



# Planuitwerking gebiedsontwikkeling Grebbedijk

**Rivierkundige beoordeling**

**Waterschap Vallei en Veluwe**

7 juni 2024

Project Opdrachtgever	Planuitwerking gebiedsontwikkeling Grebbedijk Waterschap Vallei en Veluwe
Document Status Datum Referentie	Rivierkundige beoordeling Definitief 7 juni 2024 124281-2.4/24-008.274
Projectcode Projectleider Projectdirecteur	124281 Anoniem (binnen Witteveen+Bos bekend) Anoniem (binnen Witteveen+Bos bekend)
Auteur(s) Gecontroleerd door Goedgekeurd door	Anoniem (binnen Witteveen+Bos bekend) Anoniem (binnen Witteveen+Bos bekend) Projectleider
Paraaf	Dit rapport is geautoriseerd volgens de regels van het Witteveen+Bos managementsysteem
Adres	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. Leeuwenbrug 8 Postbus 233 7400 AE Deventer +31 (0)570 69 79 11 <a href="http://www.witteveenbos.com">www.witteveenbos.com</a> KvK 38020751

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

© Witteveen+Bos

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



## INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
1.1	Wat is de gebiedsontwikkeling Grebbedijk?	5
1.2	Projectgebied	5
1.3	Projectdoel	6
1.4	Doel van dit rapport/deze notitie	6
1.5	Leeswijzer	7
<b>2</b>	<b>REFERENTIESITUATIE EN VARIANT</b>	<b>8</b>
2.1	Introductie	8
2.2	Referentiesituatie	8
2.3	Gebiedsontwikkeling Grebbedijk (variant GD_OL3c)	12
2.3.1	Beschrijving variant	12
2.3.2	Dijkversterking	16
2.3.3	Kamsalamanderpoelen	17
2.3.4	Ecologische verbindingzone	18
2.3.5	KRW-geul	19
2.3.6	Sanering vergunning nabij steenfabriek	19
2.3.7	Ooibos Plasserwaard	19
2.3.8	Vervanging struweel oostzijde Plasserwaard	20
<b>3</b>	<b>SYSTEEMWERKING EN KWALITATIEVE BESCHOUWING</b>	<b>22</b>
3.1	Systeemwerking Nederrijn vóór de ingreep	22
3.2	Systeemwerking rond het projectgebied vóór de ingreep	22
3.3	Aard en omvang van geplande ingreep	24
3.4	Te verwachten hydraulische effecten	24
3.5	Te verwachten morfologische effecten	25
<b>4</b>	<b>UITGANGSPUNTEN MODELBEREKENINGEN</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>RIVIERKUNDIGE EFFECTEN</b>	<b>27</b>
5.1	Waterstandsverschillen op de rivieras bij hoogwaterreferentie	27
5.2	Hoogwaterreferentie buiten de rivieras	29

5.3	Afvoerverdeling IJsselkop	30
5.4	Invloed op ijsafvoer	31
5.5	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	32
5.6	Stroombeeld in de uiterwaard en hoofdgeul	33
5.7	Dwarsstroming	36
5.8	Effecten op afvoerverdeling IJsselkop voor OLA	42
5.9	Beoordeling morfologische effecten	42
5.9.1	Kwalitatieve beschouwing	42
5.9.2	Verandering morfologie van het zomerbed	42
5.9.3	Verandering morfologie van het winterbed	44

## 6 **CONCLUSIES** 45

## 7 **REFERENTIES** 50

Laatste pagina 50

### **Bijlage(n)**

**Aantal pagina's**

I	Maatregelen opgenomen in de referentie	1
II	Bodemkaart Baseline referentie	1
III	Ruwheidskaart Baseline referentie	1
IV	Bodemkaart baseline variant	1
V	Ruwheidskaart Baseline variant	1
VI	WAQUA-schematisatie Variant	1
VII	Dijkprofielen en fictieve verschuiving buitenkruinlijn	1
VIII	Bodemkaart Baseline Variant - Detail Kamsalamanderpoelen	1
IX	Bodemkaart Baseline Variant - Detail KRW-geul	1
X	Kartering vegetatie Oostzijde Plasserwaard	1
XI	Evenwichtsbodemligging na laag water en na hoog water	3
XII	Variant GD_OL3_dijk	5
XIII	Waterstandsverschil op de rivieras bij HWR (variant GD_OL3, GD_OL3a en GD_OL3b)	2
XIV	Stroombeeld Blauwe Kamer Q = 6.000 m <sup>3</sup> /s	2



# 1

## INLEIDING

### 1.1 Wat is de gebiedsontwikkeling Grebbedijk?

De Grebbedijk beschermt de bewoners van de Gelderse Vallei tegen hoge waterstanden in de Nederrijn. Ook in de toekomst moet de dijk veiligheid bieden. Op dit moment voldoet de dijk niet aan de wettelijk voorgeschreven signaleringswaarde, een door het Rijk vastgestelde overstromingskans. Daarom gaat waterschap Vallei en Veluwe de dijk versterken.

De verbetering van de dijk is een kans om tegelijk het omliggende gebied aan te pakken. De Grebbedijk, de Nederrijn en de uiterwaarden hebben een belangrijke functie voor planten en dieren, omdat het gebied de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe met elkaar verbindt. Daarnaast vindt hier veel recreatie plaats, zoals recreatief wandelen en fietsen.

In de plannen van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk staat waterveiligheid centraal. Daarnaast worden (zo mogelijk) de natuur en cultuur versterkt en wordt het gebied aantrekkelijker gemaakt voor recreatie. Acht partners werken in deze gebiedsontwikkeling samen: het waterschap Vallei en Veluwe, gemeenten Wageningen en Rhenen, provincies Gelderland en Utrecht, Rijkswaterstaat, Utrechts Landschap en Staatsbosbeheer. Bewoners, ondernemers, belangenverenigingen en andere geïnteresseerden uit de omgeving zijn betrokken in het proces en de voorbereiding van de dijkversterking en gebiedsontwikkelingen.

### 1.2 Projectgebied

Het projectgebied van de gebiedsontwikkeling, zie afbeelding 1.1, bevindt zich tussen de Wageningse berg (Veluwe) aan de oostzijde en de Grebbeberg (Utrechtse Heuvelrug) aan de westzijde.

De Grebbedijk (dijktraject 45-1) beschermt de Gelderse Vallei tegen hoogwater vanuit de Nederrijn. De dijk is 5,5 km lang. Het traject start bij de Wageningse Berg (dijkpaal 0) tot aan de Grebbeberg in Rhenen (dijkpaal 55). De Grebbedijk is, ondermeer vanuit de landschappelijke karakteristieken, opgedeeld in vier deelgebieden: 1. stedelijke dijk, 2. Nudedijk, 3. landelijke dijk en 4. dijk door het Hoornwerk. Bij het projectgebied behoort ook de aansluiting op de hoge gronden van de Wageningse Berg en de Grebbeberg. Aan de Grebbedijk liggen verschillende uiterwaarden die deels onderdeel uitmaken van het projectgebied.

In een eerdere fase (de verkenning) is onderzocht welke gebiedsopgaven gekoppeld kunnen worden aan de dijkversterking en hoe opgaven elkaar kunnen versterken. Daaruit is in 2020 één integrale gebiedsontwikkeling als voorkeursalternatief vastgelegd. Het voorkeursalternatief verenigt de dijkversterking met verschillende opgaven, zoals natuurontwikkeling in de Bovenste Polder (inclusief de Driehoek) en de Plasserwaard, en de verbetering van de verkeersveiligheid bij de Nudedijk.

Abbeelding 1.1 Gebiedsontwikkeling Grebbedijk



### 1.3 Projectdoel

De overkoepelende doelstelling van het project 'gebiedsontwikkeling Grebbedijk' is het realiseren van een veilige en beleefbare dijk in een mooie omgeving door bestaande functies en waarden in te passen en invulling te geven aan de gebiedsambities.

De volgende doelstellingen over hoogwaterveiligheid en natuur worden in ieder geval gerealiseerd:

- 1 versterking van de Grebbedijk, zodat dit waterstaatswerk voldoet aan de wettelijke hoogwaterveiligheidsnormen;
- 2 inrichting van een nieuw geulgebied in de Plasserwaard. Hiermee wordt bijgedragen aan de Nadere uitwerking Riviergebied (NURG) en opgaven vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW);
- 3 natuurontwikkeling in aangrenzende uiterwaarden vanuit Natura 2000-, Gelders Natuur Netwerk (GNN)- en NURG-opgaven.

Daarnaast wil het project gebiedsambities (zoals de verkeersveiligheid en herstel van het Hoornwerk) mogelijk maken en invulling geven aan het vergroten van het waterveiligheidsbewustzijn in de Gelderse Vallei. Deze gebiedsambities kunnen een ander tijdpad doorlopen dan de hiervoor genoemde doelstellingen.

### 1.4 Doel van dit rapport/deze notitie

Gelet op de gedeeltelijke ligging van het projectgebied in de uiterwaarden van de Nederrijn, moeten de rivierkundige effecten worden bepaald ter onderbouwing van een vergunningsaanvraag. De rivierkundige effecten worden getoetst aan de criteria van het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK) [ref. 1]. Dit rapport presenteert de resultaten van de rivierkundige berekeningen. Het doel van de rapportage is om te toetsen of het ontwerp in de huidige vorm voldoet aan de eisen van het RBK.

Eerder in het project zijn de rivierkundige effecten bepaald op basis van voorlopers van het huidige ontwerp. Deze effecten zijn gerapporteerd in februari 2023 [ref. 12] en januari 2024 [ref. 13].



## 1.5 Leeswijzer

Tabel 1.1 Leeswijzer

<b>Hoofdstuk</b>	
<b>Inhoud</b>	
2	In dit hoofdstuk wordt de referentiesituatie en het ontwerp beschreven. Hierbij wordt ingegaan op de schematisatie in het Baseline- en WAQUA-model van beide situaties.
3	Dit hoofdstuk beschrijft de systeemwerking van de Nederrijn in het algemeen en in het bijzonder nabij het projectgebied. Ook geeft het een overzicht van de aard en omvang van de geplande ingreep in het projectgebied. Daarnaast bevat het een kwalitatieve beschouwing van de te verwachten effecten. Hiermee wordt invulling gegeven aan de gevraagde kwalitatieve beschouwing uit de Richtlijn morfologische effectbepaling [ref. 2].
4	In dit hoofdstuk bevat een opsomming van de uitgangspunten die zijn gehanteerd bij de rivierkundige modelberekeningen.
5	Dit hoofdstuk bevat de resultaten van de rivierkundige modelberekeningen. Per criterium van het RBK worden de relevante resultaten gepresenteerd en getoetst aan de eisen.
6	Dit hoofdstuk vat de conclusies uit hoofdstuk 5 samen. Het hoofdstuk bevat een tabel waarin per RBK-criterium het toetsoordeel is opgenomen.

# 2

## REFERENTIESITUATIE EN VARIANT

### 2.1 Introductie

Dit hoofdstuk beschrijft de referentiesituatie van het projectgebied (paragraaf 2.2) en de variant volgens het definitieve ontwerp (hierna variant GD\_OL3c; zie paragraaf 2.3). De systeemwerking van de rivier en een kwalitatieve beschouwing van de te verwachten rivierkundige effecten zijn opgenomen in hoofdstuk 3.

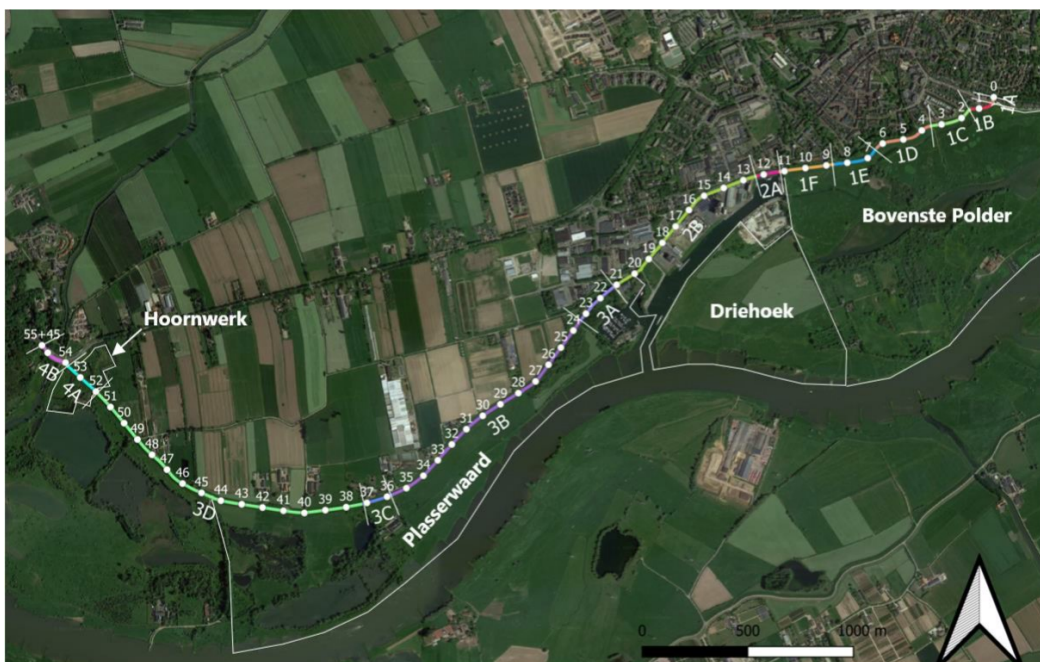
### 2.2 Referentiesituatie

#### Beschrijving referentiesituatie

De referentiesituatie is gebaseerd op de huidige situatie van het projectgebied. Het projectgebied bevindt zich tussen twee hoger gelegen gebieden: de Wageningse berg (Veluwe) aan de oostzijde en de Grebbeberg (Utrechtse Heuvelrug aan de westzijde. De Grebbedijk bevindt zich tussen deze hoge gebieden en beschermt de Gelderse Vallei tegen hoogwater vanuit de Nederrijn.

Parallel aan de Grebbedijk bevinden zich de uiterwaarden. De Bovenste Polder is de meest oostelijke uiterwaard in het projectgebied. Ten westen daarvan bevindt zich de Driehoek, welke wordt begrensd door de Rijnhaven van Wageningen. Verder westelijk bevindt zich de Plasserwaard. Ten westen daarvan bevindt zich het natuurgebied de Blauwe Kamer (geen onderdeel het projectgebied). Het Hoornwerk is een historisch verdedigingswerk en bevindt zich in de hoek tussen de Grebbedijk en de Grebbeberg.

Afbeelding 2.1 Grebbedijk en uiterwaarden





Aan de rivierzijde van de Bovenste Polder bevindt zich een kade met een hoogte variërend tussen NAP 9,6 m en NAP 10,3 m. Het grootste deel van de polder bestaat uit grasland. Daarnaast is er ook een hoogwatergeul en bebouwing aanwezig.

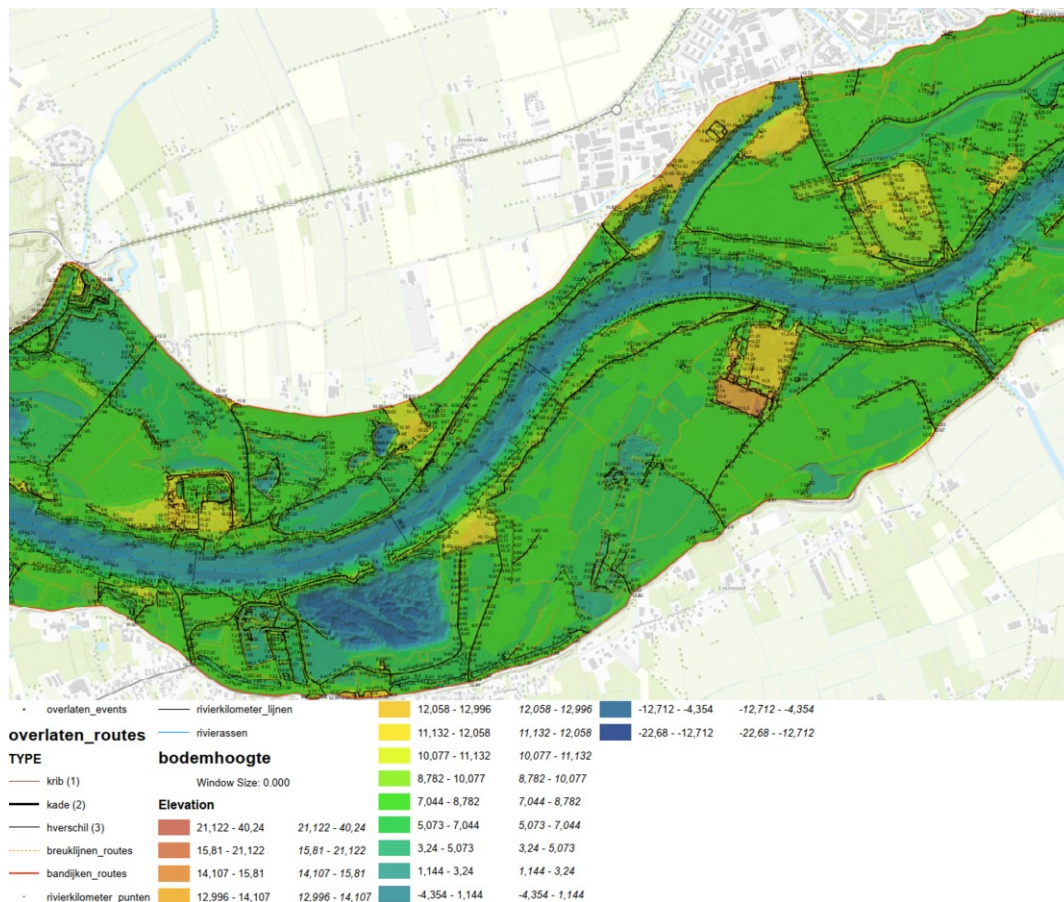
De Pabstendam vormt de grens tussen de Bovenste Polder en de Driehoek. De Driehoek wordt omgeven door een kade met een hoogte variërend tussen NAP 9,5 m en NAP 10 m. In het noordelijke deel van het gebied bevindt zich een bedrijventerrein. Het overige deel van de Driehoek bestaat uit grasland, met kleine gebieden riet en struweel.

De Plasserwaard bevindt zich ten westen van de Rijnhaven. De uiterwaard is omgeven door een kade met een hoogte variërend tussen NAP 8,6 m en NAP 10,3 m. In het gebied bevinden zich waterplassen en bebouwing. Het grootste deel van de uiterwaard bestaat uit grasland. Daarnaast is er ook struweel, bos en riet aanwezig.

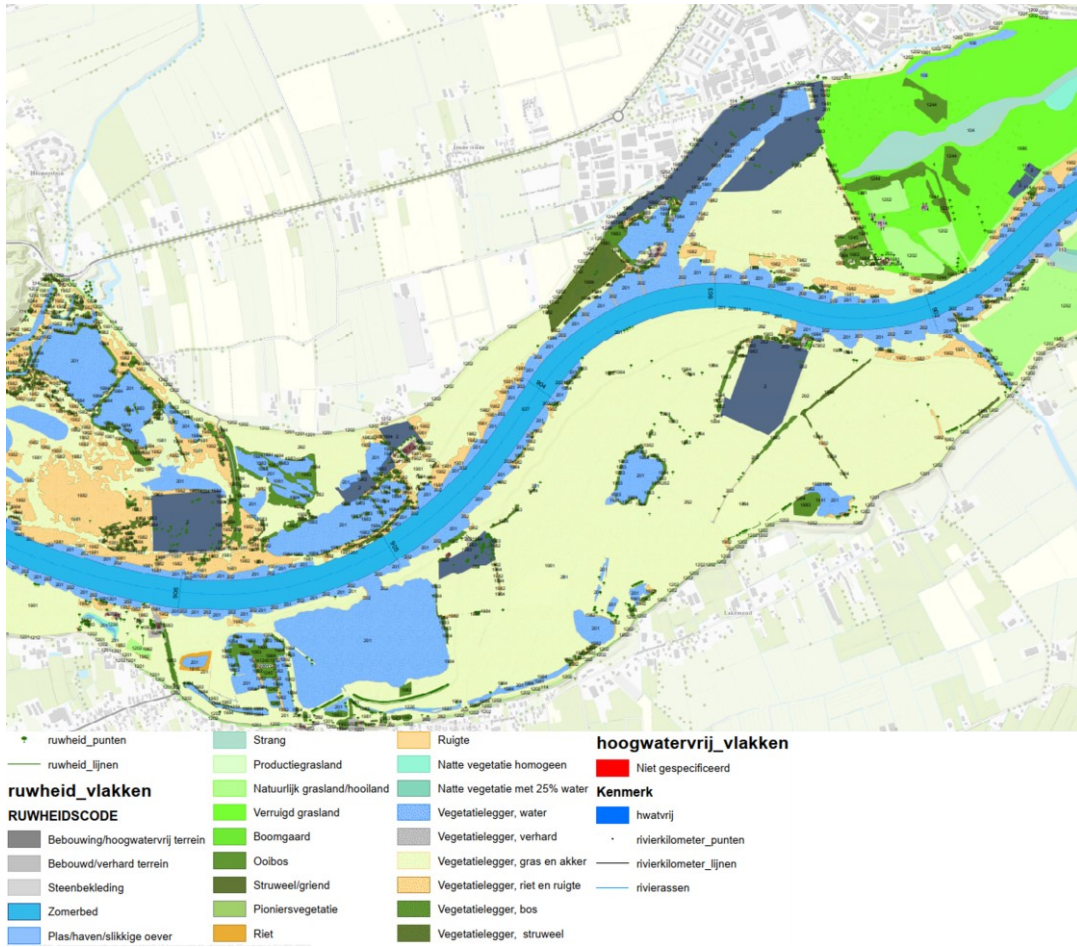
### Referentie Baselinemodel

De bodemhoogtekaart en de ruwheidskaart uit het Baselinemodel voor de referentiesituatie zijn weergegeven in onderstaande afbeeldingen en tevens in bijlage II en III.

Afbeelding 2.2 Bodemhoogtekaart in Baseline van de referentie (bijlage II)



Afbeelding 2.3 Ruwheidskaart in Baseline van de referentie (bijlage III)

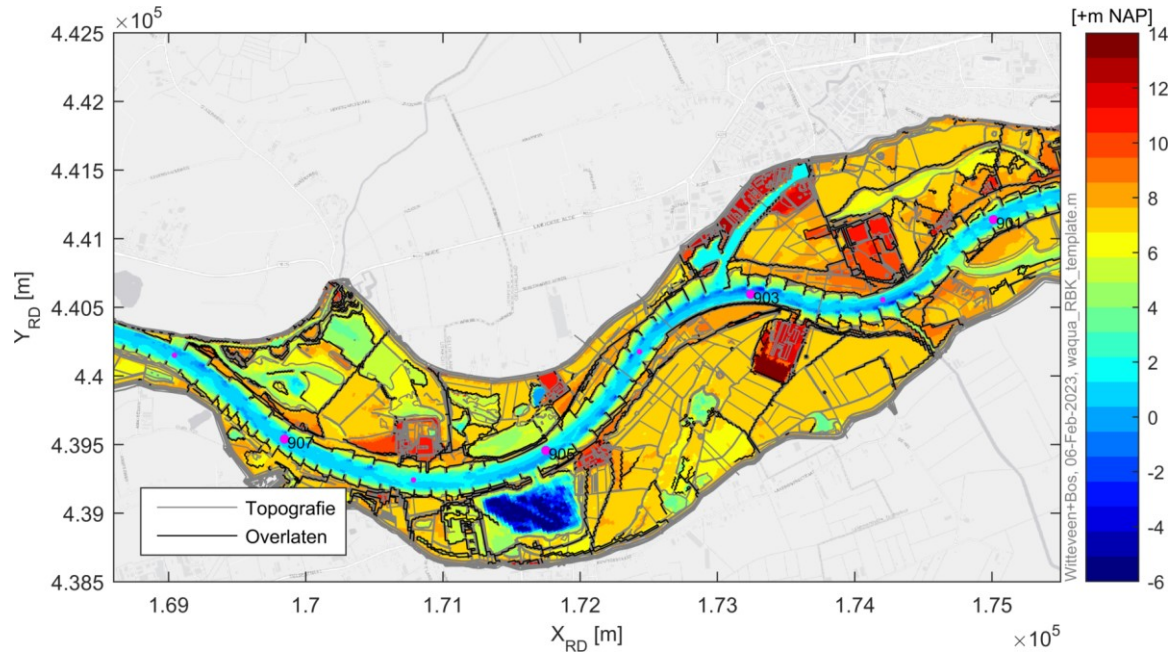




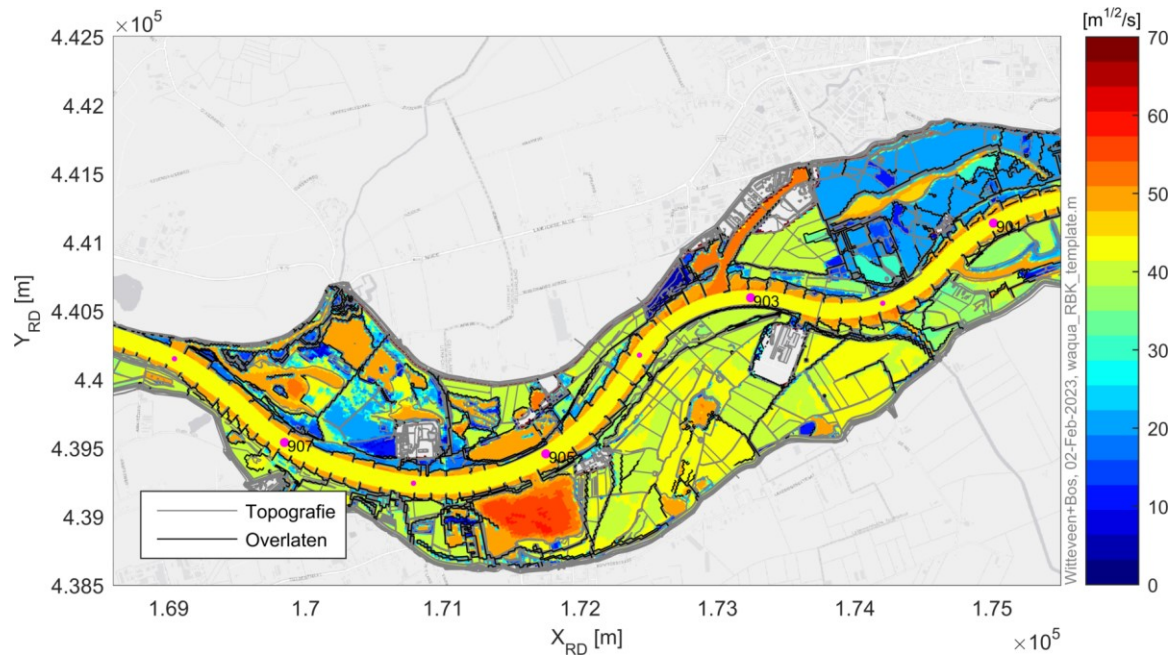
### Referentie WAQUA model

De bodemschematisatie en de Chezy-ruwheid bij een afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s (Lobith) van het referentie WAQUA model zijn weergegeven in onderstaande afbeeldingen.

Afbeelding 2.4 Bodemschematisatie van het referentiemodel



Afbeelding 2.5 Chezy-ruwheid in het referentiemodel bij een afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s



## 2.3 Gebiedsontwikkeling Grebbedijk (variant GD\_OL3c)

### 2.3.1 Beschrijving variant

#### Onderdelen ontwerp

De variant bestaat uit het meest recente ontwerp opgesteld in de planuitwerking. Het ontwerp bevat de volgende elementen, tevens ook aangeduid in afbeelding 2.6 en nader toegelicht in de betreffende paragrafen:

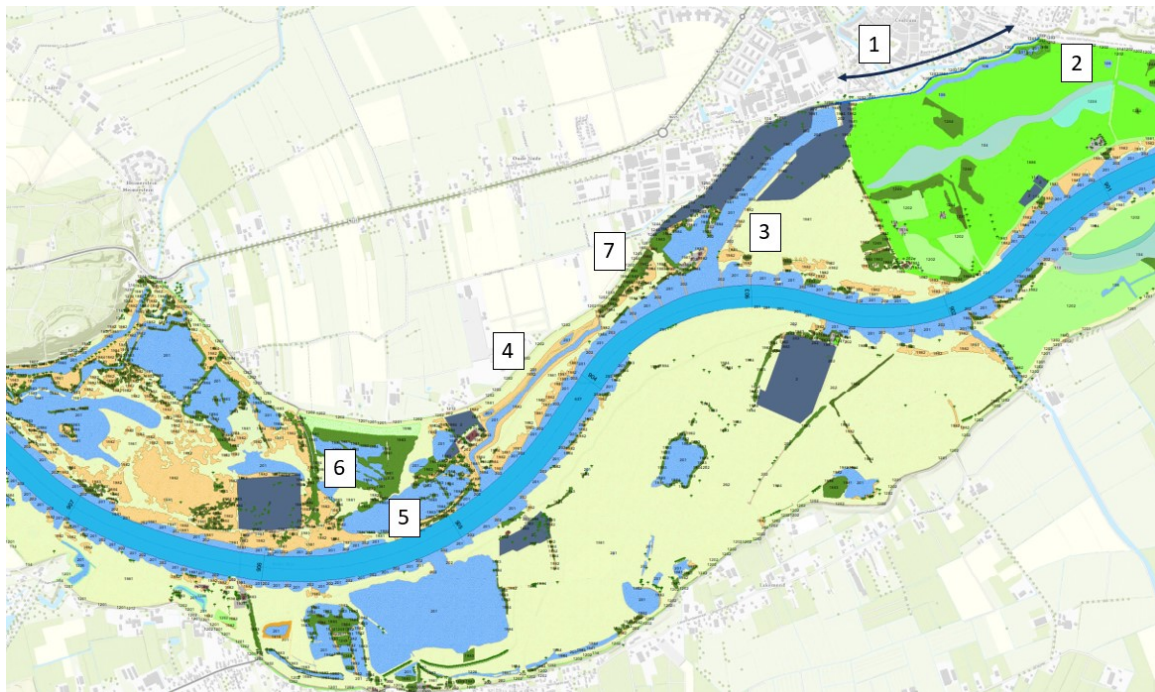
- 1 rivierwaartse delen van de versterking van de Grebbedijk (§ 2.3.2);
- 2 kamsalamanderpoelen (§ 2.3.3);
- 3 ecologische verbindingzone (§ 2.3.4);
- 4 KRW-geul (§ 0);
- 5 sanering vergunning (§ 2.3.6);
- 6 ontwikkeling oobos (§ 2.3.7);
- 7 vervangen struweel noordoostelijke zijde Plasserwaard door huidige begroeiing (§ 2.3.8).

