterdijk zal de dwarsstroming in het DO afnemen van 0,38 m/s tot 0,37 m/s binnen de tussentijdse situatie, zie Figuur 7-9 en Tabel 7-3.



Figuur 7-9: Dwarsstroming aan de rand van de vaarweg (Brabantse zijde) voor het DO (links) en het DO tijdelijk (rechts).

Tabel 7-3: Maximale dwarsstroming aan de Brabantse zijde bij een afvoer van 2.300 m³/s te Borgharen

Locatie	Dwarsstroming DO	Dwarsstroming DO (tussentijdse situatie)	Dwarsstroming VO	Dwarsstroming Referentie
Uitstroom Meander DU	0,38 m/s	0,37 m/s	0,37 m/s	0,37 m/s

Conclusie: Er is geconcludeerd dat de tussentijdse situatie slechts een kleine impact heeft op de dwarsstromingen die binnen het DO optreden. Er ontstaan twee verschillen waarvan er één positief (bij uitstroom meander DU) is en de andere negatief (bij drempel Appeltern). Algemeen beschouwd verandert er weinig. Daarmee blijft de conclusie uit paragraaf 4.2.3 gelden. Er treden geen negatieve effecten op voor de scheepvaart in de vaargeul.

7.2.4. Instroom retentiegebieden

Binnen de tussentijdse situatie neemt de maximale waterstandsval op de as van de rivier toe van 118 mm tot 126 mm (in vergelijking met het volledige DO). Dit is een relatieve toename in waterstandsval van 7%. De waterstandsval neemt in bovenstroomse richting snel af. Waardoor het extra waterstandsval effect van de tussentijdse situatie op de retentiegebieden erg klein is.

De waterstandsverschillen ter plaatse van het Lateraalkanaal-West Noord en -Zuid is binnen het volledige DO verwaarloosbaar. Binnen de tussentijdse situatie zal dit ook verwaarloosbaar zijn.

Ter plaatse van de instroom van de Lob van Gennepe is het waterstandsverschil binnen het volledige DO 1,3 cm. Met een relatieve toename van 7% komt dit lokale waterstandsverschil neer op 1,4 cm. Ook dit verschil in waterstand is verwaarloosbaar klein voor de instroom van de Lob van Gennepe.

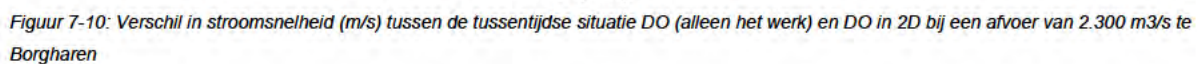
Conclusie: Er is geconcludeerd dat de conclusie binnen paragraaf 4.2.4 blijft gelden. Er is geen ander effect op de instroom van retentiegebieden dan hetgeen geconcludeerd voor het eindbeeld DO.

7.3. Morfologische effecten

7.3.1. Morfologisch effect op zomerbed

De rivierafvoeren die relevant zijn voor de morfologische effecten op het zomerbed, zijn afvoeren die (1) voldoende vaak optreden om impact te hebben en (2) afvoeren waarbij de waterstanden voldoende hoog zijn om de oeverzones en de direct aangelegen uiterwaarden te laten inunderen én meestromen. In het geval van Meanderende Maas zijn dit geen extreem hoge afvoeren. In paragraaf 4.3.1 zijn de volgende afvoeren voor deze beoordeling gebruikt: 1.500 m³/s, 2.000 m³/s en 2.300 m³/s te Borgharen. Dit zijn de afvoeren die op de Maas gemiddeld gezien tussen de 2 dagen per jaar en eens in de 10 jaar voorkomen.

De impact van de tussentijdse situatie op de morfologische effecten op het zomerbed wordt in deze paragraaf op kwalitatieve wijze beschreven op basis van de 2.300 m³/s afvoer. Zie Figuur 7-10 voor het verschil in stroomsnelheid tussen de tussentijdse situatie van het DO en het volledige DO bij een afvoer van 2.300 m³/s.



Uit paragraaf 4.3.1 blijkt dat er binnen het DO op een aantal locaties aanzanding zal plaatsvinden. Door de lichte toename in stroomsnelheid in het zomerbed binnen de tussentijdse situatie zullen de sedimentatie effecten ter hoogte van Ossekamp en De Waarden licht afnemen.

7.3.2. Morfologisch effect op winterbed

- Sedimentatie in de lagere delen van een uiterwaard (bijvoorbeeld nevengeulen): De tussentijdse situatie heeft geen wijzigingen van de Lelyzones en de uiterwaarden bij Maasbommel tot gevolg. Hierdoor zal de inundatiefrequentie van de oeverzones en geulen niet veranderen. Waardoor de instroom van sediment ook ongewijzigd zal blijven. Binnen de tussentijdse situatie blijven de zelfrealisatiegebieden op hoogte liggen. Hierdoor zal bij afvoeren boven de 1.470 m³/s het water geconcentreerder door de Lelyzones stromen, met een lichte toename in stroomsnelheid tot gevolg. Waardoor de uiterwaarden mogelijk iets minder snel zullen sedimenteren.
- Sedimentatie in de meanderboog DU en de meander in De Waarden: De meander in De Waarden heeft een open verbinding met het zomerbed, waardoor de tussentijdse situatie geen impact zal hebben op de aanvoer van sediment rijk water. De meanderboog in de DU is in de



tussentijdse situatie niet direct verbonden met het zomerbed. Doordat DU deel A en deel B in de tussentijdse situatie nog niet gerealiseerd zijn, blijft het maaiveld hoger liggen dan in het DO. Hierdoor zal sedimentrijk water moeilijker de meanderboog in de DU binnen kunnen treden. Dit heeft een afname van de sedimentatie tot gevolg.

- Sedimentatie zelfrealisatiegebieden: de zelfrealisatiegebieden in Ossekamp, De Waarden en DU blijven op hoogte liggen. Ongeveer NAP+7 m in plaats van hoogtes tussen NAP+5,5 – 7,0m. Hierdoor zullen deze delen minder vaak inunderen en dus minder aanslibben.
- Erosie in het winterbed kan leiden tot een verlies van stabiliteit van kunstwerken zoals kribben, sluisjes en waterkeringen: uit de analyse van paragraaf 7.2.2 blijkt dat op de aandachtslocaties de stroomsnelheden niet significant wijzigen. In de uiterwaarden van De Waarden en Ossekamp nemen in de zelfrealisatie gebieden de stroomsnelheden licht toe. Dit leidt echter niet tot situaties waarbij erosie kan optreden, de stroomsnelheid blijft onder de 0,8 m/s bij een afvoer van 4118 m³/s.
- Door erosie kan grond tussen nevengeul en de hoofdgeul eroderen, met als gevolg een kortsluiting tussen de nevengeul en de hoofdgeul: bij een maatgevende hoogwaterafvoer van 4.118 m³/s te Borgharen blijven de stroomsnelheden in de Lelyzones en de uiterwaarden bij Maasbommel ongewijzigd (zie Figuur 7-6 en figuur 7-7).
- Sedimentatie en erosie in het Burgemeester Delenkanaal: bij een afvoer van 2.300 m³/s neemt de stroomsnelheid in het zomerbed ter hoogte van de monding van het kanaal licht toe. Hierdoor kan er meer materiaal op de bodem van het zomerbed gemobiliseerd worden. In combinatie met de neervorming die bij de monding aanwezig is kan dit mechanisme ervoor zorgen dat de sedimentatie van het kanaal licht (ca 10%) toeneemt t.o.v. hetgeen benoemd voor het eindbeeld DO.

Conclusie: Er is geconcludeerd dat de conclusie binnen paragraaf 4.3.2 grotendeels blijft gelden. Door de tussentijdse situatie zijn er een aantal positieve effecten te verwachten t.o.v. de effecten in het eindbeeld DO. Zo zal de sedimentatie op de volgende plaatsen iets afnemen: Lelyzones, zelfrealisatiegebieden in de uiterwaarden en meanderboog DU. Qua erosie zijn geen noemenswaardige effecten van de gebieden in zelfrealisatie te verwachten.

8. CONCLUSIE TUSSENTIJDSE SITUATIE (ALLEEN HET WERK)

Dit hoofdstuk geeft een samenvatting van de conclusies per beoordeeld aspect voor de tussentijdse situatie. In de tussentijdse situatie zijn enkel de deelgebieden binnen de scope van het Werk gerealiseerd. De zelfrealisatiegebieden blijven ongewijzigd en veelal in agrarisch gebruik.

Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Effect van de ingreep	Voldoet ja/nee
1.1	Hoogwaterreferentie in de as van de rivier	Stroomvoerend: geen waterstandsverhoging op de as van de rivier bij de afvoer uit de hoogwaterreferentie (waterstandsverhoging < 1 mm)	Waterstanddaling tussentijdse situatie DO levert het benodigde aandeel voor behalen van de bestuurlijk afgesproken taakstelling. Waterstandsverhoging > 1 mm Aan alle drie voorwaarden 'zaagtand' methode is voldaan. Impact van tussentijdse situatie is positief, meer waterstands daling dan in eindbeeld DO, opstuwing benedenstrooms blijft gelijk aan eindbeeld DO.	Ja
1.2	Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier	Geen waterstandverhoging langs de hoge grondenlijn of primaire waterkering bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.	Opstuwing aan Gelderse kering en Brabantse kering blijft binnen tussentijdse situatie gelijk aan gehele DO. Tussentijdse situatie heeft geen impact. Opstuwing bandijk blijft gelijk aan eindbeeld DO.	Ja
1.3	Ijsafvoer	Een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven	Er worden geen nadelige effecten op de ijsafvoer verwacht. Tussentijdse situatie heeft geen impact.	Ja
2.1	Waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard	Verandering waterstanden en/of inundatiefrequentie bij Maas afvoeren te Borgharen van 1.230, 1.500, 2.000 en 2.300 m ³ /s.	In de meeste gebieden vinden geen ongewenste wijzigingen van de inundatiefrequenties plaats. Impact van tussentijdse situatie is positief. Agrarische zelfrealisatie gebieden ondervinden geen hinder.	Ja
2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	Verandering grootte en richting stroomsnelheden bij Maas afvoeren te Borgharen van 4.118 m ³ /s.	De stromingsdynamiek neemt toe. Dit past bij de natuurlijke inrichting. Bodem- en oeverbescherming voorkomen negatieve effecten. Tussentijdse situatie heeft geen negatieve impact op bodem- en oeverbescherming. Eindbeeld DO is maatgevend voor ontwerp oever- en bodembescherming.	Ja
2.3	Stroombeeld in vaarweg bij de aan- en aftakking van nevengeul	Bij afvoer nevengeul < 50 m ³ /s: dwarsstroming vaarweg ≤ 0,3 m/s; Bij afvoer nevengeul > 50 m ³ /s: dwarsstroming vaarweg ≤ 0,15 m/s.	De dwarsstromingseffecten aan de rand van het zomerbed hebben geen negatieve gevolgen voor de navigatie van scheepvaart. Impact van tussentijdse situatie is gering. Bij drempel Appeltern neemt	Ja

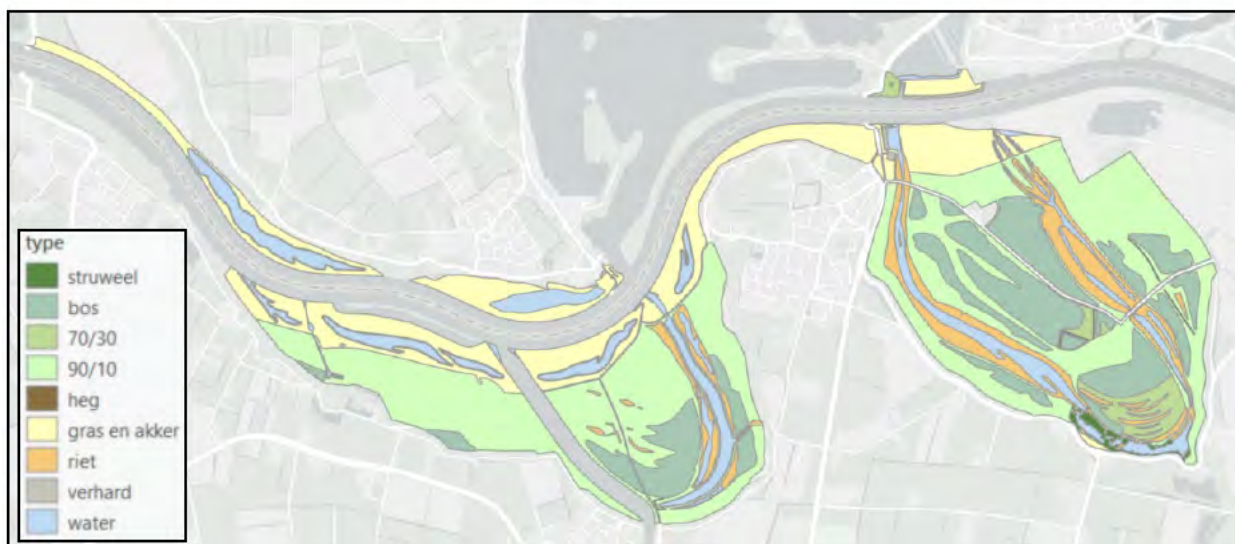
Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Effect van de ingreep	Voldoet ja/nee
			dwarsstroming toe in tussentijdse situatie t.o.v. eindbeeld DO.	
2.4	Instroom retentiegebieden Maas	Verandering waterstand ter hoogte van inlaat retentiegebieden Maas, waaronder Lateraalkanaal-West en Lob van Gennep	De instroomeffecten ter hoogte van de inlaat van retentiegebieden is minimaal. Tussentijdse situatie heeft geen impact.	Ja
3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers): 1. door ingrepen zomerbed 2. door ingrepen winterbed	<u>Bij erosie:</u> Geen verlaging gemiddelde bodemligging en geen oevererosie, beperkte ontgroning bij constructies per hoogwater. <u>Bij sedimentatie:</u> Geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren; geen verhoging MHW op lange termijn. <u>In het algemeen:</u> Beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten en behouden veiligheid scheepvaartverkeer.	Er treden geen noemenswaardige erosie effecten op. Tussentijdse situatie heeft geen impact op erosie. Er treden wel aanzandingseffecten op waardoor het baggerbezwaar toe zal nemen. Door optimalisatie is baggerbezwaar 13% afgenomen t.o.v. VO. Baggeractiviteiten zullen naar verwachting niet vaker dan eens per 10 jaar nodig zijn. Tussentijdse situatie heeft licht positieve impact op sedimentatie. Aanzandingsvolumes bij knelpunt 1 en 2 geringer dan in eindbeeld DO	Ja
3.2	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen: 1. sedimentatie winterbed 2. erosie winterbed	<u>Bij sedimentatie:</u> Beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten. <u>Bij erosie:</u> Geen bodemerosie langs waterkering; stroomsnelheid nevengeul bankfull < 0,3 m/s; geen bodemerosie langs waterkering.	De meanders en geulen zijn zo ontworpen dat binnen 25 tot 50 jaar de beoogde functionaliteit niet verloren gaat door sedimentatie. Tot die tijd is grootschalig onderhoud niet nodig. Tussentijdse situatie heeft licht positieve impact op mate van sedimentatie eindbeeld DO. Eventuele erosie effecten zijn ondervangen door geulen vast te leggen op locaties waar dat tot problemen kan leiden. Op plekken waar erosie en verplaatsing van geulen niet direct tot problemen leiden wordt ruimte gegeven voor natuurlijke processen. Tussentijdse situatie heeft geen impact op erosie. Beeld tussentijdse situatie gelijk aan situatie eindbeeld DO.	Ja

9. REFERENTIES

- [1] RWS, „Rivierkundig Beoordelingskader versie 5.0,” 4 juni 2019.
- [2] Boskalis/Royal HaskoningDHV, „Ontwerpnota DO Rivier, 32858-ONT-00020 / WSB.4.4-0010, versie 4.0,” 7 oktober 2022.
- [3] Boskalis/Royal HaskoningDHV, „Memo Toetsing waterstandsdoelstelling DO Rivier Meanderende Maas, 32858-MEM-00050, versie 4.0,” 7 oktober 2022.
- [4] Boskalis/Royal HaskoningDHV, „Technische uitgangspunten notitie Rivier, 32858-ONT-00065 versie 3.0,” 1 maart 2022.
- [5] P. M. Maas, „Projectplan Waterwet Rivier,” 23 september 2022.
- [6] Boskalis/Royal HaskoningDHV, „deelrapport Erosie beschermende maatregelen DO Rivier Meanderende Maas, 32858-ONT-00040, versie 3.0,” 7 oktober 2022.
- [7] A. Sieben, *Methodiek inschatting morfologische effecten in het zomerbed door lokale rivieringrepen (UPDATE december 2011)*, RWS WVL, december 2011.
- [8] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat (RWS), „Ontwerp Besluit en Toelichting Legger rijkswaterstaatswerken inclusief Vegetatielegger, Actualisatie 2021,” 2021.
- [9] Ingenieursteam Meanderende Maas, „Voorkeursalternatief Meanderende Maas,” 18 december 2019.
- [10] Ingenieursteam Meanderende Maas, „Ontwerpiteratie VKA Maatregelen Appeltern- Maasbommel,” 6 november 2020.
- [11] Ingenieursteam Meanderende Maas, „Ontwerpnnotitie uitwerking kerngebieden Ossekamp en,” 24 februari 2021.
- [12] R. H. e. A. K. Bart Peters, „Ecologische effect- en scenariostudie variabel stuwpeil Bedijkte Maas (Grave-Lith),” december 2018.
- [13] Boskalis/RoyalHaskoningDHV, „Deelrapport Rivierkundige beoordeling, WSB.4.4-0038, versie 2.0,” 7 oktober 2022.

APPENDIX 1. WAQUA-SCHEMATISATIE

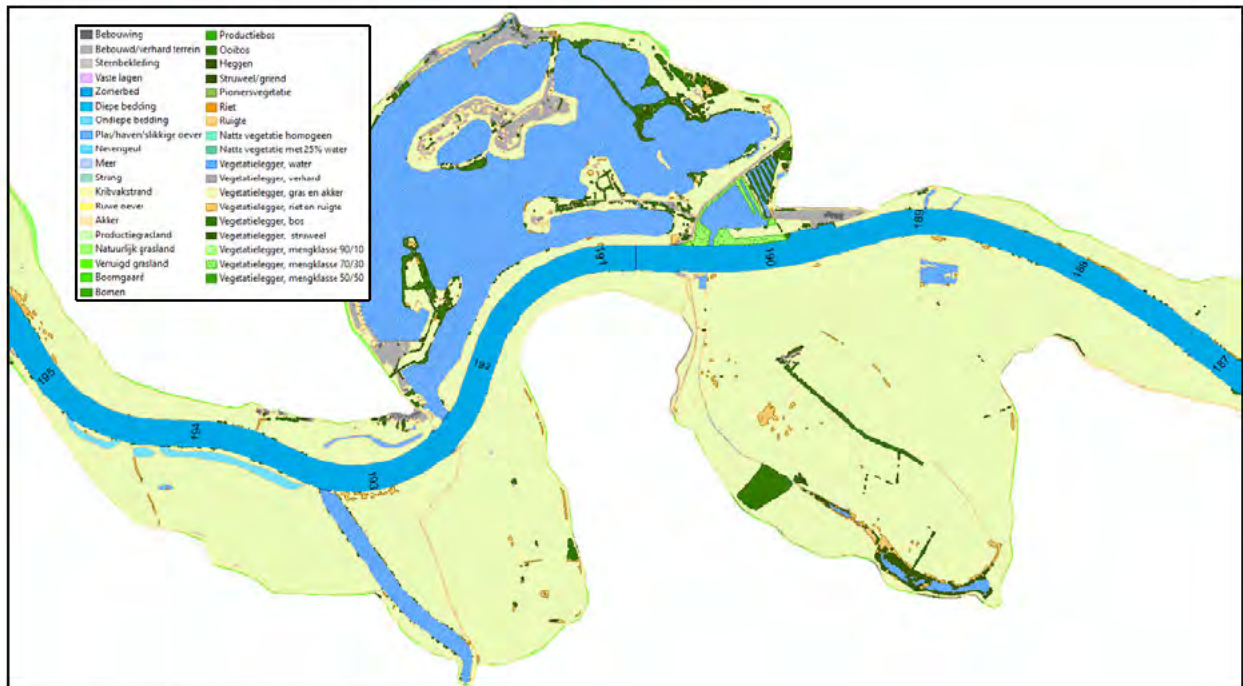
Vegetatie



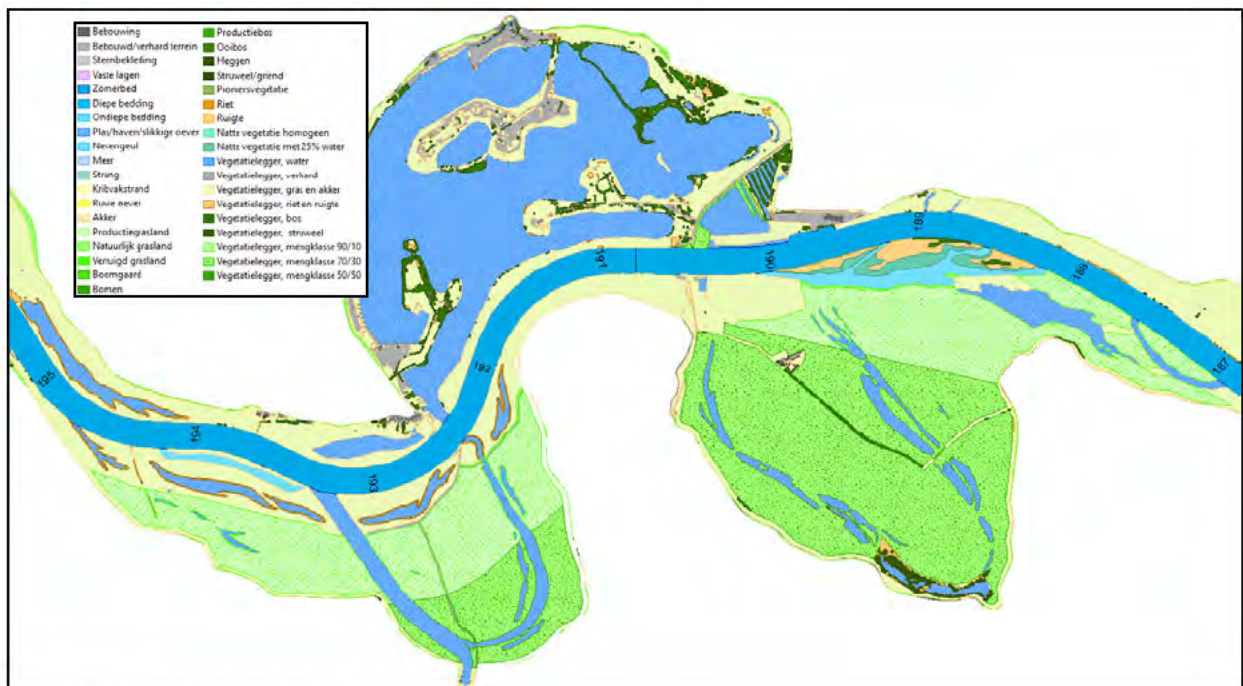
Figuur 9-1: Vegeta iekaart eindbeeld DO Rivier.



