

RAPPORT

Rivierkundige beoordeling Put Kraaijenvanger

kraaijenvanger_a5

Klant: K3Delta

Referentie: BJ9311-RHD-XX-XX-RP-X-0001

Status: Definitief/02

Datum: 10 juni 2026

HASKONING NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 20 00
Fax: +31 33 463 36 52
E-mail: info@rhdhv.com
Website: haskoning.com

Titel document: Rivierkundige beoordeling Put Kraaijenvanger
Ondertitel: kraaijenvanger_a5
Referentie: BJ9311-RHD-XX-XX-RP-X-0001
Uw kenmerk: Click or tap here to enter text.
Status: Definitief/02
Datum: 10 juni 2026
Projectnaam: Put Kraaijenvanger K3
Projectnummer: BJ9311
Auteur(s):

Opgesteld door: Click here to enter text.

Gecontroleerd door:

Datum: 10 juni '26

Goedgekeurd door:

Datum: 10 juni '26

Classificatie: Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. Haskoning Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van Haskoning Nederland B.V. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat. Dit document kan zijn opgesteld met behulp van kunstmatige intelligentie (AI); alle door AI gegenereerde inhoud is beoordeeld en gevalideerd door onze experts.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Leeswijzer	2
2	Uitgangspunten en aanpak	2
3	Beknpte rivierkundige systeemanalyse referentiesituatie	4
3.1	Vegetatie - Ruwheden	4
3.2	Waterstanden	5
3.3	Hoogtemodel	6
3.4	Stroomsnelheden	7
3.5	Diepte huidige vaargeul	10
4	Het ontwerp	15
4.1	Ontwerpproces	15
4.2	Het meest recente ontwerp (kraaijenvanger_a5)	16
4.3	Te verwachten effecten	19
4.3.1	Te verwachten hydraulische effecten	19
4.3.2	Te verwachten morfologische effecten	19
5	Rivierkundige beoordeling	20
5.1	Hoogwaterveiligheid	20
	Aspect 1.1 Hoogwaterreferentie waterstand in de as van de rivier	20
	Aspect 1.2 Hoogwaterreferentie waterstand buiten de as van de rivier	21
	Aspecten 1.3 – 1.4 Afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop en IJsselkop bij hoge en maatgevende Boven-Rijn afvoer	22
	Aspect 1.5 IJsafvoer	23
5.2	Hinder of schade door hydraulische effecten	24
	Aspect 2.1 Inundatiefrequentie van de uiterwaard	24
	Aspect 2.2 Stroombeeld in de uiterwaard	24
	Aspect 2.3 Stroombeeld in vaarweg	26
	Aspect 2.4 – 2.5 Afvoerverdeling bij hoge en lage afvoeren	28
	Aspect 2.8 Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken	28
	Aspect 2.9 Waterstand en stroombeeld in de vaargeul in de Nederlands-Duitse grensregio bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren	29
5.3	Morfologische effecten	29
	Aspect 3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers)	29
	Aspect 3.2 Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen	35

6	Conclusie	37
	Bijlages:	41
	Bijlage 1 ontwerp-tekening:	41
	Bijlage 2 vegetatie tekening:	41
	Bijlage 3 Stroomsnelheidsfiguren:	42
	Bijlage 4 Figuren Dwarsstroming:	51
	Bijlage 5 Tabel Morfologische analyse:	53

Tabellen

Tabel 1: Afvoeren met bij behorende herhalingstijd en waterstand op rkm 912.	5
Tabel 2: Dwarsstroming referentie (ref) en variantie (var) voor rkm 912,1 t/m 912,3 voor verschillende afvoeren (stroomsnelheid in m/s afvoer in m ³ /s), wanneer deze niet aan de norm voldoen	28
Tabel 3: Conclusies per beoordeelaspect van RBK 6.0	37

Figuren

Figuur 1-1 ontwerp Put Kraaijenvanger april 2026	1
Figuur 3-1: Ruwhedenmodel 'kraaijenvanger_ref'.	4
Figuur 3-2: Verhang in 'kraaijenvanger_ref' bij hoogwater-referentie.	6
Figuur 3-3: Hoogtemodel 'kraaijenvanger_ref'.	7
Figuur 3-4: Stroomsnelheid 'kraaijenvanger_ref' 16.000 m ³ /s bij Lobith.	8
Figuur 3-5: Stroomsnelheid 'kraaijenvanger_ref' 10.000 m ³ /s bij Lobith.	8
Figuur 3-6: Stroomsnelheid 'kraaijenvanger_ref' 8.000 m ³ /s bij Lobith.	9
Figuur 3-7: Stroomsnelheid 'kraaijenvanger_ref' 6.000 m ³ /s bij Lobith.	9
Figuur 3-8: Waterdiepte t.o.v. de norm van 2,50m waterdiepte bij OLR. Waterdieptekaarten Rijntakken RWS ON (link).	11
Figuur 3-9: Waterdiepte t.o.v. de norm van 2,50m waterdiepte bij OLR die niet voldoen rondom de aantakking van de huidig plas.	12
Figuur 3-10: Breedtegemiddelde diepte in de vaargeul t.o.v. de norm van 2,50m waterdiepte bij OLR tussen rkm 911 en 913. Voor scheepvaart dient 1 m beschikbaar te zijn voor voldoende kielspeling (groen in legenda). In geruite gebied is waterdiepte onvoldoende, Waterdieptekaarten Rijntakken RWS ON (link).	13
Figuur 3-11: MGD (Minst gepeilde dieptes) locaties tussen rkm 910 en 914.	14

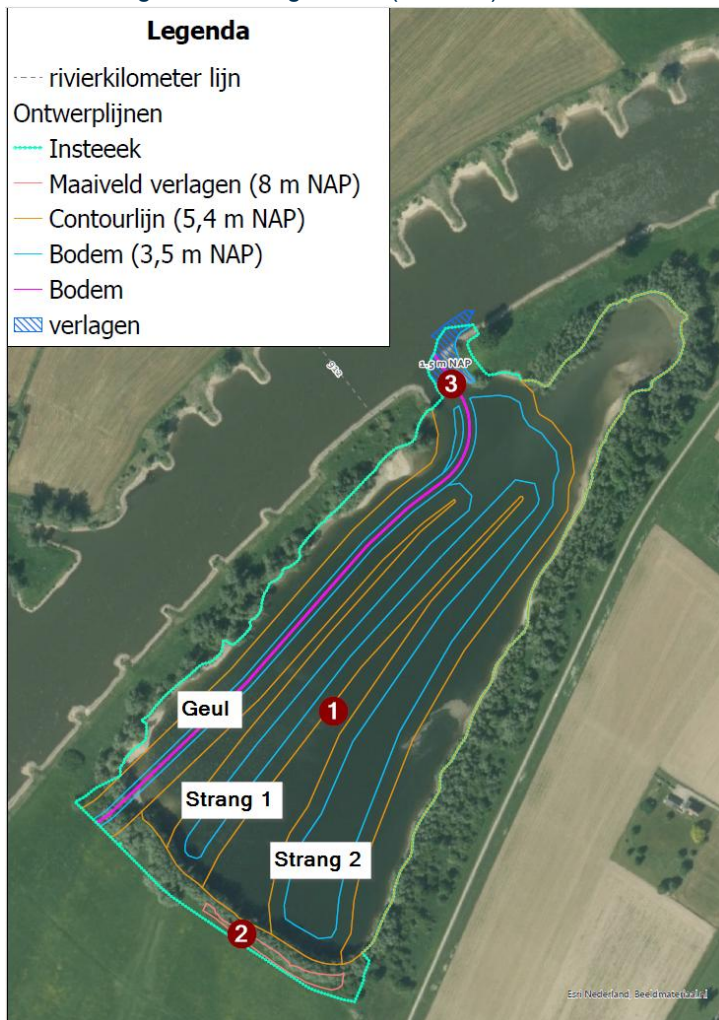
Figuur 4-1: Waterstandseffect van verschillende ontwerpen voor de Put Kraaijenvanger, waarbij a1 het eerste ontwerp was en a5 het laatste ontwerp wat nu voor ligt.	16
Figuur 4-2: ontwerp kraaijenvanger_a5 (met locatie nummers).	17
Figuur 4-3: Bodemhoogte baseline maatregel kraaijenvanger_a5	18
Figuur 4-4: Ontwerp baseline kraaijenvanger_a5 ruwheden (links) en referentie ruwheden (rechts);	18
Figuur 5-1: Waterstandseffect op de as van de rivier (kraaijenvanger_a5 - kraaijenvanger_ref).	20
Figuur 5-2: Waterstandseffect in het 2D-vlak (in m) t.o.v. de referentie voor variant 'kraaijenvanger_a5' bij een afvoer van 16.000 m ³ /s.	22
Figuur 5-3: Verschil in stroomsnelheid tussen 'kraaijenvanger_a5' en de 'referentie' in 2D bij een afvoer van 10.000 m ³ /s te Lobith.	25
Figuur 5-4: Absolute stroomsnelheden van variant 'kraaijenvanger_a5' in 2D bij een afvoer van 10.000 m ³ /s te Lobith.	26
Figuur 5-5: Dwarsstromingsdebiet op de oostelijke bakenlijn voor variant 'kraaijenvanger_a5', de referentie en het verschil bij een afvoer van 6.000 m ³ /s bij Lobith. Groene "Verschil" lijn hoort bij de rechter Y-as.	27
Figuur 5-6: Dwarsstroming op de oostelijke bakenlijn voor variant 'kraaijenvanger_a5', de referentie en het verschil bij een afvoer van 6.000 m ³ /s bij Lobith. Groene "Verschil" lijn hoort bij de rechter Y-as.	27
Figuur 5-7: Jaargemiddelde bodemverandering (m) in de vaargeul en vaarweg voor variant 'kraaijenvanger_a5' ten opzichte van de referentie.	31
Figuur 5-8: Waterdiepte t.o.v. de norm van 2,50m waterdiepte bij OLR links referentie rechts ontwerp kraaijenvanger_a5	32
Figuur 5-9: Boven: Veiligheid: min waterdiepte per Hm-vak t.o.v. de norm (negatieve waarden voldoen niet). Onder: Vlotheid: gemiddelde waterdiepte per Hm-vak t.o.v. de norm (minder dan 1,0m voldoet niet). Linker-as: effect van de variant op de minimum en op de gemiddelde waterdiepte.	33
Figuur 5-10: Waterdiepte t.o.v. de norm (van 2,50m waterdiepte bij OLR) voldoet niet, links referentie rechts ontwerp kraaijenvanger_a5.	34
Figuur 5-11: Waterdiepte t.o.v. de norm (van 2,50m waterdiepte bij OLR) voldoet niet en de aanzanding van het ontwerp kraaijenvanger_a5.	35

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Ten noordwesten van Olburgen en ten oosten van Dieren ligt Put Kraaijenvanger. Het betreft een oude en diepe plas welke in de jaren '60 en '70 is ontstaan door zandwinning. K3/Grondbank GMG heeft een overeenkomst met de eigenaar van de plas. Samen met de eigenaar willen ze de plas ecologisch verbeteren door de aanleg van flauwe natuurvriendelijke oevers en moeraszones. Daarnaast willen ze de landschappelijke inpassing verbeteren door in het ontwerp van de plas een aansluiting te maken met de oude oeverwallen welke nog herkenbaar zijn in het landschap. Het ontwerp is weergegeven in Figuur 1-1 en Bijlage 1.

In dit rapport is het gekozen ontwerp in een rivierkundige beoordeling getoetst aan versie 6.0 van het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK6.0).



Figuur 1-1 ontwerp Put Kraaijenvanger april 2026

1.2 Leeswijzer

De gebruikte uitgangspunten en aanpak worden benoemd in Hoofdstuk 2. Hoofdstuk 0 geeft een beknopte rivierkundige systeemanalyse van de referentiesituatie. In Hoofdstuk 0 wordt het ontwerp toegelicht, hoe dit ontwerp is vertaald naar het rivierkundige model en de verwachte rivierkundige effecten besproken. De daadwerkelijke rivierkundige effecten van het ontwerp zijn beoordeeld in hoofdstuk 5. De conclusies van de beoordeling zijn beschreven in hoofdstuk 6.

2 Uitgangspunten en aanpak

Voor de rivierkundige beoordeling is gebruik gemaakt van modelberekeningen met het vigerende rivierkundig modelinstrumentarium; de GIS-applicatie Baseline en het 2D stromingsmodel D-HYDRO. Het ontwerp is getoetst volgens het RBK6.0.

De rivierkundige beoordeling is deels uitgevoerd op basis van een kwantitatieve analyse door middel van modelberekeningen, en deels op basis van een kwalitatieve analyse. Op basis van de modelresultaten zijn een aantal aspecten uit het RBK kwantitatief beoordeeld. Tevens is het voor een aantal aspecten op basis van expert judgement niet relevant geacht om specifieke modelberekeningen uit te voeren. Hier is middels een kwalitatieve analyse een beoordeling gegeven over het effect.

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij het maken van de rivierkundige modelberekeningen:

Referentie:

- Voor de Baseline referentie schematisatie is door RWS Oost-Nederland baseline-rijn-beno19_6-v2' uitgeleverd per mail door RWS-ON d.d. 06-06-2024;
- Voor het D-FLOW FM 2D referentiemodel is door RWS Oost-Nederland 'dflowfm2d-rijn-beno19_6_20m_ijssel-v2b' uitgeleverd per mail door RWS-ON d.d. 06-06-2024;
- Op verzoek van RWS-ON is de referentie schematisatie uitgebreid met de volgende 3 maatregelen, die de stroming ter plaatse van het projectgebied beïnvloeden:
 - ij_olburg_f1
 - ij_olburg_v01
 - ij_olbref_a1
- Bovenstaande maatregelen zijn op verzoek van RWS-ON ingemixt in de Baseline referentie schematisatie. Het kenmerk van deze nieuwe referentie is 'kraaienvanger_ref'.

Maatregel:

- Voor het meest recente ontwerp is een maatregel gemaakt met het kenmerk 'ij_kraaienvanger_a5';
- De schematisatie van de maatregel is gebaseerd op de inrichting zoals in Hoofdstuk 0 gepresenteerd en aangeleverd autocad bestand:
 - O045-240321-Herinrichting put Kraaienvanger-Rev03.dxf
- De schematisatie van de vegetatie is opgesteld volgens de leggerklassen voor vegetatieruwheid van Rijkswaterstaat;
- Deze maatregel is ingemixt op de referentie schematisatie, de nieuwe variant heeft als kenmerk: 'kraaienvanger_a5'.

Model software:

- Baseline versie 7.0.2;
- ArcGIS Pro versie 3.4.3;

- D-HYDRO-versie 2023.01;
- D-FAST MI-versie 3.1.1;

Werkwijze:

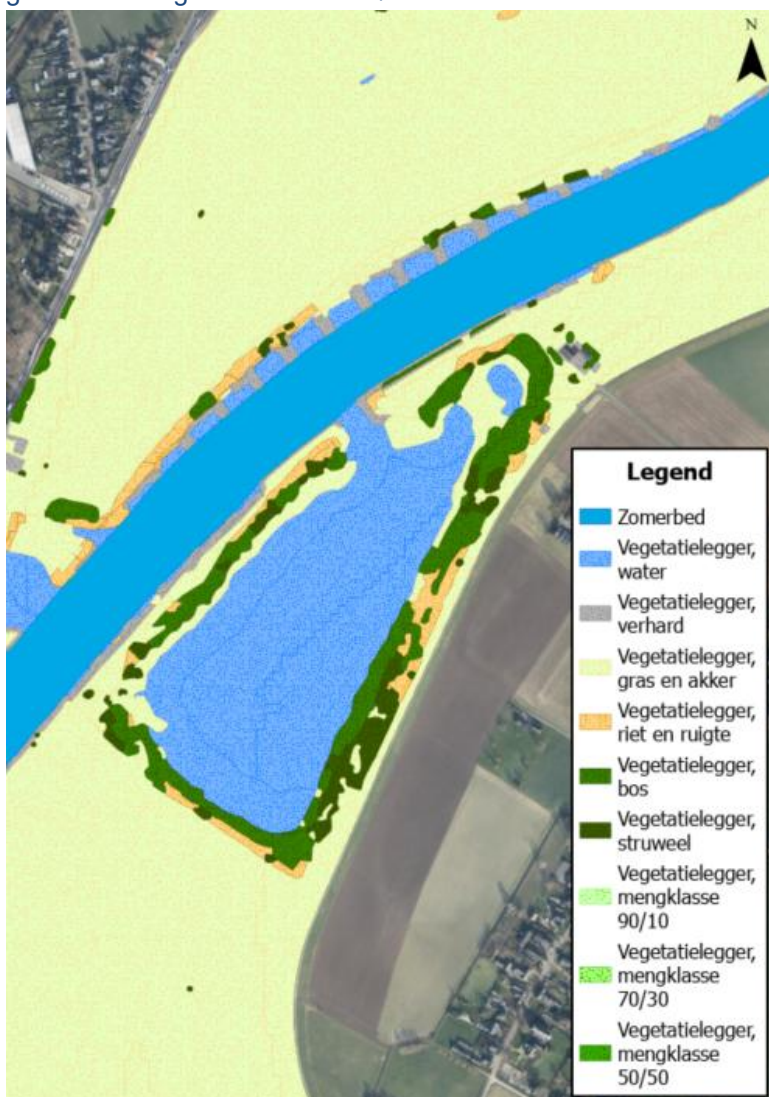
- Voor de rivierkundige beoordeling is het RBK 6.0 gebruikt;
- De volgende aspecten zijn kwantitatief beoordeeld:
 - Hoogwaterveiligheid
 - Aspect 1.1: Hoogwater-referentie op de as van de rivier (16.000 m³/s);
 - Aspect 1.2: Hoogwater-referentie buiten de as van de rivier (16.000 m³/s);
 - Hinder of schade door hydraulische effecten
 - Aspect 2.2: Stroombeeld in de uiterwaard (8.000 m³/s en 10.000 m³/s);
 - Aspect 2.3: Stroombeeld in de vaarweg (4.000 m³/s, 6.000 m³/s, 8.000 m³/s en 10.000 m³/s)
 - 'Morfologische effecten'
 - Aspect 3.1: Sedimentatie en erosie van het zomerbed (4.000 m³/s, 6.000 m³/s en 8.000 m³/s zijn de afvoeren volgend uit D-Fast MI).
 - Aspect 3.2: Sedimentatie en erosie van uiterwaard is beoordeeld op basis van stroomsnelheidsveranderingen (6.000 m³/s, 8.000 m³/s en 10.000 m³/s).
- De overige aspecten uit het RBK 6.0 zijn kwalitatief beoordeeld:
 - Afvoerverdeling (aspect 1.3, 1.4, 2.4 en 2.5);
 - Aspect 1.5: IJsafvoer;
 - Aspect 2.1: Inundatiefrequentie;
 - Aspect 2.8: Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken
 - Aspect 2.9: Waterstand en stroombeeld in de vaargeul in de Nederlands-Duitse grensregio bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren

3 Beknopte rivierkundige systeemanalyse referentiesituatie

Er is een beknopte rivierkundige systeemanalyse uitgevoerd voor Put Kraaijenvanger. Deze analyse helpt bij het inschatten van de effecten die beoordeeld worden in hoofdstuk 5.

3.1 Vegetatie - Ruwheden

In Figuur 3-1 is de vegetatie uit het referentiemodel gepresenteerd. Put Kraaijenvanger bestaat voornamelijk uit de vegetatieklasse water, omringt door plukken met vegetatieklasse bos, struweel, gras en akker en vegetatieklasse riet en ruigte. Ten noord-oosten van Put Kraaijenvanger staat een enkel gebouw omringd door bebouwd/verhard terrein.



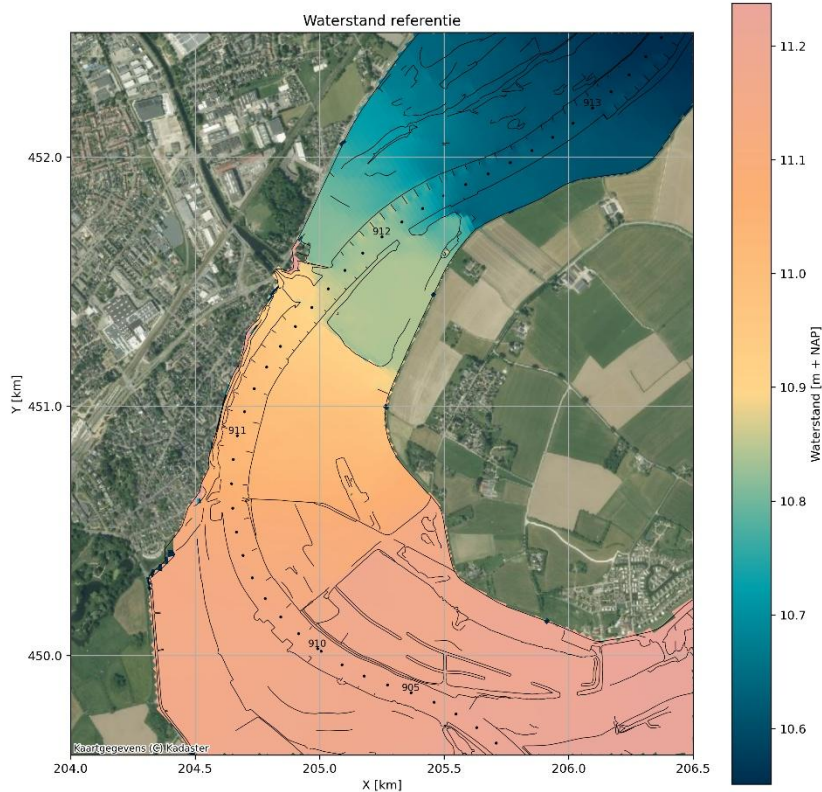
Figuur 3-1: Ruwhedenmodel 'kraaijenvanger_ref'.

3.2 Waterstanden

Tabel 1 laat de waterstanden voor verschillende afvoeren zien bij Put Kraaijenvanger voor rivierkilometer 912 op basis van de waterstandsduurlijnen jaar 2022. Het waterstandsverhang bij de hoogwater-referentie (16.000 m³/s bij Lobith) is gepresenteerd in Figuur 3-2.

Tabel 1: Afvoeren met bijbehorende herhalingsstijd en waterstand op rkm 912.