In de laatste ontwerpfase van het project zijn vier opties van het ontwerp van het oobos beschouwd (zie paragraaf 2.3.7). Het definitieve oobosontwerp is opgenomen in variant **GD\_OL3c**. Van de overige drie ontwerpen wordt alleen het verschil in de waterstand op de as van de rivier bij de HWR gerapporteerd. Deze drie ontwerpen zijn opgenomen in de volgende varianten:

- **GD\_OL3**;
- **GD\_OL3a**;
- **GD\_OL3b**.

Ten behoeve van het projectbesluit is tevens een variant doorgerekend waarin alleen de dijkversterking is beschouwd (variant **GD\_OL3\_dijk**).

Afbeelding 2.6 Aanduiding onderdelen gebiedsontwikkeling





### Wijzigingen ten opzichte van rivierkundige effectbeoordeling ontwerploop 2

Ten opzichte van de rivierkundige effectbeoordeling van ontwerploop 2 [ref. 13] zijn de volgende elementen gewijzigd:

- het ontwerp van de dijkversterking (1) is aangepast;
- het ontwerp van de kamsalamanderpoelen (2) is aangepast;
- het ontwerp van de ecologische verbindingszone (3) is aangepast;
- het ontwerp van de KRW-geul (4) is aangepast;
- het ontwerp van het oobos (6) is aangepast.

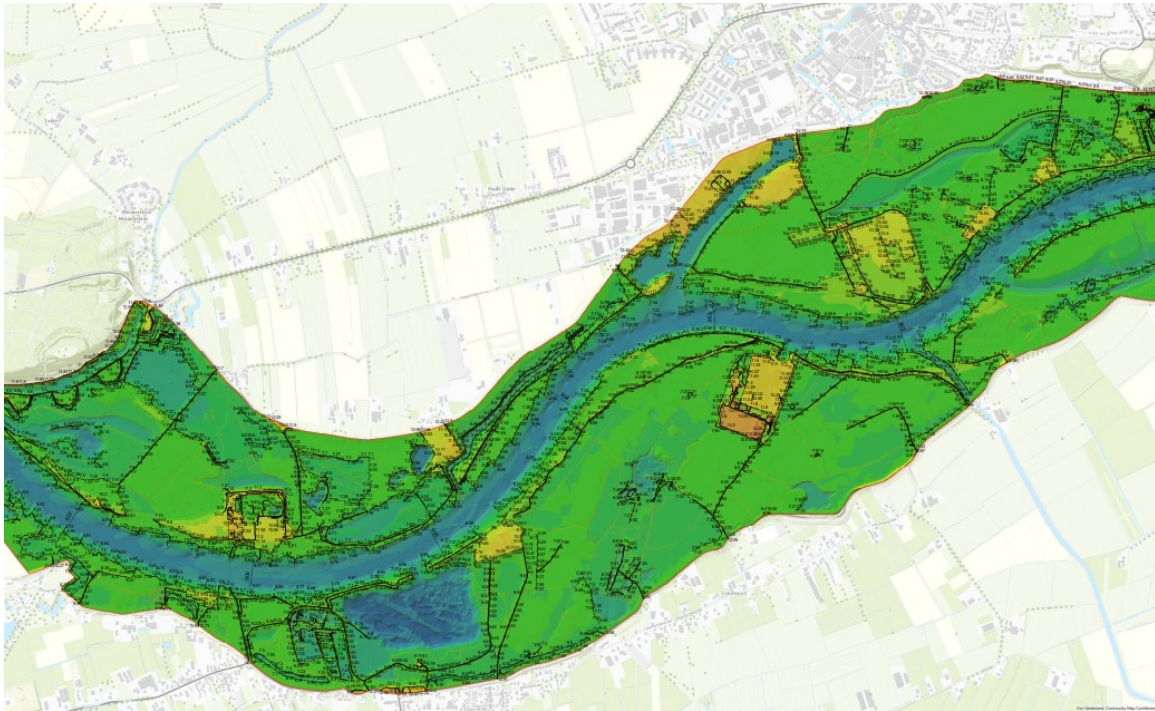
### Oeverontstening

In de eerste ontwerploop werd het ontsteden van de oevers in de eerste drie kribvakken benedenstrooms van de Rijnhaven genoemd als mogelijke maatregel. In een separate notitie is het verwachte evenwichtsprofiel van de oevers na ontstening beschouwd [ref. 8]. In zowel de rivierkundige effectbeoordeling van ontwerploop 1 en 2 als de huidige effectbeoordeling is vervolgens als uitgangspunt gehanteerd dat de oevers niet ontsteend worden.

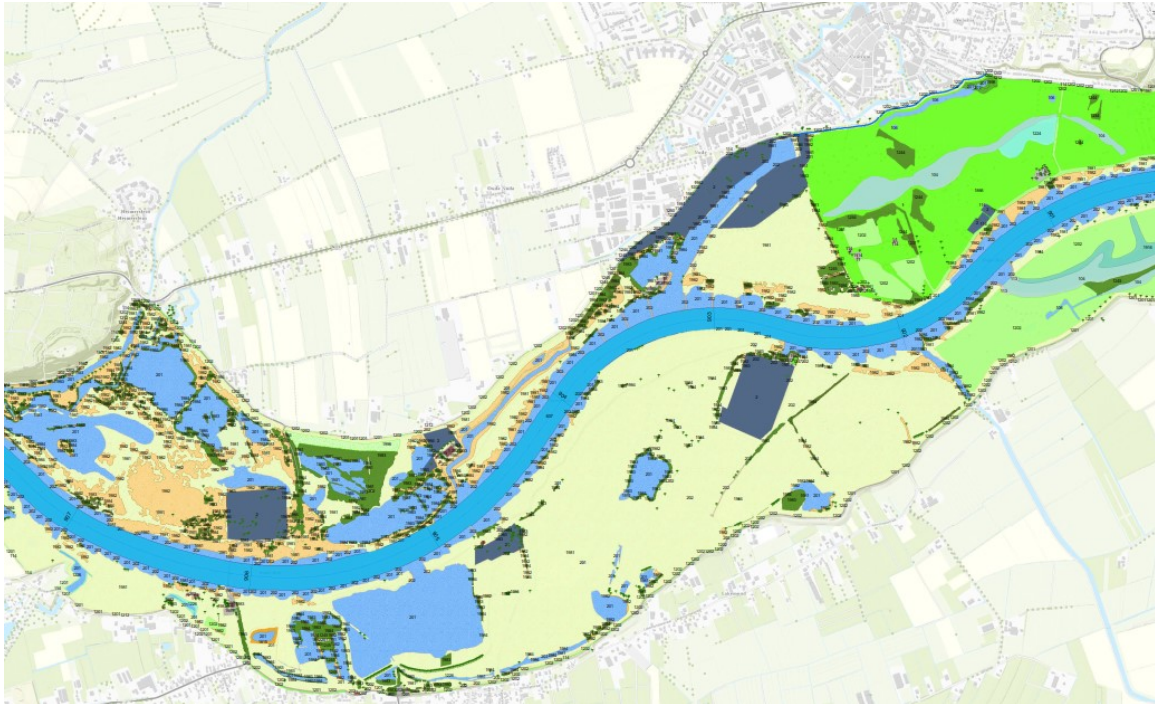
### GD\_OL3c Baselinemodel

De bodemhoogtekaart en de ruwheidskaart uit het Baselinemodel voor de variant GD\_OL3c is weergegeven in onderstaande figuren en tevens in bijlage IV en V.

Afbeelding 2.7 Bodemhoogtekaart Baseline van variant GD\_OL3c (bijlage IV)



Afbeelding 2.8 Ruwheidskaart in Baseline van variant GD\_OL3c (bijlage V)



#### WAQUA model

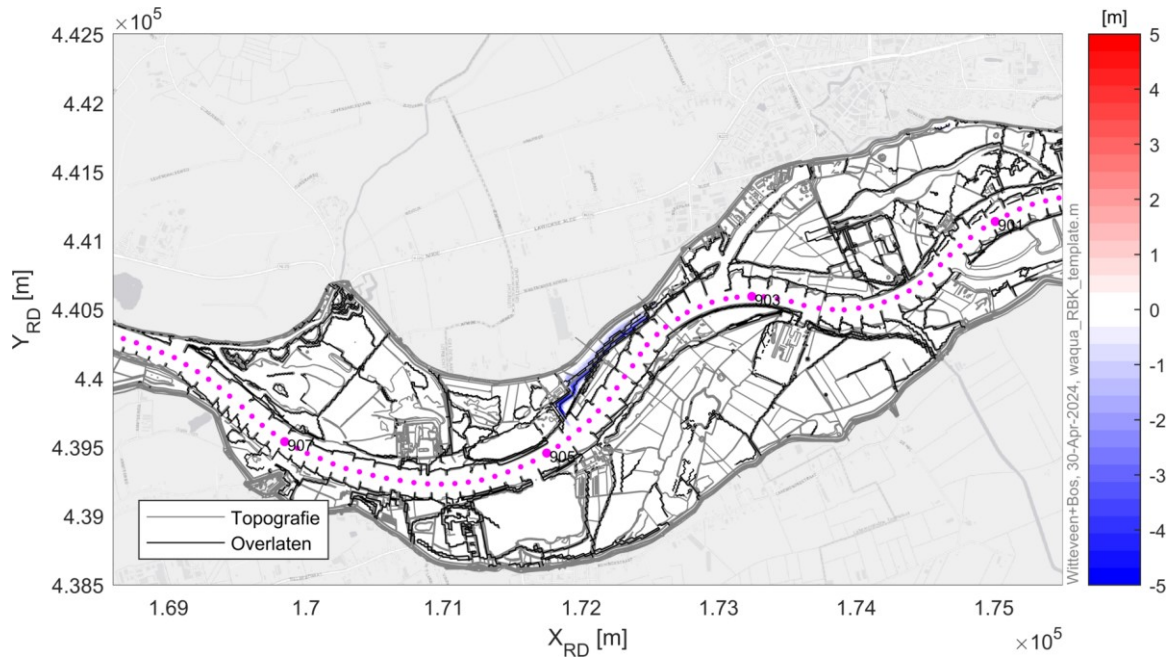
Kaarten van de WAQUA-schematisatie van de varianten zijn toegevoegd aan bijlage VI.

Afbeelding 2.9 toont het verschil in bodemhoogte tussen de referentie en de variant en laat zien dat de bodemverschillen zich voornamelijk in de KRW-geul ('4' in afbeelding 2.6) concentreren.

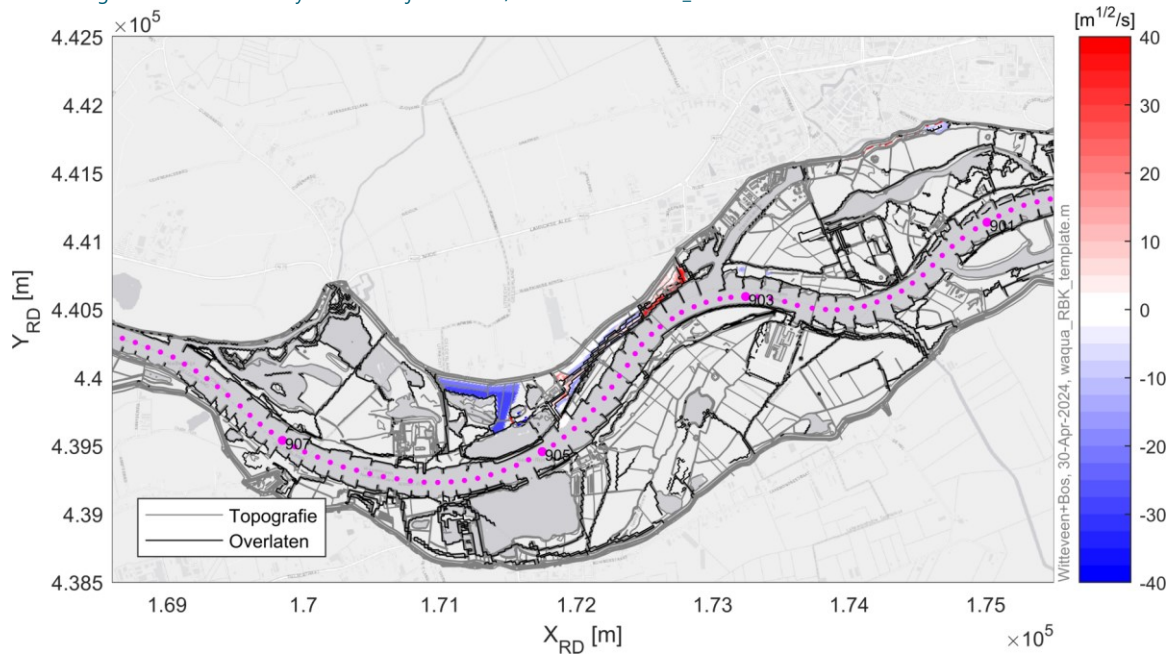
In afbeelding 2.10 wordt het verschil in Chezy-ruwheid bij 16.000 m<sup>3</sup>/s getoond. Het verschil in ruwheid ter plaatse van het ooibos ('6' in afbeelding 2.6) ten opzichte van de referentie is duidelijk zichtbaar. Omdat de Chezy-ruwheid ook afhankelijk is van de waterdiepte, zijn er ook verschillen zichtbaar in de KRW-geul. Ook zijn er veranderingen in ruwheid zichtbaar bij de buitenwaartse dijkversterking bij Wageningen en de aanpassing van het struweel aan de oostzijde van de Plasserwaard.



Afbeelding 2.9 Verschil in bodemhoogte van het WAQUA model tussen de variant GD\_OL3c en de referentie

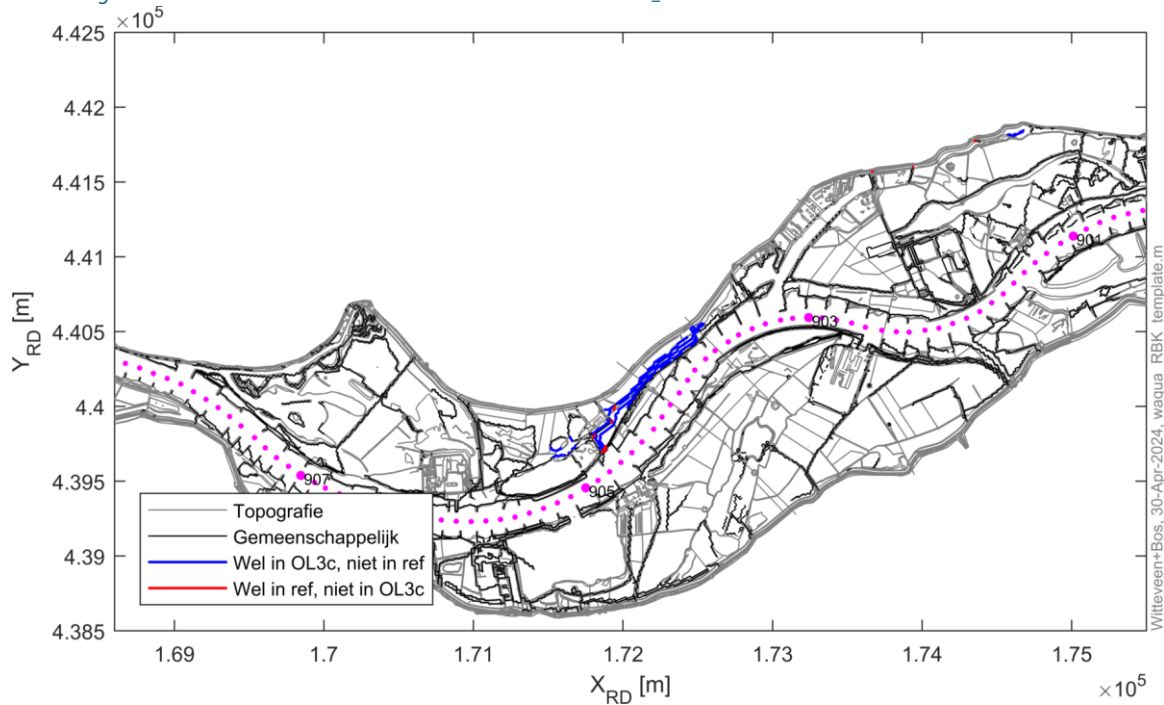


Afbeelding 2.10 Verschil in Chezy-ruwheid bij 16.000 m<sup>3</sup>/s tussen variant GD\_OL3c en de referentie



Afbeelding 2.11 toont de verschillen in locaties van overlaten tussen de variant en de referentie. Wat opvalt zijn de extra overlaten rondom de KRW-geul. Omdat de oevers van de geul steiler zijn dan 1:7, zijn deze geschematiseerd met behulp van overlaten. Dit geldt ook voor de kamsalamanderpoelen.

Afbeelding 2.11 Verschil in de locatie van overlaten tussen de variant GD\_OL3c en de referentie



## 2.3.2 Dijkversterking

### Redeneerlijn buitendijks versterken

Bij dijkversterkingsmaatregelen langs de grote rivieren moet een afweging worden gemaakt tussen binnendijkse of buitendijkse (rivierwaartse) verbreding van de dijk. Voor binnendijkse maatregelen zal niet altijd ruimte zijn - of slechts tegen zeer hoge kosten of met technisch ingewikkelde constructies. De ruimte buitendijks (in het rivierbed) is schaars en dient zo veel mogelijk beschikbaar te blijven voor de afvoer en berging van rivierwater. In de Redeneerlijn buitendijks (rivierwaarts) versterken [ref. 14] is toegelicht hoe te handelen indien binnendijkse maatregelen redelijkerwijs niet mogelijk zijn.

De eerste stap van deze redeneerlijn is dat buitendijkse dijkversterkingen zo veel mogelijk voorkomen worden. Er zijn echter situaties waarin een binnenwaartse versterking en/of constructieve oplossing redelijkerwijs niet mogelijk of gewenst is:

- wanneer een binnendijkse oplossing tot onredelijk hoge kosten leidt ten opzichte van een buitendijkse oplossing incl. compenserende maatregelen;
- wanneer een binnendijkse oplossing technisch zeer lastig te realiseren is of grote uitvoeringsrisico's met zich meebrengt;
- wanneer een binnendijkse oplossing aantasting van belangrijke maatschappelijke waarden oplevert. Bijvoorbeeld wanneer omwonenden onevenredig veel nadelen ondervinden van de oplossing of wanneer belangrijke cultuurhistorische of landschappelijke waarden aangetast worden.

### Toepassing op de Grebbedijk

In het Projectbesluit [ref. 15] is toegelicht hoe de afweging voor de buitendijkse versterking van een deel van de Grebbedijk is gemaakt. Er is als uitgangspunt gehanteerd dat de waterveiligheidsopgave bij voorkeur wordt opgelost door een versterking van de dijk in grond. Dit is ingegeven vanuit diverse aspecten als vergunbaarheid, circulariteit, duurzaamheid, uitbreidbaarheid en kosten. Een dijkversterking in grond zorgt er vaak voor dat de dijk breder wordt. Om de richting van de dijkversterking te bepalen (binnen- of buitendijks) zijn dwangpunten langs de dijk bepaald. Bij een dwangpunt wordt de waarde van het object of element zo hoog geacht dat het functioneel behouden moet blijven. Dit is met name zo bij objecten en elementen die moeilijk vervangbaar zijn (Natura 2000, rijksmonumenten, clusters huizen).

De dwangpuntanalyse heeft ertoe geleid dat alleen in het stedelijk gebied een versterking in buitendijkse richting plaatsvindt. In het stedelijk gebied zijn binnendijkse dwangpunten aanwezig als lintbebouwing en monumenten, verharding die in stand gehouden moet worden voor de bereikbaarheid van aangrenzende woningen, de stadsgracht en de woning bij Grebbedijk 2. In tabel 2.1 wordt per profiel de reden voor buitendijkse benoemd.

Tabel 2.1 Reden voor buitendijkse versterking per profiel

Profiel	Reden buitendijkse versterking	# Argument
1b	woning Veerstraat, lintbebouwing, particuliere percelen	c
1c	versterking gedeeltelijk binnenwaarts tot aan verharding die gebruikt wordt bij calamiteiten, overige versterking buitendijks	c
1d	stadsgracht (monumentale status)	c
1e	woning, stadsgracht (monumentale status)	c
1f	lintbebouwing, particuliere percelen	c

### Schematisatie dijkversterking

Voor de Grebbedijk zijn verschillende representatieve profielen opgesteld. De profielen zijn beschreven en opgenomen in de Ontwerpnota Dijk [ref. 6]. Bijlage VII bevat een overzichtskaart waarin is aangegeven langs welk traject welk profiel is toegepast. In tabel 2.2 is aangegeven hoe de berekening van de fictieve verplaatsing van de buitenkruinlijn tot stand is gekomen.

Op basis van de dwarsprofielen van de buitendijkse versterking is de fictieve verplaatsing van de buitenkruinlijn berekend conform de methode beschreven in bijlage 15 van het RBK [ref. 1]. De fictieve verschuiving compenseert de afname in het doorstroomprofiel. De fictieve verschuiving is in de Baseline schematisatie opgenomen als hoogwatervrije lijn.

Tabel 2.2 Schematisatie dijkversterking in Baseline

Profiel	Extra oppervlakte buiten bestaande buitenkruinlijn [m <sup>3</sup> /m]	Nieuwe hoogte dijk t.o.v. maaiveld [m]	Fictieve verplaatsing buitenkruinlijn [m]
1b	29,25	5,31	5,51
1c	10,65	5,26	2,02
1d	25,11	4,89	5,13
1e	26,07	4,77	5,47
1f	22,30	4,39	5,08

### 2.3.3 Kamsalamanderpoelen

De kamsalamanderpoelen zijn opgenomen in de Baseline-schematisatie aan de hand van het ontwerp beschreven in de Ontwerpnota gebiedsambitie kamsalamanderleefgebied [ref. 16]. De takkenrillen zijn geschematiseerd als lijn-element met een hoogte van 0,5 m. De vegetatie rondom de poelen wordt in de ontwerpnota beschreven als ruig, extensief beheerd grasland met enkele struikgroepen. Dit is geschematiseerd met vegetatiecode 1998 (mengklasse 50/50).





### 2.3.5 KRW-geul

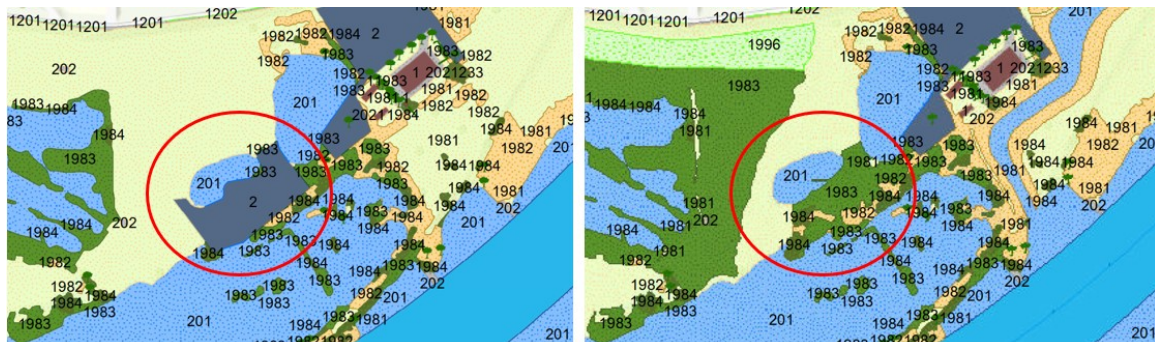
In het oostelijk gedeelte van de Plasserwaard wordt de riviernatuur langs de Nederrijn versterkt met een gecombineerde doelstelling voor het realiseren van een KRW-geul, kruiden- en faunarijck grasland en glanshaver-hooiland in het gebied. In de Plasserwaard ontstaat met het geulgebied een grote natuureenheid waarmee aan de Nadere Uitwerking Riviergebied (NURG) en KRW doelstellingen voldaan wordt.

De KRW-geul is opgenomen in de Baseline-schematisatie van de variant conform de ontwerpnota gebiedsambitie geulgebied [ref. 11]. Een detail-hoogtekaart van de KRW-geul is opgenomen in bijlage IX.

### 2.3.6 Sanering vergunning nabij steenfabriek

In de Plasserwaard is een vergunning van een terrein nabij de steenfabriek gesaneerd. De waterstandsdaling die met het intrekken van deze vergunning wordt gerealiseerd, komt aan het project toe. Dit is in april 2022 bevestigd door Rijkswaterstaat (d.d. 22 april 2022) [ref. 5]. In de variant is daarom het hoogwaterrijke terrein wat rood omcirkeld is in afbeelding 2.13 niet opgenomen.

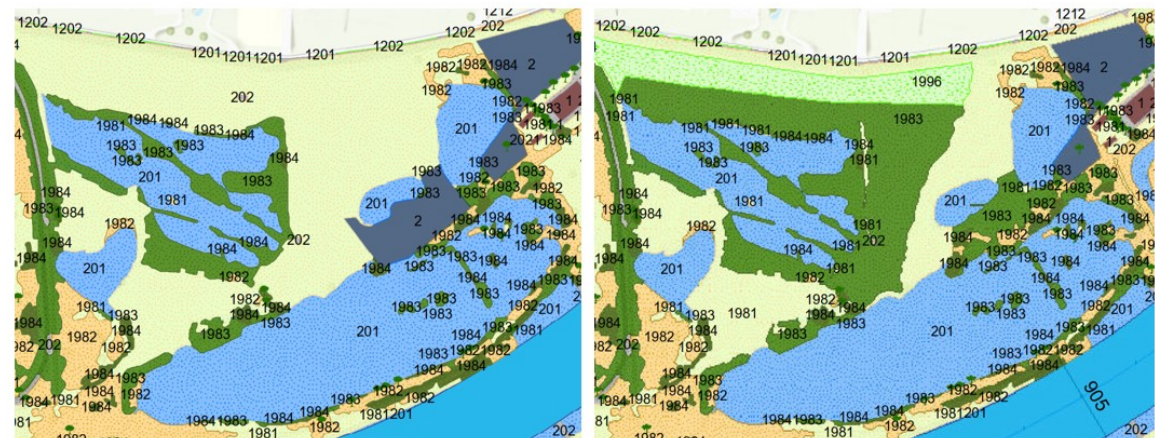
Afbeelding 2.13 Locatie sanering vergunning nabij steenfabriek (links: referentie, rechts: variant GD\_OL3c) (details bijlage III en V)



### 2.3.7 Ooibos Plasserwaard

In de Baseline-schematisatie van de variant is er ooibos toegevoegd in de Plasserwaard op de locatie aangeduid in de Memo gebiedsambitie ooibos en kruiden- en faunarijck grasland [ref. 18]. Het ontwerp beschreven in deze memo is opgenomen in variant GD\_OL3c (afbeelding 2.14).

Afbeelding 2.14 Ooibos Plasserwaard (links: referentie, rechts: variant GD\_OL3c) (details bijlage III en V)





Voorgaande ontwerpen van het oobos zijn opgenomen in variant GD\_OL3, GD\_OL3a en GD\_OL3b (afbeelding 2.15). In GD\_OL3 hebben de gebieden rondom het oobos allen vegetatieklasse mengklasse 90/10 in plaats van vegetatieklasse gras en akker en bevindt zich aan de noordoostzijde van het oobos een smalle strook struweel. Het oobosontwerp in variant GD\_OL3a lijkt sterk op variant GD\_OL3, maar hebben de gebieden ten oosten en zuiden van het oobos vegetatieklasse gras en akker. In variant GD\_OL3b ten slotte is het gebied met oobos kleiner dan in GD\_OL3.

Afbeelding 2.15 Oobos Plasserwaard (variant GD\_OL3, variant GD\_OL3a en variant GD\_OL3b)

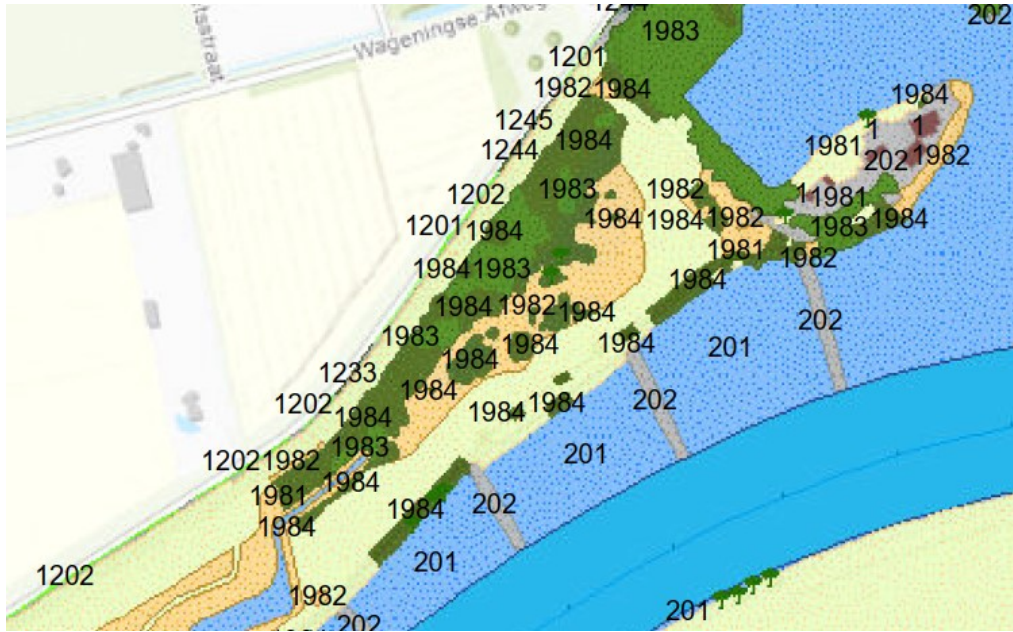


### 2.3.8 Vervanging struweel oostzijde Plasserwaard

In het referentiemodel is aan de oostzijde van de Plasserwaard een oppervlak struweel aanwezig, afkomstig uit Baseline maatregel 'nr-rhenbw\_v05' (beschikking RWS-2013/25782 te namen van gemeente Wageningen).