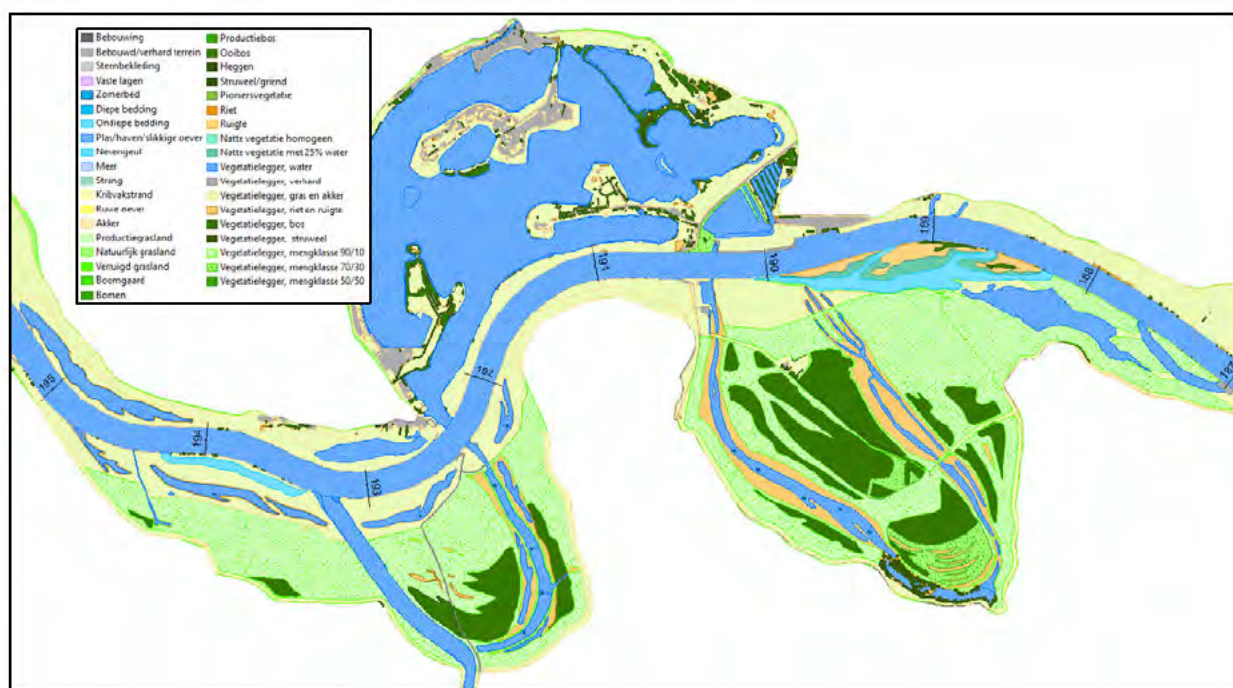
Figuur 9-2: Vegeta iekaart eindbeeld DO Rivier tussentijdse situatie



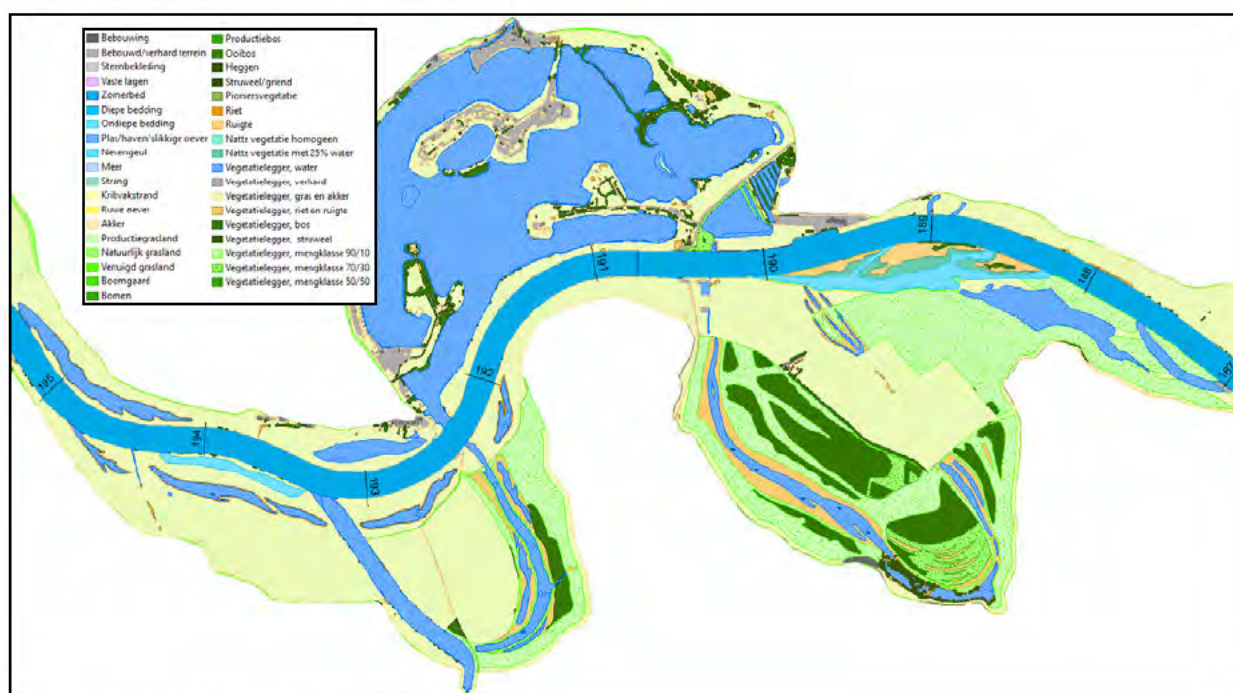
Figuur 9-3: Baseline ecotopen ruwheid Referentie



Figuur 9-4: Baseline ecotopen ruwheid VO

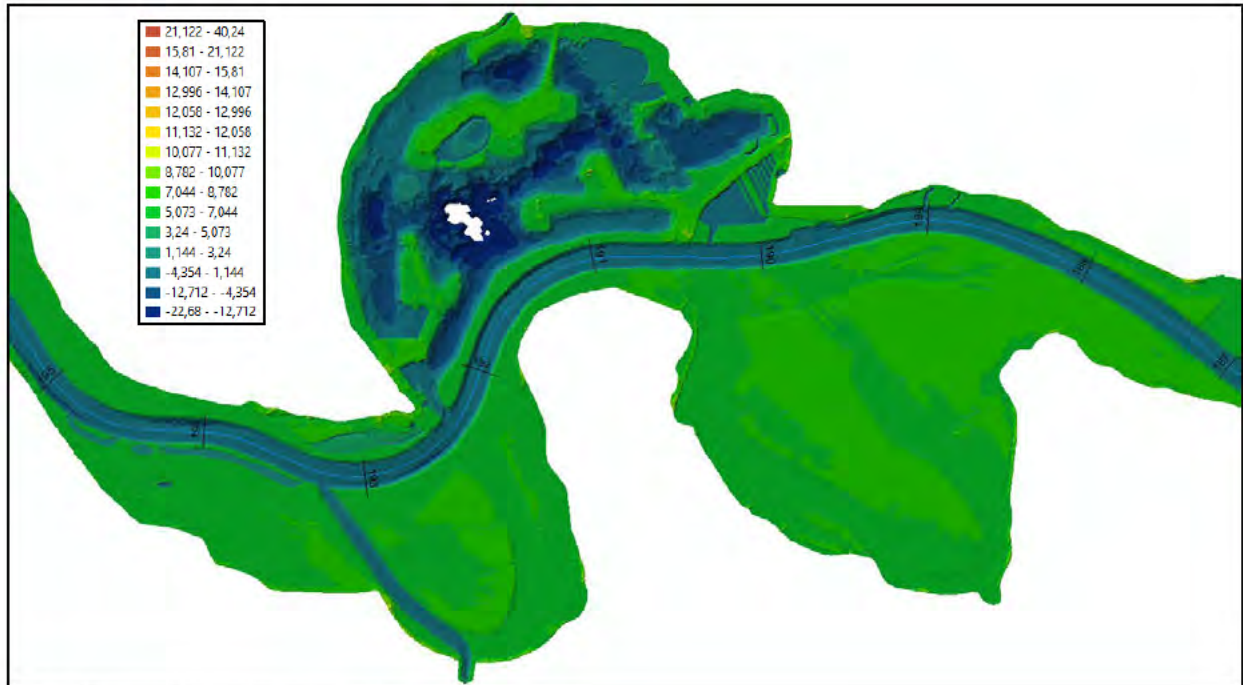


Figuur 9-5: Baseline ecotopen ruwheid eindbeeld DO

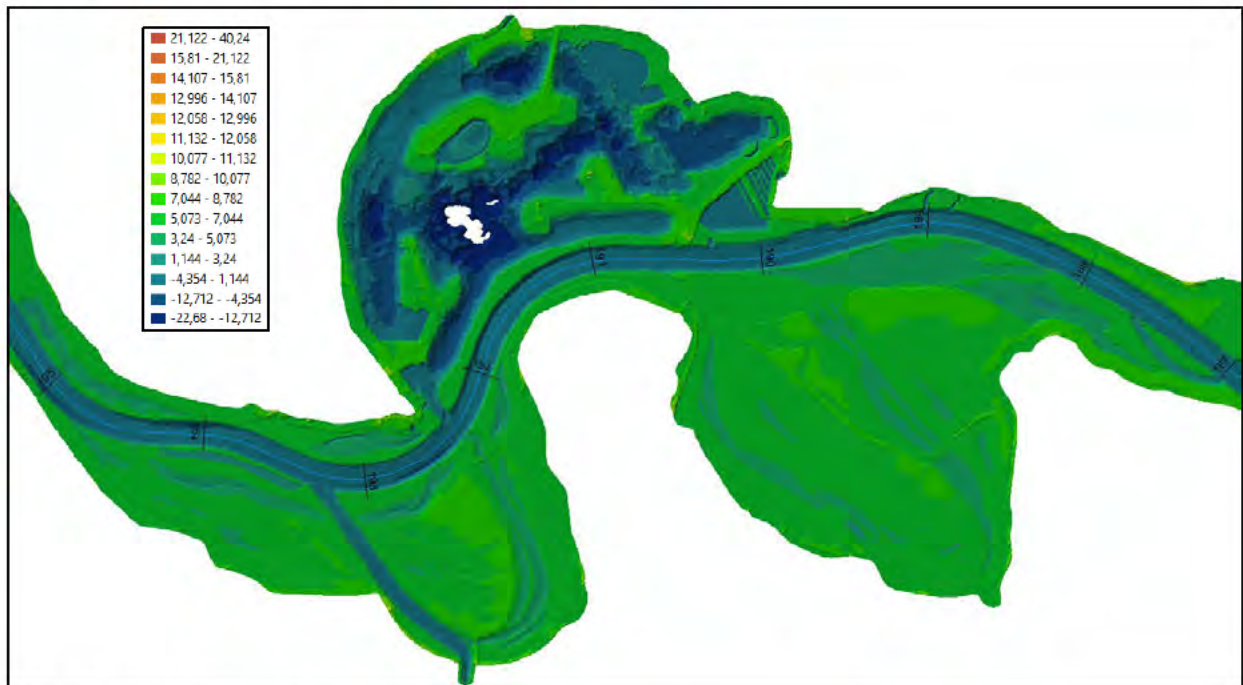


Figuur 9-6: Baseline ecotopen ruwheid DO tussentijdse situatie

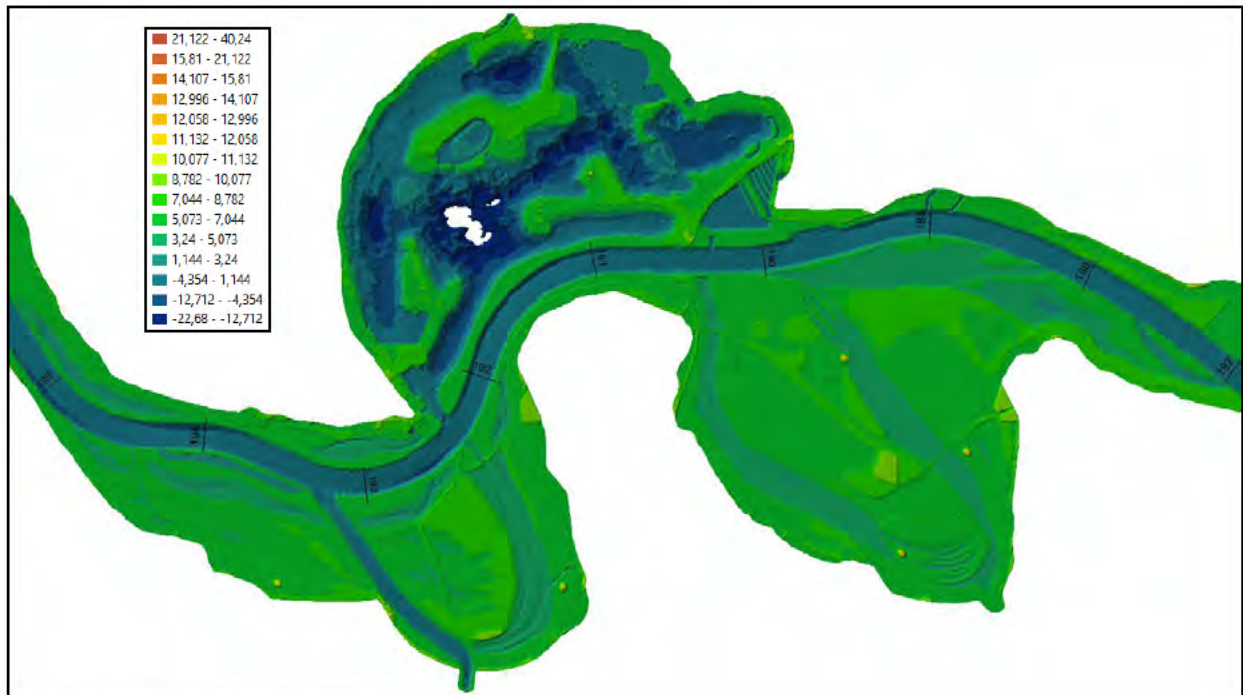
Bodemhoogte



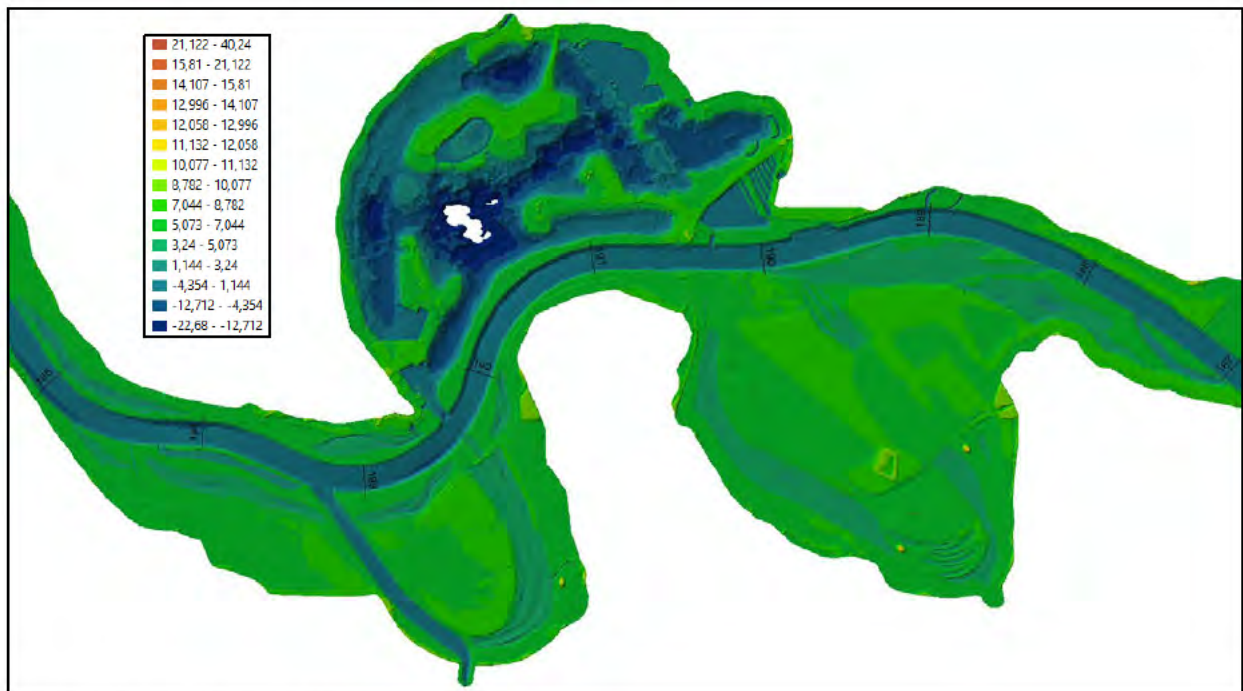
Figuur 9-7: Baseline bodemhoogte Referentie