Afvoer Lobith [m³/s]	Gem. onderschr 1901-2020 [dagen per jaar]	Herhalingsstijd v/d topafvoer [jaren]	Waterstand rkm 912 [m+NAP]
720	1		3,22
1.056	23		4,08
1.557	106		5,20
2.058	201		5,73
2.523	267		6,11
3.187	315		6,88
3.511	327		7,20
3.952	338		7,54
5.502	357	1,7	8,45
6.092	360	2,1	8,70
6.735		2,8	8,93
7.461		4	9,09
8.310		6	9,27
9.327		11	9,52
10.544		25	9,76
11.966		60	10,04
13.554		190	10,26
16.000		1250	10,83

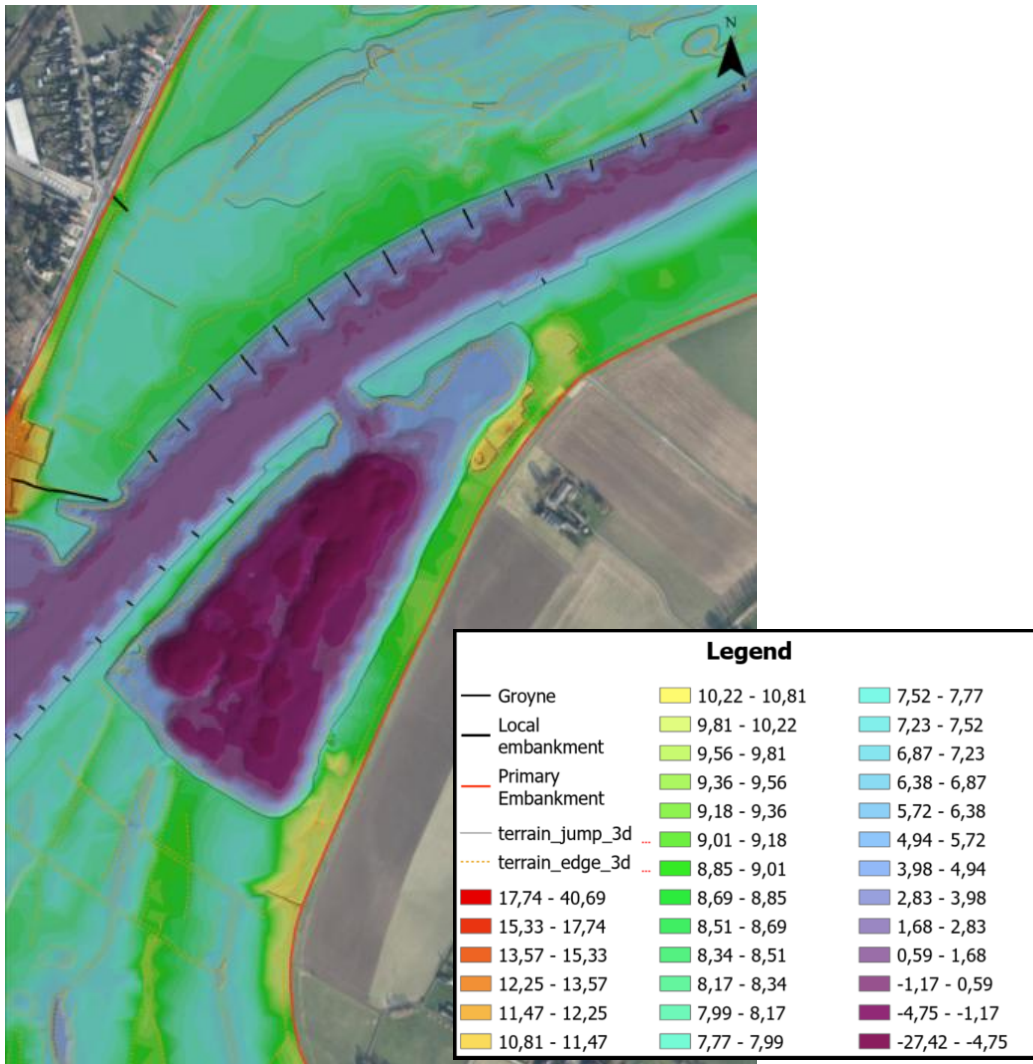


Figuur 3-2: Verhang in 'kraaijenvanger_ref bij hoogwater-referentie.

3.3 Hoogtemodel

In Figuur 3-3 is het hoogtemodel van de referentiesituatie gepresenteerd. Belangrijke eigenschappen zijn:

- Put Kraaijenvanger staat in open verbinding met de IJssel via een invaart. De diepste delen van de put liggen op -10 m+NAP. Ten noordoosten van de inlaat is de put minder diep, ongeveer 4,5 m+NAP.
- Put Kraaijenvanger is omringt door een kade met een hoogte rond de 8 á 9 m+NAP. De plas gaat dus pas actief meestromen vanaf circa 4500 m³/s bij Lobith.

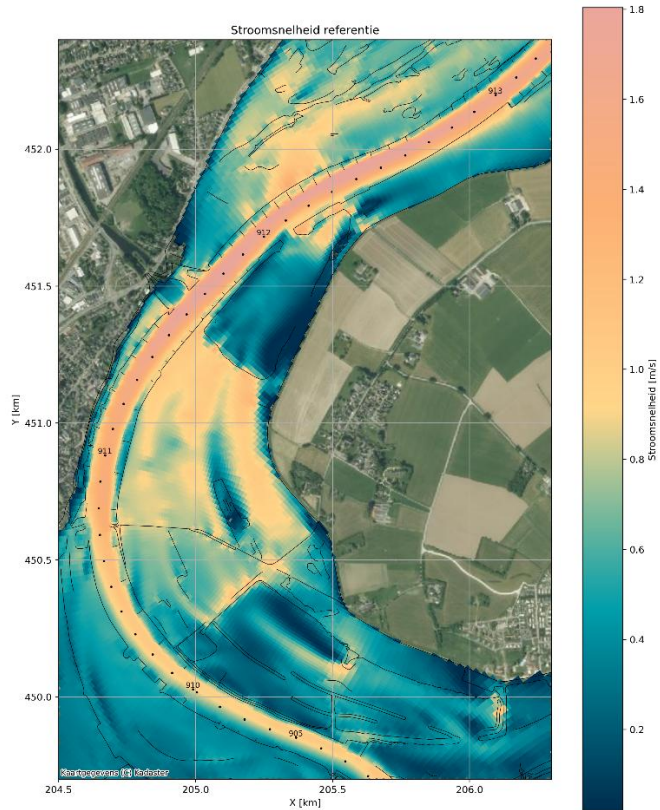


Figuur 3-3: Hoogtemodel 'kraaijenvanger_ref'.

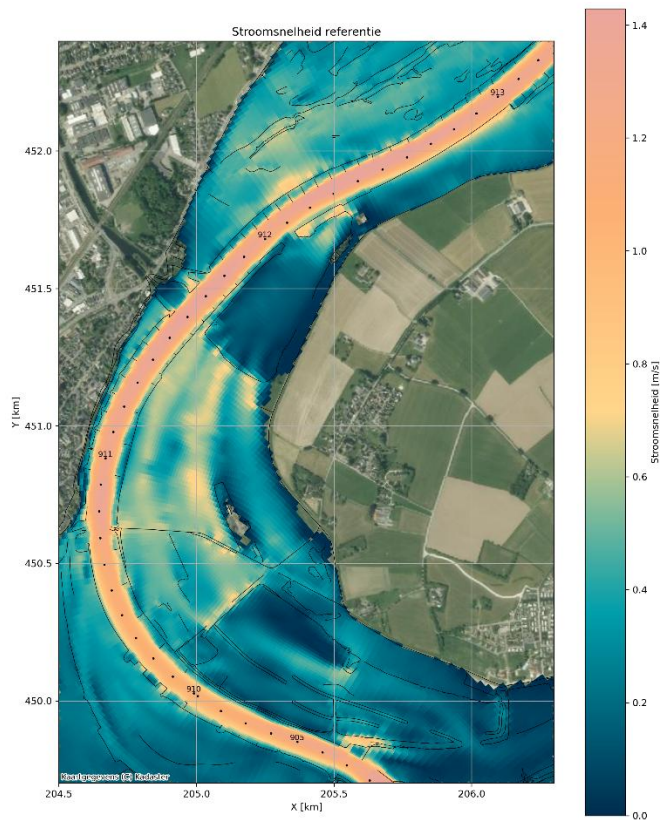
3.4 Stroomsnelheden

In Figuur 3-4 staan de stroomsnelheden voor de referentie bij de hoogwater-referentie. Voor 6.000 m³/s zijn de stroomsnelheden weer gegeven in Figuur 3-7 voor 8.000 m³/s in Figuur 3-6 en voor 10.000 m³/s in Figuur 3-5.

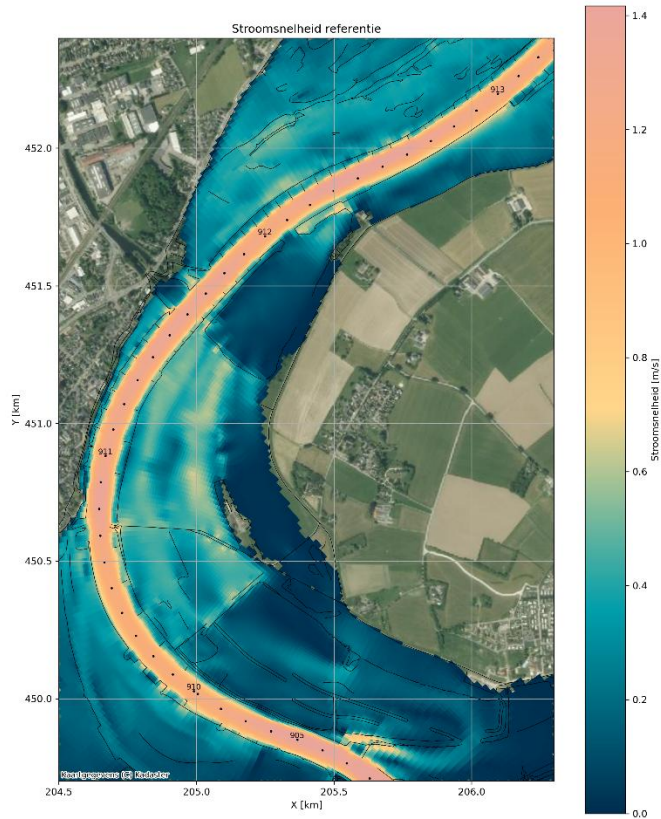
- De omliggende uiterwaard stroomt pas deels mee vanaf 6000 m³/s bij Lobith (Figuur 3-7).
- De benedenstroomse uiterwaard stroom pas volledige mee bij een afvoer van 10.000 m³/s bij Lobith (Figuur 3-5).



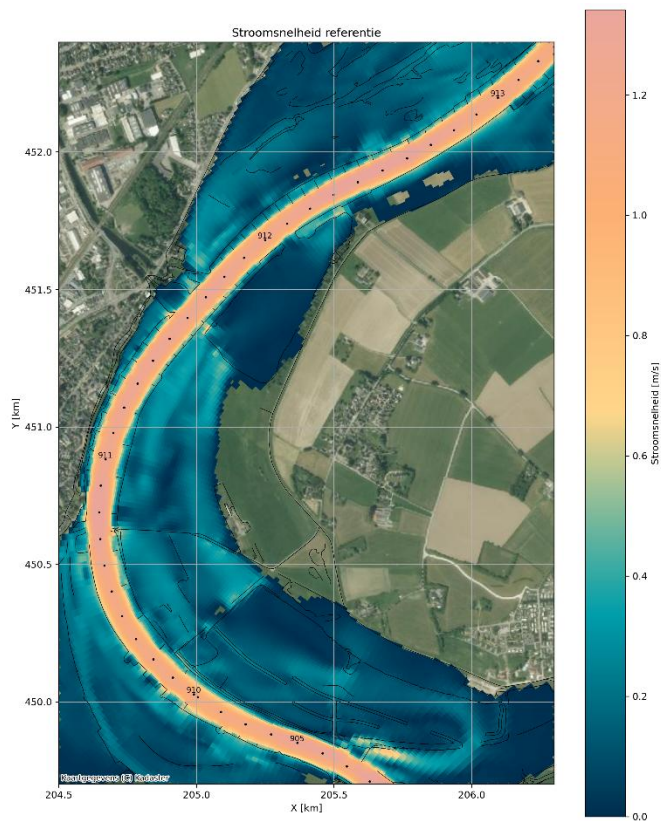
Figuur 3-4: Stroomsnelheid 'kraaijenvanger_ref' 16.000 m³/s bij Lobith.



Figuur 3-5: Stroomsnelheid 'kraaijenvanger_ref' 10.000 m³/s bij Lobith.



Figuur 3-6: Stroomsnelheid 'kraaijenvanger_ref' 8.000 m³/s bij Lobith.



Figuur 3-7: Stroomsnelheid 'kraaijenvanger_ref' 6.000 m³/s bij Lobith.

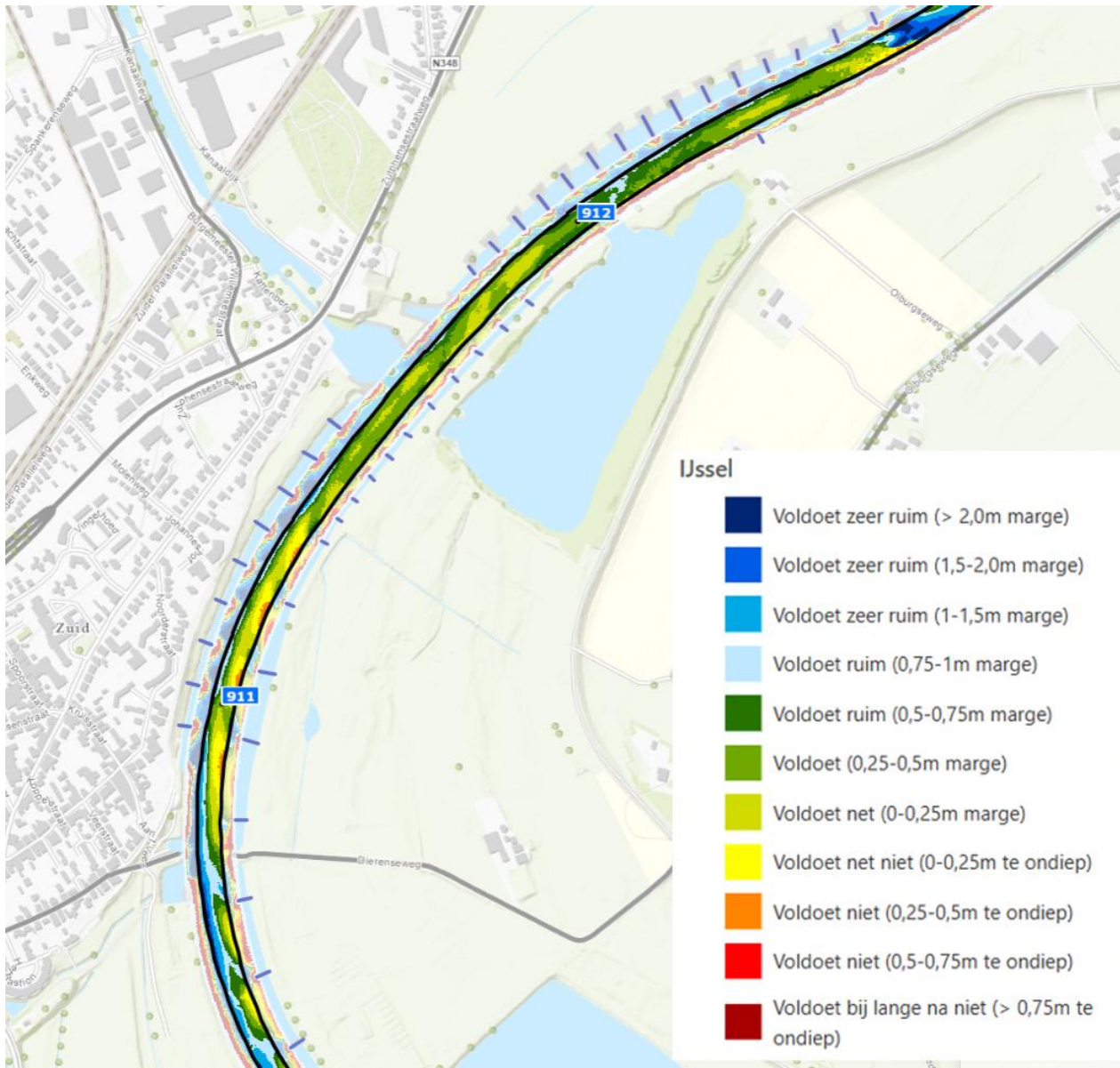
3.5 Diepte huidige vaargeul

Voor de scheepvaart dient de vaargeul voldoende diepte te hebben. Daarbovenop is voor vlotte scheepvaart, voldoende kielspeling onder de schepen van belang.

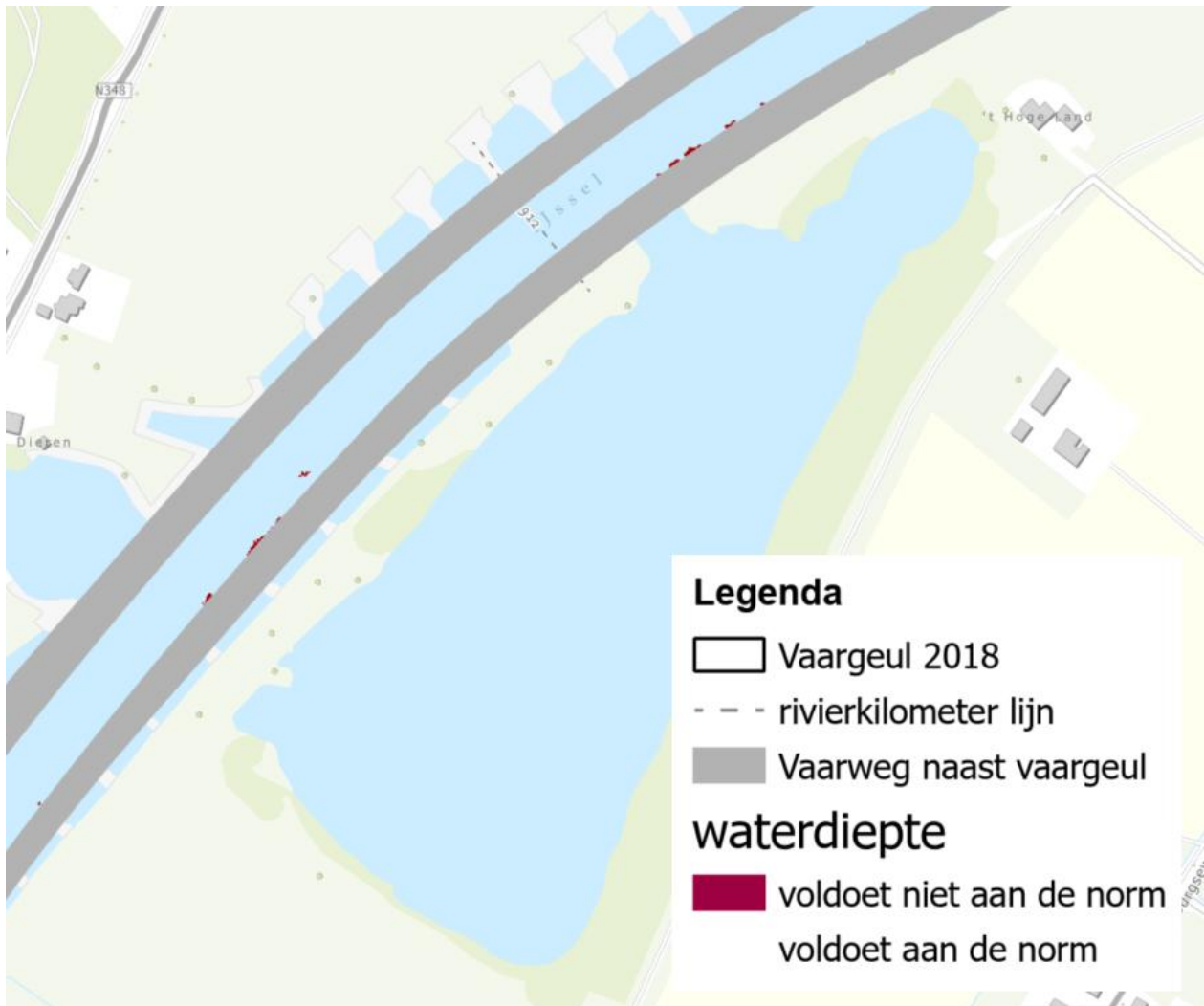
Voor scheepvaart geldt een streefdiepte van 2,50 m bij een OLA (1020 m³/s) op de IJssel. De waterstand die hierbij hoort is de Overeengekomen Lage Rivierstand (OLR). De minimale waterdiepte in de vaargeul bij OLR mag als gevolg van ingrepen niet kleiner worden dan bovengenoemde gegarandeerde waarde. Op plaatsen waar de rivierbodem nu al hoger ligt dan de gegarandeerde waterdiepte toelaat mag de rivierbodem niet hoger komen.

Ten behoeve van voldoende kielspeling geldt dat er gemiddeld over de breedte van de vaargeul 1 m (40% van 2,5 m specifiek voor de IJssel) kielspeling beschikbaar moet zijn ten opzichte van deze norm van 2,50 m waterdiepte bij OLR.

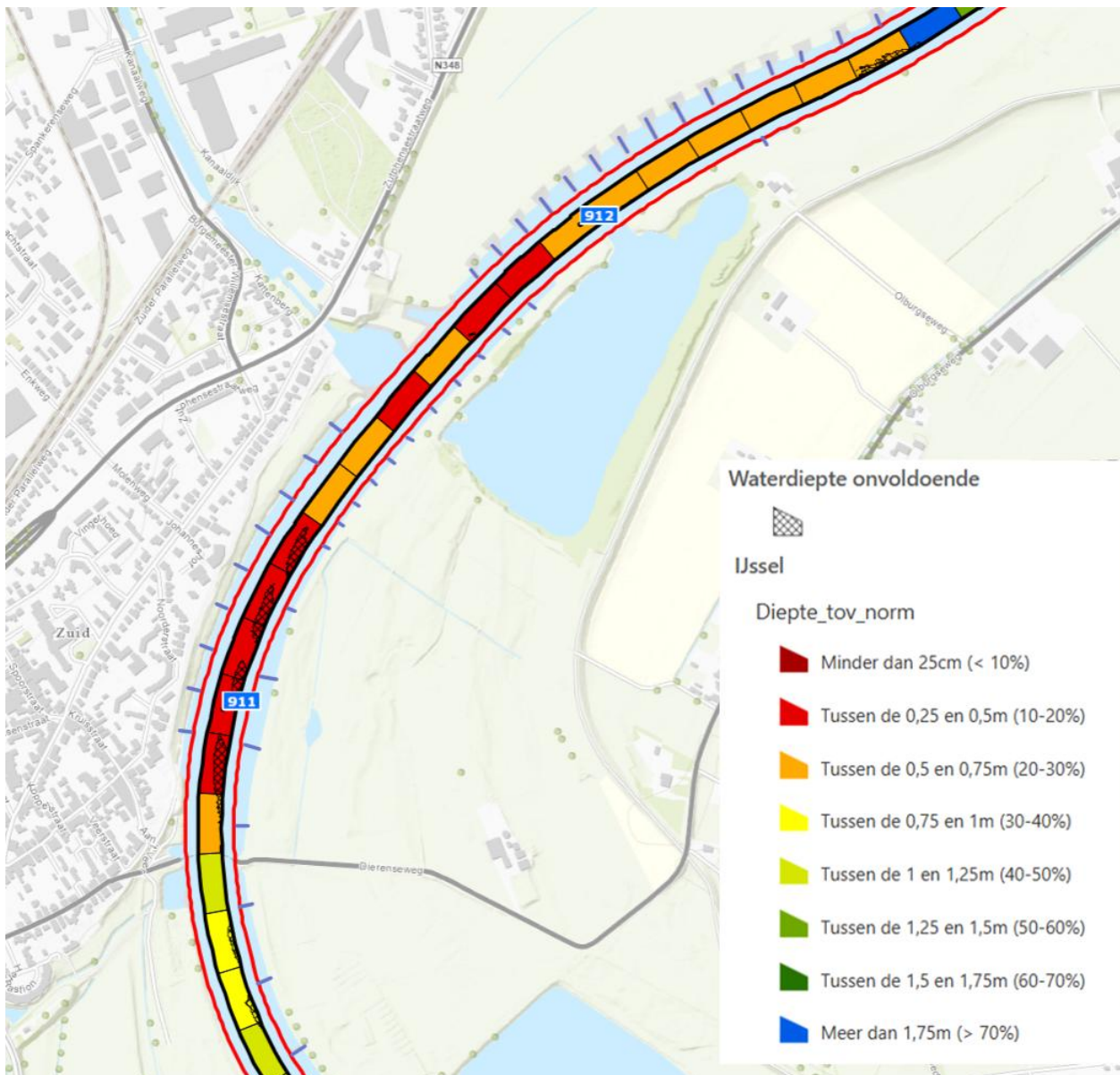
Op dit moment voldoen hele kleine stukjes (totaal 138 m² tussen rkm 911,3 en 912,5) van de vaargeul niet aan de norm van 2,50m diepte bij OLR (Figuur 3-8). In de binnenbochten zijn er ondieptes (met name rond RKM 911) waar de waterdiepte in de vaargeul kritisch is. Ook nabij de inlaat (RKM 912) zitten er lokaal ondieptes die niet voldoen (zie Figuur 3-9). Daarnaast wordt er niet voldaan aan de eis van voldoende kielspeling (1 m) in de huidige situatie (Figuur 3-10). En liggen er rond rivierkilometer 911 enkele Minst gepeilde dieptes (MGD), zie Figuur 3-11.