In werkelijkheid is deze vegetatie niet aanwezig. In variant GD\_OL3c wordt uitgegaan van de bestaande situatie buiten. Op basis van een luchtfoto is een kartering gemaakt van de vegetatie (bijlage X). Afbeelding 2.16 toont hiervan het resultaat. Door deze aanpassing ondervindt de stroming minder weerstand bij het instromen van de Plasserwaard.

Afbeelding 2.16 Vegetatieklassen oostzijde Plasserwaard in variant (detail bijlage V)



# 3

## SYSTEEMWERKING EN KWALITATIEVE BESCHOUWING

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

### 3.1 Systeemwerking Nederrijn vóór de ingreep

De Nederrijn is een gestuwde rivier bij lage en midden afvoeren waardoor de waterstand beheerst wordt en de afvoer bij de IJsselkop richting de IJssel wordt gedwongen. Vanaf een afvoer bij Lobith die groter is dan 3.600 m<sup>3</sup>/s zijn de stuwen volledig geopend. Het stuwpeil op dit stuk van de Nederrijn is NAP +6,0 m.

De trends in de afvoerverdeling over de riviertakken worden beïnvloed door de ongelijke bodemerosie over de riviertakken. Doordat de bodem van het Pannerdensch Kanaal minder erodeert dan die van de Waal, gaat er minder afvoer richting het Pannerdensch Kanaal en de IJssel. Daarnaast zakt de bodem van de Boven-IJssel nog wel en die in de Nederrijn niet meer. Ook dit beïnvloedt de afvoerverdeling tussen de IJssel en de Nederrijn.

### 3.2 Systeemwerking rond het projectgebied vóór de ingreep

#### Lokale hydrodynamica in de referentiesituatie

Doordat het projectgebied zich in het stuwpaand Amerongen-Driel bevindt, is de waterstand tijdens lagere afvoeren rond het stuwpeil. De waterstanden met terugkeertijden voor het gebied zijn samengevat in onderstaande tabel [ref. 3].

Afbeelding 3.1 Waterstand met terugkeertijden

Informatiebron	extreem laag		Gemeten waterstand 1 mei 2016 - 30 april 2018									WAQUA (recent hoogwater)				WAQUA (extrapolatie)		
Lobith [m+ NAP]	6,49	7,52	8,47	8,80	9,05	9,17	9,76	10,30	11,03	11,49	13,42	14,90	15,81	16,55	16,83	17,15	17,73	
Afvoer Lobith [m <sup>3</sup> /s]	700	1100	1590	1800	2000	2100	2600	3000	3600	4000	6000	8000	10000	12000	13000	14000	16000	
aantal dagen/jaar dat afvoer hoger is	364	337	252	212	176	159	92	61	36	26	5							
herh. tijd v/d topafvoer in jaren											0,9	3,5	13	55	260	570	1250	
peilschaal op LMW-punt	km-raai	ws	ws	ws	ws	ws	ws	ws	ws	ws	ws	ws	ws	ws	ws	ws	ws	
	901	6,00	6,00	6,00	6,00	6,08	6,14	6,47	6,72	7,11	7,34	8,66	9,79	10,46	11,00	11,15	11,34	
	902	6,00	6,00	6,00	6,00	6,07	6,12	6,42	6,65	7,01	7,23	8,51	9,66	10,33	10,88	11,03	11,23	
	903	6,00	6,00	6,00	6,00	6,06	6,11	6,38	6,58	6,91	7,13	8,39	9,53	10,27	10,84	10,99	11,19	
	904	6,00	6,00	6,00	6,00	6,05	6,09	6,33	6,52	6,82	7,03	8,28	9,43	10,22	10,79	10,95	11,15	
	905	6,00	6,00	6,00	6,00	6,04	6,08	6,30	6,47	6,75	6,95	8,16	9,31	10,15	10,72	10,88	11,08	
	906	6,00	6,00	6,00	6,00	6,03	6,06	6,26	6,41	6,64	6,82	8,03	9,19	10,02	10,62	10,79	10,99	
	907	6,00	6,00	6,00	6,00	6,02	6,05	6,22	6,36	6,55	6,73	7,92	9,10	9,90	10,51	10,68	10,89	
	908	6,00	6,00	6,00	6,00	6,02	6,04	6,19	6,30	6,45	6,63	7,80	8,99	9,74	10,31	10,47	10,66	
Grebbe	908,090	6,00	6,00	6,00	6,00	6,02	6,04	6,18	6,29	6,44	6,60	7,78	8,98	9,72	10,29	10,45	10,64	
	909	6,00	6,00	6,00	6,00	6,01	6,03	6,16	6,24	6,37	6,52	7,63	8,83	9,59	10,14	10,30	10,48	

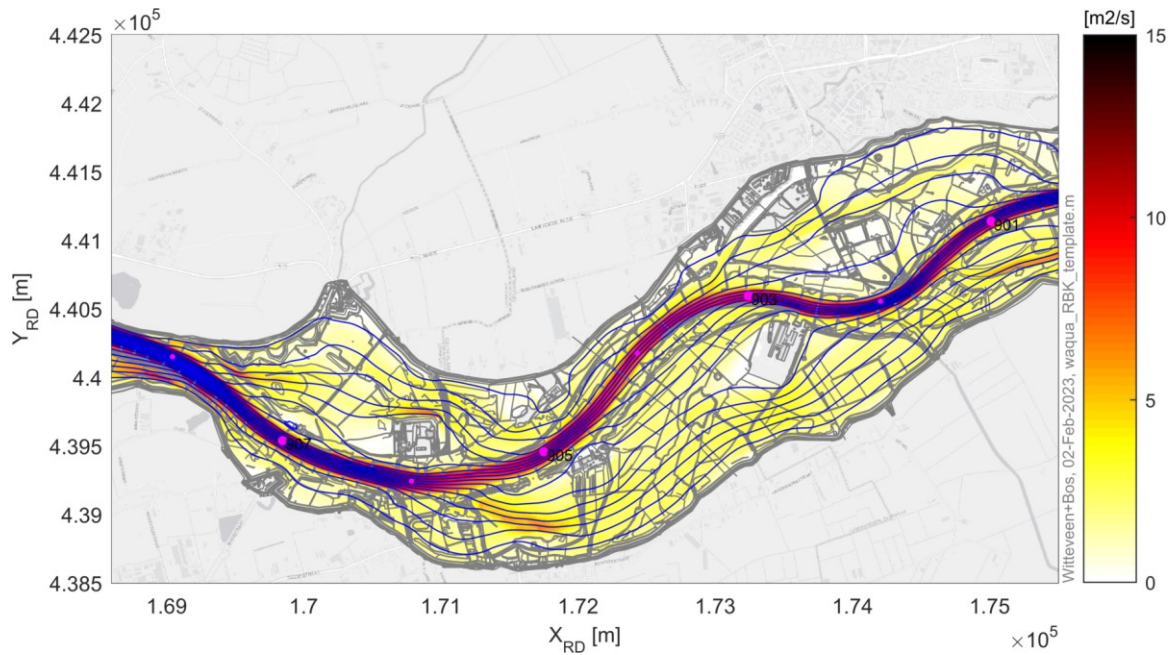
De Plasserwaard is voorzien van een duiker. In de normale situatie is deze duiker gesloten. Wanneer het waterpeil bij Lobith NAP 14,50 m bedraagt, en een peil van minimaal NAP 15,00 m verwacht wordt, wordt de duiker geopend, zodat de uiterwaard via deze duiker gecontroleerd vol kan stromen. Slechts een deel van het water zal in deze situatie over de kruin van de zomerkade stromen.

Het laagste punt van de zomerkade van de Plasserwaard bedraagt NAP 8,64 m ter hoogte van rkm 904,95. Uit de betrekkinglijnen blijkt dat via deze weg inundatie plaatsvindt bij een afvoer bij Lobith tussen 6.735 m<sup>3</sup>/s en 6.872 m<sup>3</sup>/s.

De Plasserwaard gaat meestromen wanneer er zowel water in- als uit kan stromen. De zomerkade heeft een gemiddelde hoogte van ongeveer NAP 9,3-9,5 m. Vanaf 8.000 m<sup>3</sup>/s zal de uiterwaard daarom mee gaan stromen.

Onderstaande afbeelding toont de stroombanen in de referentiesituatie bij 16.000 m<sup>3</sup>/s. Hieruit wordt duidelijk hoe het stroombeeld er bij de Hoogwaterreferentie uitziet en welke terrein obstructies vormen voor de stroming. Binnen het gebied ligt een aantal hoogwatervrije terreinen waar de stroming omheen stroomt. Op die manier ontstaan er stromingsluwe zones in het gebied aan de achterzijde van deze terreinen.

Afbeelding 3.2 Stroombanen in de referentiesituatie bij 16.000 m<sup>3</sup>/s met daaronder het specifieke debiet dat wordt afgevoerd (debiet per strekkende meter breedte)



#### Bestaande hydraulische of scheepvaartknelpunten

Binnen het projectgebied zijn, voor zover bekend, geen knelpunten met betrekking tot dwarsstroming. De waterdieptekaart van het zomerbed laat zien dat langs de rechteroever ter hoogte van rivierkilometer 905 en 906 zich enkele ondieptes bevinden waar de waterdiepte niet voldoet aan de norm (0 - 0,5 m te ondiep).



Afbeelding 3.3 Waterdiepte kaart voor de vaargeul in het projectgebied



### 3.3 Aard en omvang van geplande ingreep

De gebiedsontwikkeling Grebbedijk heeft geen doelstelling wat betreft waterstandsdaling. Het gecombineerde effect van de maatregelen moet voldoen aan de eisen gesteld in het RBK [ref. 1]. Enkele individuele maatregelen worden nader toegelicht in deze paragraaf. Voor een beschrijving van het ontwerp wordt verwezen naar paragraaf 2.3.

### 3.4 Te verwachten hydraulische effecten

#### Hoogwaterveiligheid

De KRW-geul en het saneren van de vergunning in de Plasserwaard zullen een waterstandsdalend effect hebben. De KRW-geul leidt (door de verruiming) tot bovenstroomse waterstandsdaling. Benedenstrooms zullen de stroombanen convergeren, met een lokale opstuwingspiek tot gevolg. Het saneren van de vergunning in de Plasserwaard zal een waterstandsdalend effect hebben, omdat door het vervallen van het hoogwaterrijke terrein ook water over dit gebied kan stromen.

De aanleg van het ooibos, de EVZ en de dijkversterking zullen een opstuwend effect hebben op de waterstand. Door de aanleg van ooibos en EVZ op plekken waar nu grasland is, zal de ruwheid en daarmee de stromingsweerstand toenemen. Door de rivierwaartse delen van de dijkversterking neemt de breedte van de uiterwaard af, waardoor er minder ruimte voor de rivier is.

De kamsalamanderpoelen bevinden zich ver van het zomerbed, dicht tegen de dijk aan. Hier vindt in de referentiesituatie weinig stroming plaats. Omdat de omvang van de maatregel beperkt is en de ingreep zich in hoofdzakelijk stromingsluwe delen bevindt, wordt hier een verwaarloosbaar waterstandseffect verwacht.

#### Inundatie en meestromen

Direct ten westen van de uitstroomlocatie van de KRW-geul is een kade aangelegd op NAP 9,13 m die de bestaande zomerkade met het hoger gelegen terrein verbindt, zodat de inundatiefrequentie van de westelijke Plasserwaard niet verandert door de aanleg van de geul.

De KRW-geul krijgt voor afvoeren tot 8.000 m<sup>3</sup>/s een bergende functie, omdat de geul voor deze afvoeren alleen stroomafwaarts (enkelzijdig) is aangetakt. Bij hogere afvoeren zal de zomerkade aan de oostzijde van de Plasserwaard overstromen, waardoor er ook stroming door de geul ontstaat.

#### Dwarsstroming

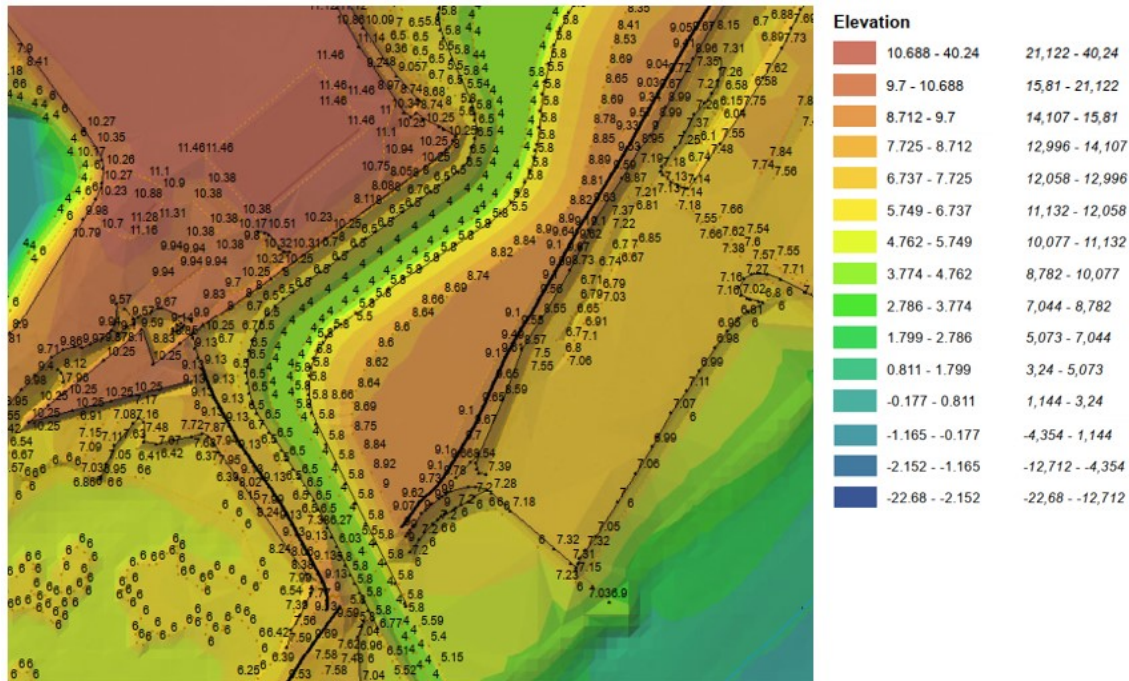
Met name ter plaatse van de uitstroomlocatie van de KRW-geul zullen er mogelijk effecten ontstaan met betrekking tot dwarsstroming op de rand van de vaarweg.



De verwachting is dat met name voor afvoeren tussen 8.000 - 10.000 m<sup>3</sup>/s het risico het grootst is, omdat er bij deze afvoeren stroming door de geul plaatsvindt, en zowel de oriëntatie van de uitstroomopening, als de kade aan de westzijde van de uitstroomopening (die net overstroomt) ertoe leiden dat de stroming vanuit de geul loodrecht op de rivier wordt gestuurd.

Bij hogere afvoeren zal een groter deel van de afvoer over de westelijke kade stromen en haar pad recht door over de uiterwaarde volgen, en minder loodrecht op de rivier worden gestuurd. Een detail van de uitstroomopening van de KRW-geul is weergegeven in afbeelding 3.4. Hierin zijn de hoogtepunten van de zomerkade ook aangegeven.

Afbeelding 3.4 Detail van bijlage IX ter hoogte van instroomopening KRW-geul



### 3.5 Te verwachten morfologische effecten

#### Zomerbed

De gebiedsontwikkeling leidt ertoe dat er boven 6.000-8.000 m<sup>3</sup>/s pas merkbare verschillen ontstaan in stroombeeld in het gebied. Door de kleine kans van voorkomen van deze afvoer, wordt de invloed op de morfologie van het zomerbed klein geacht. Enkel ter hoogte van de KRW-geul wordt in het zomerbed enige sedimentatie verwacht, omdat hier een substantieel deel van de stroming wordt onttrokken uit het zomerbed.

#### Uiterwaard

De implementatie van met name de KRW-geul kan ertoe leiden dat lokaal de stroomsnelheid hoger wordt dan de grens van 0,3 m/s. Vanaf deze stroomsnelheid zal bodemmateriaal (vooral kleiig tot zandig materiaal) beginnen te eroderen. Met name de uitstroomopening van de KRW-geul moet met zorg worden ontworpen. Het is aannemelijk dat hier bodembescherming moet worden aangebracht. Op de overige delen binnen het winterbed van het gebied worden de morfologische veranderingen verwaarloosbaar geacht.

# 4

## UITGANGSPUNTEN MODELBEREKENINGEN

### Methode

Voor het bepalen van de rivierkundige effecten zijn de Baseline en WAQUA modellen gebruikt die aan Witteveen+Bos ter beschikking zijn gesteld door Rijkswaterstaat (d.d. 23 februari 2022). De hydrodynamische effecten zijn beoordeeld op basis van de WAQUA modelresultaten.

De effecten op waterstanden, dwarsstroming, afvoerverdeling, erosie en sedimentatie zijn gekwantificeerd op basis van WAQUA simulaties voor afvoeren van 6.000, 8.000, 10.000 en 16.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith. Hiervoor is ook informatie uit waterdiepte kaarten en betrekkinglijnen gebruikt. Overige aspecten (voor andere afvoeren) zijn op basis van deze afvoeren met een expertoordeel beoordeeld.

### Algemene uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- gebiedsontwikkeling conform het meest recente ontwerp, zoals beschreven in [ref. 6], [ref. 11], [ref. 16], [ref. 17] en [ref. 18];
- variant: *GD\_OL3c*;
- baseline maatregelen ten behoeve van de variant:
  - *../maatregelen/gd\_poelen\_ol3*;
  - *../maatregelen/gd\_ooibos\_ol3c*;
  - *../maatregelen/gd\_strwl\_ol2*;
  - *../maatregelen/gd\_evz\_ol2*;
  - *../maatregelen/gd\_geul\_ol3*;
  - *../maatregelen/gd\_bdijk\_ol3*;
  - *../maatregelen/hwatvrij\_BK*;
- Arcgis versie: 10.3;
- baseline versie: 5.3;
- baseline referentie: *baseline-rijn-beno18\_5-v1* inclusief 26 maatregelen (bijlage I);
- het gehanteerde WAQUA deelmodel van de referentie: *rijn20m\_nrlk\_5-v6*;
- Simona versie: 2021;
- de waterstandsverschillen zijn gebaseerd op de zogenaamde last 25;
- ruwheidsdefinities; *roughcombination-general-2015\_5-v1*, *roughcombination-rijn\_nrlk-2015\_5-v2*;
- Rivierkundig Beoordelingskader versie 5.0 [ref. 1]. Verder in dit document aangeduid als RBK.

# 5

## RIVIERKUNDIGE EFFECTEN

In dit hoofdstuk worden de rivierkundige effecten van de gebiedsontwikkeling beschreven en beoordeeld. Hiervoor zijn WAQUA berekeningen uitgevoerd voor de hoogwaterreferentie afvoer (HWR) van 16.000 m<sup>3</sup>/s en afvoeren van 6.000, 8.000 en 10.000 m<sup>3</sup>/s te Lobith. De berekeningen zijn aangevuld met een expertoordeel op basis van de beschrijving van het systeem (zie hoofdstuk 3), betrekkinglijnen, waterdiepte kaarten en een WAQMORF-berekening.

Tenzij anders aangegeven, zijn de resultaten gepresenteerd in dit hoofdstuk van variant GD\_OL3c (gebiedsontwikkeling). Van variant GD\_OL3\_dijk (enkel dijkversterking) wordt alleen de effecten op de waterstand bij de hoogwaterreferentie gepresenteerd. De toetsing van deze variant op de overige aspecten is beschreven in bijlage XII.

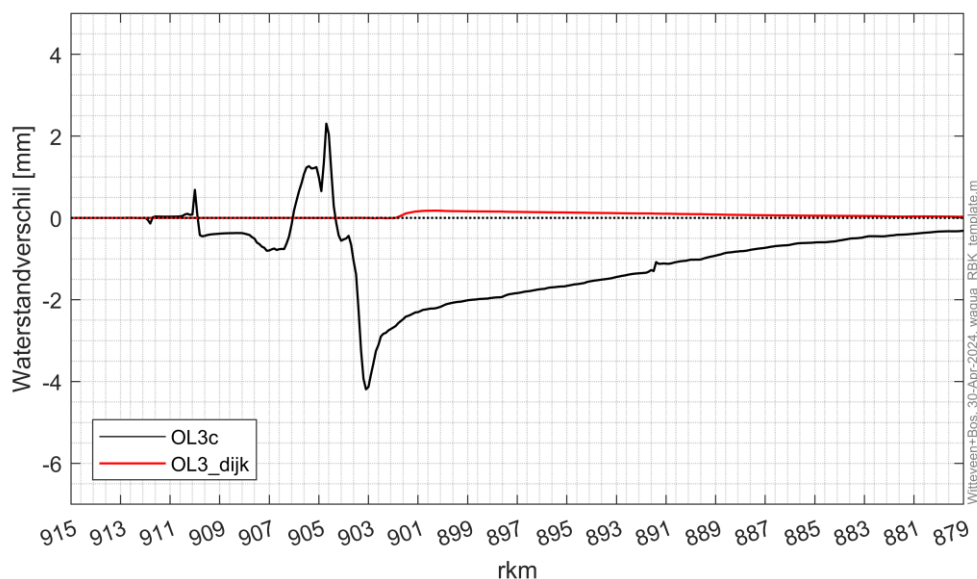
### 5.1 Waterstandsverschillen op de rivieras bij hoogwaterreferentie

De waterstandsverschillen op de rivieras tussen de variant en de referentie zijn weergegeven in afbeelding 5.1 voor de hoogwaterreferentie afvoer (HWR) van 16.000 m<sup>3</sup>/s.

Variant GD\_OL3c leidt tot een maximale waterstands daling van 4,2 mm op rivierkilometer 903,1. Ter plaatse van de uitstroom van de KRW-geul op rivierkilometer 904,7 treedt een opstuwning van 2,3 mm. Direct benedenstrooms van de uitstroom, waar het struweelbos is verplaatst, wordt een tweede opstuwingspiek van 1,3 mm waargenomen. Direct benedenstrooms van de opstuwning wordt een waterstands daling van 0,8 mm waargenomen. Op rivierkilometer 910 bevindt zich een kleine opstuwingspiek is toe te schrijven aan een numeriek artefact. Dit effect werd in een eerdere studie van de rivierkundige effecten ten gevolge van het VKA al waargenomen [ref. 5].

Variant GD\_OL3\_dijk leidt tot een maximale opstuwingspiek van 0,2 mm ter hoogte van rivierkilometer 900,3.

Afbeelding 5.1 Waterstandsverschil op de rivieras (mm) tijdens (16.000 m<sup>3</sup>/s) voor GD\_OL3c (gebiedsontwikkeling) en GD\_OL3\_dijk (enkel dijkversterking) ten opzichte van de referentiesituatie (stroomrichting is van rechts naar links)



Opstuwings in het zomerbed groter dan 1 mm bij de hoogwaterreferentie is volgens het RBK niet toegestaan. Echter kan het bevoegd gezag instemmen met een opstuwingspiek van meer dan 1 mm (het zogenaamde 'zaagtandprincipe'), mits:

- er sprake is van een lokale piek én;
- er sprake is van een ruime netto waterstandsverlaging (hier wordt bedoeld dat de oppervlakte van de verlaging vele malen groter is dan de oppervlakte van de verhoging, zie afbeelding 5.2) én;
  - 1 de maatregel geoptimaliseerd is én;
  - 2 waterstandverhoging bij derden zoveel mogelijk wordt voorkomen.

Bij variant GD\_OL3c is er sprake van een ruime netto waterstandsverlaging: de factor tussen het groene en rode oppervlak in afbeelding 5.2 bedraagt ongeveer 18. De maatregel is tevens geoptimaliseerd. Na ontwerploop 1 zijn diverse variaties op de uitstroomopening van de KRW-geul beschouwd, waaruit bleek dat de hoogte van de dwarskade ten westen van de geul een belangrijke rol speelt bij zowel de opstuwings als de dwarskade. Naar aanleiding hiervan is de dwarskade verlaagd van NAP 9,5 m in ontwerploop 1 naar NAP 9,13 m. Variant GD\_OL3c voldoet daarmee aan de eisen van het zogenaamde 'zaagtandprincipe'.

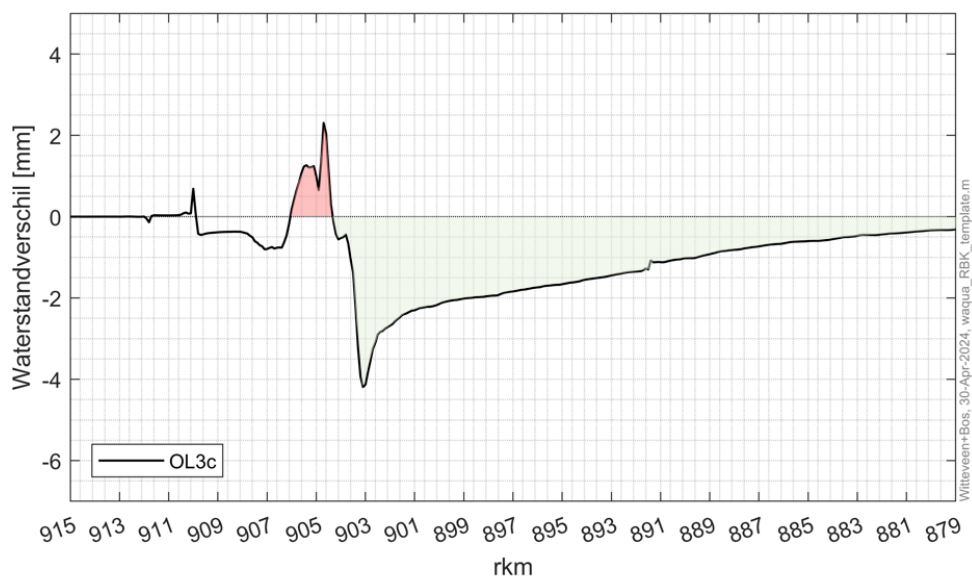
In bijlage XIII zijn de resultaten van variant GD\_OL3, GD\_OL3a en GD\_OL3b opgenomen.

### Conclusie

Zowel variant GD\_OL3c als variant GD\_OL3\_dijk voldoen aan de eis met betrekking tot de waterstandsverschillen op de rivieras.



Afbeelding 5.2 Waterstandsverschil (mm) tussen variant GD\_OL3c en de referentie bij HWR (Q=16.000 m<sup>3</sup>/s). Het oppervlak onder de opstuwingspiek wordt aangegeven in het rood, en het oppervlak onder de waterstandsvaling wordt weergegeven in het groen. Van een ruime netto waterstandsverlaging is sprake als de oppervlakte van het groene vlak ruimschoots groter is dan de oppervlakte van het rode vlak



## 5.2 Hoogwaterreferentie buiten de rivieras

De waterstandsverschillen in het tweedimensionale vlak bij de HWR-afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s (Lobith) zijn weergegeven in afbeelding 5.3 (variant GD\_OL3\_dijk) en afbeelding 5.4 (variant GD\_OL3c).

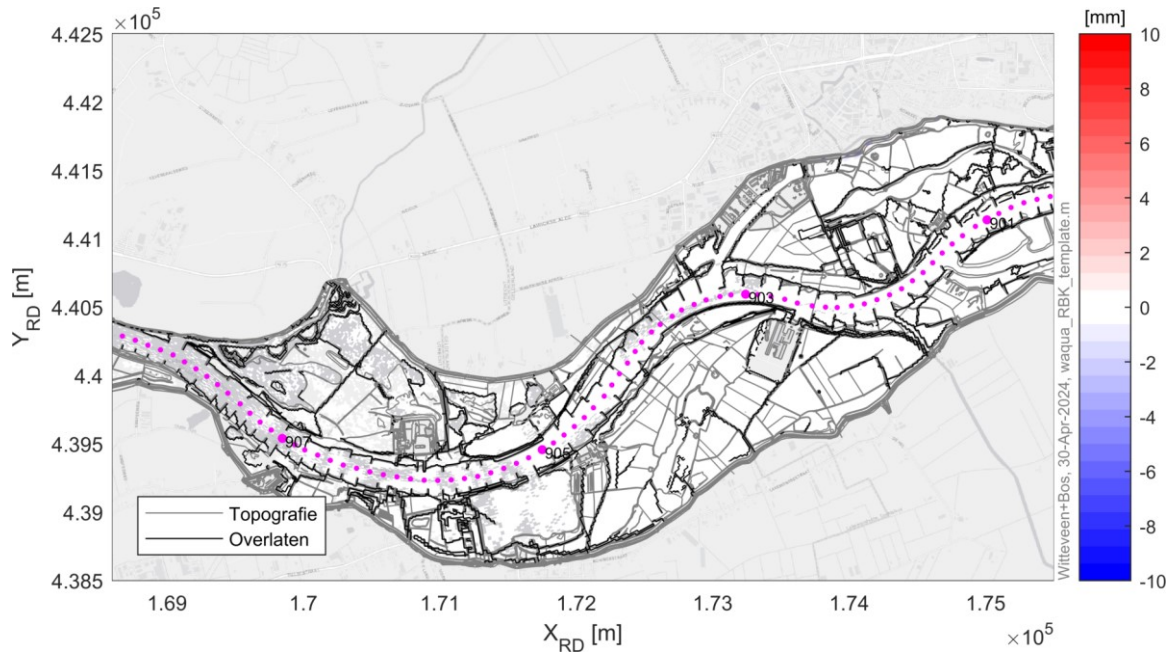
Variant GD\_OL3\_dijk leidt niet tot significante veranderingen in de waterstand.

