

# **Rivierkundige beoordeling Dijkversterking Buggenum**

Bepaling van de rivierkundige effecten ten gevolge van afgraven van de langsdam en  
versterken van de primaire kering en bepalen compenserende maatregelen

Definitief – beoordeeld door bevoegd gezag

7 juni 2024

Kratonkade 23

3024 ES Rotterdam

Nederland

T +31 - 10 - 467 13 61

E [office@svasek.com](mailto:office@svasek.com)

I [www.svasek.com](http://www.svasek.com)

Document titel	Rivierkundige beoordeling Dijkversterking Buggenum
	Bepaling van de rivierkundige effecten ten gevolge van afgraven van de langsdam en versterken van de primaire kering
Verkorte Titel	Rivierkundige studie Buggenum
Status	Definitief –beoordeeld door bevoegd gezag
Datum	7 juni 2024 (update 23 oktober 2023)
Project naam	Rivierkundige studie Buggenum
Project nummer	2160
Opdrachtgever	Dijkzone Alliantie Buggenum – Waterschap Limburg
Referentie	2160/001/A

Auteur

Gecontroleerd door

## INHOUDSOPGAVE

	Pag.
1 INLEIDING	1
1.1 Introductie	1
1.2 Definitief Ontwerp (DO)	1
1.3 Aanpak	2
1.4 Leeswijzer	2
2 SCOPE EN UITGANGSPUNTEN VAN HET ONDERZOEK	3
3 MODELINSTRUMENTARIUM	5
3.1 Referentiesituatie	5
3.2 DO variant	6
4 RIVIERKUNDIGE BEOORDELING	9
4.1 Hoogwaterveiligheid	9
4.1.1 RBK 6.0 1.1: Hoogwaterreferentie in de as van de rivier	9
4.1.2 RBK 6.0 1.2: Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier (ook voor 2.1 en 2.6 in RBK 6.0)	10
4.2 Hinder of schade door hydraulische effecten	11
4.2.1 RBK 6.0 2.2: Stroombeeld in de uiterwaard	11
4.2.2 RBK 6.0 2.3: Stroombeeld in vaarweg	12
4.3 Morfologische effecten	14
4.3.1 RBK 6.0 3.1: Sedimentatie en erosie van het zomerbed	14
4.3.2 RBK 6.0 3.2: Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen	16
5 CONCLUSIE	18
6 REFERENTIES	21
A HOOGTEKAART EN RUWHEDEN REFERENTIE	22
B HOOGTEKAART EN RUWHEDEN DO VARIANT	23
C METADATA MAATREGEL DO VARIANT	24
D WATERSTANDSKAARTEN	31
E STROMINGSKAARTEN	34
F FIGUREN DWARSSTROMING EN DWARSDEBIET	50

## 1 INLEIDING

### 1.1 Introductie

Voorliggend rapport presenteert de resultaten van het rivierkundig onderzoek naar de effecten van de inpassing van het definitief ontwerp (DO) van de dijkversterking Buggenum. Deze studie is uitgevoerd door Svašek Hydraulics in opdracht van Dijkzone Alliantie Buggenum en Waterschap Limburg.

#### Definitief Ontwerp (DO+)

Van oktober 2023 tot mei 2024 hebben Dijkzone Alliantie Buggenum en Waterschap Limburg het ontwerp voor dijkversterking Buggenum uitgewerkt. Dit DO+ is weergegeven in figuur 1-1



Figuur 1-1: DO+ ontwerp voor Buggenum

In dijkvakken 1 t/m 4 wordt tussen de Spirwitweg en de Dorpsstraat een nieuwe waterkering aangelegd. Ter plaatse van dijkvak 5 sluit de nieuwe dijk uit op de bestaande waterkering. Die wordt buitenwaarts verplaatst door het bestaande koelwaterkanaal op te vullen en ter compensatie de langsdam af te graven. Voor de rivierkundige effecten en ecologische effecten voor de Kaderrichtlijn Water door de dijkversterking is compensatie noodzakelijk. Hiervoor wordt ter plaatse van de kom benedenstrooms van dijkvak 5 een vooroever aangelegd met een kruinhoogte van NAP +16,5 meter (stuwpeil is NAP +14,20) met een plas-draszone met afwisselende gradiënten van enkele decimeters tot ca 1,5 meter onder stuwpeil. Ter plaatse van dijkvak 6 wordt de dijk door middel van een binnenwaartse asverschuiving versterkt.



## **1.2 Aanpak**

De rivierkundige beoordeling is uitgevoerd met behulp van een deelmodel van het Waqua Maasmodel (referentie). Vervolgens is in dit model het DO+ van de geplande dijkversterking opgenomen (variant), waaronder het afgraven van de langsdam, wat het grootste rivierkundige effect teweeg brengt. Een vergelijking van de modelresultaten van beide modellen (referentie en variant) op de criteria uit het RBK 6.0 vormt de rivierkundige beoordeling van de plannen voor de dijkversterking Buggenum. Een uitgebreide beschrijving van de aspecten uit het RBK volgt later in dit rapport.

## **1.3 Leeswijzer**

In dit rapport zijn de scope en uitgangspunten van het rivierkundig onderzoek behandeld (Hoofdstuk 2), de totstandkoming van de modelvarianten beschreven (Hoofdstuk 3) en is beoordeeld op de aspecten uit het RBK 6.0 (Hoofdstuk 4). Vervolgens zijn de belangrijkste conclusies op een rij gezet in Hoofdstuk 5.

## 2

### SCOPE EN UITGANGSPUNTEN VAN HET ONDERZOEK

Het rivierkundige onderzoek is gedaan volgens het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK) 6.0. In vergadering op 25 september 2023 is in samenspraak met het bevoegd gezag - Rijkswaterstaat Zuid-Nederland (RWS ZN) – vastgesteld welke mate van uitwerking nodig is voor de verschillende beoordelingspunten uit het RBK.

Volgens het RBK wordt een rivierkundige beoordeling gedaan aan de hand van drie aspecten: hoogwaterveiligheid, hinder of schade door hydraulische effecten (dwarsstroming) en morfologische effecten (zie Tabel 2.1). Op alle drie deze aspecten is het DO van de dijkversterking Buggenum beoordeeld.

*Tabel 2.1: Beoordelingscriteria in het RBK 6.0 voor de aspecten hoogwaterveiligheid (blauw), hinder of schade door hydraulische effecten (groen) en morfologie (geel).*

§ RBK	Rivierkundig beoordelingsaspect	Beoordelingscriterium
1.1a	Maatregel in stroomvoerend deel rivier: Hoogwaterreferentie in de as van de rivier	Stroomvoerend: geen waterstandverhoging op de as van de rivier bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.
1.1b	Maatregel in bergend deel rivier: Volume waterberging	Bergend: geen vermindering bergend volume
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.

§ RBK	Rivierkundig beoordelingsaspect	Beoordelingscriterium
2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	De mate van verandering van de waterstand en / of inundatiefrequentie van een of meerdere uiterwaarden bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.
2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	De mate van verandering van de grootte en richting van de stroomsnelheden in de uiterwaarden bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.
2.3	Stroombeeld in vaarweg	Dwarsstroomsnelheid op de rand van de vaarweg bij verschillende afvoerniveaus:  De ingreep is toegestaan, mits de absolute dwarsstroming in de vaarweg niet groter is dan 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet groter dan 50 m <sup>3</sup> /s. Of het moet aantoonbaar zijn dat de toename padbreedte schip t.g.v. dwarsstroom kleiner dan ½B is;  De ingreep is toegestaan, mits de absolute dwarsstroming in de vaarweg niet groter is dan 0,3 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet kleiner dan 50 m <sup>3</sup> /s;
2.6	Instroom retentiegebieden Maas	Verandering waterstand ter hoogte van inlaat retentiegebieden Maas, waaronder Lateraalkanaal-West en Lob van Gennep

§ RBK	Rivierkundig beoordelingsaspect	Beoordelingscriterium
3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers)  1. door ingrepen zomerbed  2. door ingrepen winterbed	<p>Bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- geen verlaging zomerbed beneden de minimale bodemligging t.a.v. erosie en infrastructuur (o.a. kabels, leidingen en waterkeringen);</li> </ul> <p>Bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- geen vermindering vaargeulafmetingen;</li> <li>- geen verhoging van de maatgevende waterstanden op lange termijn;</li> </ul> <p>Generiek:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten; behouden vlotheid en veiligheid scheepvaartverkeer;</li> <li>- geen onacceptabele sedimentatie of terugschrijdende erosie;</li> </ul>
3.2	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen:  1. sedimentatie winterbed  2. erosie winterbed	<p>Bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- acceptabele beheerskosten voor baggeren nevengeulen;</li> </ul> <p>Bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting een primaire waterkering. Nevengeul moet op voldoende afstand blijven van de primaire waterkering, buiten de beschermingszone van de primaire kering. De beschermingszones worden bepaald door de keringbeheerders;</li> <li>- geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting het zomerbed van de rivier, waardoor er kans bestaat dat de nevengeul een kortsluiting veroorzaakt met het zomerbed;</li> <li>- stroomsnelheid in een zandige nevengeul bij bankfull afvoer moet kleiner blijven dan 0,3 m/s;</li> <li>- geen bodemerosie langs primaire waterkering;</li> <li>- stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard mag niet verminderen;</li> </ul>

Het model waarmee deze analyse is uitgevoerd is ook afgestemd in eerdergenoemde vergadering. Het gaat om het WAQUA model van de Maas (*beno\_mknov17\_5-v1*), welke geactualiseerd is met recente ingrepen in de rivier.

Er zijn simulaties uitgevoerd met twee modelschematisaties: de referentie (de situatie zoals deze nu is), en het DO (de variant). In totaal zijn met beide schematisaties 4 berekeningen uitgevoerd met verschillende afvoeren: de hoogwaterreferentie 3224 m<sup>3</sup>/s, en drie afvoeren in het lage tot middelhoge bereik, 2000 m<sup>3</sup>/s, 1500 m<sup>3</sup>/s en 1250 m<sup>3</sup>/s.

In het eerdergenoemde overleg met Rijkswaterstaat ZN is besloten om het schematiseren van het ontwerp op te delen in twee methodes:

- In Dijkvak 5 wordt gebruik gemaakt van geometrisch modelleren. De langsdam is uit het model gehaald en de taluds en fietspaden in het ontwerp worden met hoogteverschillen en breuklijnen in Baseline opgenomen.
- In de overige dijkvakken is gebruikgemaakt van een fictieve verschuiving van de hoogwatervrije lijn. Deze fictieve verschuiving is voor doorsneden met een interval van circa 50m bepaald, en toegepast op de hoogwatervrije lijn uit de referentie.

De aansluiting van beide methodes bij de randen van Dijkvak 5 zijn zorgvuldig vormgegeven. Voor visualisaties van de referentie en de variant, zie respectievelijk Bijlages A en B van dit rapport.

De morfologische analyse is met WAQMORF uitgevoerd.

### 3 MODELINSTRUMENTARIUM

In de rivierkundige beoordeling is het DO van de dijkversterking in een schematisatie van de huidige situatie opgenomen, om zo een modelschematisatie inclusief het DO te verkrijgen. De resultaten van dit model inclusief DO zijn vergeleken met de resultaten van de schematisatie van de huidige situatie (referentiesituatie), resulterend in de rivierkundige effecten. In dit hoofdstuk worden zowel de totstandkoming van de schematisatie van de referentiesituatie als het DO besproken.

Als basis van beide schematisaties is het model gebruikt dat voor de inschatting van de effecten van het voorlopig ontwerp is opgesteld door IBM (2019). Dit model is gebaseerd op de Baselineschematisatie 'Maas-beno\_mknov17\_5-v1', met niet overstroombare waterkeringen/dijken en inactieve retentiegebieden. Deze schematisatie is geactualiseerd met de volgende maatregelen, resulterend in Baselineschematisatie 'ref\_hwbp\_trn1\_c2':

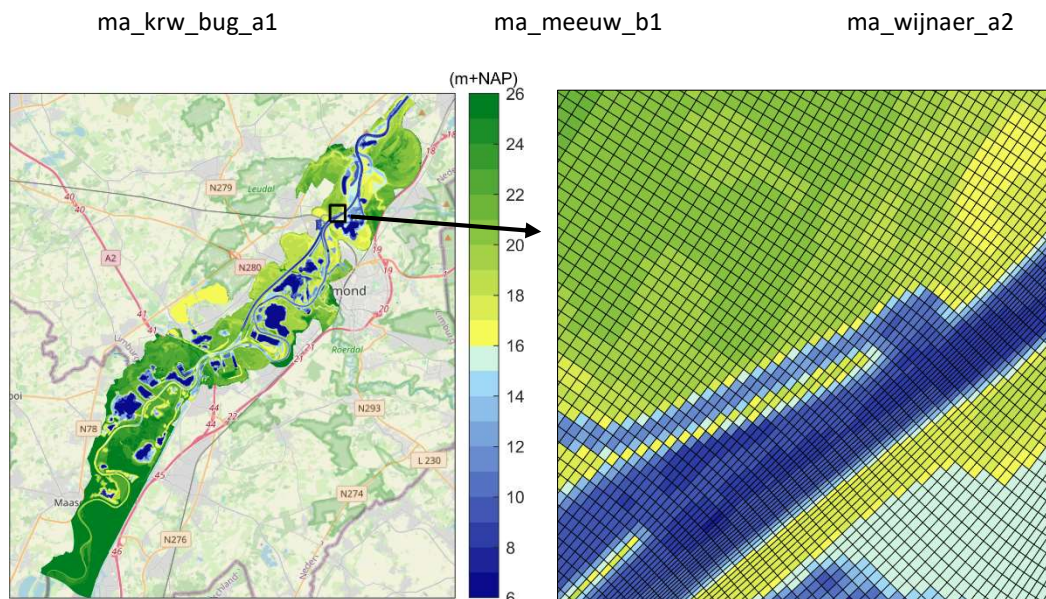
ma_retslt_b1	ma_dr71act_a1	ma_dr57act_a1
ma_dr75act_a1	ma_dr75act_a2	

Met deze schematisatie is een Waqua deelmodel afgeleid over het deeltraject tussen rivierkilometer 46 – 94: 'ref\_hwbp\_trn1\_c2\_dmod3'. Voor dit deelmodel is het verfijnde rekenrooster gebruikt ('maas20m\_km046\_094\_5-v3.rgf'). Zie voor een uitgebreidere beschrijving IBM (2019). Het rooster en de bodem van de referentiesituatie zijn te zien in Figuur 3-1 (zowel het gehele modeldomein als de projectlocatie). De cellen rondom de locatie van de ingreep hebben afmetingen tussen de 15 en 20 m (zowel breedte als lengte).

De gebruikte Baseline versie is 5.3.3 met ArcGIS versie 10.5. De Waqua versie waarmee de berekeningen zijn uitgevoerd is SIMONA2021 major release, oktober 2021. De morfologische effecten zijn berekend met WAQMORF, versie 4 mei 2021.

#### 3.1 Referentiesituatie

Met de geactualiseerde schematisatie is de referentiesituatie gemaakt door middel van het inmixen van drie maatregelen van vergunde projecten in de omgeving:



Figuur 3-1: Modelrooster en -bodem van de referentiesituatie. Links het gehele modeldomein, rechts een uitvergroting van de projectlocatie.

### 3.2 DO +

Het ontwerp van de dijkversterking is uitgewerkt tot het niveau van een DO+. Het definitief ontwerp + van de dijkversterking is in de Baseline schematisatie opgenomen door middel van het toevoegen en aanpassen van verschillende lijnen in dijkvak 5. Daarnaast is de hoogwatervrije lijn in de overige dijkvakken verschoven. Een overzicht van de ligging van de hoogwatervrije lijn in zowel de referentie als de DO + is weergegeven in Figuur 3-2.



Figuur 3-2: Ligging van de hoogwatervrije lijn in zowel de referentie (huidige situatie), als het DO+.

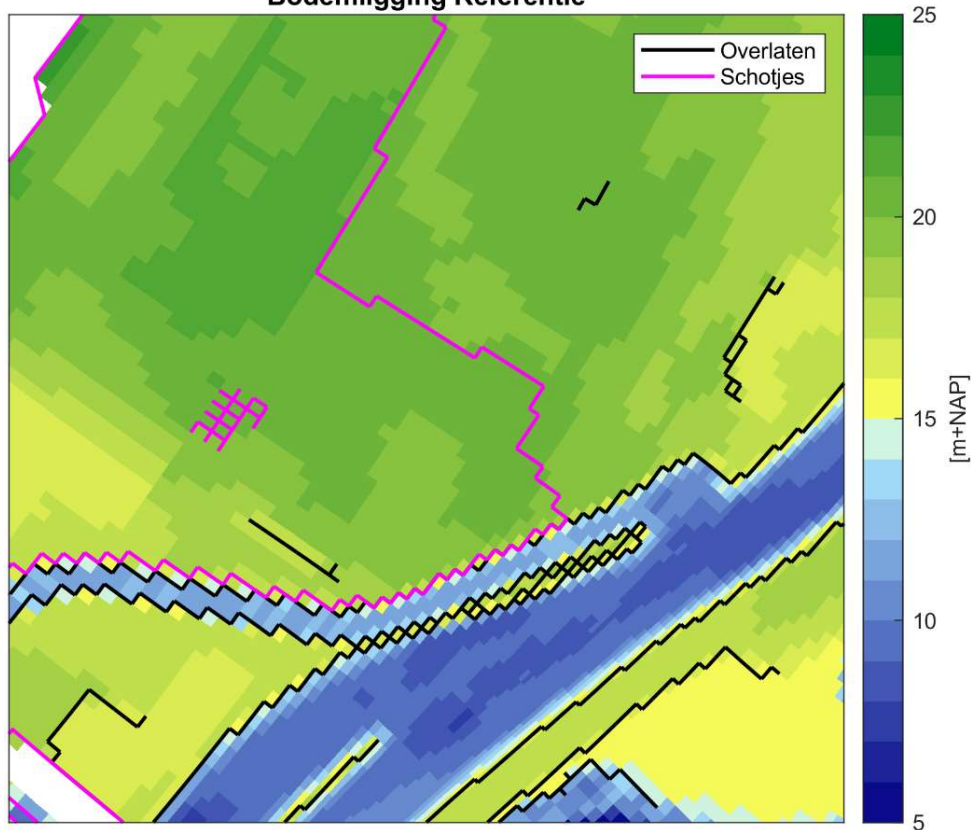
Een belangrijke aanpassing in het DO+ ten opzichte van het VO is dat de kom benedenstrooms van de dijkversterking is opgevuld. De opvulling is gedaan om de dwarsstroming te beperken. De kom is opgevuld tot een niveau van circa NAP +14m, met een vooroever met een hoogte van NAP +16,5 m<sup>1</sup>. Een figuur van het Baseline ontwerp is te zien de metadata in de Bijlage C.

De Baselineschematisatie die in deze paragraaf is besproken, is omgezet in een Waqua model om de stromingsberekeningen uit te voeren. De verschillende lijnen in Baseline worden omgezet in overlaten en schotjes in Waqua. Een overzicht van de bodem, overlaten en schotjes voor zowel het DO+ als de referentie is gegeven in Figuur 3-3, het verschil tussen beide in Figuur 3-4.

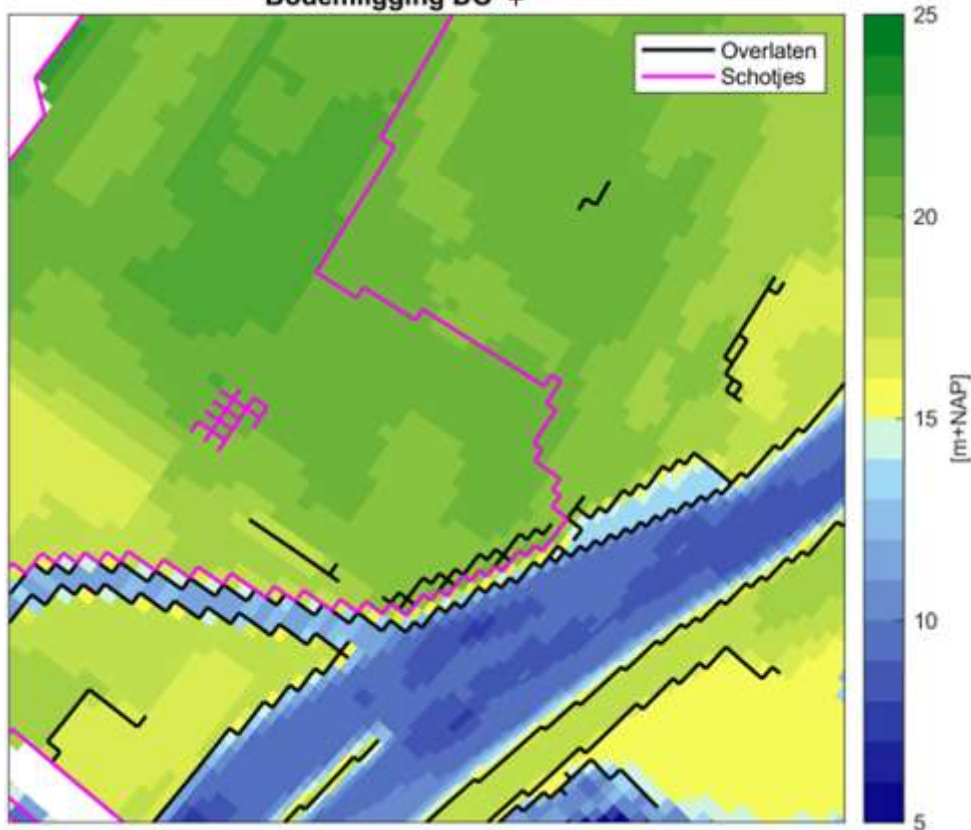
<sup>1</sup> In de rivierkundige analyse bij het DO was de langsdam nog ontworpen op een hoogte van NAP +14,5 meter. Deze berekening is voorgelegd aan Rijkswaterstaat, maar deze voldeed nog niet aan de norm voor dwarsstroming.