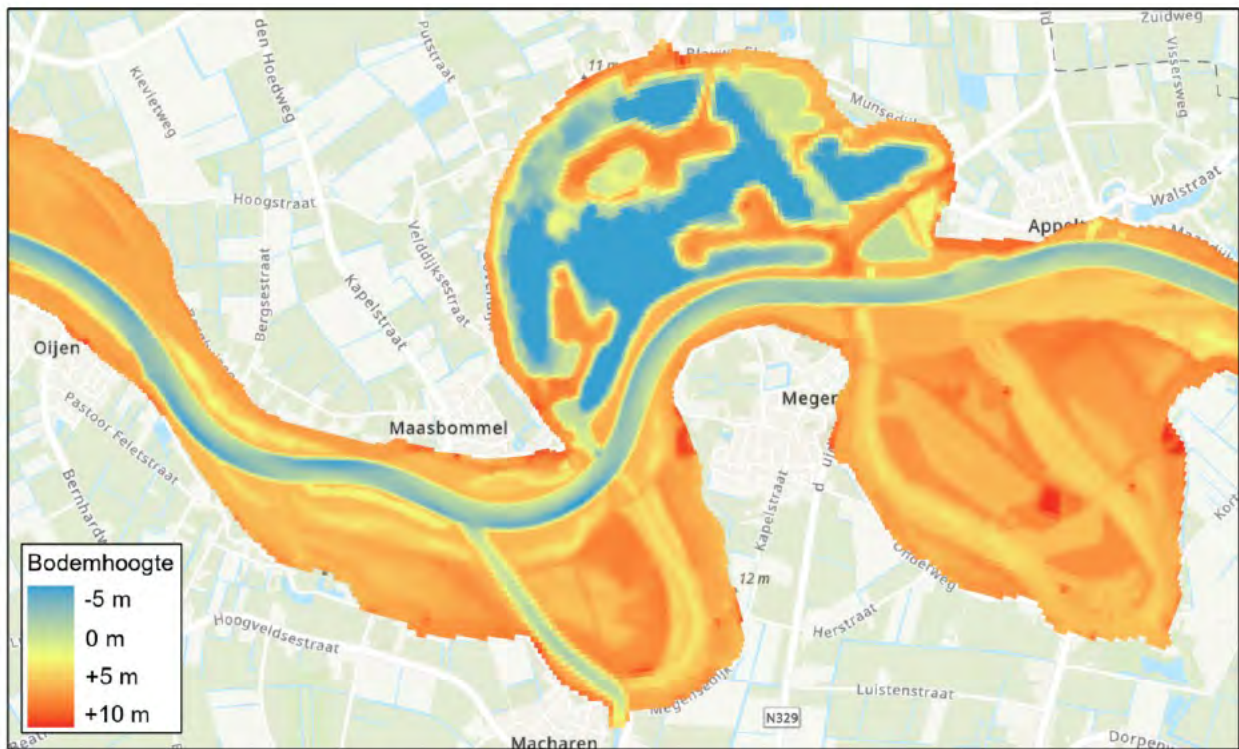
Figuur 9-8: Baseline bodemhoogte VO



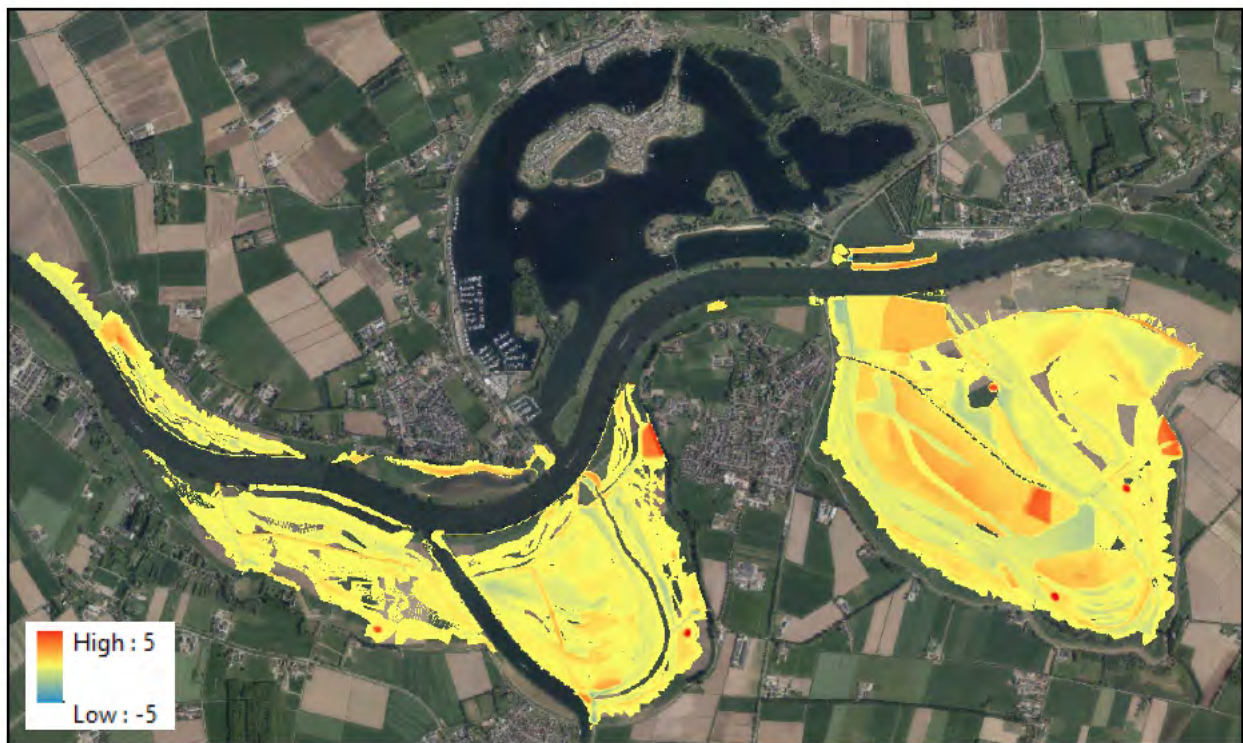
Figuur 9-9: Baseline bodemhoogte eindbeeld DO



Figuur 9-10: Baseline bodemhoogte DO tussentijdse situatie

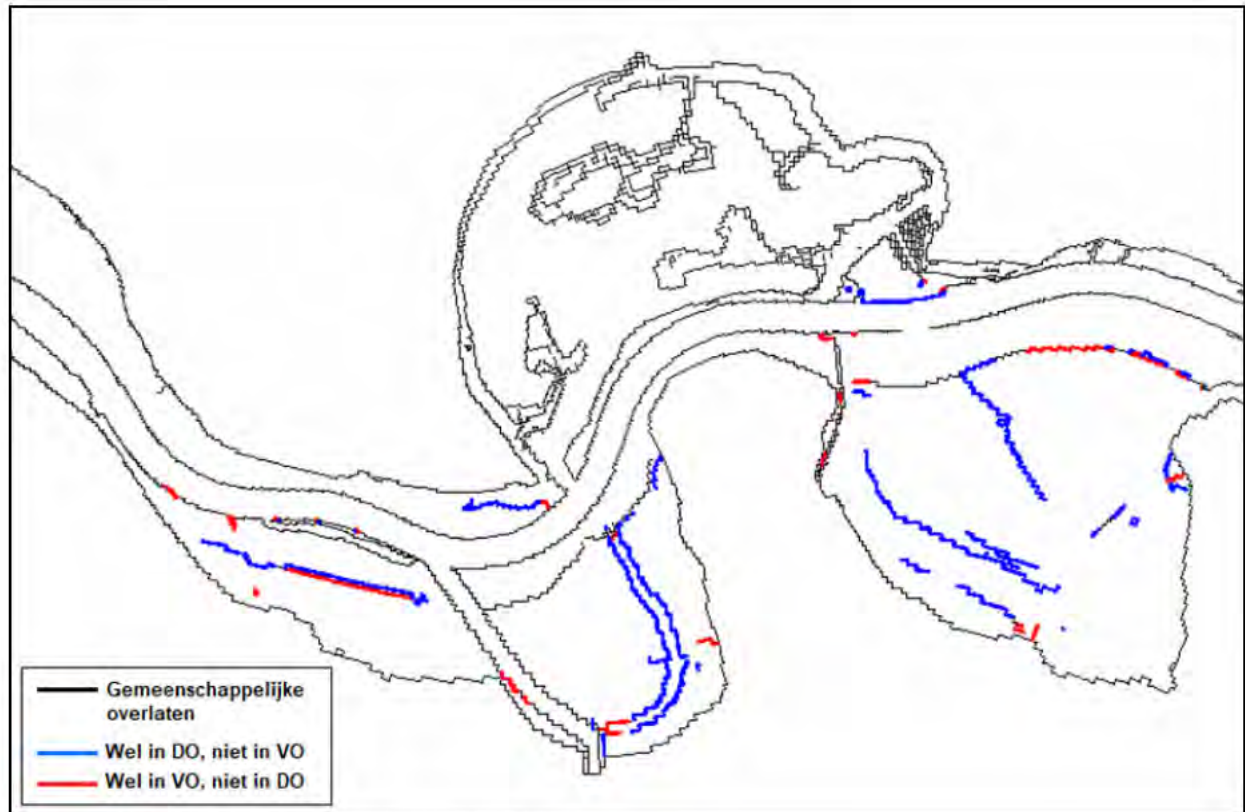


Figuur 9-11: Baseline Bodemhoogte DO Rivier (eindbeeld) in kleurschaal; bodemhoogtes lager dan NAP -5 m zijn weergegeven als NAP -5 m (in de Gouden Ham) .



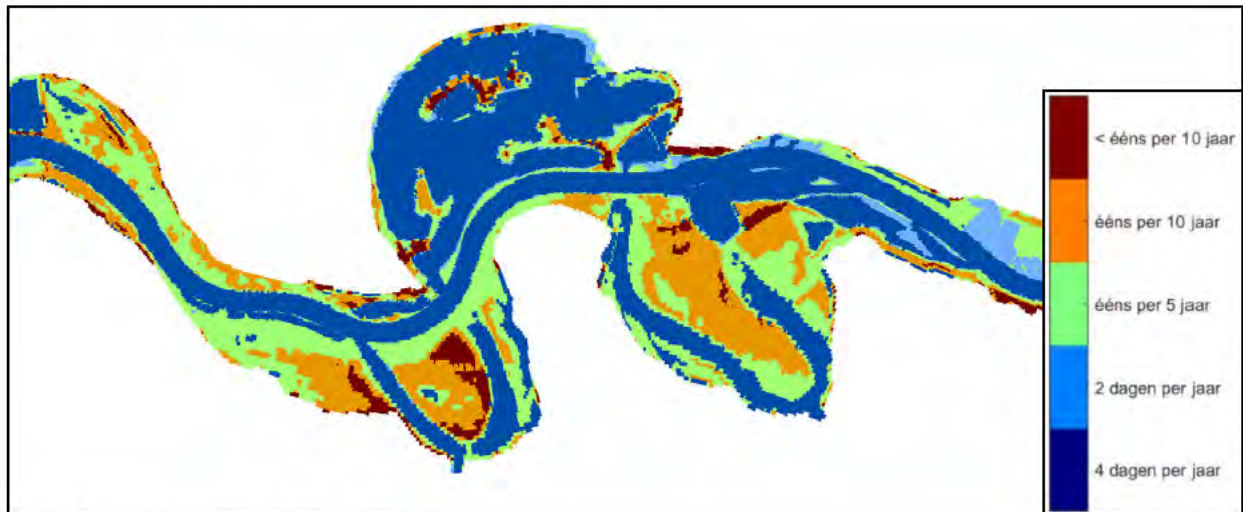
Figuur 9-12: Verschil in bodemhoogte tussen het DO (eindbeeld) en het VO in kleurschaal

Overlaten

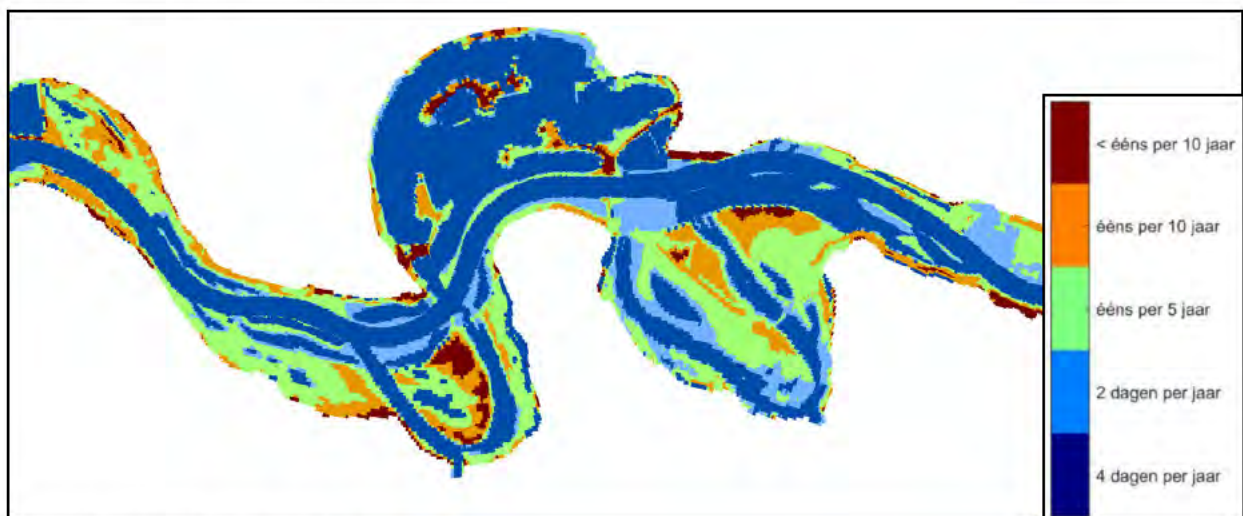


Figuur 9-13: Aanwezige overlaten in het DO (eindbeeld) en in het VO

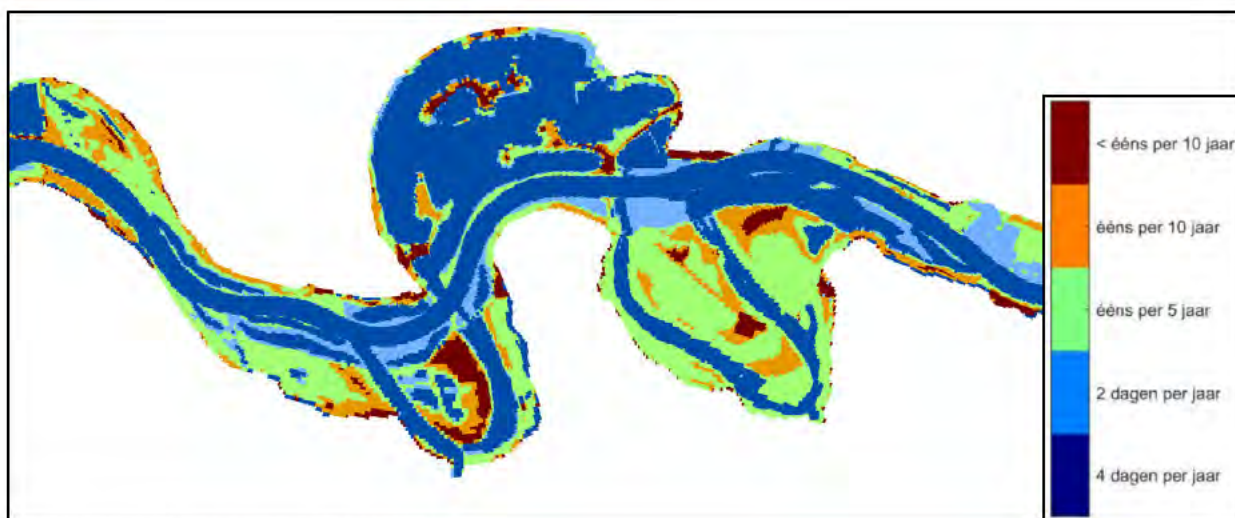
APPENDIX 2. INUNDATIEKAARTEN



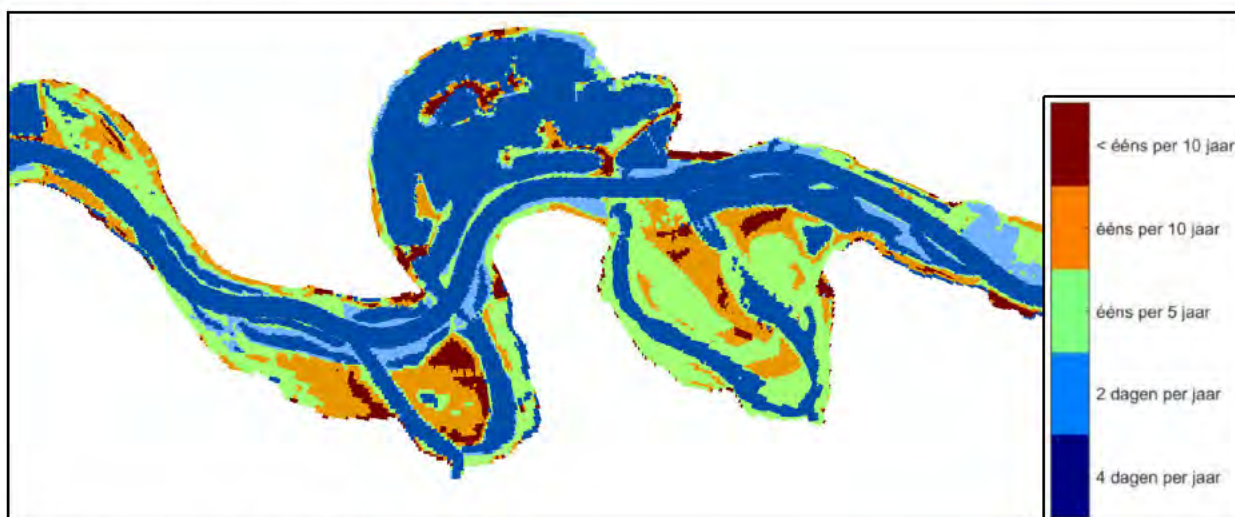
Figuur 9-14: Inundatiefrequentie van de referentiesituatie



Figuur 9-15: Inundatiefrequentie van het VO



Figuur 9-16: Inundatiefrequentie van het eindbeeld DO



Figuur 9-17: Inundatiefrequentie van het DO tussentijdse situatie

De inundatiekaarten zijn opgesteld op basis van de WAQUA modelresultaten van de RBK-analyse. De kaarten zijn opgebouwd door gebruik te maken van de verschillende rivier afvoeren in combinatie met kleurcoderingen, zie onderstaande tabel.

Afvoer te Borgharen	Herhalingstijd/overschrijdingsduur	Kleurcodering in kaarten
$Q > 2.300 \text{ m}^3/\text{s}$	< ééns per 10 jaar	Donkerbruin
$Q = 2.300 \text{ m}^3/\text{s}$	ééns per 5 jaar - ééns per 10 jaar	Oranje
$Q = 2.000 \text{ m}^3/\text{s}$	2 dagen per jaar - ééns per 5 jaar	Lichtgroen
$Q = 1.500 \text{ m}^3/\text{s}$	2 - 4 dagen per jaar	Blauw
$Q = 1.250 \text{ m}^3/\text{s}$	> 4 dagen per jaar	Donkerblauw

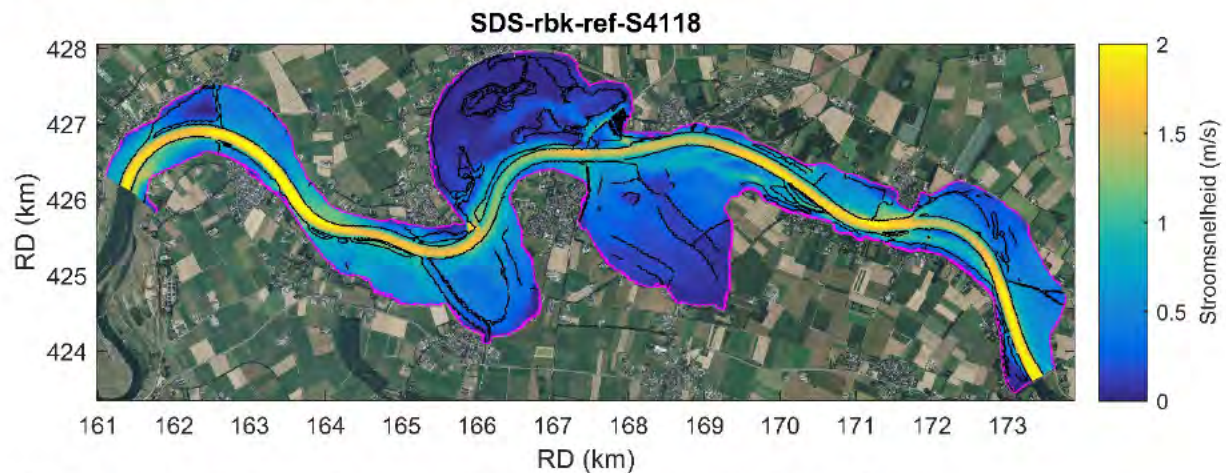
De WAQUA modelresultaten van de verschillende afvoeren voor de ref, VO en DO situaties zijn geëxporteerd naar shapefiles. In GIS zijn voor de verschillende afvoeren voor alle WAQUA rekencellen als volgt de waterdieptes bepaald: waterdiepte = waterstand – bodemhoogte. Er is aangenomen dat



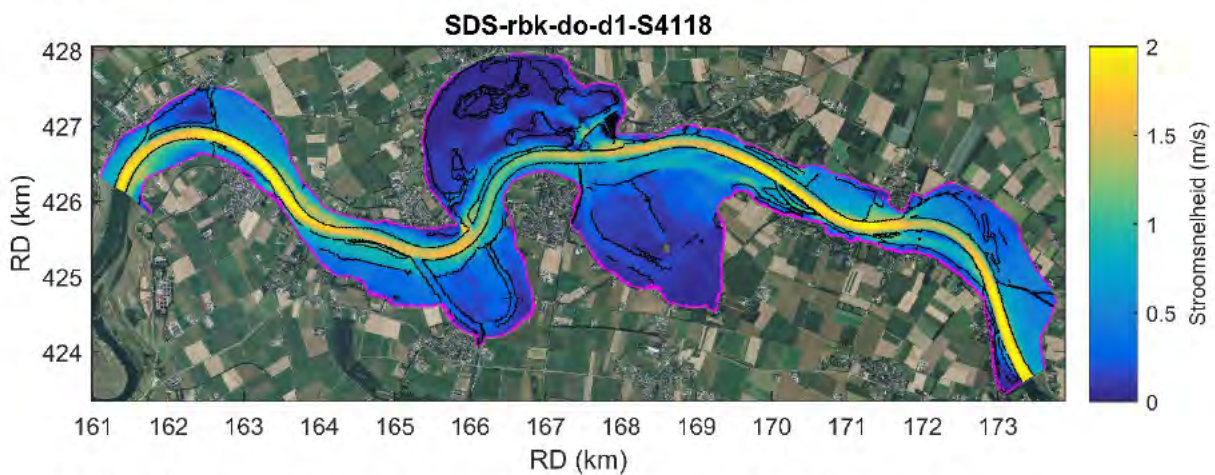
rekencellen die resulteren in een negatieve waterdiepte of een waterdiepte van 0, niet inunderen. De inundatiekaarten zijn in GIS opgebouwd door voor de verschillende afvoeren de inundatielagen in de juiste volgorde over elkaar heen te leggen met gebruik van de kleurcodering.