Voor variant GD\_OL3c zijn een aantal zaken af te leiden:

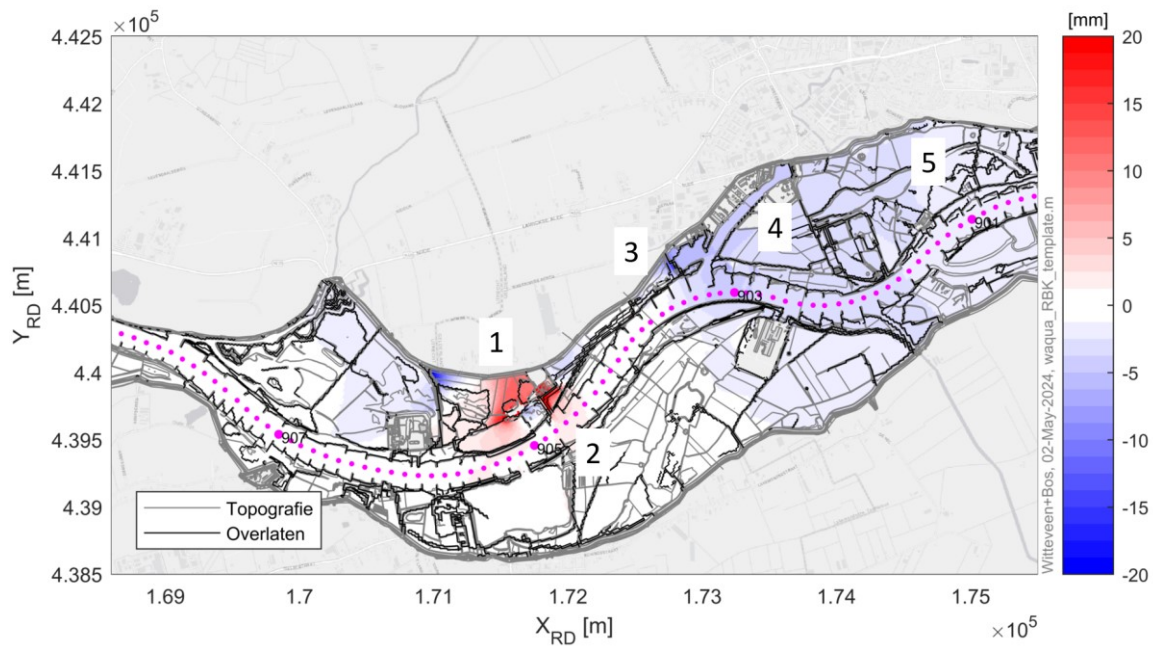
- 1 ter hoogte van het oobos is duidelijk opstuwning (orde grootte 10 mm) zichtbaar. Deze opstuwning bevindt zich ook direct langs de Grebbedijk;
- 2 ter plaatse van de uitstroomlocatie van de KRW-geul leidt de contractie van de stroombanen tot een lokale waterstandspiek;
- 3 het aanpassen van het struweel aan de oostzijde van de Plasserwaard leidt tot een vermindering van de stromingsweerstand, met als gevolg een daling van de waterstand;
- 4 de begroeiing ten behoeve van de ecologische verbindingzone heeft geen zichtbaar effect op de waterstand;
- 5 de kamsalamanderpoelen liggen in een overwegend stromingsluw gedeelte en hebben daardoor een verwaarloosbaar effect op de waterstand.

Met name de effecten rondom 1 en 2 leiden tot een verhoging van de waterstand langs de primaire keringen.

Afbeelding 5.3 Waterstandsverschil tussen variant GD\_OL3\_dijk en de referentiesituatie tijdens HWR (16.000 m<sup>3</sup>/s)



Afbeelding 5.4 Waterstandsverschil tussen variant GD\_OL3c en de referentiesituatie tijdens HWR (16.000 m<sup>3</sup>/s)



### Conclusie

Het rivierkundig ontwerp is akkoord mits de beheerder van de primaire kering (waterschap Vallei en Veluwe) akkoord gaat met de waterstandseffecten.

### 5.3 Afvoerverdeling IJsselkop

De waterstandsveranderingen op de Nederrijn die veroorzaakt worden door de gebiedsontwikkeling Grebbedijk werken door tot het splitsingspunt bij de IJsselkop. Het WAQUA-model maakt gebruik van een

vaste afvoerverdeling. Omdat in werkelijkheid de waterstand op het splitsingspunt aansluit op de waterstand op de IJssel, zal de afvoer tussen deze twee riviertakken enigszins gaan veranderen.

Er zal meer water naar de Nederrijn gaan, waardoor de waterstand licht toeneemt in de Nederrijn. Dit betekent dat er minder water door de IJssel gaat, waardoor de waterstand daar afneemt, zodat de waterstand op het splitsingspunt in beide riviertakken gelijk is. Dit effect is geschat aan de hand van de relatie tussen afvoer en waterstand op het splitsingspunt [ref. 3]. Een voorwaarde voor ingrepen langs de rivieren is dat de afvoerverdeling niet te veel mag wijzigen.

Tabel 5.1 toont de verhouding tussen de waterstand op het splitsingspunt en het debiet door de Nederrijn en IJssel in de referentiesituatie bij de maatgevende afvoer ( $Q_{\text{Lobith}} = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Een afname van 1 cm in de waterstand op de IJsselkop resulteert in een debietverandering van ongeveer  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  extra op de Nederrijn en  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  op de IJssel.

Tabel 5.1 Afvoer-waterstandsrelatie op het splitsingspunt IJssel-Nederrijn rond  $Q_{\text{Lobith}} = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$

Waterstand IJsselkop [+m NAP]	Debiet Nederrijn [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	Debiet IJssel [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
14,67	3.341,16	2.417,72
14,68	3.351,64	2.427,22
14,69	3.362,12	2.436,74

Het waterstandstandseffect op de rivieras is berekend in een model waarin de afvoerverdeling niet verandert. Het berekende effect ter hoogte van het splitsingspunt bedraagt 0,3 mm voor variant GD\_OL3c bij een afvoer van  $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$  en 0,2 mm bij een afvoer van  $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$ . In werkelijkheid zal de waterstand op het splitsingspunt zich aanpassen door het veranderen van de afvoerverdeling. Omdat de verandering van het debiet op de Nederrijn en de IJssel bij een bepaalde waterstandsverandering ongeveer gelijk zijn bij deze afvoer, zal de waterstand op de IJsselkop met ongeveer de helft van de berekende opstuwung toenemen.

Op basis van de afvoer-waterstandsrelatie op het splitsingspunt leidt dit tot een debietverschuiving minder dan  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  over de Nederrijn en de IJssel. Dit geldt voor zowel de afvoer  $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$  als  $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Conclusie

Met betrekking tot afvoerverdeling ter plaatse van de IJsselkop voldoet de variant.

## 5.4 Invloed op ijsafvoer

De RBK-eis voor ijsafvoer is dat een goede geleiding gewaarborgd dient te blijven voor de hoogwaterveiligheid. Voor het toetsen van de RBK-eis met betrekking tot ijsafvoer zijn er geen kwantitatieve criteria. De beoordeling volgt uit een kwalitatieve beschouwing.

Het RBK schrijft voor dat de normaalbreedte van de rivier niet mag veranderen. Aangezien er geen veranderingen worden gedaan aan de kribben (en dus de normaalbreedte) voldoet de maatregel. Daarnaast leidt de variant ook niet tot ondieptes in het zomerbed omdat morfologische effecten beperkt zullen blijven.

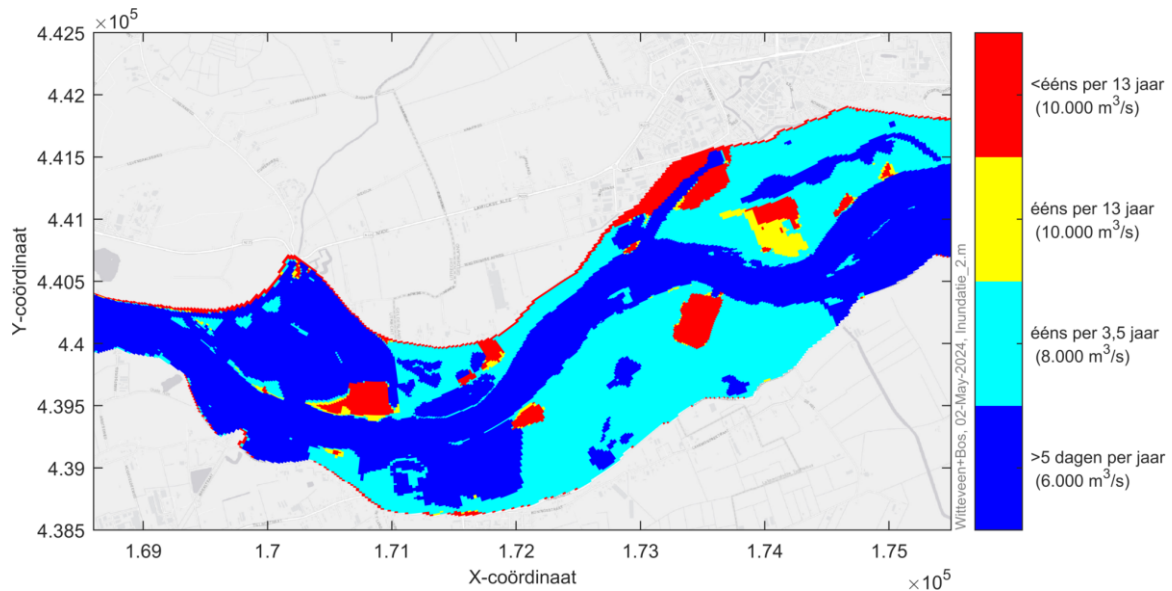
### Conclusie

Met betrekking tot ijsafvoer voldoet de variant, mits het bevoegd gezag daarmee instemt.

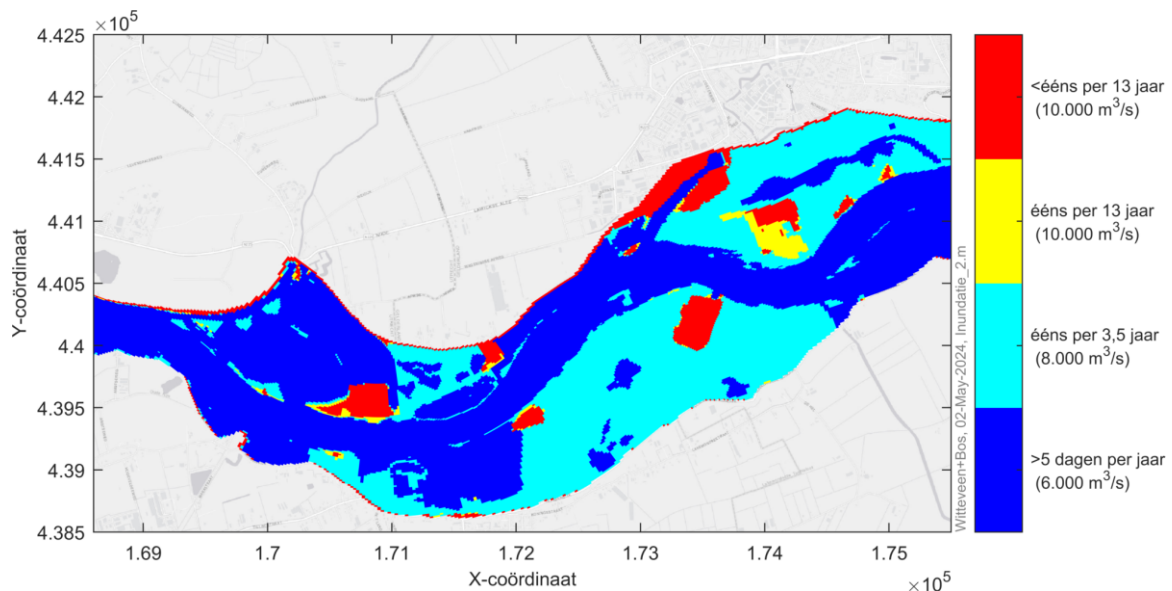
## 5.5 Inundatiefrequentie van de uiterwaard

De inundatiekaarten voor de referentie en de variant zijn in afbeelding 5.5 en afbeelding 5.6 weergegeven. De aanwezigheid van de KRW-geul, die bij lage afvoeren eenzijdig is aangetakt, is zichtbaar in de verandering van de inundatiefrequentie van de oostelijke zijde van de Plasserwaard. Waar deze in de referentiesituatie (door aanwezigheid van de zomerkade) uiterlijk één per 3,5 jaar inundeert, zal dit gebied nu gemiddeld ongeveer 5 dagen per jaar inunderen.

Afbeelding 5.5 Inundatiekaart referentiesituatie



Afbeelding 5.6 Inundatiekaart variant GD\_OL3c



### Conclusie

De variant voldoet, omdat in het ontwerp rekening is gehouden met de veranderde inundatiefrequentie van de oostelijke Plasserwaard.

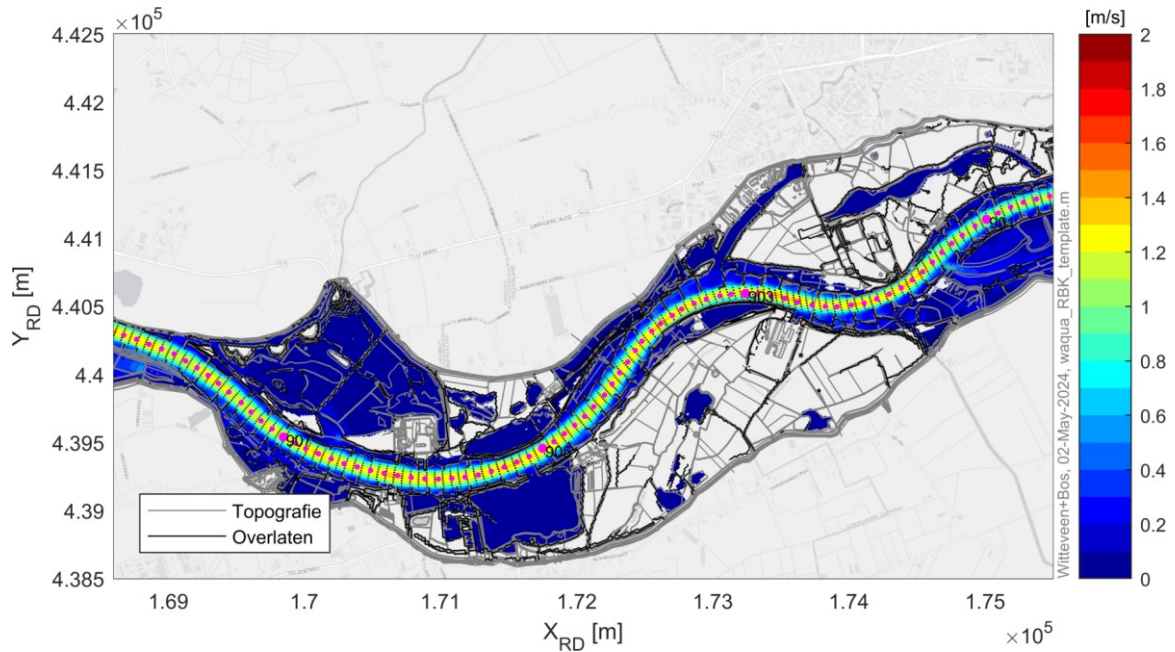


## 5.6 Stroombeeld in de uiterwaard en hoofdgeul

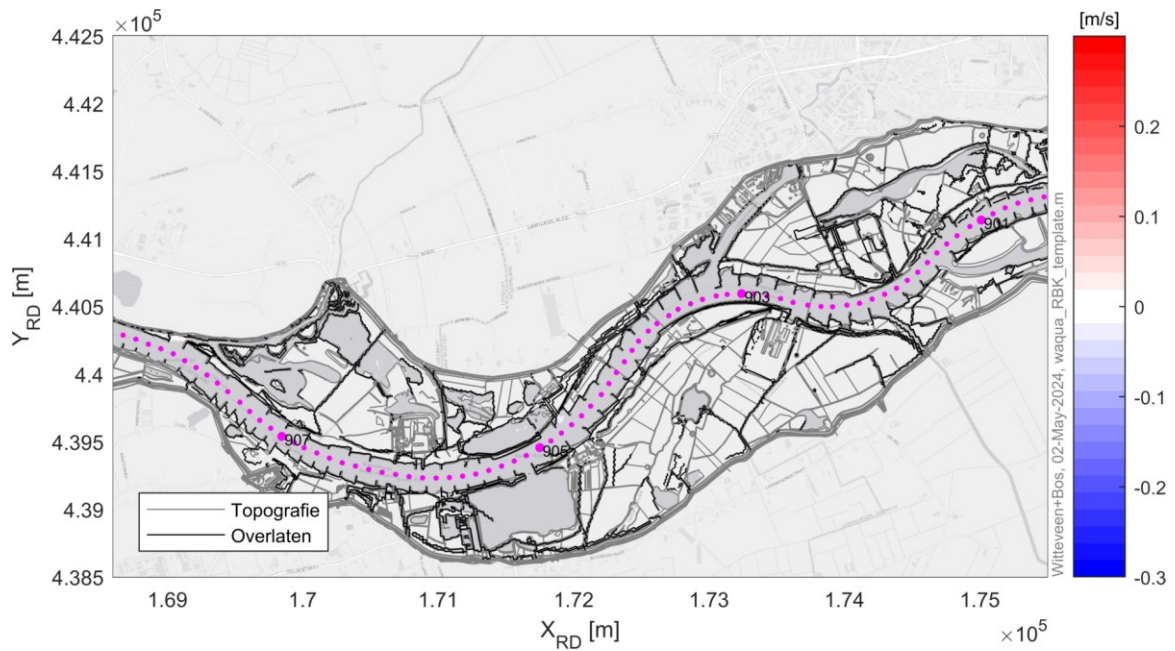
### Stroombeeld bij 6.000 m<sup>3</sup>/s

Het stroombeeld bij een rivierafvoer van 6.000 m<sup>3</sup>/s is weergegeven in afbeelding 5.7 en het verschil in stroomsnelheid ten opzichte van de referentie in afbeelding 5.8. Bij deze afvoer heeft de gebiedsontwikkeling vrijwel geen effect op het stroombeeld in de uiterwaarde of de hoofdgeul.

Afbeelding 5.7 Stroomsnelheid voor variant GD\_OL3c voor een debiet van 6.000 m<sup>3</sup>/s



Afbeelding 5.8 Verschil in stroomsnelheid tussen variant GD\_OL3c en de referentie voor een debiet van 6.000 m<sup>3</sup>/s

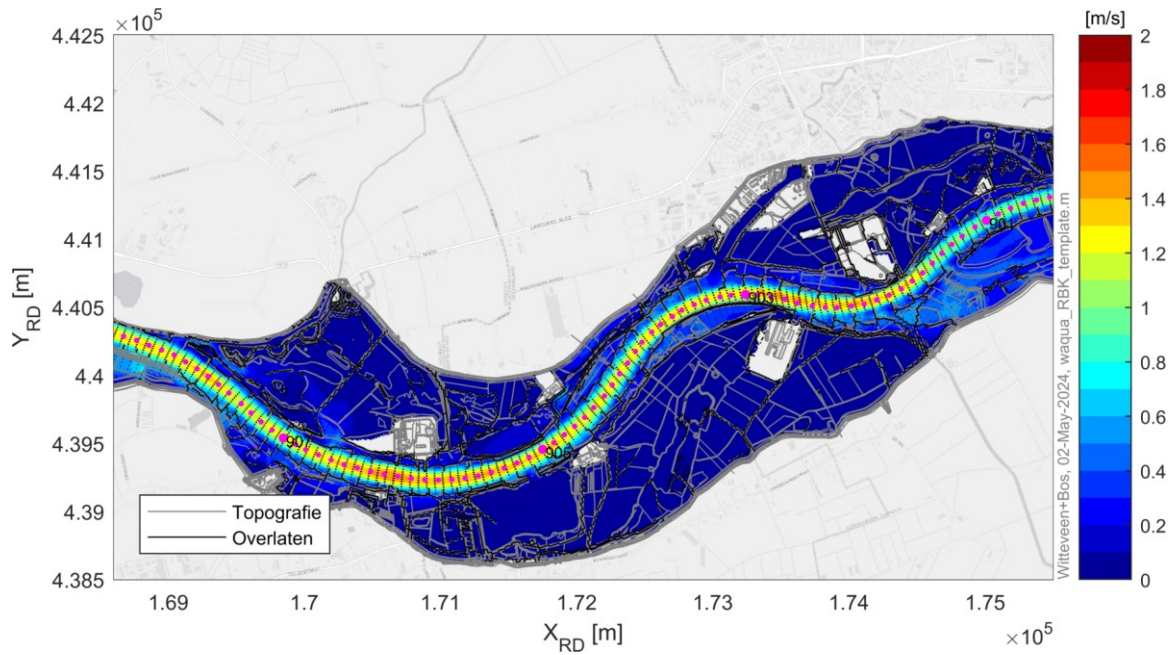


### Stroombeeld bij 8.000 m<sup>3</sup>/s

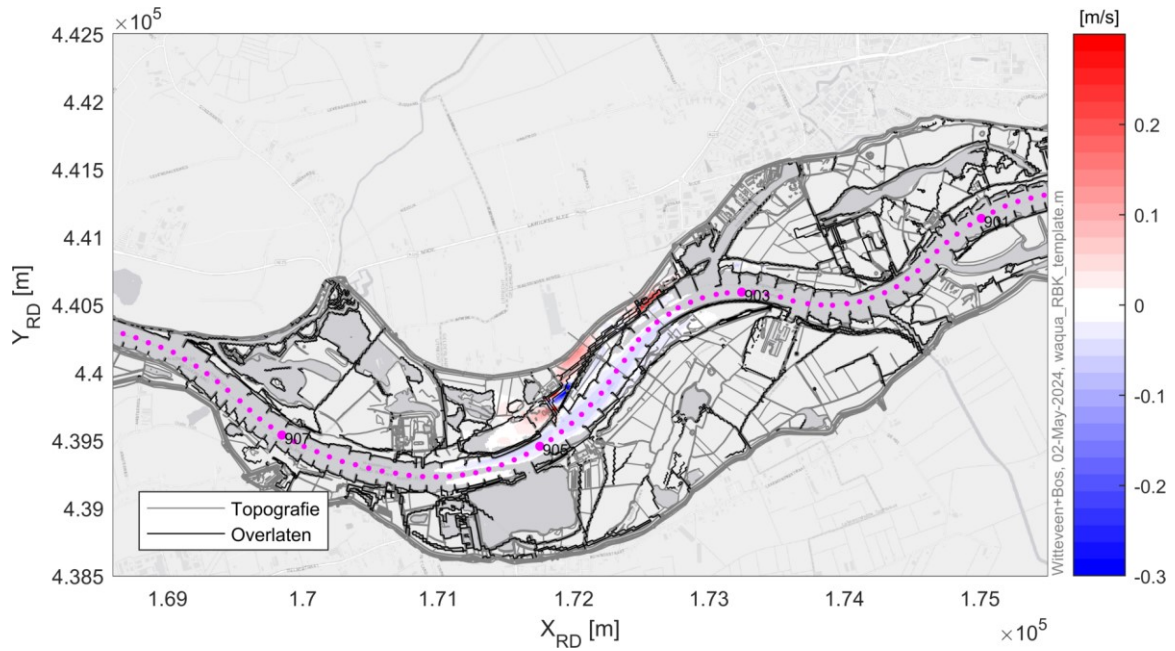
Het stroombeeld bij 8.000 m<sup>3</sup>/s is voor de variant weergegeven in afbeelding 5.9. Het verschil ten opzichte van de referentie zijn weergegeven in afbeelding 5.10. Enkel rondom de KRW-geul zijn verschillen in stroomsnelheid waarneembaar. Aan de bovenstroomse zijde van de geul neemt de stroomsnelheid als gevolg van het vervangen van het struweelbos toe met ongeveer 0,2 m/s.

Aan de benedenstroomse zijde neemt de stroomsnelheid af bij beide varianten. Dit laatste is vooral het gevolg van de kade aan de westelijke zijde van de uitstroomopening. Doordat deze de stroming blokkeert, vertraagt de stroming. Daar waar de stroming vanuit de nevengeul de vaargeul instroomt, neemt de stroomsnelheid lokaal toe met 0,15 m/s. De stroomsnelheid neemt hier lokaal toe omdat de kade ten westen van de uitstroomopening tot een trechtereffect leidt. Op deze locatie is in het ontwerp rekening gehouden met oeverbescherming.

Afbeelding 5.9 Stroomsnelheid voor variant GD\_OL3c voor een debiet van 8.000 m<sup>3</sup>/s



Afbeelding 5.10 Verschil in stroomsnelheid tussen variant GD\_OL3c en de referentie voor een debiet van 8.000 m<sup>3</sup>/s

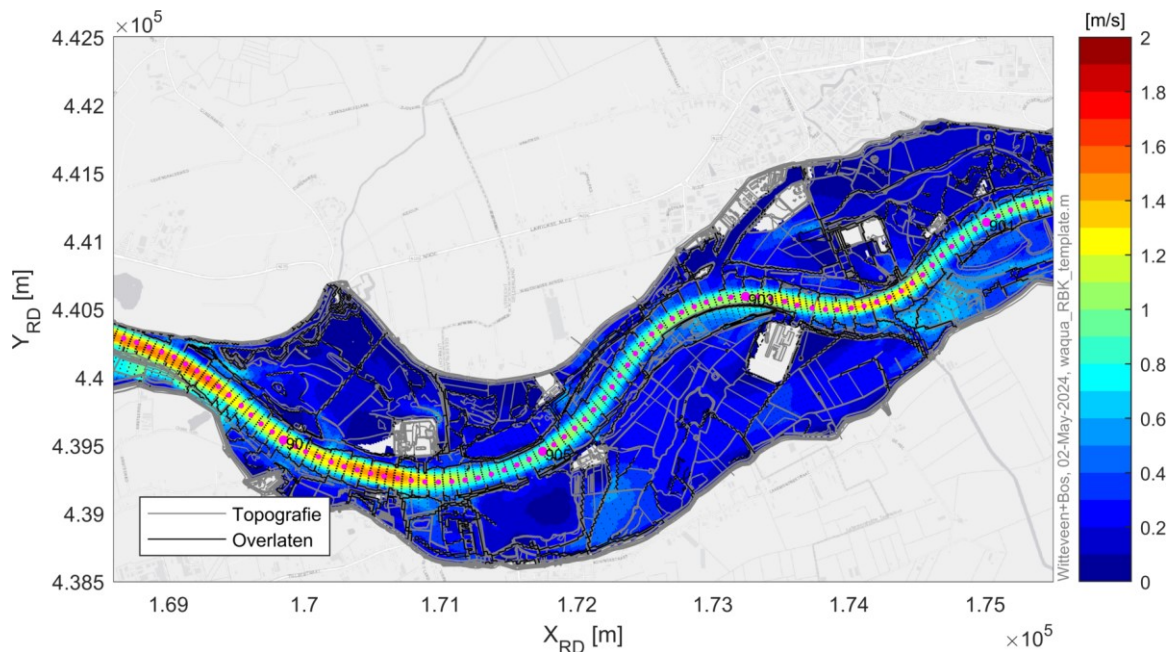


### Stroombeeld bij 10.000 m<sup>3</sup>/s

Afbeelding 5.11 toont het stroombeeld voor de variant bij 10.000 m<sup>3</sup>/s. De verschillen ten opzichte van de referentiesituatie zijn weergegeven in afbeelding 5.12. Ook bij deze afvoer concentreren de verschillen in stroomsnelheid zich rondom de KRW-geul. Aan de bovenstroomse zijde van de geul neemt de stroomsnelheid toe met ongeveer 0,2 m/s onder invloed van de aanpassing van het struweel.

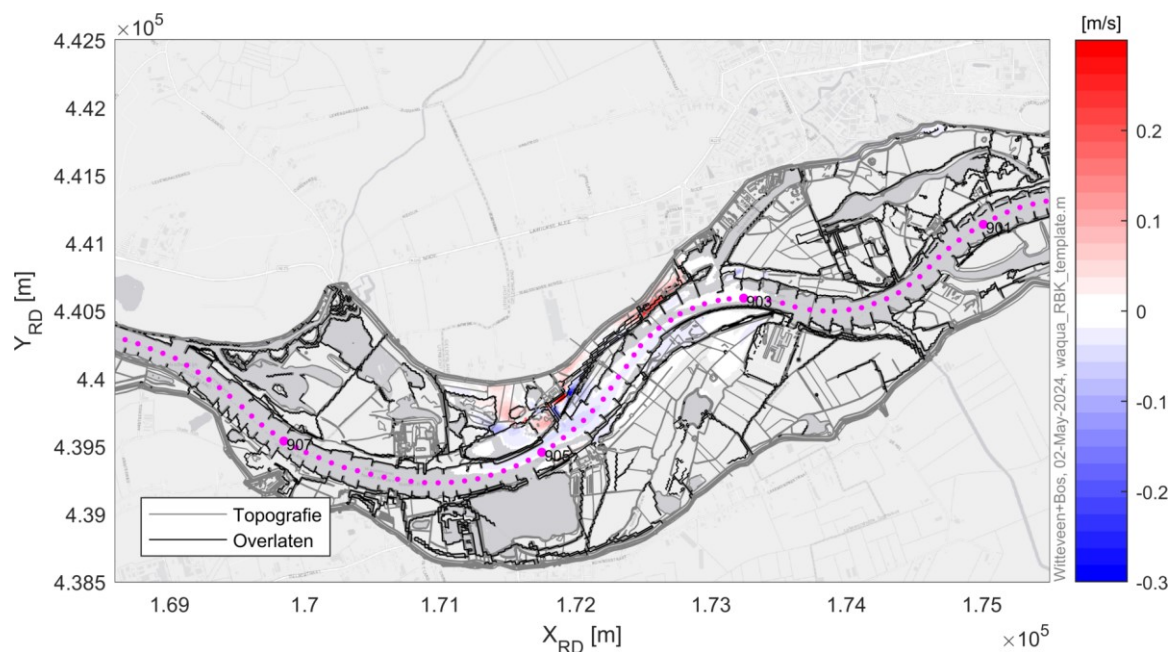
De invloed van de zomerkade ten westen van de uitstroomopening is bij deze afvoer kleiner bij beide varianten. Een groter portie van het water stroomt nu over de kade, in plaats van dat de stroming grotendeels terug de hoofdgeul in wordt geleid.

Afbeelding 5.11 Stroomsnelheid voor variant GD\_OL3c voor een debiet van 10.000 m<sup>3</sup>/s





Afbeelding 5.12 Verschil in stroomsnelheid tussen variant GD\_OL3c en de referentie voor een debiet van 10.000 m<sup>3</sup>/s



### Conclusie

Het stroombeeld verandert voornamelijk rondom de KRW-geul. De stroomsnelheden nemen aan de bovenstroomse zijde van de geul met ongeveer 0,2 m/s. Rondom de uitstroomopening is de toename groter. Hier is rekening gehouden met de noodzaak voor bodem- of oeverbescherming.

## 5.7 Dwarstroming

Dwarstroming kan hinder veroorzaken voor scheepvaart. In deze paragraaf bestuderen we of de ingreep leidt tot onacceptabele dwarstroming. Door de ingreep wordt er vanaf een afvoer hoger dan 6.000 m<sup>3</sup>/s water onttrokken aan het zomerbed, dit water stroomt het winterbed in. Dat is in het begin nog erg weinig, wanneer de uiterwaard volledig mee stroomt (vanaf 8.000 - 10.000 m<sup>3</sup>/s) wordt meer water aan het zomerbed onttrokken. Door de grotere uitwisseling van water tussen het zomerbed en de uiterwaard kan de dwarstroming op de in- en uitstroomlocatie toenemen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de rechteroever van de Nederrijn, omdat de herinrichting hier effecten heeft.