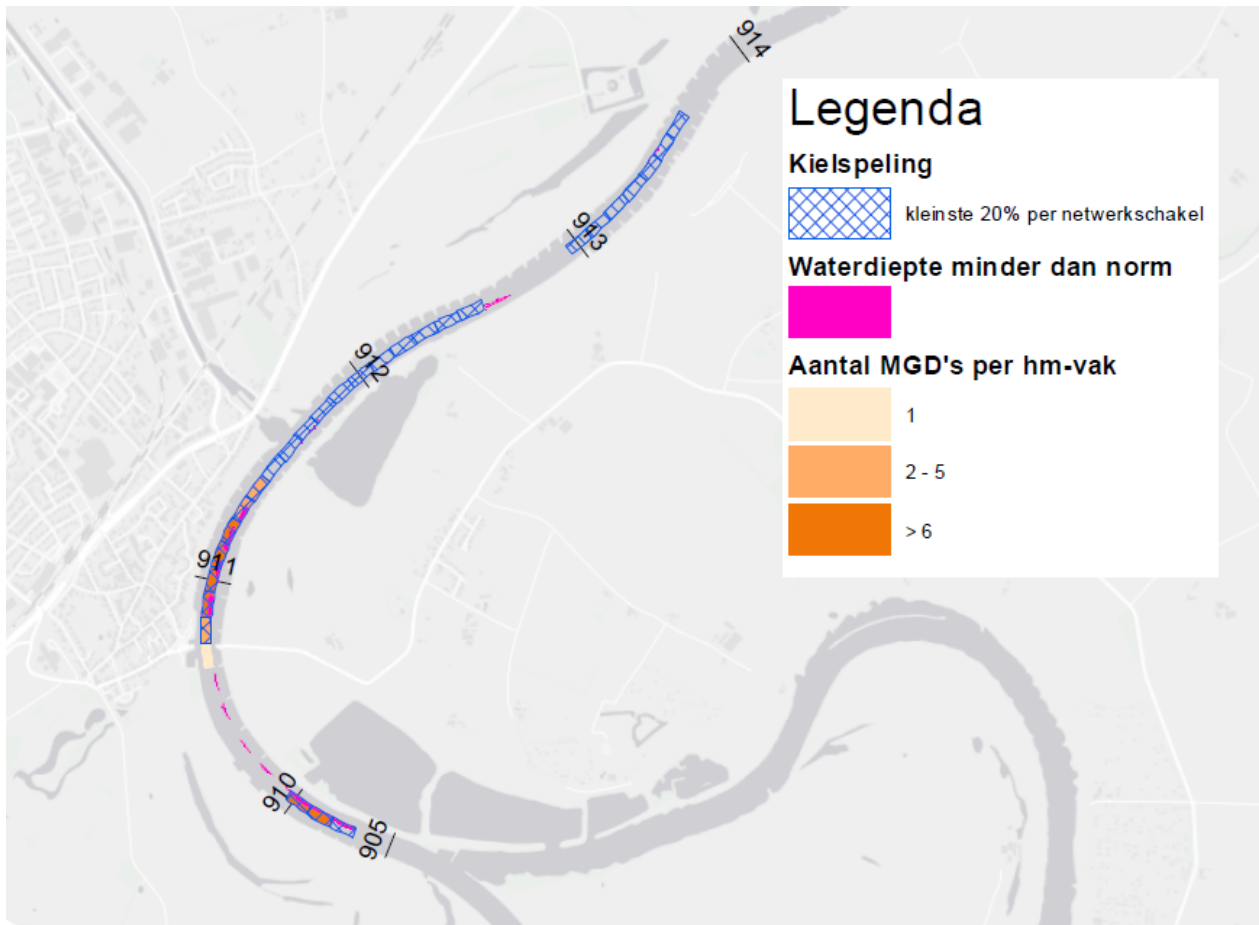
Figuur 3-8: Waterdiepte t.o.v. de norm van 2,50m waterdiepte bij OLR. Waterdieptekaarten Rijntakken RWS ON ([link](#)).



Figuur 3-9: Waterdiepte t.o.v. de norm van 2,50m waterdiepte bij OLR die niet voldoen rondom de aantakking van de huidig plas.



Figuur 3-10: Breedtegemiddelde diepte in de vaargeul t.o.v. de norm van 2,50m waterdiepte bij OLR tussen rkm 911 en 913. Voor scheepvaart dient 1 m beschikbaar te zijn voor voldoende kielspeling (groen in legenda). In geruite gebied is waterdiepte onvoldoende, Waterdiepte kaarten Rijntakken RWS ON ([link](#)).



Figuur 3-11: MGD (Minst gepeilde dieptes) locaties tussen rkm 910 en 914.

4 Het ontwerp

4.1 Ontwerpproces

Het rivierkundige ontwerpproces voor de Put Kraaijenvanger is begonnen in 2024 met een eerste verkenning, hierbij werd de plas verondiept waarbij eilanden zouden ontstaan met ruwe vegetatie. Dit ontwerp (kraaijvanger_a1) leidde tot een te grote waterstandsupstuwing (zie Figuur 4-1), waardoor het niet vergunbaar was. Er is toen met een 2^e som (kraaijvanger_a2) gekeken of dit vooral aan de ruwheid lag, door de ruwheid niet aan te passen. Het resultaat was nog steeds te veel waterstandsupstuwing bij MWH. Om tot een waterstandsdeling te komen zijn de volgende aanpassingen gedaan aan het ontwerp (kraaijvanger_a3):

- Talud van geulen zo veel als mogelijk 1:7 maken, maar was vooral 1 op 6,8 dus nog met hverschillijnen.
- Kruin eilanden verlagen naar 2/3 van het jaar onder water (aanname kruin +5.40 NAP (1.661 m3/s, kmr 912; 126 dagen per jaar gemiddelde onderschrijding)).
- Verschillende oevers verlaagd verlaagd (zie hiervoor H4.2), rekening houdend met beverburcht.
- Vegetatie in de geulen aangepast naar water (in eerste ontwerp waren het droge geulen met meer riet ruigte)

In het ontwerp variant kraaijvanger_a4 is de aansluiting op de KRW strang aanvullend ingepast en is het geulen patroon tevens ook nog wat aangepast, waardoor er overal een taluds van 1 op 7 is en er minder hverschillijnen nodig waren. Daarnaast is de vegetatie op de zuidelijke kade aangepast, om zo de landschappelijke verbinding met de KRW geul te verbeteren. Tot slot is de vegetatie uit de referentie weer teruggezet op de westoever.

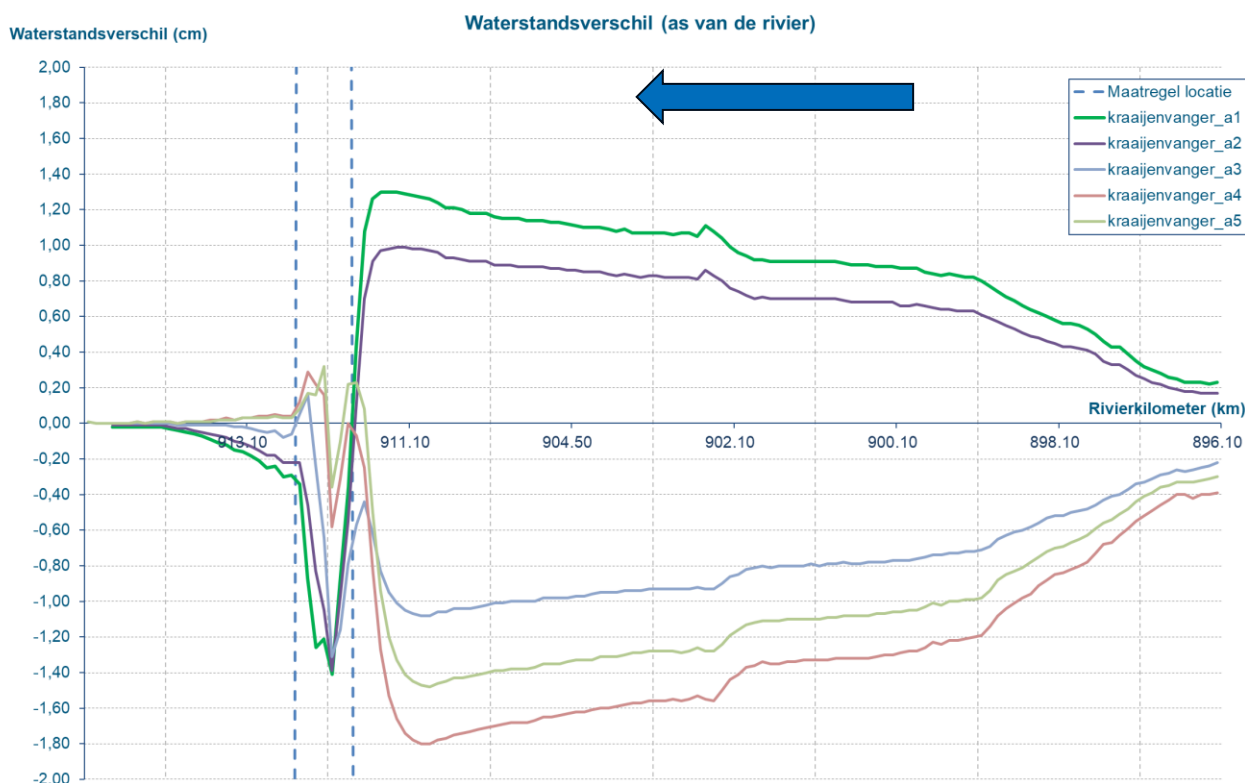
Het definitieve ontwerp kraaijvanger_a5 is verder geoptimaliseerd voor vooral dwarsstroming en morfologie, ten opzichte van variant a4 is in a5 de westelijke oever niet meer aangepast en de zuidelijke oever geoptimaliseerd.

De ontwerpen A3 t/m A5 leiden wel tot een waterstandsdeling bij MHW (met een kleine opstuwingspiek, als gevolg van de waterstandsdeling). Voor het waterstandseffect bij MHW lijken deze varianten wel vergunbaar. A3 en A4 bleken niet vergunbaar op de aspecten dwarsstroming en morfologie. De effecten van variant A5 worden in deze rapportage beoordeeld.

Optimalisatie morfologie

Om de morfologische effecten te beperken is de zomerkade tussen IJssel en plas weer teruggebracht naar zijn huidige hoogte (in eerdere ontwerpen was deze verlaagd, om voldoende waterstandsdeling te realiseren). Meeste interessante optimalisatie is de kade aan de zuidkant van de plas te verhogen voor het stuk dicht bij de IJssel ten westen van de hoge rug in de uiterwaard. Echter staat hier de doorsteek geland van de KRW geul bovenstrooms van de plas. Het is dus niet heel realistisch om hier de zuidkade van de plas te verhogen.

Het verhogen van de kade tussen de plas en de IJssel heeft morfologische gezien een negatief effect omdat op deze plek het water vooral uit de uiterwaard stroomt i.p.v. erin. Verhogingen op andere locaties liggen buiten het invloed gebied van het project en zijn daarom niet realistisch.



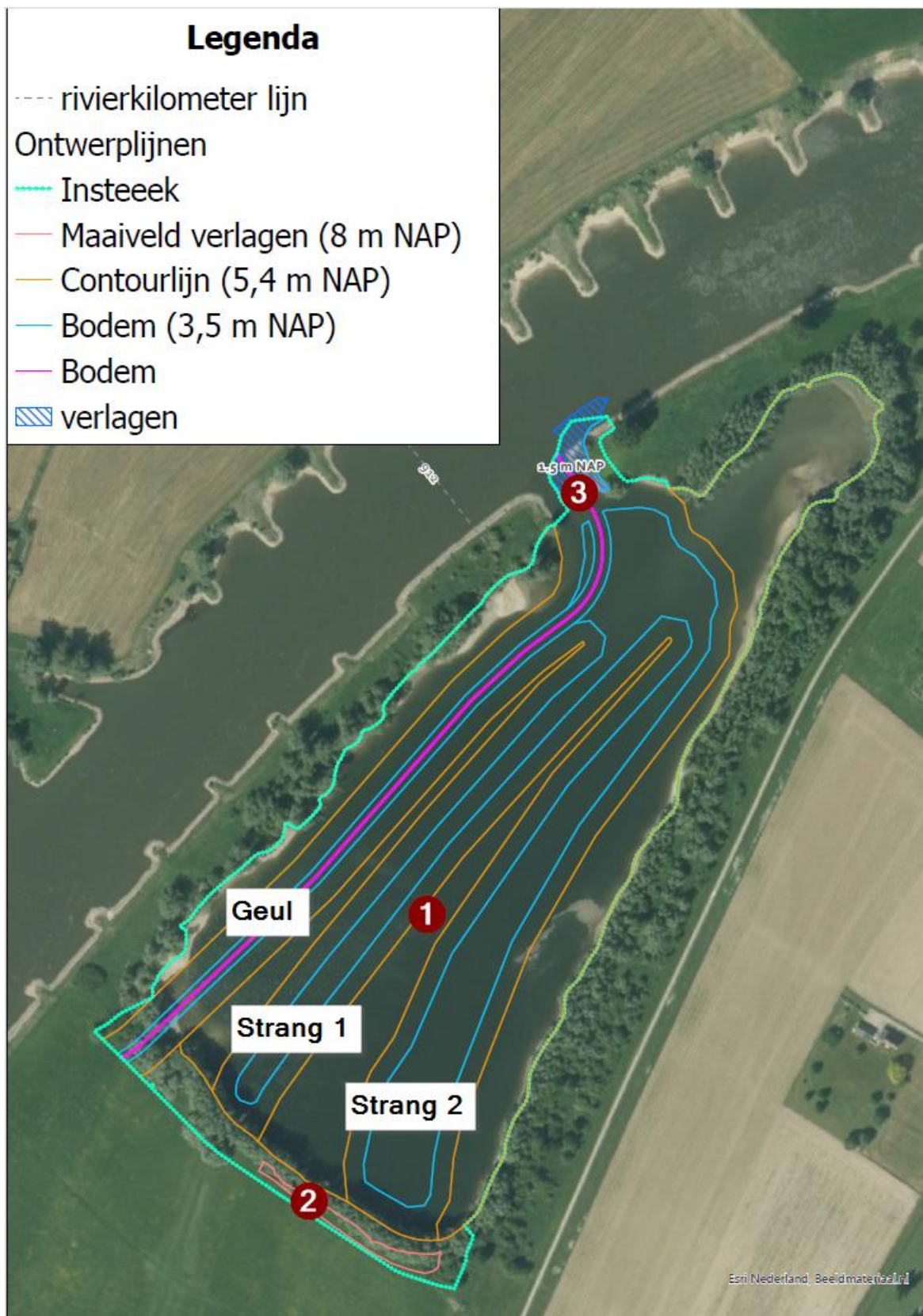
Figuur 4-1: Waterstandseffect van verschillende ontwerpen voor de Put Kraaijenvanger, waarbij a1 het eerste ontwerp was en a5 het laatste ontwerp wat nu voor ligt.

4.2 Het meest recente ontwerp (kraaijenvanger_a5)

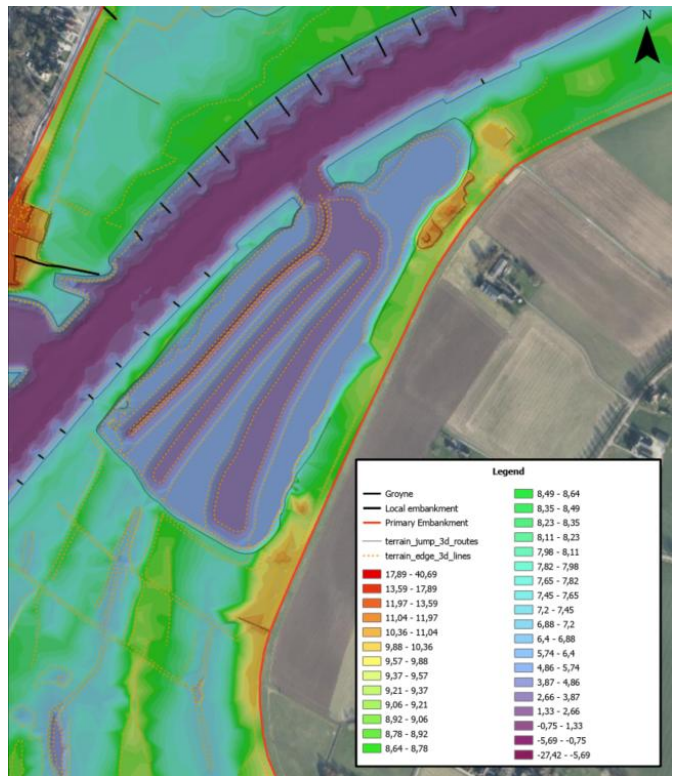
Het ontwerp is weergegeven in Figuur 4-2 (in meer detail in bijlage 1) bestaat uit meerdere elementen die van belang zijn voor rivierkunde:

- 1) Verondieping plas, realisatie van 1 geul (welke na aansluiting op de KRW-geul meestromend wordt) en 2 strangen (niet meestromend).; De 2 strangen hebben een bodem op 3,5 m NAP en het tussenstuk ligt op 5,4 m NAP met een talud van 1 op 7. De geul lijkt erg op de 2 strangen, heeft aan de bovenkant een talud van 1 op 7, vanaf 3,5 m NAP is het talud 1 op 3 met een 1 meter brede bodem op ongeveer 2,25 m NAP aan de zuidkant (met afschot van 0,1%) naar het noorden.
- 2) Verlagen van de haaks liggende kade naar 8 m NAP aan de zuidkant van de plas.
- 3) Verbreden instroom plas, talud 1:2 en bodem op 1,5 m NAP
- 4) Vegetatie is overgenomen conform aangeleverde vegetatiekaart (zie bijlage 2 en Figuur 4-4).
- 5) De aansluiting naar de KRW geul behoort niet tot dit ontwerp, deze zit namelijk al in het ontwerp van de KRW geul.

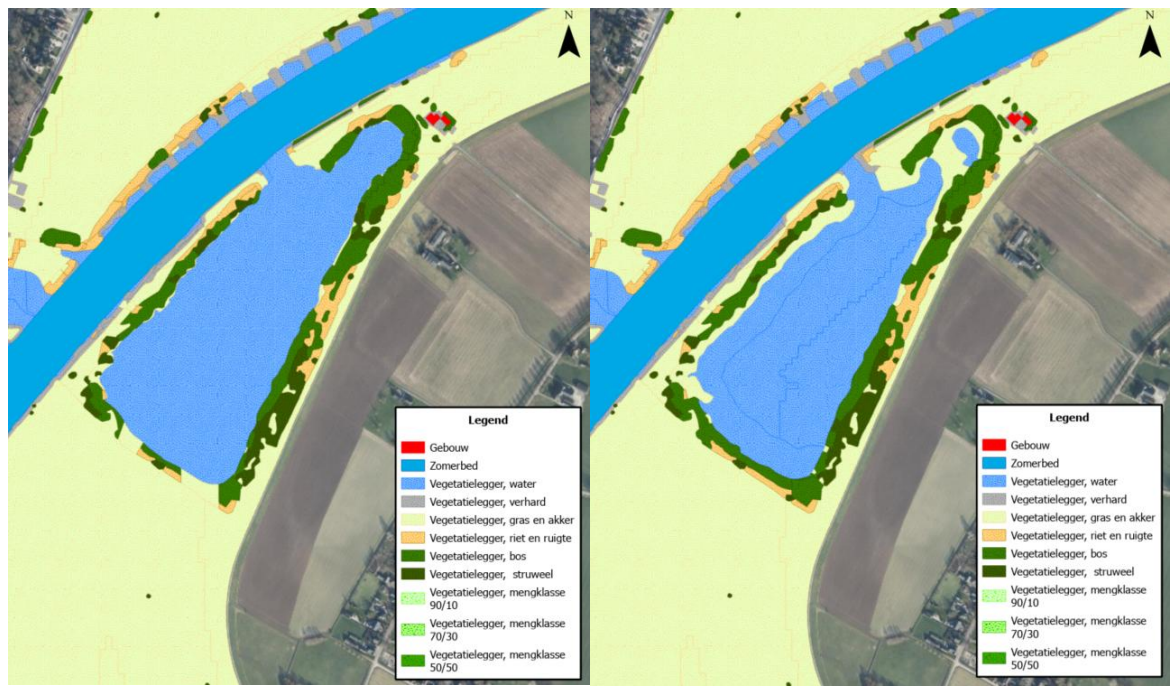
Bovenstaande ingrepen zijn opgenomen in de maatregel kraaijenvanger_a5 en zijn gevisualiseerd in Figuur 4-3 "bodemhoogtes rivierkundig model" en Figuur 4-4 "vegetatie rivierkundig model".



Figuur 4-2: ontwerp kraaijenvanger_a5 (met locatie nummers).



Figuur 4-3: Bodemhoogte baseline maatregel kraaijenvanger_a5



Figuur 4-4: Ontwerp baseline kraaijenvanger_a5 ruwheden (links) en referentie ruwheden (rechts);

4.3 Te verwachten effecten

4.3.1 Te verwachten hydraulische effecten

Hoogwaterveiligheid

Het is de verwachting dat alleen de verondieping van de herinrichting van de Put Kraaijenvanger leidt tot bovenstroomse waterstandsopstuwung. Echter door dat er ook vegetatie wordt verwijderd en kades verlaagd is de verwachting dat er een waterstandsdeling zal op treden.

Inundatie en meestromen

Naar verwachting zullen er geen grote verschillen zijn m.b.t. tot inundatie, dit omdat de plas zelf al in verbinding staat met de rivier.

Dwarsstroming

Het is de verwachting dat de dwarsstroming toeneemt wanneer de maatregel meer water de uitwaard in trekt. Dit zal vooral zijn aan de noordkant van het project omdat hier het water weer de uiterwaard uitstroomt.

4.3.2 Te verwachten morfologische effecten

Zomerbed

De te verwachten morfologische effecten in het zomerbed als gevolg van herinrichting van Put Kraaijenvanger zullen naar verwachting lokaal rond de aangetakte plas optreden. Elke verbreding van het rivierbed zal lokaal leiden tot sedimentatie, doordat de stroomsnelheid afneemt als gevolg van de verruiming van het doorstroomprofiel.

Uiterwaard

In de plas/geul zal de stroomsnelheid iets toenemen ten opzichte van de referentie, wat zal kunnen leiden tot een beperkte erosie.

In de uiterwaard zullen voor morfologie de verschillen met de referentie naar verwachting klein zijn, omdat hier de stroomsnelheden maar beperkt zullen veranderen.