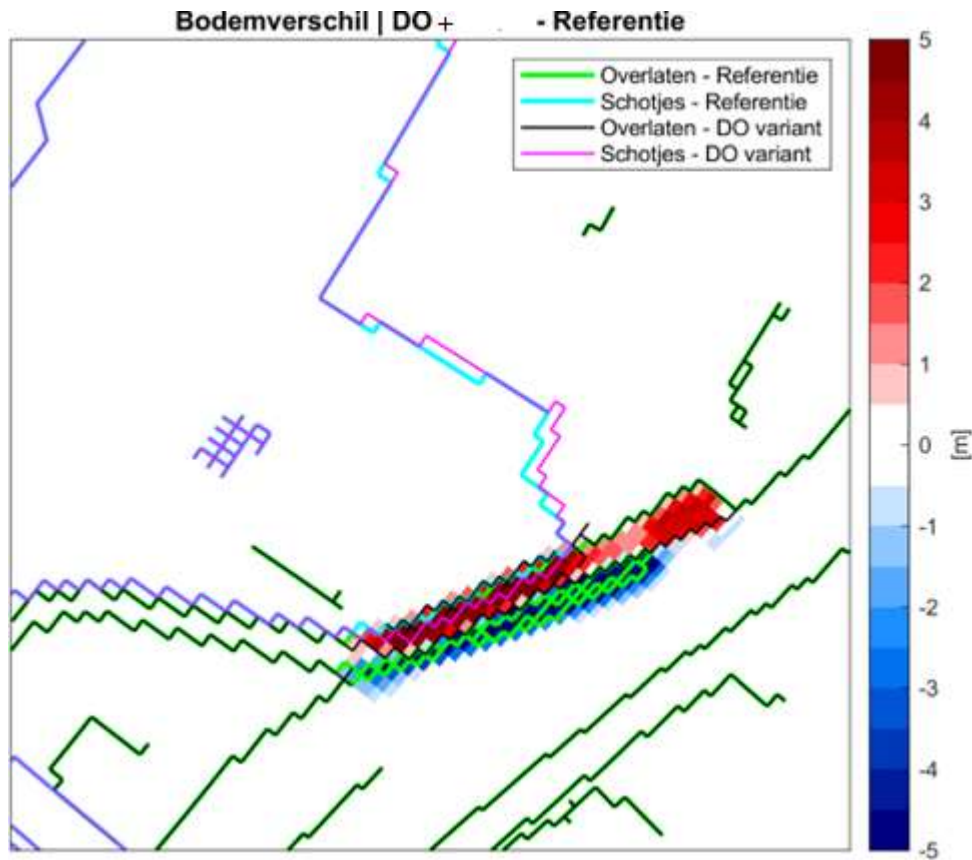
**Bodemligging Referentie**



**Bodemligging DO +**



Figuur 3-3: Bodemligging in het Waqua model, met daarbij de overlaten en schotjes geplot. Het bovenste paneel weergeeft de referentiesituatie, het onderste paneel het DO+.



Figuur 3-4: Verschil in bodemligging in het Waqua model tussen de DO+ en de referentiesituatie. Een rode kleur betekent een hogere bodem in het DO+. Ook hier zijn de schotjes en overlaten van beide modellen in de figuur opgenomen.



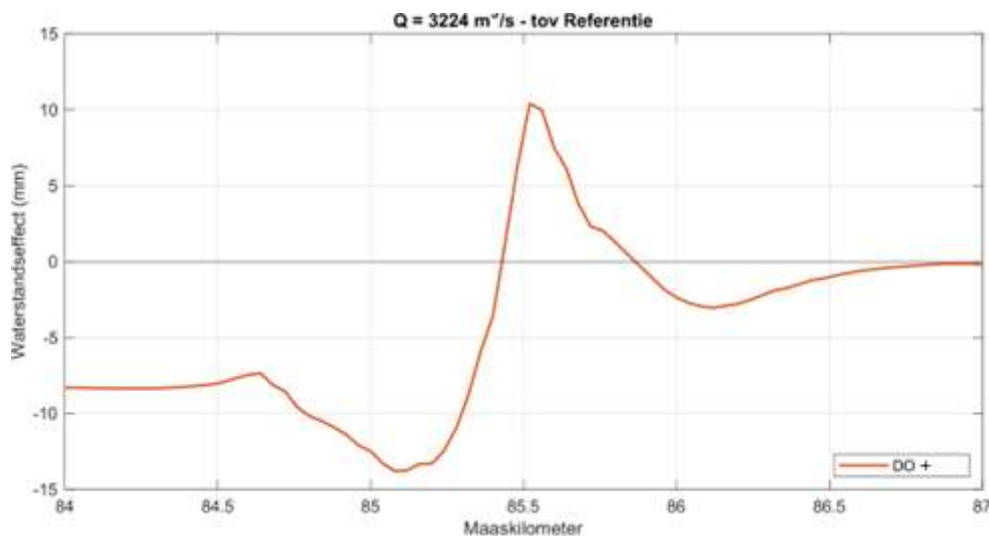
## 4 RIVIERKUNDIGE BEOORDELING

De resultaten van de simulatie met het DO+ zijn vergeleken met die van de referentie, waarmee de effecten van de maatregel worden verkregen. Zoals eerder beschreven zijn deze effecten beoordeeld op basis van drie aspecten uit het RBK: hoogwaterveiligheid, hinder of schade door hydraulische effecten en morfologische effecten.

### 4.1 Hoogwaterveiligheid

#### 4.1.1 RBK 6.0 1.1a: Hoogwaterreferentie in de as van de rivier

Het waterstandseffect in de as van de rivier van de DO+ ten opzichte van de referentie is geplot in Figuur 4-1. Deze uitkomst is het resultaat van het gemiddelde in de laatste 13 tijdstappen in de uitvoer van de simulatie. Op deze manier zijn eventuele lichte schommelingen door kleine (numerieke) instabiliteiten uit de data gefilterd. Zoals te verwachten valt resulteert de rivierverruiming in een bovenstroomse waterstandsval, met een benedenstroomse zaagtandeffect. De maximale waterstandsverhoging in de as van de rivier is ca. 1 cm. Bovenstroom is het effect van de ingreep een waterstandsverlaging van ca. 8,5 mm. Benedenstroom is het effect van de ingreep binnen korte afstand verwaarloosbaar. De piek van de zaagtand is in het DO+ afgenomen ten opzichte van de VO variant in IBM (2019). Zodoende voldoet het DO+ aan het criterium uit het RBK.



Figuur 4-1: Waterstandseffect in de rivieras van het DO+ ten opzichte van de referentie bij een afvoer van 3224 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.1.2 RBK 6.0 1.1b: Waterberging

Waterberging: op een aanzienlijk groot deel van het tracé van de dijkversterking Buggenum liggen momenteel geen waterkeringen. Er wordt een nieuwe aansluiting op hoge grond gemaakt, hetgeen bestuurlijk is vastgelegd in een voorkeursalternatief (2019). Deze nieuwe aansluiting met hoge grond loopt over gronden die momenteel aangemerkt zijn als bergend en stroomvoerend winterbed. Er gaat dus bergend vermogen verloren ter plaatse van de dijkvakken 1, 2 en 4.

Het ruimtebeslag van de dijkversterking in het DO+ is gewijzigd voor de dijkvakken 1 en 4 ten opzichte van het voorkeursalternatief. Dit voorkeursalternatief volgde in dijkvak 4 een klein deel van

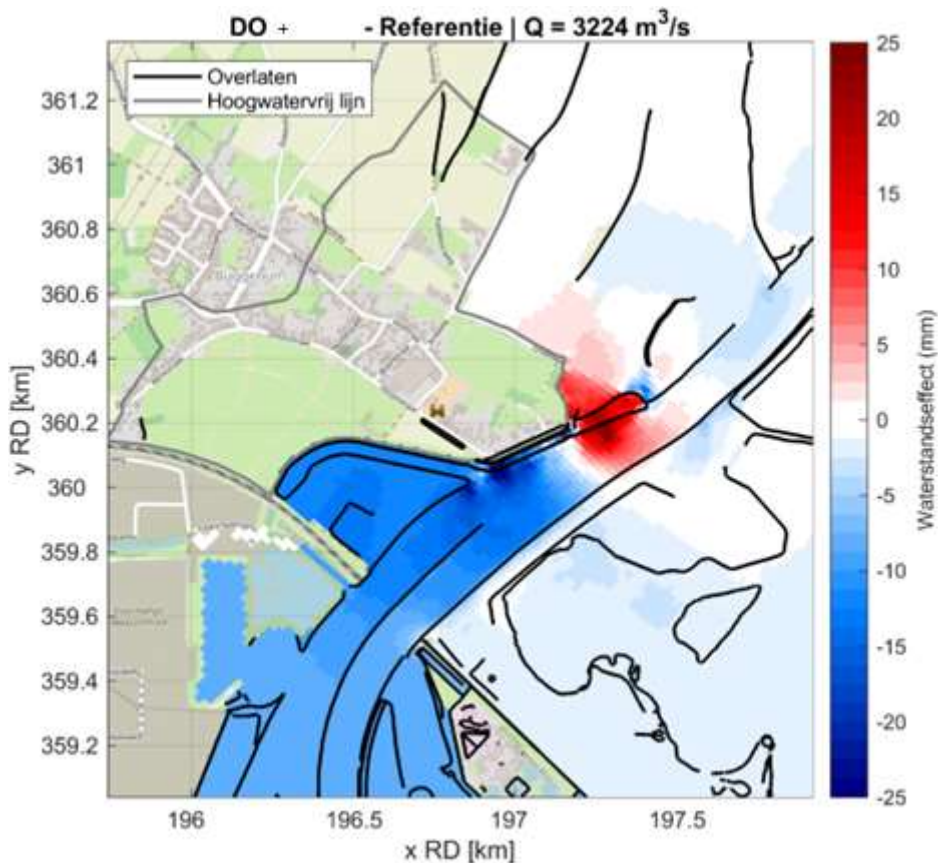
de huidige waterkering. Vanwege de meer buitenwaartse ligging ten opzichte van het VKA en de huidige waterkering is de redeneerlijn buitenwaarts versterken van toepassing. Op basis van de redeneerlijn moet onderbouwd worden dat een meer binnenwaartse versterking redelijkerwijs niet mogelijk is én de rivierkundige aspecten niet significant zijn. Voor dijkvak 4 is de onderbouwing om meer buitenwaarts te versterken op basis van de redeneerlijn buitenwaarts versterken als volgt:

- Voor dijkvak 1 is er een meer buitendijkse ligging in het DO ten opzichte van het VKA. Deze buitendijkse ligging is gekozen omdat in het VKA de bedrijfsvoering van Arixweg 18 wordt aangetast omdat het bedrijfsterrein ontoegankelijk wordt. Het VKA zou daarmee aanzienlijke planschade opleveren. Het verlies aan bergend volume ten opzichte van de referentielijn ca  $9.000\text{ m}^3$ . De dijk ligt 850 meter van de Maasoever in de stromingsluwte, dus de invloed op de bovenstroomse waterstanden in overigens zeer beperkt.
- Voor dijkvak 4 is een meer binnendijkse versterking (zoals in het VKA) niet mogelijk omdat deze niet vergunbaar is binnen de natuurbeschermingswet. Aan de binnendijkse zijde van het dijk is namelijk een dassenburcht aanwezig. Volgens de Natuurbeschermingswet mogen er geen werkzaamheden plaats vinden binnen 20 meter van de rust- en verblijfplaatsen voor de das. Het verlies aan bergend volume bedraagt ca  $6.000\text{ m}^3$ .

In de memo compensatie waterberging Buggenum is beschreven op welke wijze het verlies aan bergend volume van ca  $165.000\text{ m}^3$  wordt gecompenseerd. Hiervoor wordt het afgraven van de langsdam, dijkversterking Belfeld, dijkversterking Arcen en het waterstandseffect beschreven in paragraaf 4.1.1. benut.

#### 4.1.3 RBK 6.0 1.2: Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier (ook voor 2.1 en 2.6 in RBK 6.0)

Wanneer ruimtelijk wordt gekeken naar het waterstandseffect buiten de as van de rivier, dan is er een verhoging van maximaal 2,5 cm te zien (zie Figuur 4-2). Dit maximum ligt rond de locatie waar in de referentie de kom ligt, welke in het DO+ is opgevuld. Deze lokale rivierwaartse verplaatsing van de oever heeft een waterstandsverhogend effect. Het verhogende effect is zeer lokaal, waardoor alleen bij de direct hieraan grenzende uiterwaard een waterstandsverhoging van enkele mm ontstaat. Langs de primaire waterkering bij de kom (welke onderdeel is van de dijkversterking) is de maximale verhoging ca. 1 cm. Bovenstrooms is er een waterstandsverlagend effect buiten de rivieras. De beoordeling van deze effecten is gedaan in afstemming met de keringbeheerder (Waterschap Limburg).



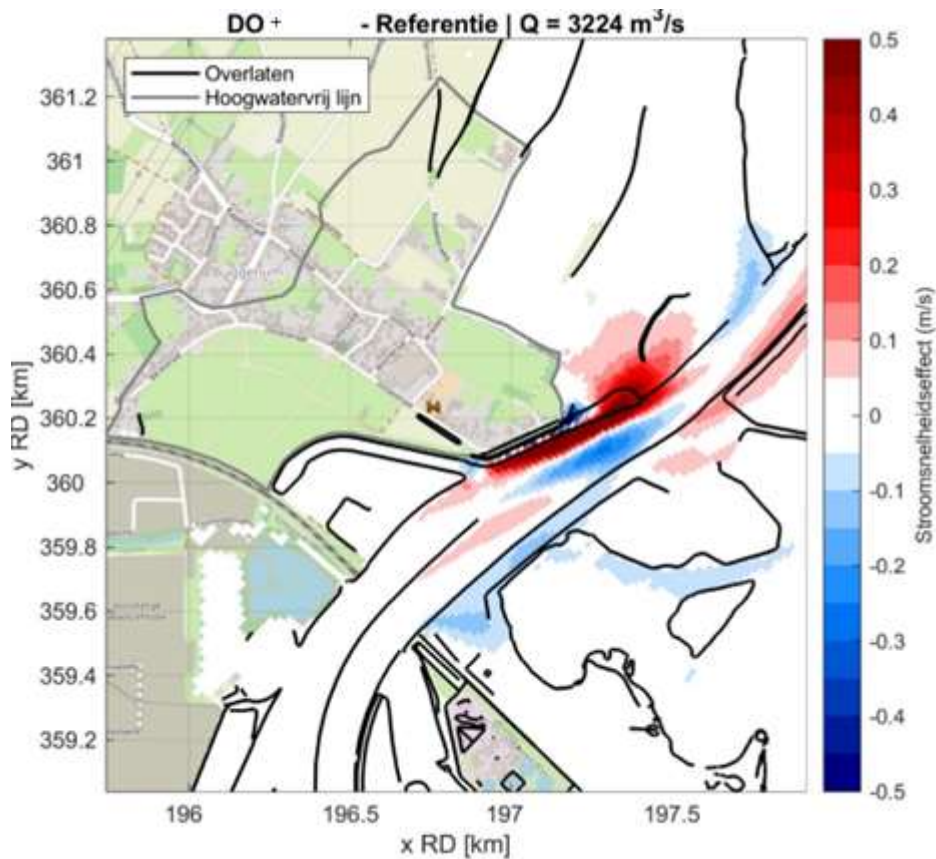
Figuur 4-2: Waterstandseffect ten gevolge van het DO+ rondom de projectlocatie. Een rode kleur betekent een verhoging van de waterstand door het DO+.

## 4.2 Hinder of schade door hydraulische effecten

Voor het onderdeel hinder of schade door hydraulische effecten is er gekeken naar de toename in dwarsstroming langs de vaargeul en naar de stromingseffecten in de uiterwaarden. Bij de totstandkoming van het DO+ is rekening gehouden met de stroomlijning van het ontwerp. In de referentie is de benedenstroomse kom afgeschermd voor de stroming door de langsdam, waardoor er geen significante dwarsstroming ontstaat. In de DO+ is de kom opgevuld en afgeschermd met een vooroever, zodat de stroming geleidelijk terug de vaarweg in wordt geleid.

### 4.2.1 RBK 6.0 2.2: Stroombeeld in de uiterwaard

De ruimtelijke stromingseffecten in de uiterwaarden bij een afvoer van  $3224 \text{ m}^3/\text{s}$  zijn weergegeven in Figuur 4-3 en Bijlage E. Hierin is te zien dat de effecten beperkt zijn tot de uiterwaarden direct rond de dijkversterking. Vooral benedenstrooms van de kom neemt de stroming toe met enkele decimeters per seconde, tot een maximale absolute snelheid van ca.  $1 \text{ m/s}$ . Langs de benedenstroomse oever aan de overzijde van de dijkversterking neemt de stroming ook wat toe, met maximaal  $0,15 \text{ m/s}$ , tot een absolute stroomsnelheid van ca.  $1 \text{ m/s}$  langs de oever en  $0,5 \text{ m/s}$  in de uiterwaard. De beoordeling van deze stroomsnelheden moet worden gedaan in overeenstemming met het bevoegd gezag. Morfologische effecten van deze stromingseffecten zijn ingeschat in paragraaf 4.3.2.

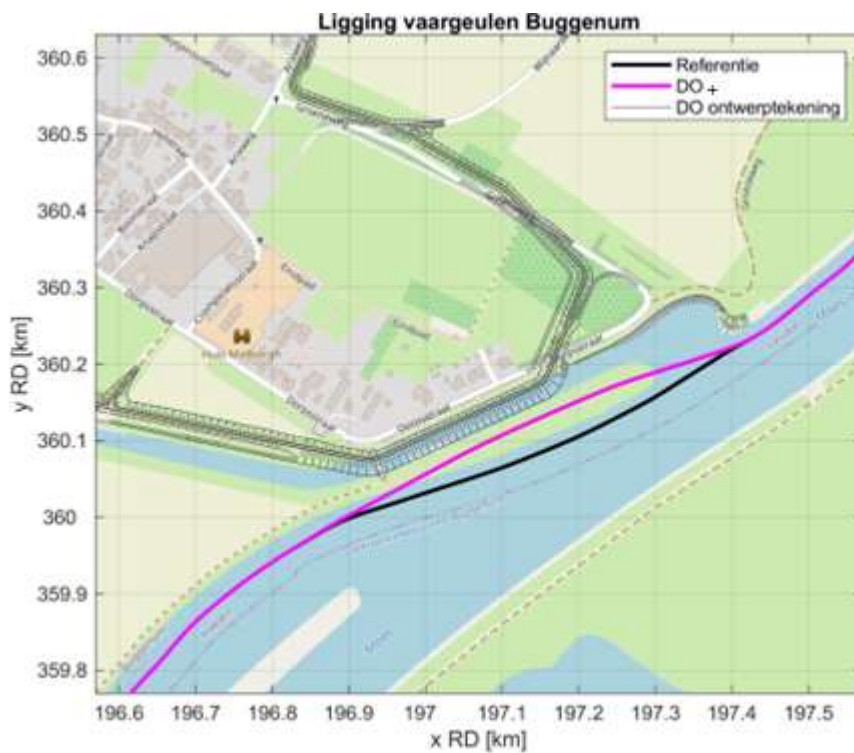


Figuur 4-3: Stroomsnelheidseffect ten gevolge van het DO+ rondom de projectlocatie bij een afvoer van 3224 m³/s. Een rode kleur betekent een verhoging van de stroomsnelheid door het DO+.

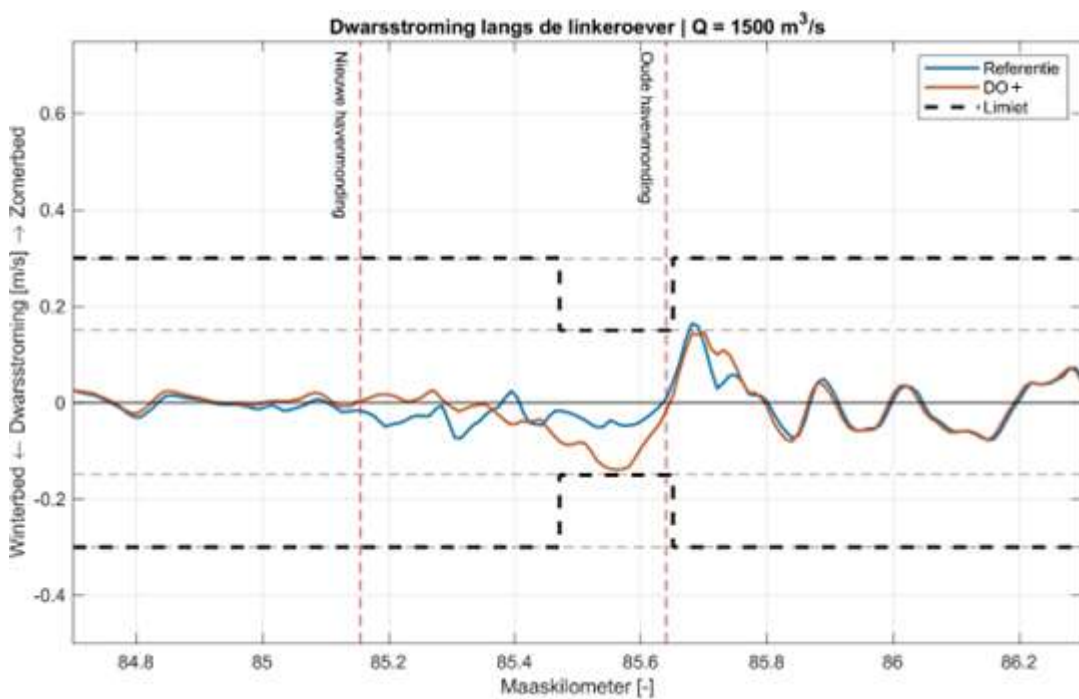
#### 4.2.2 RBK 6.0 2.3: Stroombeeld in vaarweg

De dwarsstroming van de DO+ is beoordeeld langs de linker rand van de vaargeul (wanneer in stroomafwaartse richting gekeken). De rand vaargeul voor is hierbij verlegd, omdat de dijkversterking een rivierverruiming betreft. De twee liggingen van de linker rand van de vaargeul zijn weergegeven in Figuur 4-4.

Voor deze beoordeling is eerst het dwarsdebiet bepaald, volgens de methode in Bijlage 7 van het RBK 6.0. Het dwarsdebiet bepaalt de limiet voor de dwarsstroming: op locaties met een dwarsdebiet groter dan 50 m³/s moet de dwarsstroming onder de 0,15 m/s blijven. Op de overige locaties is de eis voor de dwarsstroming 0,3 m/s. Vervolgens is volgens de voorgeschreven methode uit dezelfde bijlage de dwarsstroming in het geval van het DO+ en de referentie bepaald. Een voorbeeld van het resultaat bij een afvoer van 1500 m³/s is gegeven in Figuur 4-5. In deze figuur is te zien dat de dwarsstroming in het gehele projectgebied onder de limiet ligt. Ook bij de andere afvoeren waarvoor beoordeeld dient te worden is dit het geval (1250 m³/s en 2000 m³/s). Figuren van het dwarsdebiet en de dwarsstroming voor alle afvoeren zijn te zien in Bijlage F.



Figuur 4-4: Ligging van linker rand van de vaargeulen voor zowel de referentiesituatie als het DO+.



Figuur 4-5: Dwarsstroming voor de referentie en het DO+ bij een afvoer van  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ . De dikgedrukte zwarte stippellijn weergeeft de limiet, welke is gebaseerd op het dwarsdebiet.