Op de inundatiekaart van het DO heeft één nabewerking plaatsgevonden om het inundatiegedrag van de Diedensche Uiterdijk (DU) juist weer te geven. Binnen de DU vindt namelijk peilbeheer plaats door het gebruik van duikers met kleppen. Hierdoor is het rietmoeras en de geul permanent watervoerend (donkerblauw). Tijdens een hoogwater worden de kleppen in deze duikers gesloten om het waterpeil in de DU constant te houden. Zodra het waterpeil in het zomerbed boven de NAP+ 6,3 m stijgt gaat de DU inunderen via een instroomdrempel. Dit gebeurt ongeveer één keer per 2,5 jaar. Daarom heeft een groot deel van de DU een groene kleur.

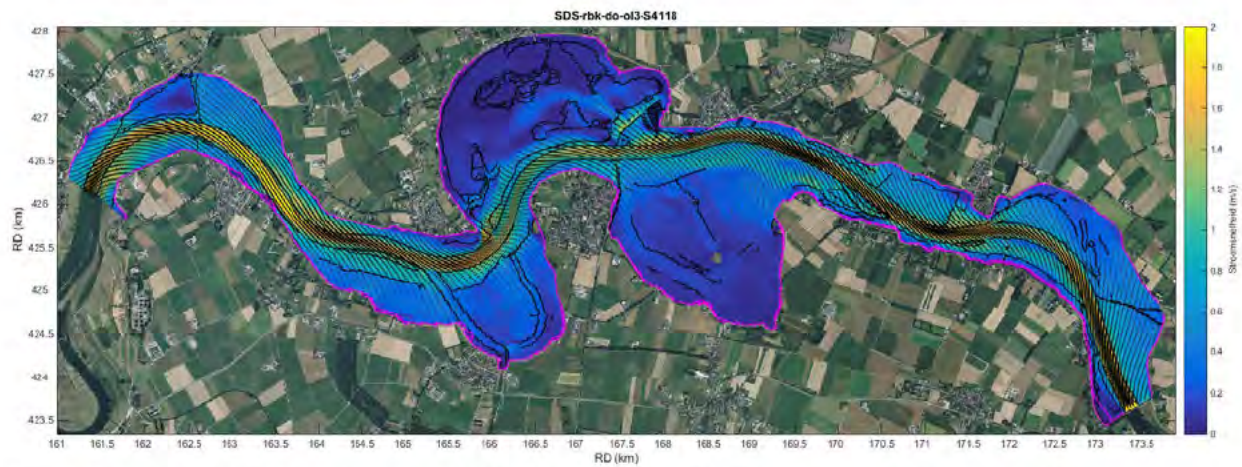
APPENDIX 3. FIGUREN STROOMSNELHEID



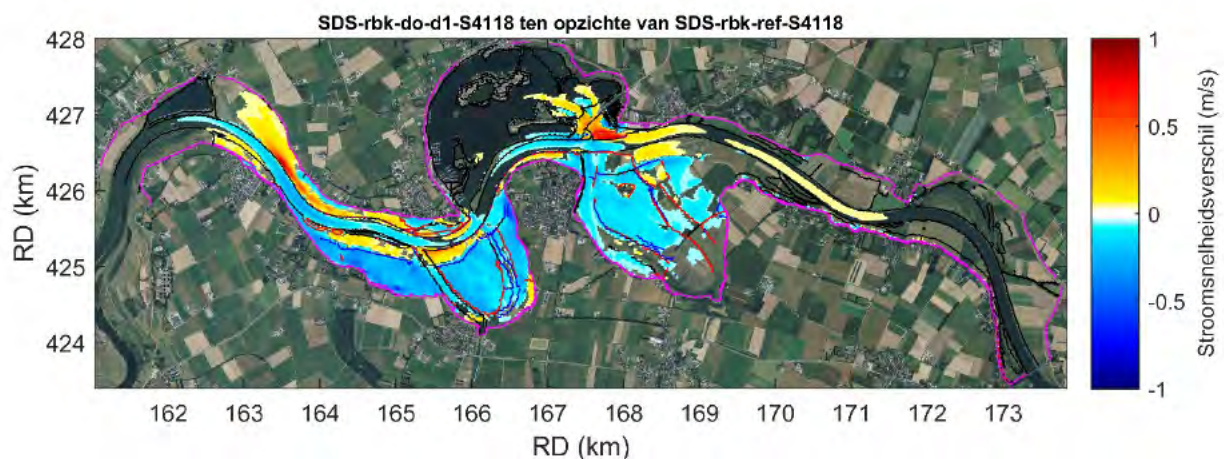
Figuur 9-18: Absolute stroomsnelheid (m/s) van de Referentie situatie in 2D bij een afvoer van $4.118 \text{ m}^3/\text{s}$ te Borgharen.



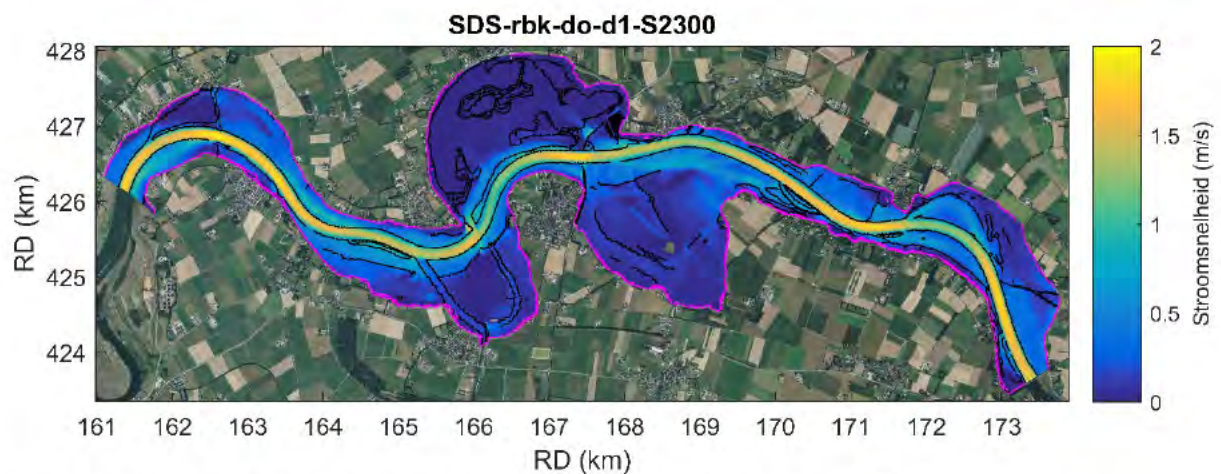
Figuur 9-19: Absolute stroomsnelheid (m/s) van het eindbeeld DO in 2D bij een afvoer van $4.118 \text{ m}^3/\text{s}$ te Borgharen.



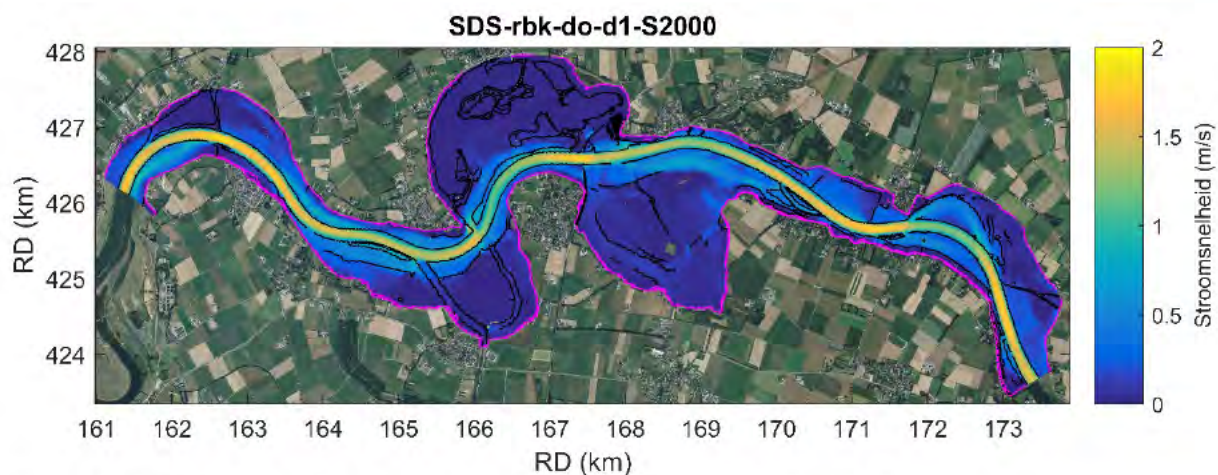
Figuur 9-20: Absolute stroomsnelheid (m/s) van het eindbeeld DO in 2D bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen, met vectoren.



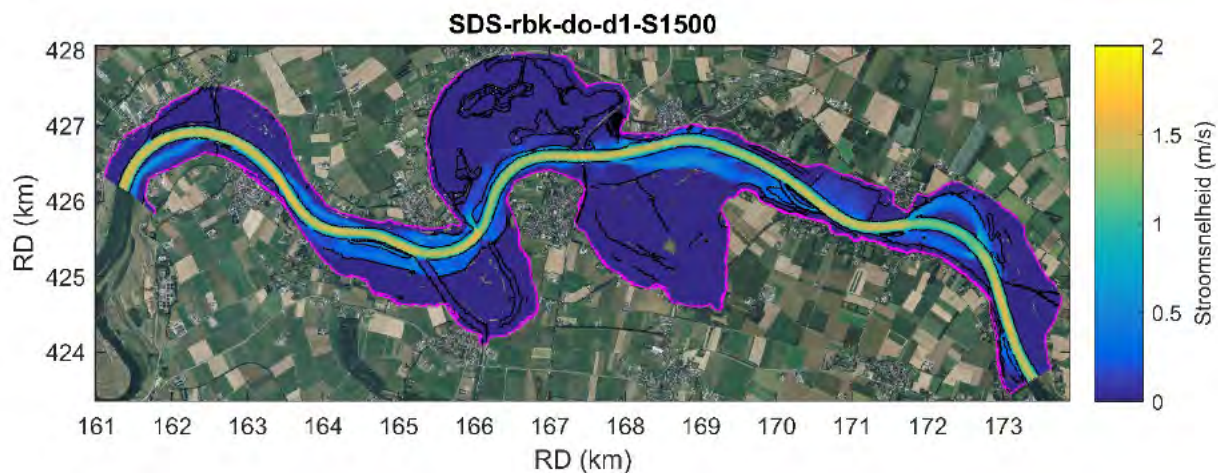
Figuur 9-21: Verschil in stroomsnelheid (m/s) tussen DO en referentiesituatie in 2D bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen



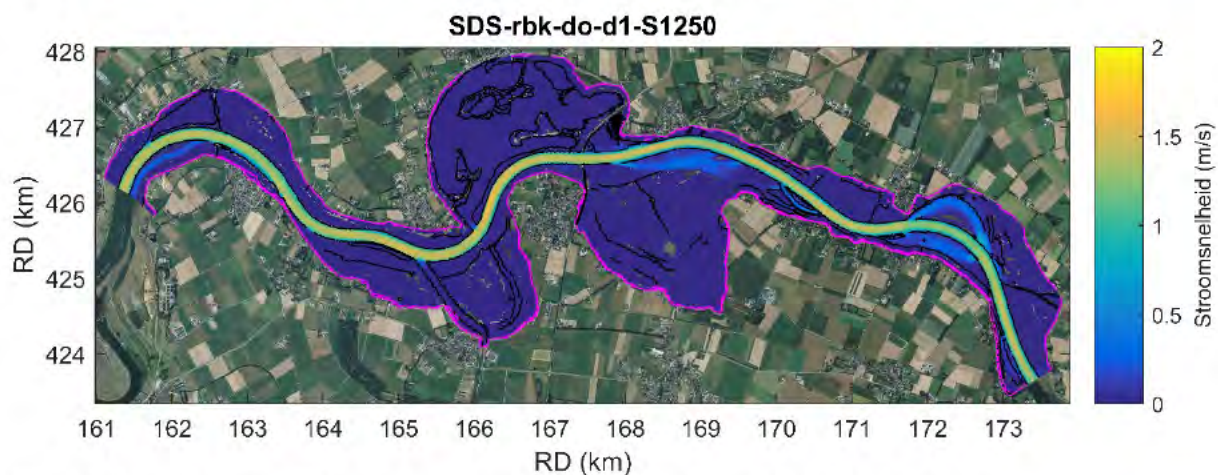
Figuur 9-22: Absolute stroomsnelheid (m/s) van het eindbeeld DO in 2D bij een afvoer van 2.300 m³/s te Borgharen



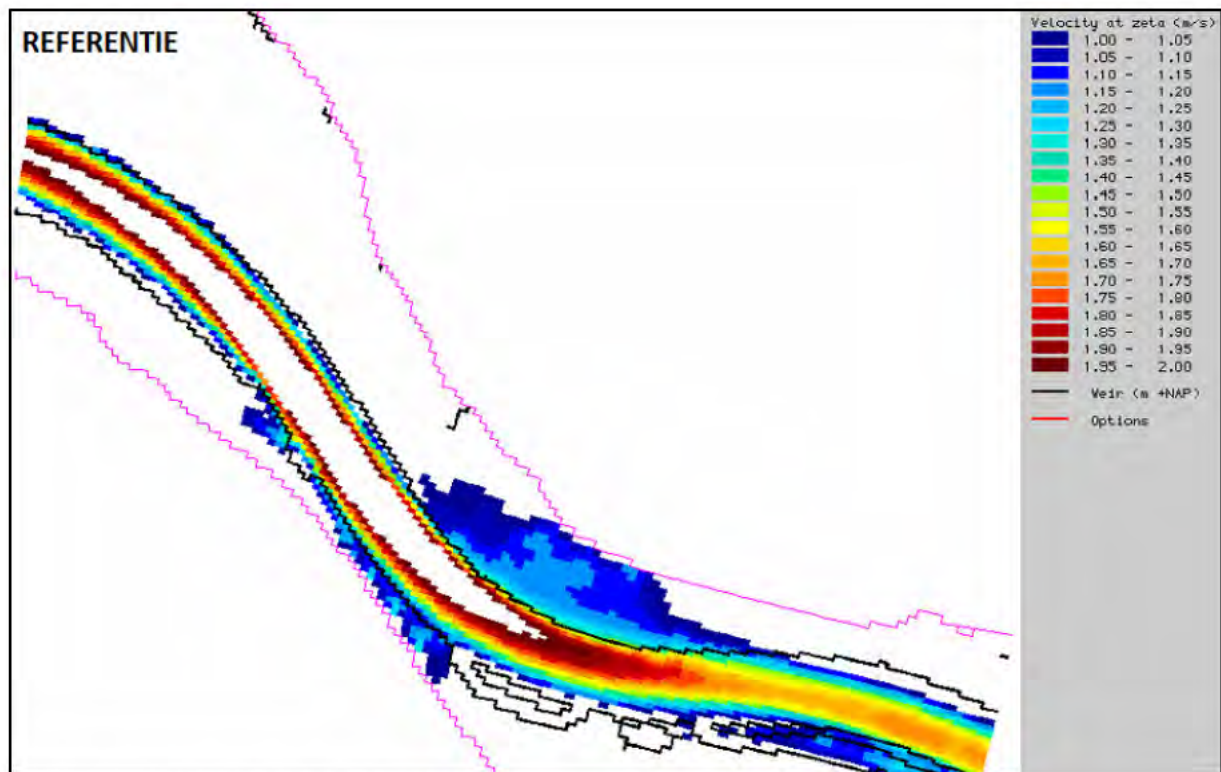
Figuur 9-23: Absolute stroomsnelheid (m/s) van het eindbeeld DO in 2D bij een afvoer van 2.000 m³/s te Borgharen



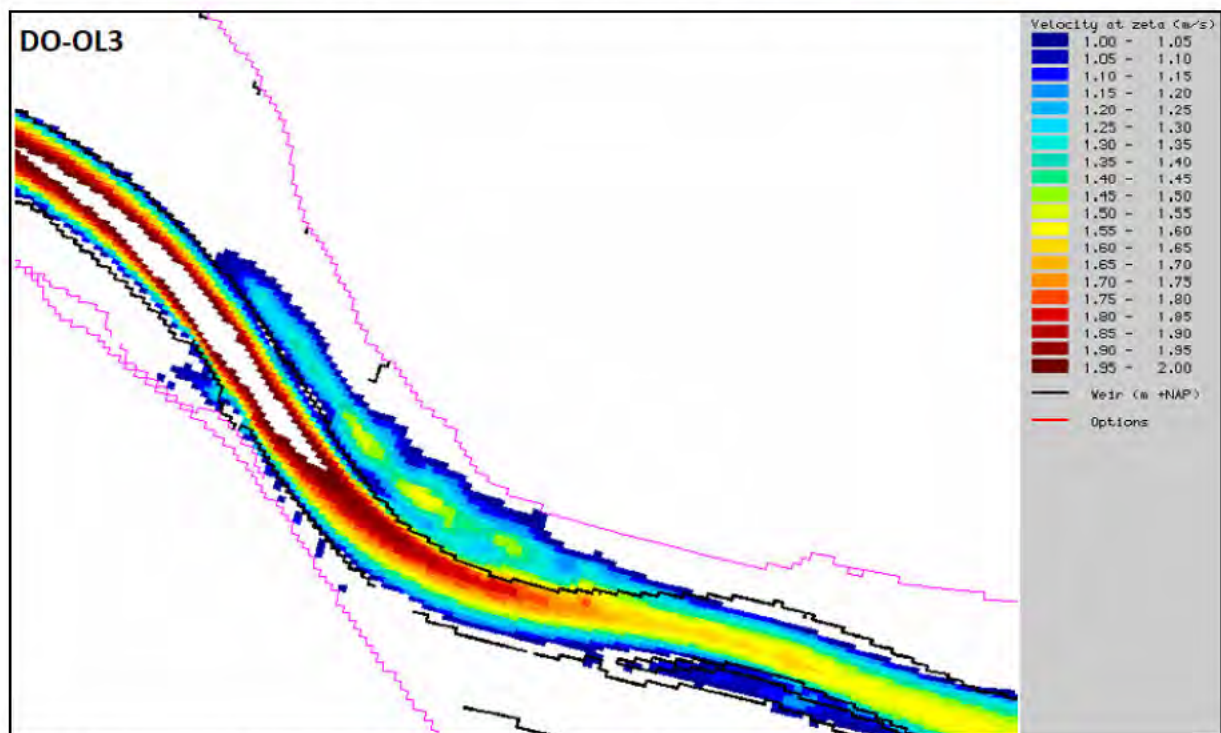
Figuur 9-24: Absolute stroomsnelheid (m/s) van het eindbeeld DO in 2D bij een afvoer van 1.500 m³/s te Borgharen



Figuur 9-25: Absolute stroomsnelheid (m/s) van het eindbeeld DO in 2D bij een afvoer van 1.250 m³/s te Borgharen