5 Rivierkundige beoordeling

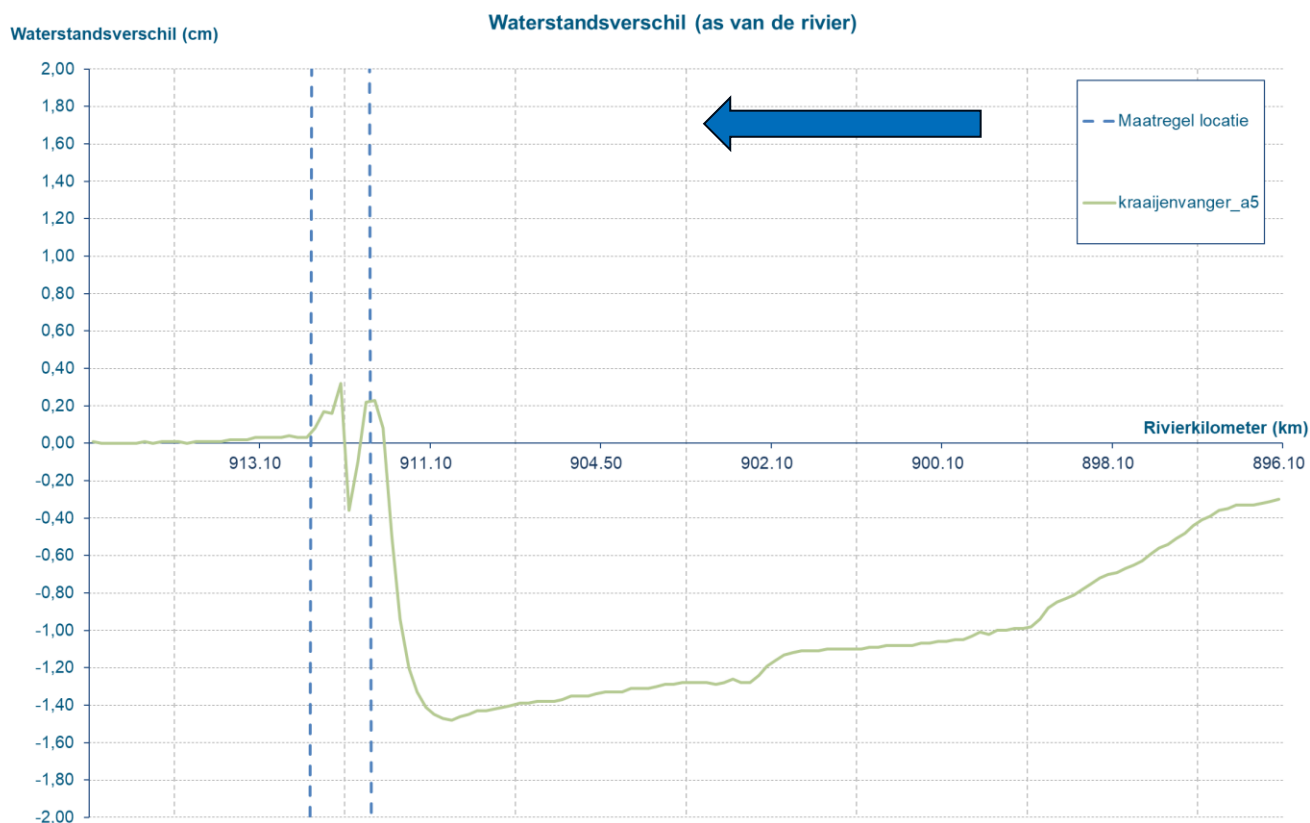
5.1 Hoogwaterveiligheid

Aspect 1.1 Hoogwaterreferentie waterstand in de as van de rivier

De voorwaarde bij de beoordeling van het waterstandseffect ten gevolge van ingrepen in het rivierengebied is dat zij in principe niet mogen leiden tot een verhoging van de waterstanden uit de Hoogwaterreferentie ('stand-still' principe). Echter, vanwege mogelijke onnauwkeurigheden in modelberekeningen wordt bij de beoordeling van berekende waterstandsverschillen een marge van 1 mm gehanteerd.

Om de effecten van de ingreep op de hoogwaterveiligheid te toetsen zijn er sommen gemaakt met een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith. Figuur 5-1 geeft het stuwingseffect weer bij 16.000 m³/s van variant 'Kraaijenvanger_a5' ten opzichte van de referentiesituatie.

Figuur 5-1 laat zien dat de variant niet aan de voorwaarde voldoet om onder de 1 mm opstuwing te blijven. Ter hoogte van rivierkilometer 912,3 vindt een maximale lokale opstuwingspiek plaats van 3,2 mm.



Figuur 5-1: Waterstandseffect op de as van de rivier (kraaijenvanger_a5 - kraaijenvanger_ref).

Ook vindt er bovenstrooms van de ingrepen een waterstandsverlagend effect plaats welke ter hoogte van rivierkilometer 910,9 een maximum bereikt van -14,8 mm. Het RBK 6.0 schrijft voor dat een benedenstrooms piekje is toegestaan indien is voldaan aan de volgende drie voorwaarden:

1. Indien het ontwerp geoptimaliseerd is, én

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

Aan de eerste voorwaarde wordt deels voldaan, aangezien het ontwerp door middel van meerdere iteraties is geoptimaliseerd (zie H4.1). Wel kan het zijn dat in overleg met RWS nog aanvullende optimalisaties nodig zijn.

Het voldoen aan de tweede voorwaarde kan worden aangetoond middels de 'zaagtandmethode'. In Figuur 5-1 is duidelijk te zien dat het oppervlak onder de nullijn van waterstandverlaging vele malen groter is dan het oppervlak boven de nullijn van waterstandverhoging. Er kan dus geconcludeerd worden dat het toepassen van de 'zaagtand' geoorloofd is.

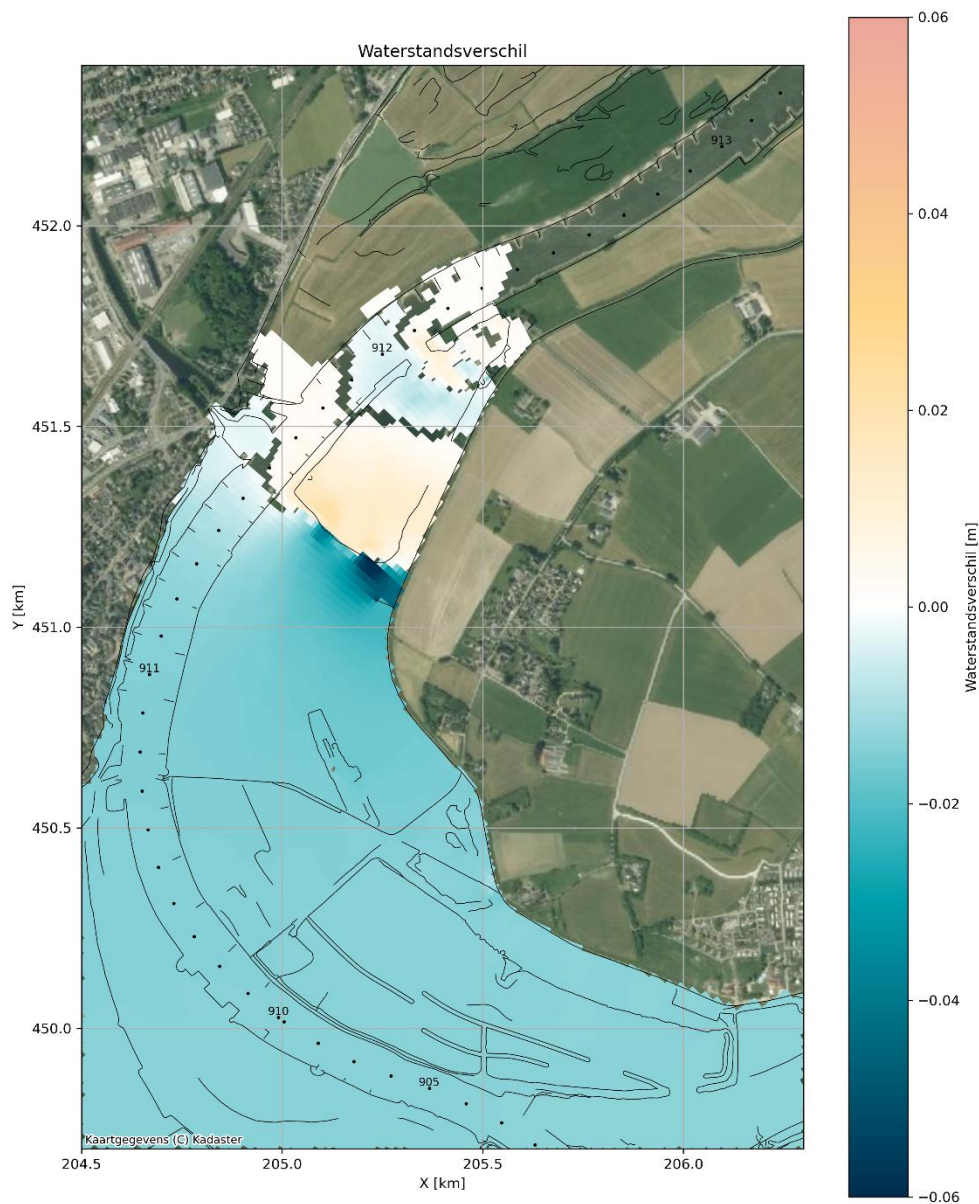
Aan de derde voorwaarde wordt ook voldaan doordat de waterstandsverhoging slechts lokaal optreedt en geen invloed heeft op derden. Dit is in bij aspect 1.2 onderbouwd.

Aspect 1.2 Hoogwaterreferentie waterstand buiten de as van de rivier

Als gevolg van een ingreep in een uiterwaard kan de lokale stroming veranderen waardoor er in de omgeving van de ingreep veranderingen in waterstand en stroomsnelheid ontstaan. Door lokale opstuwing kan het effect van een ingreep buiten de as van de rivier, zoals aan de waterkering, afwijken van het effect op de as. Dit aspect van het RBK 6.0 gaat hierop in.

Het effect van de maatregel op de waterstand bij de hoogwater-referentie buiten de as van de rivier is weergegeven in Figuur 5-2. De effecten komen over het algemeen goed overeen met de waterstandseffecten op de as van de rivier. Echter, zijn de extremen logischerwijs groter dan op de as van de rivier, aangezien het een ingreep in de uiterwaard betreft. De maatregelen veroorzaken lokaal een waterstandsverhogend effect van maximaal 2 cm ter plaatse van de grootste verhoging van de bodem van de plas, en maximaal 7 cm verlaging direct bovenstrooms van de plas dicht tegen de banddijk aan. Hier wordt het maaiveld iets verlaagd en worden stukjes riet & ruigte, ooibos en struweel vervangen door een gras en akker ruwheid (Figuur 4-4). Vervolgens is er weer circa 1 cm opstuwing in het zuidelijk deel van de plas gevolgd door circa 1 cm waterstandsval in de noordelijke helft van de plas. De maximale opstuwing langs de oostelijke banddijk (Waterschap Rijn en IJssel) is circa 1 cm over een lengte van circa 600 meter langs de plas. Langs de westelijke banddijk (Waterschap Vallei & Veluwe) is de opstuwing verwaarloosbaar.

De effecten (opstuwing) langs de banddijk dienen aan de beheerder van de waterkering te worden voorgelegd (Waterschap Rijn en IJssel). Langs de dijk treedt er lokaal zowel verhoging als verlaging van de waterstand op, per saldo zijn de effecten op de locatie van de ingreep neutraal. Verder kijkend richting bovenstrooms is het beeld positiever. Er vindt waterstandsverlaging langs de banddijk plaats tot voorbij Doesburg aan de oostzijde en tot aan Rheden aan de Westzijde. Naast de belangen van het waterschap worden door de waterstandseffecten veroorzaakt door de ingrepen geen andere belangen van derden geschaad. Enkele centimeters waterstandsverhoging in een hoogwatersituatie op percelen van derden veroorzaakt hier verder geen ongewenste effecten.



Figuur 5-2: Waterstandseffect in het 2D-vlak (in m) t.o.v. de referentie voor variant 'kraaijvanger_a5' bij een afvoer van 16.000 m³/s.

Aspecten 1.3 – 1.4 Afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop en IJsselkop bij hoge en maatgevende Boven-Rijn afvoer

Vanuit het RBK 6.0 is het vereist om het effect van de maatregel op de afvoerverdeling bij de splitsingspunten IJsselkop en Pannerdensche Kop te beoordelen. Dit dient beoordeeld te worden voor de hoogwater-referentie (16.000 m³/s), normaal hoogwater (10.000 m³/s) en laag water (OLA, 1020 m³/s). Vanuit het RBK is een verandering van maximaal 5 m³/s toegestaan bij de hoogwater-referentie. Bij een normaal hoogwatersituatie is een maximale verandering van 20 m³/s toegestaan.

Zoals in de vorige secties gepresenteerd hebben de maatregelen bij de hoogwater-referentie afvoer bovenstrooms een waterstandsverlagend effect. Het ontwerp leidt tot een zeer beperkte daling van de waterstand (-0.1 á 0.2 mm) bij zowel de IJsselkop (rkm 878) als de Pannerdensche Kop (rkm 867). Als

vuistregel hanteren wij een verschuiving in de afvoerverdeling van 1 m³/s op het splitsingspunt bij een wijziging in waterstand van 1 mm. Met maximaal 0,2 mm verlaging bij de zowel IJsselkop als de Pannerdensch Kop blijft de mogelijke verandering in afvoerverdeling dus ruim binnen de grenzen van de beoordelingsnorm van maximaal 5 m³/s.

Bij een lagere afvoer dan de hoogwater-referentie zijn de waterstandseffecten nog kleiner. De inschatting is dat er dan ook geen effecten op de afvoerverdeling plaats zullen vinden bij een normaal hoogwater (10.000 m³/s) en in zijn geheel niet bij OLA.

Toelichting vuistregel afvoer verdeling

Vuistregel komt uit project voor regelwerken pannerdensch kop. In project voor vaste laag Nijmegen in 2022 (project Vaarweg- en Kribvaksuppletie Waal) is de vuistregel gevalideerd. Hier kwam uit dat de vuistregel van '1 m³/s verschuiving per mm waterstandseffect' goed overeenkomt met de berekende verschuiving van de afvoerverdeling bij hoogwater (MHW).

Afvoer bij Lobith	Opstuwing op splitsingspunt	Verschuiving afvoer naar Pannerdensch Kanaal
1.020 m ³ /s	4,8 mm	+0,65 m ³ /s
16.000 m ³ /s	0,5 mm	+0,72 m ³ /s

Aspect 1.5 IJsafvoer

IJsdammen in de rivier en kruiend ijs tegen de dijk kunnen potentieel leiden tot overstromingen en dijkdoorbraken. Zodoende dient, bij een wijziging van het zomer- en/of winterbed van een rivier, een goede geleiding van water en ijs gewaarborgd te blijven. Naar ons oordeel hebben de maatregelen geen effect op de afvoer van ijs of de vorming van ijssdammen. Deze conclusie is gebaseerd op:

- De ingrepen hebben betrekking op wijzigingen in vegetatie, veranderingen in bodemhoogtes in de plas en van een stukje van de kade ten zuiden van de plas. Maar binnen dit ontwerp is in geen geval is sprake van het aanleggen of uitbreiden van aangetakte (neven)geulen of het aantakken van bestaande strangen op het zomerbed. In dit opzicht blijft het gelijk aan de referentiesituatie.
- Er is door de maatregelen geen grote toename aan oppervlaktewater gerealiseerd en dus zal dit ook niet voor extra ijstoevoer naar de hoofdgeul zorgen. Wel zou ijs potentieel makkelijker het zomerbed in kunnen stromen doordat de huidige verbinding van de plas met het zomerbed iets verbreed is. Echter stond de plas in de referentiesituatie ook al in verbinding met het zomerbed en kon het ijs altijd al relatief makkelijk het zomerbed instromen.
- Er vinden verder geen ingrepen plaats aan de kribben of andere geleidingswerken langs de vaargeul. De geleiding van ijs in het zomerbed blijft daarmee ongewijzigd.
- Er is geen sprake van het oprichten van obstakels/belemmeringen die een vrije afvoer van het ijs bemoeilijken.

5.2 Hinder of schade door hydraulische effecten

Aspect 2.1 Inundatiefrequentie van de uiterwaard

Als gevolg van een ingreep kan de frequentie van instromen van (delen van) de uiterwaard wijzigen. Dit kan nadelig zijn voor omwonenden, voor de bereikbaarheid of voor de natuurontwikkeling. Dit aspect uit het RBK 6.0 gaat daarop in. Een verandering van de inundatiefrequentie mag in enkel beperkte mate leiden tot nadelige gevolgen voor de gebruikers van een gebied en/of benedenstroomse gebieden. Bij nadelige effecten moet in overleg met de belanghebbenden een oplossing worden gevonden.

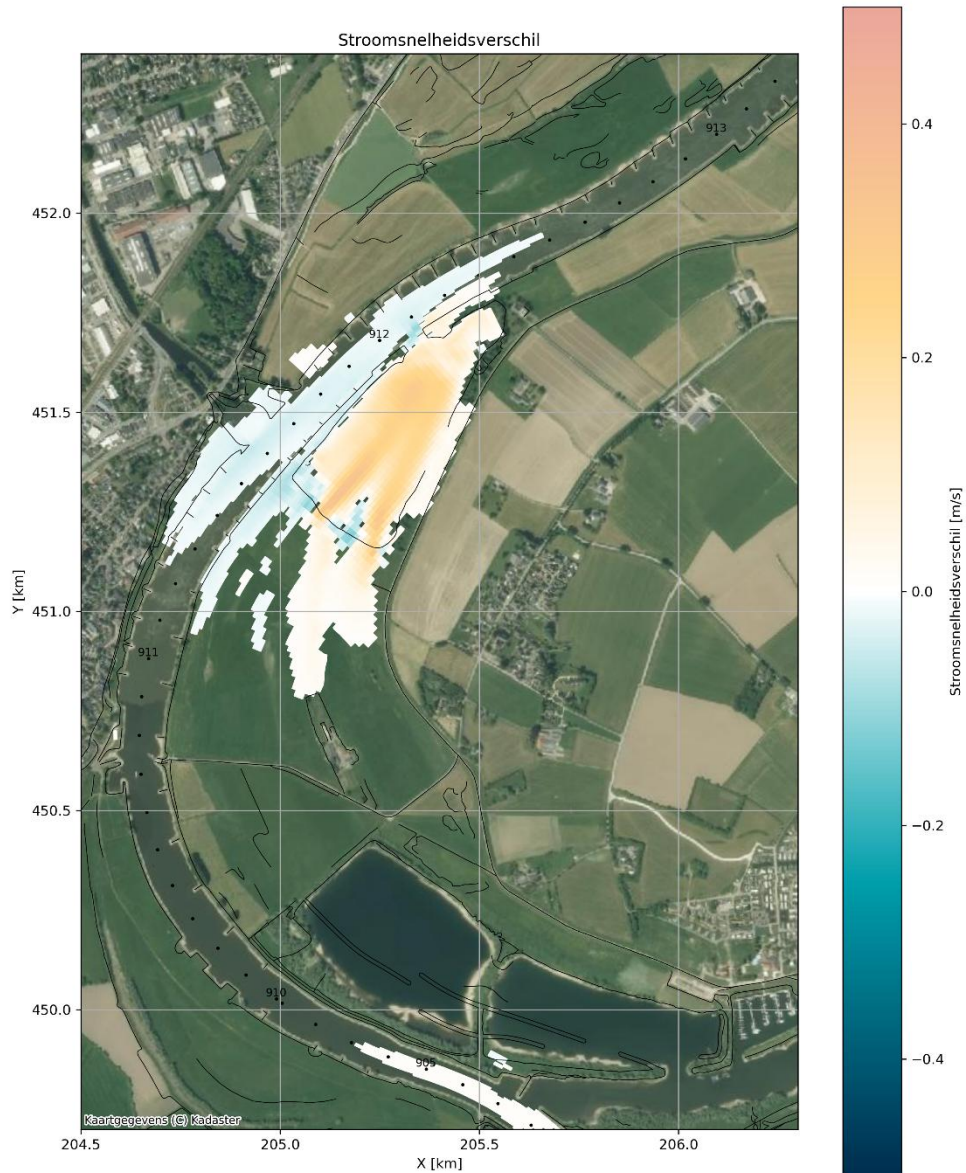
In het planvoornemen is maar 1 zomerkade deels verlaagd het gaat om de zuidkade van de plas (zie Figuur 4-2). De zomerkade wordt verlaagd tot het huidige laagste punt van de kade (8 m NAP) waardoor het moment van inunderen van de uiterwaard niet veranderd.

Bovendien zijn de waterstandseffecten van de maatregelen daarnaast dusdanig gering, ordegrrootte van millimeters tot centimeters, dat er hierdoor geen sprake kan zijn van een onwenselijke verandering van de inundatiefrequentie. Er treden dus geen ongewenste wijzigingen van de inundatiefrequenties op die tot hinder voor terreineigenaren, bewoners of bedrijven zou kunnen leiden.

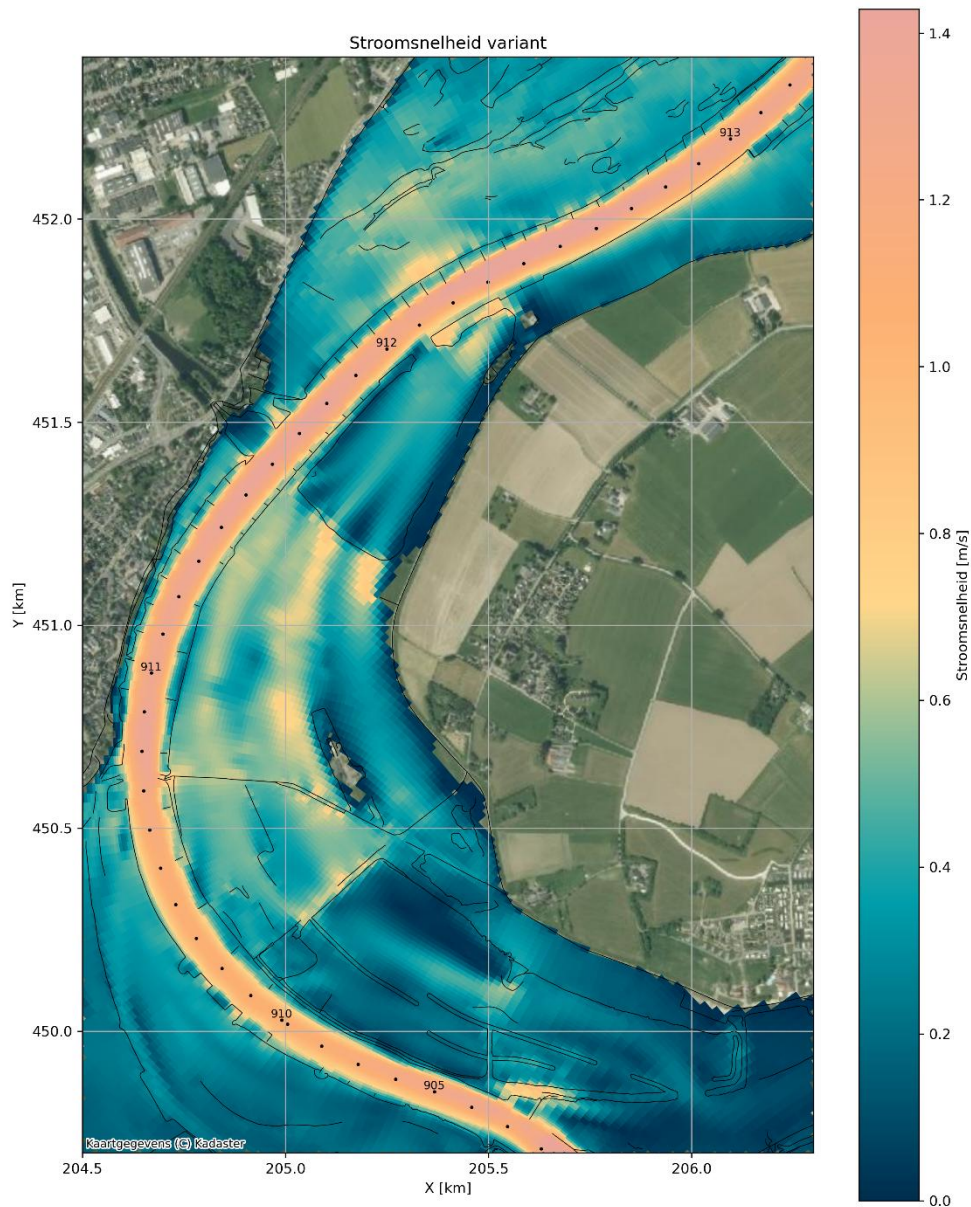
Aspect 2.2 Stroombeeld in de uiterwaard

Door ingrepen langs de rivier kunnen (lokale) stroomsnelheden in de uiterwaard veranderen. Dit kan resulteren in lokale erosie bij constructies als kribben, gebouwen, kaden, wegen, maar ook langs randen van plassen en geulen. Dit beoordelingsaspect is omschreven in aspect 2.2 van het RBK 6.0. De mate van eventuele effecten wordt ingeschat door het beoordelen van de verandering van de grootte en richting van de stroomsnelheden bij een afvoer van 10.000 m³/s. De grootste absolute verschillen over de grootste oppervlaktes zijn te zien bij een afvoer 10.000 m³/s. Als dit stroombeeld voldoet, dan voldoen daarmee ook de stroombeelden voor lagere afvoeren. Het verschil in stroombeeld bij een afvoer van 10.000 m³/s is daarom inzichtelijk gemaakt zie Figuur 5-3. Figuur 5-4 toont de absolute stroomsnelheden in de variant bij een afvoer van 10.000 m³/s. In Bijlage 3 zijn de absolute stroomsnelheden in de referentie en in de variant inzichtelijk gemaakt bij afvoeren van 6.000, 8.000 en 10.000 m³/s, alsmede de stroomsnelheidsverschillen tussen de variant en de referentie. Hier is te zien dat de absolute waardes logischerwijs bij lagere afvoeren kleiner worden. Hetzelfde geldt voor de verschillen in stroomsnelheid tussen de variant en referentie.