### 4.3 Morfologische effecten

Een rivierverruiming, zoals de dijkversterking bij Buggenum, veroorzaakt in het algemeen sedimentatie door de stromingsvertraging die ontstaat. Benedenstrooms van de maatregel zal de stroming weer versnellen, resulterend in erosie. Bij lage afvoeren zijn de morfologische effecten beperkt, door de lage stroomsnelheden. Hoge afvoeren resulteren doorgaans in hoge stroomsnelheden, maar hebben een lage kans van voorkomen. Zodoende zijn de afvoeren in het midden-hoge bereik voor de morfologie het belangrijkste.

#### 4.3.1 RBK 6.0 3.1: Sedimentatie en erosie van het zomerbed

Voor de inschatting van de morfologische effecten in het zomerbed is WAQMORF gebruikt. In IBM (2019) wordt het volgende gesteld over de werking van WAQMORF:

*“Met WAQMORF kunnen afzonderlijke morfologische effecten van lokale ingrepen (maximaal een enkele uiterwaard van 5 km lang) inzichtelijk worden gemaakt. WAQMORF geeft hierbij een inschatting van evenwichtsbodemveranderingen in het zomerbed (hoofdgeul) die als gevolg van een ingreep en zonder aangepast beheer na lange tijd ontstaan. De programmatuur voert geen morfologische simulatie uit, maar past een methodiek toe voor de inschatting van morfologische effecten in het zomerbed door een lokale rivieringreep op basis van de hydrodynamische resultaten (WAQUA). Deze methodiek houdt rekening met een seizoensvariatie in maximaal drie karakteristieke afvoersituaties, (gewone afvoer, hoogwater en een overgang ertussen). Deze afvoersituaties worden vervolgens gewogen naar een karakteristieke tijdschaal, nadat ze vertaald zijn in een Maasafvoer bij Borgharen.”*

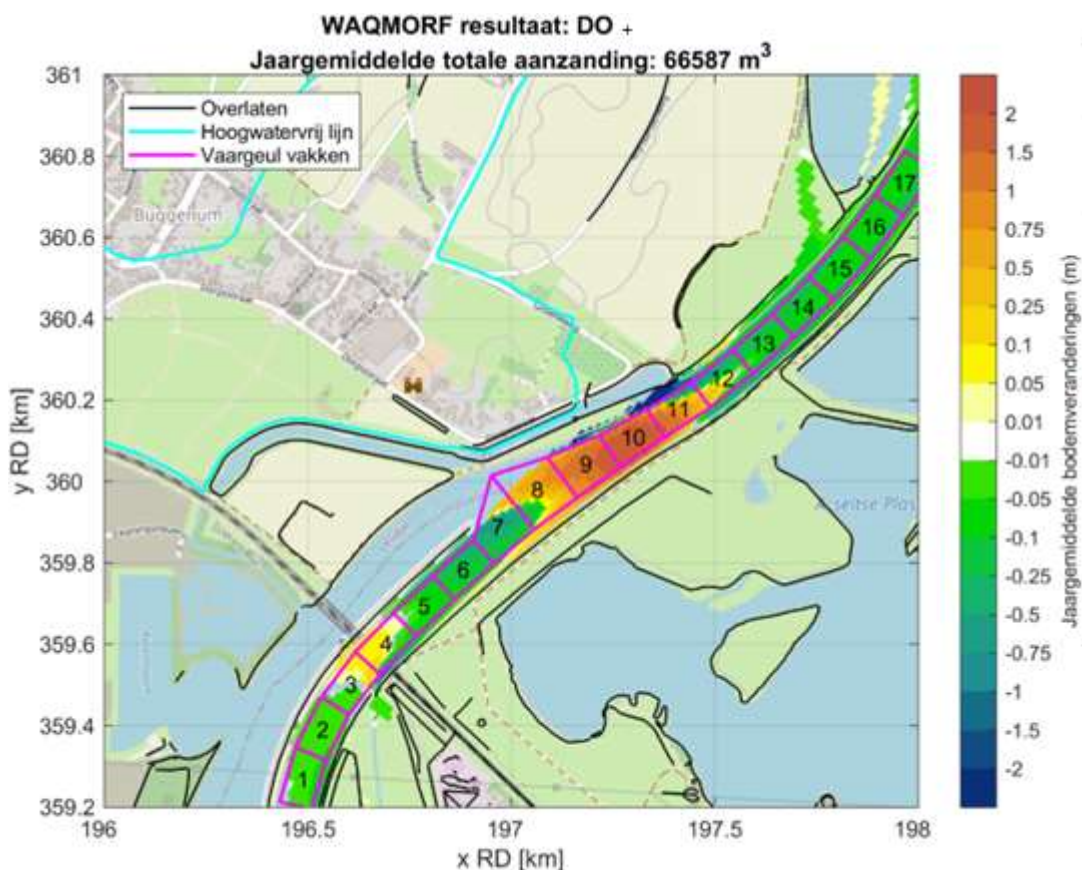
Voor een ingreep zoals het afgraven van een langsdam in het zomerbed is WAQMORF dus eigenlijk niet geschikt. Met dit in het achterhoofd is er toch voor dit onderzoek een inschatting van de jaargemiddelde bodemveranderingen gemaakt met WAQMORF. Als input zijn er berekeningen met een afvoer van 1250 m<sup>3</sup>/s, 1500 m<sup>3</sup>/s en 2000 m<sup>3</sup>/s gebruikt voor de analyse. In Figuur 4-6 zijn de te verwachten bodemveranderingen volgens WAQMORF weergegeven, gebaseerd op een jaargemiddelde situatie qua afvoeren.

De resultaten zijn zoals verwacht op basis van eerdere berekeningen bij het VO: sedimentatie (tot maximaal 2 m) in het gebied waar de stroming vertraagd en lichte erosie benedenstrooms hiervan (maximaal 10 cm). Ook bovenstrooms van de ingreep is lichte erosie te verwachten volgens WAQMORF.

WAQMORF geeft als uitvoer ook een lengtemaat waarover de jaarlijkse bodemveranderingen plaatsvinden vanaf de bovenstroomse rand van de maatregel, de doorwerksnelheid. Deze maat is van toepassing mits de bodemveranderingen jaarlijks worden verwijderd door bijvoorbeeld baggeren. In het geval van de DO + is deze lengte gelijk aan 134 m. Om een inschatting te maken van de jaarlijkse baggerhoeveelheden is de vaargeul opgedeeld in vakken met een lengte van 134 meter. Deze zijn te zien in Figuur 4-6.

De bodemveranderingen uit Figuur 4-6 zijn per vak opgesomd in Tabel 4.1. Het vak aan de bovenstroomse zijde van de maatregel is vak 8. De gemiddelde bodemverandering in dit vak is 28 cm. Het totale aanzandingsvolume voor dit vak is 6080 m<sup>3</sup>.

Omdat WAQMORF een grove benadering geeft, is niet precies gedefinieerd waar de bodemveranderingen beginnen. Daarom is het goed om ook naar de omliggende vakken 7 en 9 te kijken, als de te verwachten baggerhoeveelheden worden ingeschat. De gemiddelde totale aanzanding voor de vakken 7-9 is 7564 m<sup>3</sup>. Er kan geconcludeerd worden dat de te verwachten baggerhoeveelheden volgens WAQMORF gelijk zijn aan circa 6000-7500 m<sup>3</sup> per jaar.

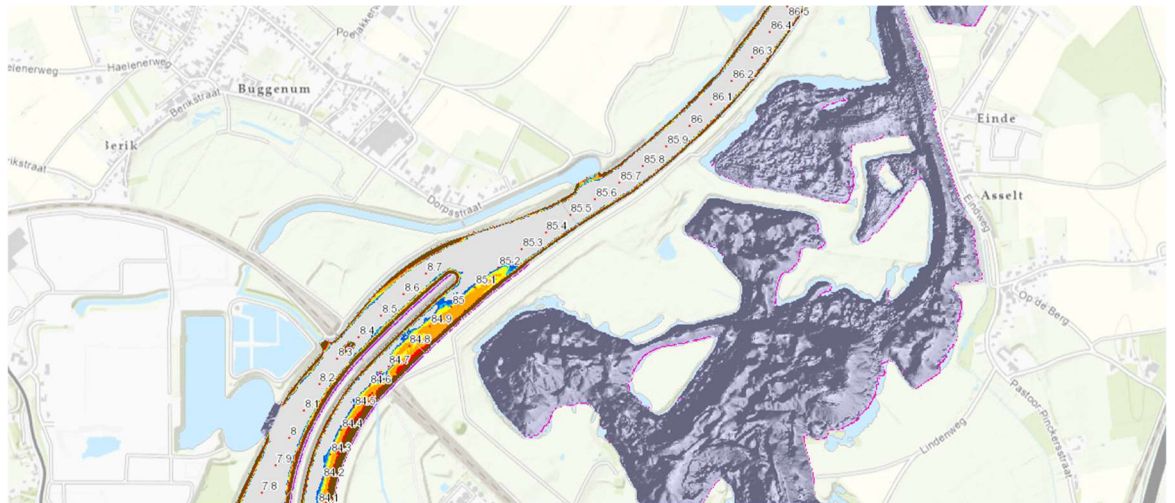


*Figuur 4-6: WAQMORF resultaat voor de DO+. De kleurschaal weergeeft de jaargemiddelde bodemveranderingen, waarbij een positief getal aanzanding betreft. De totale aanzanding in de figuur is de aanzanding van alle cellen bij elkaar opgeteld. Jaargemiddeld betekent hierin niet “per jaar”, maar is berekend met afvoeren die gemiddeld over een jaar plaatsvinden. Dit is de evenwichtsligging die na een lange periode zal ontstaan*

Een uitsnede uit de actuele waterbodematlas is weergegeven in figuur 4-7. Hieruit blijkt dat er over het gehele traject van de dijkversterking overdiepte aanwezig is ten opzichte van de aanleg/onderhoudsdiepte. De bodemhoogte op basis van de peiling 2024 ter plaatse van de vakken 8 t/m 11 ligt ter plaatse van de vaargeul tussen NAP +8,00 en +8,70m. De onderhoudsdiepte ligt hier op NAP +9m, dus er is een geringe overdiepte aanwezig.

Waqmorf geeft geen tijdschaal in de berekening van de aanzanding. Dus de jaarlijkse aanzanding in cm is hieruit niet goed af te leiden. Wel is de aanpassingslengte van 134m per jaar gegeven. Doordat het gebied waarin de aanzanding plaats vindt een gebied van enkele honderden meters lang is de verwachting dat het minimaal 5-10 jaar duurt voordat het bodemprofiel boven het onderhoudsprofiel ligt. Het bereiken van de evenwichtsdiepte duurt orde grootte enkele decennia.





Figuur 4-7: diepte van de vaarweg ten opzichte van onderhoudsdiepte voor Buggenum.

Tabel 4.1: Verdeling van bodemveranderingen, aanzandings- en erosievolumes in de verschillende vakken uit Figuur 4-6, als resultaat uit WAQMORF. De eerste vijf vakken zijn weggelaten omdat hier nauwelijks effecten zijn.

Vaknummer	Totale aanzanding (m <sup>3</sup> )	Totale erosie (m <sup>3</sup> )	Netto aanzanding (m <sup>3</sup> )	Gemiddelde bodemverandering (cm)
6	0	-1537	-1537	-15
7	471	-3528	-3057	-21
8	6080	-479	5601	28
9	16141	0	16141	118
10	18853	0	18853	169
11	6778	-1233	5546	59
12	575	-1678	-1103	-11
13	0	-1366	-1366	-14

#### 4.3.2 RBK 6.0 3.2: Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen

Buiten de vaarweg zijn de stromingsverschillen klein. Daarom zijn er weinig morfologische effecten te verwachten in de uiterwaarden. Bij het inrichten van de opvulling van de kom dient er rekening te worden gehouden met de stroomsnelheden die daar (en benedenstrooms op de huidige oever) ontstaan bij middelhoge afvoeren (stroomsnelheden in de orde 0,5 m/s).

In de Leidraad Zee- en Meerdijken, basisrapport (TAW, 1999) wordt het volgende gesteld over erosiebestendigheid van gras:

*“Een goede grasmat kan gedurende 50 uur een stroomsnelheid van 2 m/s weerstaan en gedurende 1 uur 4,5 m/s. Een slechte grasmat kan gedurende 50 uur een stroomsnelheid van 1 m/s weerstaan en gedurende 1 uur 3 m/s.”*

Zodoende kan een grasmat de stroomsnelheden die hier worden gevonden weerstaan, zelfs als de grasmat niet als goed wordt gekwalificeerd. Bij de MHW afvoer zijn de stroomsnelheden in en benedenstrooms van de kom hoger (orde 1 m/s), maar deze afvoer komt uiteraard zeer sporadisch voor. Ook dan zal een (goede) grasmat de stroming kunnen weerstaan.

Zoals in paragraaf 4.2.1 beschreven is er een verhoging van de stroomsnelheid langs de benedenstroomse oever en uiterwaard aan de overzijde van de dijkversterking bij de afvoer uit de hoogwaterreferentie. Hier ontstaat een absolute snelheid van ca. 1 m/s. De oever aan deze zijde is begroeid met bosjes en enkele bomen, en kan zodoende dergelijke stroomsnelheden weerstaan. Ook op de uiterwaard neemt de stroming licht toe, met enkele cm/s tot een absolute stroming van 0,5 m/s. Volgens bovenstaande quote uit TAW (1999) is de uiterwaard bestand tegen de ontstane stroomsnelheid van 0,5 m/s, zelfs als de grasmat kwalificeert als slecht.

5

CONCLUSIE

Op basis van de analyses in Hoofdstuk 4 kunnen de volgende conclusies worden getrokken over de rivierkundige beoordeling van het DO+ voor de dijkversterking bij Buggenum volgens het RBK 6.0:

§ RBK	Rivierkundig beoordelingsaspect	Beoordelingscriterium	Conclusie
1.1a	Maatregel in stroomvoerend deel rivier: Hoogwaterreferentie in de as van de rivier	Stroomvoerend: geen waterstandverhoging op de as van de rivier bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.	Een zaagtandeffect is aanwezig. De maximale lokale waterstandsverhoging is 1 cm. Bovenstrooms ontstaat er in een vele malen langer traject een waterstandsval van maximaal 8,5 mm. <b>Het DO+ voldoet voor dit aspect.</b>
1.1b	Maatregel in bergend deel rivier: Volume waterberging	Bergend: geen vermindering bergend volume	De vermindering van het bergend volume in dijkvakken 1 en 4 wordt gecompenseerd door afgraven van de langsdam, dijkversterking Belfeld, Arcen (gedeeltelijk) en de bovenstroomse waterstandsval van 8,5 mm. <b>Het DO+ voldoet voor dit aspect.</b>
1.2	Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier	Geen waterstand-verhoging langs de hoge grondenlijn of primaire waterkering bij de afvoer(en) uit de hoogwaterreferentie.	Bovenstrooms is het effect van de dijkversterking buiten de as van de rivier ook waterstandsverlagend. Langs de primaire waterkering bij de kom (welke onderdeel is van de dijkversterking) is de maximale verhoging ca. 1 cm. Deze lokale verhoging is akkoord voor WL als keringbeheerder. <b>Het DO+ voldoet voor dit aspect.</b>

§ RBK	Rivierkundig beoordelingsaspect	Beoordelingscriterium	Conclusie
2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	De mate van verandering van de waterstand en / of inundatiefrequentie van een of meerdere uiterwaarden bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.	Waterstanden bij de hoogwaterreferentie dalen bovenstrooms van de ingreep. Hier zal de inundatiefrequentie dus afnemen. Rondom de kom heeft de ingreep een waterstandsverhogend effect van ca. 1 cm. De inundatiefrequentie zal hierdoor zeer licht toenemen, maar de effecten zijn niet significant. <b>Het DO+ voldoet voor dit aspect.</b>
2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	De mate van verandering van de grootte en richting van de stroomsnelheden in de uiterwaarden bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie.	Effecten zijn beperkt tot de uiterwaarden direct rond de dijkversterking. Vooral benedenstrooms van de kom neemt de stroming toe met enkele decimeters per seconde, tot een maximale absolute snelheid van ca. 1 m/s. Langs de benedenstroomse oever aan de overzijde van de dijkversterking neem de stroming ook wat toe, met maximaal 0,15 m/s. <b>Het DO+ voldoet voor dit aspect.</b>

2.3	Stroombeeld in vaarweg	<p>Dwarsstroomsnelheid op de rand van de vaarweg bij verschillende afvoerniveaus:</p> <p>De ingreep is toegestaan, mits de absolute dwarsstroming in de vaarweg niet groter is dan 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet groter dan 50 m³/s. Of het moet aantoonbaar zijn dat de toename padbreedte schip t.g.v. dwarsstroom kleiner dan ½B is;</p> <p>De ingreep is toegestaan, mits de absolute dwarsstroming in de vaarweg niet groter is dan 0,3 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet kleiner dan 50 m³/s;</p>	<p>Op locaties waar de dwarsstroming verergerd door het DO+ in vergelijking met de referentie, blijft deze onder de geldende norm op basis van het dwarsdebiet.</p> <p><b>Het DO+ voldoet voor dit aspect.</b></p>
2.6	Instroom retentiegebieden Maas	Verandering waterstand ter hoogte van inlaat retentiegebieden Maas, waaronder Lateraalkanaal-West en Lob van Gennep	<p>Waterstanden bij de Hoogwaterreferentie dalen langs het Lateraalkanaal met 8,5 mm. Bij een afvoer van 2000 m³/s is de waterstandsverlaging ca. 15 mm. Langs het Lateraalkanaal zitten enkele inlaten voor retentiegebieden LKW-noord en -zuid.</p> <p><b>Beoordeling in overleg met Rijkswaterstaat.</b></p>

§ RBK	Rivierkundig beoordelingsaspect	Beoordelingscriterium	Conclusie
3.1	<p>Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers)</p> <p>1. door ingrepen zomerbed</p> <p>2. door ingrepen winterbed</p>	<p>Bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- geen verlaging zomerbed beneden de minimale bodemligging t.a.v. erosie en infrastructuur (o.a. kabels, leidingen en waterkeringen);</li> </ul> <p>Bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- geen vermindering vaargeulafmetingen;</li> <li>- geen verhoging van de maatgevende waterstanden op lange termijn;</li> </ul> <p>Generiek:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten; behouden vlotheid en veiligheid scheepvaartverkeer;</li> <li>- geen onacceptabele sedimentatie of terugschrijdende erosie;</li> </ul>	<p>De effecten van het DO+ in het zomerbed zijn als volgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lichte erosie bovenstrooms (orde 1-5 cm)</li> <li>- Lichte sedimentatie bovenstrooms (orde 1-5 cm)</li> <li>- Sedimentatie ter plekke van de ingreep (tot maximaal 2 m evenwichtsdiepte)</li> <li>- Lichte erosie benedenstrooms (orde 1-5 cm)</li> </ul> <p>- Benodigd baggervolume om aanzanding jaarlijks te verwijderen: 6.000-7.500 m³</p> <p><b>Door sedimentatie neemt het bodemniveau in de Maas toe boven de onderhoudsdiepte. Hiertoe dienen baggerwerkzaamheden iedere 5 à 10 jaar baggerwerkzaamheden te worden verricht. De hinder door baggeren is hierdoor relatief beperkt.</b></p>
3.2	<p>Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen:</p> <p>1. sedimentatie winterbed</p> <p>2. erosie winterbed</p>	<p>Bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- acceptabele beheerskosten voor baggeren nevengeulen;</li> </ul> <p>Bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting een primaire waterkering. Nevengeul moet op voldoende afstand blijven van de primaire waterkering, buiten de beschermingszone van de primaire kering. De beschermingszones worden bepaald door de keringbeheerders;</li> <li>- geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting het zomerbed van de rivier, waardoor er kans bestaat dat de nevengeul een kortsluiting veroorzaakt met het zomerbed;</li> <li>- stroomsnelheid in een zandige nevengeul bij bankfull afvoer moet kleiner blijven dan 0,3 m/s;</li> </ul>	<p>Buiten de vaarweg zijn de stromingsverschillen klein. Daarom zijn er weinig morfologische effecten te verwachten in de uiterwaarden. De stroomsnelheid in en benedenstrooms van de kom zal geen erosie veroorzaken indien er een grasmat van acceptabele kwaliteit wordt gebruikt.</p> <p>Bij MHW afvoer zijn de stroomsnelheden hoger, maar deze afvoer komt uiteraard zeer sporadisch voor. Ook voor deze afvoer zou een goede grasmat erosiebestendig moeten zijn.</p> <p>De effecten aan de overzijde van de Maas zijn dusdanig beperkt dat de huidige begroeiing van de oever en uiterwaard de resulterende stroomsnelheden kan weerstaan.</p> <p><b>Het DO+ voldoet aan de beoordelingscriteria.</b></p>

		<ul style="list-style-type: none"><li>- geen bodemerosie langs primaire waterkering;</li><li>- stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard mag niet verminderen;</li></ul>	
--	--	--	--

## 6

### REFERENTIES

IBM, 2019. Memo: Rivierkundige analyse naar dijktraject 75 Buggenum in relatie tot het voorlopig ontwerp (juli 2019), versie 0.3, 15 november 2019. Kenmerk: ETNYMRJJXWNU-914878571-6827

TAW (1999), Leidraad Zee- en Meerdijken, basisrapport, december 1999.