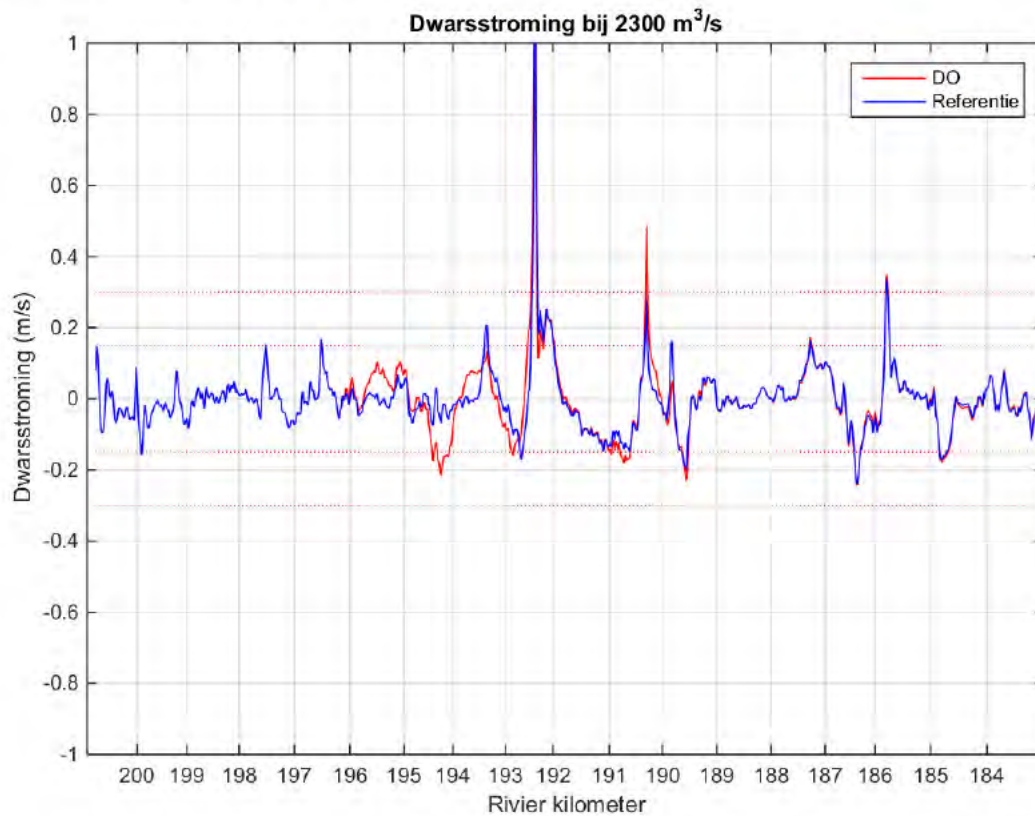
Figuur 9-26: Stroomsnelheid (m/s) langs de dijken binnen de referentiesituatie bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen

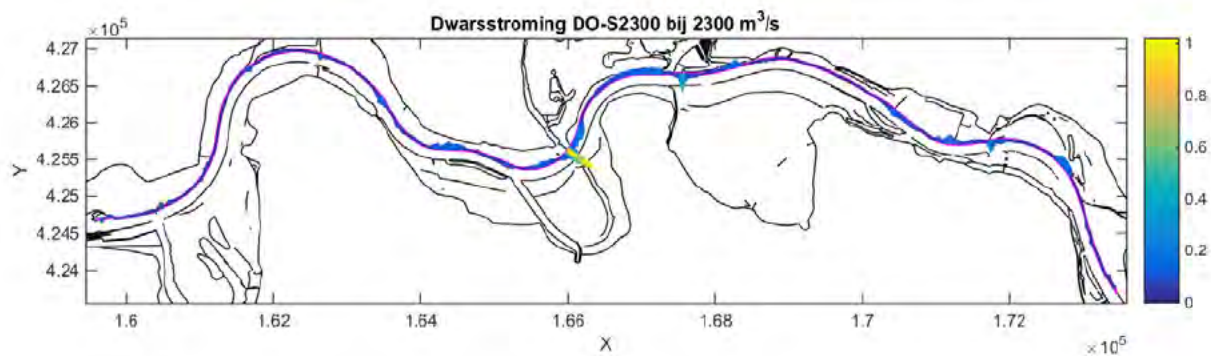
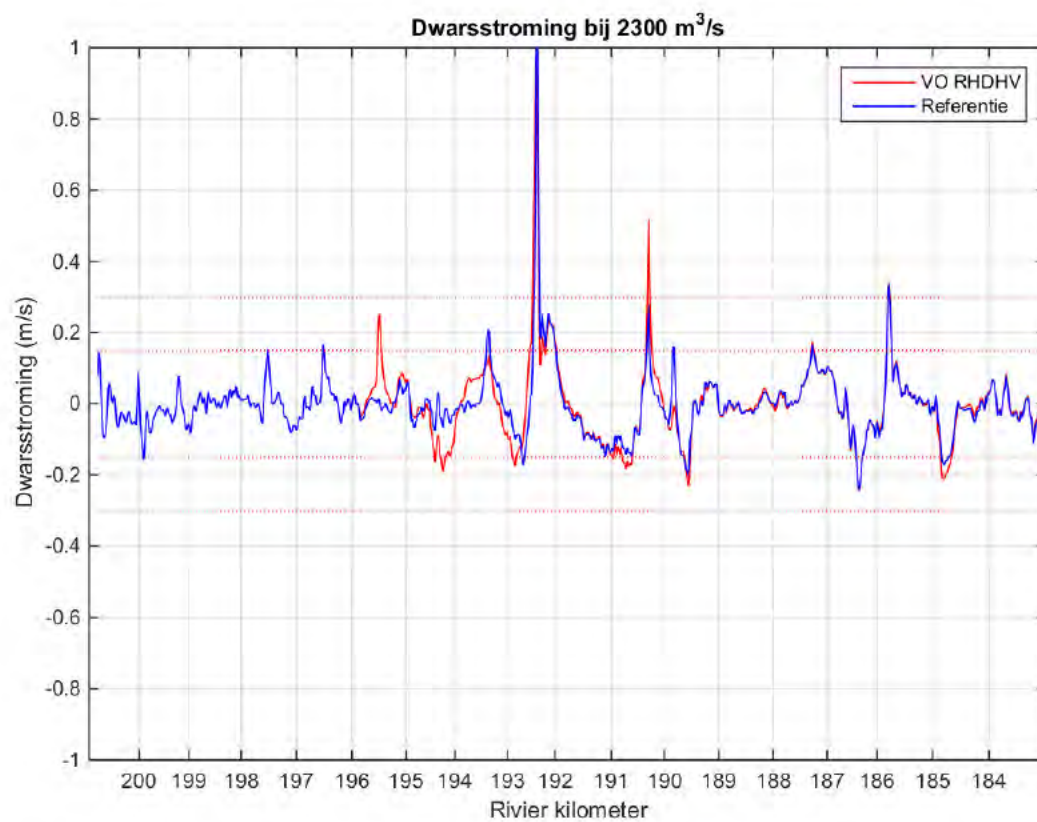


Figuur 9-27: Stroomsnelheid (m/s) langs de dijken binnen het eindbeeld DO bij een afvoer van 4.118 m³/s te Borgharen

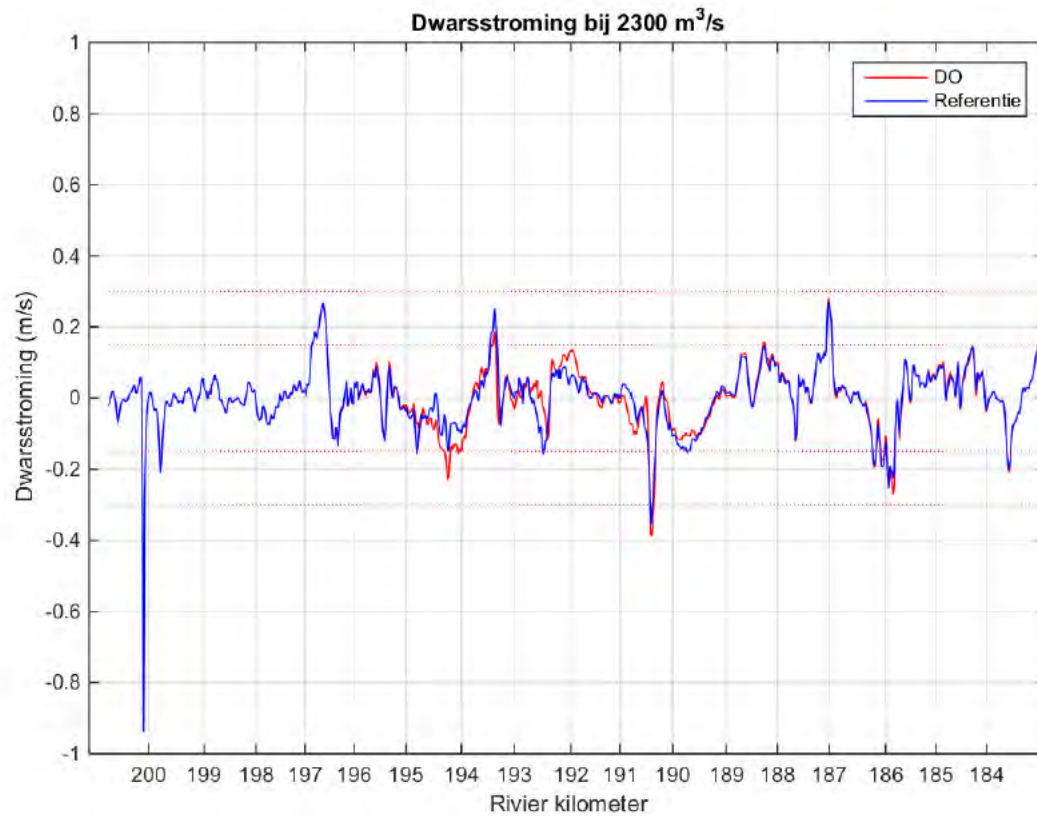
APPENDIX 4. FIGUREN DWARSSTROMING EIDNBEELD DO

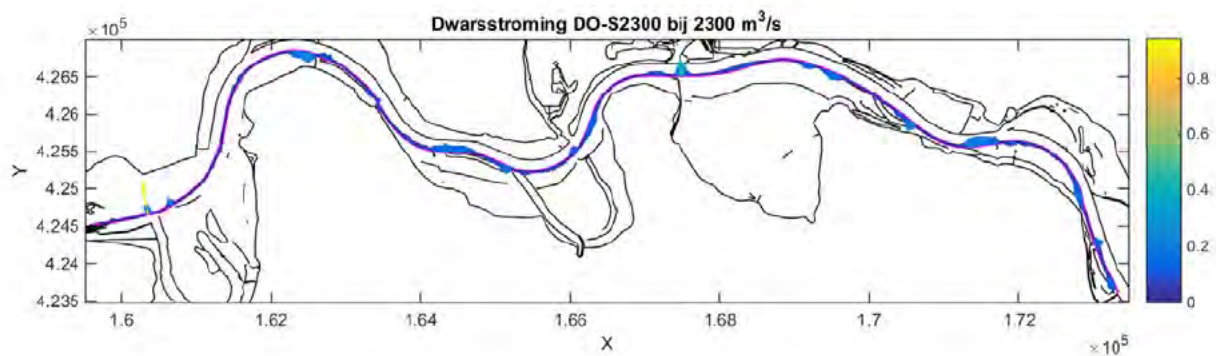
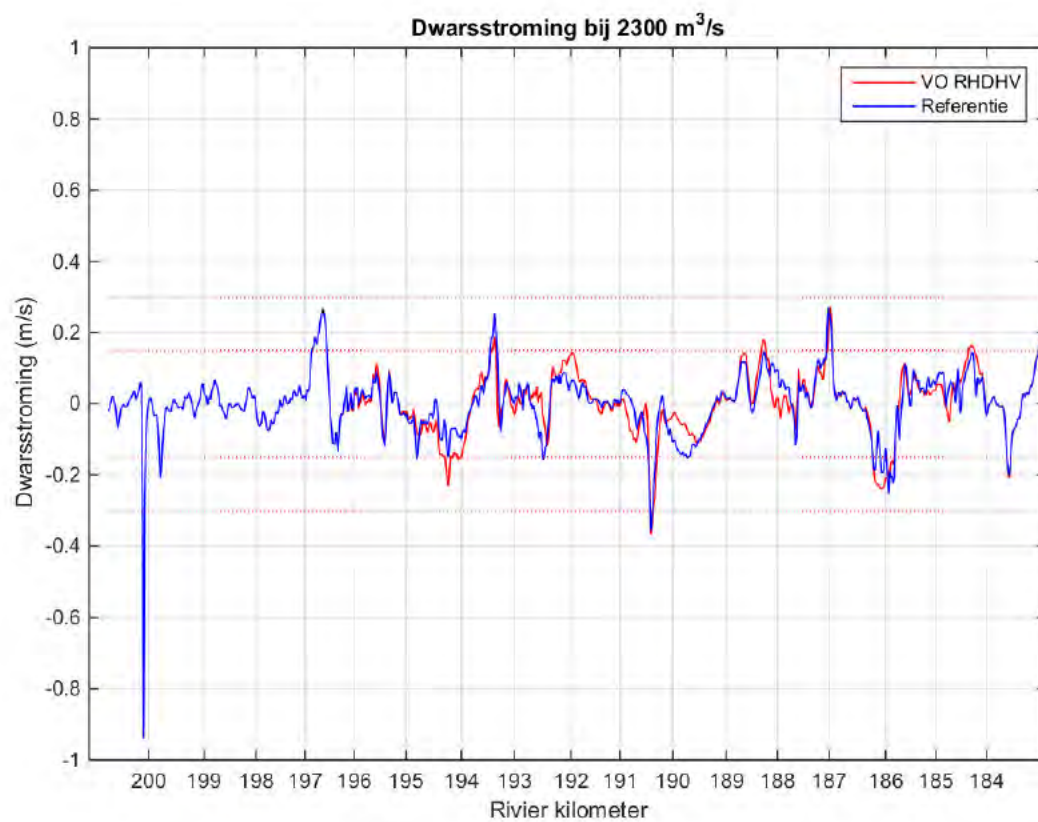
Noordoever: 2.300 m³/s (1 / 10 jaar)



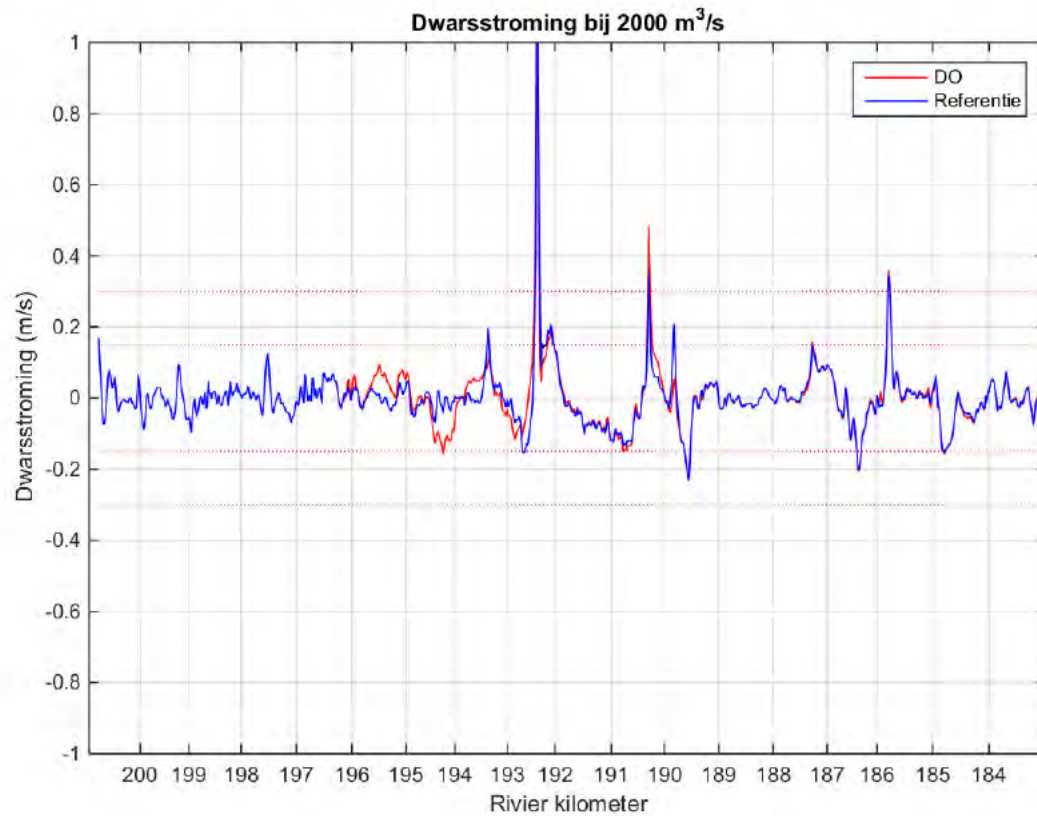


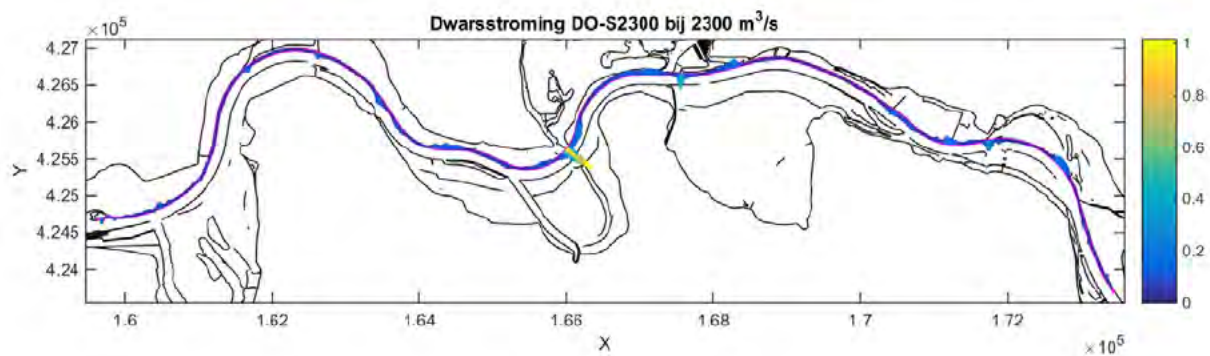
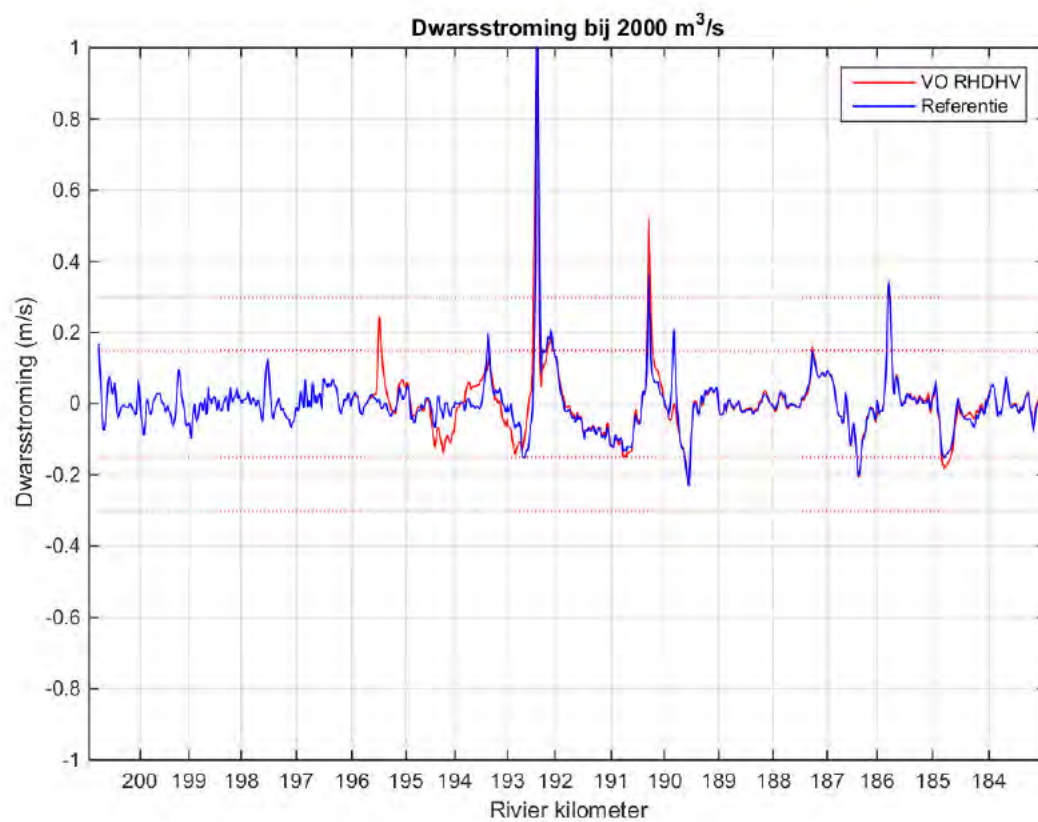
Zuidoever: 2.300 m³/s (1 / 10 jaar)