Conform het RBK gelden er twee criteria voor de dwarstroming afhankelijk van het dwarsdebiet:

- criterium bij een dwarsdebiet groter dan 50 m<sup>3</sup>/s: dwarstroming <0,15 m/s;
- criterium bij een dwarsdebiet kleiner dan 50 m<sup>3</sup>/s: dwarstroming <0,30 m/s.

### Dwarstroming bij 6.000 m<sup>3</sup>/s

Afbeelding 5.13 en afbeelding 5.14 tonen respectievelijk de dwarstroming en het dwarsdebiet op de rechterbakenlijn. Afbeelding 5.15 tonen het ruimtelijk beeld van de dwarstroming op de rechterbakenlijn voor de varianten.

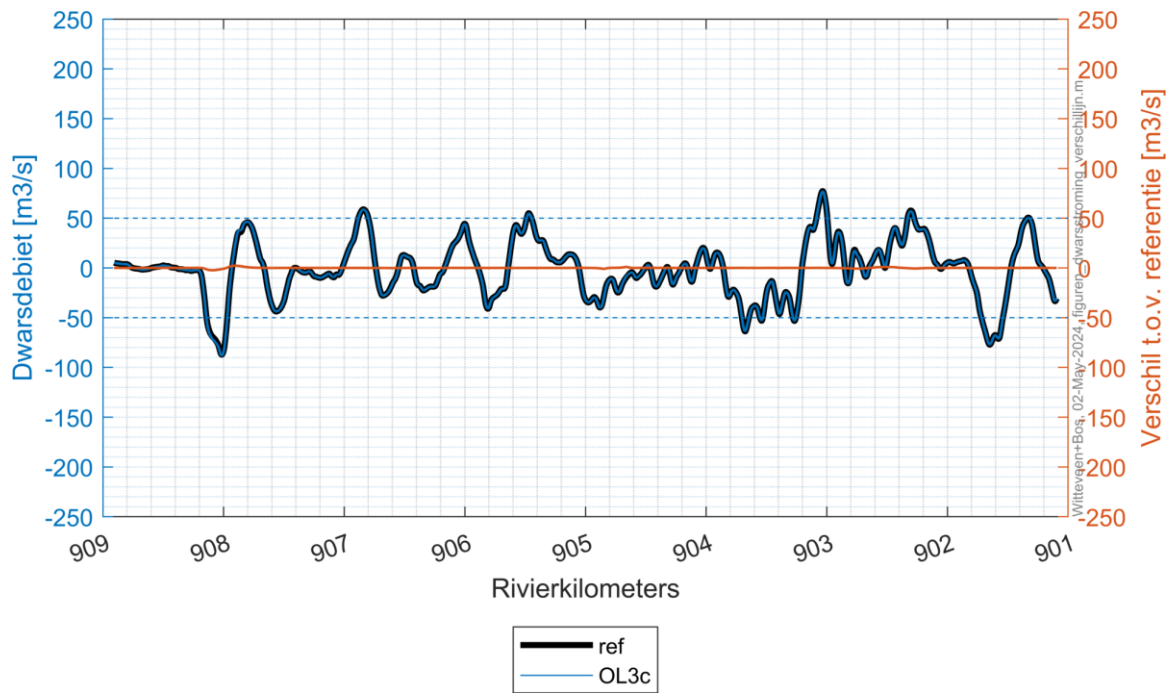
Bij een afvoer van 6.000 m<sup>3</sup>/s treden er nauwelijks veranderingen op met betrekking tot het dwarsdebiet. Rondom rkm 908 is in de referentiesituatie het absolute dwarsdebiet groter dan 50 m<sup>3</sup>/s, en de absolute dwarstroming groter dan 0,3 m/s. Hiermee wordt het criterium overschreden. In de variant neemt de stroomsnelheid met 0,01 m/s toe, waardoor de situatie verslechtert.

Dit lijkt echter niet te worden veroorzaakt door het project. De locatie bevindt bij de Blauwe Kamer, op het punt waar stroming door het gebied weer terugkomt in het zomerbed. De Blauwe Kamer maakt geen deel uit van het projectgebied, en er zijn daarom ook geen maatregelen daar voorzien. In bijlage XIV zijn figuren

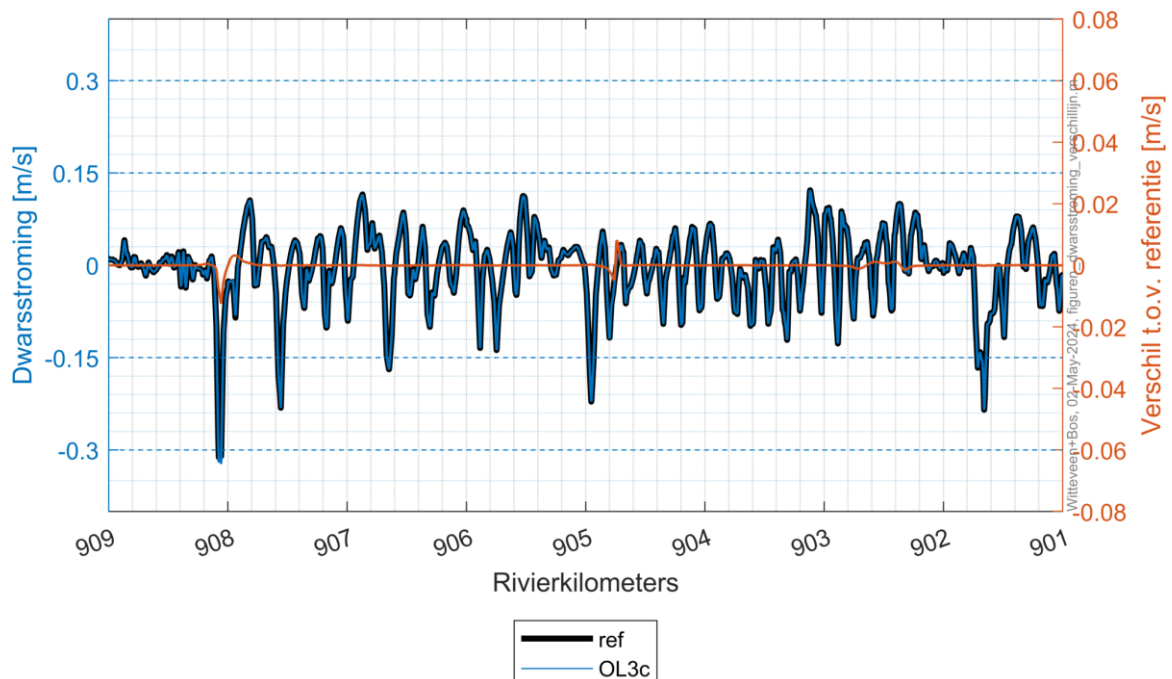


opgenomen van de waterstand en stroming bij  $Q = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$ , die laten zien dat de westelijke Plasserwaard bij deze afvoer nog niet meestroomt. Het water in de Blauwe Kamer komt binnen via de opening in de zomerkade aan de zuidzijde van de Blauwe Kamer, en verlaat het gebied weer via de westelijke zijde. Deze stroming wordt niet beïnvloed door projectmaatregelen. Mogelijke verklaring voor de (beperkte) toename in dwarsstroming zijn van numerieke aard: wellicht is het model nog niet klaar met itereren, of wordt de stroming beïnvloedt door het numerieke artefact beschreven in paragraaf 5.1.

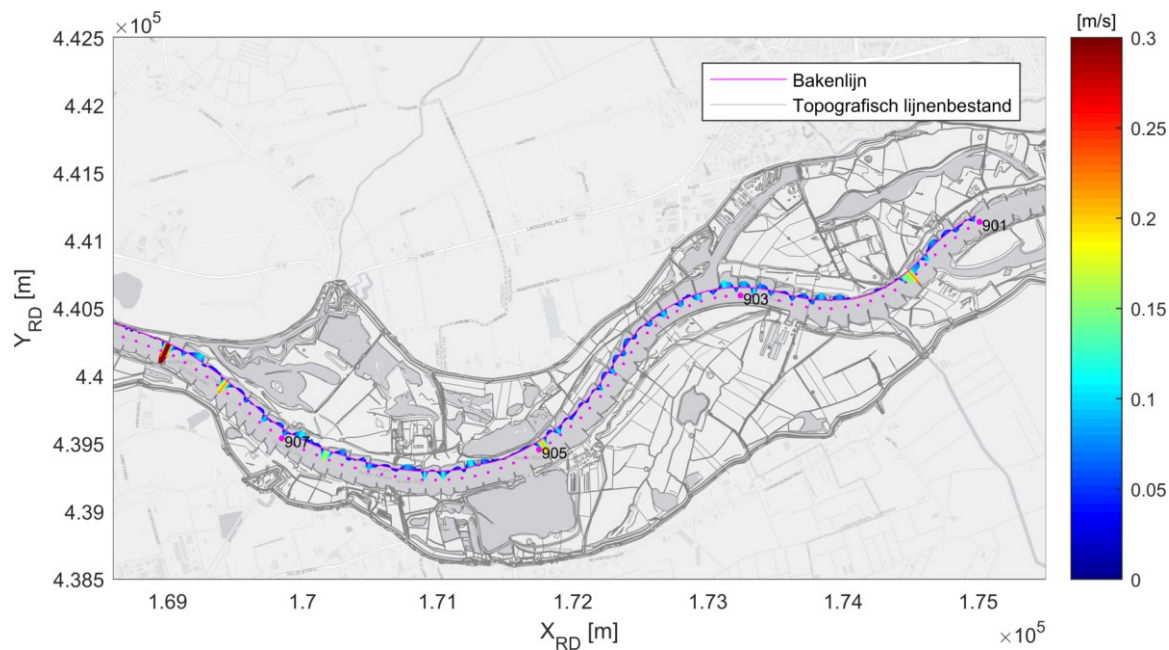
Afbeelding 5.13 Dwarsdebiet voor de referentiesituatie en variant GD\_OL3c voor  $Q = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$  (rechteroever, positief = richting uiterwaard)



Afbeelding 5.14 Dwarsstroming voor de referentiesituatie en variant GD\_OL3c voor  $Q = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$  (rechteroever, positief = richting uiterwaard)



Afbeelding 5.15 Ruimtelijk beeld dwarsstroming voor variant GD\_OL3c bij 6.000 m<sup>3</sup>/s

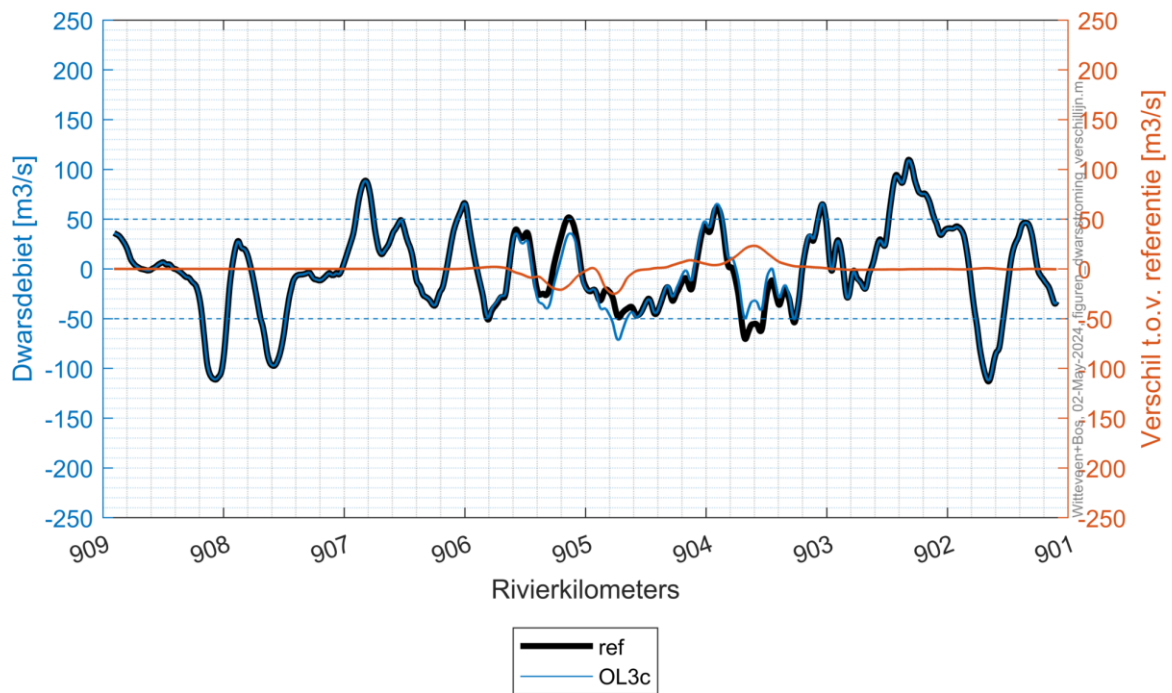


#### Dwarsstroming bij 8.000 m<sup>3</sup>/s

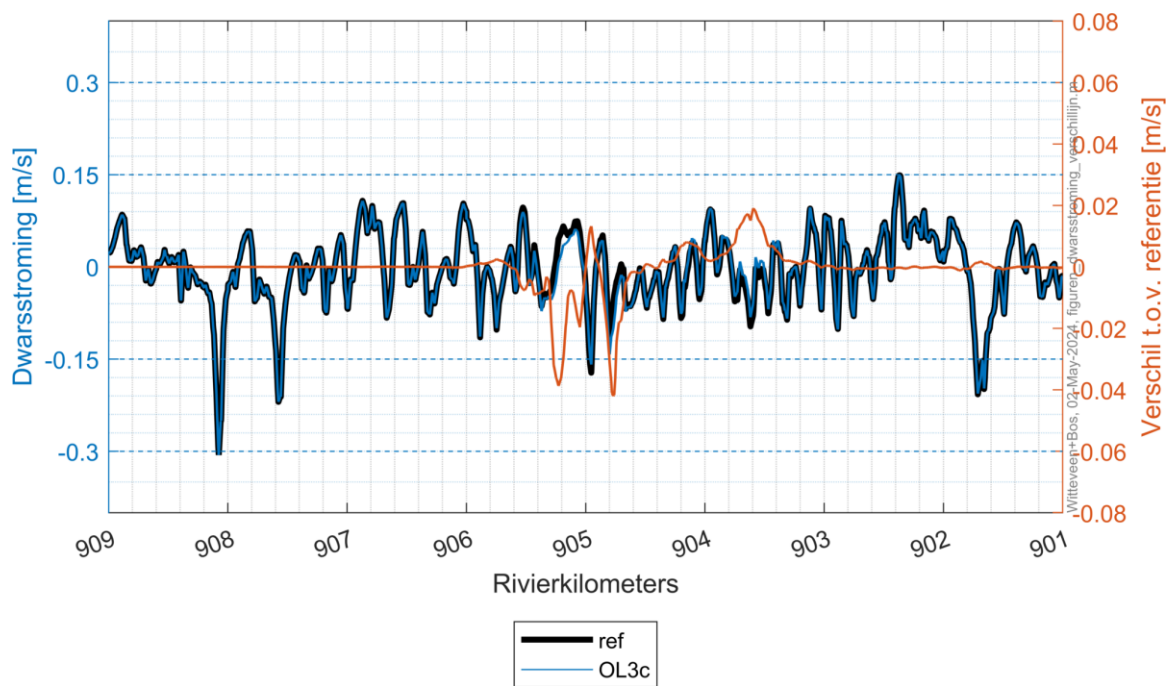
Het dwarsdebiet en de dwarsstroming op de rechterbakenlijn bij 8.000 m<sup>3</sup>/s zijn weergegeven in afbeelding 5.16 en afbeelding 5.17. Het ruimtelijk beeld van de dwarsstroming voor de variant is in afbeelding 5.18 weergegeven.

In deze figuren zijn de effecten van de KRW-geul zichtbaar. Tussen rivierkilometer 903 en 904, wordt meer afvoer richting de uiterwaard getrokken door de KRW-geul en de aanpassing van het struweel aan de oostzijde van de Plasserwaard, waardoor het debiet dat benedenstrooms van de haven bij Wageningen terug de hoofdgeul in gaat afneemt. Ter hoogte van de uitstroombopening (rivierkilometer 904,8) van de KRW-geul neemt het dwarsdebiet in de richting van de hoofdgeul toe tot meer dan 70 m<sup>3</sup>/s. Ook neemt de stroomsnelheid iets toe, tot net onder de 0,15 m/s. Dit leidt niet tot een overschrijding van de dwarsstroom eis uit het RBK.

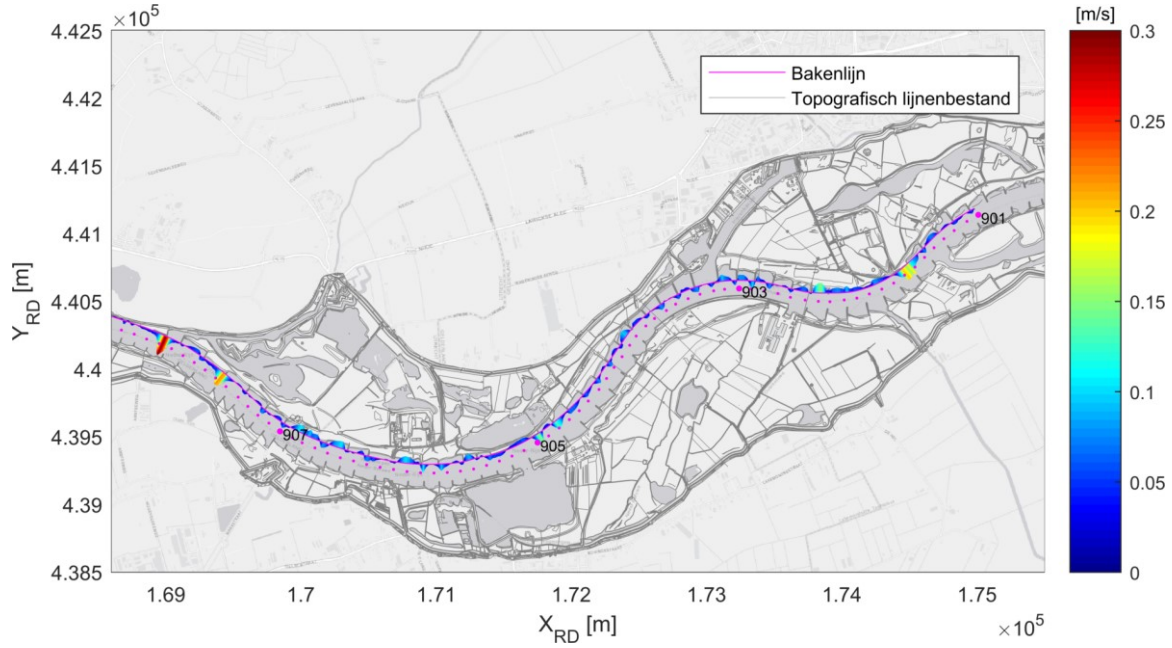
Afbeelding 5.16 Dwarsdebiet voor de referentiesituatie en variant GD\_OL3c voor  $Q = 8.000 \text{ m}^3/\text{s}$  (rechteroever, positief = richting uiterwaard)



Afbeelding 5.17 Dwarsstroming voor de referentiesituatie en variant GD\_OL3c voor  $Q = 8.000 \text{ m}^3/\text{s}$  (rechteroever, positief = richting uiterwaard)



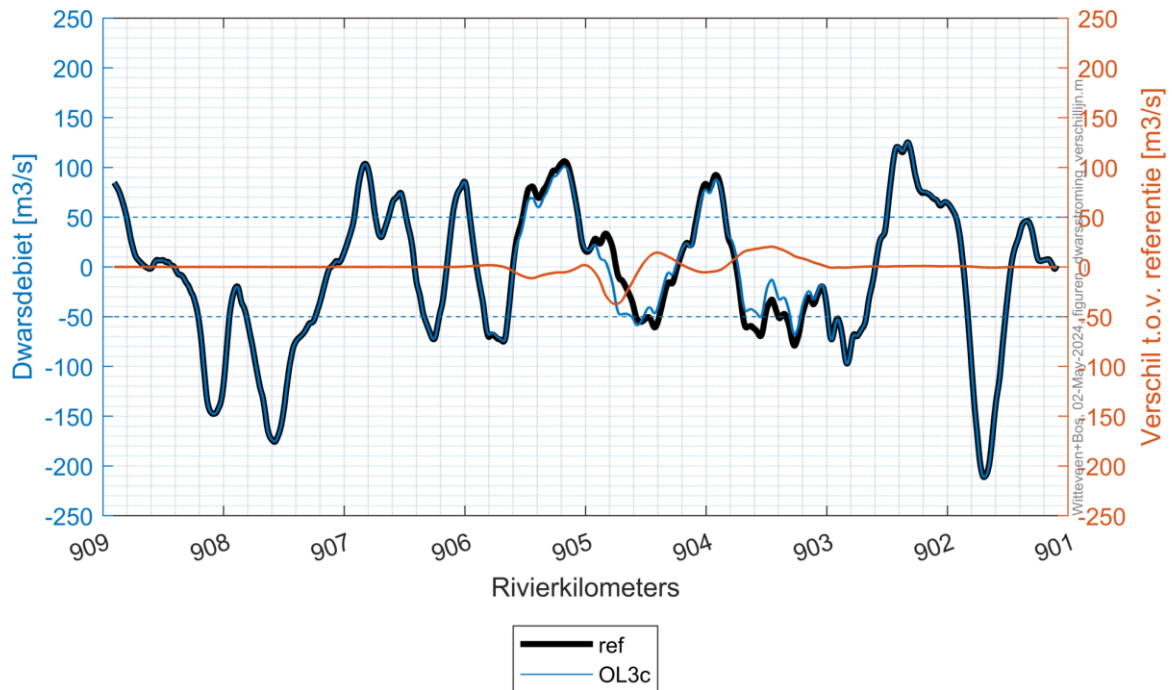
Afbeelding 5.18 Ruimtelijk beeld dwarsstroming voor variant GD\_OL3c bij 8.000 m<sup>3</sup>/s



### Dwarsstroming bij 10.000 m<sup>3</sup>/s

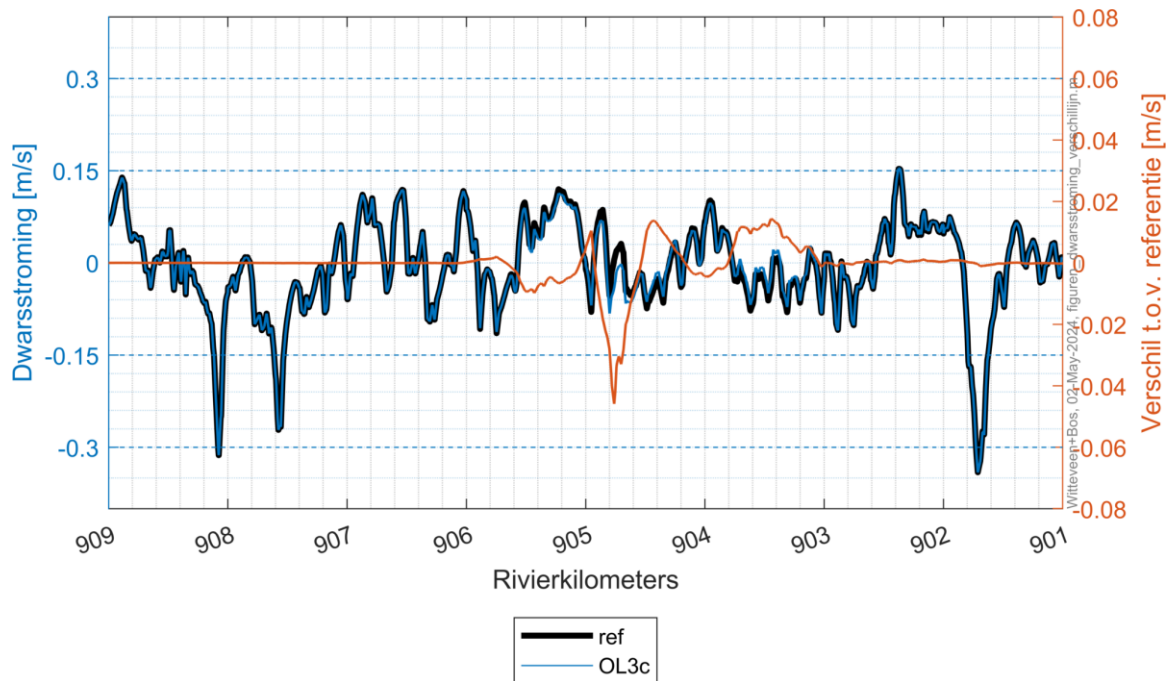
Ten slotte zijn het dwarsdebiet, de dwarsstroming en het ruimtelijk beeld van de dwarsstroming voor de variant bij  $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$  weergegeven in afbeelding 5.19, afbeelding 5.20 en afbeelding 5.21. De effecten zijn vergelijkbaar als voor de  $8.000 \text{ m}^3/\text{s}$  afvoer. Echter zijn de dwarsstroomsnelheden lager bij de uitstroomopening van de KRW-geul. Dit komt doordat een groot deel van de stroming nu over de dwarskade ten westen van de uitstroomopening stroomt, waardoor de stroming niet hoofdzakelijk loodrecht op de vaargeul wordt geleid. Ook bij deze afvoer wordt aan de eis uit het RBK voldaan.

Afbeelding 5.19 Dwarsdebiet voor de referentiesituatie en variant GD\_OL3c voor  $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$  (rechteroever, positief = richting uiterwaard)

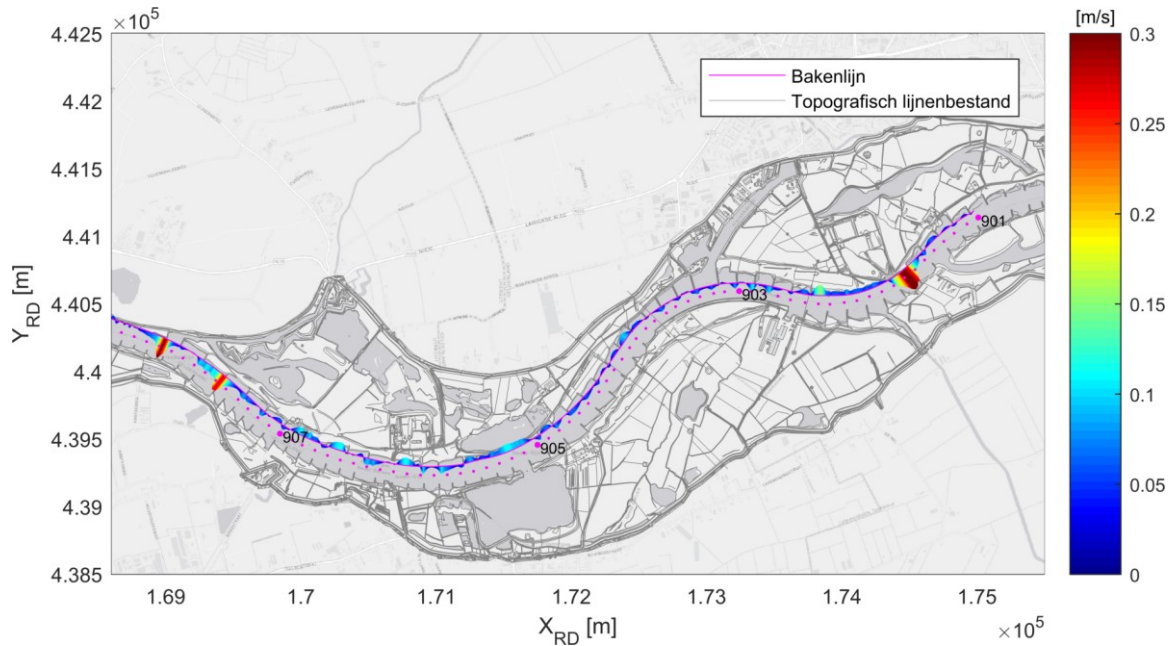




Afbeelding 5.20 Dwarsstroming voor de referentiesituatie en variant GD\_OL3c voor  $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$  (rechteroever, positief = richting uiterwaard)



Afbeelding 5.21 Ruimtelijk beeld dwarsstroming voor variant GD\_OL3c bij  $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$



### Conclusie

Alleen bij een Bovenrijn afvoer van  $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$  treedt een overschrijding op van het dwarsstromingscriterium. Dit wordt echter niet veroorzaakt door het project, maar heeft waarschijnlijk een numerieke oorzaak. De variant voldoet daarom aan de RBK-eis met betrekking tot dwarsstroming.

## 5.8 Effecten op afvoerverdeling IJsselkop voor OLA

Aangezien de gebiedsontwikkeling Grebbedijk pas merkbare invloed heeft op de stroombeelden en waterstanden vanaf 6.000 m<sup>3</sup>/s, zal de verandering in afvoerverdeling op de IJsselkop bij OLA (1.020 m<sup>3</sup>/s) niet groter zijn dan 1 m<sup>3</sup>/s.

### Conclusie

De variant voldoet aan de RBK-eis.

## 5.9 Beoordeling morfologische effecten

### 5.9.1 Kwalitatieve beschouwing

De ingreep in het winterbed leidt ertoe dat het rivierkundige systeem wat verandert. Door de ingreep wordt er vanaf een afvoer van 6.000 m<sup>3</sup>/s meer water aan het zomerbed onttrokken (over een lengte van ongeveer 2.000 m) dan in de huidige situatie. Doordat de kans van voorkomen relatief laag is, zal de morfologische impact beperkt zijn. Enkel ter plaatse van de KRW-geul worden beperkte morfologische veranderingen verwacht.

In de volgende paragrafen tonen we de veranderingen in het zomerbed, zoals berekend volgens de WAQMORF-methode, en een kwalitatieve beoordeling van veranderingen in het winterbed.

### 5.9.2 Verandering morfologie van het zomerbed

Deze paragraaf presenteert de morfologische effecten die optreden als gevolg van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk zoals berekend met WAQMORF. De methodiek volgend, wordt met één afvoerblok met de afvoer 8.000 m<sup>3</sup>/s of 10.000 m<sup>3</sup>/s gerekend. WAQMORF vraagt door te rekenen met een afvoer van 9.000 m<sup>3</sup>/s. Echter is deze berekening niet beschikbaar en zijn de afvoeren die het dichtst bij 9.000 m<sup>3</sup>/s liggen beiden berekend.