**A HOOGTEKAART EN RUWHEDEN REFERENTIE**

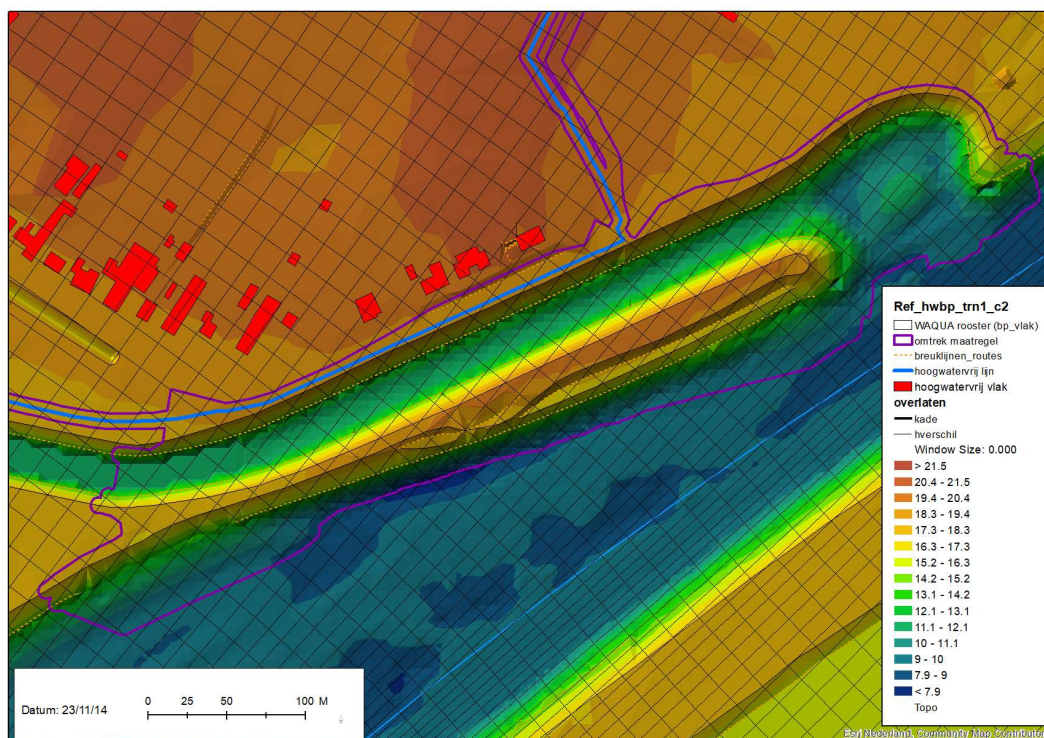


Fig. A.1: Hoogtekaart van de schematisatie van de referentiesituatie in Baseline.

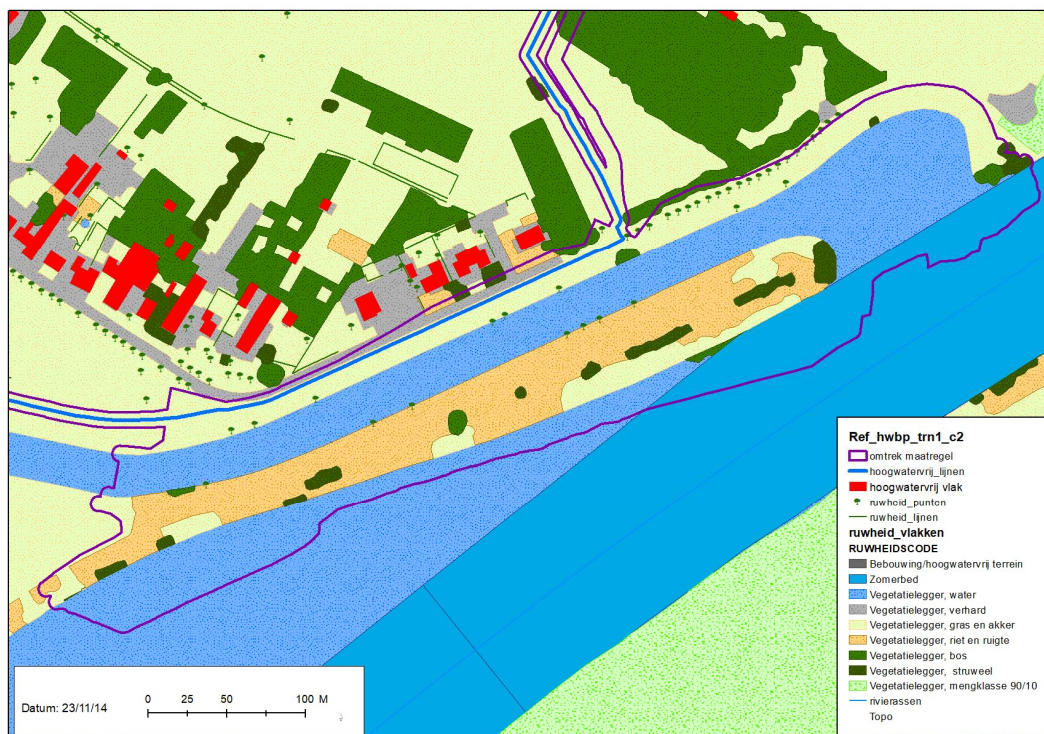


Fig. A.2: Ruwheidskaart van de schematisatie van de referentiesituatie in Baseline.



**B HOOGTEKAART EN RUWHEDEN DO +**

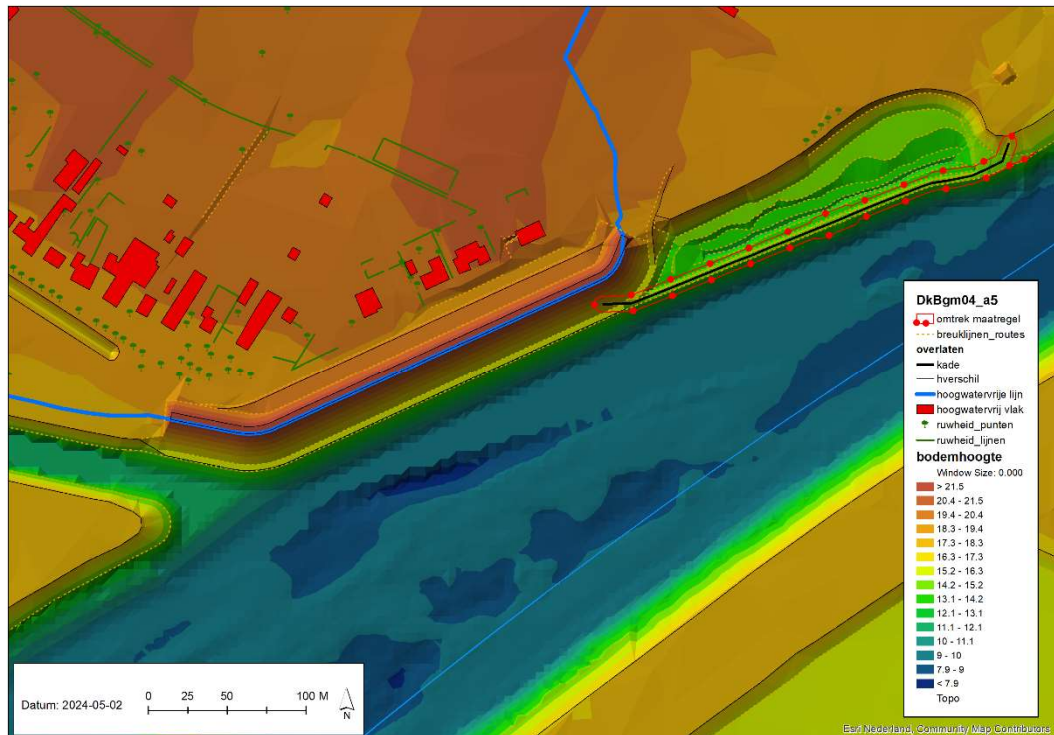


Fig. B.1: Hoogtekaart van de schematisatie van het DO+ in Baseline.

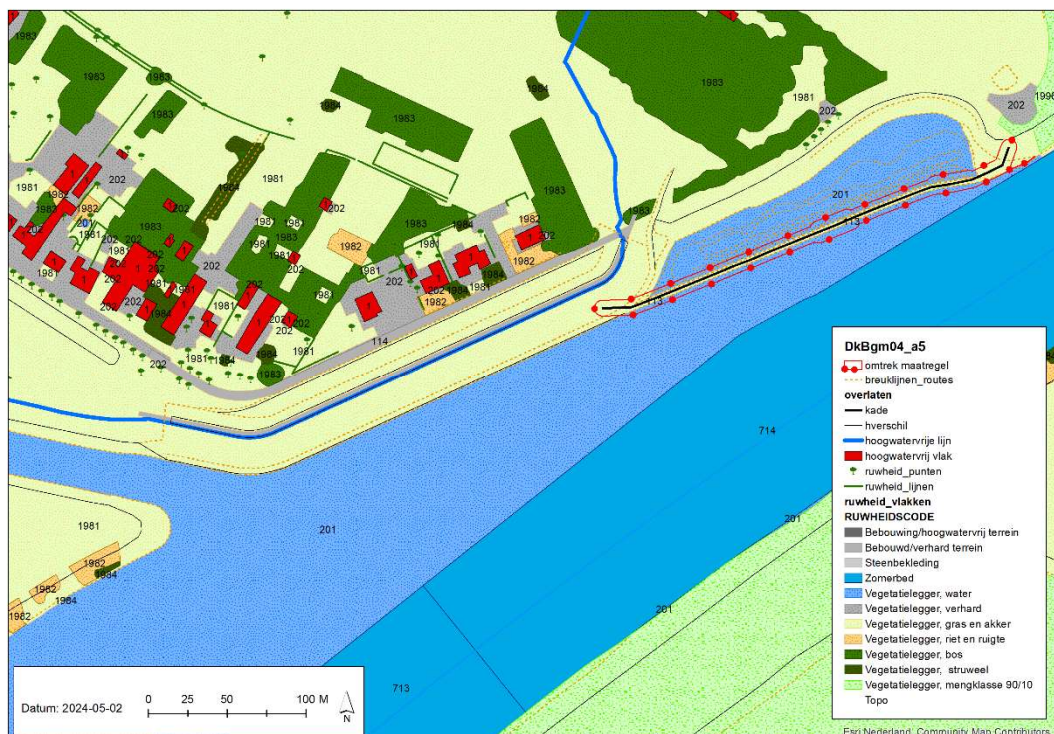


Fig. B.2: Ruwheidskaart van de schematisatie van het DO+ in Baseline.

## C METADATA MAATREGEL DO +

De metadata voor het DO= bestaat uit twee stappen: variant DkBgm04\_a1 en daarop voortbouwend nog een extra variant (DkBgm04\_a5). In deze bijlage zijn metadata van beiden opgenomen.

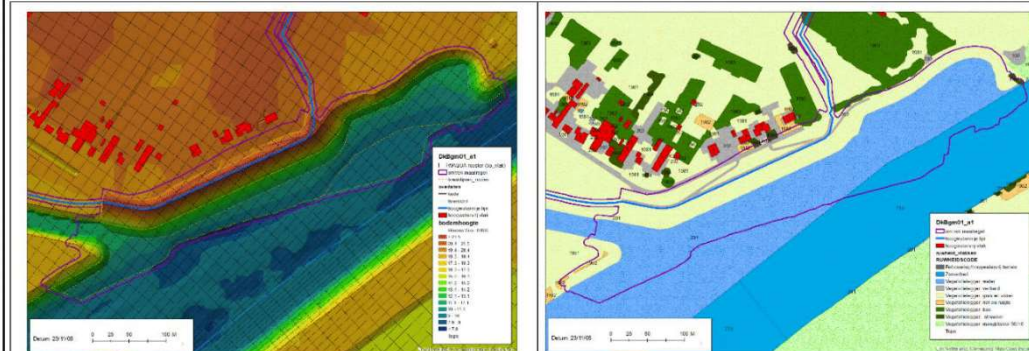
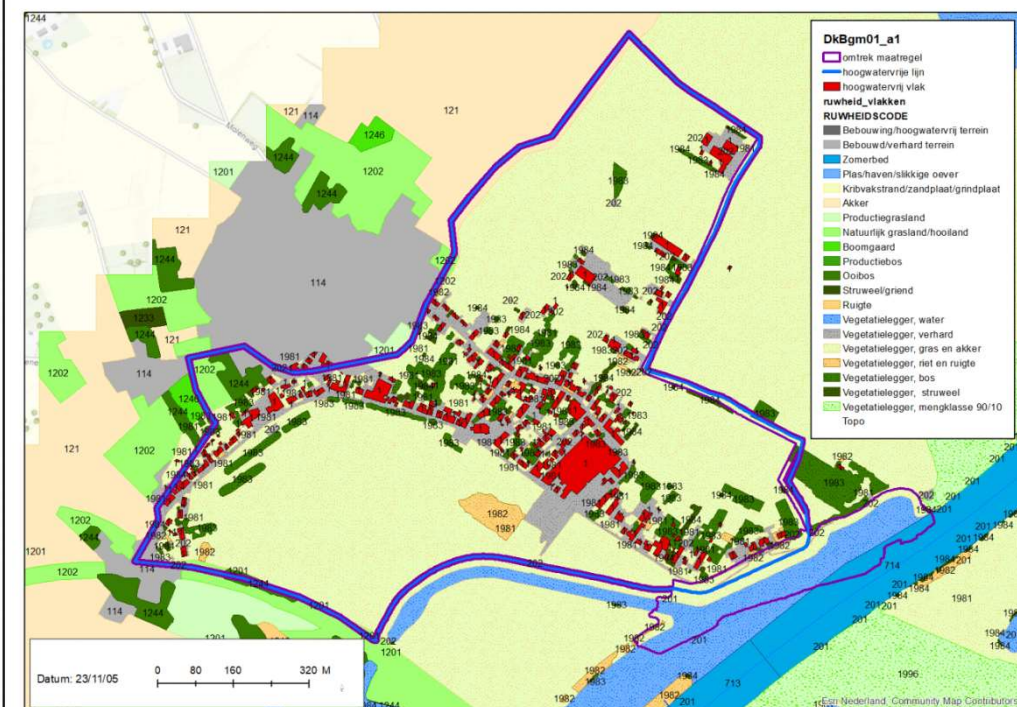
### Metadata voor de maatregel: ma\_DkBgm04\_a1

#### Beschrijving van de dataset

Deze Baseline maatregel beschrijft het definitieve ontwerp van de dijkversterking Buggenum aan de linkeroever van de Maas, rivierkilometer 85. De dijk (primaire kering) wordt verhoogd en teruggelegd en een landtong grotendeels afgegraven, waardoor de Maas breder wordt. Ook wordt de 'kom' direct stroomafwaarts van de dijk gestroomlijnd, omdat deze in zijn huidige geometrie te veel dwarsstroming veroorzaakt.

De dijkverlegging is gemodelleerd als fictief verschoven hoogwatervrije lijn en zonder verdere geometrie in de dijkvakken 1, 2, 3, 4 en 6. In dijkvak 5 (direct aan de Maas) is de dijk geometrisch gemodelleerd, als dubbele hoogteverschillijn en als hoogwatervrije lijn.

#### Samenvatting





Doel van vervaardiging
WAQUA schematisatie maken om hydraulische effecten van maatregel te kunnen bepalen.

Producent van de dataset
H. Bouwmeester (GeoSpace)

Inhoudelijk contactpersoon
H. Bouwmeester (GeoSpace) S. Bom (Svasek)
Type bestand
Meegeleverde bestanden:
<input type="checkbox"/> Originele shapefiles (data/shapefiles)
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Gebruikte bronbestanden (data/source)</b>
<input type="checkbox"/> Aanvulling voor ruw.karak (waqua)

Karakteristieken en toepassingseisen		
Maatregel is gebaseerd op:	Ref_hwbp_trn1_c2	
Ingemixte maatregelen:	Voor de actualisatie: ma_krw_bug_a1, ma_wijnaer_a2, ma_meeuw_b1	
Gebruikt Baseline Protocol	<input type="checkbox"/>	Protocol 3
	<input type="checkbox"/>	Protocol 4
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>x</b>	<b>Protocol 5</b>
Vegetatiecodering	<input type="checkbox"/>	PKB
	<input type="checkbox"/>	Handboek stromingsweerstand
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>x</b>	<b>Vegetatielegger</b>
Geschikt voor conversie naar	<input checked="" type="checkbox"/> <b>x</b>	<b>WAQUA</b>
	<input type="checkbox"/>	Delft3D
	<input type="checkbox"/>	Sobek

Dataset herkomst	
<b>Grenzen</b>	
normaall	X
oeverl	X
secties	X
wc_omtrek	Bepaald door de invoermodule Baseline (vs 5.3).
winbed	X

<b>Hooglijn</b>	
bandijk	X
breukl	<ul style="list-style-type: none"> <li>De teenhoogtes van de nieuwe dijk zijn deels als breuklijn gemodelleerd (zie ontwerp).</li> <li>De nieuwe hoogtes van diverse stukken waterbodembodem (plas en zomerbed) zijn eerst als breuklijnen gemodelleerd om een hoogtemodel te bouwen dat overeenkomt met het ontwerp. Vervolgens zijn deze vervangen door zomerbedhoogtepunten en plashoogtepunten.</li> </ul>
hverschil	<ul style="list-style-type: none"> <li>De binnen en buitendijkse kruin van de nieuwe dijk zijn als hoogteverschil overgenomen met kruinhoogte geprikt op het TIN afgeleid van ontwerp.</li> <li>De teenhoogtes zijn afgeleid van hoogtemodel met maatregel reeds ingemixt, max. zoekafstand 10m.</li> </ul>
kade	Zijn verwijderd binnen de erase contour
krib	X

<b>Hoogpunt</b>	
oeverhgt	X
plashgt	Zijn verwijderd en deels teruggelegd, geprikt op het nieuwe hoogtemodel dat gebaseerd is op de nieuwe breuklijnen.
winbedhgt	Zijn verwijderd binnen de erase contour. Een paar worden toegevoegd met hoogtes uit de referentie
zombedhgt	Zijn verwijderd en teruggelegd, geprikt op het nieuwe hoogtemodel dat gebaseerd is op de nieuwe breuklijnen.

<b>Meetpunt</b>	
meetpunt	X
uitvloc	X

<b>Oppwater</b>	
plassen	Zijn verwijderd binnen de erase contour. Daarna teruggelegd op basis van breuklijn uit ontwerp op 14,4m+NAP. De gedempte landtong is ook plas geworden. In zuiden is plas afgeknipt met het zomerbed uit de referentie. De plas is aangetakt, ruwcode 201 en maaiveldhgt 14,4m+NAP.

<b>Overig</b>	
bronput	X
kunstwrk	X

<b>Rivgeom</b>	
rivieras	X
rivierkm	X

Ruwheid	
bomen	Zijn verwijderd binnen de erase contour
ecoruw	Er zijn in totaal drie ruwheidseenheden gebruikt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 201 (water) voor vergraven deel lager dan 14,40m+NAP</li> <li>• 1981 (gras) voor vergraven deel hoger dan 14,40m+NAP</li> <li>• 113 (steenbestorting) grotendeels onderwatergedeelte nieuwe dijk, wordt in uiteindelijke ecotopen-vlakken overschreven door zomerbed of plassen.</li> <li>• 114 (verhard) voor weg en afritten op dijk</li> </ul>
Ecotoop	X
heggen	Zijn verwijderd binnen de erase contour
hwtvrij_l	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Is aangeleverd voor dijkvakken 1, 2,3,4 en 6.</li> <li>• Voor dijkvak 5 is de buitenkruin van de nieuwe dijk als hoogwatervrije lijn.</li> </ul>
hwtvrij_v	
lanen	
zombed	X

Opmerkingen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• De dijk is grotendeels als hoogwatervrije lijn gemodelleerd en deels geometrisch</li> <li>• Daar waar de dijk enkel als hoogwatervrije lijn is gemodelleerd is verder niets verwijderd of toegevoegd, ook geen teen.</li> <li>• Gemaakt met ArcGIS versie 10.6 en Baseline versie 5.3.4</li> </ul>

Inwinningsdata			
Bron:	PL447-DO-3D-1.1.dwg (definitief ontwerp)	Inwinningsdatum:	2024/04/23
Bron:	PL447-C3D-DV5-Aanheling kom-1.1-1.pdf, PL447-C3D-DV5-Aanheling kom-1.1-2.pdf (kaartjes ontwerp)	Inwinningsdatum:	2024/04/21
	Fictief_verschoven_hoogwatervrijlijn_DO.txt	Inwinningsdatum:	2024/04/24
Leveringsdatum			
26 april 2024			

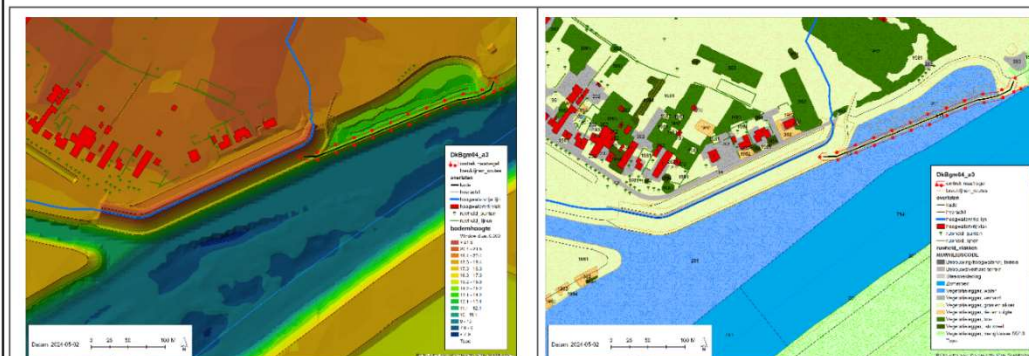
## Metadata voor de maatregel: ma\_DkBgm04\_a5

### Beschrijving van de dataset

Deze Baseline maatregel beschrijft het definitieve ontwerp van de dijkversterking Buggenum aan de linkeroever van de Maas, rivierkilometer 85. De dijk (primaire kering) wordt verhoogd en teruggelegd en een landtong grotendeels afgegraven, waardoor de Maas breder wordt. De dijkverlegging is gemodelleerd als fictief verschoven hoogwatervrije lijn en zonder verdere geometrie in de dijkvakken 1, 2, 3, 4 en 6. In dijkvak 5 (direct aan de Maas) is de dijk geometrisch gemodelleerd, als dubbele hoogteverschillijn en als hoogwatervrije lijn.

Deze maatregel corrigeert ma\_DkBgm04\_a1, waarbij de voorberm, die in het ontwerp op 14,5 lag, vervangen wordt door een kade op 16,5m.

### Samenvatting



### Doel van vervaardiging

WAQUA schematisatie maken om hydraulische effecten van maatregel te kunnen bepalen.

### Producent van de dataset

H. Bouwmeester (GeoSpace)

### Inhoudelijk contactpersoon

H. Bouwmeester (GeoSpace)  
S. Bom (Svasek)

### Type bestand

Meegeleverde bestanden:

	Originele shapefiles (data/shapefiles)
X	Gebruikte bronbestanden (data/source)
	Aanvulling voor ruw.karak (waqua)

Karakteristieken en toepassingseisen		
Maatregel is gebaseerd op:	Ref_hwbp_trn1_c2	
Ingemixte maatregelen:	Voor de actualisatie: ma_krw_bug_a1, ma_wijnaer_a2, ma_meeuw_b1 Ontwerp dijk: ma_DkBgm04_a1	
Gebruikt Baseline Protocol		Protocol 3
		Protocol 4
	x	Protocol 5
Vegetatiecodering		PKB
		Handboek stromingsweerstand
		Vegetatielegger
Geschikt voor conversie naar	x	WAQUA
		Delft3D
		Sobek

Dataset herkomst	
Grenzen	
normaall	X
oeverl	X
secties	X
wc_omtrek	Bepaald door de invoermodule Baseline (vs 5.3).
winbed	X

Hooglijn	
bandijk	X
breukl	<ul style="list-style-type: none"> <li>De teenhoogtes van de kom en enkele aansluitingen zijn als breuklijn gemodelleerd.</li> </ul>
hverschil	<ul style="list-style-type: none"> <li>De steunberm was aan rivierzijde als hoogwatervrije lijn gemodelleerd op 14,5 m. Deze lijn is vervangen door een breuklijn.</li> </ul>
Kade	In het midden van de steunberm is een kade gelegd met een hoogte van 16,5 m
Op	X

Hoogpunt	
oeverhgt	X
plashgt	Zijn verwijderd binnen ingreepgebied.
winbedhgt	X
zombedhgt	XZ

Meetpunt	
meetpunt	X
uitvloc	X

Oppwater	
plassen	Zijn verwijderd binnen de erase contour.



Overig	
bronput	X
kunstwrk	X

Rivgeom	
rivieras	X
rivierkm	X

Ruwheid	
bomen	Zijn verwijderd binnen de erase contour
ecoruw	<ul style="list-style-type: none"> <li>De voormalige doorlaten in de steunberm waren water (201) en zijn nu gras (1981).</li> </ul>
Ecotoop	X
heggen	X
hwatvrij_l	X
hwatvrij_v	
lanen	
zombed	X

Opmerkingen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Via teams overleg besproken.</li> </ul>

Inwinningsdata			
Bron:		Inwinningsdatum:	
Bron:		Inwinningsdatum:	
		Inwinningsdatum:	
Leveringsdatum			
1 mei 2024			

D

# WATERSTANDSKAARTEN

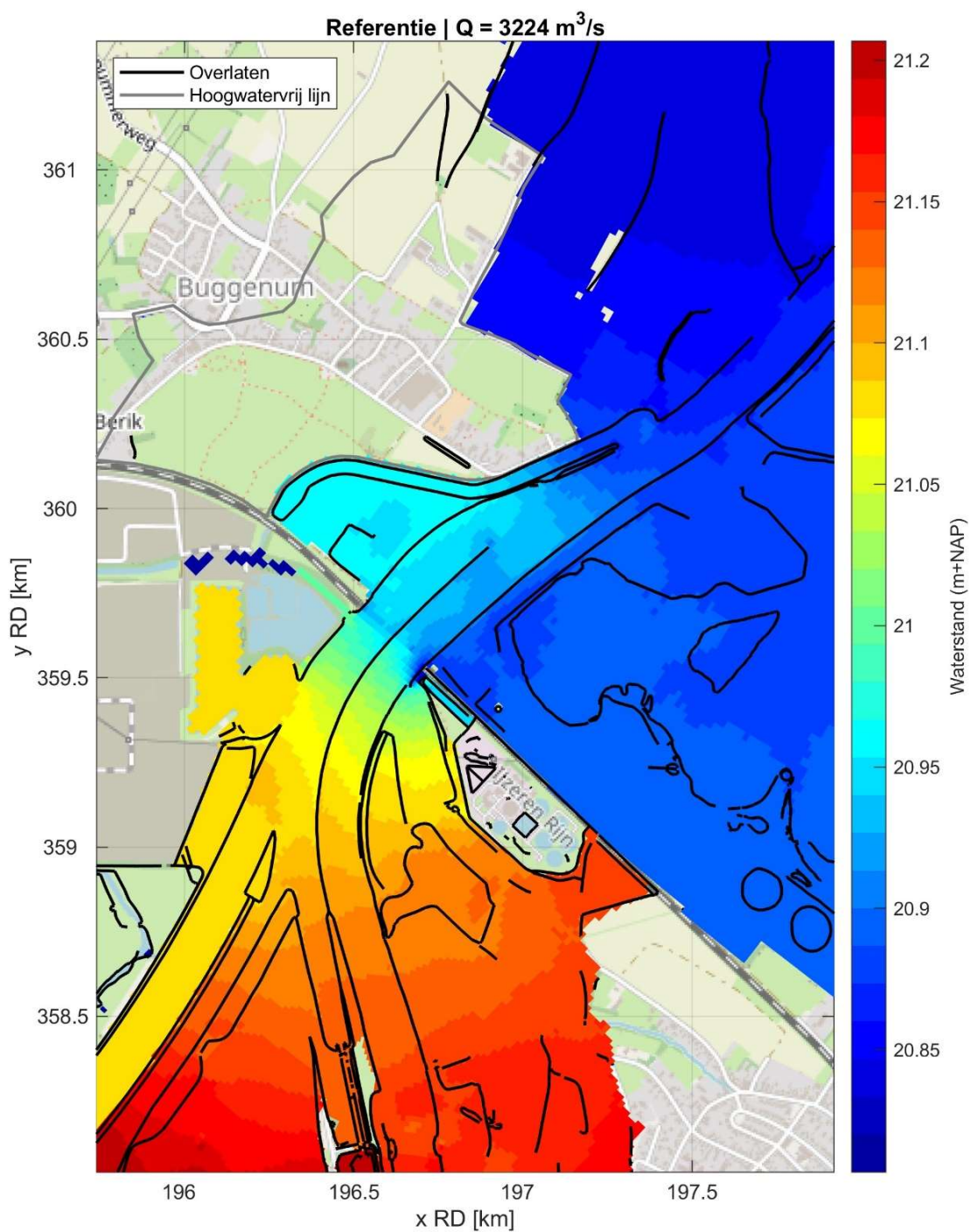


Fig. D.1: Waterstand in het geval van de referentie rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $3224 \text{ m}^3/\text{s}$ .

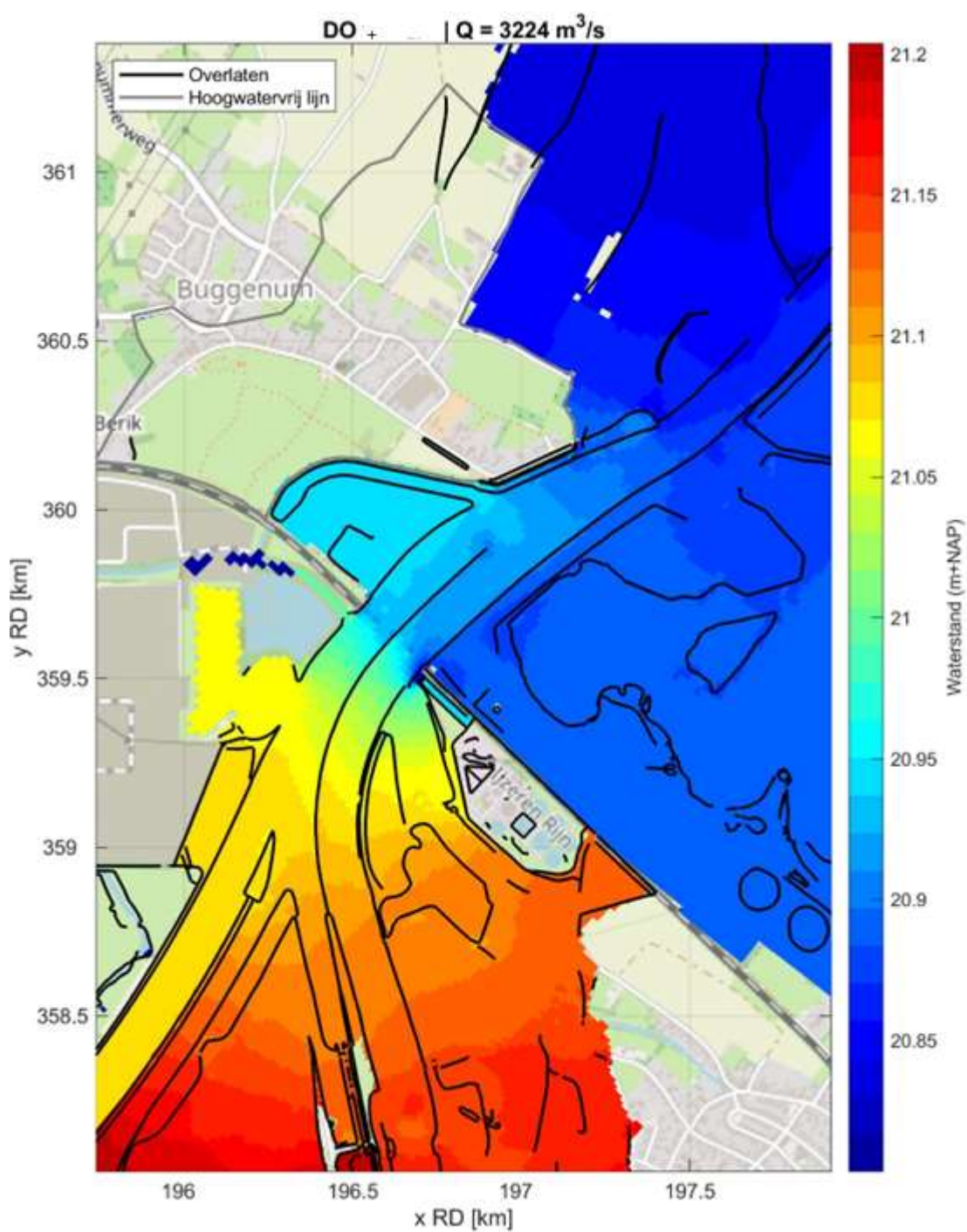


Fig. D.2: Waterstand in het geval van het DO+ rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $3224 \text{ m}^3/\text{s}$ .



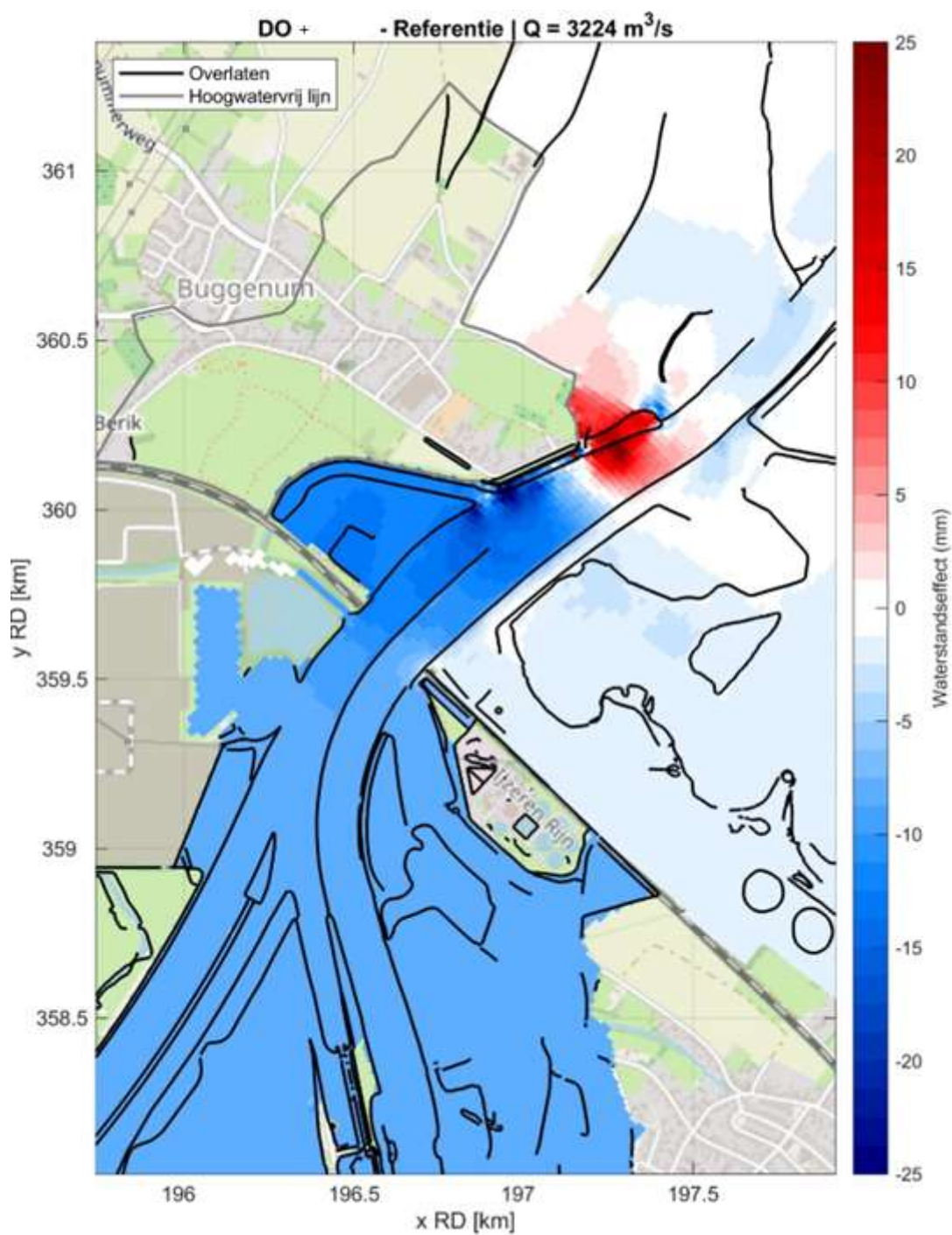


Fig. D.3: Waterstandseffect ten gevolge van het DO+ rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $3224 \text{ m}^3/\text{s}$ . Een rode kleur betekent een verhoging van de waterstand door het DO+.

**E STROMINGSKAARTEN**

**E.1 Afvoer: 1250 m<sup>3</sup>/s**

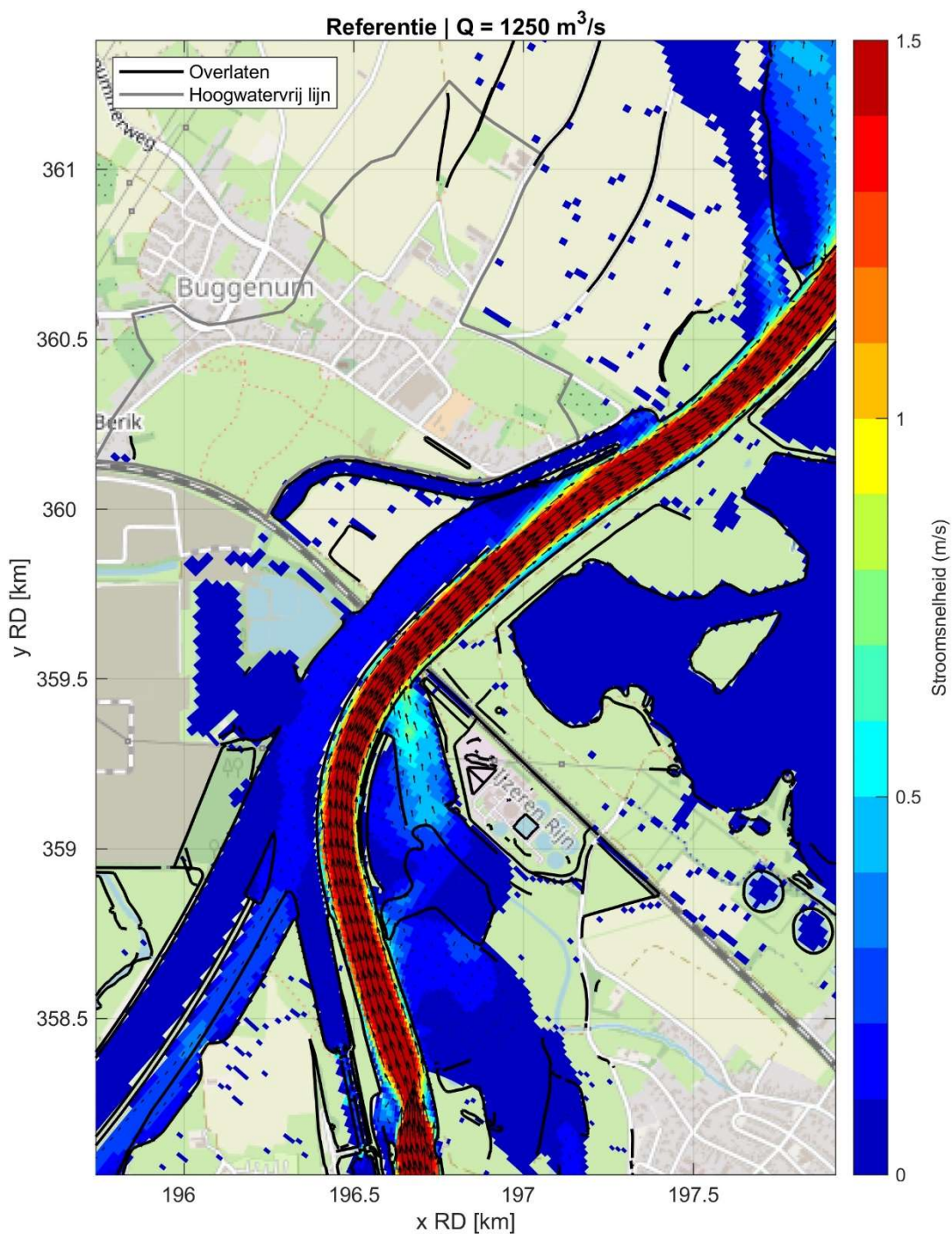


Fig. E.1: Stroomsnelheden in het geval van de referentie rondom de projectlocatie bij een afvoer van 1250 m<sup>3</sup>/s.



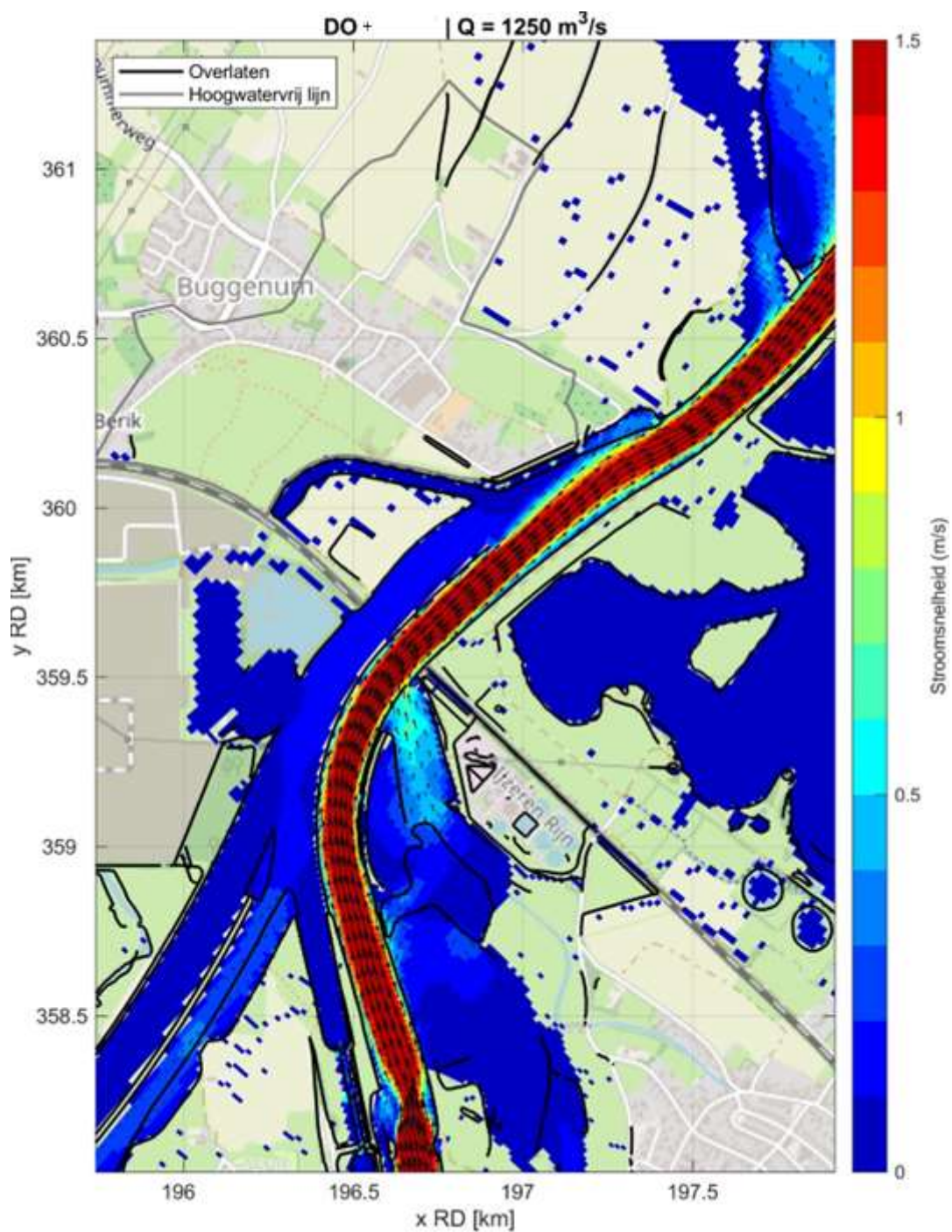


Fig. E.2: Stroomsnelheden in het geval van de DO + rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $1250 \text{ m}^3/\text{s}$ .

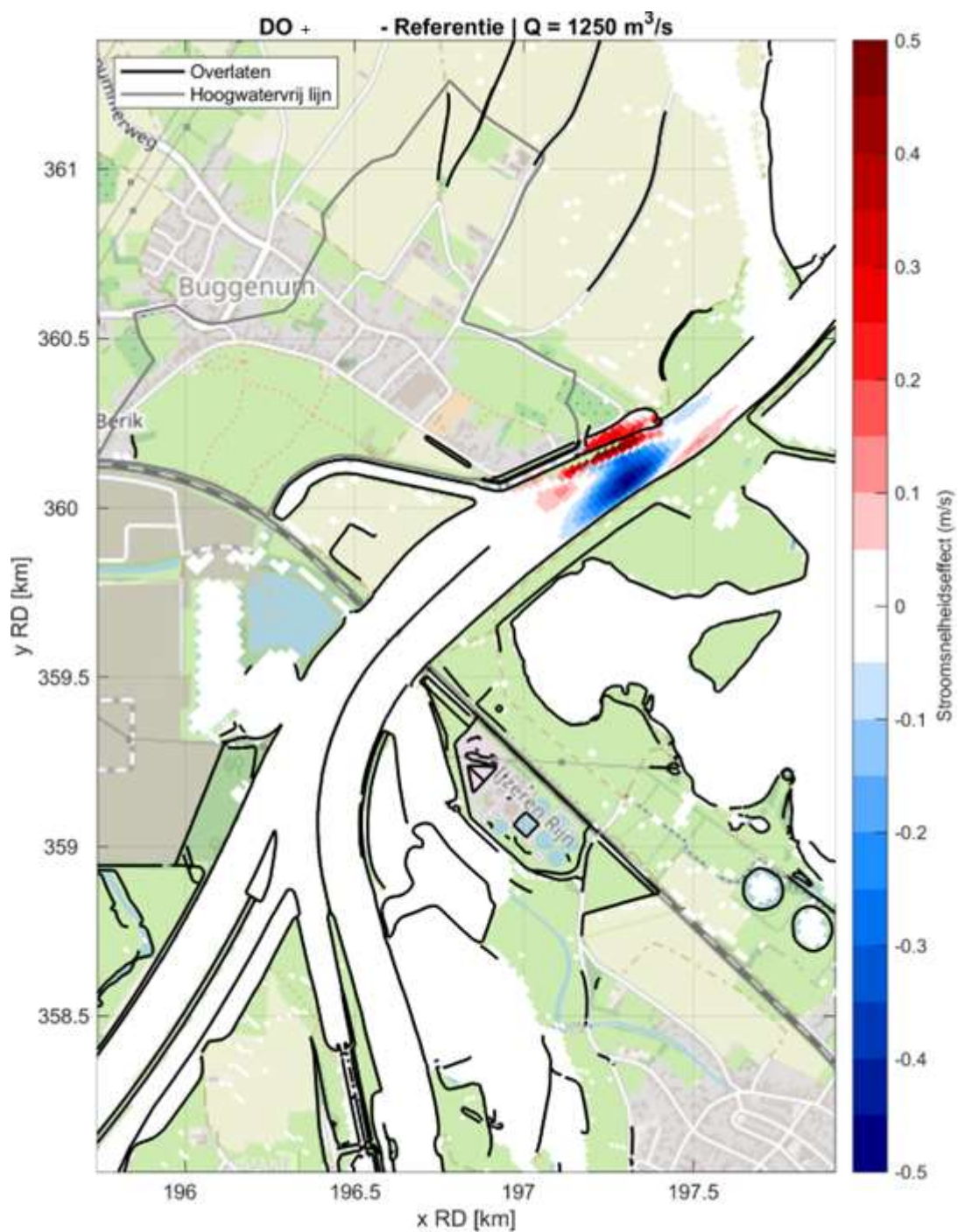


Fig. E.3: Stroomsnelheidseffect ten gevolge van de DO + rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $1250 \text{ m}^3/\text{s}$ . Een rode kleur betekent een verhoging van de stroomsnelheid door de DO +.

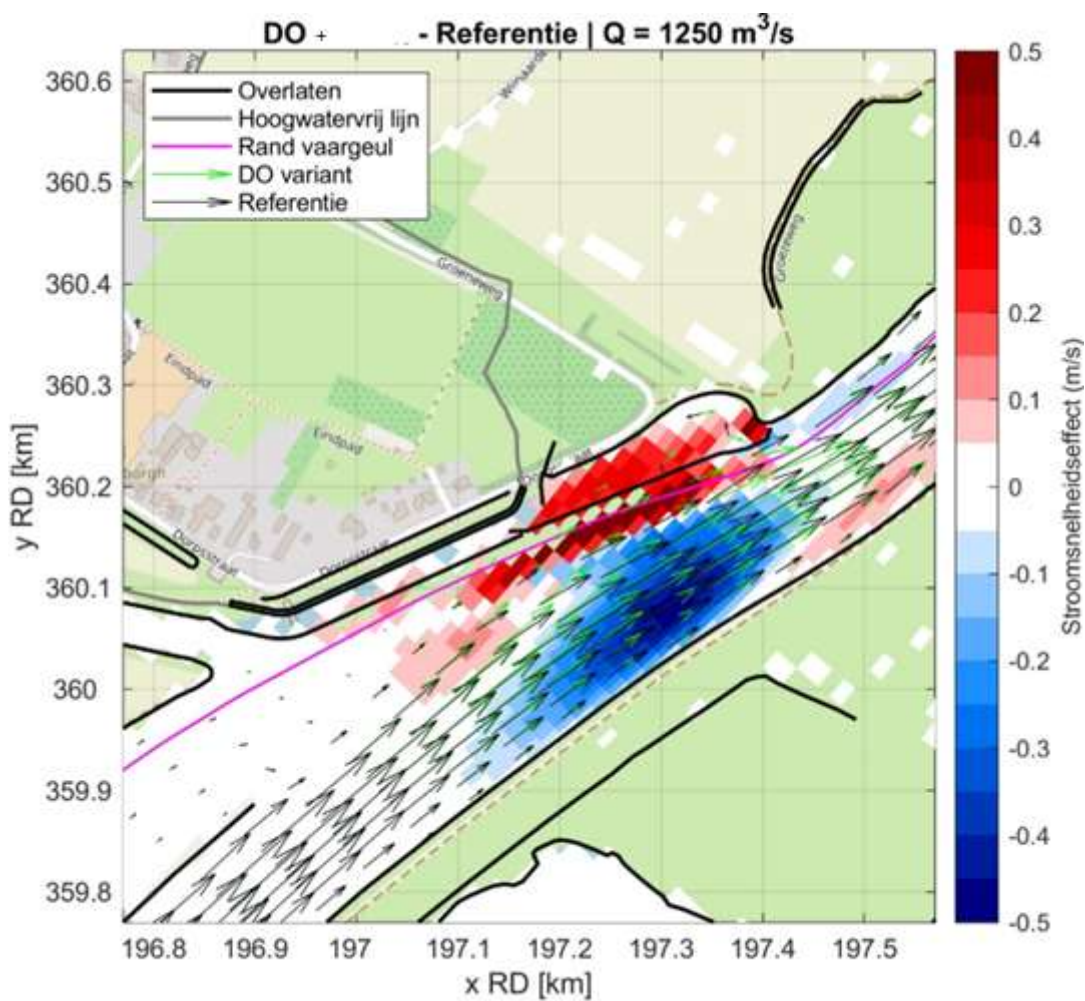


Fig. E.4: Detail van het stroomsnelheidseffect ten gevolge van het DO+ rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $1250 \text{ m}^3/\text{s}$ . Een rode kleur betekent een verhoging van de stroomsnelheid door de DO+.



E.2 Afvoer: 1500 m<sup>3</sup>/s

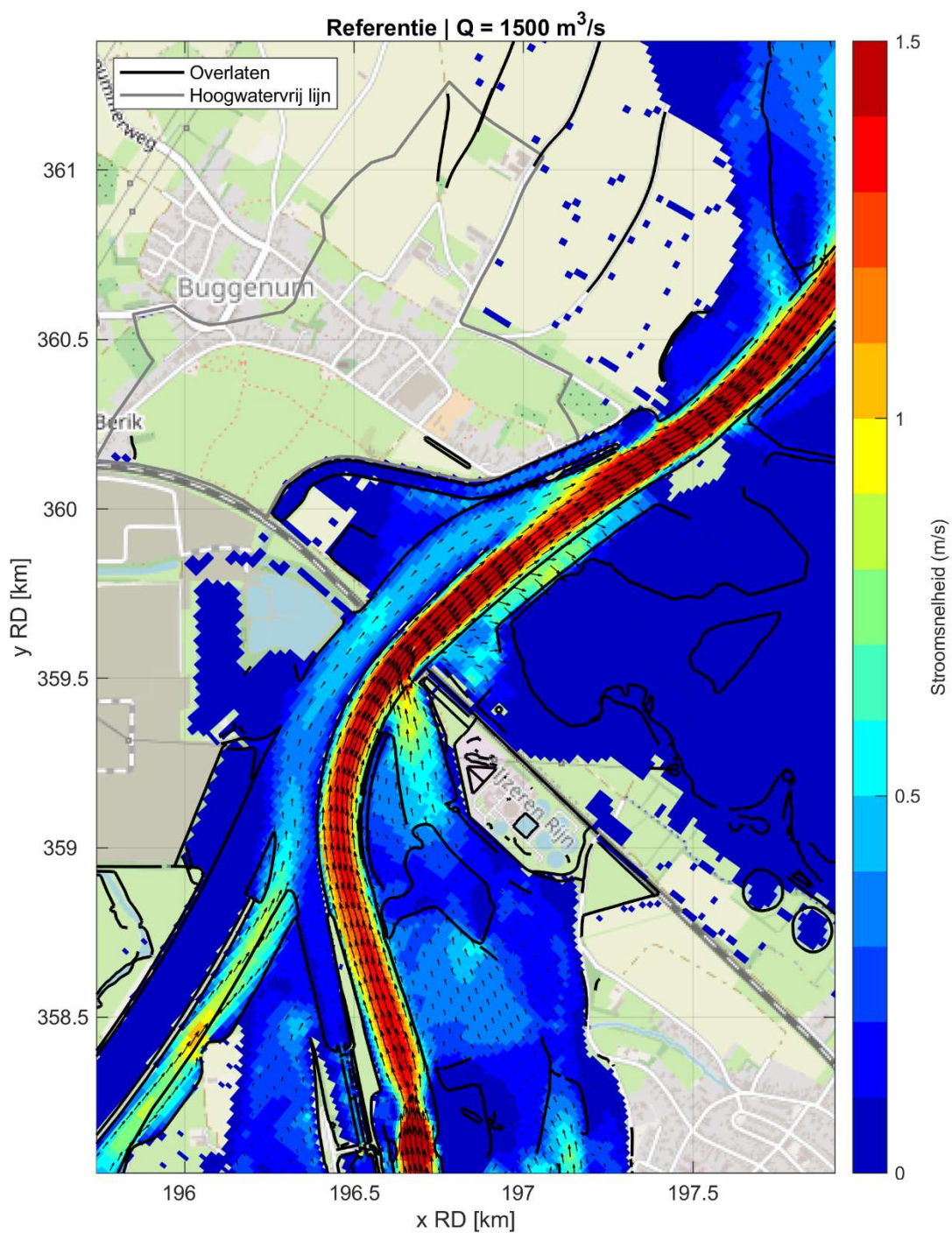


Fig. E.5: Stroomsnelheden in het geval van de referentie rondom de projectlocatie bij een afvoer van 1500 m<sup>3</sup>/s.

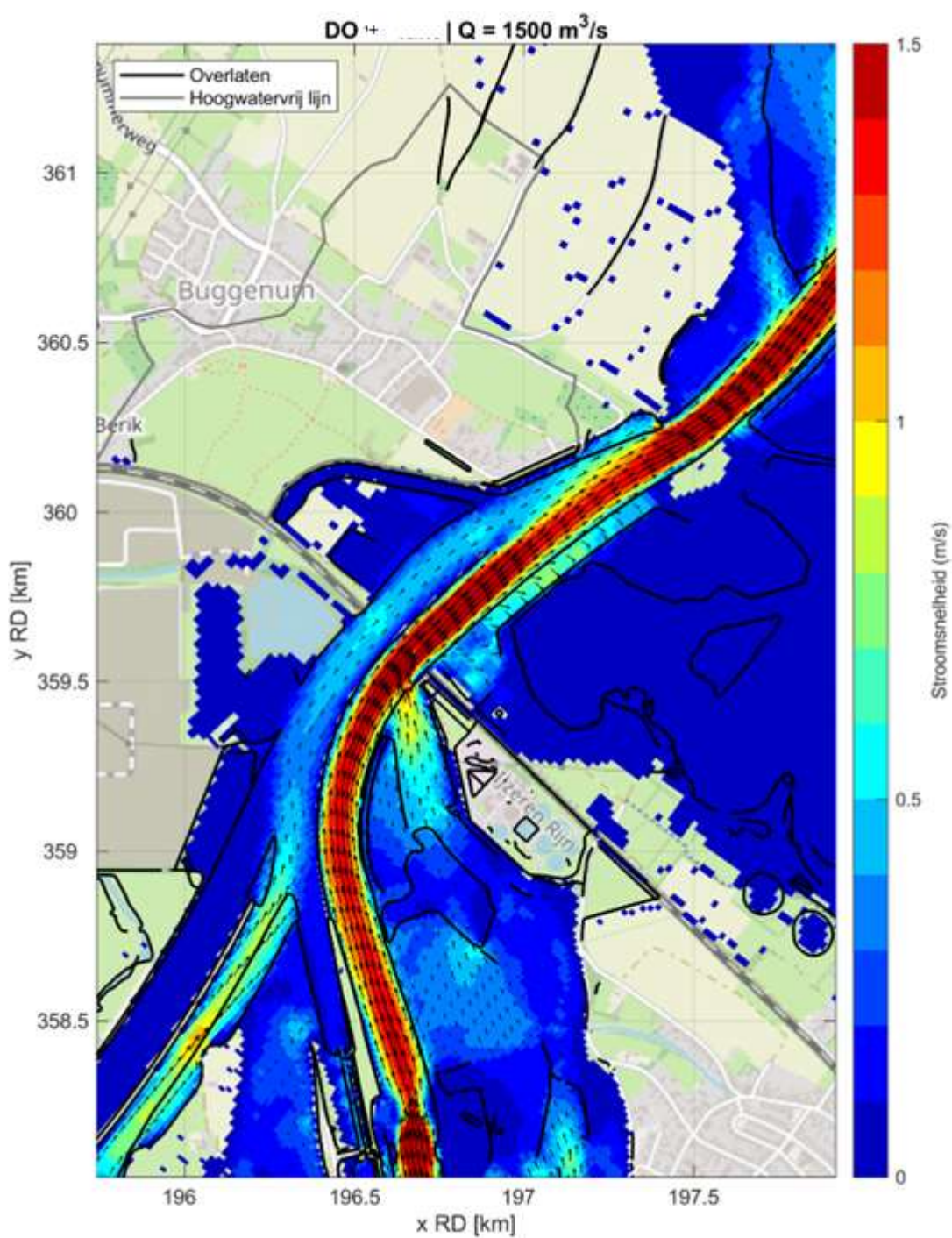


Fig. E.6: Stroomsnelheden in het geval van de DO + rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ .



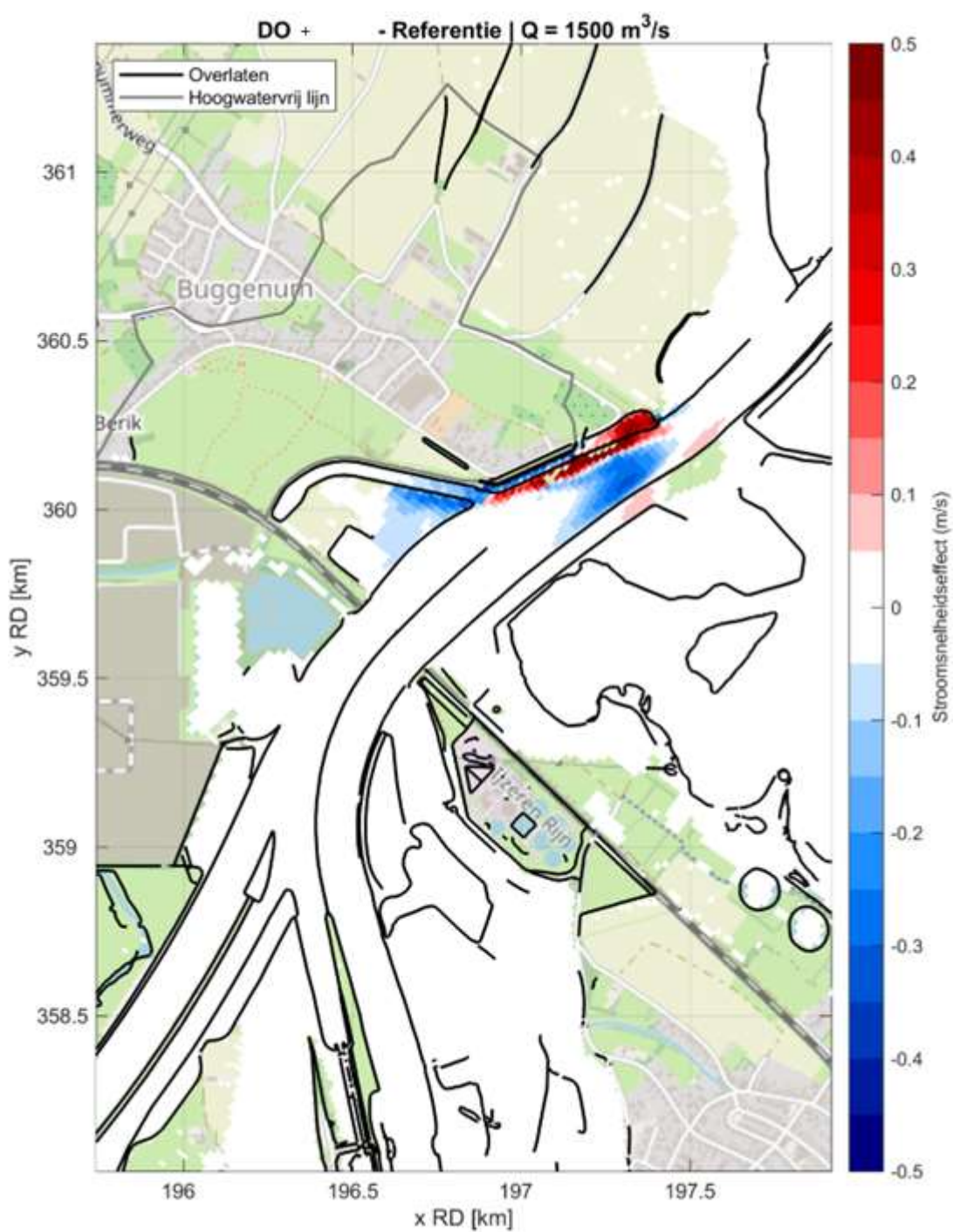


Fig. E.7: Stroomsnelheidseffect ten gevolge van het DO + rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ . Een rode kleur betekent een verhoging van de stroomsnelheid door het DO +.

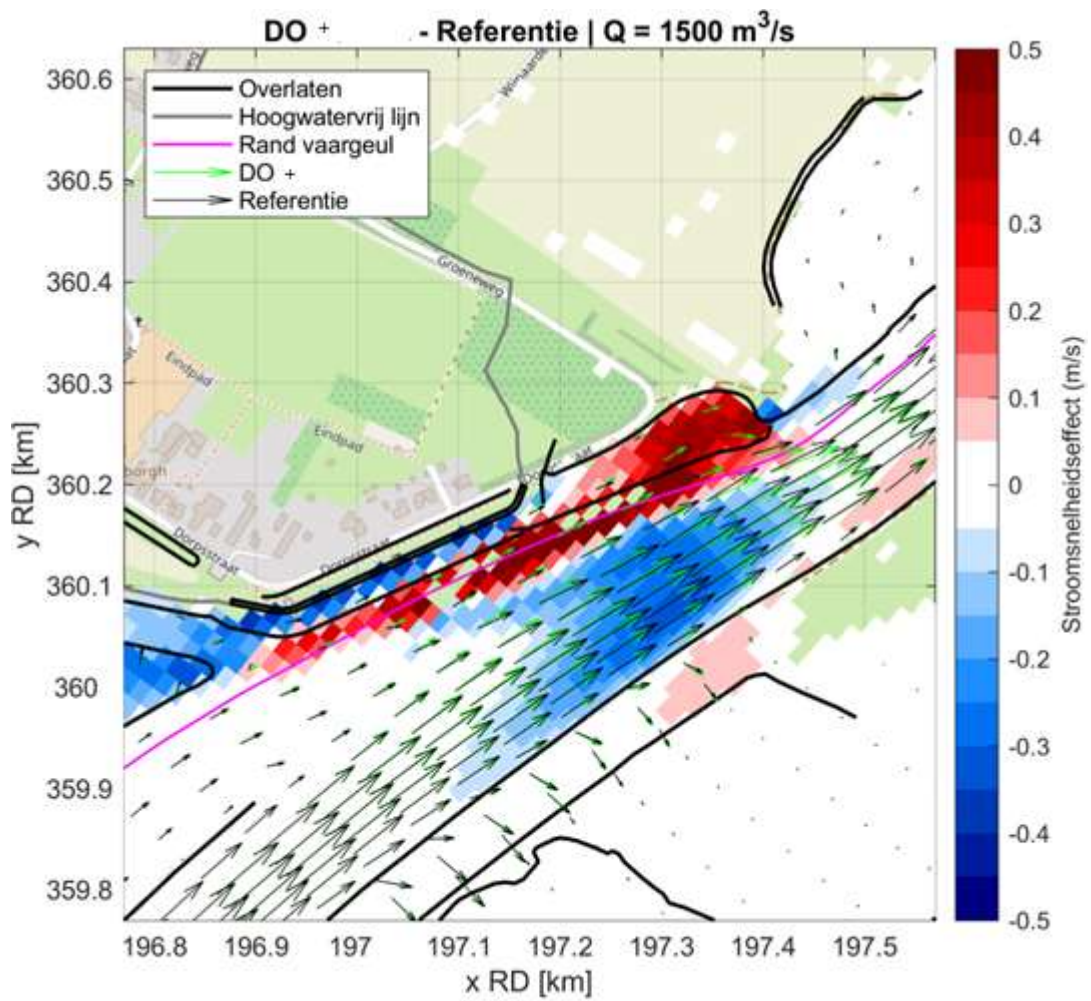


Fig. E.8: Detail van het stroomsnelheidseffect ten gevolge van het DO + rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ . Een rode kleur betekent een verhoging van de stroomsnelheid door het DO +.

E.3 Afvoer: 2000 m<sup>3</sup>/s

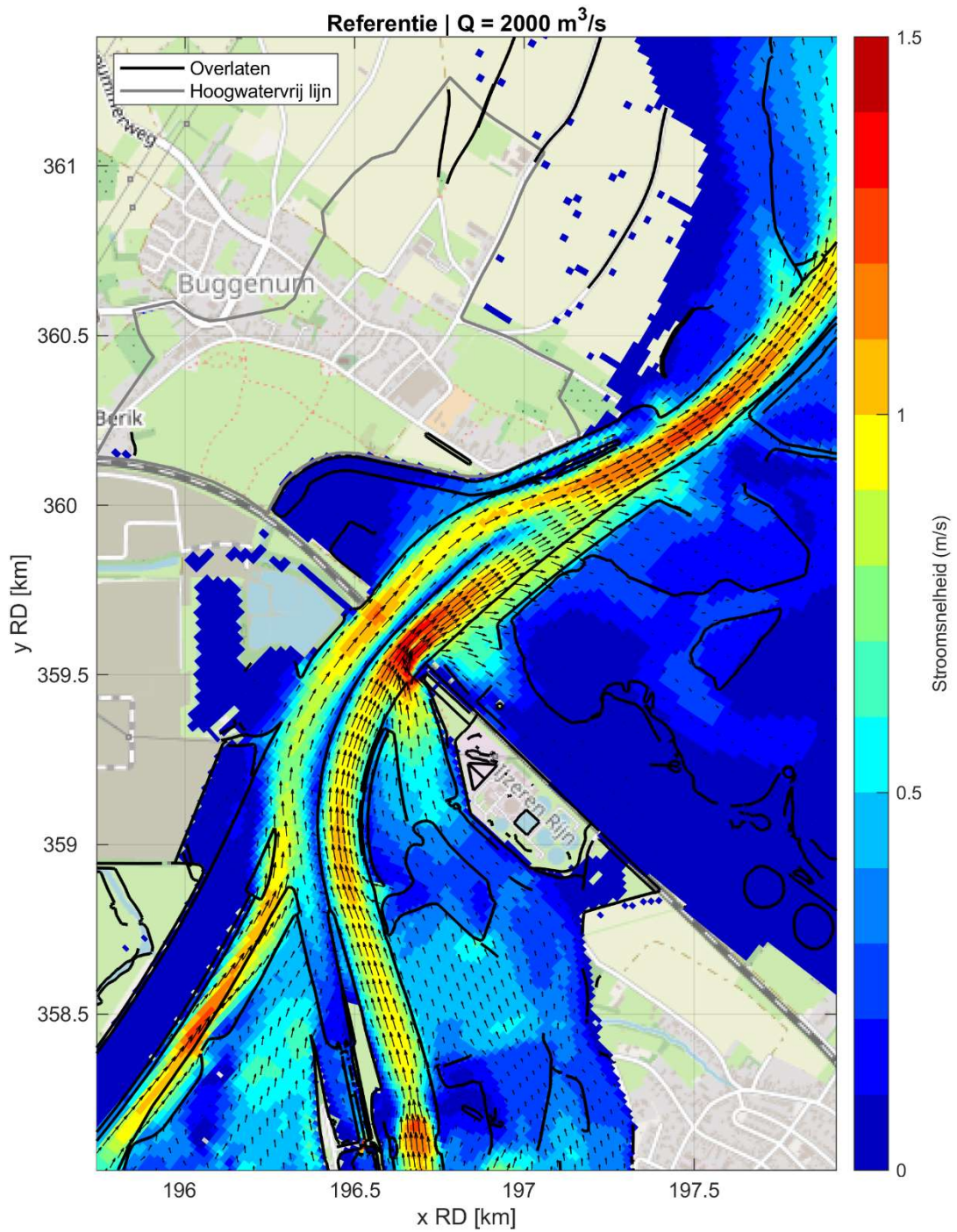


Fig. E.9: Stroomsnelheden in het geval van de referentie rondom de projectlocatie bij een afvoer van 2000 m<sup>3</sup>/s.



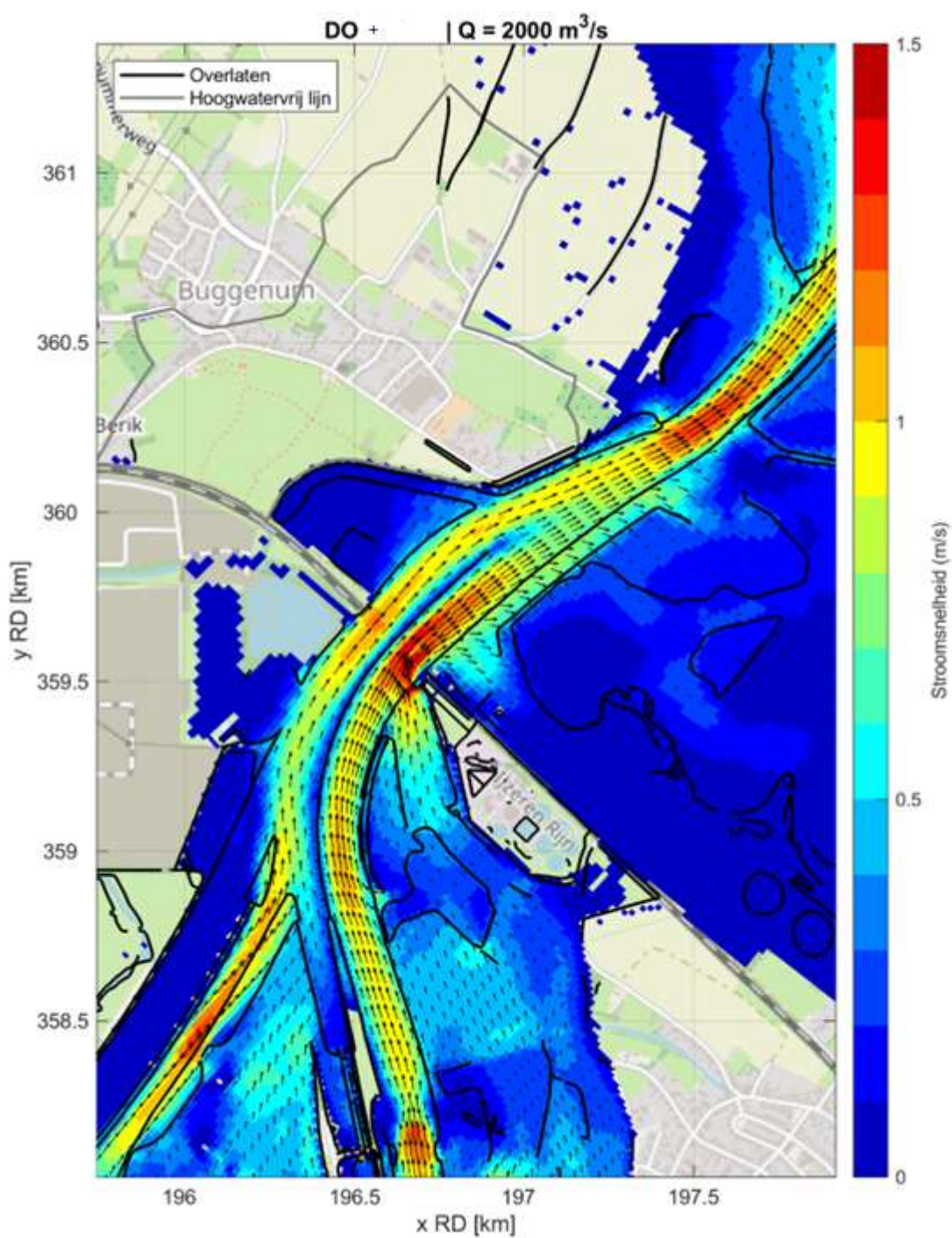


Fig. E.10: Stroomsnelheden in het geval van het DO+ rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ .

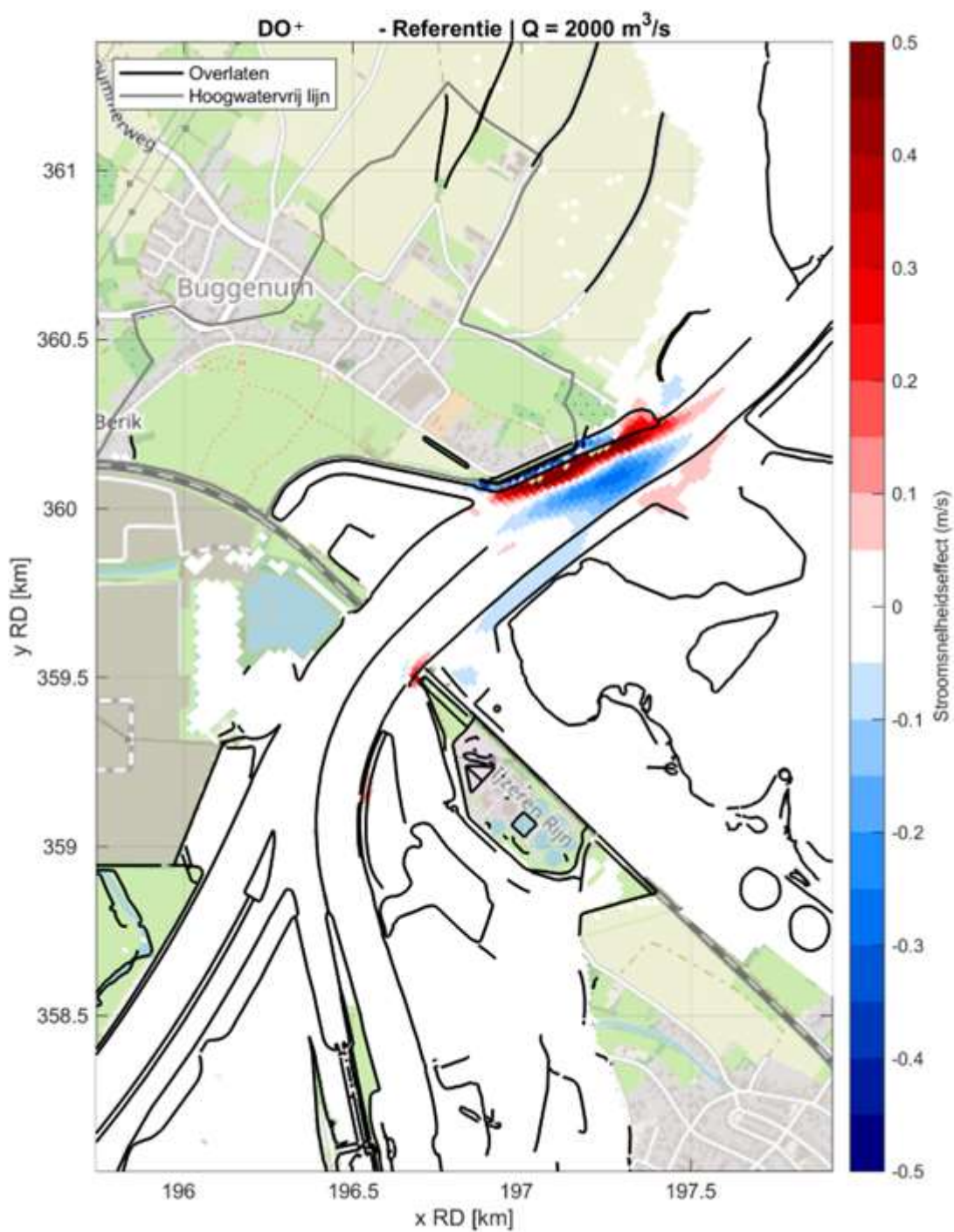


Fig. E.11: Stroomsnelheidseffect ten gevolge van het DO+ rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ . Een rode kleur betekent een verhoging van de stroomsnelheid door de DO+.



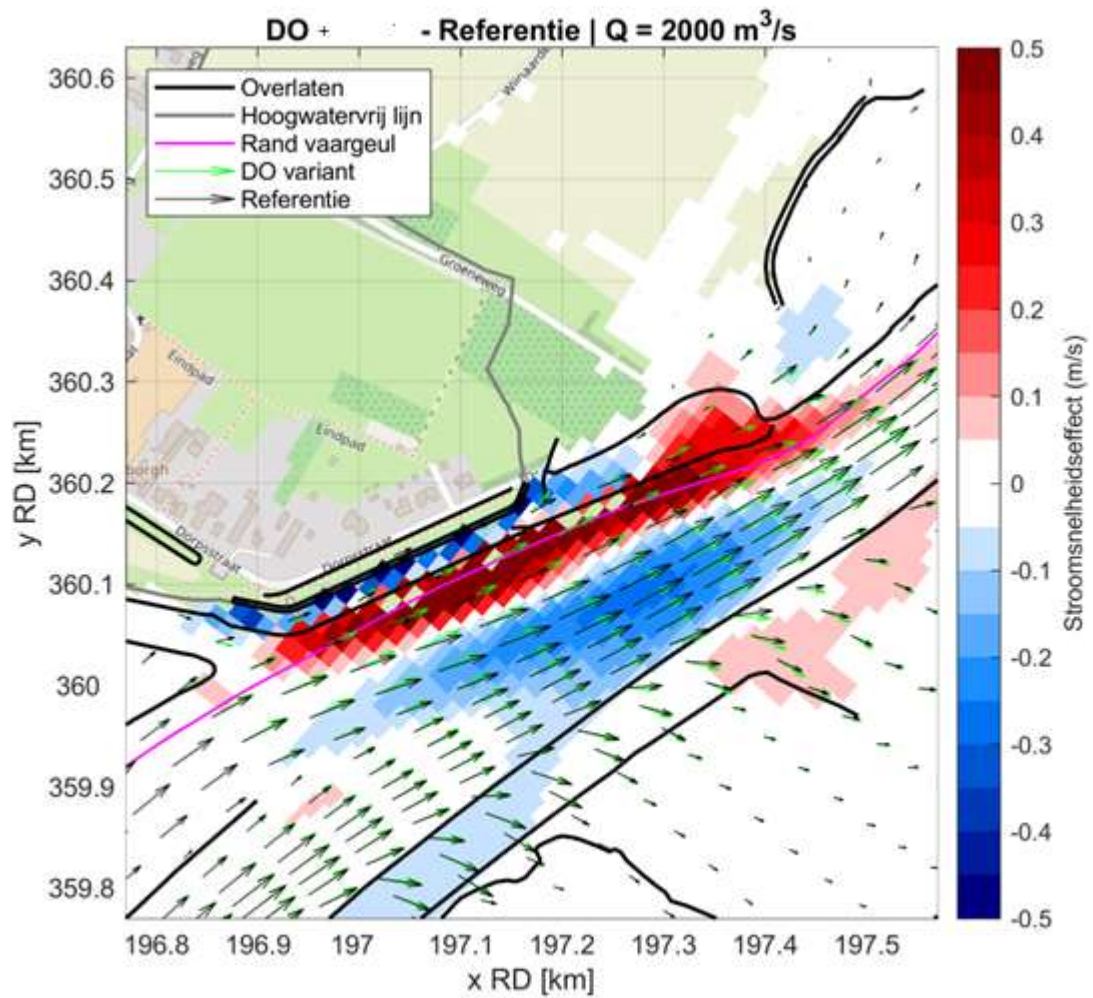


Fig. E.12: Detail van het stroomsnelheidseffect ten gevolge van het DO+ rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ . Een rode kleur betekent een verhoging van de stroomsnelheid door het DO+.

E.4 Afvoer: 3224 m<sup>3</sup>/s

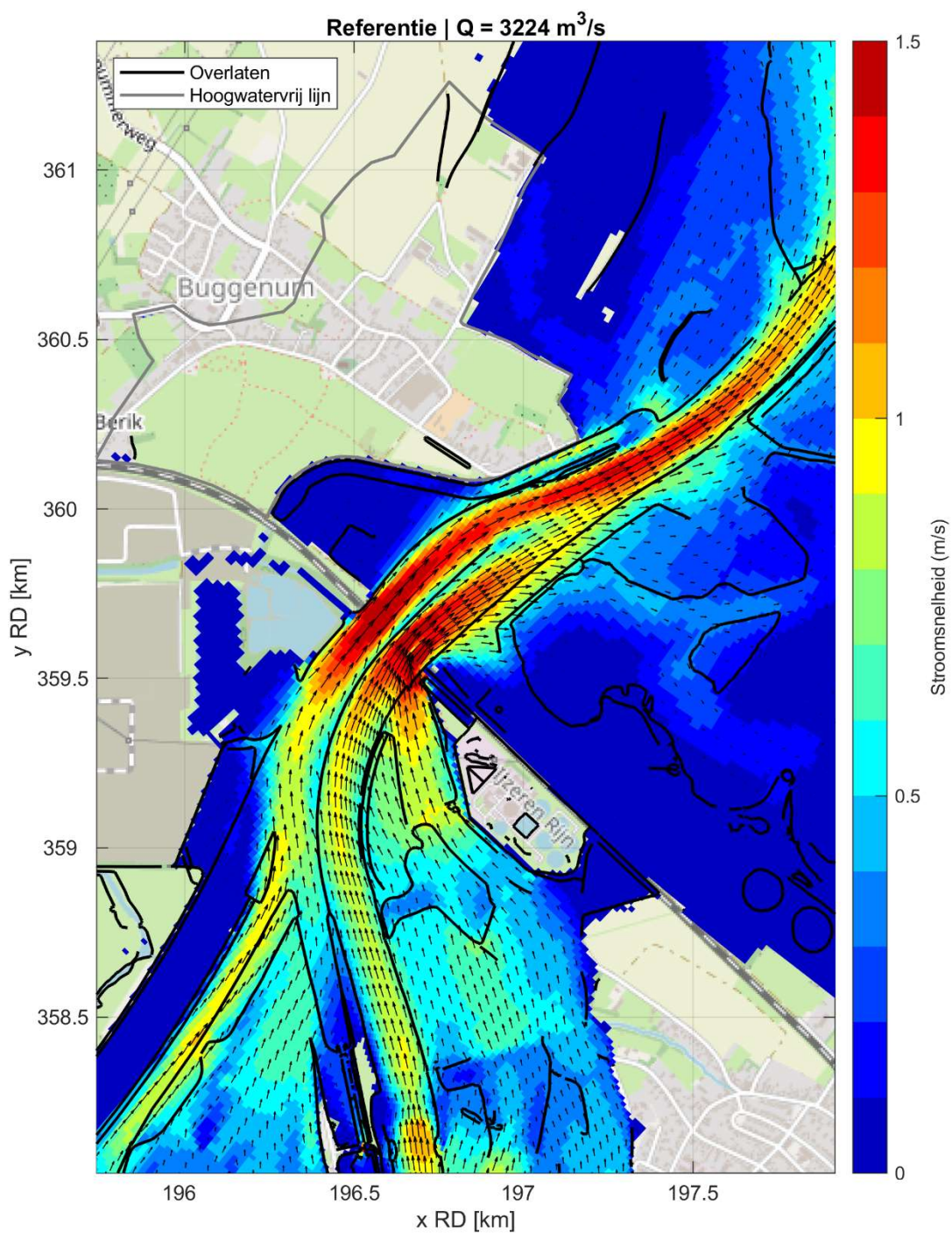


Fig. E.13: Stroomsnelheden in het geval van de referentie rondom de projectlocatie bij een afvoer van 3224 m<sup>3</sup>/s.



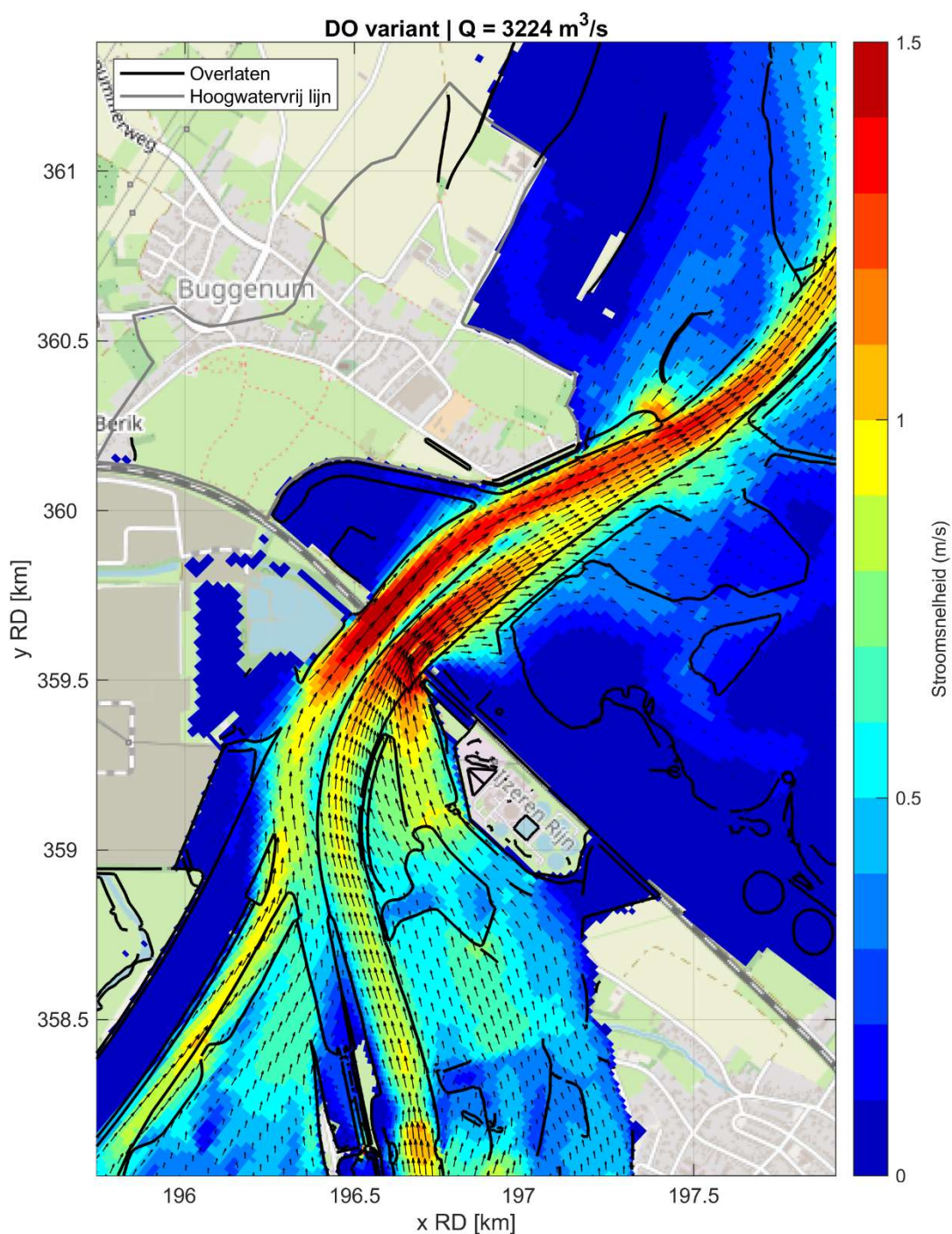


Fig. E.14: Stroomsnelheden in het geval van het DO+ rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $3224 \text{ m}^3/\text{s}$ .

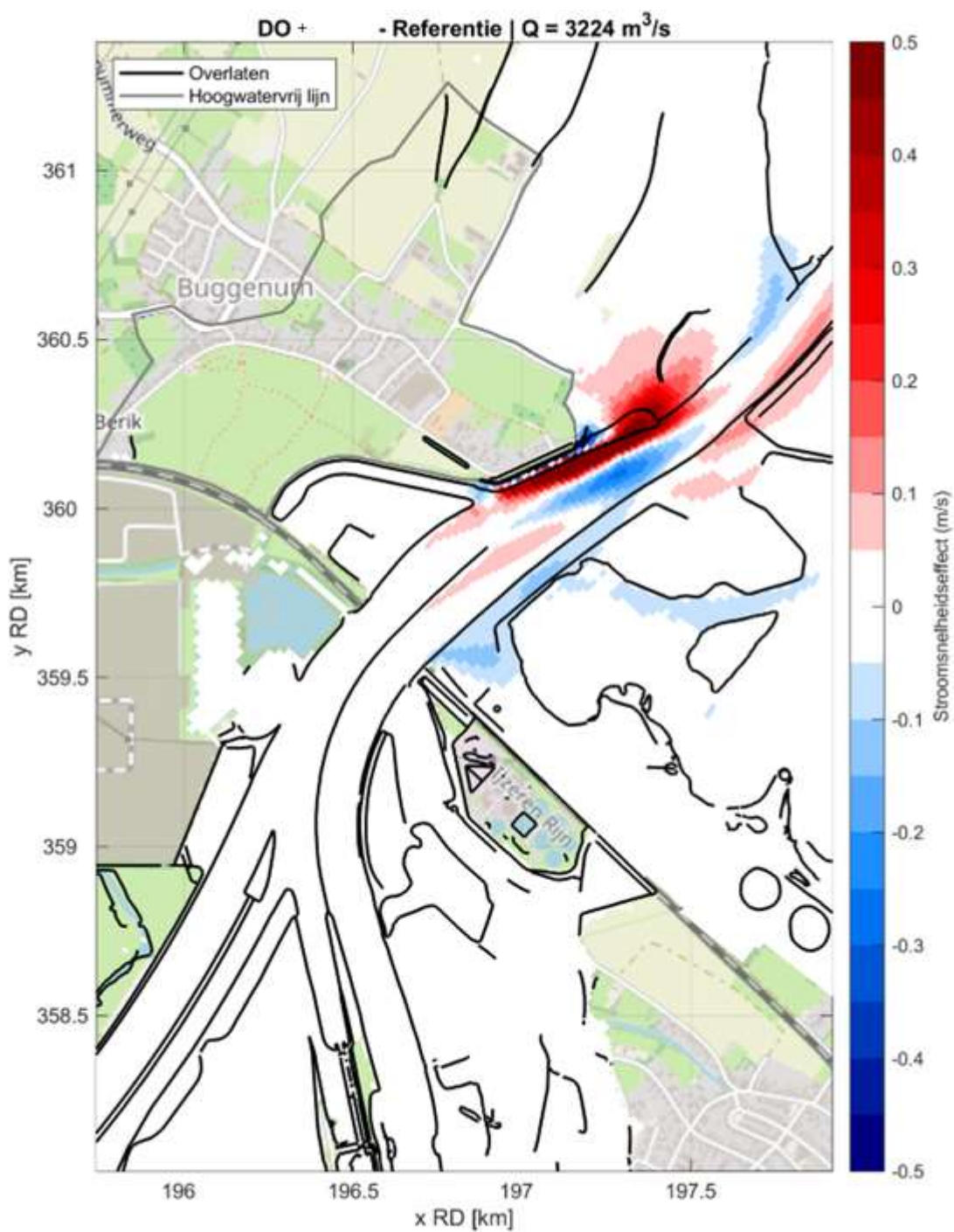


Fig. E.15: Stroomsnelheidseffect ten gevolge van het DO+ rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $3224 \text{ m}^3/\text{s}$ . Een rode kleur betekent een verhoging van de stroomsnelheid door het DO+.

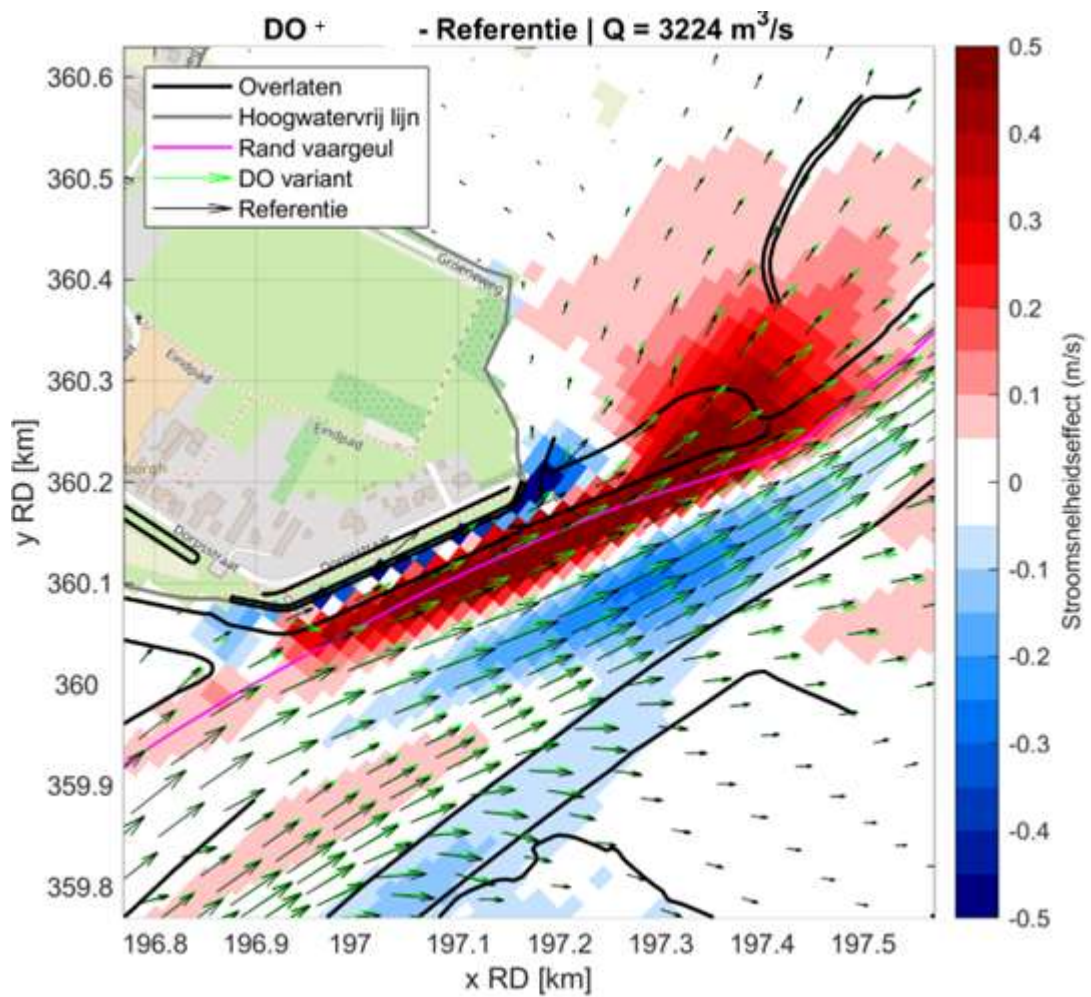


Fig. E.16: Detail van het stroomsnelheidseffect ten gevolge van het DO+ rondom de projectlocatie bij een afvoer van  $3224 \text{ m}^3/\text{s}$ . Een rode kleur betekent een verhoging van de stroomsnelheid door het DO+.



**F FIGUREN DWARSSTROMING EN DWARSDEBIET**

**F.1 Afvoer: 1250 m<sup>3</sup>/s**

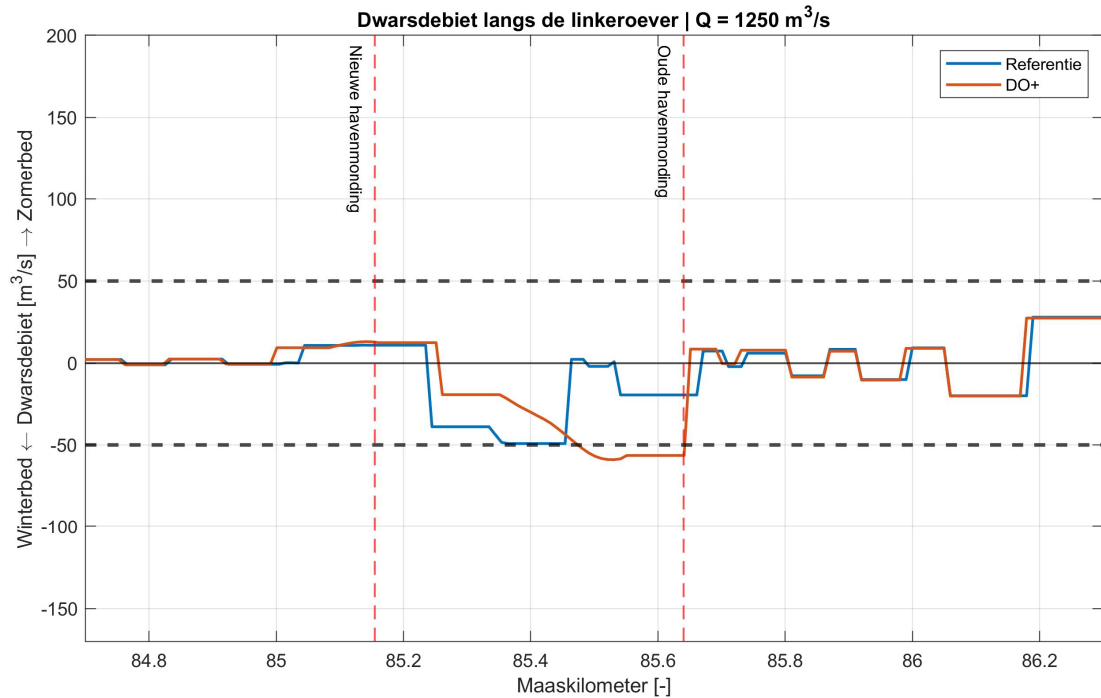


Fig. F.1: Dwarsdebiet voor de referentie en het DO+ bij een afvoer van 1250 m<sup>3</sup>/s.

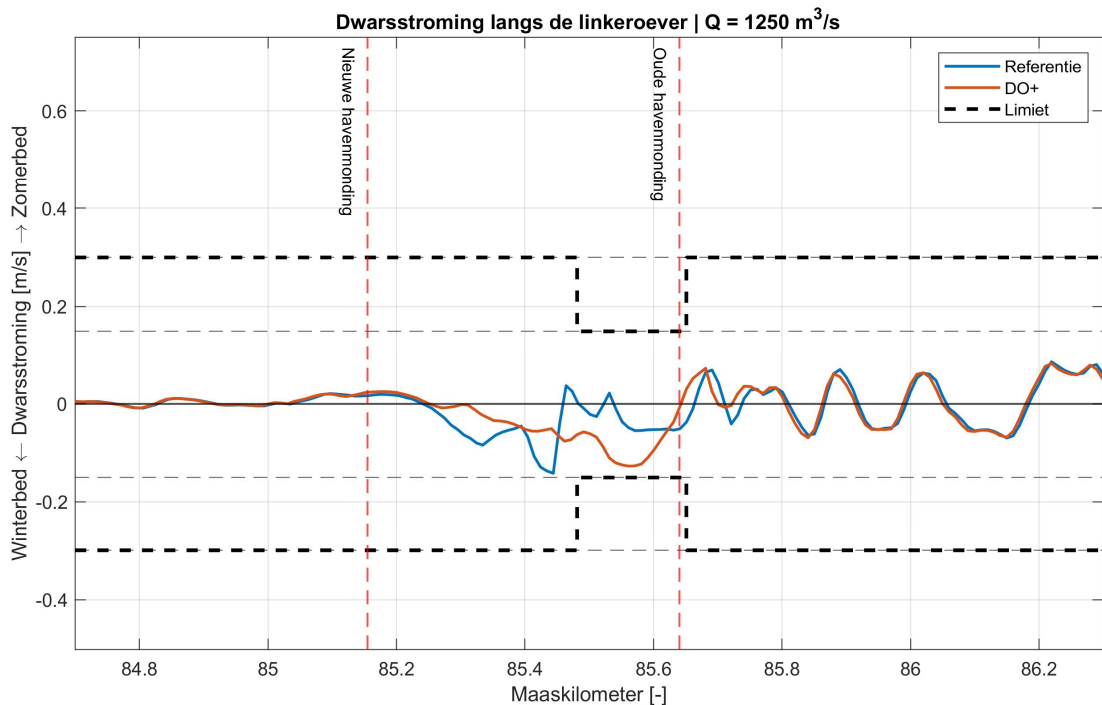


Fig. F.2: Dwarsstroming voor de referentie en het DO+ bij een afvoer van 1250 m<sup>3</sup>/s. De dikgedrukte zwarte stippellijn weergeeft de limiet, welke is gebaseerd op het dwarsdebiet.

**F.2 Afvoer: 1500 m<sup>3</sup>/s**

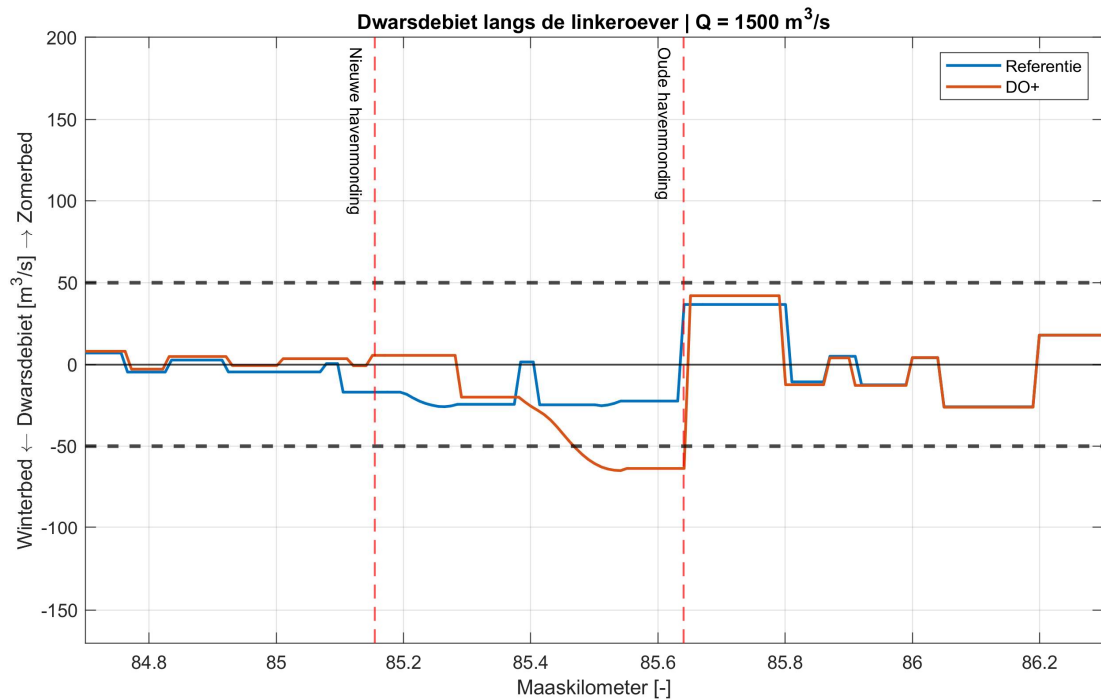


Fig. F.3: Dwarsdebiet voor de referentie en het DO+ bij een afvoer van 1500 m<sup>3</sup>/s.

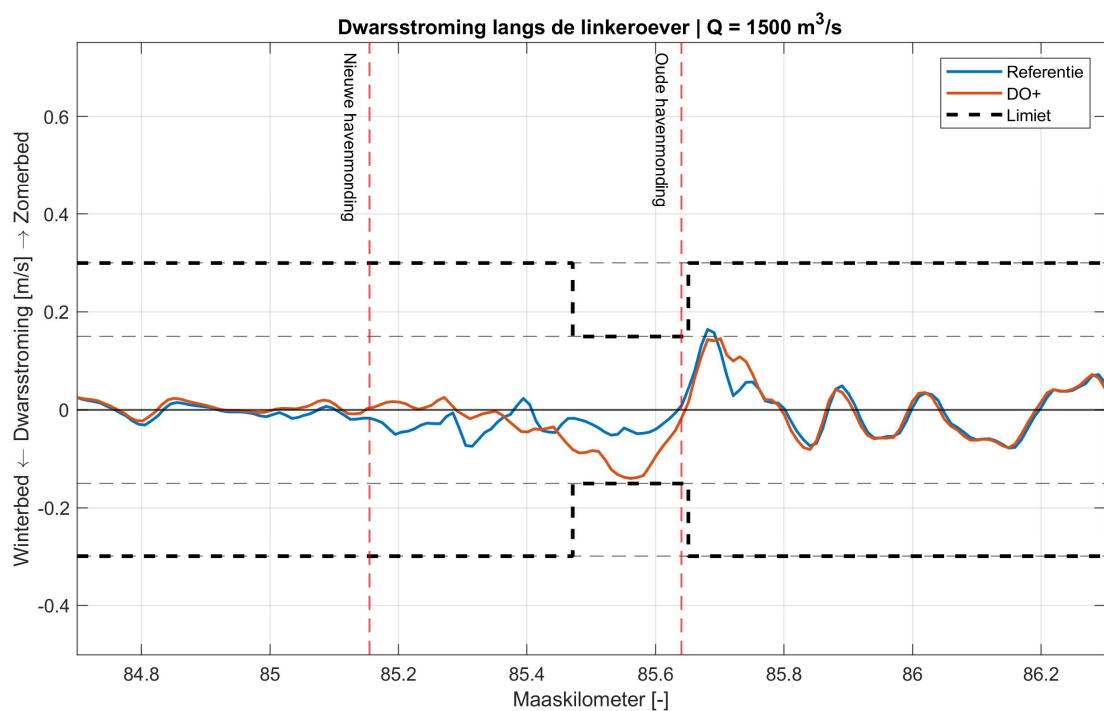


Fig. F.4: Dwarsstroming voor de referentie en het DO+ bij een afvoer van 1500 m<sup>3</sup>/s. De dikgedrukte zwarte stippellijn weergeeft de limiet, welke is gebaseerd op het dwarsdebiet.

**F.3 Afvoer: 2000 m<sup>3</sup>/s**

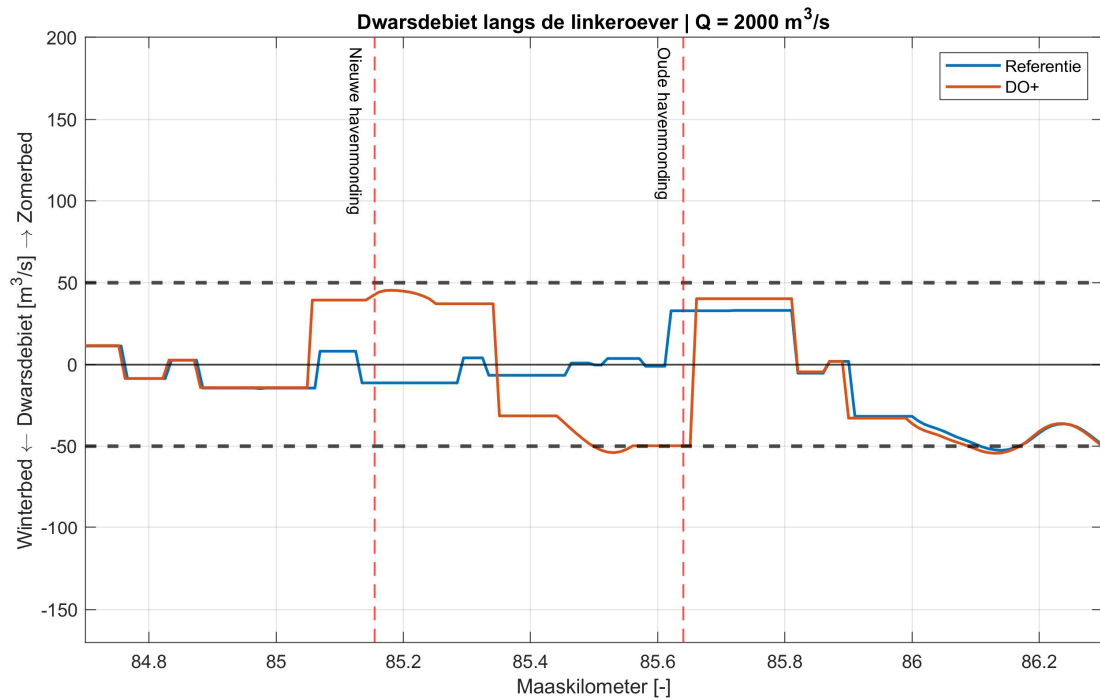


Fig. F.5: Dwarsdebiet voor de referentie en het DO+ bij een afvoer van 2000 m<sup>3</sup>/s.

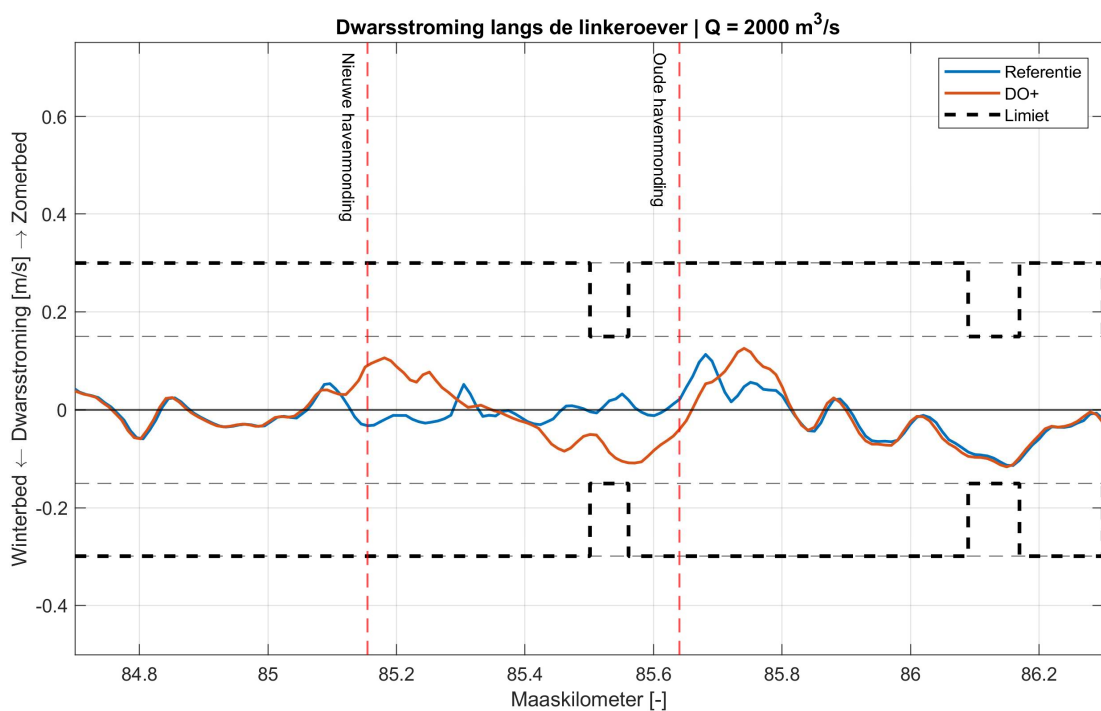


Fig. F.6: Dwarsstroming voor de referentie en het DO+ bij een afvoer van 2000 m<sup>3</sup>/s. De dikgedrukte zwarte stippellijn weergeeft de limiet, welke is gebaseerd op het dwarsdebiet.