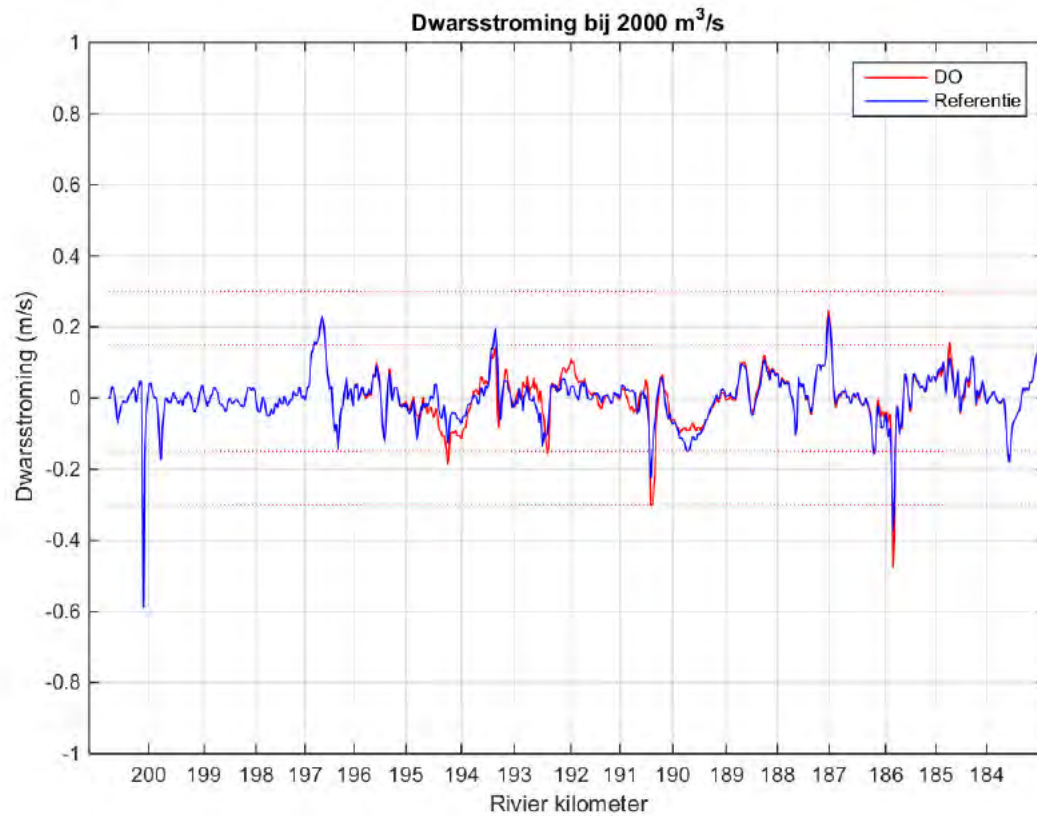


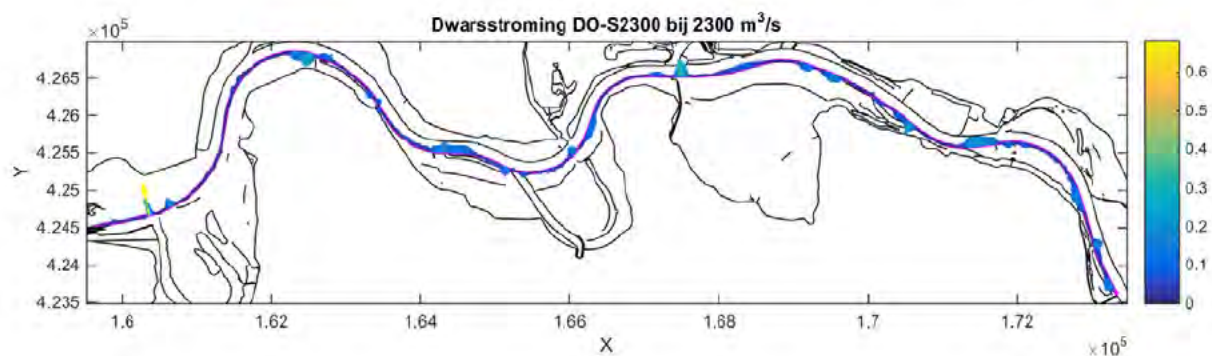
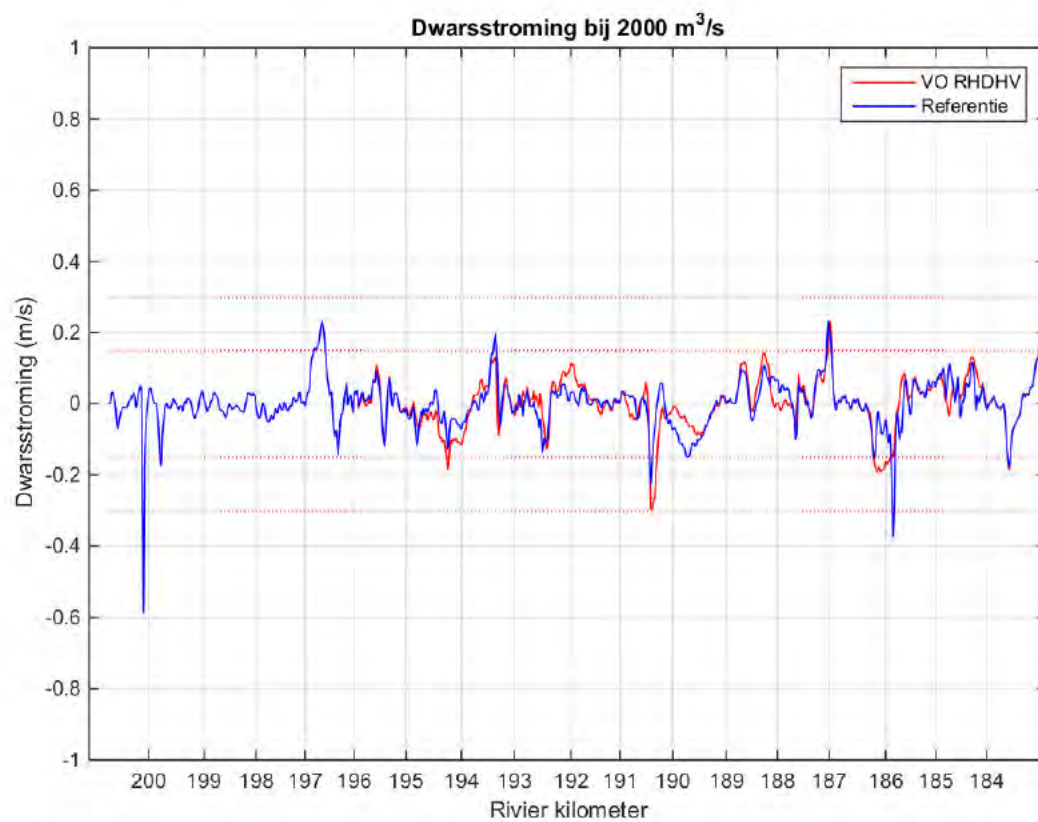
Noordoever: 2.000 m³/s (1 / 5 jaar)



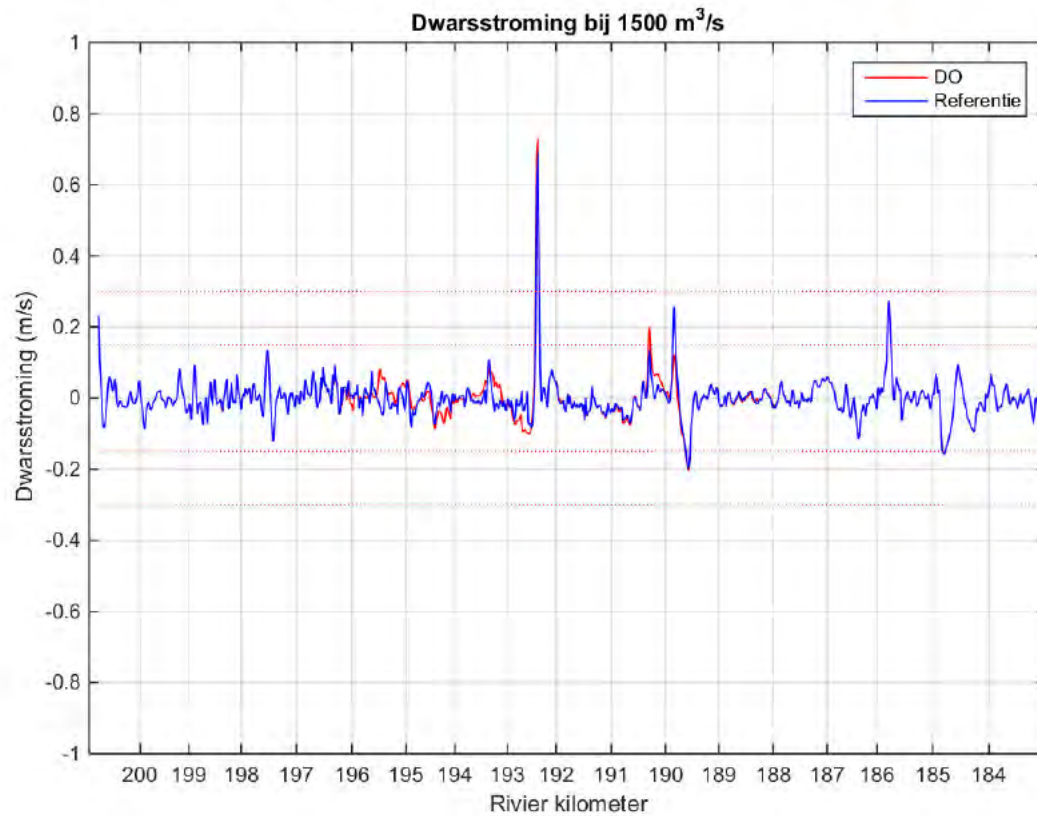


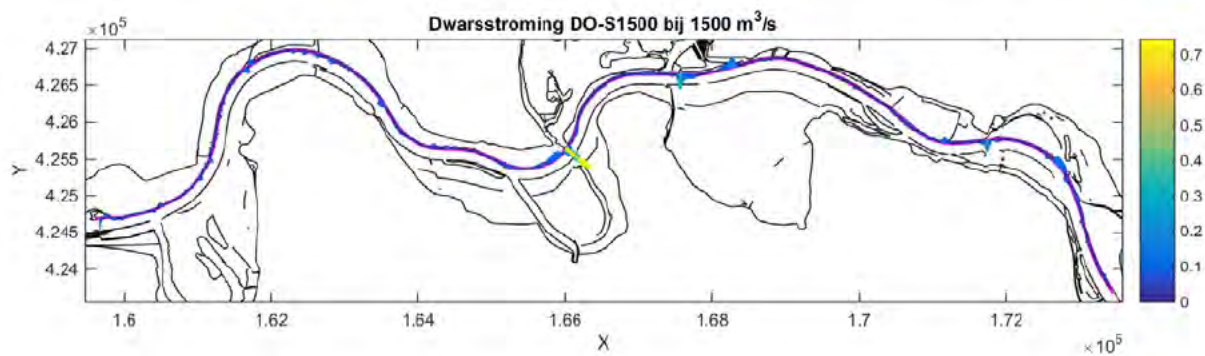
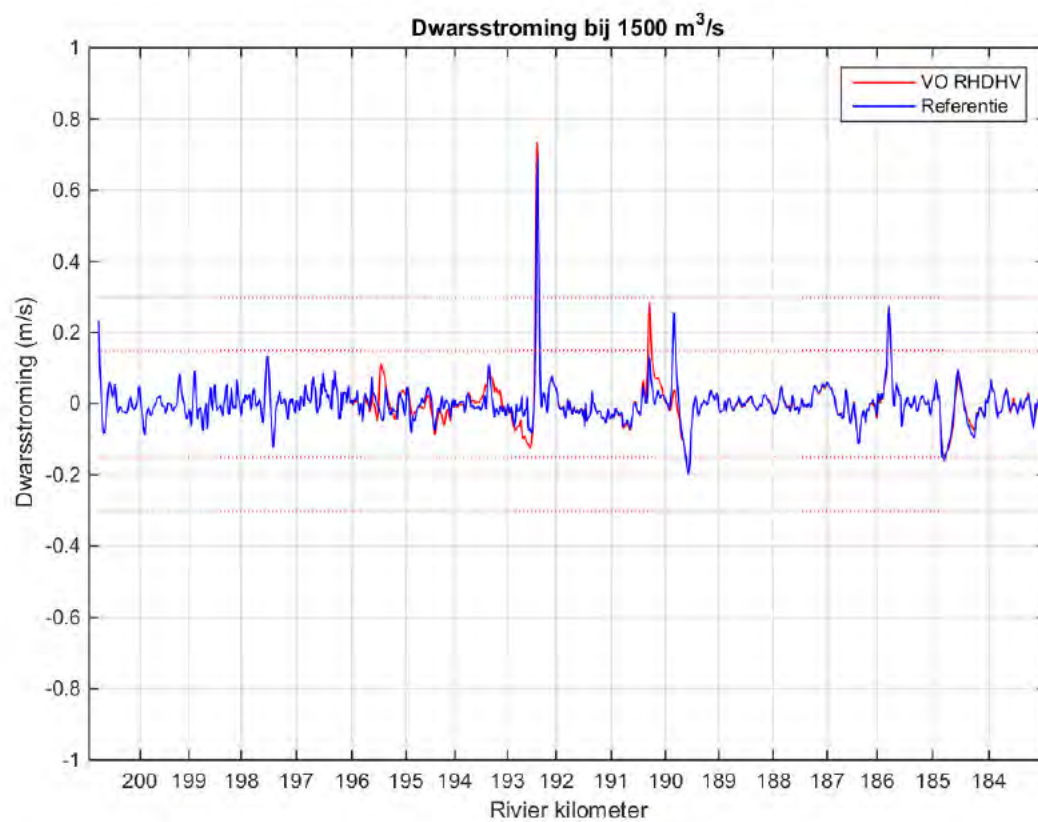
Zuidoever: 2.000 m³/s (1 / 5 jaar)



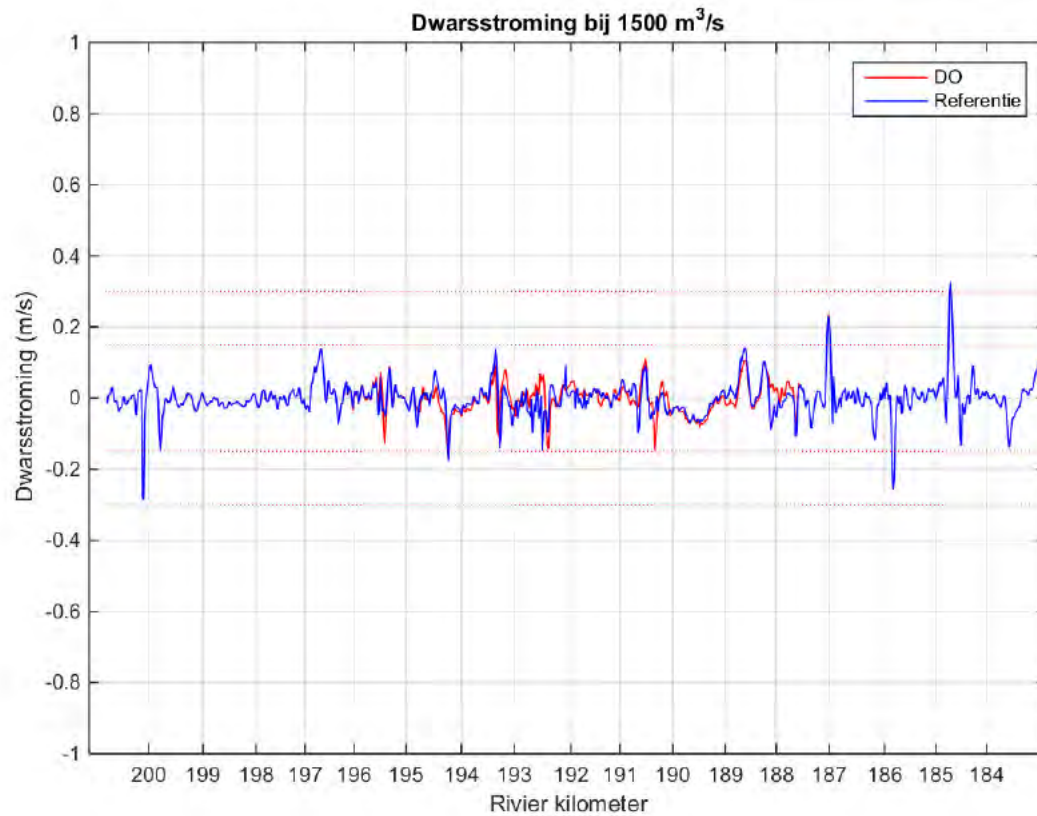


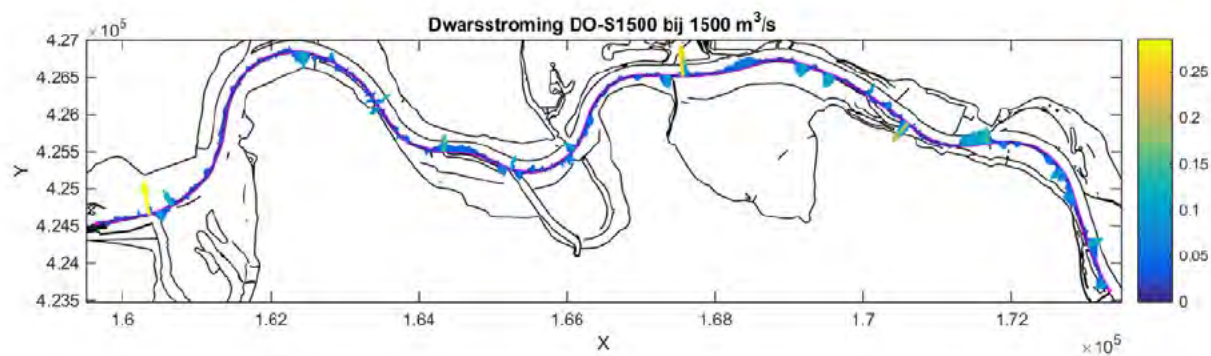
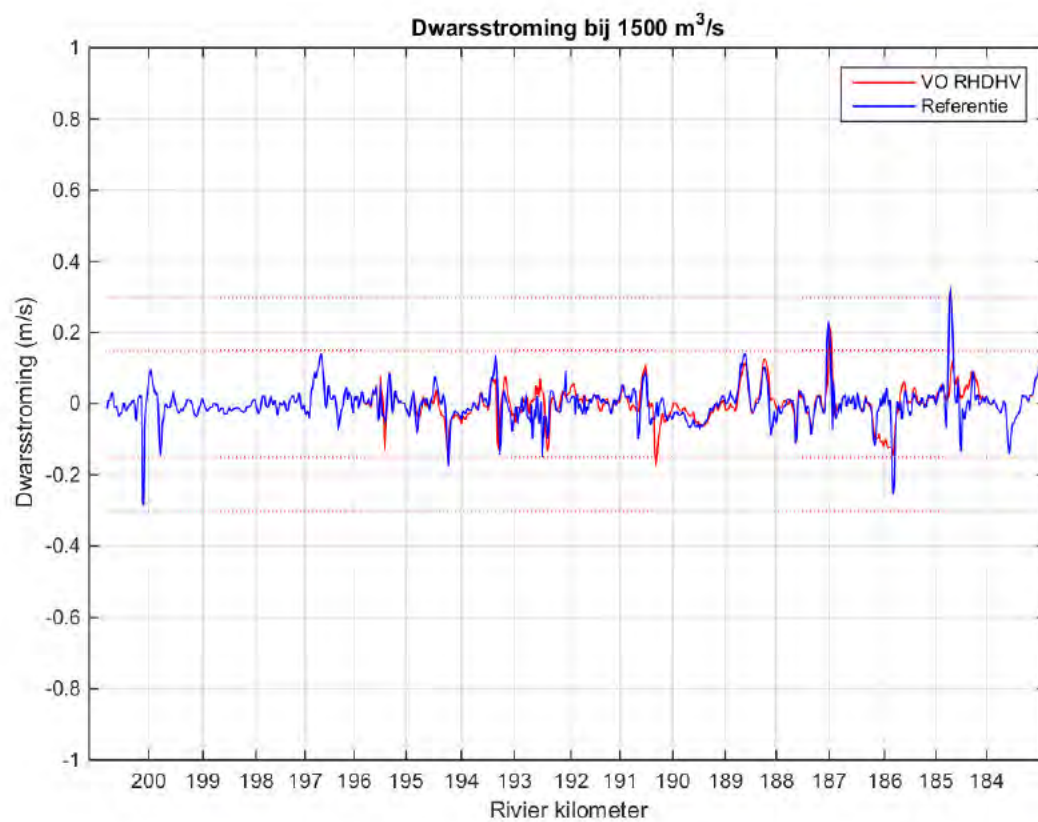
Noordoever: 1.500 m³/s (2d / jaar)