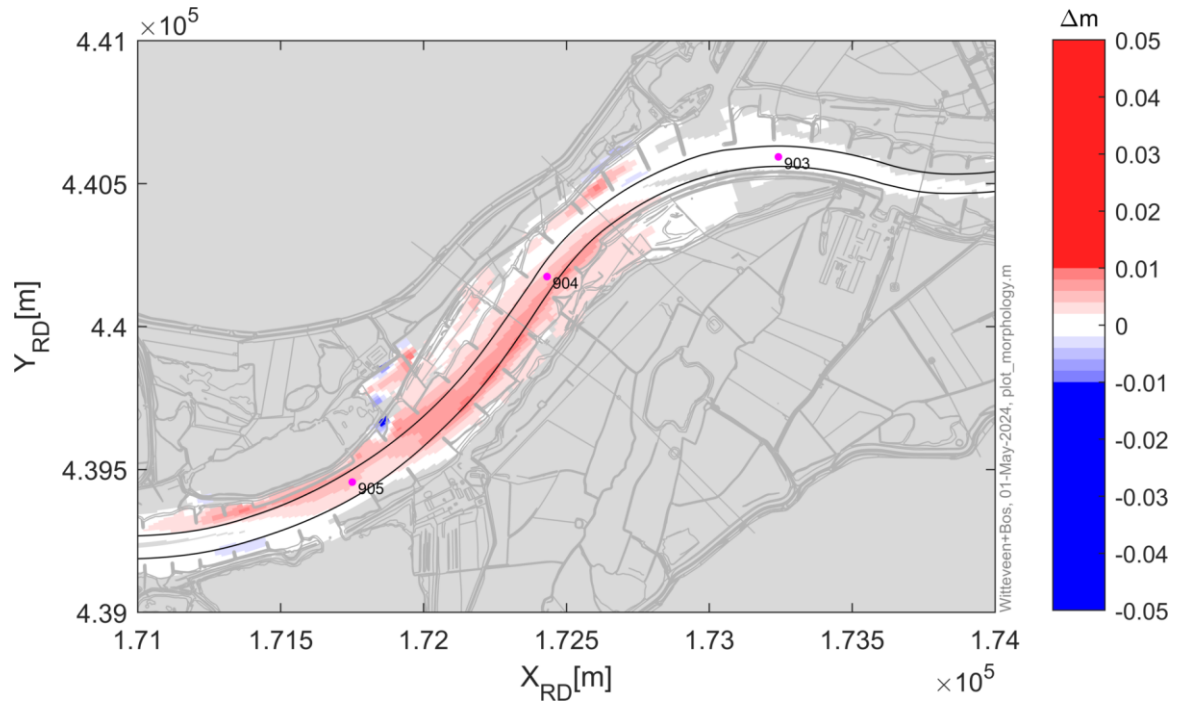
WAQMORF geeft op basis van WAQUA resultaten een inschatting van het effect op de gemiddelde bodemligging door een lokale ingreep, rekening houdend met een gemiddelde seizoensvariatie in de afvoer [ref. 4]. Het resultaat is een indicatie van grootte en plaats van bodemliggingseffecten die zich voldoende lange tijd na aanleg van de ingreep kunnen ontwikkelen. Na het succesvol doorlopen van de vragen berekent WAQMORF de minimale, maximale, en jaargemiddelde verandering van de evenwichtsbodemligging. Deze veranderingen van de evenwichtsbodemligging worden vervolgens in combinatie met waterdieptekaarten beoordeeld op effecten op de waterdiepte in de vaargeul.

#### Evenwichtsbodemligging

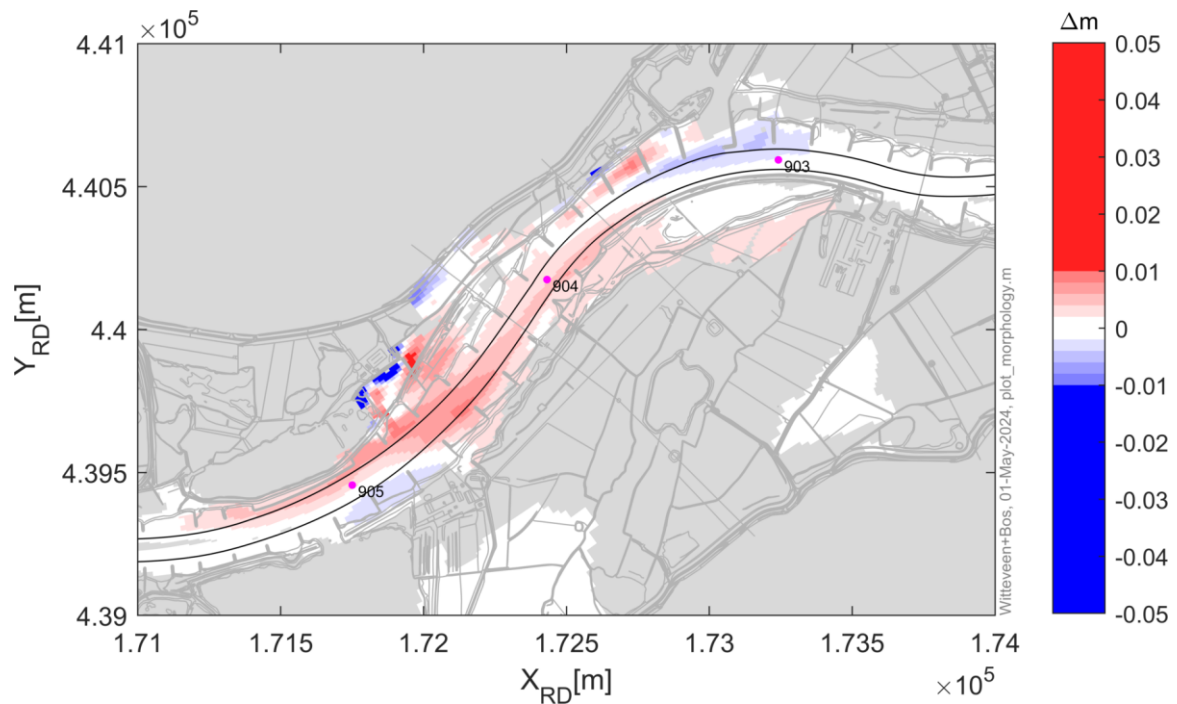
De berekende jaargemiddelde bodemveranderingen zijn weergegeven in afbeelding 5.22 en afbeelding 5.23. De effecten op de evenwichtsbodemligging na laag water en na hoog water zijn opgenomen in bijlage XI.

Door de onttrekking van afvoer uit het zomerbed ontstaat er sedimentatie in de vaargeul. De effecten in de vaargeul zijn kleiner dan 10 mm. In de buitenbocht tussen rivierkilometer 904 en 905 treedt het grootste effect op van 8 - 10 mm.

Afbeelding 5.22 Jaargemiddelde veranderingen van de evenwichtsbodemligging (GD\_OL3c, Q=8.000 m<sup>3</sup>/s)



Afbeelding 5.23 Jaargemiddelde veranderingen van de evenwichtsbodemligging (GD\_OL3c, Q=10.000 m<sup>3</sup>/s)



### Waterdiepte ten opzichte van scheepvaartnormen

Of de bodemveranderingen problemen veroorzaken met betrekking tot de beschikbare vaardiepte voor binnenvaart, kan worden mede bepaald aan de hand van de waterdieptekaart (afbeelding 3.3). Hieruit volgt dat de locatie geen ondiepe locatie (MODV, meest ondiepe delen van de vaarweg) betreft, en de waterdiepte in het grootste gedeelte van het projectgebied ruim voldoet. Wel zijn er enkele ondieptes in de binnenbocht ter hoogte van rkm 905.

Het project leidt nergens tot jaargemiddelde effecten groter dan 10 mm. Ook is de waterdiepte ruim voldoende op de locaties waar het grootste effect optreedt. De morfologische effecten van de variant zijn daarmee acceptabel.

### Conclusie

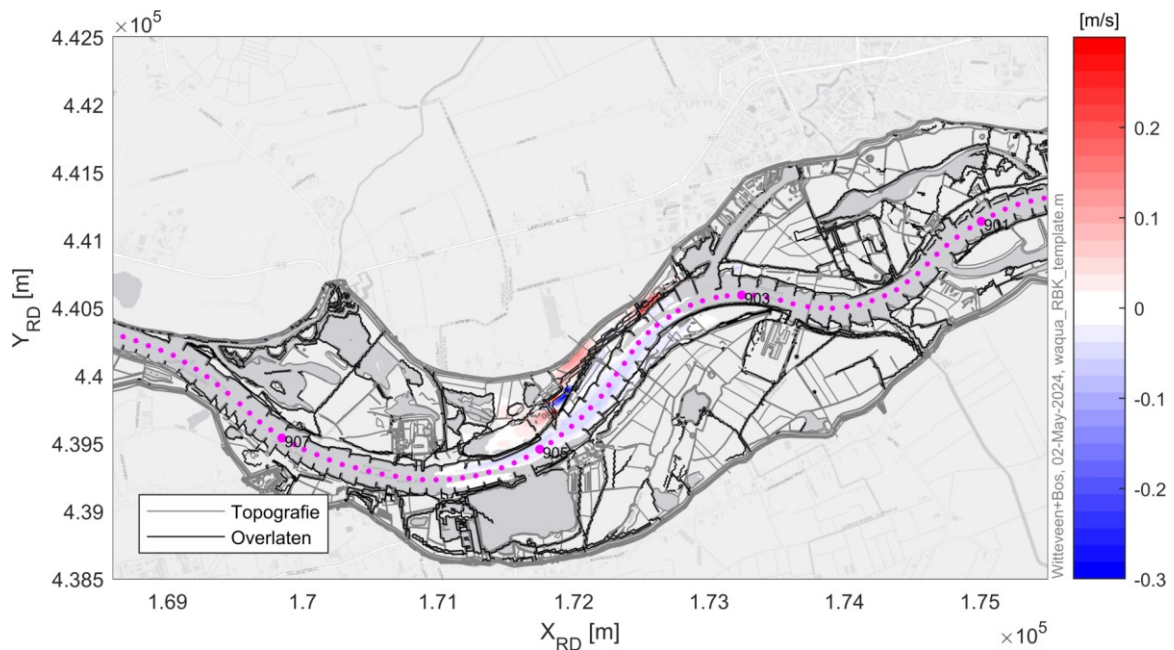
De variant voldoet aan de eisen gesteld in het RBK.

### 5.9.3 Verandering morfologie van het winterbed

Morfologische effecten in het winterbed worden kwalitatief bepaald aan de hand van het (maatgevende) stroombeeld bij 8.000 m<sup>3</sup>/s. Met name ter plaatse van de uitstroomlocatie neemt de stroomsnelheid toe. Hier worden stroomsnelheden rond de 0,3 m/s waargenomen. Dit kan effecten hebben op de stabiliteit van de oevers en de bodem. Hier is rekening mee gehouden bij het ontwerp van oever- en bodembescherming rondom de uitstroomopening van de KRW-geul. Bij de uitstroomopening is tevens rekening gehouden met zuiging en golfslag van passerende scheepvaart.

Doordat de KRW-geul een eenzijdig aangetakte geul is die alleen meestroomt bij hoge afvoeren, is de instroom van sediment en daarmee de sedimentatie beperkt. Wel is er enige aanslibbing in de KRW-geul mogelijk: tijdens het stijgen van de waterstand op de Nederrijn kan slibrijk water de KRW-geul instromen. Dit slib zakt uit in de KRW-geul. Bij dalende waterstanden stroomt slibarm water de KRW-geul uit (mede gebaseerd op [ref. 9]).

Afbeelding 5.24 Verschillen in stroomsnelheid ten opzichte van de referentiesituatie bij 8.000 m<sup>3</sup>/s (GD\_OL3c)



### Conclusie

Bij de uitstroomopening van de KRW-geul is oever- en bodembescherming voorzien.

Sedimentatie van de KRW-geul is naar verwachting beperkt.



# 6

## CONCLUSIES

De bevindingen uit dit rapport zijn in de volgende tabellen samengevat en uitgezet tegen de eisen die worden gesteld in het Rivierkundig Beoordelingskader v5.0 [ref. 1]. In de eerste kolom wordt verwezen naar de paragraaf in het RBK. De tweede kolom beschrijft het te beoordelen effect met het bijhorende criterium in de derde kolom. Kolom vier beschrijft het rivierkundige effect ten gevolge van de implementatie van de variant, zoals vastgesteld in deze rapportage. Deze bevindingen zijn gebaseerd op varianten GD\_OL3c, op basis van het ontwerp opgesteld in de planuitwerking [ref. 6], [ref. 11], [ref. 16], [ref. 17], [ref. 18]. Kolom vijf verwijst naar de desbetreffende paragraaf in dit rapport. De laatste twee kolommen geven de conclusie per eis per variant weer.

Tabel 6.1 Toetsing variant GD\_OL3c op hoogwaterveiligheid op criteria uit RBK

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraafnummer	Conclusie
1.1	maatregel in stroomvoerend deel rivier: HWR stand op de as van de rivier	stroomvoerend: geen waterstandsverhoging (bij 16.000 m <sup>3</sup> /s Boven-Rijn)	de benedenstroomse opstuwning is groter dan 1 mm; door bovenstroomse waterstandsvaling is er echter sprake van een ruime netto waterstandsverlaging	5.1	voldoet door toepassing van zaagtand benadering en Bgr artikel 7 lid 1c, lid 2 en lid 3
1.2	HWR stand buiten as van de rivier	toename waterstand (bij 16.000 m <sup>3</sup> /s Boven-Rijn)	opstuwning langs primaire kering moet worden afgestemd met beheerder van de waterkering (waterschap Vallei en Veluwe)	5.2	
1.3	afvoerverdeling bij HWR (bij IJssel kop)	project binnen enkele km splitsing: verandering afvoerverdeling <5 m <sup>3</sup> /s bij Boven-Rijn afvoer van 16.000 m <sup>3</sup> /s	geen significante effecten	5.3	voldoet
1.4	afvoerverdeling bij normaal hoogwater IJsselkop)	verandering afvoerverdeling < 20 m <sup>3</sup> /s bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m <sup>3</sup> /s	geen significante effecten	5.3	voldoet
1,5	ijsafvoer	een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven	geen risico's	5.4	voldoet

Tabel 6.2 Toetsing variant GD\_OL3c op hinder of schade door hydraulische effecten

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraafnummer	Conclusie
2.1	waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard	verandering waterstanden en/of inundatiefrequentie bij afvoeren die afhankelijk zijn van lokale omstandigheden. Standaard is Boven-Rijn afvoer van 16.000 m <sup>3</sup> /s	inundatiefrequentie verandering in uiterwaard door KRW-geul van één per 3,5 jaar tot enkele dagen per jaar. Dit is onderdeel van de herinrichting van deze uiterwaard.	5.5	voldoet
2.2	stroombeeld in de uiterwaard	verandering grootte en richting stroomsnelheden	de stroomsnelheden nemen toe met maximaal 0,2 m/s aan de bovenstroomse zijde van de geul en met maximaal 0,15 m/s rondom de uitstroomopening.	5.6	voldoet
2.3	stroombeeld in hoofdgeul bij de aan- en aftakking van nevengeul	bankfull afvoer nevengeul <50 m <sup>3</sup> /s: dwarsstroming vaarweg ≤0,3 m/s bankfull afvoer nevengeul >50 m <sup>3</sup> /s: dwarsstroming vaarweg ≤0,15 m/s	Ter hoogte van de uitstroom van de Blauwe Kamer treedt een overschrijding op van het dwarsstromingscriterium bij Q = 6.000 m <sup>3</sup> /s. Dit wordt echter niet veroorzaakt door de projectmaatregelen, maar lijkt een numerieke oorzaak te hebben. Ter plaatse van de uitstroomopening van de KRW-geul neemt de dwarsstroming lokaal toe, maar binnen de eisen gesteld in het RBK.	5.7	voldoet
2.4	afvoerverdeling bij normaal hoogwater	verandering afvoerverdeling bij boven-Rijn afvoer van 10.000 m <sup>3</sup> /s	geen significante effecten	5.3	voldoet
2.5	afvoerverdeling bij lage afvoeren	afwijking afvoerverdeling <1 m <sup>3</sup> /s bij Boven-Rijn afvoer van 1.020 m <sup>3</sup> /s (OLA)	geen significante effecten	5.8	voldoet

Tabel 6.3 Toetsing variant GD\_OL3c op morfologische effecten

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf-nummer	Conclusie
3.1	aanzanding en erosie van het zomerbed (+ oevers)	<p>bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- geen verlaging gemiddelde bodemligging</li> <li>- geen oevererosie</li> <li>- beperkte ontgroning bij constructies per hoogwater</li> <li>- geen erosie ter hoogte van kabels, leidingen en tunnels met een te kleine gronddekking</li> </ul> <p>bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- geen sedimentatie in vaargeul conform BPRW</li> <li>- geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren</li> <li>- geen verhoging MHW op lange termijn</li> </ul> <p>in het algemeen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten en behouden veiligheid scheepvaartverkeer;</li> <li>- geen onacceptabele terugschrijdende erosie of sedimentatie i.v.m. risico verandering afvoerdeling bij MHW of OLA</li> </ul>	de morfologische effecten in de vaargeul zijn beperkt (toename van de bodemhoogte < 10 mm). Op de plekken waar sedimentatie zal plaatsvinden, is ruim voldoende waterdiepte aanwezig.	5.9.2	voldoet
3.2	aanzanding en erosie van uiterwaard	<p>bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten</li> </ul>	<p>de beperkte toe- en afname in stroomsnelheid in de Plasserwaard zal lokaal leiden tot erosie en sedimentatie.</p> <p>Sedimentatie van de KRW-geul is naar verwachting beperkt.</p>	5.9.3	voldoet, geanticipeerd in het ontwerp



Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf-nummer	Conclusie
		bij erosie: <ul style="list-style-type: none"> <li>- geen ongewenste zijdelingse verplaatsing van de nevengeul</li> <li>- stroomsnelheid nevengeul bankfull &lt;0,3 m/s; geen bodemerosie langs waterkering;</li> <li>- geen bodemerosie langs primaire waterkering;</li> <li>- stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard niet verminderen</li> </ul>	Oever- en bodembescherming ter hoogte van de uitstroomopening van de KRW-geul is noodzakelijk geacht en is ook voorzien in het ontwerp [ref. 11]		

# 7

## REFERENTIES

- [ref. 1] Rivierkundig beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren. Versie 5.0, Rijkswaterstaat, d.d. 4 juni 2019.
- [ref. 2] Rijkswaterstaat (2020). Richtlijn Morfologische effectbepaling binnen RWS ON. Rijkswaterstaat Oost-Nederland, afdeling NOV, definitief versie v1.1 d.d. 25 september 2020.
- [ref. 3] Rijkswaterstaat NOV (2018). Betrekkingslijnen Pannerdensch kanaal, Neder-Rijn en Lek 2018. Versie d.d. 30 juli 2019.
- [ref. 4] Sieben (2011). Methodiek inschatting morfologische effecten in het zomerbed door lokale rivieringrepen.
- [ref. 5] Witteveen+Bos (2022). Impactanalyse - herberekening VKA rivierkunde. Witteveen+Bos, versie definitief, 28 juni 2022.
- [ref. 6] Witteveen+Bos (2023). Ontwerpnota Dijk. Witteveen+Bos, versie definitief, 26 april 2024, 124281-2.2/24-006.174.
- [ref. 7] Lievense, Effectbeoordeling VKA rivierkunde - Verkenning Grebbedijk, Lievense. November 2019, documentnummer 17M3041-N-065-v4.
- [ref. 8] Witteveen+Bos (2023). Verkenning ontstening rechteroever Nederrijn. Witteveen+Bos, versie concept, 15 februari 2023.
- [ref. 9] Rijkswaterstaat (2010). Handreiking sedimentbeheer nevengeulen, versie definitief, 8 februari 2010.
- [ref. 10] Rijkswaterstaat (2020). Morfologische ontwikkeling van nevengeulen.
- [ref. 11] Witteveen+Bos (2024). Ontwerpnota gebiedsambitie geulgebied, versie concept 02 (ten tijde van oplevering van voorliggende rapportage nog in bewerking).
- [ref. 12] Witteveen+Bos (2023). Rivierkundige effectenbeoordeling. Witteveen+Bos, versie concept 01, 17 februari 2023, 124281/23-003.066.
- [ref. 13] Witteveen+Bos (2024). Rivierkundige effectenbeoordeling. Witteveen+Bos, versie concept 01, 12 januari 2024, 124281-2.4/24-000.369.
- [ref. 14] Hoogwaterbeschermingsprogramma (2018). Dijkversterkingen langs de grote rivieren - Redeneerlijn buitendijks (rivierwaarts) versterken). HWBP, versie maart 2018.
- [ref. 15] Witteveen+Bos (2024). Motivering en overwegingen ontwerp - Projectbesluit Grebbedijk, versie concept 01, 29 maart 2024, 124281-3.1/24-004.629.
- [ref. 16] Witteveen+Bos (2024). Ontwerpnota gebiedsambitie kamsalamanderleefgebied, versie concept 01, 25 april 2024, 124281-2.1/24-005.620.
- [ref. 17] Witteveen+Bos (2024). Ontwerpnota gebiedsambitie EVZ, versie concept 01, 25 april 2024, 124281-2.1/24-006.103.
- [ref. 18] Witteveen+Bos (2024). Memo gebiedsambitie oobos en kruiden- en faunairijk grasland, versie concept 01, 25 april 2024, 124281-2.1/24-006.111.

Bijlage(n)

## BIJLAGE: MAATREGELEN OPGENOMEN IN DE REFERENTIE (BASELINE)

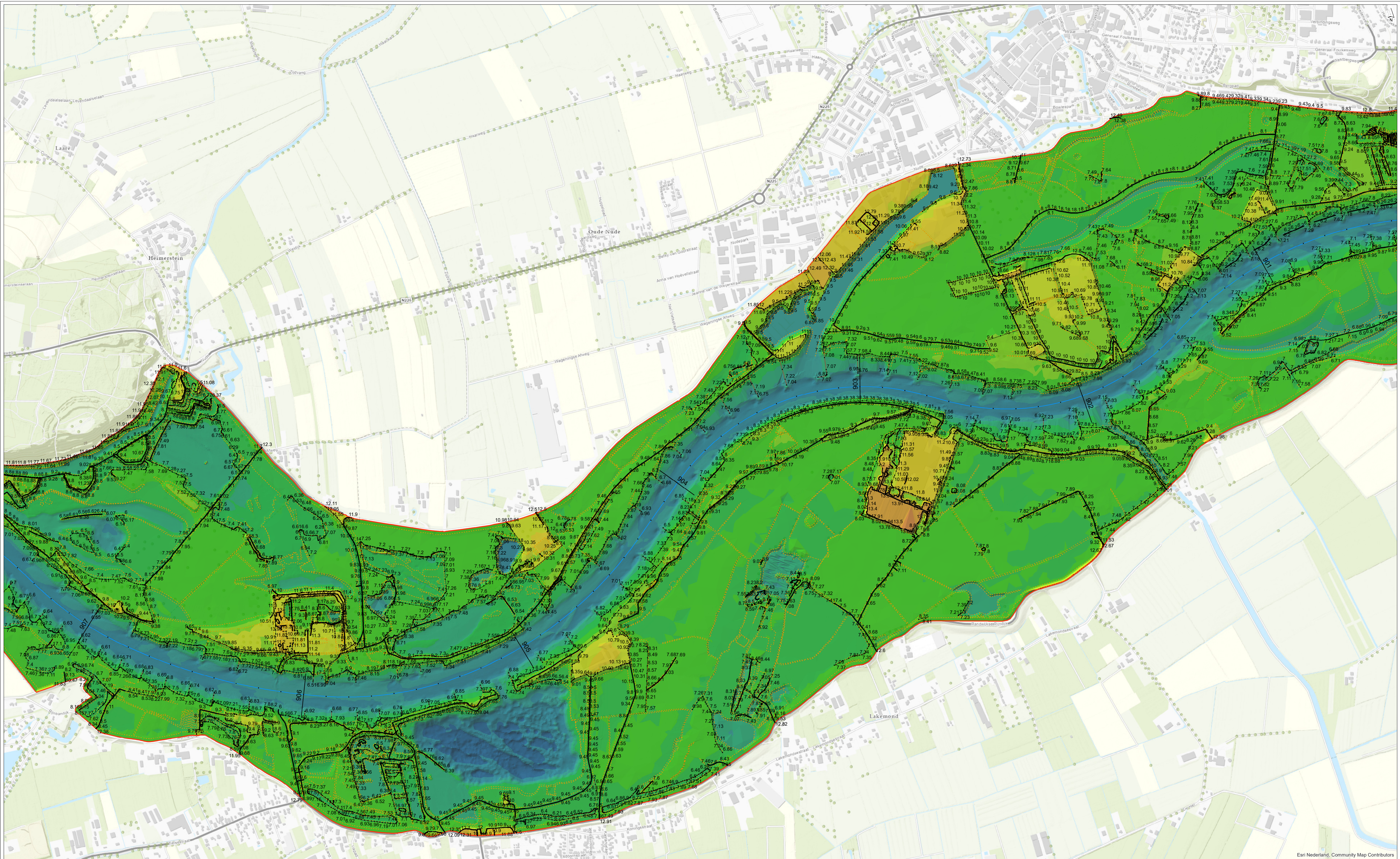
../maatregelen/nr\_grebrf\_a1  
../maatregelen/nr\_manesrf\_a1  
../maatregelen/nr\_manesw\_a1  
../maatregelen/nr\_manesrf\_b1  
../maatregelen/nr\_manesw\_b1  
../maatregelen/nr\_manesrf\_c1  
../maatregelen/nr\_grebrf\_b1  
../maatregelen/nr\_wolfsw\_a1  
../maatregelen/nr\_wolfsw\_v01  
../maatregelen/nr\_wagebw\_v02  
../maatregelen/nr\_wagebw\_v03  
../maatregelen/nr\_wagebw\_v04  
../maatregelen/nr\_wagebw\_v05  
../maatregelen/nr\_wagebw\_v06  
../maatregelen/nr\_rhenbw\_v01  
../maatregelen/nr\_rhenbw\_v02  
../maatregelen/nr\_rhenbw\_v03  
../maatregelen/nr\_rhenbw\_v04  
../maatregelen/nr\_rhenbw\_v05  
../maatregelen/nr\_manesw\_v01  
../maatregelen/nr\_manesw\_v02  
../maatregelen/nr\_manesw\_v03  
../maatregelen/nr\_manesw\_v04  
../maatregelen/nr\_manesw\_v05  
../maatregelen/nr\_manesw\_v06  
../maatregelen/nr\_manesw\_v07





## BIJLAGE: BODEMKAART BASELINE REFERENTIE





Eari Nederland, Community Map Contributors

• overlaten_events	— rivierkilometer_lijnen	12,058 - 12,996	12,058 - 12,996	—12,712 - -4,354	-12,712 - -4,354
<b>overlatten_routes</b>	— rivierassen	11,132 - 12,058	11,132 - 12,058	—22,68 - -12,712	-22,68 - -12,712
<b>TYPE</b>	<b>bodemhoogte</b>	10,077 - 11,132	10,077 - 11,132		
— krib (1)	Window Size: 0.000	8,782 - 10,077	8,782 - 10,077		
— kade (2)	<b>Elevation</b>	7,044 - 8,782	7,044 - 8,782		
— hverschil (3)	21,122 - 40,24	5,073 - 7,044	5,073 - 7,044		
— breuklijnen_routes	15,81 - 21,122	3,24 - 5,073	3,24 - 5,073		
— bandlijnen_routes	14,107 - 15,81	1,144 - 3,24	1,144 - 3,24		
• rivierkilometer_punten	12,996 - 14,107	-4,354 - 1,144	-4,354 - 1,144		

getekend: ing. C.Y. Vredevoort  
gecontroleerd:  
goedgekeurd:  
versie: concept 1  
datum: 23-06-2022  
tekeningnr: 0

formaat: A1 liggend  
schaal: 1:7500

**Planuitwerking Grebbedijk**

**Referentie Bodemhoogte**

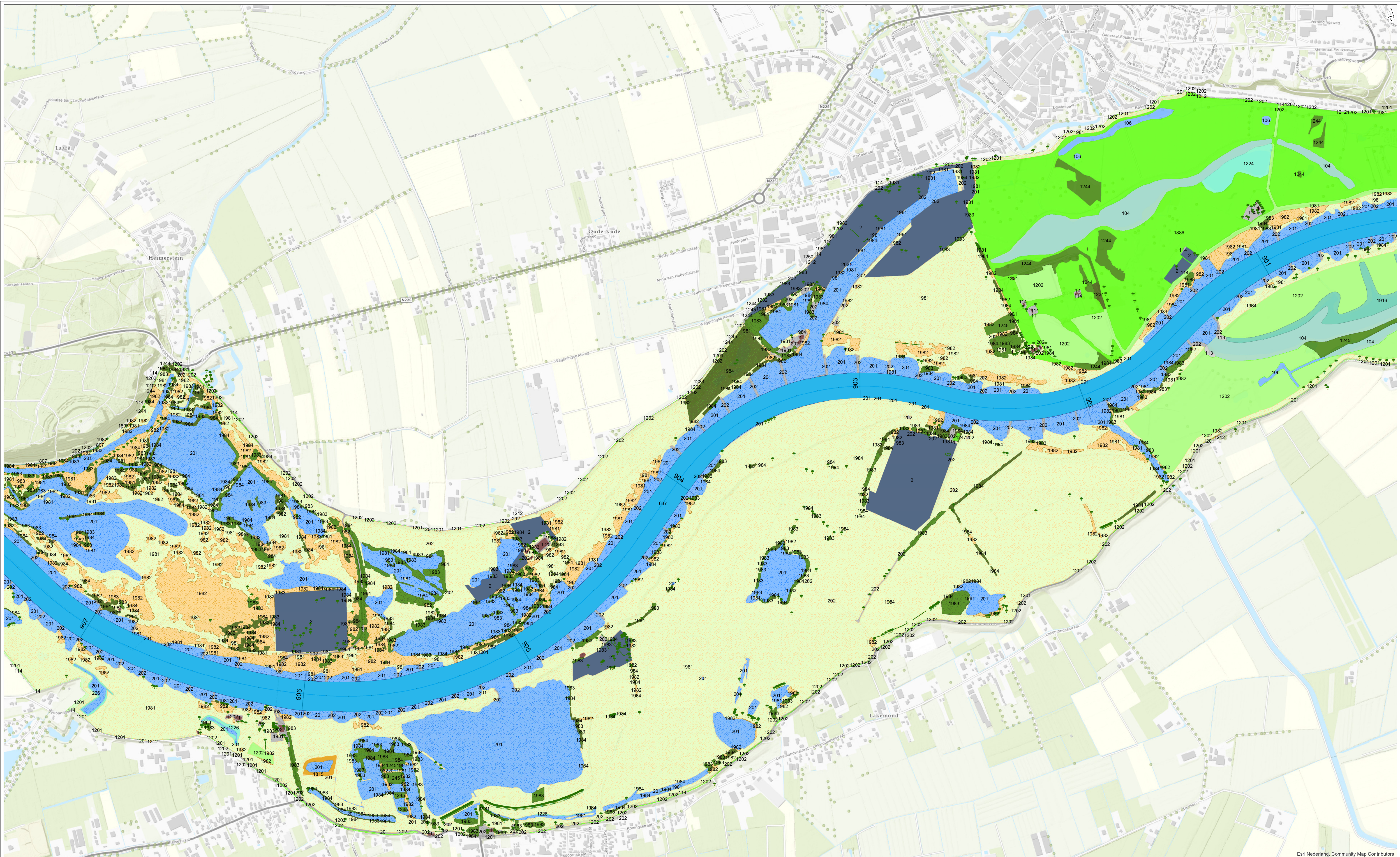
opdrachtgever: Planuitwerking Grebbedijk  
projectnaam: Planuitwerking Grebbedijk  
projectcode: 124281