Als gevolg van de ingreep in Put Kraaijenvanger zullen bij normaal hoogwater de stroomsnelheden lokaal in de uiterwaard met maximaal 0,35 m/s toenemen. Hierbij wordt de toekomstige maximale snelheid in de uiterwaard 0,9 m/s. Dergelijke stroomsnelheden in de uiterwaard resulteren niet in ongewenste lokale erosie langs de randen van de plassen en geulen. De absolute stroomsnelheden blijven onder de kritische grens van erosie van een met gras beklede oever of dijk. Afhankelijk van de kwaliteit van de grasmat, kan een met gras beklede oever stroomsnelheden tot 1,5 à 2,5 m/s weerstaan gedurende 100 uur achter elkaar, conform CUR201 (RWS, 1999). Er is dus geen extra risico op ongewenste erosie langs de randen van de plassen en geulen. Op het buitentalud van de dijk is een zeer minimale verhoging (maximaal 0,05 m/s) van de stroomsnelheid aanwezig, maar de absolute stroomsnelheid blijft hier zeer laag (maximaal 0,1 m/s). Andere erosiegevoelige constructies zijn niet aanwezig. Er ontstaat dus geen extra hinder en/of schade en hiermee wordt voldaan aan het criterium.



Figuur 5-3: Verschil in stroomsnelheid tussen 'kraaijenvanger_a5' en de 'referentie' in 2D bij een afvoer van 10.000 m³/s te Lobith.



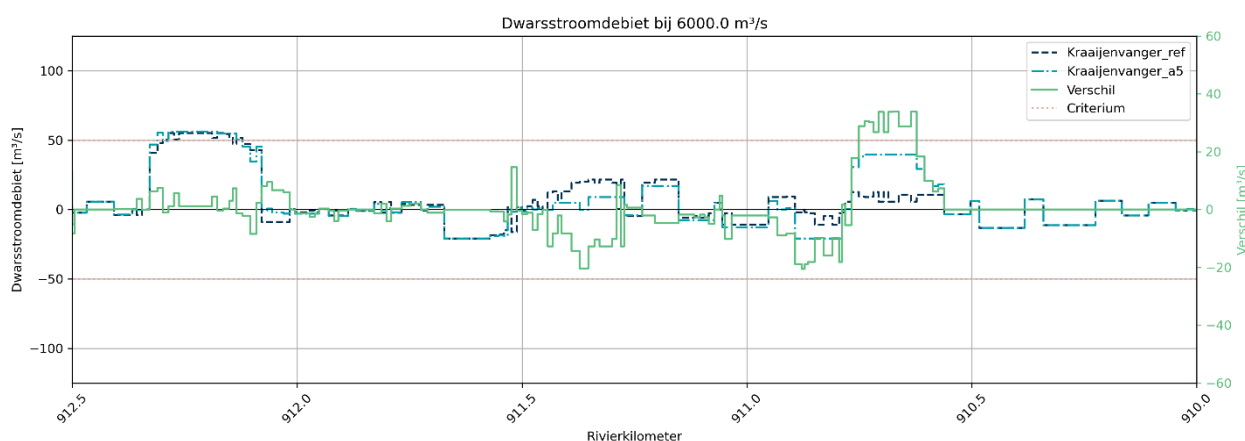
Figuur 5-4: Absolute stroomsnelheden van variant 'kraaijenvanger_a5' in 2D bij een afvoer van 10.000 m³/s te Lobith.

Aspect 2.3 Stroombeeld in vaarweg

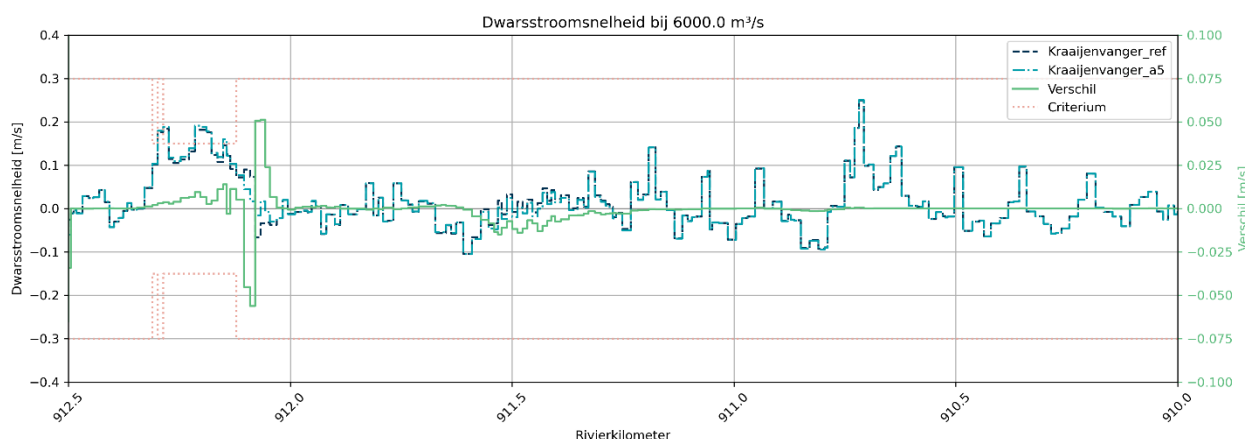
Bij een stroming van uiterwaard naar hoofdgeul en omgekeerd (bijvoorbeeld bij de aan- of aftakking van een nevengeul of andere ingreep in de uiterwaard) kunnen er dwarsstromingen in de vaargeul ontstaan. In mindere mate treedt deze dwarsstroming ook op bij stroming in en uit kribvakken. Deze dwarsstromingen kunnen hinderlijk zijn voor de scheepvaart en de veiligheid (navigatie) nadelig beïnvloeden. Dit is aspect 2.3 van het RBK 6.0. Ingrepen mogen niet resulteren in een absolute dwarsstroming in de vaarweg die groter is dan 0,15 m/s bij een debiet van meer dan 50 m³/s. Bij kleine debieten (< 50 m³/s) geldt conform de Richtlijnen Vaarwegen (2020) een maximum dwarsstroomsnelheid van 0,30 m/s. Indien de dwarsstroming in de referentiesituatie al boven de normen zit, dan geldt dat de ingreep geen toename van de dwarsstroming mag veroorzaken.

In de referentiesituatie zijn de dwarsstroomsnelheden op de bakenlijn parallel aan Put Kraaijenvanger op sommige locaties al vrij fors. De verschillen in dwarsstroming zijn geanalyseerd voor de afvoeren 4.000, 6.000, 8.000 en 10.000 m³/s, omdat de plas/ingreep vanaf een afvoer van ca. 4000 m³/s pas mee stroomt.

Tot aan rivierkilometer 912 zijn de verschillen in dwarsstroming voor alle afvoeren nihil (zie bijlage 4) voor 910 en na 912,5 zijn er geen verschillen. De grootste verschillen in dwarsstroming vinden plaats tussen rivierkilometer 912,0 en 912,3. Bij 4000 m³/s is op dit traject het dwarsstromingsdebiet < 50 m³/s en wordt het criterium voor van 0,3 m/s gebruikt. Voor de afvoeren vanaf 6.000 m³/s is het dwarsstromingsdebiet op dit traject > 50 m³/s (zie Figuur 5-5) en is het criterium gelijk aan 0,15 m/s. Figuur 5-6 laat de effecten op dwarsstroming zien op dit traject voor een afvoer van 6.000 m³/s. Voor deze afvoer zijn de verschillen het grootst. De dwarsstroming voor de overige afvoeren is te zien Bijlage 4.



Figuur 5-5: Dwarsstromingsdebiet op de oostelijke bakenlijn voor variant 'kraaijenvanger_a5', de referentie en het verschil bij een afvoer van 6.000 m³/s bij Lobith. Groene "Verschil" lijn hoort bij de rechter Y-as.



Figuur 5-6: Dwarsstroming op de oostelijke bakenlijn voor variant 'kraaijenvanger_a5', de referentie en het verschil bij een afvoer van 6.000 m³/s bij Lobith. Groene "Verschil" lijn hoort bij de rechter Y-as.

In Figuur 5-6 is te zien dat de maatregelen in de plas bij een afvoer van 6.000 m³/s er op sommige locaties voor zorgen dat de dwarsstroming net boven het criterium van 0,15 m/s komt of dat de stroomsnelheid hoger wordt op locaties waar het criterium al reeds overschreden is. Dit laatste is ook het geval bij de afvoeren 8.000 en 10.000 m³/s (zie Bijlage 4). De plas/uiteerwaard trekt net iets meer water dat terugstroomt na de ingang van de plas, waardoor de stroomsnelheid aan het einde van de plas met

maximaal 1 cm/s toe neemt op locaties die al niet voldeden aan de norm. Tabel 2 geeft de locaties aan waar de dwarsstroomsnelheid toeneemt boven de norm (ook wanneer deze al niet voldeed), de maximale stroomsnelheid wordt steeds gegeven voor de referentie en variant en verschil voor de verschillende afvoeren. De negatieve effecten vinden vooral plaats rond rivierkm 912,2 de toename is hier circa 0,01 m/s, bij rivierkilometer 912,3 zijn de verschillen minder dan 0,01 m/s.

Daarnaast zijn er ook positieve effecten op de dwarsstroming zichtbaar. Het planvoornemen zorgt voor een afname van de dwarsstroming nabij rivierkilometer 912,1, bij 8000 m³/s is dit de afname 4 cm/s en neemt de absolute dwarsstroming af tot 0,14 m/s waardoor deze locatie voor de variant voldoet aan de norm. Bij 10.000 m³/s is dit de afname 5 cm/s en neemt de absolute dwarsstroming af van 0,3 m/s naar 0,25 m/s, hier treedt dus een verbetering op. Per saldo zijn de effecten min of meer neutraal te noemen.

Het is aan bevoegd gezag om te beoordelen of bovenstaande effecten op dwarsstroming toelaatbaar zijn.

Tabel 2: Dwarsstroming referentie (ref) en variantie (var) voor rkm 912,1 t/m 912,3 voor verschillende afvoeren (stroomsnelheid in m/s afvoer in m³/s), wanneer deze niet aan de norm voldoen

rkm	912,1			912,2			912,3		
Afvoer	Ref	Var	Vershil	Ref	Var	Vershil	Ref	Var	Vershil
6000	-	-	-	0,18	0,19	+0,01	0,18	0,18	0
8000	0,18	0,14	-0,04	0,27	0,27	0	0,29	0,29	0
10000	0,3	0,25	-0,05	0,32	0,33	+0,01	0,37	0,37	0

Aspect 2.4 – 2.5 Afvoerverdeling bij hoge en lage afvoeren

Voor aspect 1.3 en 1.4 is reeds aangetoond dat de effecten van het planvoornemen op de waterstand geen significante verandering van de afvoerverdeling teweegbrengt, zowel bij een afvoer van 16.000 m³/s als 10.000 m³/s. Doordat de waterstandseffecten in het splitsingspuntengebied al zo klein zijn bij deze hoge afvoeren, is er geen reden om aan te nemen dat het planvoornemen bij OLA (1020 m³/s) wel significante veranderingen in de afvoerverdeling teweeg kan brengen in het splitsingspuntengebied. Hiermee kan er geen schade of hinder ontstaan door een verandering in de afvoerverdeling en daarmee voldoet het ontwerp aan de aspecten 2.4 en 2.5 uit het RBK6.0.

Aspect 2.8 Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken

Bij lage en mediane afvoeren stroomt het plangebied niet mee. Pas vanaf afvoeren van 6.000 m³/s en hoger te Lobith zal het plangebied mee gaan stromen, aangezien dan de verlaagde oevers en zomerkades geïnunderd zullen zijn. Bij alle afvoeren tot aan OLA (1020 m³/s) zal de Put Kraaijenvanger in open verbinding met het zomerbed staan. Dit was ook al zo in de referentie situatie. Het verondiepen van de plas zal niet voor extra onttrekking van water uit het zomerbed zorgen. Echter, doordat de plas bij iets lagere afvoeren zal gaan meestromen dan in de referentiesituatie, zal er enige sedimentatie in het zomerbed plaatsvinden. Dit is verder beschouwd in sectie 5.3, waar voor aspect 3.1 uit het RBK6.0 de sedimentatie en erosie van het zomerbed beoordeeld wordt. Het planvoornemen voldoet voor dit criterium, aangezien er geen directe effecten op de onttrekking van water uit het zomerbed zijn.

Aspect 2.9 Waterstand en stroombeeld in de vaargeul in de Nederlands-Duitse grensregio bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren

Voor aspect 1.3, 1.4, 2.4 en 2.5 is reeds aangetoond dat er voor alle relevante afvoeren geen effecten worden verwacht in het splitsingspuntengebied. Daarmee worden er ook geen effecten in de Nederlands-Duitse grensregio verwacht, aangezien deze nog een aantal kilometer verder bovenstrooms ligt. Het planvoornemen voldoet hiermee aan dit criterium.

5.3 Morfologische effecten

De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in de volgende paragraaf.

Aspect 3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers)

Ingrepen langs de rivier kunnen effect hebben op de stroomsnelheid in het zomerbed. Deze verandering van stroomsnelheid kan leiden tot ongewenste aanzanding of erosie, hetgeen een effect kan hebben op de bevaarbaarheid van de vaargeul voor de scheepvaart. Blijvende hinder is niet toegestaan conform het veroorzakersbeginsel uit het Beheer- en ontwikkelplan voor de rijkswateren 2016 – 2021 (BPRW 2016 - 2021). Dit is aspect 3.1 van het RBK 6.0.

Voor de morfologische analyse is een analyse met D-FAST MI uitgevoerd waarbij gerekend is met de volgende afvoeren 4.000 m³/s, 6.000 m³/s en 8.000 m³/s bij deze afvoeren stroomt de actief mee.

Voor scheepvaart geldt een gegarandeerde minimale nautische waterdiepte van 2,50 m bij de overeengekomen Lage Rivierstand (OLR). OLR ligt bij rivierkilometer 912 op 4,04 m NAP. Ten behoeve van voldoende kielspeling geldt dat er gemiddeld over de breedte van de vaargeul 1,0 m kielspeling (specifiek voor de IJssel, RBK 6.0) beschikbaar moet zijn ten opzichte van deze norm van 2,50 m waterdiepte bij OLR.

In de huidige situatie zijn er al plekken in de IJssel op dit traject die niet voldoen, dit is benoemd in paragraaf 3.5. Rondom rivierkilometer 912,1 wordt de invaart verbreedt. In het ontwerp is hier de aanzanding ook het grootst echter wordt in het ontwerp de bodem hier verlaagd naar 1,5 m NAP (gebaggerd), dit is weergegeven in Figuur 5-7. Morfologisch treedt hier dus een verbetering op, waarmee deze locatie aan de norm voldoet.

Resultaten D-Fast

Figuur 5-7 toont een 2D-kaart van de morfologische effecten in het zomerbed van het ontwerp 'kraaijenvanger_a5' in de evenwichtssituatie (die pas na een langere periode wordt bereikt). Hieruit wordt het volgende duidelijk:

- Het grootste deel van de aanzanding (in het geel/rood) vindt plaats tussen rivierkilometer 911,4 en 913,0 in de buitenbocht. Dit doordat de uiterwaard wat meer water trekt en de inlaat bij de plas vergroot is, waardoor de stroomsnelheid in het rivierbed hier af neemt. Gevolg is aanzanding.
- Rondom rivierkilometer 912,1 wordt de invaart verbreedt. In het ontwerp is hier de aanzanding ook het grootst echter wordt in het ontwerp de bodem hier verlaagd naar 1,5 m NAP (gebaggerd). Deze verlaging is verwerkt in de resultaten door in hectometervak ij_9028 de bodem te verlagen tot 1,5 m NAP (= 4 cm boven de norm) hierna volgt er nog wel sedimentatie van 14 cm dit is terug te zien in onder andere in Figuur 5-9. Morfologisch treedt hier dus een verbetering op.

Figuur 5-8 toont in de referentiesituatie en het ontwerp 'kraaijenvanger_a5' de waterdiepte t.o.v. de norm, en de beoordeling aan de norm hiervoor. (Hierbij is bepaald door te kijken naar de laagste waterdiepte per rastercel per hectometervak). In de referentie is de waterdiepte t.o.v. de norm al onvoldoende over een

groot traject, dit is ook te zien in Figuur 3-8 en Figuur 3-9. Op deze locaties heeft de aanzanding als gevolg van de ingrepen effect op de doorvaart en het benodigde baggervolume. Tussen rivierkilometer 911,4 en 913,0 neemt de diepte ten opzichte van de norm af, daarnaast zijn er enkele pixels bij gekomen die niet voldoen aan de norm (zie Figuur 5-10). Op deze locaties heeft de aanzanding effect op de doorvaart en het benodigde baggervolume.

De jaargemiddelde morfologische effecten per hectometer vak worden in Bijlage 4 en Figuur 5-9 gepresenteerd voor het variant 'kraaijenvanger_a5'. Hieronder zijn bevindingen uit de tabel samengevat:

- A. In het gebied tussen rkm 911,3 – 913,1 ontstaat 602 m³ aan sedimentatie en 2 m³ aan erosie.
- B. Het effect op de maximale bodemhoogte t.o.v. norm is kleiner dan 1 cm, dit is terug te zien in de tabel in bijlage 4: De hmvakken ij_9023 (rkm 911,6), ij_9024 (rkm 911,7), ij_9025 (rkm 911,8), ij_9030 (rkm 912,3) en ij_9032- ij_9035 (rkm 912,5-912,8) verslechteren en voldeden al niet aan de norm in de referentie gaat hier om verslechtingen van max 1 cm. In de hmvakken ij_9027 (rkm 912,0), ij_9028 (rkm 912,1) en ij_9029 (rkm 912,2) treedt er juist een verbetering op. Waarbij de verbetering in ij_9028 het grootst is doordat hier de invaart verbreed wordt is de verbetering 48 cm.
- C. Het extra volume boven de norm (OLR -2,5 m) bedraagt 0 m³, omdat de situatie rond rivierkilometer 912,1 verbeterd door het baggeren bij verbreden van de invaart.
- D. Het baggervolume effect incl. 30 cm baggermarge dat verwijderd moet worden om aan de norm te voldoen is 157 m³.
- E. Het effect op de gemiddelde waterdiepte t.o.v. de norm is maximaal 2 cm, deze verslechting treedt op tussen rkm 911,7 – 912,5), deze vakken voldeden in de referentie tevens al niet aan de norm. Voor alle vakken wordt zowel in de referentie als variant niet aan de gemiddelde waterdiepte t.o.v. de norm van 1,0 meter voldaan. Bij rkm 912,1 wordt de bodem verlaagd in het ontwerp, waardoor hier juist een verbetering op treedt.
- F. Het baggervolume effect in de kielspeling dat verwijderd moet worden voor vlotte en veilige scheepvaart bedraagt 450 m³.

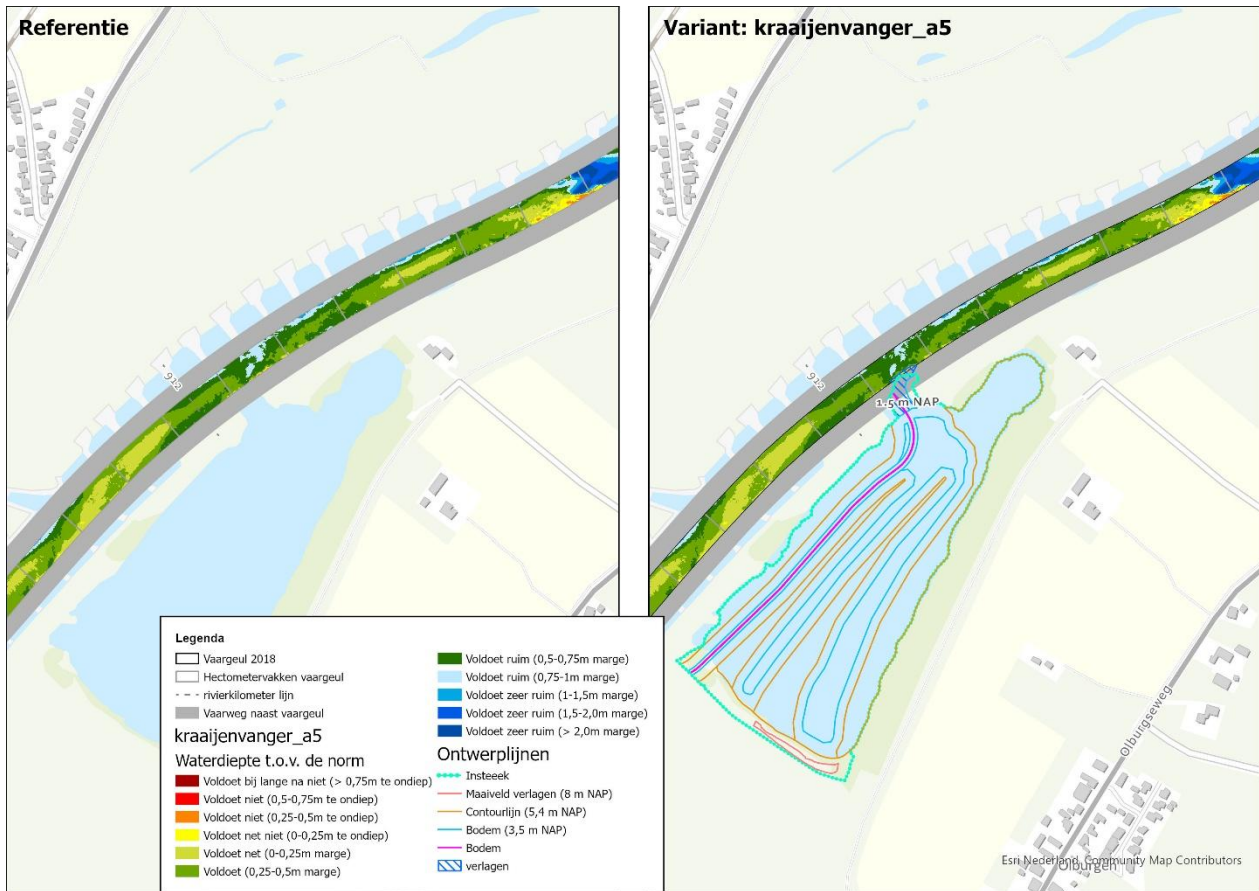
Overige statistische gegevens zijn gepresenteerd in Bijlage 5.