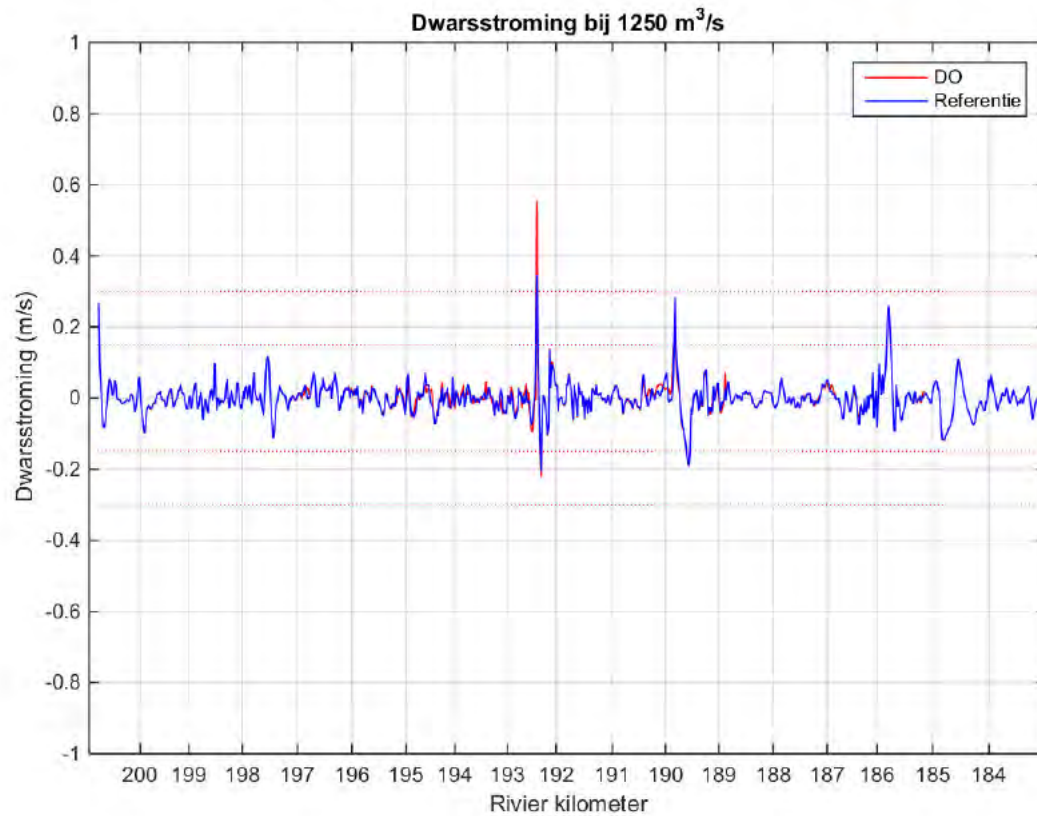


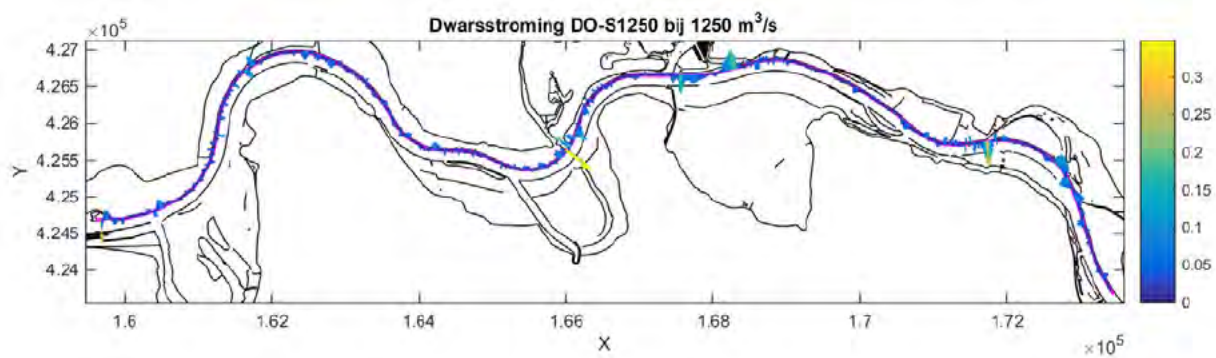
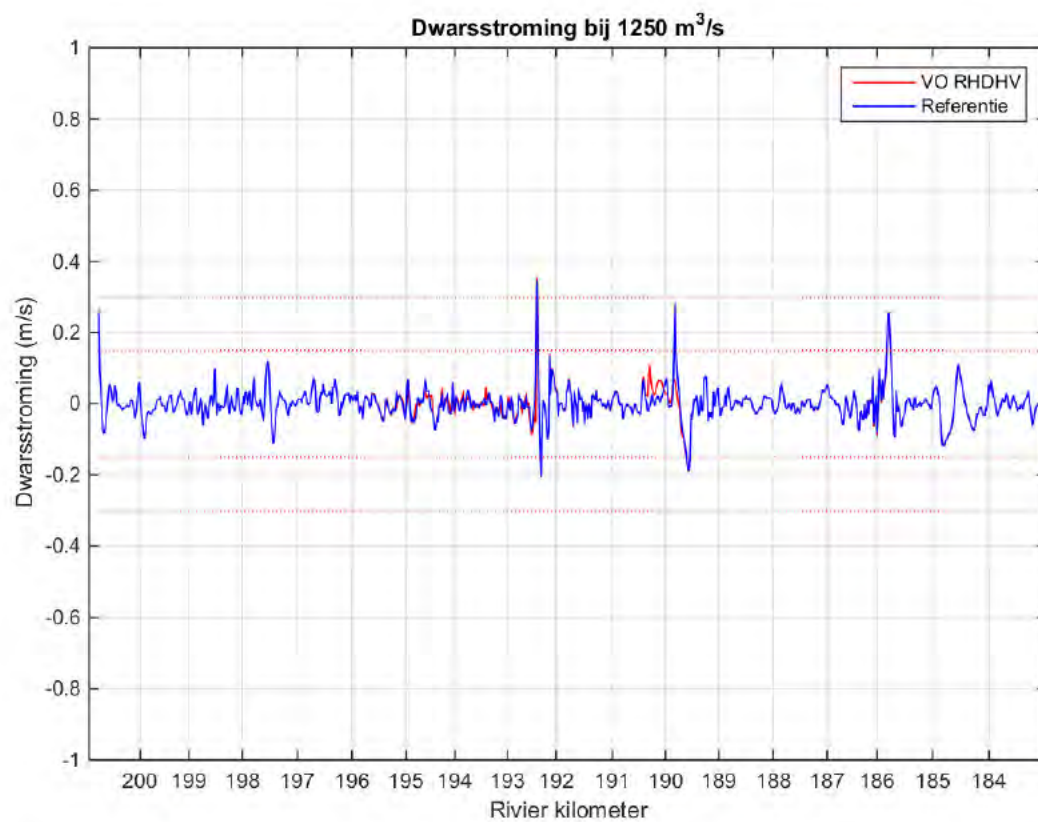
Zuidoever: 1.500 m³/s (2d / jaar)



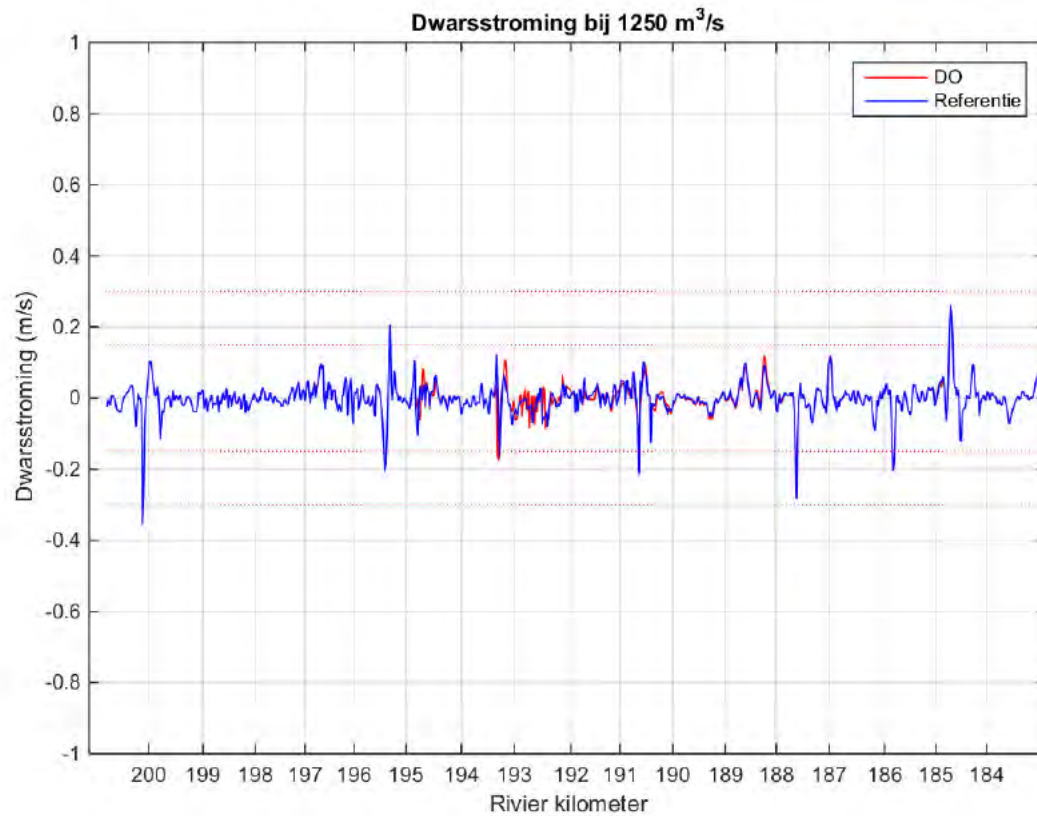


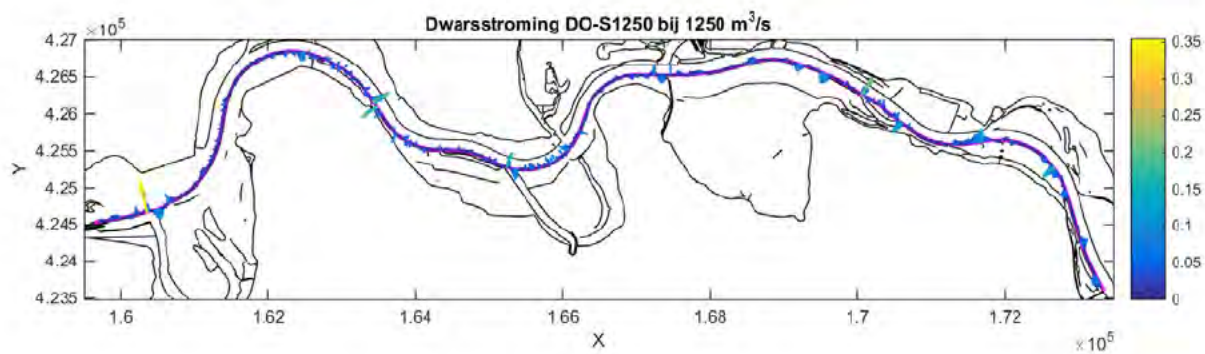
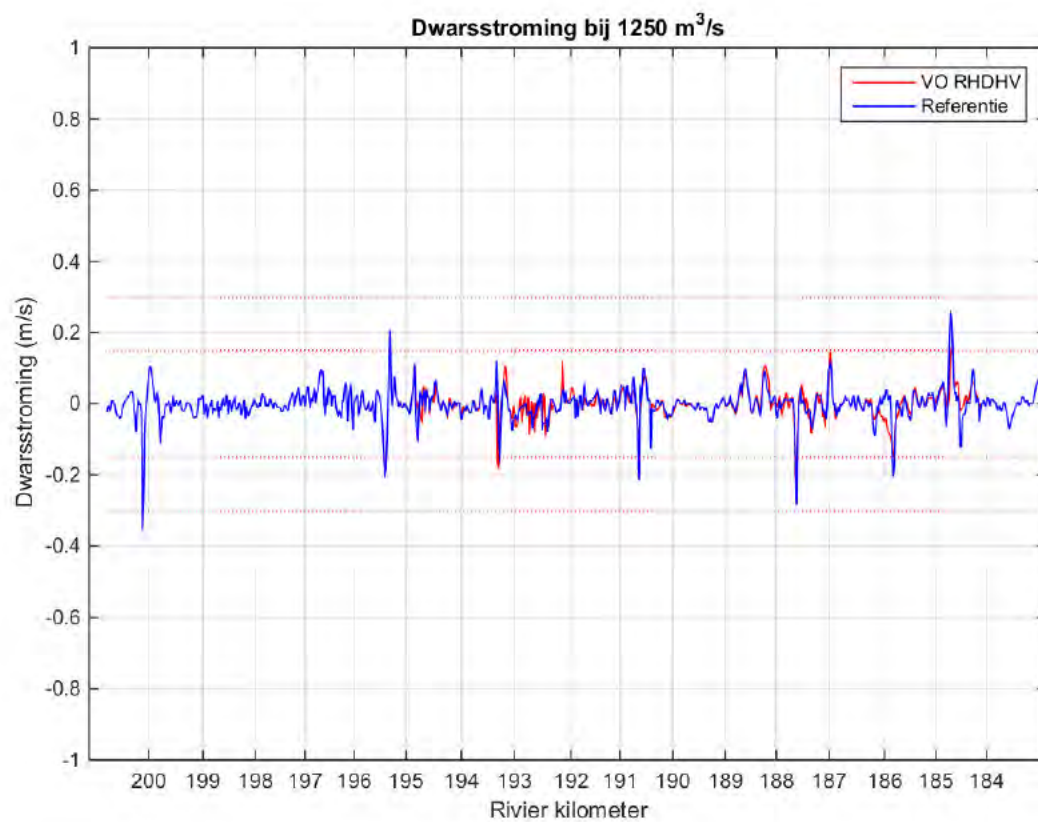
Noordoever: 1.250 m³/s (4d / jaar)





Zuidoever: 1.250 m³/s (4d / jaar)





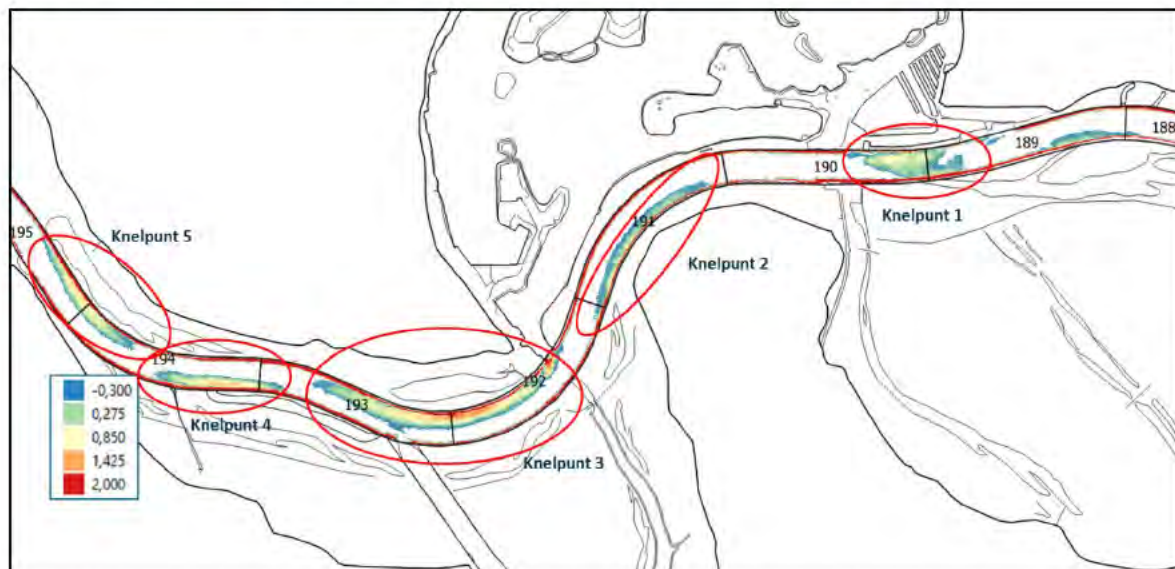
APPENDIX 5. EISENVERIFICATIE

Code	Naam	Eistekst & evt. toelichting	Verificatie
SES-00092	(Topeis) Buitendijks watersysteem, Water afvoeren in relatie tot waterstand	De Maas dient zodanig water af te voeren dat bij een maatgevend debiet van 4118 m ³ /s ter hoogte van Borgharen de waterstand met 14,0 cm is verlaagd op rivierkilometer 184 t.o.v. de aanvangssituatie, zonder vermindering van het waterbergend volume.	Het DO levert waterstandsvaling van meer dan 14 cm op rkm 184, zie [3]. Door grootschalige maaiveldverlagingen en aanbrengen van KRW geulen is het waterbergend volume toegenomen.
SES-00093	Buitendijks watersysteem, waterstandsverhoging langs dijk	De waterstandsverhoging langs de Dijk dient bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie te zijn bepaald en akkoord te zijn bevonden door de waterkeringbeheerder (waterschap Aa en Maas en Waterschap Rivierenland).	Langs de Gelderse waterkering vindt de maximale opstuwing plaats van 38 mm. Langs de Brabantse waterkering vindt een opstuwing plaats van 30 mm. Een opstuwing van meer dan 30 mm komt voor over een lengte van 200 meter. Opstuwing van meer dan 20 mm over een lengte van 460 meter. Aan Gelderse zijde is dit een optimalisatie t.o.v. VO (52 mm). Door WSRL is geen waarde genoemd over de te behalen reductie. Het betreft een inspanningsverplichting. Met de optimalisaties is aan de inspanningsverplichting voldaan. Aan Brabantse zijde wordt de opstuwing opgevangen binnen de dijkversterkingsopgave die tevens onderdeel is van dit project..
SES-00094	Buitendijks watersysteem, stroombeeld	Veranderingen in stroomsnelheid en stroomrichting in de uiterwaard dienen voor een of meerdere afvoeren te zijn bepaald en akkoord te zijn bevonden door RWS.	De stromingsdynamiek neemt toe. Dit past bij de natuurlijke inrichting. De ontworpen bodem- en oeverbescherming voorkomen negatieve effecten.
SES-00095	Buitendijks watersysteem, dwarsstroming in vaarweg	De aanpassingen in de uiterwaarden mogen niet resulteren in een absolute dwarsstroming in de vaarweg groter dan: - 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet groter dan 50 m ³ /s. Of het moet aantoonbaar zijn dat de toename padbreedte van een schip t.g.v. dwarsstroom kleiner is dan ½B; - 0,3 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet kleiner dan 50 m ³ /s	De dwarsstromingseffecten aan de rand van het zomerbed hebben geen negatieve gevolgen voor de navigatie van scheepvaart. De resultaten zijn besproken met de nautisch adviseur van RWS-ZN. Men ziet geen knelpunten voor scheepvaart qua dwarsstroming als gevolg van het project.
SES-00096	Buitendijks watersysteem, minimaal bodemniveau zomerbed	Het Systeem Meanderende Maas Ravenstein-Lith dient niet te leiden tot erosie van het zomerbed tot lager dan het minimale bodemniveau benodigd voor de stabiliteit van constructies en kruisende kabels en leidingen	Het project Meanderende Maas leidt vooral tot aanzanding en niet tot erosie van het zomerbed. Er zijn geen problemen voorzien met K&L in het zomerbed. Er ligt een kabel bij kmr 190,8 en 192,5. Bij 190,8 is beperkte erosie zichtbaar.

			Bij 192,5 is aanzanding zichtbaar. De erosie in zomerbed is dusdanig beperkte omvang (0,1 - 0,2 m) dat er geen invloed is op stabiliteit constructies.
SES-00097	Buitendijks watersysteem, sedimentlast zomerbed	Het Systeem Meanderende Maas Ravenstein-Lith dient niet te leiden tot extra sedimentlast (baggerbezwaar) in het zomerbed. Het DO dient zodanig te zijn geoptimaliseerd dat de morfologische effecten in de vaarweg van het DO zijn afgenomen ten opzichte van de effecten van het VO. De sedimentlasten dienen acceptabel te zijn voor de vergunningverlener.	Het project leidt tot aanzanding in het zomerbed. Door ontwerpoptimalisaties naar het DO toe is het baggervolume met 20% gereduceerd t.o.v. het VO. Het jaarlijkse extra baggervolume bij het DO bedraagt circa 10.753 m ³ . Dit effect is beperkt ten opzichte van de huidige situatie. In huidige situatie is ook al een baggeropgave omdat de vaarweg niet op diepte is. Heel nauwkeurig zijn de getallen niet. Er zijn grote onzekerheden rond de sedimenttoevoer in de Maas, de grootte van de sedimentdeeltjes en vanwege het feit dat de Maas gestuwd is.
SES-00098	Buitendijks watersysteem, hinder baggerwerkzaamheden	Het Systeem Meanderende Maas Ravenstein-Lith dient niet te leiden tot meer hinder door baggeren/ terugstorten.	De rivierverruimende maatregelen van Meanderende Maas zullen onvermijdelijk leiden tot een toename in het baggerbezwaar. Uit de beoordeling van de morfologische effecten op het zomerbed blijkt dat er aanzanding gaat optreden welke op sommige knelpunten tot een verminderde diepgang zal leiden binnen de vaarweg. In het DO zijn een aantal optimalisaties doorgevoerd om deze aanzanding te minimaliseren. De overgebleven aanzanding op deze knelpunten zal gemitigeerd moeten worden d.m.v. baggeren.
SES-00099	Meander(zone), beheerskosten nevengeul	De beheerskosten voor het baggeren van nevengeulen dient acceptabel te zijn. Het DO dient zodanig te zijn geoptimaliseerd dat de morfologische effecten in de vaarweg van het DO zijn afgenomen ten opzichte van de effecten van het VO. De beheerskosten dienen acceptabel te zijn voor de vergunningverlener en beheerder. Resterende effecten dienen te worden gemitigeerd.	De nevengeulen zijn op een robuuste manier ontworpen, zodat aanzanding niet snel tot een afname van natuurlijke functies leidt. Hierdoor is grootschalig onderhoud pas op lange termijn vereist. De geulen zijn met voldoende waterdiepte ontworpen zodat grootschalig onderhoud niet nodig is binnen een periode van 25 tot 50 jaar. De gemiddelde geuldiepte van de geulen in de Lelyzone kan in een dergelijke periode met grofweg 0,5 m afnemen. Voor de meander De Waarden (m.u.v de opening) is dit geringer en voor Meander DU is dit helemaal gering.
SES-00299	Buitendijks watersysteem,	Bij de aanleg van meanders en (neven)geulen dient een	De meanders en geulen zijn zo ontworpen dat binnen een periode

	Beheerruimte meanders en geulen	bandbreedte van de toegestane aanzanding/dichtslibbing te worden vastgesteld. Er dient een beheerruimte bepaald te worden voor de aanleg van maatregelen die ervoor zorgt dat de maatregel zijn doelstelling nog vervult gedurende de levensduur van deze maatregel. Het betreft hier zowel de diepte als de breedte van de maatregelen. Onderscheid in aanlegprofiel (met overmaat) en interventieprofiel, het moment waarop ingegrepen moet worden, uitgaande van behoud van de functie. Het functioneren van de geul wordt bepaald door een drietal parameters: (1) Watervolume, (2) Waterdiepte en (3) meestroomfrequentie. Voor deze drie parameters dient conform H7 van rapport "Grip op nevengeulen" bepaald worden wat de interventieniveaus zijn. Opdrachtnemer moet deze eis in DO-fase met Opdrachtgever, Team Uiterwaarden (RWS) en Team KRW (RWS) gezamenlijk uitwerken.	van 25 tot 50 jaar de beoogde functionaliteit niet verloren zal gaan. Tot die tijd is grootschalig onderhoud niet te verwachten. Binnen dergelijk periode kan de waterdiepte met 0,5 meter afnemen. Dit leidt niet tot verlies van functie.
--	--	---	---

APPENDIX 6. KNELPUNTLOCATIES MORFOLOGIE



Figuur 9-28: Aanzanding binnen de vaarweg (DO). Hoogte in meter t.o.v. NAP. Rode cirkels geven de knelpunten aan.