## BIJLAGE: RUWHEIDSKAART BASELINE REFERENTIE





Eari Nederland, Community Map Contributors

<ul style="list-style-type: none"> <li>ruwheid_punten</li> <li>ruwheid_lijnen</li> </ul> <p><b>ruwheid_vlakken</b></p> <p><b>RUWHEIDSCODE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bebouwing/hoogwaterrijf terrein</li> <li>Bebouwd/verhard terrein</li> <li>Steenbekleding</li> <li>Zomerbed</li> <li>Plas/haven/slikkige oever</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Strang</li> <li>Productiegrasland</li> <li>Natuurlijk grasland/hoiland</li> <li>Verruigd grasland</li> <li>Boomgaard</li> <li>Ooibos</li> <li>Struweel/griend</li> <li>Pioniersvegetatie</li> <li>Riet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruigte</li> <li>Natte vegetatie homogeen</li> <li>Natte vegetatie met 25% water</li> <li>Vegetatielegger, water</li> <li>Vegetatielegger, verhard</li> <li>Vegetatielegger, gras en akker</li> <li>Vegetatielegger, riet en ruigte</li> <li>Vegetatielegger, bos</li> <li>Vegetatielegger, struweel</li> </ul>	<p><b>hoogwaterrijf_vlakken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Niet gespecificeerd</li> </ul> <p><b>Kenmerk</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>hwatvrij</li> <li>rivierkilometer_punten</li> <li>rivierkilometer_lijnen</li> <li>rivierassen</li> </ul>
---	--	---	---

getekend: ing. C.Y. Vredevoort  
gecontroleerd:  
goedgekeurd:  
versie: concept 1  
datum: 23-06-2022  
tekeningnr: 0

formaat: A1 liggend  
schaal: 1:7500

**Planuitwerking Grebbedijk**

**Referentie Ruwheid**

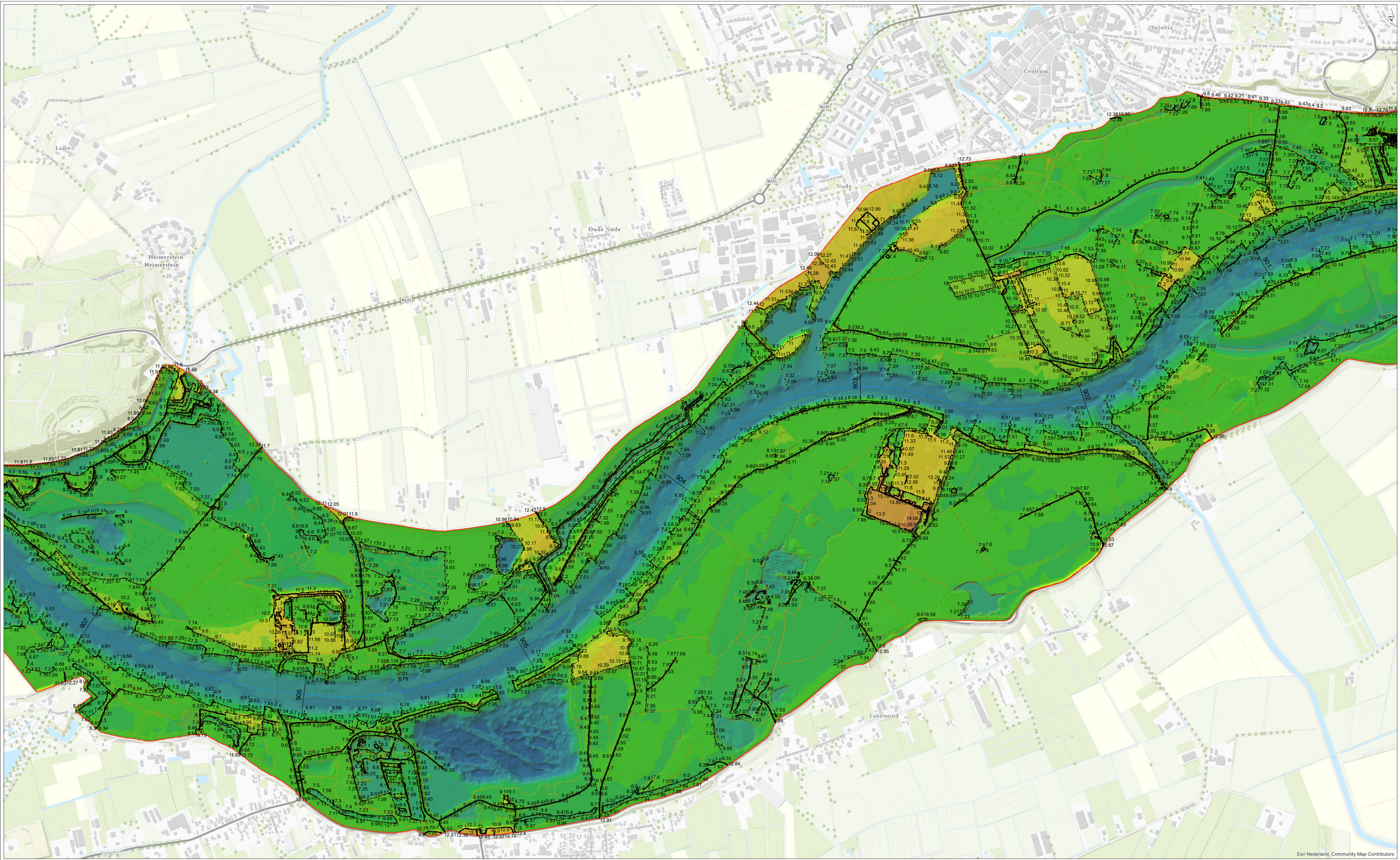
opdrachtgever: Planuitwerking Grebbedijk  
projectnaam: Planuitwerking Grebbedijk  
projectcode: 124281



# IV

## BIJLAGE: BODEMKAART BASELINE VARIANT





overlaten_events	—	12,058 - 12,996	12,058 - 12,996	—	-12,712 - -4,354	-12,712 - -4,354
overlaten_routes	—	11,132 - 12,058	11,132 - 12,058	—	-22,68 - -12,712	-22,68 - -12,712
TYPE		10,077 - 11,132	10,077 - 11,132			
—	krib (1)	8,782 - 10,077	8,782 - 10,077			
—	kade (2)	7,044 - 8,782	7,044 - 8,782			
—	hverschil (3)	5,073 - 7,044	5,073 - 7,044			
—	breeklijnen_routes	3,24 - 5,073	3,24 - 5,073			
—	bandlijnen_routes	1,144 - 3,24	1,144 - 3,24			
—	rivierkilometer_punten	-4,354 - 1,144	-4,354 - 1,144			

—	Window Size: 0.000	21,122 - 40,24	21,122 - 40,24	—		
—		15,81 - 21,122	15,81 - 21,122	—		
—		14,107 - 15,81	14,107 - 15,81	—		
—		12,996 - 14,107	12,996 - 14,107	—		

getekend: ing. C.Y. Vredevoort  
 gecontroleerd:  
 goedgekeurd:  
 versie: concept 1  
 datum: 30-04-2024  
 tekeningnr: 0

**Planuitwerking Grebbedijk**  
 variant: GD\_OL3c  
**Bodemhoogte**  
 opdrachtgever:  
 projectnaam: Planuitwerking Grebbedijk  
 projectcode: 124281

formaat: A1 liggend  
 schaal: 1:7500

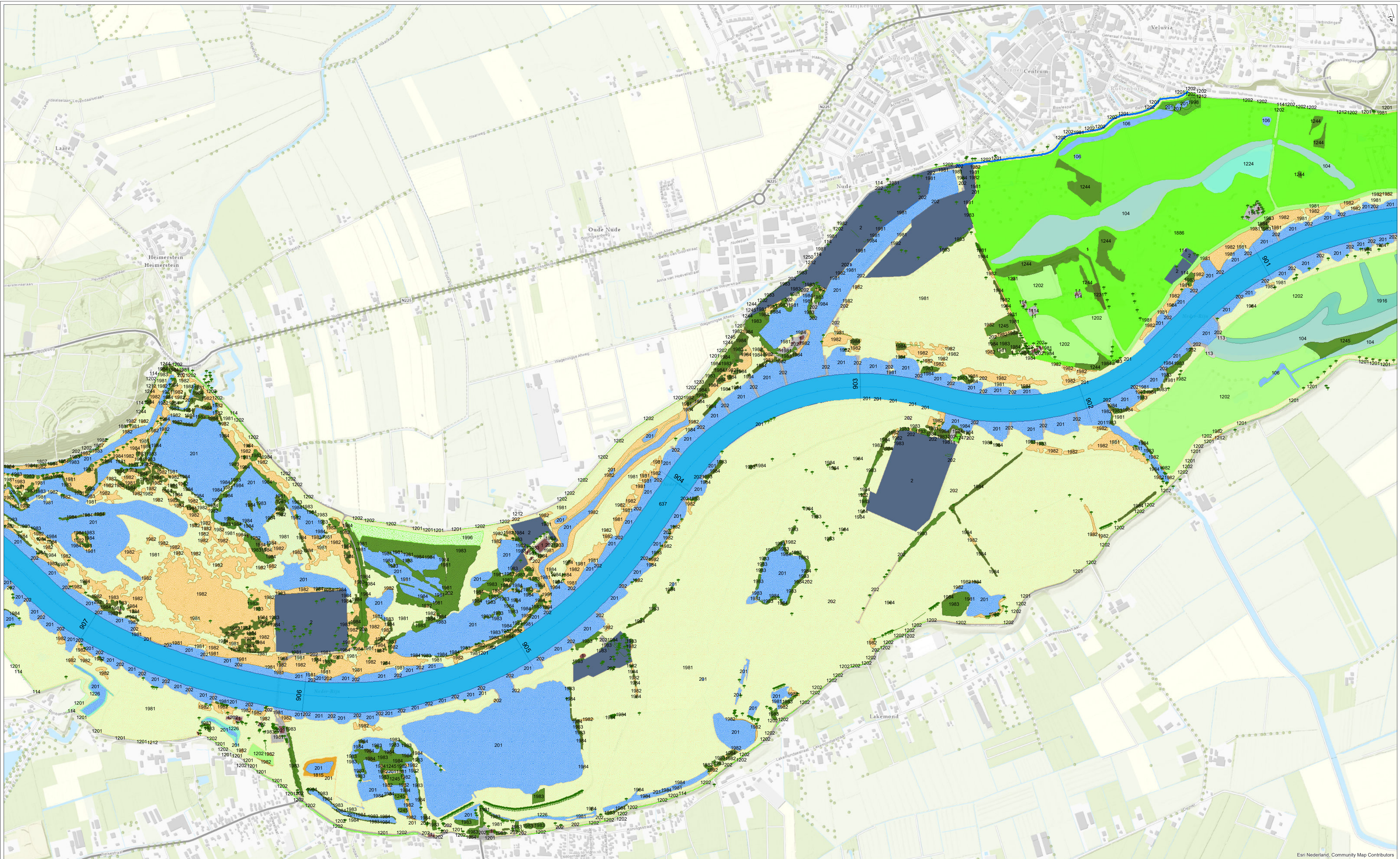
0 100 200 300 400 500 m



V

**BIJLAGE: RUWHEIDSKAART BASELINE VARIANT**





Eari Nederland, Community Map Contributors

<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">—</span> hoogwatervrij_lijnen</li> <li><span style="color: green;">+</span> ruwheid_punten</li> <li><span style="color: green;">—</span> ruwheid_lijnen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: lightblue;">■</span> Plas/haven/slikkige oever</li> <li><span style="color: lightgreen;">■</span> Strang</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> Productiegrasland</li> <li><span style="color: lightyellow;">■</span> Natuurlijk grasland/hooiland</li> <li><span style="color: yellowgreen;">■</span> Verruigd grasland</li> <li><span style="color: green;">■</span> Boomgaard</li> <li><span style="color: darkgreen;">■</span> Ooibos</li> <li><span style="color: darkgreen;">■</span> Struweel/griend</li> <li><span style="color: green;">■</span> Pioniersvegetatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: orange;">■</span> Riet</li> <li><span style="color: yelloworange;">■</span> Ruigte</li> <li><span style="color: cyan;">■</span> Natte vegetatie homogeen</li> <li><span style="color: teal;">■</span> Natte vegetatie met 25% water</li> <li><span style="color: blue;">■</span> Vegetatielegger, water</li> <li><span style="color: grey;">■</span> Vegetatielegger, verhard</li> <li><span style="color: yellowgrey;">■</span> Vegetatielegger, gras en akker</li> <li><span style="color: orangebrown;">■</span> Vegetatielegger, riet en ruigte</li> <li><span style="color: darkgreen;">■</span> Vegetatielegger, bos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: darkgreen;">■</span> Vegetatielegger, struweel</li> <li><span style="color: lightgreen;">■</span> Vegetatielegger, mengklasse 90/10</li> <li><span style="color: green;">■</span> Vegetatielegger, mengklasse 50/50</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">—</span> rivierassen</li> </ul>
<p><b>ruwheid_vlakken</b></p> <p><b>RUWHEIDSCODE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: grey;">■</span> Bebouwing/hoogwatervrij terrein</li> <li><span style="color: grey;">■</span> Bebouwd/verhard terrein</li> <li><span style="color: grey;">■</span> Steenbekleding</li> <li><span style="color: blue;">■</span> Zomerbed</li> </ul>	<p><b>hoogwatervrij_vlakken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">■</span> Niet gespecificeerd</li> <li><span style="color: blue;">■</span> hwatvrij</li> </ul>	<p><b>Kenmerk</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: black;">•</span> rivierkilometer_punten</li> <li><span style="color: black;">—</span> rivierkilometer_lijnen</li> </ul>		

getekend: ing. C.Y. Vredevoort  
gecontroleerd:  
goedgekeurd:  
versie: concept 1  
datum: 30-04-2024  
tekeningnr: 0

formaat: A1 liggend  
schaal: 1:7500

**Planuitwerking Grebbedijk**  
**variant: GD\_OL3c**  
**Ruwheid**

opdrachtgever:  
projectnaam: Planuitwerking Grebbedijk  
projectcode: 124281

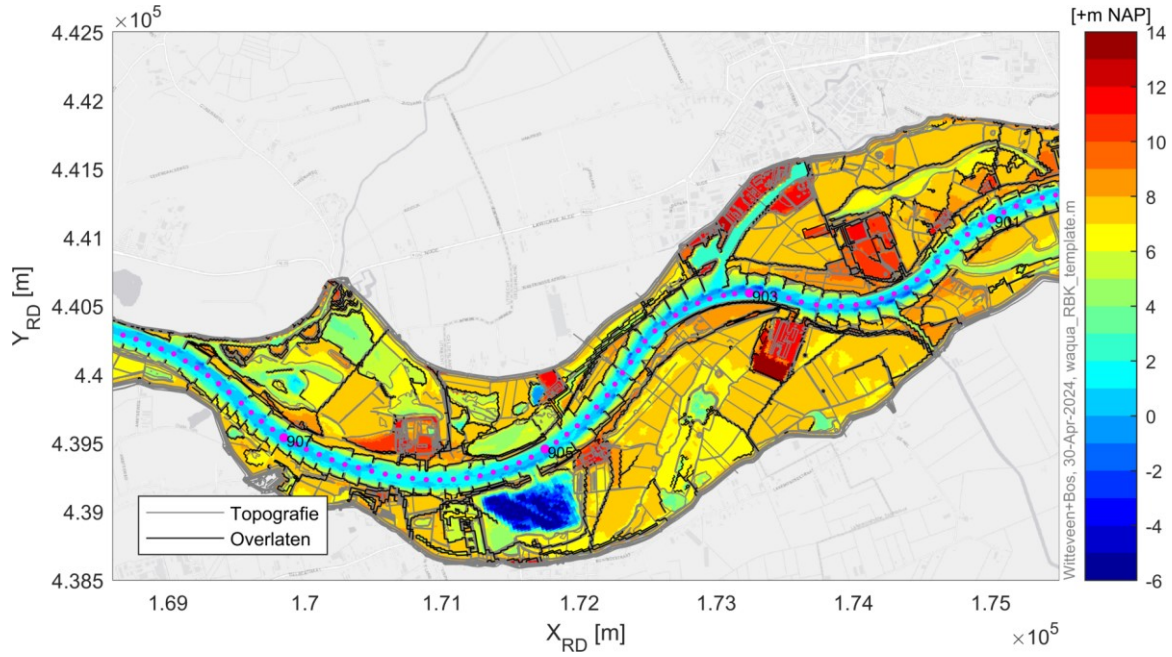


# VI

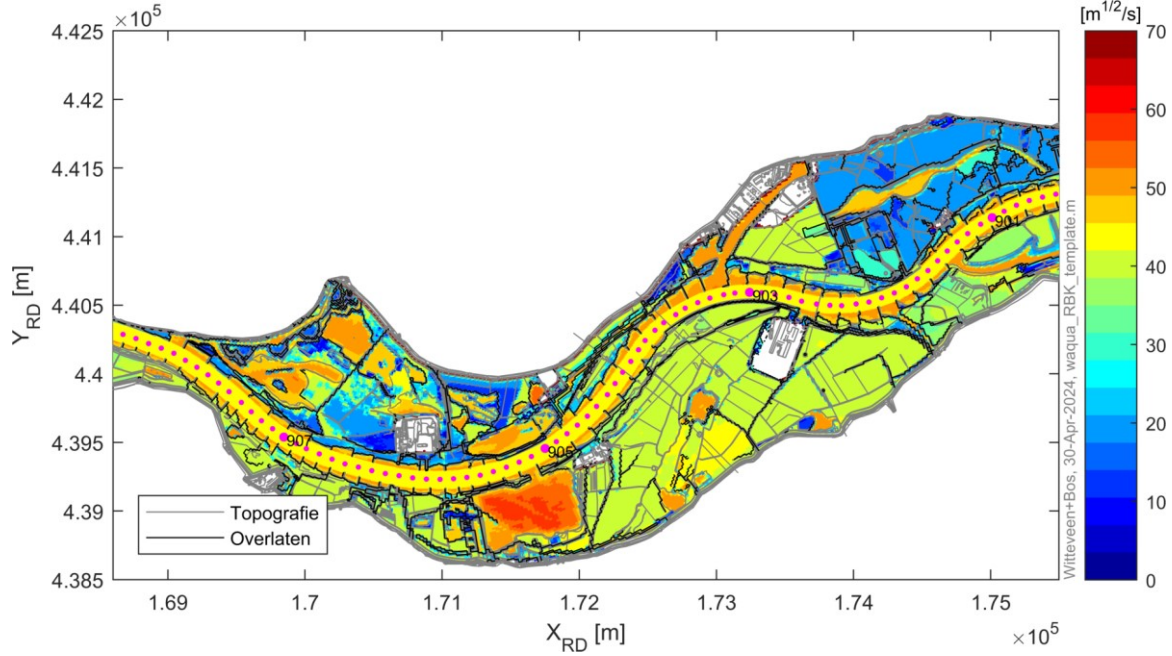
## BIJLAGE: WAQUA-SCHEMATISATIE VARIANT

De bodemschematisatie en de Chezy-ruwheid bij een afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s (Lobith) van het WAQUA model van de variant zijn weergegeven in onderstaande afbeeldingen.

Afbeelding VI.1 Bodemschematisatie WAQUA variant



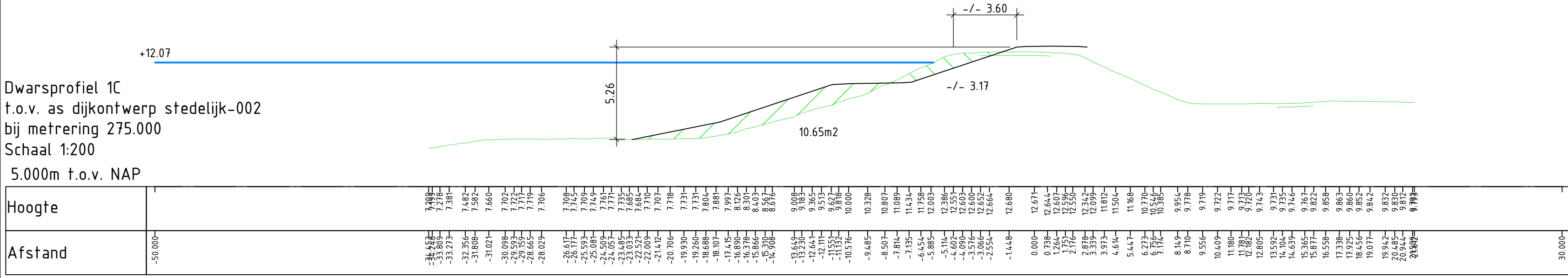
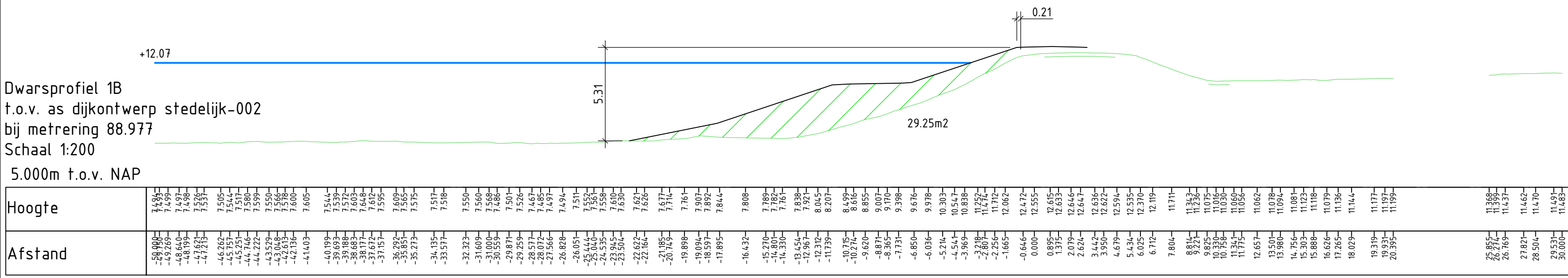
Afbeelding VI.2 Chezy-ruwheid in het model van de variant bij 16.000 m<sup>3</sup>/s



# VII

## BIJLAGE: DIJKPROFIELEN EN FICTIEVE VERSCHUIVING BUITENKRUINLIJN

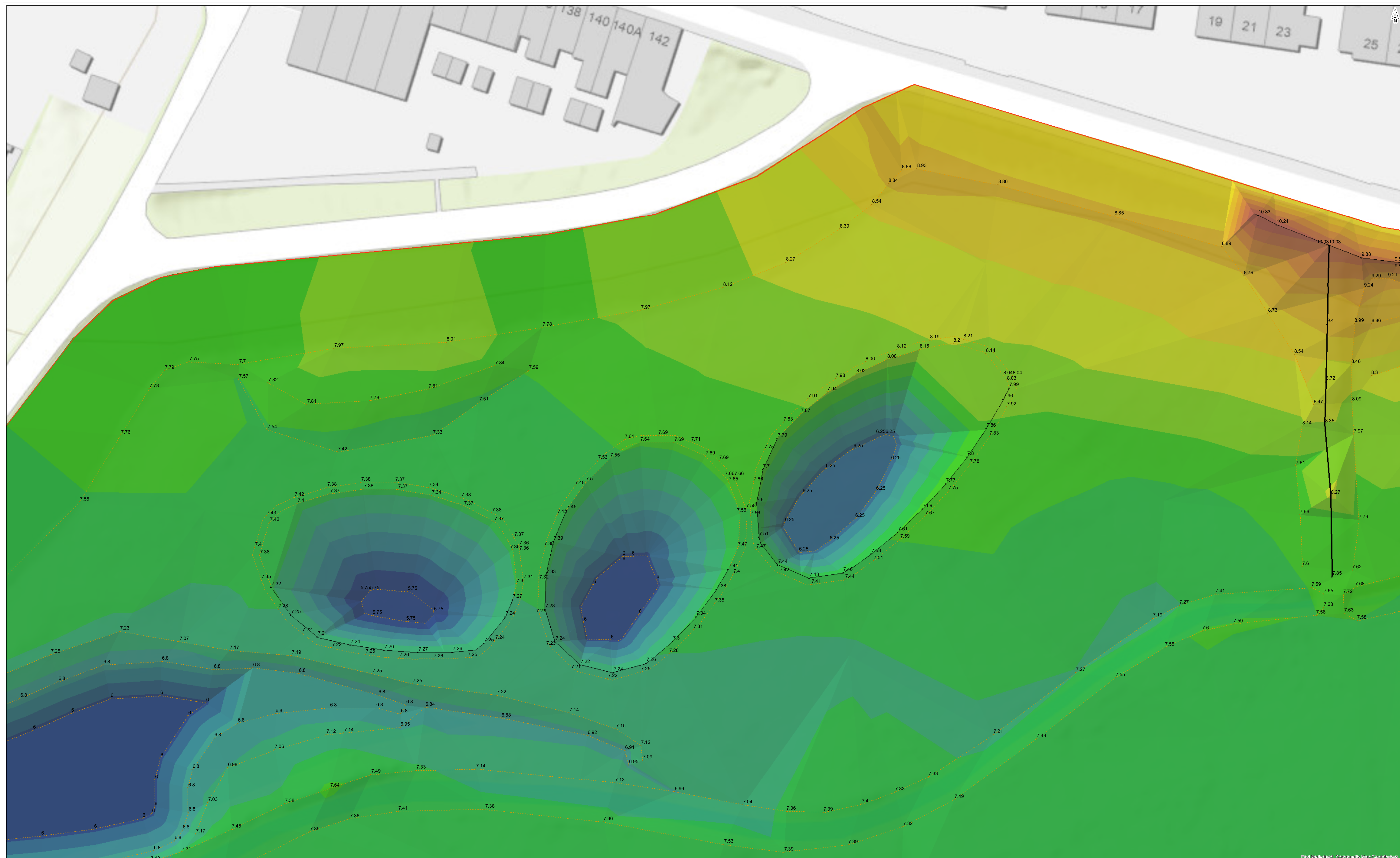
Waterstanden gebaseerd op hydraulische belasting 2050, conform tabel 4.1 ontwerpnotitie kruinhoogte en hydraulische randvoorwaarden





# VIII

## BIJLAGE: BODEMKAART BASELINE VARIANT - DETAIL KAMSALAMANDERPOELEN



• overlaten_events	• rivierkilometer_punten	9.109 - 9.414	12,996 - 14,107	6.361 - 6.666	-4,354 - 1,144
<b>overlatten_routes</b>	— rivierkilometer_lijnen	8.803 - 9.109	12,058 - 12,996	6.055 - 6.361	-12,712 - -4,354
<b>TYPE</b>	— rivierassen	8.498 - 8.803	11,132 - 12,058	6.666 - 6.971	-22,68 - -12,712
— krib (1)	<b>bodemhoogte</b>	8.193 - 8.498	10,077 - 11,132		
— kade (2)	Window Size: 0.000	7.887 - 8.193	8,782 - 10,077		
— hverschil (3)	<b>Elevation</b>	7.582 - 7.887	7,044 - 8,782		
• breuklijnen_events	10.025 - 40,24	21,122 - 40,24	5,073 - 7,044		
••• breuklijnen_routes	9.719 - 10.025	15,81 - 21,122	3,24 - 5,073		
— bandlijnen_routes	9.414 - 9.719	14,107 - 15,81	1,144 - 3,24		

getekend: ing. C.Y. Vredevoort  
 gecontroleerd:  
 goedgekeurd:  
 versie: concept 1  
 datum: 30-04-2024  
 tekeningnr: 0