Op Rivierkilometer 912,1 treedt er dus een forse verbetering op voor morfologie (48 cm daling op max waterdiepte). Hierdoor is het extra volume boven de norm (max waterdiepte) niet toegenomen. Daarnaast treden op locaties die al niet aan de norm voldeden kleine verslechtingen op:

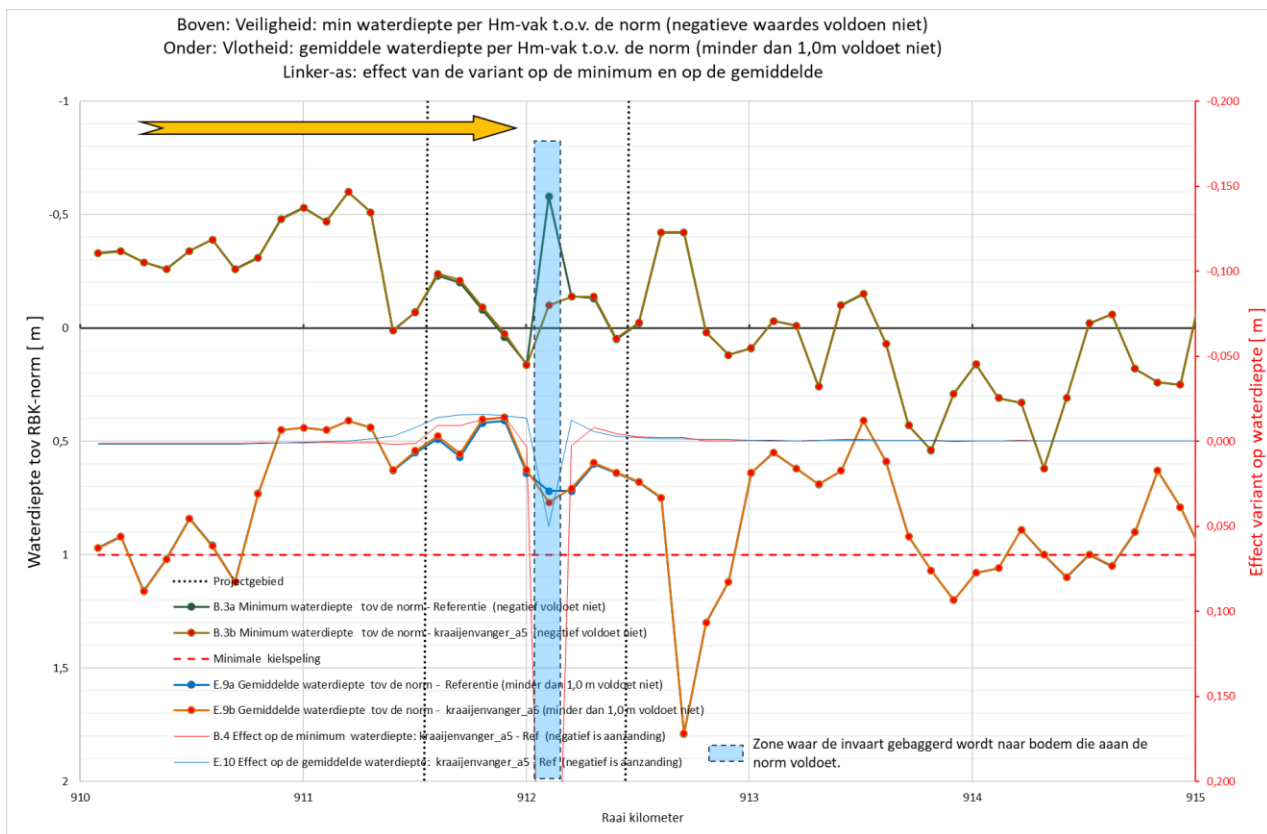
- maximale bodemhoogte verslechterd met max 1 cm, dit is terug te zien in Figuur 5-9 en Figuur 5-11. Op basis van waterdiepte kaarten uit het verleden zien we geen aanleiding dat het hier gaat om harde obstakels in de bodem.
- Het effect op de gemiddelde waterdiepte is voor hectometervakken 911,7, 911,8 en 911,9, 2 cm aanzanding per jaar. Voor de andere vakken is dit kleiner dan 1 cm.
- Toename van baggervolume effect in de kielspeling is 450 m³

Al met al treedt er dus een verbetering op ter hoogte van 912,1 en een beperkte verslechting veel al kleiner dan 1 cm op in de omliggende vakken. De verbetering compenseert hiermee de verslechting. Verdere optimalisaties liggen niet direct voor de hand zie Hoofdstuk 4.1.

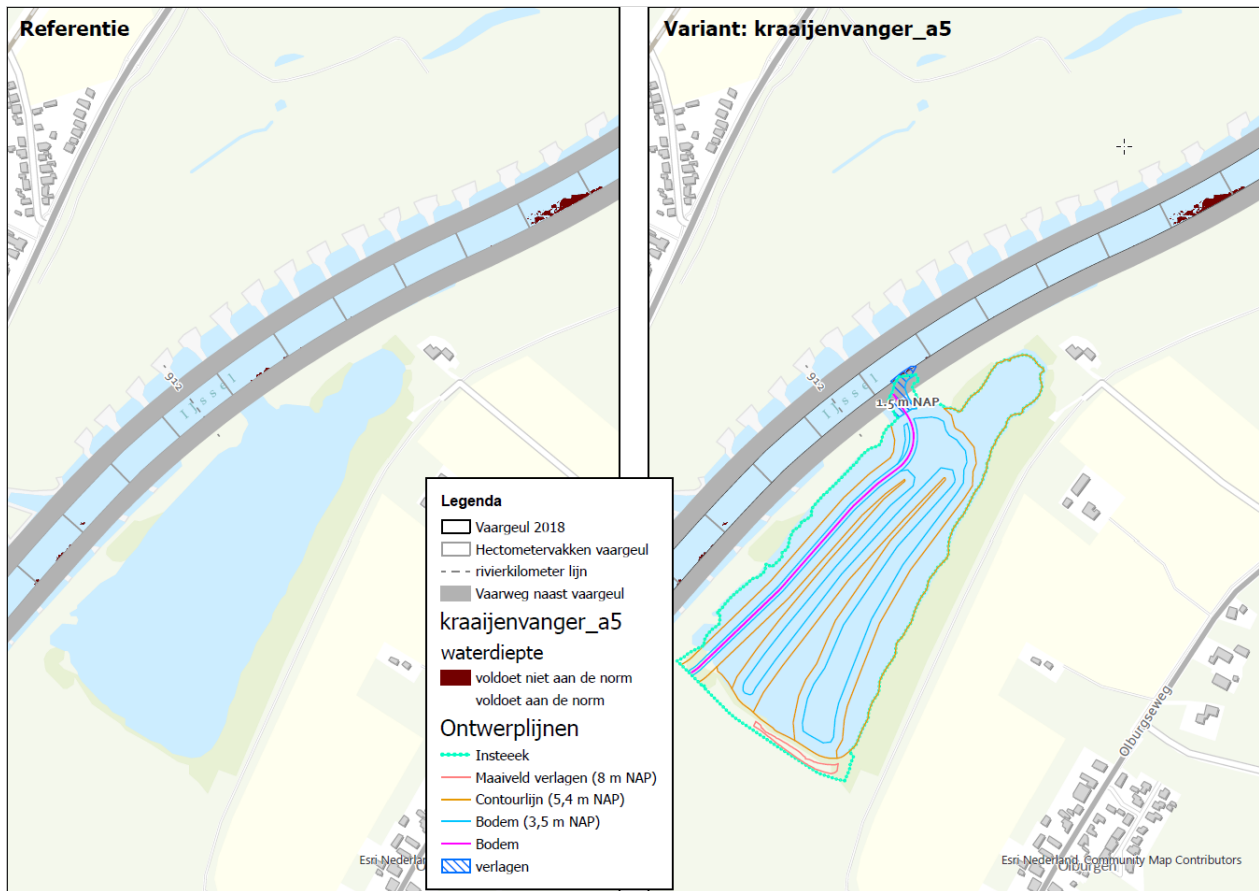




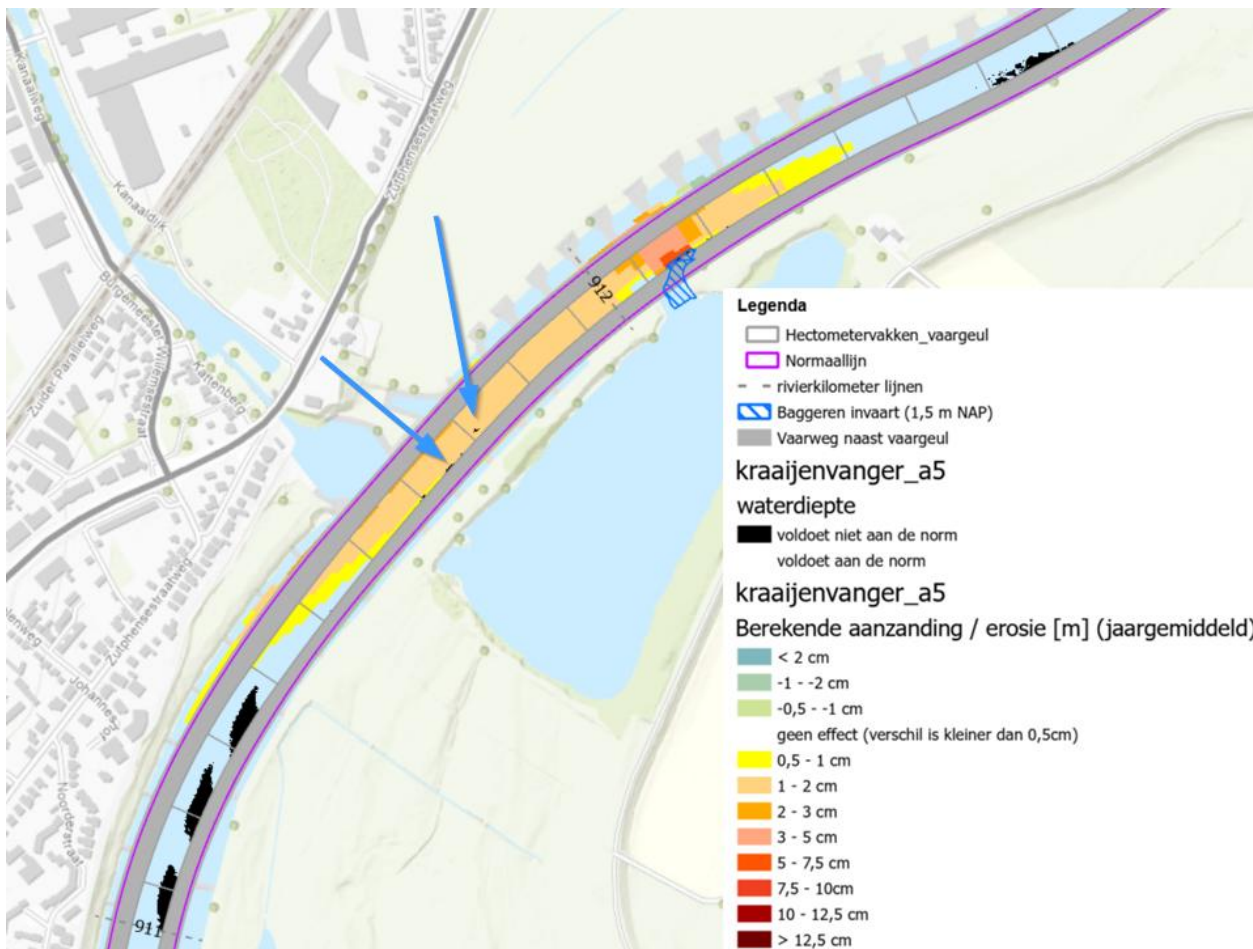
Figuur 5-8: Waterdiepte t.o.v. de norm van 2,50m waterdiepte bij OLR links referentie rechts ontwerp kraaijenvanger_a5



Figuur 5-9: Boven: Veiligheid: min waterdiepte per Hm-vak t.o.v. de norm (negatieve waardes voldoen niet). Onder: Vlotheid: gemiddelde waterdiepte per Hm-vak t.o.v. de norm (minder dan 1,0m voldoet niet). Linker-as: effect van de variant op de minimum en op de gemiddelde waterdiepte.



Figuur 5-10: Waterdiepte t.o.v. de norm (van 2,50m waterdiepte bij OLR) voldoet niet, links referentie rechts ontwerp kraaijenvanger_a5.



Figuur 5-11: Waterdiepte t.o.v. de norm (van 2,50m waterdiepte bij OLR) voldoet niet en de aanzanding van het ontwerp kraaijenvanger_a5.

Aspect 3.2 Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen

Ingrepen langs de rivier kunnen ook effect hebben op de stroomsnelheid in het winterbed, dit is aspect 3.2 uit RBK 6.0. Dit kan leiden tot lokale ongewenste schade door erosie aan objecten.

De aanzanding en erosie in de uiterwaard is kwalitatief beoordeeld op basis van de stroomsnelheden bij 8.000 en 10.000 m³/s omdat de omliggende uiterwaard pas echt mee gaat stromen van afvoeren boven de 6.000 m³/s bij Lobith, zie Bijlage 3 voor de stroomsnelheidskaarten. Hierdoor worden er bij lagere afvoeren in ieder geval geen morfologische effecten verwacht in het winterbed.

Als gevolg van de herinrichting in de plas zullen bij normaal hoogwater (10.000 m³/s) de stroomsnelheden lokaal in de uiterwaard met maximaal 0,35 m/s toenemen. Hierbij wordt de toekomstige maximale snelheid in de uiterwaard 0,9 m/s. Dergelijke stroomsnelheden in de uiterwaard resulteren niet in ongewenste lokale erosie langs de randen van de plassen en geulen. De absolute stroomsnelheden blijven onder de kritische grens van erosie van een met gras beklede oever of dijk. Afhankelijk van de kwaliteit van de grasmat, kan een met gras beklede oever stroomsnelheden tot 1,5 à 2,5 m/s weerstaan gedurende 100 uur achter elkaar, conform CUR201 (RWS, 1999). Er is dus geen extra risico op ongewenste erosie langs de randen van de plassen en geulen. Op het buitentalud van de dijk is een zeer minimale verhoging (maximaal 0,05 m/s) van de stroomsnelheid aanwezig, maar de absolute stroomsnelheid blijft hier zeer laag (maximaal 0,1 m/s). Andere erosiegevoelige constructies zijn niet aanwezig. Er ontstaat dus geen extra hinder en/of schade en hiermee wordt voldaan aan het criterium.

De verandering van de grootte en richting van de stroomsnelheden bij een afvoer van 8.000 en 6.000 m³/s zijn qua patroon gelijk aan de veranderingen bij een afvoer van 10.000 m³/s. De grootte is enkel geringer. Zodoende zijn hier ook geen ongewenste veranderingen aanwezig.

Het moment van meestromen van de uiterwaard veranderd niet wat dus ook niet zal leiden tot hele andere erosie en sedimentatie patronen (alleen de west kade rond de plas zal eerder meestromen). De aanslibbing in de uiterwaard zal hierdoor vergelijkbaar blijven met andere uiterwaarden langs de IJssel. Na een periode van hoogwater zal er een klein laagje sediment (orde enkele mm's) achterblijven in de uiterwaarden, wat gebruikelijk is en ook gebeurd in de referentiesituatie. Hierbij moet opgemerkt worden dat dit kleine laagje sediment mogelijk ook weer wegspoelt in hoogwatersituaties.

6 Conclusie

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste uitkomsten van de rivierkundige beoordeling van het recentste ontwerp van Put Kraaijenvanger ('*kraaijenvanger_a5*') samengevat. De beoordeling is uitgevoerd conform het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK 6.0) en is in detail uitgewerkt in hoofdstuk 5. In Tabel 3 zijn per beoordeelaspect het criterium en de beoordeling overzichtelijk weergegeven, inclusief de aspecten waarvoor aanvullend overleg of afstemming met bevoegd gezag of de waterkeringbeheerder nodig is.

Tabel 3: Conclusies per beoordeelaspect van RBK 6.0

	Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Beoordeling
Hoogwaterveiligheid	1.1	Hoogwaterreferentie in de as van de rivier	Stroomvoerend: waterstandsverhoging gelijk of kleiner dan 1 mm (bij 16.000 m ³ /s Boven-Rijn)	Zie Figuur 5-1: de ingreep resulteert in een mooie waterstandsval van 14,8 mm. Na daling treedt er een benedenstroomse opstuwingspiek op van 3,2 mm. Deze opstuwingspiek is het gevolg van de waterstandsval. Het oppervlak onder de nullijn van waterstandverlaging is vele malen groter dan het oppervlak boven de nullijn van waterstandverhoging. Er kan dus geconcludeerd worden dat het toepassen van de 'zaagtand' geoorloofd is. Ook zal er geen negatief effect zijn op derden. Dit effect moet worden voorgelegd aan bevoegd gezag.
	1.2	Hoogwater-referentie buiten de as van de rivier	Geen waterstandverhoging langs de hoge grondenlijn of primaire waterkering bij de afvoer(en) uit de Hoogwaterreferentie	De waterstandsverhoging langs de primaire kering is aan de primaire waterkering aan de oostzijde (Rijn en IJssel) maximaal 1 centimeter. Aan de primaire waterkering aan de westzijde (Vallei en Veluwe) is de opstuwning nihil. Daarnaast is er bovenstrooms veel waterstandsverlaging langs de primaire kering. Zie toelichting paragraaf 5.1. Dit effect moet door initiatiefnemer bij keringbeheerder worden voorgelegd
	1.3	Afvoerverdeling bij Pannerdensch Kop en IJsselpop bij maatgevende Boven-Rijn afvoer	Verandering afvoerverdeling bij de splitsingspunten mag maximaal 5 m ³ /s zijn bij de geldende Boven-Rijn afvoer van 16.000 m ³ /s.	Het ontwerp leidt tot een zeer beperkte daling van de waterstand (-0.1 á 0.2 mm) bij zowel de IJsselpop (rkm 878) als de Pannerdensch Kop (rkm 867). Als vuistregel hanteren wij een verschuiving in de afvoerverdeling van 2 m³/s op het splitsingspunt bij een wijziging in waterstand van 1 mm. Met maximaal 0,2 mm verlaging bij de zowel IJsselpop als de Pannerdensch Kop blijft de mogelijke verandering in afvoerverdeling ruim binnen de grenzen van de beoordelingsnorm van maximaal 5 m³/s. Geen negatieve effecten.
	1.4	Afvoerverdeling bij Pannerdensch Kop en IJsselpop bij hoge Boven-Rijn afvoer	Verandering afvoerverdeling bij de splitsingspunten mag maximaal 20 m ³ /s zijn bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m ³ /s	Het effect bij een afvoer van 16.000 m³/s te Lobith was zeer beperkt bij het splitsingspunt (aspect 1.3). Er zijn geen redenen waarom dit bij een afvoer van 10.000 m³/s anders zal zijn. Daarmee zijn er geen effecten op de afvoerverdeling bij het splitsingspuntengebied. Geen negatieve effecten.
	1.5	IJsafoer	Een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven	De maatregelen wijzigen het zomer- en winterbed maar beperkt. Deze wijzigingen hebben geen effect op de afvoer van ijs of de vorming van ijssdammen. Geen negatieve effecten.

	Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Beoordeling
Hinder of schade door hydraulische effecten	2.1	Inundatie-frequentie van de uiterwaard	De mate van verandering van de inundatiefrequentie van een of meerdere uiterwaarden. Kies daarvoor een of meerdere afvoeren die dit aspect inzichtelijk maken.	In het planvoornemen is maar 1 zomerkade deels verlaagd het gaat om de zuidkade van de plas. De zomerkade wordt verlaagd tot het huidige laagste punt van de kade (8 m NAP) waardoor het moment van inunderen van de uiterwaard niet veranderd. Er treden geen ongewenste wijzigingen van de inundatiefrequenties op die tot hinder voor terreineigenaren, bewoners of bedrijven zou kunnen leiden. Geen negatieve effecten.
	2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	De mate van verandering van de grootte en richting stroomsnelheden in een of meerdere uiterwaarden bij de voor de lokale situatie representatieve omstandigheden.	Als gevolg van de ingreep in de plas zullen bij normaal hoogwater de stroomsnelheden lokaal in de uiterwaard met maximaal 0,35 m/s toenemen. Hierbij wordt de toekomstige maximale snelheid in de uiterwaard 0,9 m/s. De absolute stroomsnelheden blijven onder de kritische grens van erosie van een met gras beklede oever of dijk. Er is dus geen extra risico op ongewenste erosie langs de randen van de plassen en geulen. Op het buitentalud van de dijk is een zeer minimale verhoging (maximaal 0,05 m/s) van de stroomsnelheid aanwezig, maar de absolute stroomsnelheid blijft hier zeer laag (maximaal 0,1 m/s). Andere erosiegevoelige constructies zijn niet aanwezig. Er ontstaat dus geen extra hinder en/of schade en hiermee wordt voldaan aan het criterium. Geen negatieve effecten.
	2.3	Stroombeeld in vaarweg	De ingreep is toegestaan, mits de absolute dwarsstroming in de vaarweg niet groter is dan 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet groter dan 50 m ³ /s. Of het moet aantoonbaar zijn dat de toename padbreedte schip t.g.v. dwarsstroom maximaal ½B is; De ingreep is toegestaan, mits de absolute dwarsstroming in de vaarweg niet groter is dan 0,3 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet kleiner dan 50 m ³ /s; Bij extreme Boven-Rijn afvoeren is dit beoordelingscriterium niet van toepassing.	Tot aan rivierkilometer 912 en na 912,4 zijn de verschillen in dwarsstroming voor alle afvoeren nihil. Tot 6.000 m ³ /s blijft de dwarsstroming binnen de norm. Echter bij 6.000, 8.000 en 10.000 m ³ /s wordt de norm van 0,15 m/s rond rivierkm 912,2-912,3 overschreden, dit is altijd met maximaal 0,01 m/s op locaties waar al niet voldaan werd aan deze norm in de referentie. Aangezien de dwarsstroming hier in de referentiesituatie al fors is, is de verwachting dat scheepvaart op deze locatie reeds alert is. Bovendien treden de betreffende afvoeren sporadisch op; 6.000 m ³ /s eens per 2 jaar; 8.000 m ³ /s eens per 6 jaar en 10.000 m ³ /s eens per 25 jaar. Daarnaast komen er geen dwarsstromingspieken in het gebied bij. Het planvoornemen zorgt er zelfs voor dat de dwarsstroming situatie bij de huidige verbinding tussen het zomerbed en de plas verbeterd (rkm 912,1) bij de afvoeren 8.000 en 10.000 m ³ /s met respectievelijk 0,04 en 0,05 m/s. Voor 8.000 m ³ /s, wordt hiermee zelfs voldaan aan de norm in de variant. Het is aan bevoegd gezag om te beoordelen of bovenstaande effecten op dwarsstroming toelaatbaar zijn. Dit effect moet worden voorgelegd aan bevoegd gezag.
	2.4	Afvoerverdeling bij Pannerdensch Kop en IJsselpop bij	Verandering afvoerverdeling bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m ³ /s. Voor dit aspect is er	Voor aspect 1.3 en 1.4 is reeds aangetoond dat de effecten van het planvoornemen op de waterstand geen significante verandering van de afvoerverdeling teweegbrengt, zowel bij een afvoer van 16.000 m ³ /s als

	Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Beoordeling
		hoge Boven-Rijn afvoer	geen beoordelingscriterium.	10.000 m³/s. Daarmee zijn er geen effecten op de afvoerverdeling bij het splitsingspuntengebied. Geen negatieve effecten.
	2.5	Afvoerverdeling bij Pannerdensch Kop en IJsselkop bij een lage Boven-Rijn afvoeren	Verandering afvoerverdeling mag niet groter zijn dan 1 m³/s bij Boven-Rijn afvoer van 1020 m³/s (OLA)	Voor aspect 1.3 en 1.4 is reeds aangetoond dat de effecten van het planvoornemen op de waterstand geen significante verandering van de afvoerverdeling teweegbrengt, zowel bij een afvoer van 16.000 m³/s als 10.000 m³/s. Doordat de waterstandseffecten in het splitsingspuntengebied al zo klein zijn bij deze hoge afvoeren, is er geen reden om aan te nemen dat het planvoornemen bij OLA (1020 m³/s) wel significante veranderingen in de afvoerverdeling teweeg kan brengen in het splitsingspuntengebied. Geen negatieve effecten.
	2.8	Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken	Geen afname van de waterdiepte bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren door een maatregel in de vaargeul, die hoort bij de meest ondiepe delen van de vaargeul in de Rijntakken.	Bij lage en mediane afvoeren stroomt het plangebied niet mee (aspect 2.5). Er zijn daarmee geen effecten op de onttrekking van water uit het zomerbed. Geen negatieve effecten.
	2.9	Waterstand en stroombeeld in de vaargeul in de Nederlands-Duitse grensregio bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren	Er is geen beoordelingscriterium beschikbaar. Het doel van dit aspect is om te kunnen inschatten of de bevaarbaarheid of vaarwegonderhoud in het Duitse deel van de Rijn niet verslechtert a.g.v. de ingreep.	Voor aspect 1.3, 1.4, 2.4 en 2.5 is reeds aangetoond dat er voor alle relevante afvoeren geen effecten worden verwacht in het splitsingspuntengebied. Daarmee worden er ook geen effecten in de Nederlands-Duitse grensregio verwacht, aangezien deze nog een aantal kilometer verder bovenstrooms ligt. Het planvoornemen voldoet hiermee aan dit criterium. Geen negatieve effecten.

	Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Beoordeling
Morfologische effecten	3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers) 1. door ingrepen zomerbed 2. door ingrepen winterbed	<u>Bij erosie:</u> geen verlaging gemiddelde bodemligging en geen oevererosie, beperkte ontgronding bij constructies per hoogwater. <u>Bij sedimentatie:</u> geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren; geen verhoging maatgevende waterstanden op lange termijn. <u>In het algemeen:</u> beperkte hinder door baggeren en/of	Op Rivierkilometer 912,1 treedt er dus een forse verbetering op voor morfologie (48 cm daling op max waterdiepte). Hierdoor is het extra volume boven de norm (max waterdiepte) niet toegenomen. Daarnaast treden op locaties die al niet aan de norm voldeden kleine verslechtingen op: - maximale bodemhoogte verslechterd met max 1 cm. - Het effect op de gemiddelde waterdiepte is voor hectometervakken 911,7, 911,8 en 911,9, 2 cm aanzanding per jaar. Voor de andere vakken is dit kleiner dan 1 cm. - Toename van baggervolume effect in de kielspeling is 450 m³

			terugstorten en behouden veiligheid scheepvaartverkeer.	
	3.2	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen: 1. sedimentatie winterbed 2. erosie winterbed	<u>Bij sedimentatie:</u> beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten. <u>Bij erosie:</u> geen bodmerosie langs waterkering; stroomsnelheid nevengeul bankfull < 0,3 m/s; geen bodmerosie langs waterkering.	Als gevolg van de herontwikkeling van de aanpassingen in de Kraaijenvanger plas zullen bij normaal hoogwater (10.000 m³/s) de stroomsnelheden lokaal in de uiterwaard met maximaal 0,35 m/s toenemen. Hierbij wordt de toekomstige maximale snelheid in de uiterwaard 0,9 m/s. Dergelijke stroomsnelheden in de uiterwaard resulteren niet in ongewenste lokale erosie langs de randen van de plassen en geulen. De absolute stroomsnelheden blijven onder de kritische grens van erosie van een met gras beklede oever of dijk. Er is dus geen extra risico op ongewenste erosie langs de randen van de plassen en geulen. Op het buitentalud van de dijk is een zeer minimale verhoging (maximaal 0,05 m/s) van de stroomsnelheid aanwezig, maar de absolute stroomsnelheid blijft hier zeer laag (maximaal 0,1 m/s). Andere erosiegevoelige constructies zijn niet aanwezig. Er ontstaat dus geen extra hinder en/of schade en hiermee wordt voldaan aan het criterium. Geen negatieve effecten.



Bijlages:

Bijlage 1 ontwerptekening:

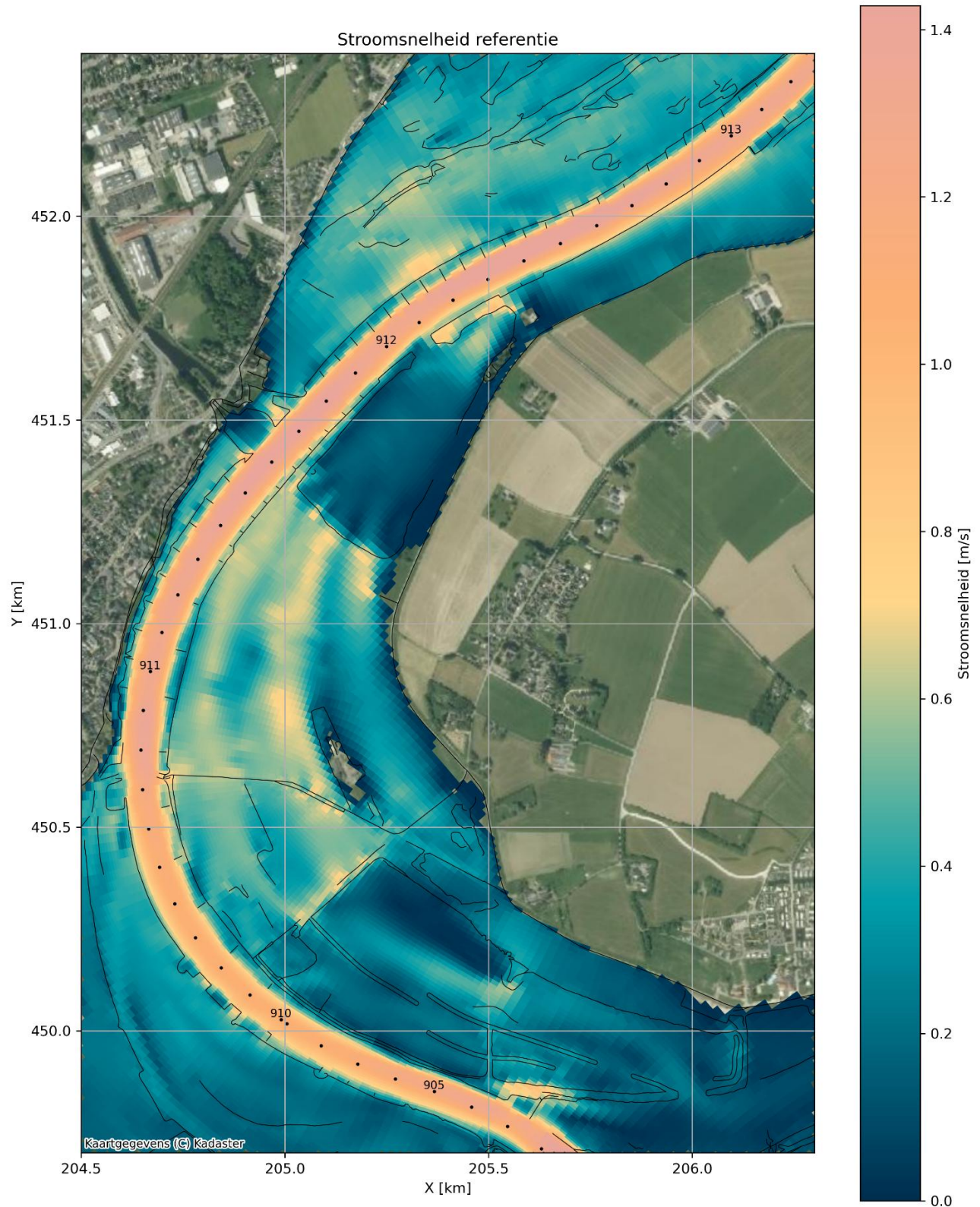
O045-240321-Herinrichting put Kraaijenvanger-Rev04.pdf

Bijlage 2 vegetatie tekening:

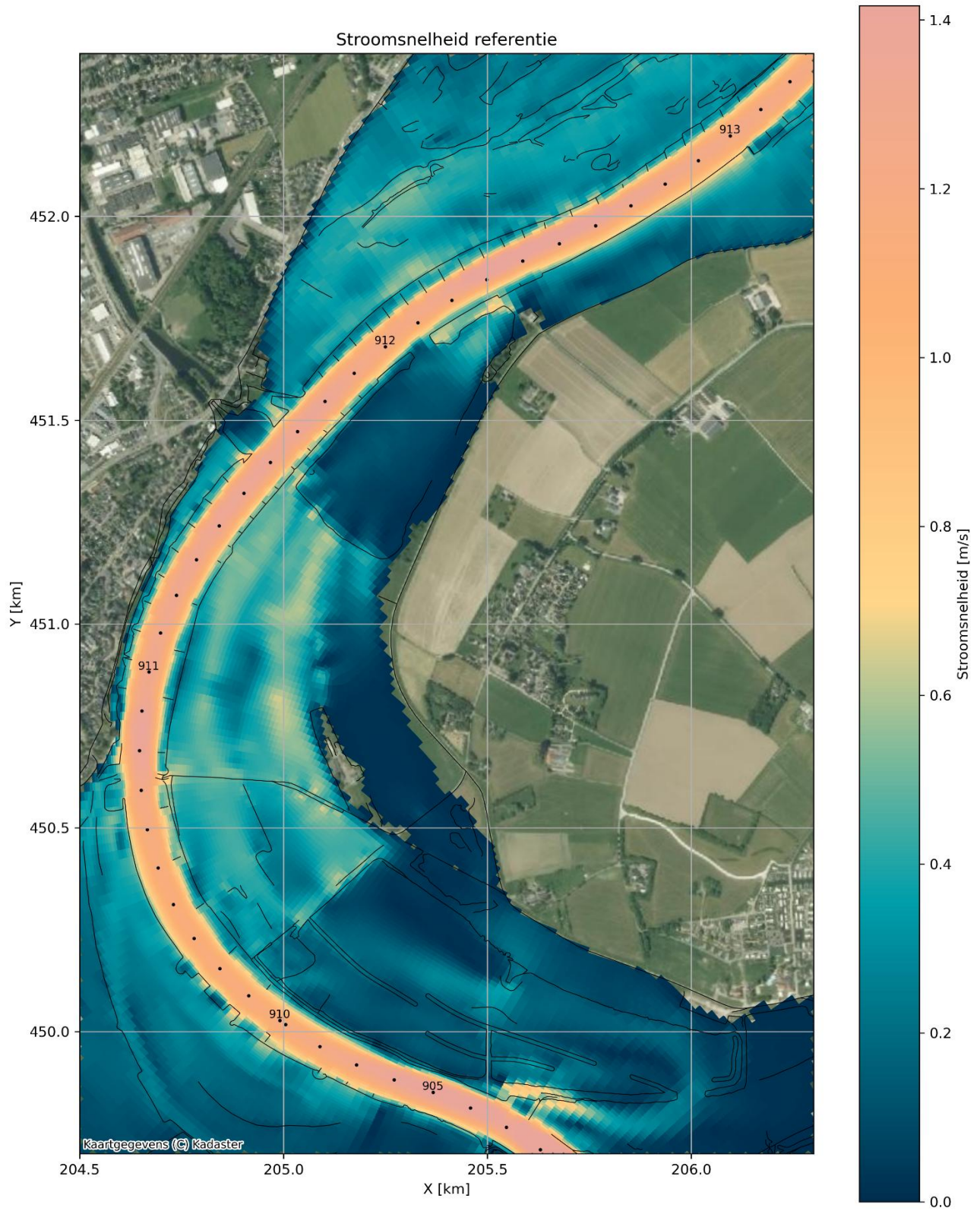
- O045-250721-Herinrichting put Kraaijenvanger vegetatie-Rev03.pdf

Bijlage 3 Stroomsnelheidsfiguren:

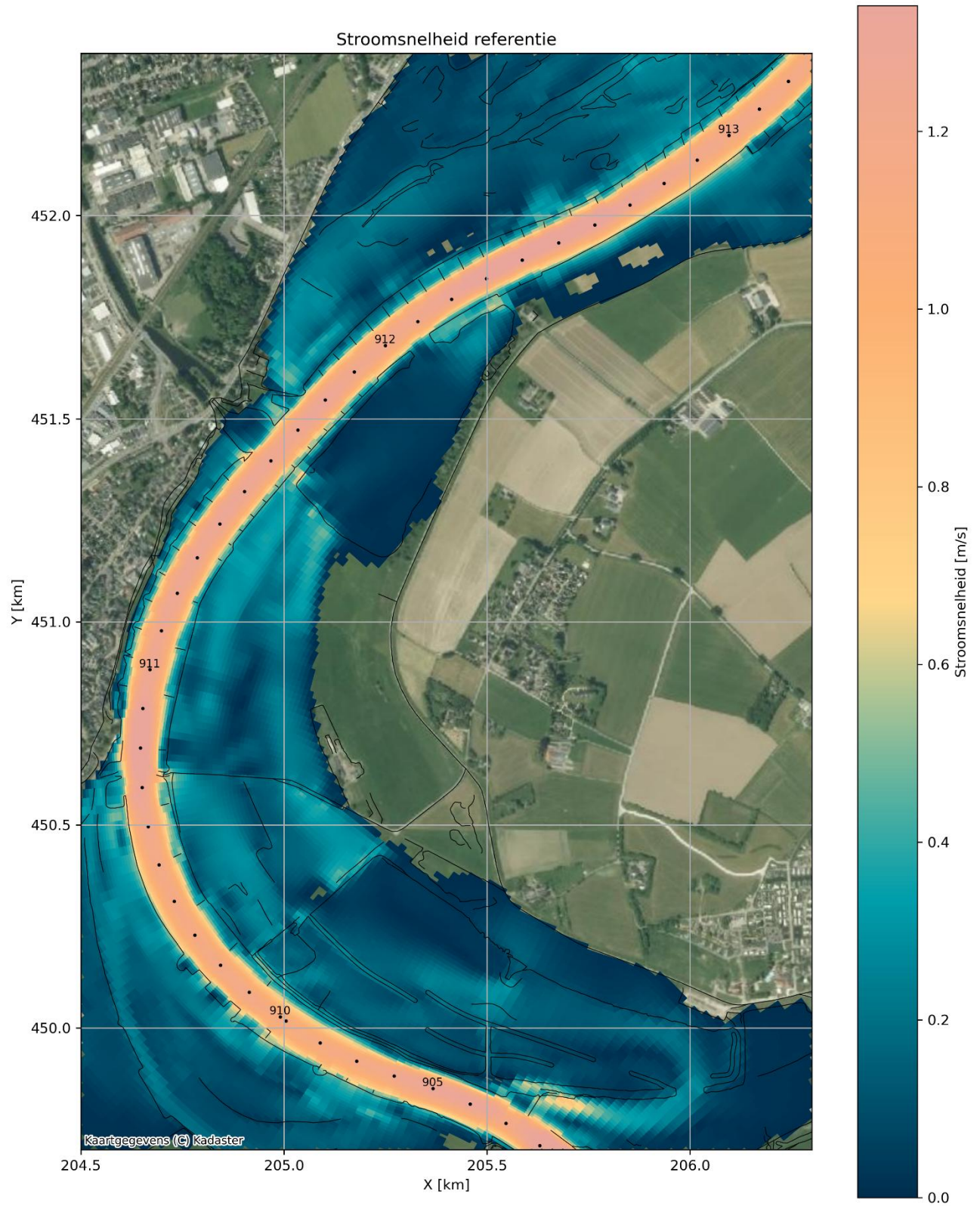
Absolute stroomsnelheden in referentie:
10.000 m³/s