Figuur 9-26 geeft de volumes van de totale aanzanding in het zomerbed weer en de hoeveelheid aanzanding daarvan binnen de vaarweg t.o.v. de huidige situatie (ref). Dit betreft dus de lange termijn evenwichtssituatie na meer dan 50 jaar in geval van voldoende sediment aanbod. Uit de resultaten blijkt dat het totale netto aanzanding en erosie effect in het zomerbed binnen het DO licht afneemt t.o.v. het VO. De netto aanzanding binnen de vaarweg neemt bij het DO licht toe t.o.v. het VO. In tabel 9-1 zijn in rood de rivierkilometers weergegeven waar de grootste aanzandingseffecten plaatsvinden en wat daarvan de primaire oorzaak is.

Tabel 9-1: Lange termijn evenwichtssituatie Aanzanding / erosie per rivierkilometer, rood geven de grootste aanzandingseffecten weer

kilometer	Totale aanzanding in zomerbed		Aanzanding binnen vaarweg		Primaire oorzaak aanzanding
	VO	DO	VO tov Ref	DO tov Ref	
	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	
183	67,798	63,480	-0	-0	
184	72,691	71,537	-3,271	-1,248	
185	83,504	84,355	-2,880	-4,425	
186	69,946	73,676	-618	-1,558	
187	61,358	59,826	-26	-48	
188	54,938	56,267	-38	-39	
189	67,182	64,742	269	-441	
190	77,905	74,374	9,713	5,101	Drempel Appeltern
191	68,905	68,274	-4,414	-4,401	
192	103,044	103,081	23,592	23,838	Verruimen Lelyzones
193	116,718	113,843	25,567	24,279	Verruimen Lelyzones
194	107,296	112,613	14,933	21,262	Geul MBW
195	82,918	76,003	4,035	5,643	Geul MBW
196	57,588	55,949	-5	-5	

197	54,420	54,043	-	-	
198	70,224	69,793	-	-	
199	59,386	58,248	-	-	
Totaal	1,275,820	1,260,104	78,109	79,682	

Figuur 9-26 toont de verschillende knelpunten op het gehele traject rkm 189 – rkm 195 die in theorie op de lange termijn (in geval van voldoende sedimentaanbod) kunnen ontstaan. Onderstaand zijn deze knelpunten individueel beschreven en is toegelicht welke optimalisaties zijn doorgevoerd om de knelpunten te reduceren.

Knelpunt 1: rkm 189 & 190 (Drempel Appeltern)

Direct aangrenzend aan Drempel Appeltern bevindt zich in de huidige situatie aan de zijkant van het zomerbed al een ondiepte in de vaarweg. Dit bestaande knelpunt wordt versterkt doordat in het VO-aanzandingseffecten binnen de vaarweg plaatsvinden over de gehele breedte van het zomerbed. Deze effecten worden binnen het DO flink verminderd. Binnen het VO en het DO is de Diedensche Uiterdijk op veel plaatsen verruimd. Hierdoor stroomt er meer water vanuit het zomerbed de Diedensche Uiterdijk in. Grote hoeveelheden hiervan stromen pas bij de veerstoep Megen weer terug in het zomerbed. Hierdoor worden de sedimentatie effecten ter hoogte van de Drempel Appeltern verder versterkt. In het DO is dit al geoptimaliseerd t.o.v. het VO door een ruiger vegetatiebeeld. Overige optimalisaties die binnen het DO nog doorgevoerd zijn om de effecten op knelpunt 1 te optimaliseren zijn:

1. Reduceren maaiveldverlaging in DU deel A (vanwege archeologische beperking)
2. Terugbrengen historische hegstructuur in DU

Deze optimalisaties leiden ertoe dat het stroombeeld in de DU wijzigt bij de afvoeren die relevant zijn voor de morfologische analyse. Hierdoor stroomt er minder water de DU in waardoor er meer water in het zomerbed blijft. Hierdoor worden de aanzandingseffecten geoptimaliseerd. Deze optimalisaties veroorzaken echter wel een verlies van de waterstandsval op rkm 184 van 2 mm.

Knelpunt 2: rkm 191

In de huidige situatie is op deze rivierkilometer een knelpunt gesitueerd in de binnenbocht van het zomerbed. Binnen het VO en het DO is dit knelpunt geoptimaliseerd, doordat hier ter plaatse erosie effecten optreden. Het knelpunt neemt daarmee af in het DO t.o.v. de huidige situatie.

Knelpunt 3: rkm 192 & 193 (Lelyzones De Waarden)

Wederom bevindt zich hier in de binnenbocht van de huidige situatie een bestaand knelpunt. Door aanzandingseffecten is dit knelpunt binnen het VO flink versterkt. Dit wordt veroorzaakt door de grootschalige rivierverruiming binnen de Lelyzones (aangrenzend aan het zomerbed). Binnen de Lelyzones is het maaiveld verlaagd en worden verschillende geulen aangelegd. Hierdoor stroomt het water minder geconcentreerd door het zomerbed, met dus sedimentatie effecten tot gevolg. Daarnaast is in de uiterwaard van De Waarden een geul voorzien welke nog eens extra water trekt vanuit het zomerbed. Met verdere sedimentatie effecten in het zomerbed tot gevolg. Binnen het DO is dit geoptimaliseerd door De Waarden te verruigen. Door het toevoegen van grote oppervlaktes bos en riet en ruigte is deze uiterwaard (en de geul daarin) minder toegankelijk om mee te stromen.

Knelpunt 4: rkm 194 (Lelyzones Ossekamp)

Ook hier bevindt zich in de huidige situatie een knelpunt in de binnenbocht van het zomerbed. Dit knelpunt is binnen het VO versterkt doordat ook binnen de Lelyzone van de Ossekamp rivierverruiming heeft plaatsgevonden. Hier is wederom het maaiveld verlaagd en zijn geulen voorzien. Dit zorgt ervoor dat het water minder geconcentreerd door het zomerbed stroomt, met aanzanding tot gevolg. Het beeld binnen het DO is vergelijkbaar.

Knelpunt 5: rkm 194 & 195 (Geul MBW)

Wederom bevindt zich hier in de huidige situatie in de binnenbocht van het zomerbed al een knelpunt. Dit knelpunt is binnen het VO versterkt door de geul Maasbommel West aan de Gelderse zijde van het zomerbed. Deze geul onttrekt grote hoeveelheden water aan het zomerbed, waardoor binnen de hoogwaterreferentie een flinke waterstandsaling gerealiseerd kan worden. De geul MBW levert een belangrijke bijdrage aan de waterstandsdoelstelling en aan de KRW doelstelling. De keerzijde hiervan is dat zelfs bij de lagere afvoeren die relevant zijn voor morfologie grote debieten aan het zomerbed worden onttrokken door de geul. Dit heeft aanzanding tot gevolg in het zomerbed. De aanzandingseffecten worden binnen het DO nog eens versterkt doordat de geul MBW verder geoptimaliseerd is om additionele waterstandsaling te bewerkstelligen.

In het DO is het ontwerp van het benedenstroomse einde van geul Maasbommel West gewijzigd om een potentieel probleem i.r.t. eigendomssituaties voor te zijn. Hierdoor wordt het waterstandsverlagende effect van de geul Maasbommel West flink verminderd. Om te zorgen dat deze geul toch voldoende bijdrage kan leveren aan de waterstandsdoelstelling is aan het benedenstroomse einde van de geul een maaiveldverlaging (naar NAP+ 5,4m) over een lengte van ca. 500 meter opgenomen in het ontwerp. Gezamenlijk resulteren deze twee aanpassingen in een opstuwende werking van 6 mm. Deze ontwerpwijziging heeft een positief effect op de morfologie. Doordat het uiteinde van de geul smaller wordt, stroomt er minder water door de geul en meer door het zomerbed. Dit heeft tot gevolg dat de aanzanding in het zomerbed ter plaatse van de uitstroom van de geul wordt verminderd.

Discussie afvoeren vs betrekkinglijnen

Een punt van discussie die belangrijk is bij het beschouwen van de aanzandingseffecten en de analyse die daarvoor uitgevoerd is, zijn de afvoeren die gebruikt zijn voor het doorrekenen van het WAQUA-deelmodel.

In het TUN Rivier [4] is met RWS-ZN afgesproken en vastgelegd om met de afvoeren van 1.500, 2.000 en 2.300 m³/s te rekenen op de bovenstroomse rand van het deelmodel. In werkelijkheid zijn deze afvoeren ter plaatse van de bovenstroomse rand van het deelmodel lager, door het effect van topvervlakking. Hierdoor komen de door WAQUA berekende waterstanden niet overeen met de betrekkinglijnen van de Maas zoals deze door RWS-ZN zijn uitgegeven.

Volgens de betrekkinglijnen van de Maas, hoort Geul MBW niet mee te stromen bij een afvoer van 1.470 m³/s te Borgharen. De randvoorwaarden die conform TUN op het deelmodel worden opgelegd zijn dus niet realistisch en dat resulteert erin dat bij de WAQUA-berekening met een afvoer van 1.500 m³/s de Geul MBW wel meestroomt. Zie tabel 8-2 hieronder voor de betrekkinglijnen (grijs is hoger dan 5,4m+NAP). Hierdoor wordt het aanzandingseffect binnen de WAQMORF-analyse niet met de juiste randvoorwaarden bepaald. Hierdoor kan het aanzandingseffect op rkm 193 – 196 worden overschat.

Tabel 9-2: Waterstanden afkomstig uit betrekkingslijnen Maas (grijs is hoger dan 5,4m+NAP)

Het onderstaande tabelletje komt uit de betrekkingslijnen Maas 2019_2020

	Afvoer Borgharen-dorp [m3/s]					
rkm	(1250)	(1470)	1971	2302		
190	5.49	5.78	6.86	7.52		
191	5.37	5.66	6.75	7.40		
192	5.21	5.51	6.67	7.35		
193	5.07	5.34	6.41	7.08		
194	4.92	5.19	6.25	6.92		
195	4.79	5.03	6.06	6.70		
196	4.69	4.93	5.89	6.50		

APPENDIX 7. BETREKKINGSLIJN / WATERSTANDEN

Waterstanden

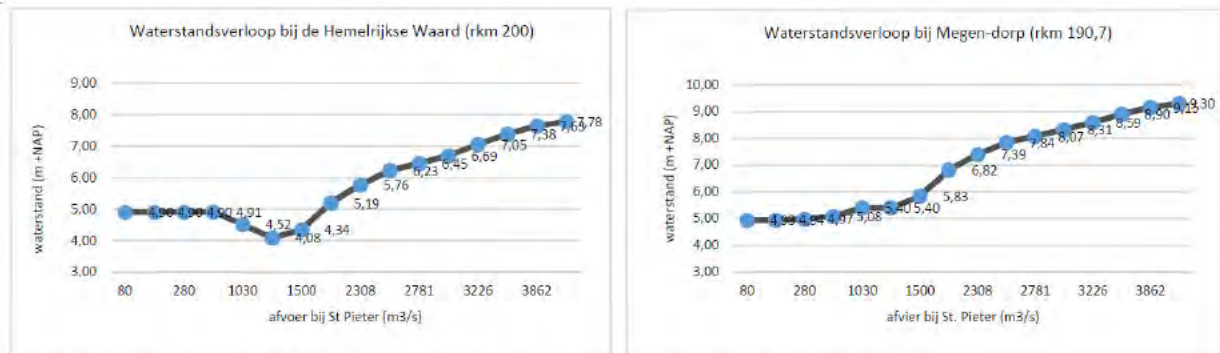
Het projectgebied bevindt zich binnen het traject van de gestuwde Maas. Tabel 3 toont de relatie tussen waterstand, rivierkilometer en gemiddelde overschrijdingsfrequentie. Het stuwpeil in projectgebied ligt tussen de NAP+4,90 en 4,95 m. Er zit een licht verhang over het traject, waardoor het peil iets verschilt per rivierkilometer. Daarnaast wordt in de zomer het stuwpeil extra verhoogd (ca. 10 cm) om enige buffer te hebben tegen uitzakken van het peil. Voor gemak wordt in deze rapportage een peil van NAP+ 4,9 m aangehouden als het stuwpeil.

In de praktijk zit er variatie in het actuele stuwpeil welke veroorzaakt wordt door de aanwezigheid van een waterkrachtcentrale naast de stuw. Hierdoor ontstaan bij lage en gemiddelde afvoeren dagelijkse fluctuaties van ca. 10 cm, resulterend in een waterstand tussen de NAP+4,9 en 5,0 m bij Megen.

Aantal dagen/jaar dat waterstand hoger is	268	184	107	45	8	4	2										
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
rkm	Waterstanden in meter boven NAP																
184 (Neerlangel)	4,92	4,95	5,02	5,22	5,86	6,11	6,50	7,60	8,29	8,79	9,04	9,27	9,54	9,82	10,07	10,22	10,34
187 (Dieden)	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
189 (DU)	4,92	4,93	4,98	5,09	5,51	5,58	5,95	7,01	7,67	8,13	8,35	8,58	8,84	9,13	9,38	9,53	9,65
190 (DU)	4,92	4,93	4,98	5,07	5,46	5,49	5,78	6,86	7,52	8,00	8,22	8,45	8,72	9,02	9,27	9,42	9,54
191 (Megen)	4,92	4,93	4,97	5,05	5,38	5,37	5,66	6,75	7,40	7,87	8,09	8,31	8,58	8,88	9,13	9,28	9,41
192 (De Waarden)	4,92	4,93	4,96	5,03	5,25	5,21	5,51	6,67	7,35	7,81	8,03	8,26	8,53	8,83	9,07	9,22	9,35
193 (Kanaal)	4,91	4,92	4,95	5,01	5,15	5,07	5,34	6,41	7,08	7,56	7,79	8,02	8,31	8,62	8,87	9,02	9,15
194 (Ossekamp)	4,91	4,92	4,94	4,99	5,04	4,92	5,19	6,25	6,92	7,39	7,62	7,86	8,16	8,47	8,72	8,88	9,01
195 (MBW)	4,91	4,91	4,94	4,98	4,95	4,79	5,03	6,06	6,70	7,16	7,38	7,60	7,90	8,19	8,44	8,59	8,72

Tabel 3: Waterstanden en herhalingstijden op de Maas in het projectgebied bij verschillende afvoeren o b.v. een gemiddeld verloop van de afvoergolf (bron: Betrekkingslijnen RWS-ZN 2019-2020)

Als de afvoer op de rivier ca. 800 m³/s bereikt wordt de stuw bij Lith gestreken. Het strijken van de stuw gebeurt echter bij lagere afvoeren, dan die corresponderen met een waterstand gelijk aan het stuwpeil (4,90 m +NAP). Hierdoor daalt de waterstand in de Bedijkte Maas eerst, voordat ze weer doorstijgt. Dit effect treedt op tot even benedenstrooms van Megen.



Figuur 9-29: Relatie tussen afvoer en waterstand bij stijgende afvoeren bij Hemelrijkse Waard en bij Megen [12]

APPENDIX 8. RUIMTELIJKE INRICHTINGSKAART EINDBEELD DO EN TUSSENTIJDSE SITUATIE DO

Meanderende Maas, Ruimte voor de rivier

efini eve ver e 4 0, . . l 4 o tobe 2021



L gen a

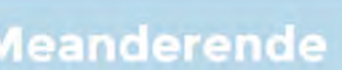
Diede

Machar n

Werk : Planuitwerking Meanderende Maas, Ravenstein -Lith

Onderdeel : Waterschap Aa en Maas

Titel :





Boskalis



Royal HaskoningDHV
Engineering Society Together

HERENDEEL VAN  LANDSCAPSCOLLECTIEF

Besteknr.: SOK MeMa 21-07-2021

Projectnummer: P0032858

Formaat: Tekening nummer

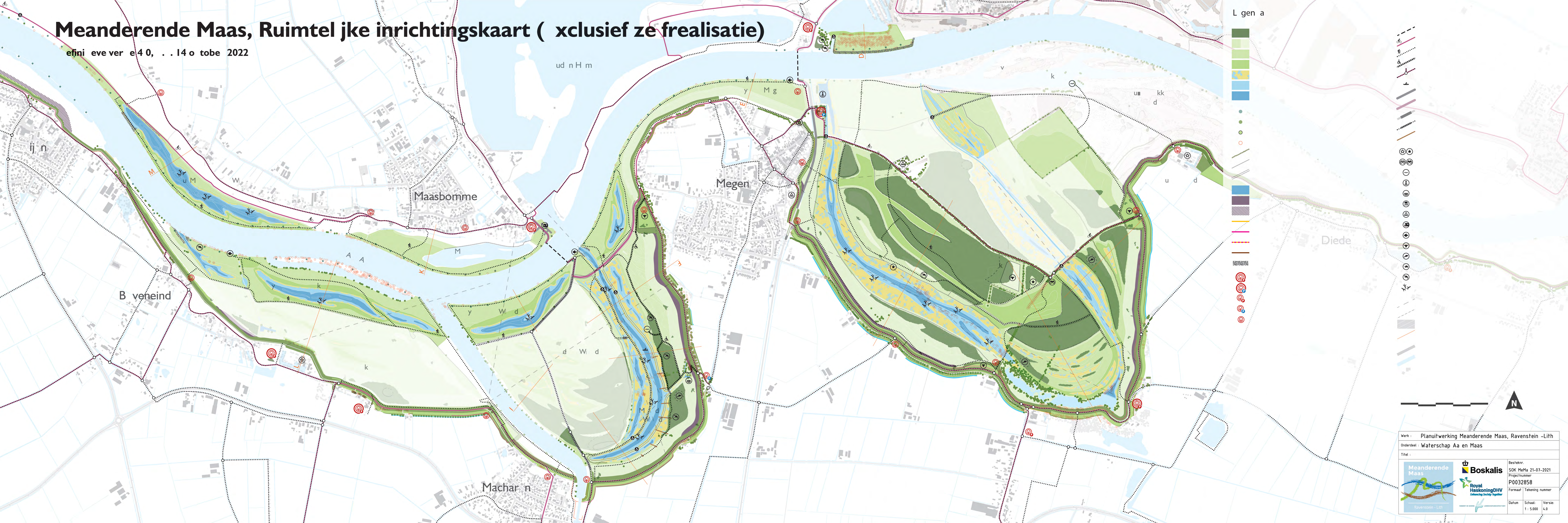
Datum

Schaal: 1 : 5.000

Versie: 4.0

Meanderende Maas, Ruimtelijke inrichtingskaart (exclusief realisatie)

Definitieve versie 4.0, 14 oktober 2022



Legend



Werk: Planuitwerking Meanderende Maas, Ravenstein - Lith	
Onderdeel: Waterschap Aa en Maas	
Titel:	
 Ravenstein - Lith	 Besteknr.: SOK MeMa 21-07-2021 Projectnummer: P0032858 Formaat: Tekening nummer
Datum: 1: 5.000	Versie: 4.0