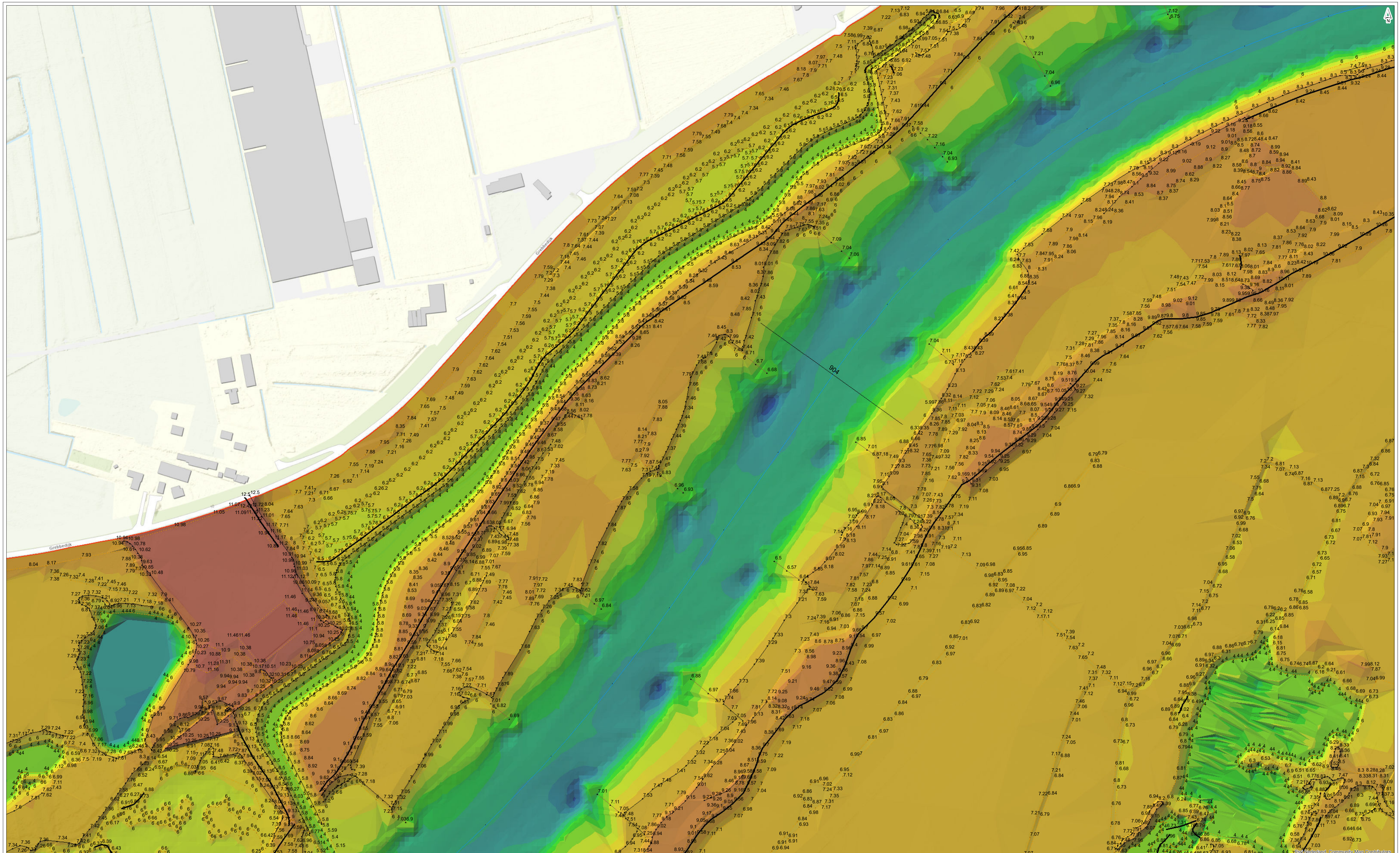
formaat: A1 liggend  
 schaal: 1:250

**Planuitwerking Grebbedijk**  
 variant: GD\_OL3c  
**Bodemhoogte**  
 opdrachtgever:  
 projectnaam: Planuitwerking Grebbedijk  
 projectcode: 124281

# IX

## BIJLAGE: BODEMKAART BASELINE VARIANT - DETAIL KRW-GEUL

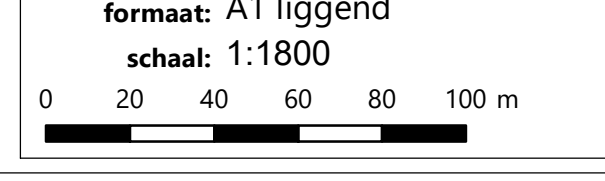




overlaten_routes	rieverkilometer_punten	7.725 - 8.712	12.996 - 14.107	-1.165 - -0.177	-4.354 - -1.144
overlaten_routes	rieverkilometer_lijnen	6.737 - 7.725	12.058 - 12.996	-2.152 - -1.165	-12.712 - -4.354
TYPE	rieverassen	5.749 - 6.737	11.132 - 12.058	-2.268 - -2.152	-22.68 - -12.712
—	krib (1)	<b>bodemhoogte</b>	4.762 - 5.749	10.077 - 11.132	
—	kade (2)	Window Size: 0.000	3.774 - 4.762	8.782 - 10.077	
—	hverschil (3)	<b>Elevation</b>	2.786 - 3.774	7.044 - 8.782	
•	breeklijnen_events	10.688 - 40.24	21.122 - 40.24	1.799 - 2.786	5.073 - 7.044
•••	breeklijnen_routes	9.7 - 10.688	15.81 - 21.122	0.811 - 1.799	3.24 - 5.073
—	bandlijnen_routes	8.712 - 9.7	14.107 - 15.81	-0.177 - 0.811	1.144 - 3.24

getekend: ing. C.Y. Vredevoort  
 gecontroleerd:  
 goedgekeurd:  
 versie: concept 1  
 datum: 30-04-2024  
 tekeningnr: 0  
 formaat: A1 liggend  
 schaal: 1:1800

**Planuitwerking Grebbedijk**  
 variant: GD\_OL3c  
**Bodemhoogte**  
 opdrachtgever:  
 projectnaam: Planuitwerking Grebbedijk  
 projectcode: 124281








## BIJLAGE: KARTERING VEGETATIE OOSTZIJDE PLASSERWAARD





Beeldmateriaal.nl

 vegetatie\_actueel

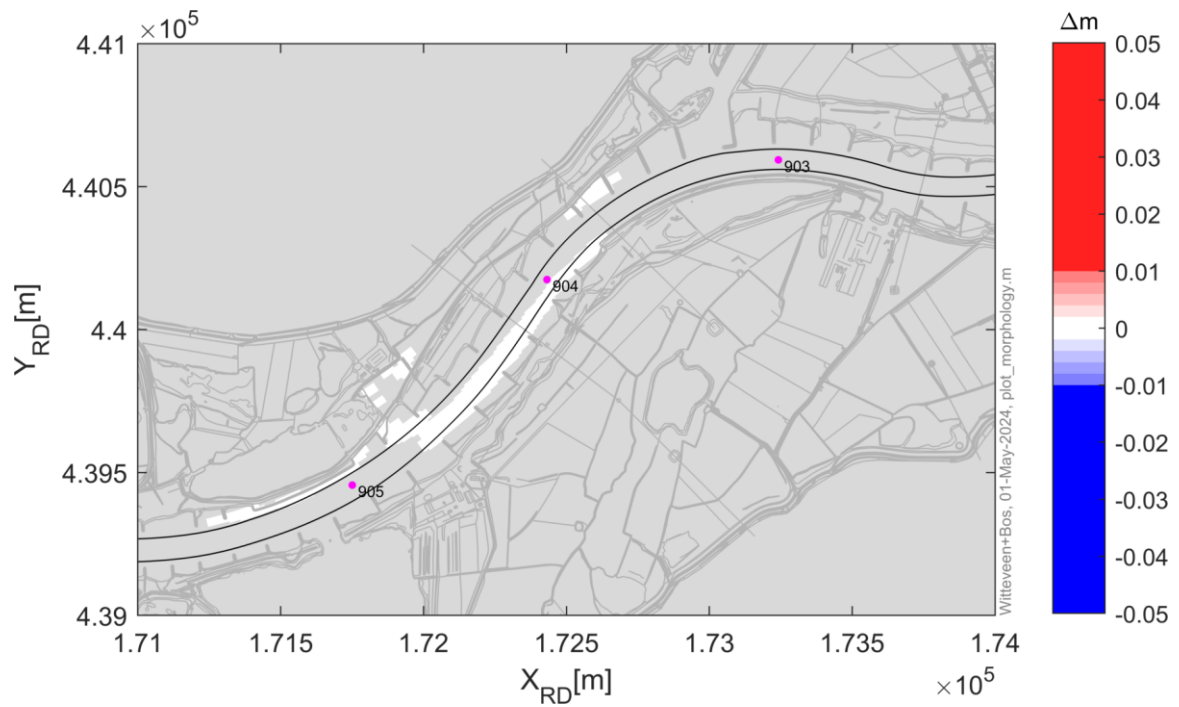
<b>drawn</b> <b>verified</b> <b>approved</b> <b>version</b> 1 <b>date</b> 05-12-2023 <b>drawing no</b> 1	<b>client</b> <b>project</b> <b>project code</b>
<b>page size</b> A3 portrait <b>scale</b> 1:1500 0 10 20 30 40 50 m	



## BIJLAGE: EVENWICHTSBODEMLIGGING NA LAAG WATER EN NA HOOG WATER

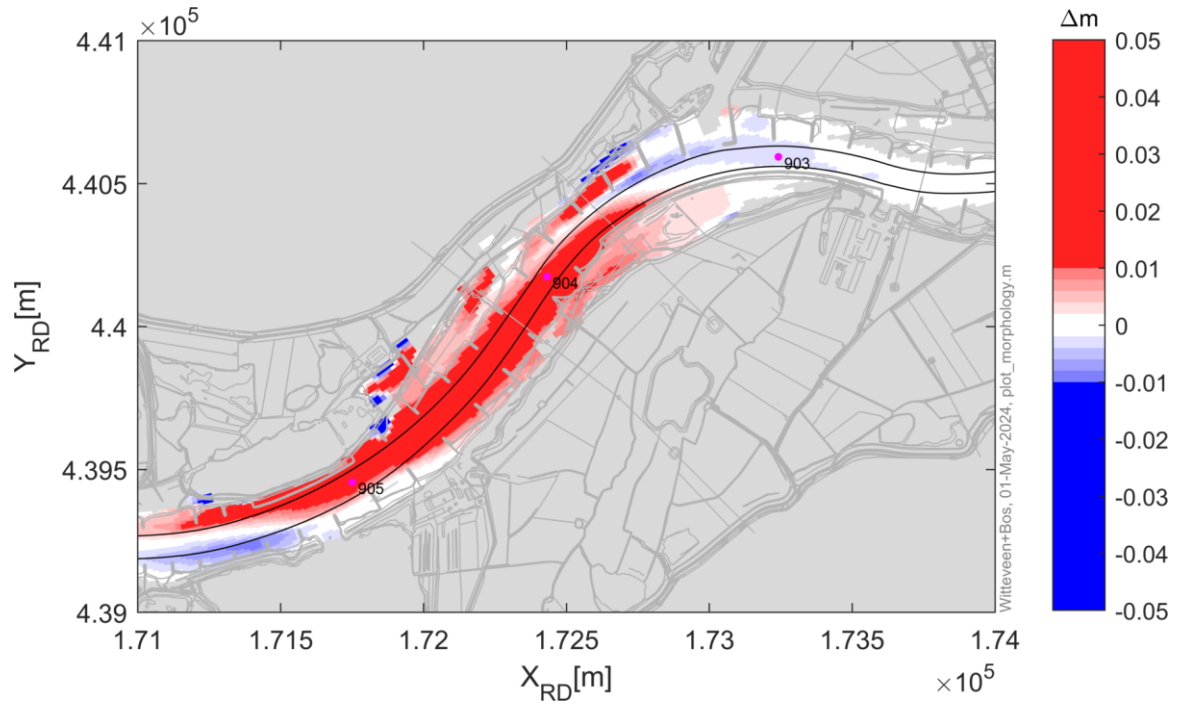
$Q = 8.000 \text{ m}^3/\text{s}$

Afbeelding XI.1 Veranderingen van de evenwichtsbodemligging na laag water (variant GD\_OL3c,  $Q = 8.000 \text{ m}^3/\text{s}$ )



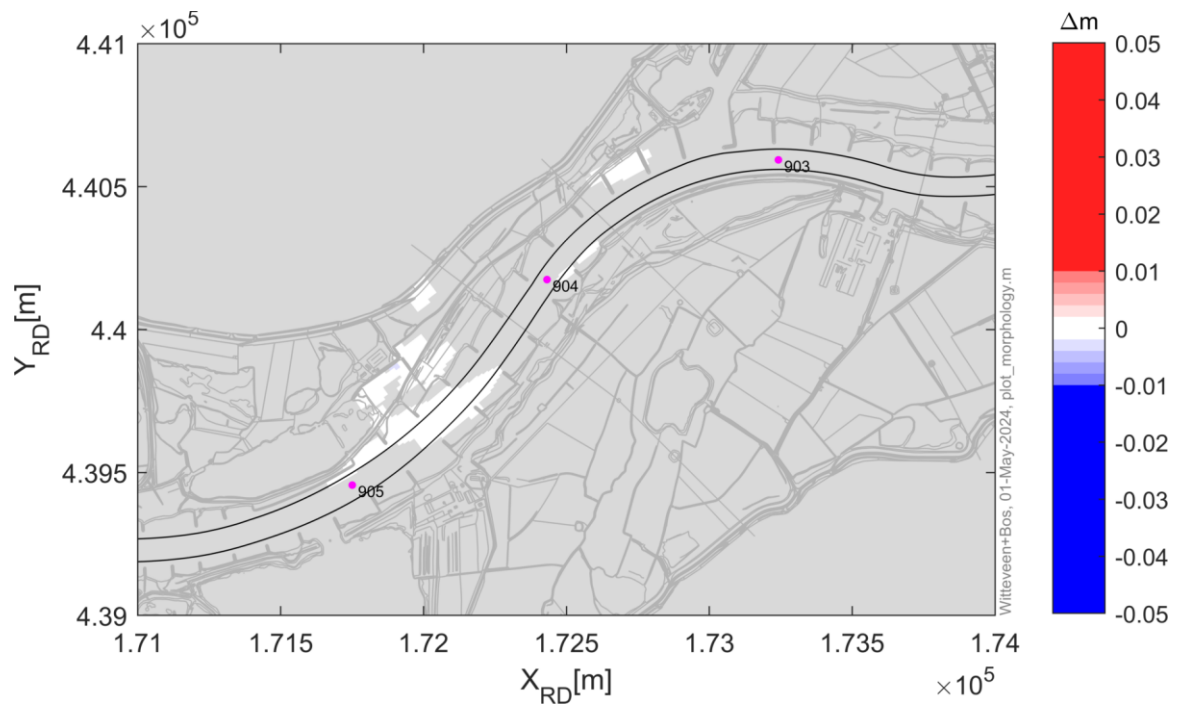


Afbeelding XI.2 Veranderingen van de evenwichtsbodemligging na hoog water (variant GD\_OL3c,  $Q = 8.000 \text{ m}^3/\text{s}$ )



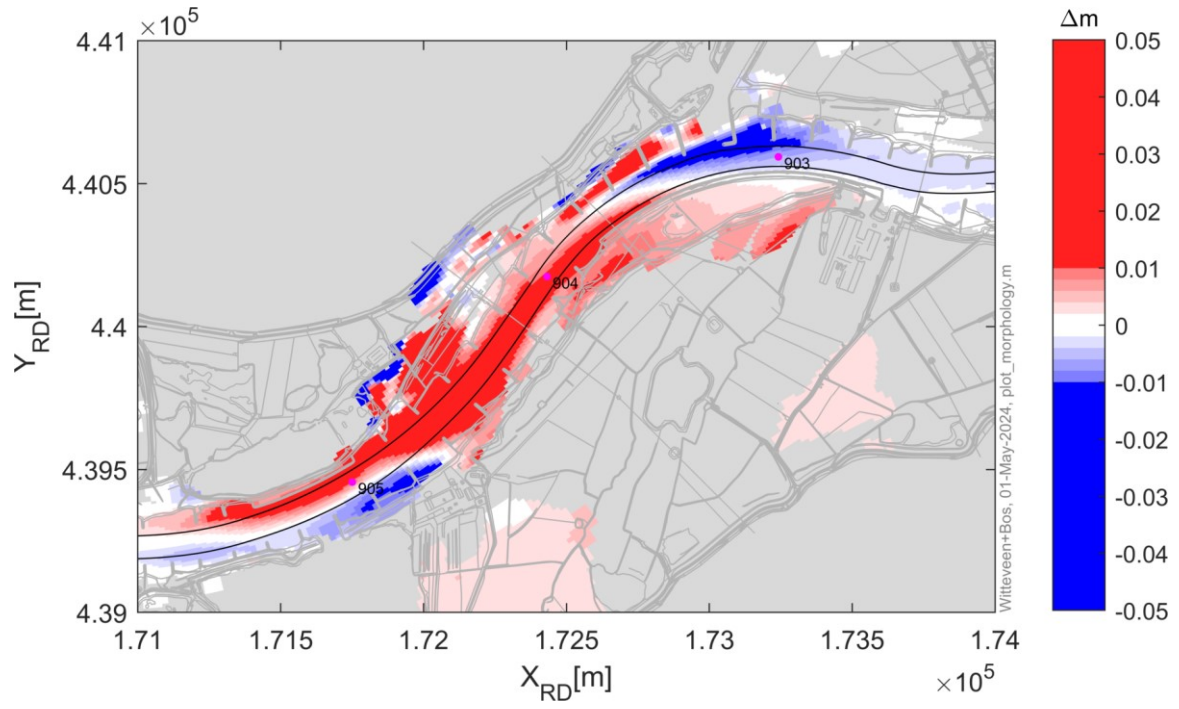
$Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$

Afbeelding XI.3 Veranderingen van de evenwichtsbodemligging na laag water (variant GD\_OL3c,  $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$ )





Afbeelding XI.4 Veranderingen van de evenwichtsbodemligging na hoog water (variant GD\_OL3c,  $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$ )





# XII

## **BIJLAGE: VARIANT GD\_OL3\_DIJK**

De effecten van variant GD\_OL3\_dijk worden in de volgende tabellen beschreven en uitgezet tegen de eisen die worden gesteld in het Rivierkundig Beoordelingskader v5.0 [ref. 1]. In de eerste kolom wordt verwezen naar de paragraaf in het RBK. De tweede kolom beschrijft het te beoordelen effect met het bijhorende criterium in de derde kolom. Kolom vier beschrijft het rivierkundige effect ten gevolge van de implementatie van de variant GD\_OL3\_dijk. De laatste kolom geven de conclusie per eis weer.



Tabel XII.1 Toetsing variant GD\_OL3\_dijk (enkel dijkversterking) op hoogwaterveiligheid

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf-nummer	Conclusie variant GD_OL3_dijk
1.1	maatregel in stroomvoerend deel rivier: HWR stand op de as van de rivier	stroomvoerend: geen waterstandsverhoging (bij 16.000 m <sup>3</sup> /s Boven-Rijn)	de opstuwing bedraagt 0,2 mm en is daarmee kleiner dan 1 mm	5.1	voldoet
1.2	HWR stand buiten as van de rivier	toename waterstand (bij 16.000 m <sup>3</sup> /s Boven-Rijn)	opstuwing langs primaire kering moet worden afgestemd met waterkeringbeheerder	5.2	voldoet, indien akkoord na samenspraak met de waterkering-beheerder
1.3	afvoerverdeling bij HWR (bij IJssel kop)	project binnen enkele km splitsing: verandering afvoerverdeling <5 m <sup>3</sup> /s bij Boven-Rijn afvoer van 16.000 m <sup>3</sup> /s	vanwege het zeer beperkte effect op de waterstand zullen er ook geen significante effecten optreden op de afvoerverdeling	-	voldoet
1.4	afvoerverdeling bij normaal hoogwater IJsselkop)	verandering afvoerverdeling < 20 m <sup>3</sup> /s bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m <sup>3</sup> /s	vanwege het zeer beperkte effect op de waterstand zullen er ook geen significante effecten optreden op de afvoerverdeling	-	voldoet
1.5	ijsafvoer	een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven	normaalbreedte van de rivier wordt niet aangepast: geen risico's.	-	voldoet

Tabel XII.2 Toetsing variant GD\_OL3\_dijk (enkel dijkversterking) op hinder of schade door hydraulische effecten

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf-nummer	Conclusie variant GD_OL3_dijk
2.1	waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard	verandering waterstanden en/of inundatiefrequentie bij afvoeren die afhankelijk zijn van lokale omstandigheden. Standaard is Boven-Rijn afvoer van 16.000 m <sup>3</sup> /s	inundatiefrequentie wordt door dijkversterking niet beïnvloedt	-	voldoet
2.2	stroombeeld in de uiterwaard	verandering grootte en richting stroomsnelheden	langs de dijkversterking zullen de stroomsnelheden lokaal licht toenemen door het kleinere doorstroomoppervlak. De versterking is echter dermate klein ten opzichte van de breedte van de uiterwaard dat dit effect verwaarloosbaar is.	-	voldoet
2.3	stroombeeld in hoofdgeul bij de aan- en aftakking van nevengeul	bankfull afvoer nevengeul <50 m <sup>3</sup> /s: dwarsstroming vaarweg ≤0,3 m/s bankfull afvoer nevengeul >50 m <sup>3</sup> /s: dwarsstroming vaarweg ≤0,15 m/s	het stroombeeld in de hoofdgeul verandert niet onder invloed van de dijkversterking	-	voldoet
2.4	afvoerverdeling bij normaal hoogwater	verandering afvoerverdeling bij boven-Rijn afvoer van 10.000 m <sup>3</sup> /s	vanwege het zeer beperkte effect op de waterstand zullen er ook geen significante effecten optreden op de afvoerverdeling	-	voldoet
2.5	afvoerverdeling bij lage afvoeren	afwijking afvoerverdeling <1 m <sup>3</sup> /s bij Boven-Rijn afvoer van 1.020 m <sup>3</sup> /s (OLA)	vanwege het zeer beperkte effect op de waterstand zullen er ook geen significante effecten optreden op de afvoerverdeling	-	voldoet



Tabel XII.3 Toetsing variant GD\_OL3\_dijk op morfologische effecten

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf-nummer	Conclusie variant GD_OL3_dijk
3.1	aanzanding en erosie van het zomerbed (+ oevers)	<p>bij erosie:  geen verlaging gemiddelde bodemligging  geen oevererosie  beperkte ontgroning bij constructies per hoogwater  geen erosie ter hoogte van kabels, leidingen en tunnels met een te kleine gronddekking</p> <p>bij sedimentatie:  geen sedimentatie in vaargeul conform BPRW  geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren  geen verhoging MHW op lange termijn</p> <p>in het algemeen:  beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten en behouden veiligheid scheepvaartverkeer;  geen onacceptabele terugschrijdende erosie of sedimentatie i.v.m. risico verandering afvoerverdeling bij MHW of OLA</p>	Omdat het stroombeeld in het zomerbed niet verandert, worden ook geen morfologische effecten in het zomerbed verwacht.	-	voldoet
3.2	aanzanding en erosie van uiterwaard	bij sedimentatie: beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten	Omdat het stroombeeld in de uiterwaard nagenoeg niet verandert, worden er ook geen significante morfologische effecten verwacht in de uiterwaard	-	voldoet

Par. RBK	Te beoordelen effect	Criterium	Effect	Paragraaf-nummer	Conclusie variant GD_OL3_dijk
		bij erosie: geen ongewenste zijdelingse verplaatsing van de nevengeul stroomsnelheid nevengeul bankfull <0,3 m/s; geen bodemerosie langs waterkering; geen bodemerosie langs primaire waterkering; stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard niet verminderen	door toedoen van de dijkversterking.		

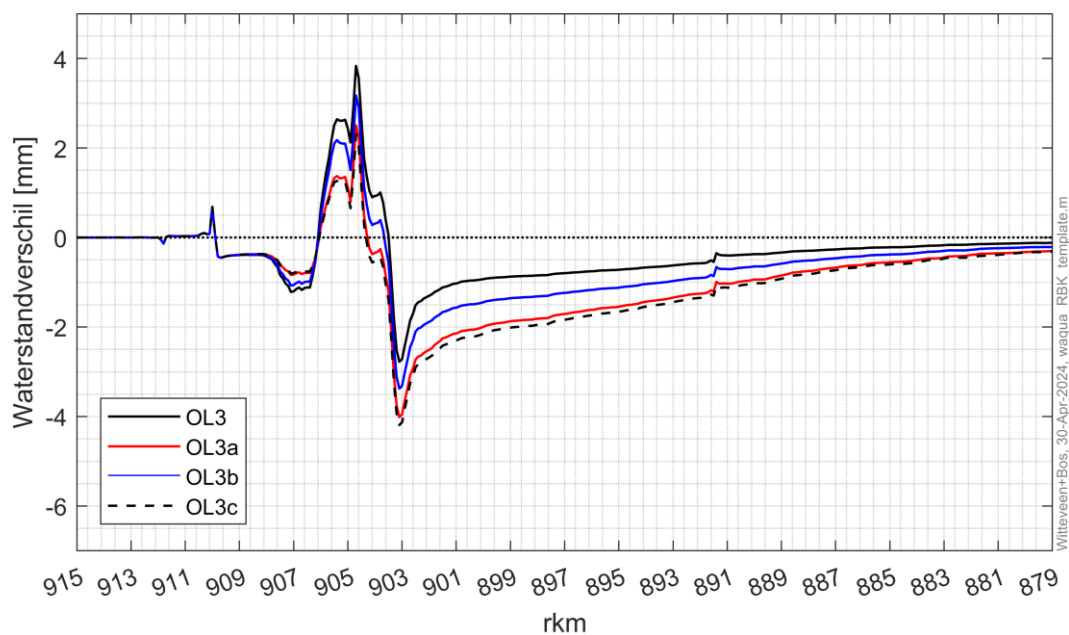


# XIII

## BIJLAGE: WATERSTANDSVERSCHIL OP DE RIVIERAS BIJ HWR (VARIANT GD\_OL3, GD\_OL3A EN GD\_OL3B)

Afbeelding XIII.1 toont het waterstandsverschil op de rivieras bij HWR voor GD\_OL3, GD\_OL3a, GD\_OL3b en GD\_OL3c. Het verschil tussen deze varianten betreft het ontwerp van het oobos en omliggende vegetatie (zie paragraaf 2.3.7). De invloed hiervan op het waterstandsverschil is significant bij variant GD\_OL3 en GD\_OL3b. Deze varianten zorgen voor meer opstuwung op de rivieras. Dit effect werkt ook bovenstrooms door, waardoor het waterstandsdalende effect van andere maatregelen van het project deels teniet worden gedaan.

Afbeelding XIII.1 Waterstandsverschil op de rivieras (mm) tijdens HWR (16.000 m<sup>3</sup>/s) voor GD\_OL3, GD\_OL3a, GD\_OL3b en GD\_OL3c



Door de extra opstuwung verschuift de verhouding tussen waterstandsdaling en opstuwung. Tabel XIII.1 toont hiervan een overzicht. Het zaagtandprincipe zoals beschreven in paragraaf 5.1 vereist dat de waterstandsdaling vele male groter is dan de opstuwung. Variant GD\_OL3a en GD\_OL3c voldoen hieraan, variant GD\_OL3 en GD\_OL3b niet.

Tabel XIII.1 Verhouding tussen opstuwing en waterstandsdeling bij HWR

Variant	Verhouding opstuwing : waterstandsdeling
GD_OL3	1:3
GD_OL3a	1:15
GD_OL3b	1:6
GD_OL3c	1:18

### Conclusie

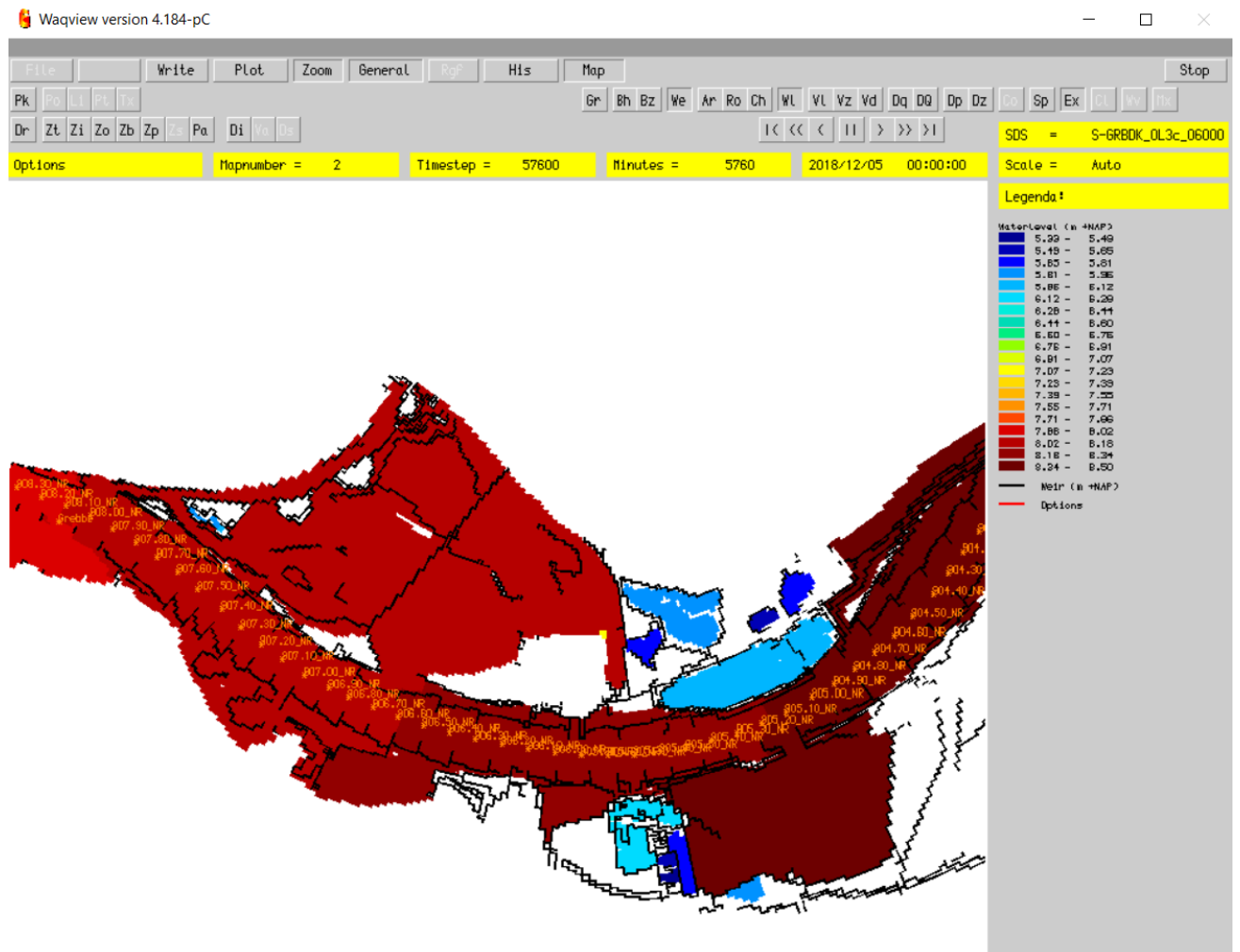
Variant GD\_OL3 en GD\_OL3b voldoen niet aan de eis met betrekking tot de waterstandsverschillen op de rivieras. Varianten GD\_OL3a en GD\_OL3c voldoe wel aan deze eis.



# XIV

## BIJLAGE: STROOMBEELD BLAUWE KAMER Q = 6.000 M<sup>3</sup>/S

Afbeelding XIV.1 Waterstand Blauwe Kamer bij Q = 6.000 m<sup>3</sup>/s



Afbeelding XIV.2 Stroming Blauwe Kamer bij  $Q = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$