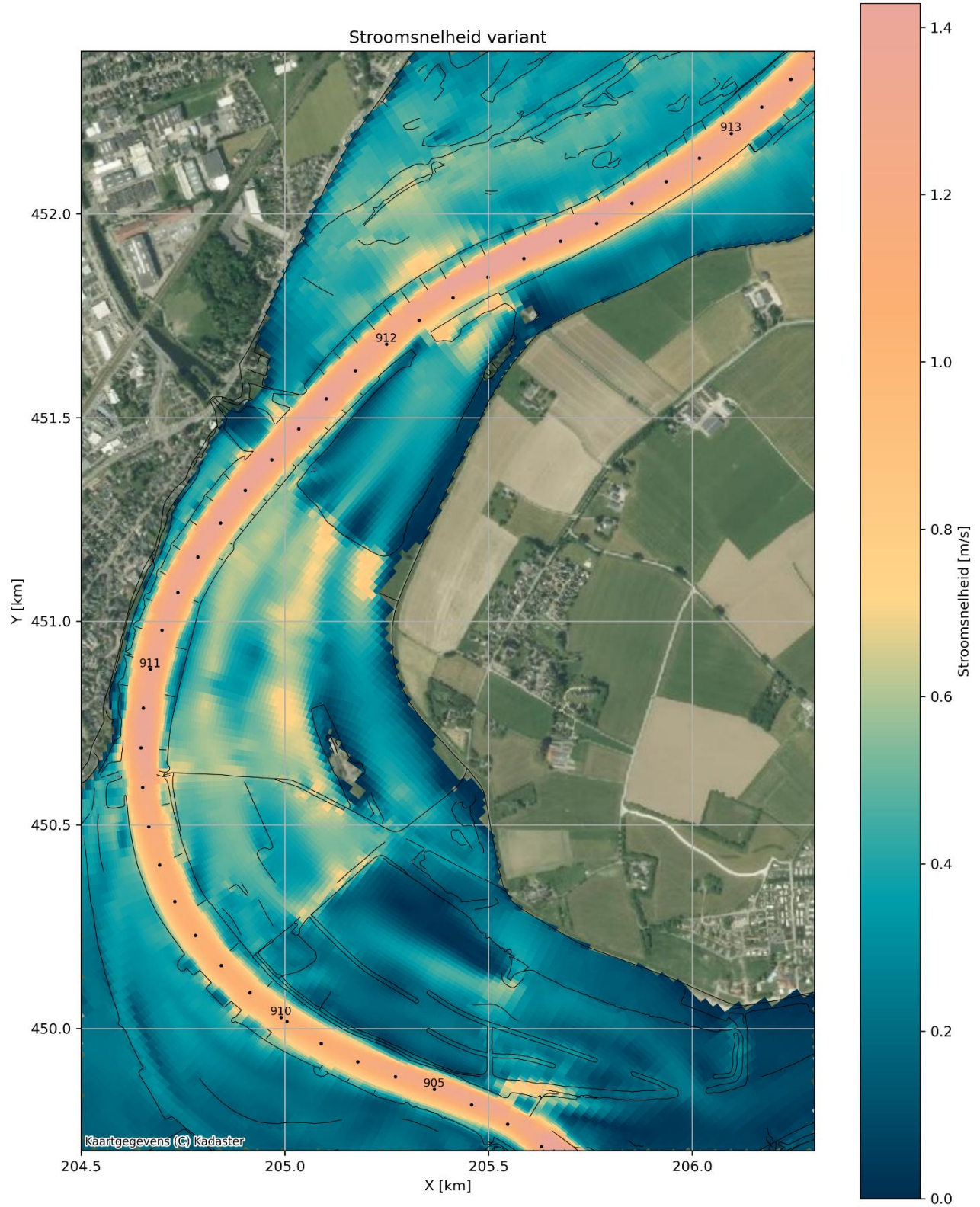
8.000 m³/s



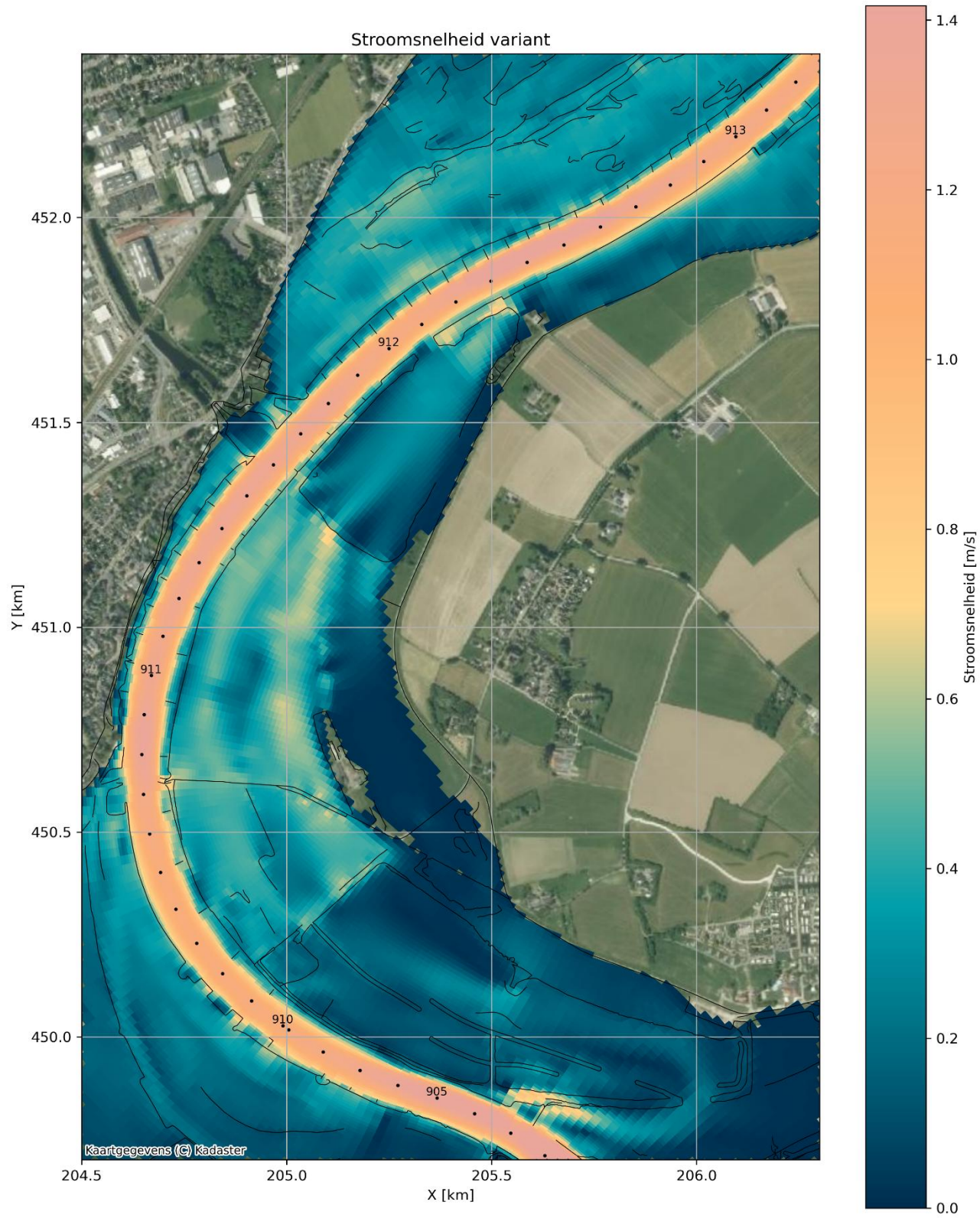
6.000 m³/s



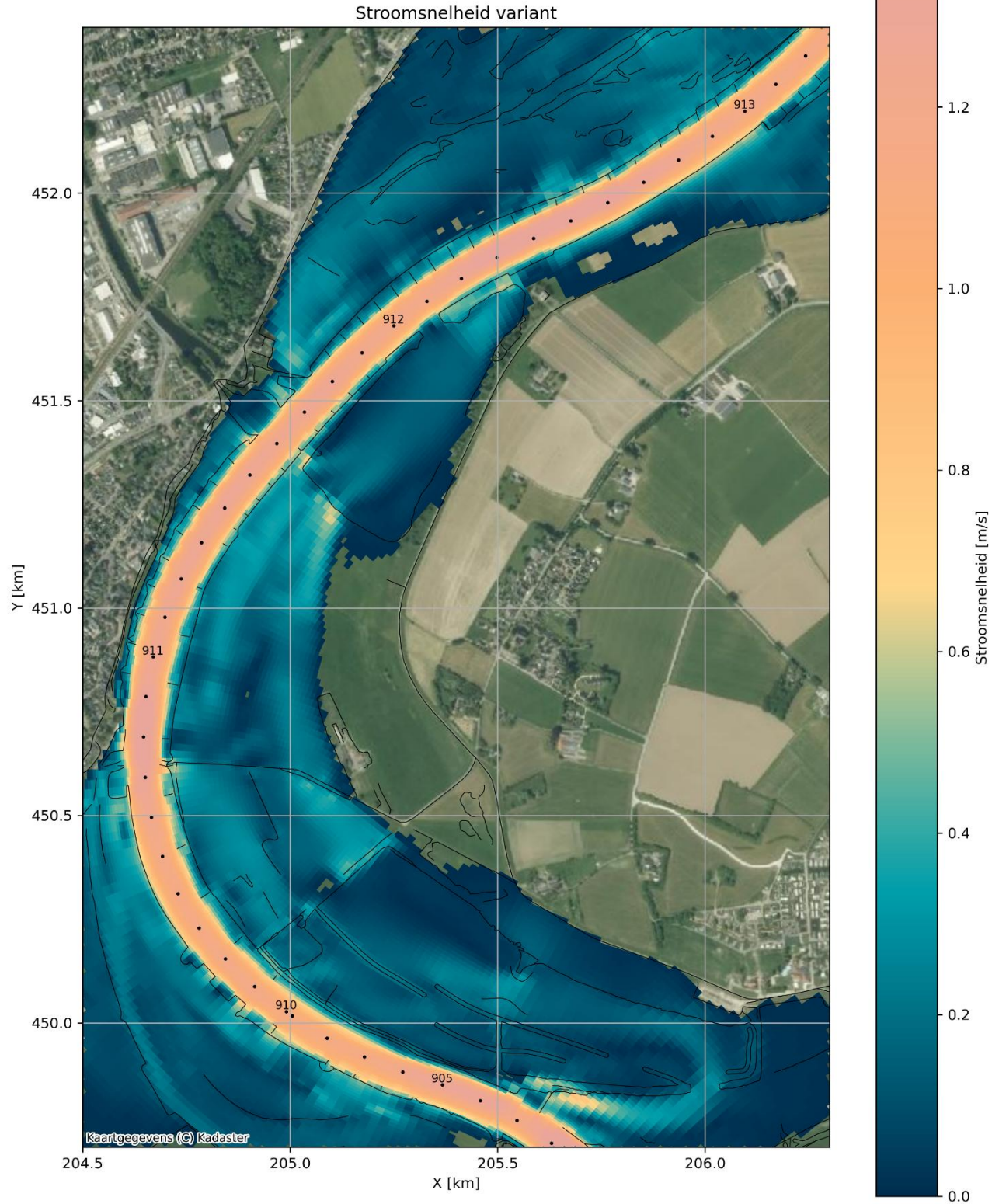
**Absolute stroomsnelheden in variant:
10.000 m³/s**



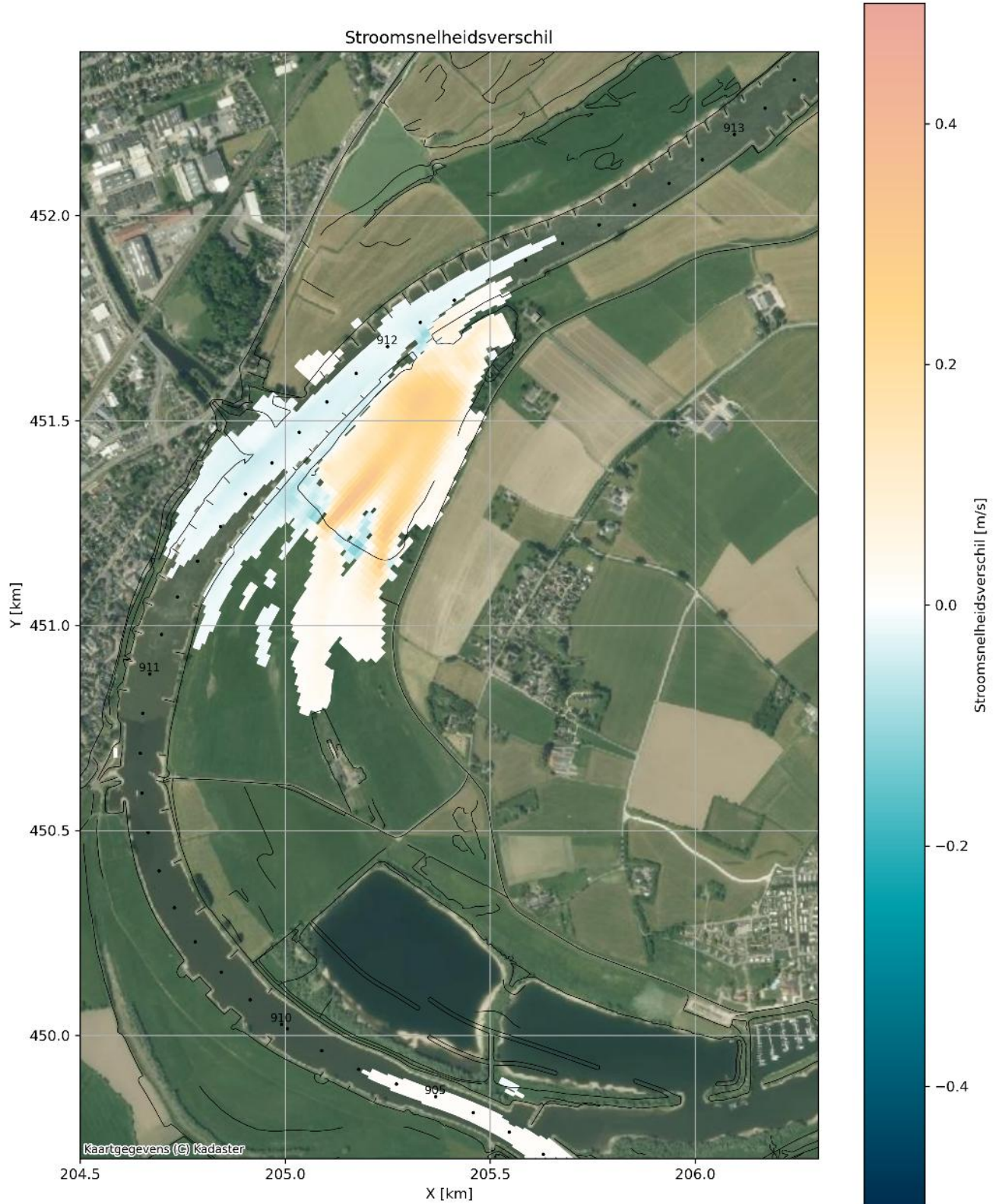
8.000 m³/s



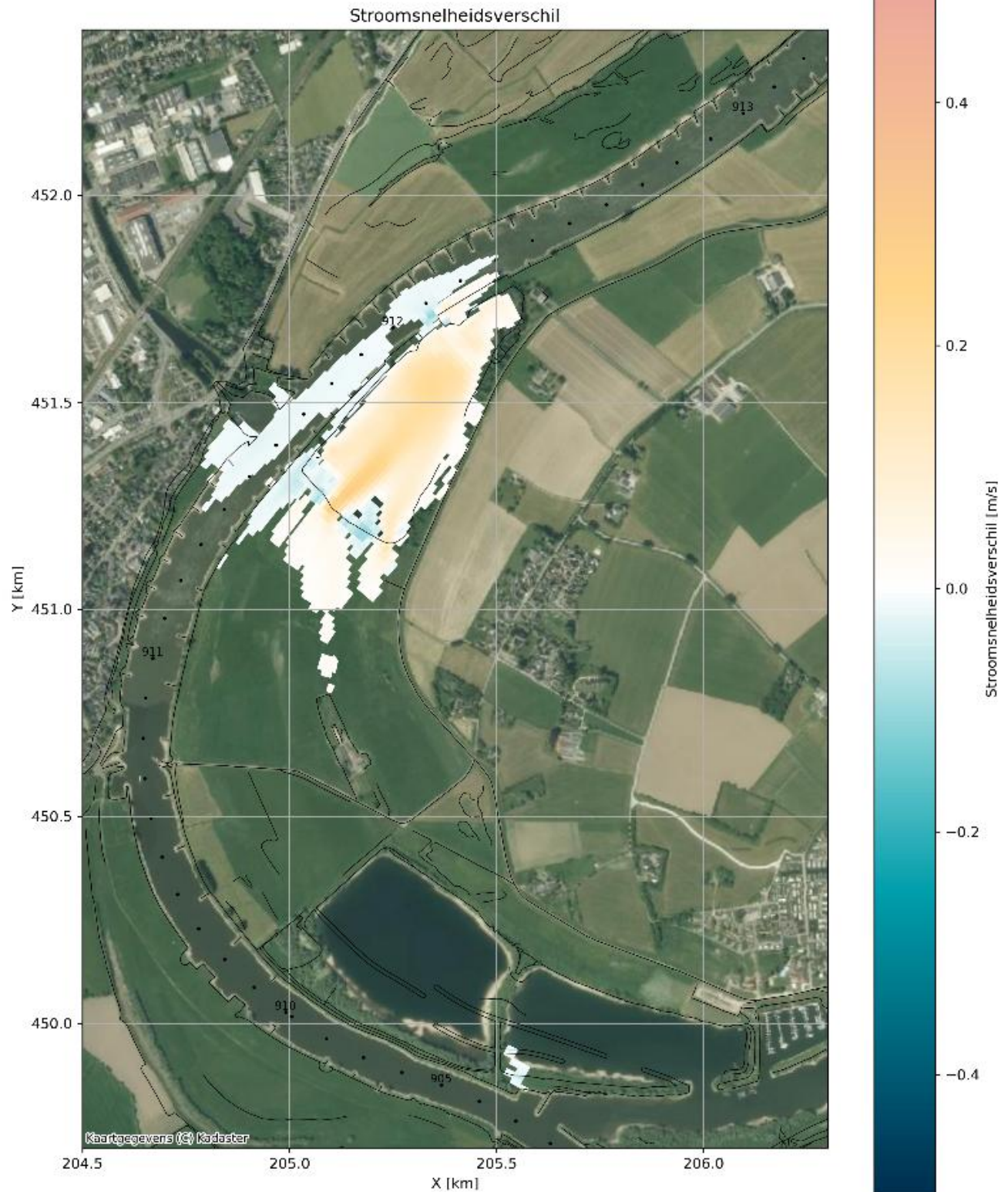
6.000 m³/s



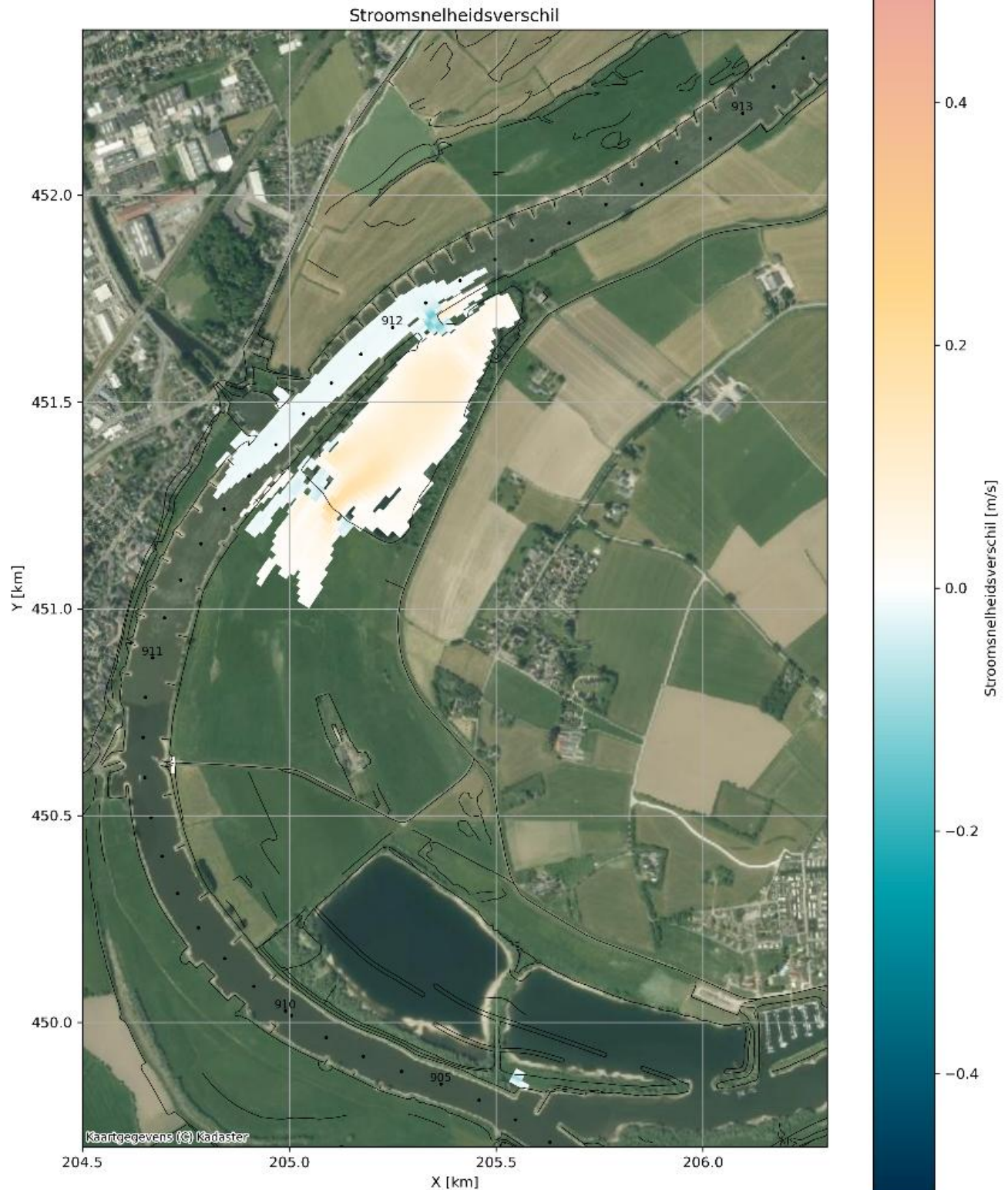
Stroomsnelheidsverschillen:
10.000 m³/s



8.000 m³/s

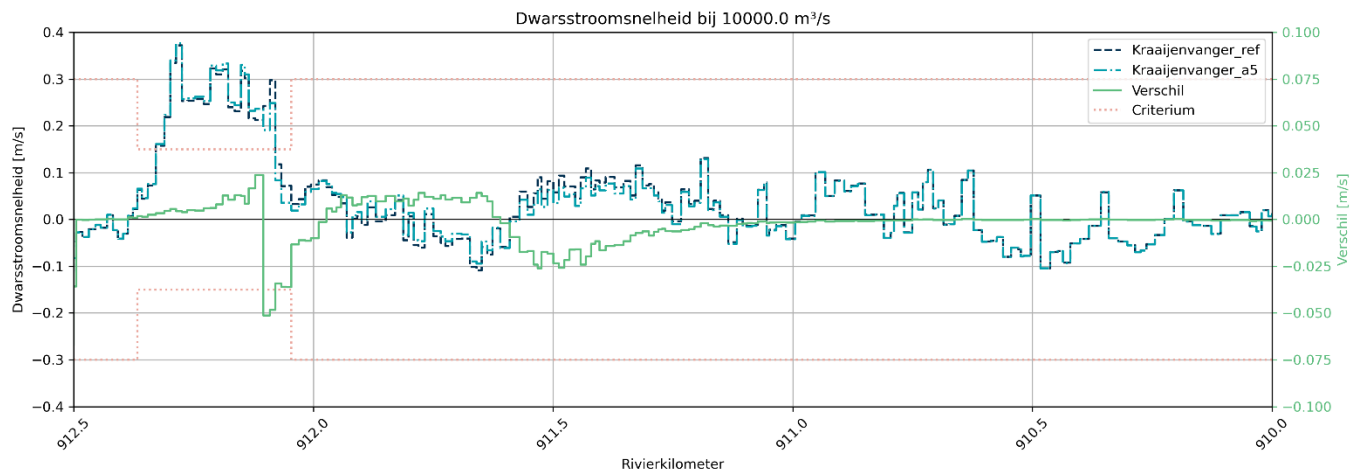


6.000 m³/s

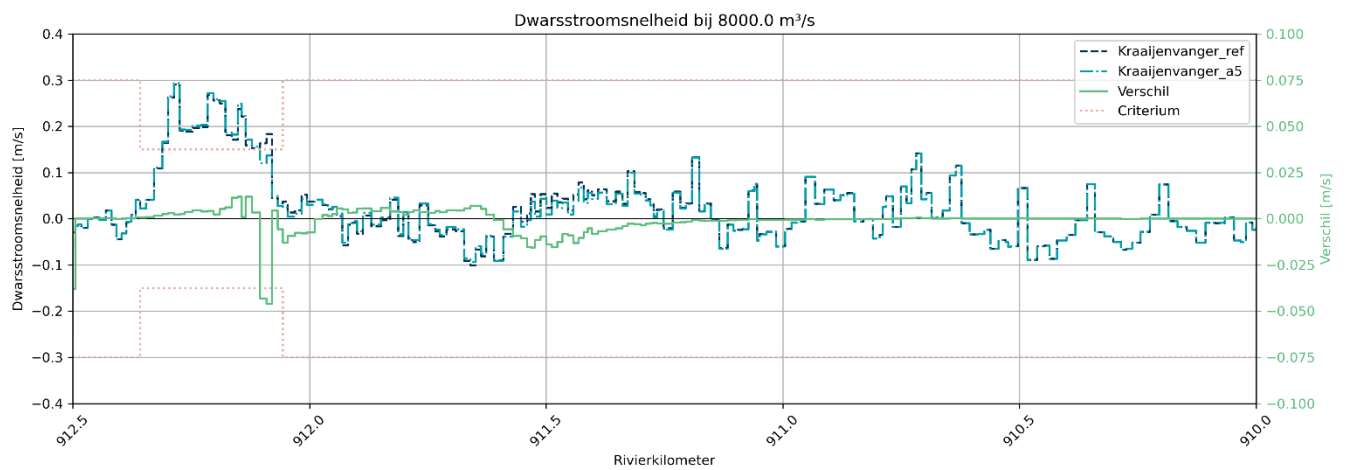


Bijlage 4 Figuren Dwarsstroming:

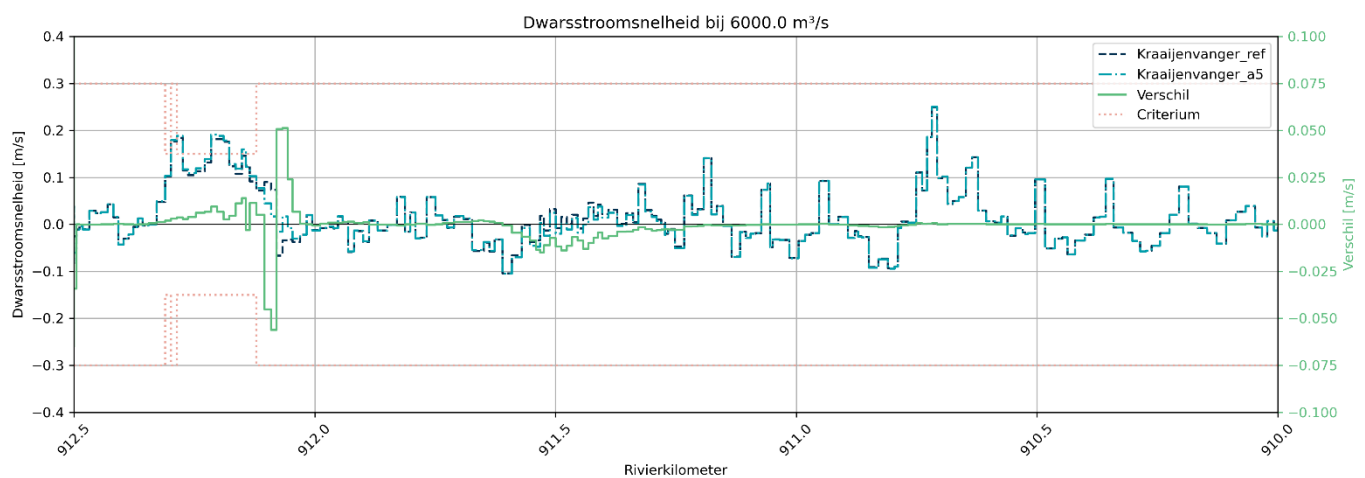
10.000 m³/s



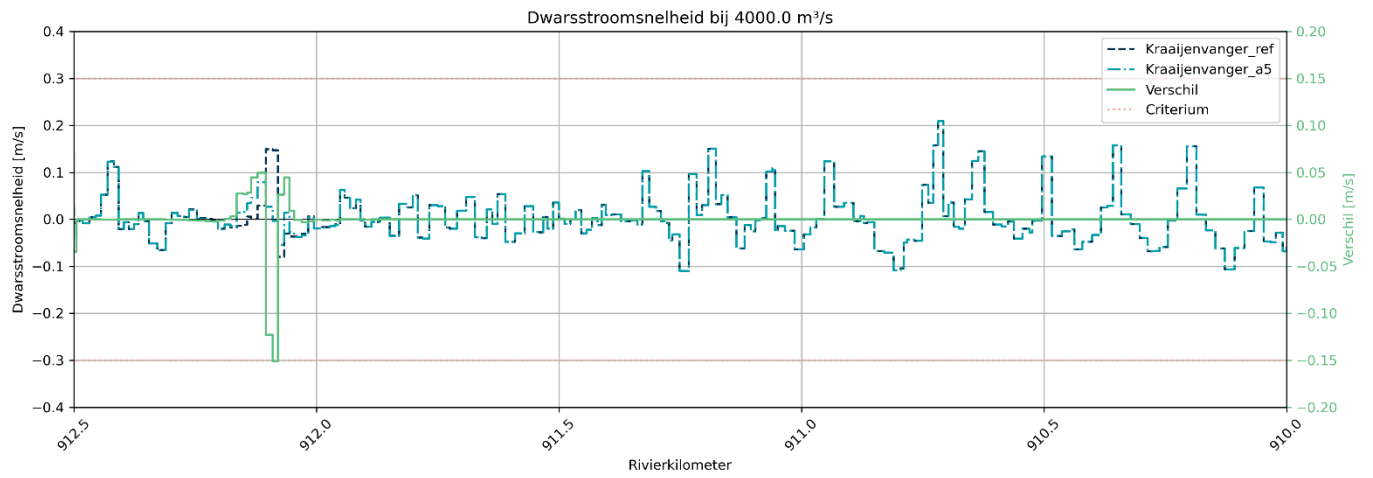
8.000 m³/s



6.000 m³/s



4.000 m³/s



Bijlage 5 Tabel Morfologische analyse: