

RIJKSWATERSTAAT OOST-NEDERLAND

KRW ZWARTE WATER

RIVIERKUNDIGE BEOORDELING LUWTEZONES

23 JUNI 2021



WSP NEDERLAND B.V.
RINGWADE 41
3439 LM NIEUWEGEIN

+31 (0)88 910 20 00
wsp.com

PROJECTNUMMER
WAB011363

DOCUMENTNUMMER
R030, versie 2



COLOFON

RAPPORTHISTORIE

1	07-04-2021	Eerste versie
1a	14-4-2021	Werkversie
2	20-05-2021	Definitieve versie
3	23-06-2021	Verwerking opmerkingen RWS

VERANTWOORDING


CONTACTGEGEVENS


W. van Doornik
 +31 (0)6 230 14 800
 walter.vandoornik@wsp.com

AUTORISATIE

PROJECTNUMMER	DOCUMENTNUMMER	VERSIE	STATUS
WAB011363	R030	3	Definitief

OPGESTELD DOOR	FUNCTIE	DATUM	PARAAF
W. van Doornik	Specialist Hydraulica	21-6-2021	

GEVERIFIEERD DOOR	FUNCTIE	DATUM	PARAAF
F. Hoefsloot	Sr. Specialist Hydraulica	21-4-2021	

GOEDGEKEURD DOOR	FUNCTIE	DATUM	PARAAF
G. Bockting	Senior adviseur	23-6-2021	

INHOUDS- OPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Kaderrichtlijn Water	5
1.2	Context van dit document	5
1.3	Leeswijzer	5
2	PLANBESCHRIJVING	6
2.1	Ecologisch wensbeeld inrichting luwtezones	6
2.2	voorontwerp meestromende luwtezones	6
2.2.1	Meestromende luwtezones tussen damwand en oever	7
2.2.2	Luwtezone met stortstenen vooroever	8
2.2.3	Verbetering van reeds bestaande oeverconstructies	9
3	UITGANGSPUNTEN	10
3.1.1	Algemene uitgangspunten	10
3.1.2	Redeneerlijn	10
3.1.3	Rivierkundig beoordelingskader	12
4	SCHEMATISATIE	13
4.1	Bodemhoogte	13
4.2	ruwheid	13
5	EFFECTBEOORDELING	14
5.1	Hoogwaterveiligheid	14
5.1.1	Hoogwaterreferentie in de as van de rivier	14
5.1.2	Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier	17
5.2	Hinder of schade door hydraulische effecten	17
5.2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	17
5.2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	18
5.2.3	Stroombeeld in de vaarweg	18
5.3	Morfologische effecten	18
5.3.1	Morfologische effecten in het zomerbed	18
5.3.2	Morfologische effecten in de uiterwaard	18
6	CONCLUSIE	19
7	OPTIMALISATIE	20
7.1	Hoogwaterveiligheid	20
7.1.1	Hoogwaterreferentie in de as van de rivier	20
7.1.2	Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier	22
7.2	Hinder of schade door hydraulische effecten	22
7.2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	22
7.2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	23

7.2.3	Stroombeeld in de vaarweg	23
7.3	Morfologische effecten	23
7.3.1	Morfologische effecten in het zomerbed	23
7.3.2	Morfologische effecten in de uiterwaard	23
8	CONCLUSIE OPTIMALISATIE	24
9	REFERENTIES	25
OVERZICHT BIJLAGEN		
Bijlage A		
	– Hoogwaterreferentie	
Bijlage B		
	– Schematisatie	
Bijlage C		
	– Kaarten effectbeoordeling	
Bijlage D		
	– Kaarten effectbeoordeling optimalisatie	

1 INLEIDING

1.1 KADERRICHTLIJN WATER

Vanaf 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht. Deze richtlijn heeft als doel de ecologische toestand van de Europese waterlichamen te verbeteren. Het Zwarte Water maakt onderdeel uit van het KRW-waterlichaam Zwarte Water – Vecht. Dit waterlichaam valt onder het KRW watertype R7 - Langzaam stromende rivier/nevengeul op zand/klei. In dit watertype ligt de focus op soorten van stromingsluwe en waterplantrijke onderwatermilieus. De doelen zijn gericht op gidssoorten (met name vissoorten).

De aanleg van 5,2 km luwe meestromende zones door Rijkswaterstaat als beheerder van het Zwarte Water is bedoeld om de ecologische toestand voor vissen zo te verbeteren dat dit in 2027 leidt tot het oordeel goed. Hiermee worden tevens de omstandigheden voor waterplanten en macrofauna verbeterd.

1.2 CONTEXT VAN DIT DOCUMENT

De aanleg is onderdeel van de opdracht via het MIRT2-besluit KRW Tranche 2 d.d. 17 mei 2016 10,9 km oeveroptimalisatie in het Zwarte Water (KRW-maatregel x2300b) te realiseren. In de adviesnota MIRT3 KRW Zwarte Water 2022 wordt dit nader toegelicht.

In deze rapportage wordt het definitief ontwerp voor de oeveroptimalisaties beschreven en getoetst aan het rivierkundig beoordelingskader. Het doel van de rapportage is het inzichtelijk maken van de rivierkundige effecten.



1.3 LEESWIJZER

In het volgende hoofdstuk worden de uitgangspunten beschreven. Deze uitgangspunten gelden voor de gehele rivierkundige studie. In hoofdstuk 2 wordt het inrichtingsplan beschreven waarna in hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe dit plan in het rivierkundig model is opgenomen. Vervolgens worden de berekende effecten van het inrichtingsplan beschreven in hoofdstuk 5. Het rapport wordt afgesloten met een conclusie in hoofdstuk 6.

2 PLANBESCHRIJVING

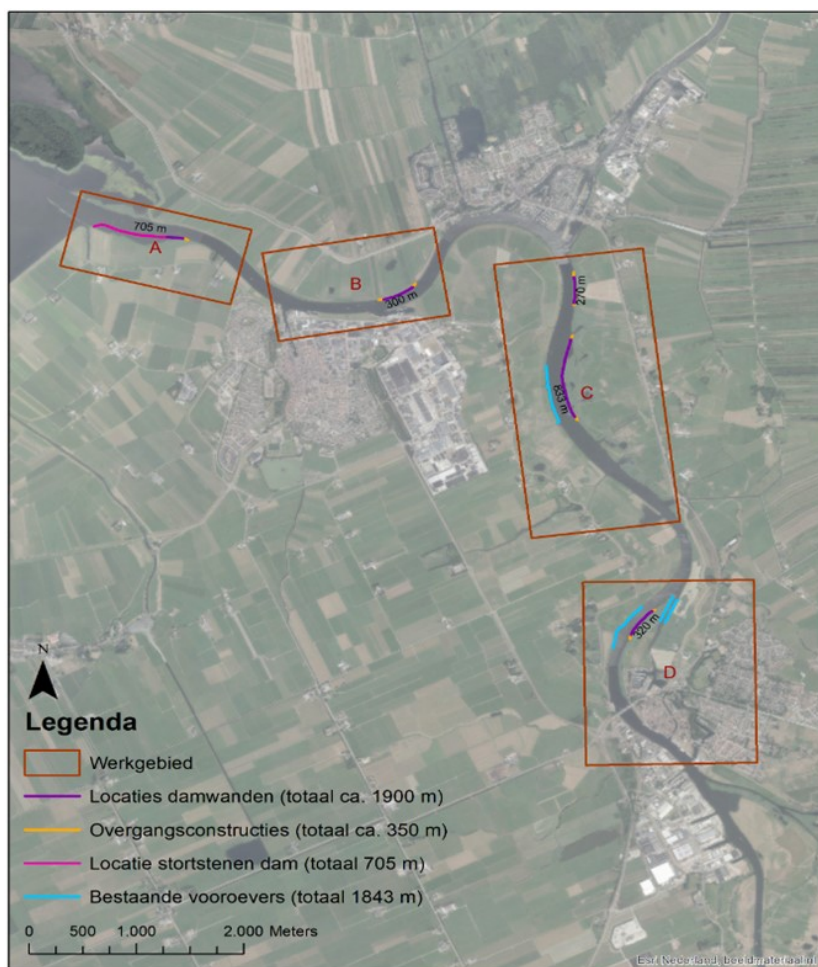
2.1 ECOLOGISCH WENSBEELD INRICHTING LUWTEZONES

De focus voor het ontwerp van de luwtezones ligt op stromingsluwe en waterplantrijke onderwatermilieus gericht op vis. Luwtezones zijn belangrijk als rustplaats voor de trekvissen die in de lengterichting van het Zwarte Water migreren. Het ecologisch wensbeeld voor het Zwarte Water [5] is daarom dat op diverse locaties langs de oever van de rivier luwtezones worden gerealiseerd. Voorwaarde is dat de luwtezones zo goed mogelijk afgeschermd zijn tegen waterbeweging en vertroebeling ter bescherming van de vegetatie [10, 11] en dat waterdiepte en substraat geschikt zijn voor de vestiging van waterplanten. Het is gewenst de basis stroomsnelheid van de rivier te benutten om stroming en waterversing in de oeverzone te behouden.

2.2 VOORONTWERP MEESTROMENDE LUWTEZONES

Onderstaand is het voorontwerp toegelicht om langs 5,2 km over luwtezones aan te leggen en te optimaliseren. De realisatie van 5,2 km aan luwtezones wordt middels 8 deelprojecten gerealiseerd

- Aanleg Luwtezone Monding Zwarte Water
- Aanleg Luwtezone Zwartsluis
- Aanleg Luwtezone De Velde
- Aanleg Luwtezone Veldiger Buitenland
- Optimalisatie Luwtezone Cellemuiden
- Optimalisatie Luwtezone Roebollige Hoek
- Aanleg Luwtezone Molenwaard
- Luwtezone Molenwaardse Streng



Figuur 2-1: Overzichtskartaal luwtezones

2.2.1 MEESTROMENDE LUWTEZONES TUSSEN DAMWAND EN OEVER

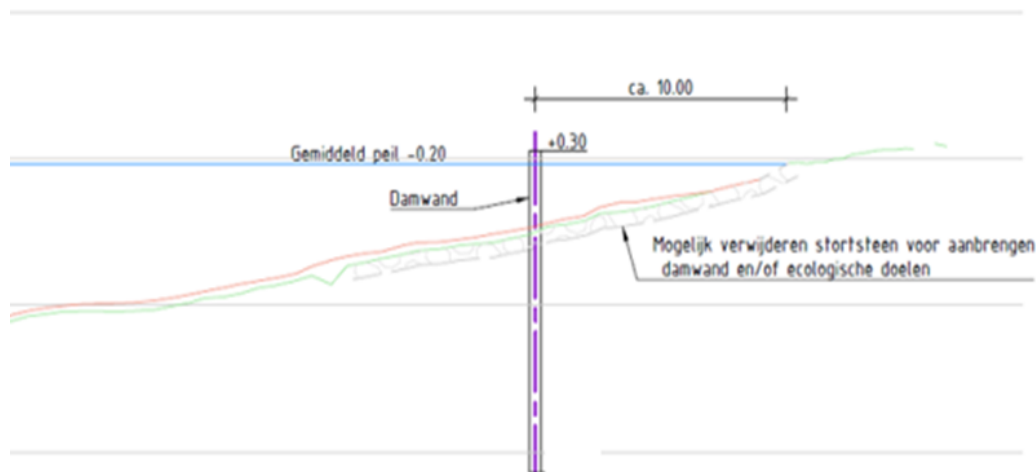
Doel

- Zorgen dat in een zone water langs de oever de waterbeweging door langsvarende beroeps- en recreatievaart niet merkbaar is. Het gaat om de zuigende werking en de scheepsgolven. Tegelijkertijd remt dit waterdynamiek door windgolven. Vanuit het perspectief scheeps- en windgolven ontstaat een luwtezone. Een rustige waterzone is de meest essentiële voorwaarde om goede onderwatervegetatie op de bodem van het oevertalud en gunstig verblijf- en paaigebied voor vis te kunnen laten ontwikkelen. Recreatief gebruik, waaronder hengelsport, is niet gewenst.
- Zorgen dat in deze zone sprake is van langzaam mee stromend water. Daarbij keert in het Zwarte Water de stromingsrichting regelmatig om. Er ontstaan voldoende verversing (zuurstof) en tevens betere condities voor stroming minnende en migrerende vissen.

Damwand

Bij deze oeveroptimalisatie wordt een verticale constructie geplaatst in de oever die de waterbeweging minimaal remt. De toepassing van damwanden (staal, hout, kunststof, alternatief met gelijk effect) zorgt voor de ecologisch gewenste condities. De bovenkant van de damwanden ligt op NAP + 0,30 m. De plaatsing van damwanden op ongeveer 10 meter afstand uit de oever volgt de hoogtelijn NAP -2,20 m. Daardoor blijkt het niet nodig om de zone tussen damwand en oever op te hogen om de gewenste waterdieptes te realiseren.

In Figuur 2-2 is ter illustratie een doorsnede gegeven van een luwtezone met damwand.

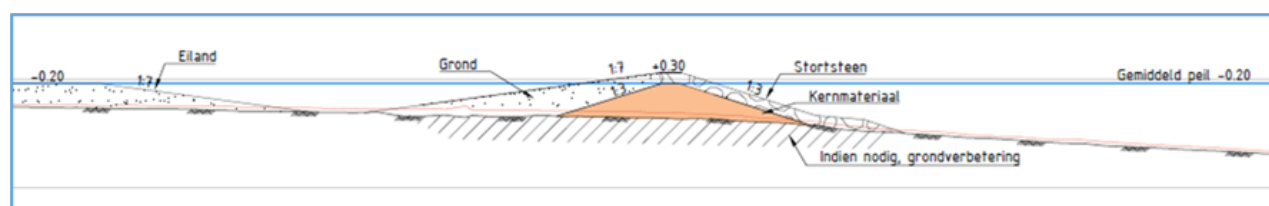


Figuur 2-2: Doorsnede luwtezone damwand.

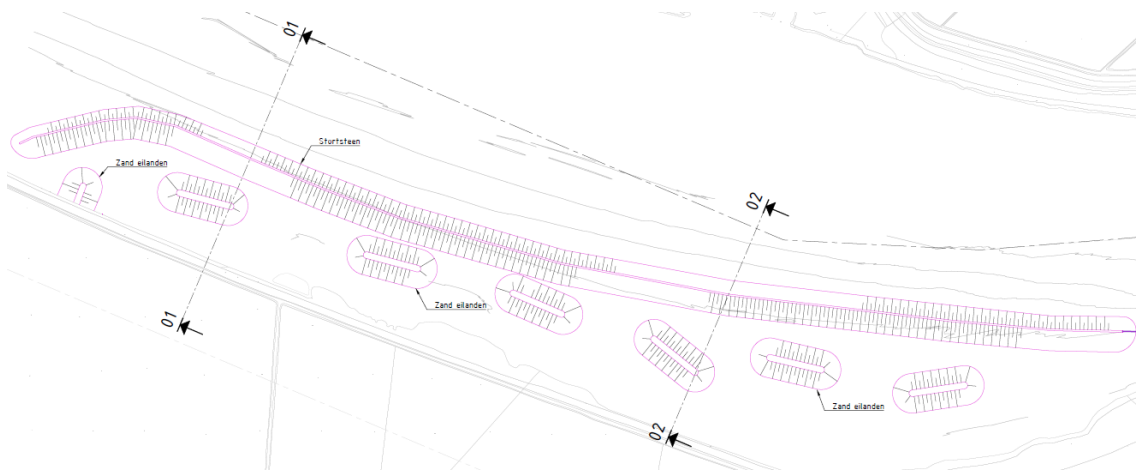
2.2.2 LUWTEZONE MET STORTSTENEN VOOROEVER

Bij de monding van het Zwarte Water (werkgebied A) wordt een brede luwtezone (variërend tussen de 50 en 100 m) gerealiseerd tussen bestaande oever en een vooroever met meerdere nieuw op te hogen zandplaten.. Deze vooroever wordt aangelegd in de vorm van een strekdam. Aan de oostzijde sluit de stortstenen dam aan op een damwand. Door het plaatsen van de strekdam wordt golfwerking als gevolg van wind en scheepvaart geminimaliseerd en door de aanleg van zandplaten wordt extra variatie in waterdieptes gecreëerd, die geschikt is voor veel verschillende planten en vissen.

In Figuur 2-3 is ter illustratie een doorsnede gegeven de stortstenen vooroever. In Figuur 2-4 is een mogelijke invulling van de luwe zone met eilandjes weergegeven.



Figuur 2-3: Doorsnede van de vooroever met stortsteen (links de huidige oever op ca. 80 m van de vooroever en rechts de vaargeul) NB. De kruinhoogte is +0,30 m NAP ipv 0,20 m NAP



Figuur 2-4: Impressie van vooroever en inrichting met eilanden

De eisen aan de vooroever zijn als volgt:

- Ligging conform ontwerp tekening
- Hoogte bovenkant constructie NAP +0,3 m gedurende geheel de levensduur
- Talud buitenzijde beschermd tegen erosie
- Talud binnenzijde een helling van 1:7
- Bodemhoogte ter plaatse instroomopening westzijde maximaal NAP -0,8 m

De eisen aan de eilanden zijn als volgt:

- Hoogte bovenkant eiland NAP -0,2 m
- Taluds met een helling van 1:7

2.2.3 VERBETERING VAN REEDS BESTAANDE OEVERCONSTRUCTIES

Er zijn reeds oeverconstructies te vinden langs het Zwarte Water. Dit betreft de stortstenen vooroevers in werkgebied C en aan de westoever en rijshouten dammen in de Molenwaardse streng in werkgebied D (zie Figuur 2-1). De oeverconstructies functioneren niet naar wens en worden aangepast.

Dit betekent voor de stortstenen vooroevers een verhoging van de kruin tot NAP +0,3 m met het materiaal waaruit de vooroevers reeds al bestaan. De aanpassingen voor de stortstenen vooroevers zullen uitgevoerd worden binnen de beheergrenzen van de bestaande constructies.

De palenrijen met wiepen in de Molenwaardse Streng zullen worden vervangen door een andere constructie. Een alternatief voor een damwand op deze locatie is een roosterdam van rijshout. Waarbij deze dam wordt opgevuld met grond. Voor de vervanging van de bestaande rijshouten dammen is een constructie gewenst waar grond in kan worden toegepast die vrijkomt bij een project van de provincie op de aangrenzende oever.

3 UITGANGSPUNTEN

3.1.1 ALGEMENE UITGANGSPUNTEN

- Er wordt getoetst conform Rivierkundig Beoordelingskader 5.0;
- Er wordt gebruik gemaakt van het door RWS-ON aangeleverd referentiemodel. Hierover is contact geweest op 2-2-2020. Daarnaast wordt er gebruik gemaakt van een verfijnd rooster: ijvd40m_5-v1_2x.rgf;
- Uitvoer op de as van de rivier wordt per hectometer uitgelezen;
- Er is gebruik gemaakt van ArcGIS 10.4 of hoger, Baseline 5.3.3 en SIMONA 2019.
- Op 13-1-2021 is overeengekomen met RWS-ON over de schematisatie van de smalle, steile eilandjes in de monding. Deze worden opgenomen als kadelijnen. Damwanden worden ook opgenomen als damwanden.

3.1.2 REDENEERLIJN

In deze paragraaf wordt toegelicht hoe de verschillende effecten zijn bepaald, en voor welke situaties gekozen is om deze effecten te bepalen.

REDENERING HOOGWATERREFERENTIE

Het Zwarte Water is een bijzonder dynamisch gebied. Voor dit gebied wordt de hoogwaterreferentie bepaald met behulp van de methode “Conditionele Illustratiepunten”. Hierbij worden er verschillende combinaties van randvoorwaarden doorgerekend, de hoogwaterreferentie wordt in dit gebied bepaald door verschillende combinaties van rivierafvoer, wind en daaraan gekoppeld stormopzet op het IJsselmeer. Hiervoor zijn door RWS-ON twee randvoorwaarden sets aangegeven voor twee verschillende locaties, zie Tabel 1.

Tabel 1: Gebruikte randvoorwaarden sets. NB. In de tabel staat twee kolommen met een bijdrage. De bijdrage heeft een som kleiner dan 1 samen. Dit doordat de totale set randvoorwaarden uit meerdere sommen bestaat (welke hier niet zijn toegepast) daarom is in overleg met Rijkswaterstaat besloten om de bijdrages aan te passen. Deze worden weergegeven in de kolom toegepaste bijdrages.

	[JAAR]	TERUGKEERTIJD	[M + NAP]	LOKALE WATERSTAND	KERINGSTOESTAND	VECHTAFVOER TE DALFSEN	[M ³ /S]	IJSSELAFVOER TE OLIST	[M + NAP]	IJSSELMEERPEIL	[M/S]	WINDSNELHEID	[-]	WINDRICHTING	[-]	BIJDRAGE	TOEGEPASTE BIJDRAGE
ZWARTE WATER	15	3000	1,83	Open		69	362	-0,19		28,3	W				0,12	0,4	
ZWARTE WATER	15	3000	1,83	Open		569	1907	1,07		11,5	W				0,12	0,6	
ZWARTE WATER	19	3000	1,66	Open		32	198	-0,23		27,3	W				0,155	0,5	
ZWARTE WATER	19	3000	1,66	Gesloten		551	1853	0,87		15,9	W				0,178	0,5	

De keringstoestand “open” betekent dat de Ramspolkering faalt en daardoor open blijft op het moment dat deze eigenlijk zou moeten sluiten. De keringstoestand “gesloten” betekent dat de Ramspolkering sluit conform sluitingsprocedure.

De exacte toepassing van deze methode is uitgewerkt in bijlage A.

In het overleg van 3 juni 2020 is afgesproken dat bergend volume geen onderdeel uitmaakt van de rivierkundige beoordeling [1]. De reden hiervoor is dat het plangebied zich in het stroomvoerend regime van de Rijntakken bevindt.

REDENERING DWARSSTROMING EN MORFOLOGIE

Gezien het ontwerp wordt ervan uitgegaan dat er in normale situaties geen wijzigingen optreden in het riviersysteem als gevolg van de ingrepen. De ingrepen hebben voornamelijk een lokaal effect op de stroomsnelheden. Veranderingen van stroomsnelheden geven effecten op het gebied van dwarsstroming en morfologie. Door het lokale effect hiervan worden geen significante effecten voorzien. Verwacht dat door de afstand tussen in de ingreep en de vaarweg de effecten in de vaarweg erg klein zijn. Dit wordt in de effectbeoordeling getoetst aan de hand van de effecten op de stroomsnelheid in combinatie met de locatie van de vaarweg. De locatie van de vaarweg is aangeleverd door het projectteam van Rijkswaterstaat.

3.1.3 RIVIERKUNDIG BEOORDELINGSKADER

Tabel 2: Rivierkundige criteria in het Zwarte Water

Te beoordelen effect		Eis/ Toelichting indien effect n.v.t. is	Paragraaf
Hoogwaterveiligheid	Maatregel in stroomvoerend deel rivier: maatgevende hoogwaterstand op de as van de rivier	Geen waterstandsverhoging toegestaan	5.1.1
	Maatgevende hoogwaterstand buiten as van de rivier	Geen waterstandverhoging langs de primaire kering	5.1.2
Hinder – Schade	Waterstanden en/of inundatie-frequentie van de uiterwaard	Geen schade door verandering inundatiefrequentie	5.2.1
	Stroombeeld in de uiterwaard	Door terreineigenaar geaccepteerde verandering van grootte en richting stroomsnelheden	5.2.2
	Stroombeeld in de vaarweg	Geen dwarsstroming groter dan 0,3 m/s. Geen dwarsstroming groter dan 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroom van 50 m ³ /s.	5.2.3
Morfologie	Aanzanding en erosie van het zomerbed (+ oevers)	Bij erosie: - geen verlaging gemiddelde bodemligging; - geen oevererosie; - beperkte ontgroning bij constructies per hoogwater; Bij sedimentatie: - geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren; - geen verhoging MHW op lange termijn; 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 overeengekomen lage rivierafvoeren (OLA).	5.3.1
	Aanzanding en erosie van uiterwaard en nevengeulen	Bij sedimentatie: - beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten; Bij erosie: - geen ongewenste zijdelingse verplaatsing van de nevengeul/ nevengeul geen bodemerosie langs waterkering; - stroomsnelheid nevengeul bankfull < 0,3 m/s; geen bodemerosie langs waterkering	5.3.2

4 SCHEMATISATIE

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het ontwerp in de Baseline schematisatie is opgenomen. De beschreven situatie is op kaart weergegeven in bijlage B.

4.1 BODEMHOOGTE

Zoals in het voorgaande hoofdstuk wordt beschreven bestaat het plan uit drie onderdelen: luwtezones met behulp van damwanden, luwtezones met een stortstenen vooroever (en eilandjes) en het verbeteren van bestaande vooroevers.

De luwtezones met damwanden worden geschematiseerd als kades. Bij deze maatregelen wordt geen grondverzet gepleegd. In die zin is de invloed op het hoogtemodel zeer klein. Er worden enkel zomerbedpunten tot 5 meter rond de damwanden verwijderd. (dit op grond van de Dienstspecificaties Baseline). De kruinhoogtes van deze kadelijnen ligt op +0,30 m NAP. De teenhoogtes zijn geprikt op het resulterende hoogtemodel.

Het tweede onderdeel is het aanleggen van een stortstenen vooroever in combinatie met enkele eilandjes. Zoals zichtbaar in de figuren die hiervoor zijn getoond betreft het een vooroever met steile taluds. Daarnaast is er sprake van een kruinbreedte smaller dan 10 meter. Daarom wordt er voor gekozen om de vooroever eveneens te schematiseren als kadelijs, met een kruinhoogte van +0,30 m NAP. Omdat hier in de realiteit wel sprake is van een talud is hier gekozen om de teenlijn als breuklijn op te nemen. Deze heeft de hoogtes uit de referentie gekregen. De teenhoogtes van de kadelijs zijn op deze breuklijn geprikt. Ditzelfde geldt voor de eilandjes. Ook deze zijn smal met steile taluds.

Het derde onderdeel betreft het verbeteren van bestaande vooroevers. Deze vooroevers zijn in de referentieschematisatie reeds opgenomen als kadelijnen. Dit is gehandhaafd, enkel zijn de kruinhoogtes aangepast aan het ontwerp. Daarnaast is in de luwtezones een plat vlak op -0,8 m NAP aangebracht daar waar dit de onderhoudsdiepte wordt. Dit betreft de vooroevers in het Zwarte Water zelf. De luwtezone in de Molenwaard blijft op de referentie diepte.

4.2 RUWHEID

De hiervoor beschreven ingrepen hebben zeer beperkt invloed op de vegetatie. Bij het plaatsen van de damwanden wordt er geen extra ondiepte gecreëerd doordat er geen grondverzet plaatsvindt. Daardoor zal de vegetatie in de luwtezones niet wijzigen, ditzelfde geldt voor het verbeteren van de bestaande vooroevers. Het realiseren van een stortstenen vooroever heeft vanzelfsprekend wel invloed op de ruwheid in het model. In het model is een strook “verhard terrein” opgenomen. Dit loopt over de vooroever tot het gemiddeld peil in dit gebied (-0,20 m NAP). Onder dit peil wordt de ruwheid uit de referentieschematisatie gehandhaafd. Dit houdt daarmee ook in dat de eilandjes de referentieruwheid krijgen (water/zomerbed). De gedachte hierachter is dat een hoogwatersituatie uitgaat van een hoger dan gemiddelde waterstand, hiermee staan de eilandjes geheel onder water.

5 EFFECTBEOORDELING

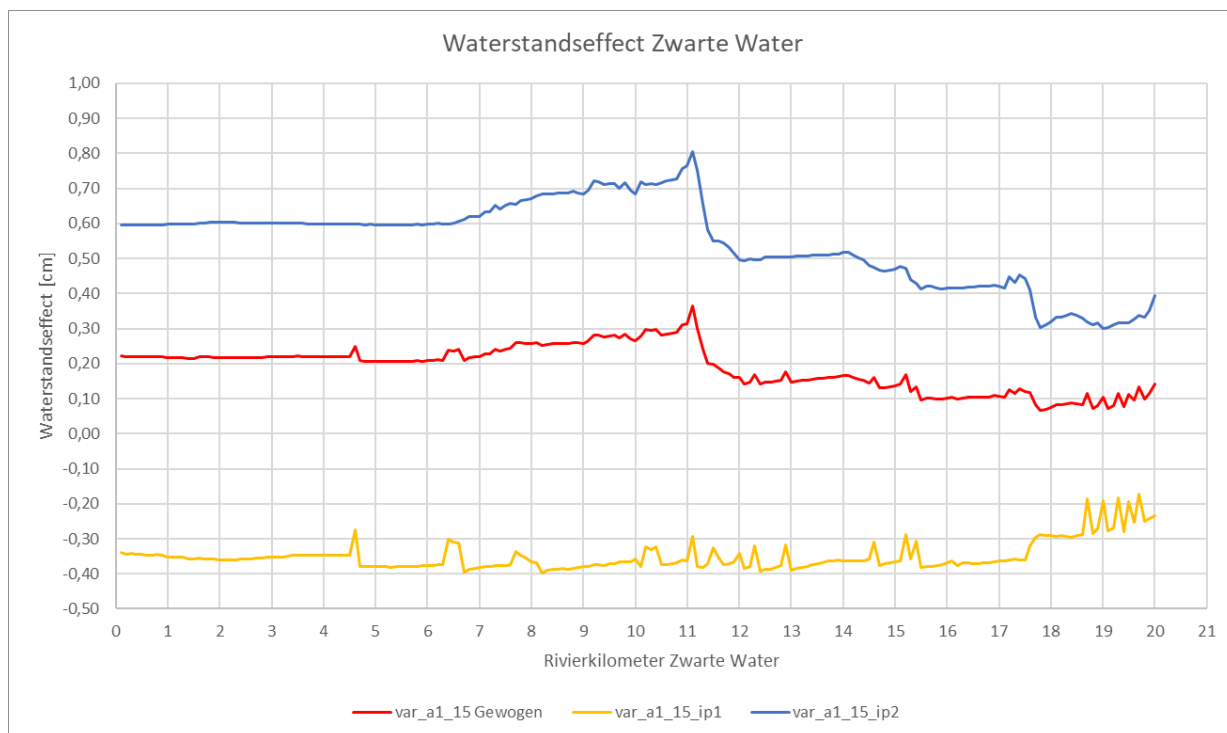
In dit hoofdstuk worden alle rivierkundige aspecten besproken van het definitief ontwerp. Voor de aspecten waarvoor simulaties zijn gedaan voor de hoogwaterreferentie worden kaarten getoond in bijlage C.

5.1 HOOGWATERVEILIGHEID

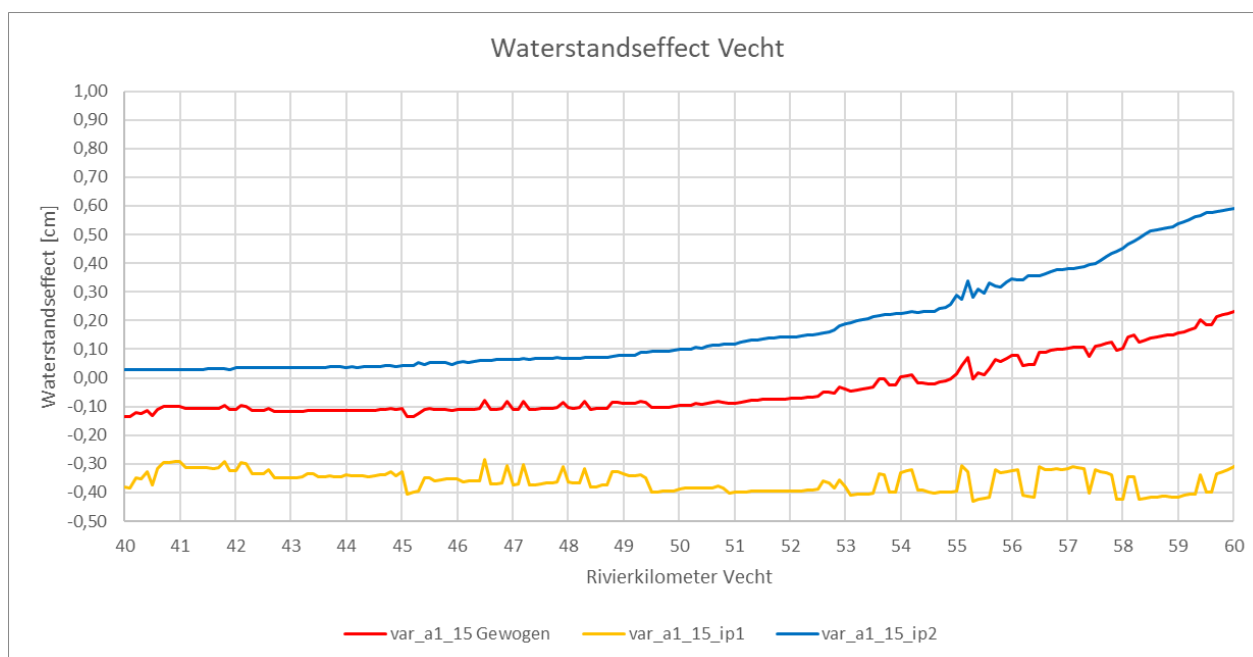
5.1.1 HOOGWATERREFERENTIE IN DE AS VAN DE RIVIER

Op basis van de methodiek voor de hoogwaterreferentie (zoals beschreven in hoofdstuk 3.1.2 en bijlage A) is het effect op de as van de rivier bepaald. Dit effect is weergegeven in onderstaande grafieken.

CONDITIONELE ILLUSTRATIEPUNTEN RIVIERKILOMETER 15



Figuur 5: Waterstandseffect op de as van de rivier (Zwarte Water) bij CIP's rivierkilometer 15. Positief is opstuwing, negatief daling. De rode lijn is het gewogen gemiddelde (voor de weging zie Tabel 1) van de wind gedomineerde situatie (IP1, de gele lijn in de grafiek) en de afvoer dominante situatie (IP2, blauwe lijn).



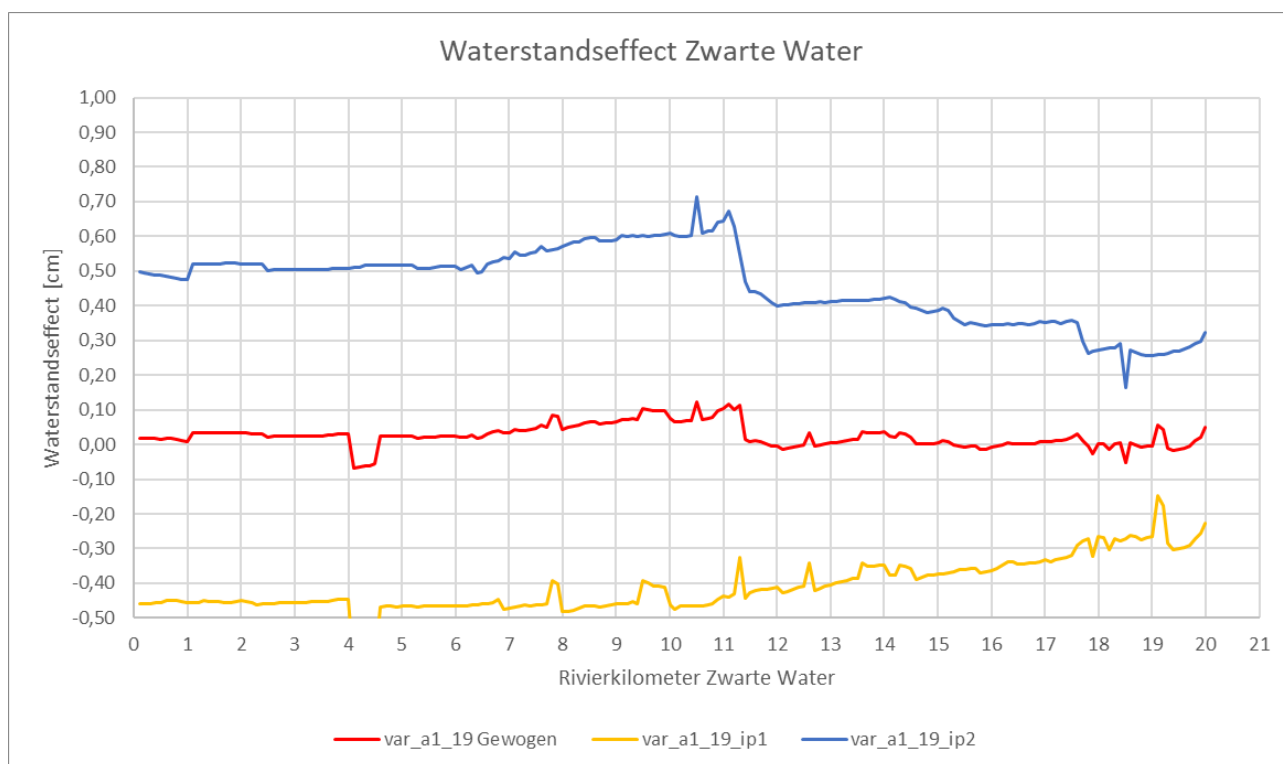
Figuur 6: Waterstandseffect op de as van de rivier (Vecht) bij CIP's rivierkilometer 15. Positief is opstuwing, negatief daling. De rode lijn is het gewogen gemiddelde (voor de weging zie Tabel 1) van de wind gedomineerde situatie (IP1, de gele lijn in de grafiek) en de afvoer dominante situatie (IP2, blauwe lijn).

Zichtbaar is dat voor de hierboven gebruikte CIP er enerzijds opstuwing optreedt (IP2, afvoer gedomineerde situatie) en anderzijds waterstands daling (IP1, wind gedomineerd). In een afvoer gedomineerd systeem treden er stroomsnelheidsverlagingen op ter hoogte van de ingrepen. Dit leidt tot een verhoging van de waterstanden. Bij een wind gedomineerd systeem treedt er een ander effect op. Door de constructie in de monding treedt er een weerstand op waardoor de stroomsnelheid afneemt direct na de vooroever. Hierdoor neemt de absolute waterstand tijdens de piek af, maar duurt deze langer. In andere woorden: er treedt topvervlakking op. Dit is de reden dat er voor de wind gedomineerde situatie een zeer kleine waterstands daling wordt berekend.

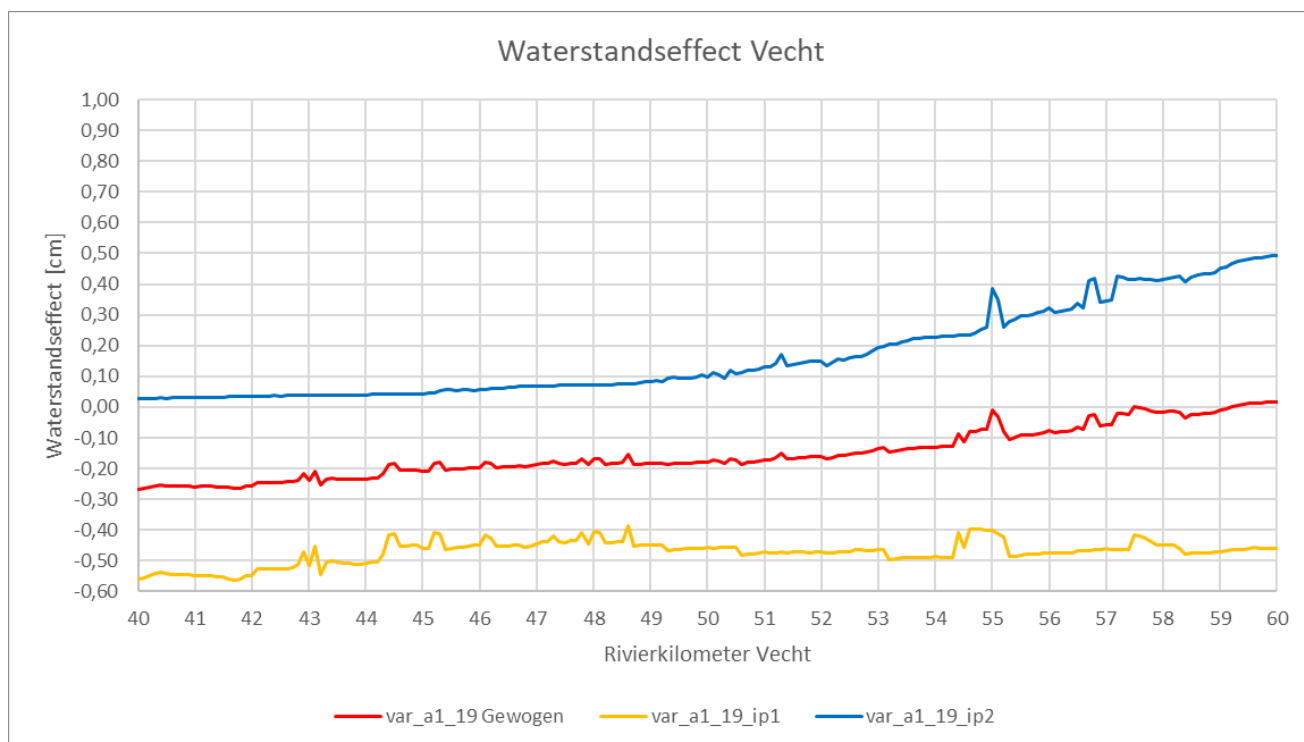
Wanneer deze beide situaties worden gewogen treedt er een effect op van maximaal 3,6 millimeter ter hoogte van rivierkilometer 11. Het betreft hier een locatie waar er meerdere ingrepen worden uitgevoerd. Als gevolg hiervan neemt de stroomsnelheid af. Dit wordt versterkt door de locatie. Deze ligt tussen twee versmallingen van de uiterwaard in (boven- en benedenstrooms neemt de breedte van de uiterwaard af) waardoor het effect versterkt wordt. Zeker in bovenstroomse richting wordt de stroombreedte van de uiterwaard flink smaller. Dit verklaart de opstuwing over de grote bovenstroomse lengte, immers wordt de doorstroom geremd. Vanaf deze locatie blijft er dus in bovenstroomse richting een opstuwing (welke op de Vecht uitdempt in tegenstelling tot het Zwarte Water).

CONDITIONELE ILLUSTRATIEPUNTEN RIVIERKILOMETER 19

Voor de CIP's zoals gehanteerd voor rivierkilometer 19 zijn de patronen zeer vergelijkbaar met de effecten zoals hierboven beschreven. Het effect van de ingreep is echter kleiner (orde 1 a 2 millimeter). Dit geldt ook voor het gewogen effect met een maximale opstuwing van 1,3 millimeter.



Figuur 7: Waterstandseffect op de as van de rivier (Zwarte Water) bij CIP's rivierkilometer 15. Positief is opstuwing, negatief daling. De rode lijn is het gewogen gemiddelde (voor de weging zie Tabel 1) van de wind gedomineerde situatie (IP1, de gele lijn in de grafiek) en de afvoer dominante situatie (IP2, blauwe lijn).



Figuur 8: Waterstandseffect op de as van de rivier (Vecht) bij CIP's rivierkilometer 19. Positief is opstuwing, negatief daling. De rode lijn is het gewogen gemiddelde (voor de weging zie Tabel 1) van de wind gedomineerde situatie (IP1, de gele lijn in de grafiek) en de afvoer dominante situatie (IP2, blauwe lijn).

5.1.2 HOOGWATERREFERENTIE BUITEN DE AS VAN DE RIVIER

Het patroon wat op de as van de rivier zichtbaar is vertaalt zich ook naar het 2D-beeld (zie bijlage C). De effecten op de as van de rivier zijn vergelijkbaar met de effecten nabij de bandijk. Bij de CIP behorend bij rivierkilometer 15 is zichtbaar dat de effecten bij IP1 ook bij de bandijk verlagingen zijn. Bij IP2 geldt dat er ook bij de bandijk verhogingen zijn. Deze verhogingen van de waterstanden zijn in de orde millimeters. Deze opstuwing vindt echter plaats over een grote afstand (het hele Zwarte Water). In Tabel 3 wordt de opstuwing weergegeven die in de figuren zichtbaar is.

Tabel 3: Opstuwing nabij bandijk bij 15_IP2

RIVIERKILOMETER OPSTUWING NABIJ BANDIJK [MM]

10-14	5<
14-19	4 tot 5
19 -20	3 tot 4

Tabel 4: Opstuwing nabij bandijk bij 19_IP2

RIVIERKILOMETER OPSTUWING NABIJ BANDIJK [MM]

10-12	5<
12-19	3 tot 4
19 -20	2 tot 3

Merk hierbij op dat dit de maximale effecten zijn bij IP2. Bij IP1 treden er enkel verlagingen op. Het gewogen gemiddelde van deze twee is het effect dat daadwerkelijk optreedt. Dit zal vergelijkbaar zijn met de effecten op de as van de rivier. Dit houdt in dat de gewogen effecten bij de bandijk gelegen zijn tussen de 4 millimeter opstuwing en 1 millimeter verlaging op het Zwarte Water. Op de Vecht dempt het opstuwende effect uit waarna er over een langer traject op de Vecht een daling van de waterstand nabij de bandijk zal optreden.

Dit houdt wel in dat er nabij de bandijk over een groot traject een verhoging van de waterstand optreedt. Er zal in overleg getreden moeten worden met de keringbeheerder om te bepalen of dit toelaatbaar is.

5.2 HINDER OF SCHADE DOOR HYDRAULISCHE EFFECTEN

5.2.1 INUNDATIEFREQUENTIE VAN DE UITERWAARD

Als gevolg van de aard van de ingrepen worden er geen wijzigingen op land aangebracht. Daarmee blijft de inundatiefrequentie gelijk aan de situatie voor de ingrepen. Er treedt dan ook geen schade of hinder op als gevolg van een gewijzigde inundatiefrequentie.

5.2.2 STROOMBEELD IN DE UITERWAARD

Er worden geen ingrepen in de uiterwaard voorzien. Er zal dan ook geen wijziging plaatsvinden in de inundatiefrequentie van de uiterwaard. Tijdens een hoogwater treden er als gevolg van de oeveroptimalisaties geen significante effecten op in de uiterwaard. Dit is zichtbaar in de stroomsnelheidseffectkaarten (Bijlage C). Het stroombeeld blijft dus gelijk.

5.2.3 STROOMBEELD IN DE VAARWEG

Door de aard van de ingrepen worden er geen significante effecten op het stroombeeld in de vaarweg verwacht. Er treden slechts zeer lokaal wijzigingen op in de stroomsnelheden, zie bijlage C. Dit is duidelijk zichtbaar in de kaarten met stroomsnelheidseffecten. Er zijn enkel wijzigingen direct rond de luwtezones. Er treedt dan ook geen hinder voor de scheepvaart op als gevolg van wijzigingen in het stroombeeld.

5.3 MORFOLOGISCHE EFFECTEN

5.3.1 MORFOLOGISCHE EFFECTEN IN HET ZOMERBED

Door het plaatsen van damwanden of een stortstenen vooroever in het zomerbed zullen de morfologische processen achter deze objecten onder dagelijkse condities verminderen, de objecten zorgen immers voor een beschermt milieu waar scheepvaartgolven geen invloed hebben. Vóór de objecten zullen de stroomsnelheden mogelijk iets toenemen doordat de objecten voor een meer geconcentreerde stroming zorgen. Bij extremere omstandigheden is te zien (bijlage C) dat de stroomsnelheden lokaal rondom de damwanden/stortstenen vooroever en benedenstreams (dit is dus wisselend noord of zuid bij verschillende IP's) van de damwanden afnemen. Dit is in de onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 5: Stroomsnelheidseffecten nabij luwtezones (orde van grootte)

LOCATIE (RKM)	GEBRUIKTE IP	TOENAME STROOMSNELHEID [M/S]	AFNAME STROOMSNELHEID [M/S]
11	15	-	0,25
14	15	-	0,1
15	15	-	0,15
18	19	-	0,2
20	19	0,1	0,4

Deze snelheidsveranderingen bevinden zich echter buiten de vaargeul. Nadelige morfologische effecten zijn zeer onwaarschijnlijk.

5.3.2 MORFOLOGISCHE EFFECTEN IN DE UITERWAARD

Er worden geen ingrepen in de uiterwaard voorzien. Er zal dan ook geen wijziging plaatsvinden in de inundatiefrequentie en afvoercapaciteit van de uiterwaard. Er zullen dus geen ongewenste morfologische effecten optreden in de uiterwaard als gevolg van de luwtezones.

6 CONCLUSIE

	Te beoordelen effect	Effect	Paragraaf	Conclusie
Hoogwaterveiligheid	Maatregel in stroomvoerend deel rivier: maatgevende hoogwaterstand op de as van de rivier	Geen waterstandsverhoging toegestaan	5.1.1	Voldoet niet, Overleg met rivierbeheerder
	Maatgevende hoogwaterstand buiten as van de rivier	Geen waterstandverhoging langs de primaire kering	5.1.2	Voldoet niet, Overleg met rivierbeheerder
Hinder - Schade	Waterstanden en/of inundatie-frequentie van de uiterwaard	Geen schade door verandering inundatiefrequentie	5.2.1	Voldoet
	Stroombeeld in de uiterwaard	Door terreineigenaar geaccepteerde verandering van grootte en richting stroomsnelheden	5.2.2	Voldoet
	Stroombeeld in de vaarweg	Geen dwarsstroming groter dan 0,3 m/s. Geen dwarsstroming groter dan 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroom van 50 m ³ /s.	5.2.3	Voldoet
Morfologie	Aanzanding en erosie van het zomerbed (+ oevers)	<p>Bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geen verlaging gemiddelde bodemligging; - geen oevererosie; - beperkte ontgroning bij constructies per hoogwater; <p>Bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren; - geen verhoging MHW op lange termijn; <p>In het algemeen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten en behouden veiligheid scheepvaartverkeer; - geen onacceptabele terugschrijdende erosie of sedimentatie i.v.m. risico verandering afvoerdeling bij MHW of overeengekomen lage rivierafvoeren (OLA). 	5.3.1	Voldoet
	Aanzanding en erosie van uiterwaard en nevengeulen	<p>Bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten; <p>Bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geen ongewenste zijdelingse verplaatsing van de nevengeul/ nevengeul geen bodemerosie langs waterkering; - stroomsnelheid nevengeul bankfull < 0,3 m/s; geen bodemerosie langs waterkering 	5.3.2	Voldoet

7 OPTIMALISATIE

Uit de conclusie in het voorgaande hoofdstuk blijkt dat het ontwerp zoals dat er nu is niet direct voldoet aan de criteria van het Rivierkundig Beoordelingskader. Daarom dient er geoptimaliseerd te worden.

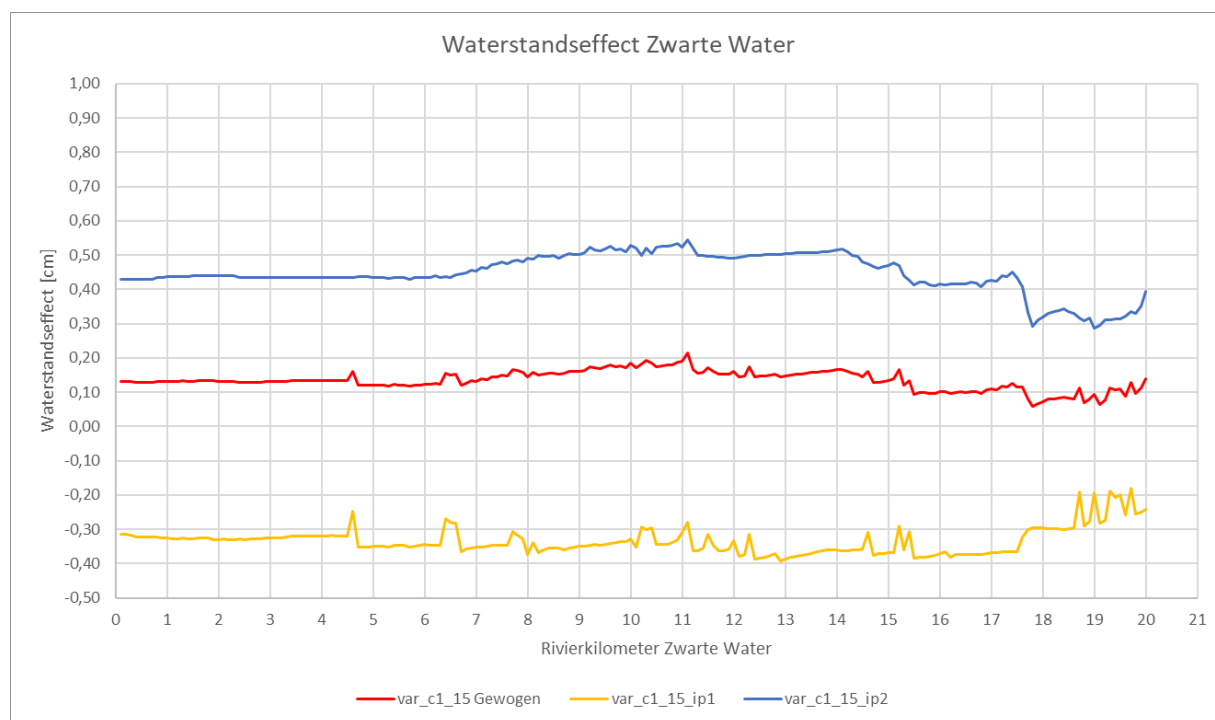
Uit de grafiek met waterstandseffecten blijkt door de ingreep opstuwung plaats vindt nabij rivierkilometer 11 (ingreep Molenwaard). Daarom wordt deze uit de schematisatie gehaald. Het is hierbij niet de verwachting dat het effect onder de millimeter opstuwung blijft. Daarvoor zouden overduidelijk meer damwanden verwijderd moeten worden, dit conflicteert echter dusdanig met de doelstellingen van het project dat dit niet wordt gedaan. Lokale optimalisatie en/of mitigatie binnen het project conflicteert eveneens met het project.

Omdat de optimalisatie gedaan is rond rivierkilometer 11 worden voor de resultaten enkel de CIP's behorend bij rivierkilometer 15 doorgerekend. Deze zijn als representatief beschouwd voor het traject (geldend van rivierkilometer 11 tot 17).

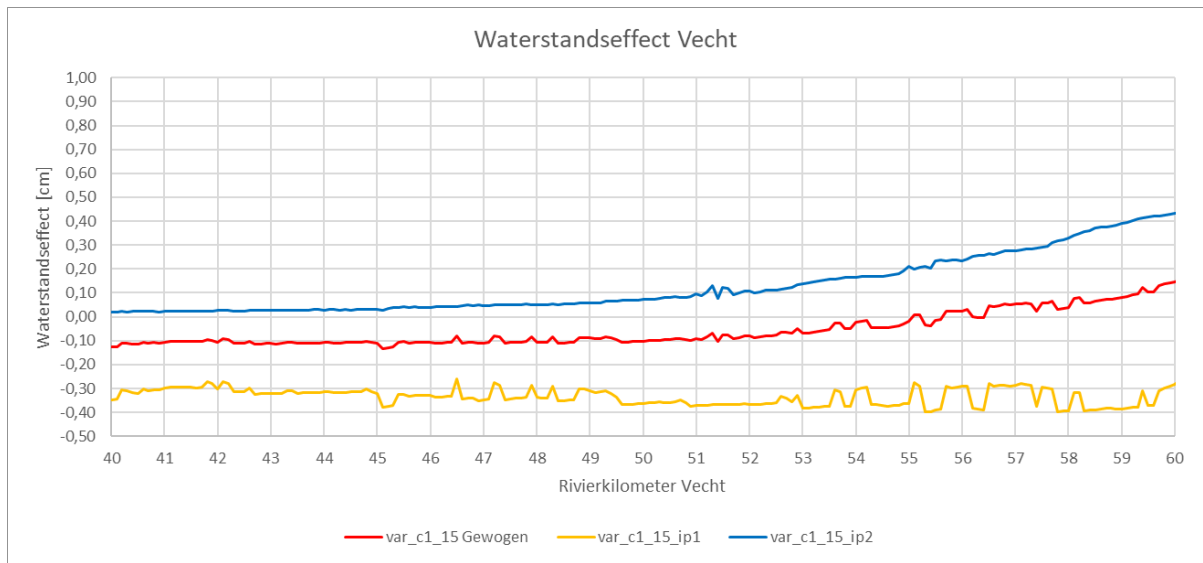
7.1 HOOGWATERVEILIGHEID

7.1.1 HOOGWATERREFERENTIE IN DE AS VAN DE RIVIER

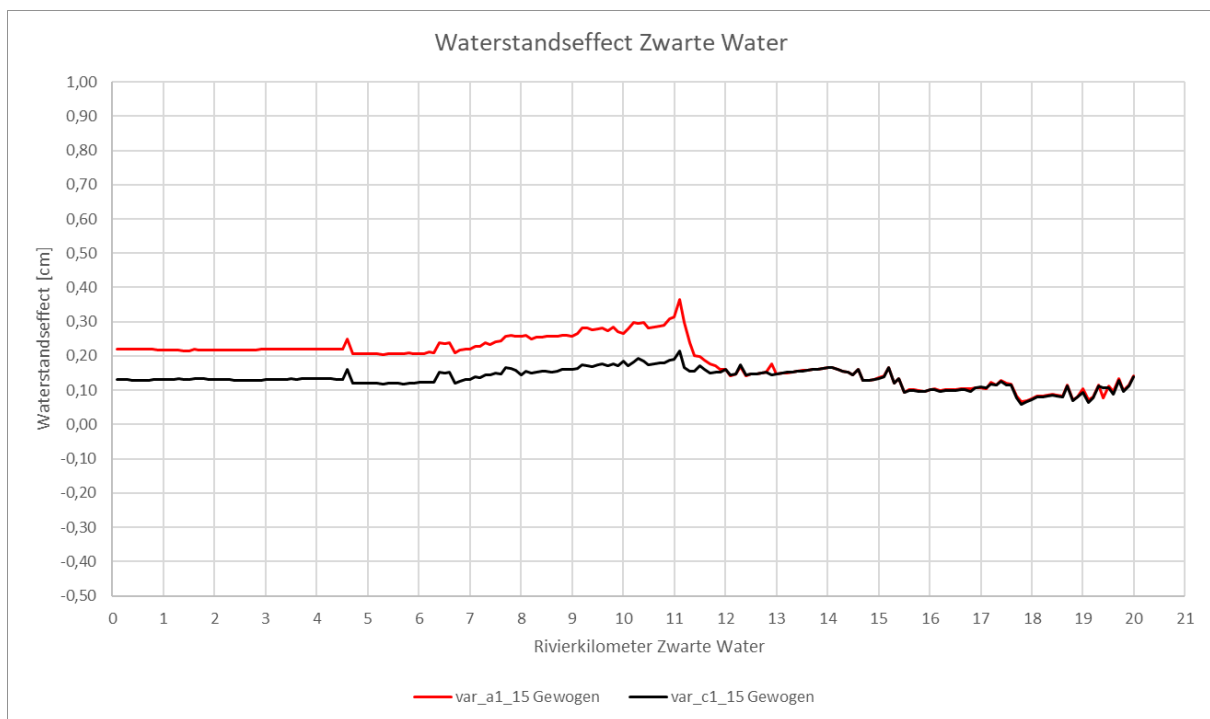
In de onderstaande figuren worden de effecten op de as van de rivier bij eerder genoemde CIP's getoond.



Figuur 9: Waterstandseffect op de as van de rivier (Zwarte Water) bij CIP's rivierkilometer 15. Positief is opstuwung, negatief daling. De rode lijn is het gewogen gemiddelde (voor de weging zie Tabel 1) van de wind gedomineerde situatie (IP1, de gele lijn in de grafiek) en de afvoer dominante situatie (IP2, blauwe lijn).

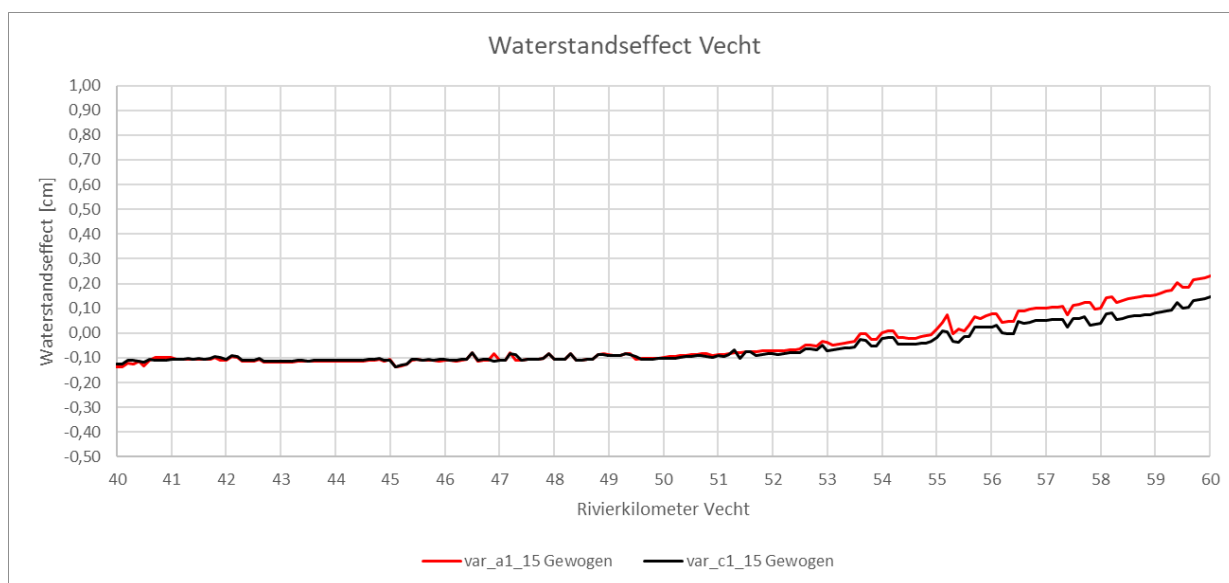


Figuur 10: Waterstandseffect op de as van de rivier (Zwarte Water) bij CIP's rivierkilometer 15. Positief is opstuwung, negatief daling. De rode lijn is het gewogen gemiddelde (voor de weging zie Tabel 1) van de wind gedomineerde situatie (IP1, de gele lijn in de grafiek) en de afvoer dominante situatie (IP2, blauwe lijn).



Figuur 11: Waterstandseffect op de as van de rivier (Zwarte Water) bij CIP's rivierkilometer 15. Positief is opstuwung, negatief daling. De rode lijn in de grafiek geeft het gewogen effect van variant a1 (variant inclusief Molenwaard) en de zwarte lijn in de grafiek geeft het gewogen effect van variant c1 (variant zonder Molenwaard).

Zichtbaar is dat de opstuwende werking van de luwtezone nabij de Molenwaard nagenoeg uit de grafiek is verdwenen. Dit resulteert in een gewogen effect dat ongeveer een millimeter lager in bovenstroomse richting is dan het effect dat eerder is gepresenteerd. De maximale opstuwung gaat van 0,36 centimeter naar 0,21 centimeter. De effecten in benedenstroomse richting blijven gelijk.



Figuur 12: Waterstandseffect op de as van de rivier (Vecht) bij CIP's rivierkilometer 15. Positief is opstuwing, negatief daling. De rode lijn in de grafiek geeft het gewogen effect van variant a1 (variant inclusief Molenwaard) en de zwarte lijn in de grafiek geeft het gewogen effect van variant c1 (variant zonder Molenwaard).

Het effect op de as van de rivier de Vecht neemt eveneens af vanaf de monding. Hierdoor wordt op de Vecht alleen op het traject rivierkilometer 59-60 een opstuwing veroorzaakt groter dan 1 millimeter. Echter wordt er over een veel groter traject een daling gerealiseerd van 1 millimeter.

7.1.2 HOOGWATERREFERENTIE BUITEN DE AS VAN DE RIVIER

Het patroon wat op de as van de rivier zichtbaar is vertaalt zich ook naar het 2D-beeld (zie bijlage D). De effecten op de as van de rivier zijn vergelijkbaar met de effecten nabij de bandijk. Dit houdt dan ook in dat de effecten in het benedenstroomse gebied gelijk zijn als eerder. Er is wel een verlaging zichtbaar op het traject bovenstrooms van rivierkilometer 11; ongeveer met 1 millimeter.

Dit houdt nog steeds in dat er nabij de bandijk over een groot traject een verhoging van de waterstand optreedt. Er zal in overleg getreden moeten worden met de keringbeheerder om te bepalen of dit toelaatbaar is.

7.2 HINDER OF SCHADE DOOR HYDRAULISCHE EFFECTEN

7.2.1 INUNDATIEFREQUENTIE VAN DE UITERWAARD

Door het niet toepassen van de luwtezone nabij de Molenwaard worden er ook nu geen wijzigingen op land aangebracht. Daarmee blijft de inundatiefrequentie gelijk aan de situatie voor de ingrepen. Er treedt dan ook geen schade of hinder op als gevolg van een gewijzigde inundatiefrequentie.

7.2.2 STROOMBEELD IN DE UITERWAARD

Er worden nog steeds geen ingrepen in de uiterwaard voorzien. Er zal dan ook geen wijziging plaatsvinden in de inundatiefrequentie van de uiterwaard. Tijdens een hoogwater treden er als gevolg van de oeveroptimalisaties geen significante effecten op in de uiterwaard. Dit is zichtbaar in de stroomsnelheidseffectkaarten (Bijlage D). Het stroombeeld blijft dus gelijk.

7.2.3 STROOMBEELD IN DE VAARWEG

Door de aard van de ingrepen worden er geen significante effecten op het stroombeeld in de vaarweg verwacht, dit verandert niet door de optimalisatie. Er treden slechts zeer lokaal wijzigingen op in de stroomsnelheden, zie bijlage D. Dit is duidelijk zichtbaar in de kaarten met stroomsnelheidseffecten. Er zijn enkel wijzigingen direct rond de luwtezones. Er treedt dan ook geen hinder voor de scheepvaart op als gevolg van wijzigingen in het stroombeeld.

7.3 MORFOLOGISCHE EFFECTEN

7.3.1 MORFOLOGISCHE EFFECTEN IN HET ZOMERBED

Door de optimalisatie zullen de effecten op de morfologie in het zomerbed niet veranderen ten opzichte van de eerder gepresenteerde effecten.

7.3.2 MORFOLOGISCHE EFFECTEN IN DE UITERWAARD

Er worden geen ingrepen in de uiterwaard voorzien. Er zal dan ook geen wijziging plaatsvinden in de inundatiefrequentie en afvoercapaciteit van de uiterwaard. Er zullen dus geen ongewenste morfologische effecten optreden in de uiterwaard als gevolg van de luwtezones.

8 CONCLUSIE OPTIMALISATIE

	Te beoordelen effect	Effect	Paragraaf	Conclusie
Hoogwaterveiligheid	Maatregel in stroomvoerend deel rivier: maatgevende hoogwaterstand op de as van de rivier	Geen waterstandsverhoging toegestaan	7.1.1	Voldoet niet, Overleg met rivierbeheerder
	Maatgevende hoogwaterstand buiten as van de rivier	Geen waterstandverhoging langs de primaire kering	7.1.2	Voldoet niet, Overleg met rivierbeheerder
Hinder - Schade	Waterstanden en/of inundatie-frequentie van de uiterwaard	Geen schade door verandering inundatiefrequentie	7.2.1	Voldoet
	Stroombeeld in de uiterwaard	Door terreineigenaar geaccepteerde verandering van grootte en richting stroomsnelheden	7.2.2	Voldoet
	Stroombeeld in de vaarweg	Geen dwarsstroming groter dan 0,3 m/s. Geen dwarsstroming groter dan 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroom van 50 m ³ /s.	7.2.3	Voldoet
Morfologie	Aanzanding en erosie van het zomerbed (+ oevers)	<p>Bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geen verlaging gemiddelde bodemligging; - geen oevererosie; - beperkte ontgroning bij constructies per hoogwater; <p>Bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren; - geen verhoging MHW op lange termijn; <p>In het algemeen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten en behouden veiligheid scheepvaartverkeer; - geen onacceptabele terugschrijdende erosie of sedimentatie i.v.m. risico verandering afvoerdeling bij MHW of overeengekomen lage rivierafvoeren (OLA). 	7.3.1	Voldoet
	Aanzanding en erosie van uiterwaard en nevengeulen	<p>Bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten; <p>Bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geen ongewenste zijdelingse verplaatsing van de nevengeul/ nevengeul geen bodemerosie langs waterkering; - stroomsnelheid nevengeul bankfull < 0,3 m/s; geen bodemerosie langs waterkering 	7.3.2	Voldoet

9 REFERENTIES

- [1] Lievense|WSP, WAB011363-V-007-v1 *Bespreken Uitgangspunten Rivierkunde*, 2020.
- [2] Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, *Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren*, 2019.
- [3] Waterschap Drents Overijsselse Delta, „KRW factsheets,” 2015.
- [4] Rijksoverheid, „MIRT2-besluit,” 17 mei 2016.
- [5] Provincie Overijssel, „Natura 2000 beheerplan: Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht,” 2017.
- [6] Witteveen + Bos, „Verkenning Zwarte Water,” 2006.
- [7] Lievense|WSP, „WAB011363-R-031-V2-Nota voorontwerp meestromende luwtezones,” 2021.



OVERZICHT BIJLAGEN

Bijlage A

- Hoogwaterreferentie

Bijlage B

- Schematisatie

Bijlage C

- Kaarten effectbeoordeling

Bijlage D

- Kaarten effectbeoordeling optimalisatie

BIJLAGE

A

HOOGWATERREFERENTIE



CONDITIONELE ILLUSTRATIEPUNTEN

Het Zwarte Water is een zogenaamd “overgangsgebied”. In deze gebieden gaat de dominante invloed van de rivierafvoer over in een combinatie van belastingen. Voor het Zwarte Water geldt een omvangrijk invloedgebied. Delen van de tekst zijn overgenomen uit het Rivierkundig Beoordelingskader 5.0 [2]

De maatgevende waterstanden worden op het Zwarte Water en de Vecht bepaald door een samenspel van rivierafvoer, wind en IJsselmeerpeil en een hoogwaterkering. Bij het bepalen van de officiële hydraulische randvoorwaarden voor de keringen zijn daarom een groot aantal hydraulische sommen (enkele duizenden) uitgevoerd. Deze methodiek is ongeschikt voor toepassing door regionale organisatieonderdelen van Rijkswaterstaat bij het beoordelen van het hydraulisch effect van een vergunningaanvraag Waterwet. Daarom is een methode ontwikkeld die gebruik maakt van Conditionele Illustratiepunten (CIP). De methode met CIP is een benaderende methode, waarbij met een relatief klein aantal slim gekozen berekeningen het effect van een maatregel op de maatgevende waterstanden kan worden bepaald. Dit aantal is veel kleiner dan het aantal dat nodig is voor een volledige probabilistische aanpak. Met behulp van een probabilistische methode kunnen voor elke locatie op basis van de uitgevoerde berekeningen ten behoeve van de afleiding van de hydraulische randvoorwaarden voor de keringen de meest dominante maatgevende condities voor verschillende terugkeertijden worden afgeleid. De methode van Conditionele illustratiepunten is bedoeld voor de Waterwet-beoordeling van niet al te grote ingrepen en ingrepen met een lokaal effect. De methode met de conditionele illustratiepunten mag alleen worden toegepast om het effect van een ingreep te bepalen, als dat effect na toepassing van de methode minder dan ongeveer 5 cm blijkt te zijn.

De CIP's kunnen worden bepaald met het probabilistische model Hydra-NL. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een volledig gevulde Hydra-dataset. Dergelijke illustratiepunten geven voor één bepaalde locatie voor meerdere afvoerniveaus de meest waarschijnlijke omstandigheden tijdens het bereiken van de maatgevende waterstanden. CIP's dienen afgeleid te worden voor die enkele locatie waar op basis van expert judgement de grootste effecten worden verwacht. Deze CIP's worden toegeleverd door de rivierbeheerder. In het geval van dit project is gekozen voor een pragmatische aanpak met een beperkt aantal simulaties. Daarom zijn er twee sets randvoorwaarden aangeleverd.

Om deze methode toe te passen worden de volgende stappen uitgevoerd:

1. Bepalen randvoorwaarden voor de berekeningen
2. Berekenen van het waterstandseffect per illustratiepunt (variant minus referentie)

$$V_o(j) = h_{maatregel,o}(j) - h_{ref,o}(j), j = 1, 2, \dots, n_o$$

$$V_D(k) = h_{maatregel,D}(k) - h_{ref,D}(k), k = 1, 2, \dots, n_D$$

Met hierin:

$V_o(j)$: waterstandseffect van CIP nr. j, voor situatie met open kering;

$V_D(k)$: waterstandseffect van CIP nr. k, voor situatie met dichte kering;

h_{ref} : berekende waterstand in referentiesituatie;

$h_{maatregel}$: berekende waterstand voor situatie met ingreep;

j: afgeleide CIP voor open keringtoestand;

k: afgeleide CIP voor dichte keringtoestand.

3. Berekenen van het geschatte totale effect van de ingreep

$$V_{maatregel} = \sum_{j=1}^{n_o} p_o(j) v_o(j) + \sum_{k=1}^{n_D} p_D(k) v_D(k)$$

Met hierin:

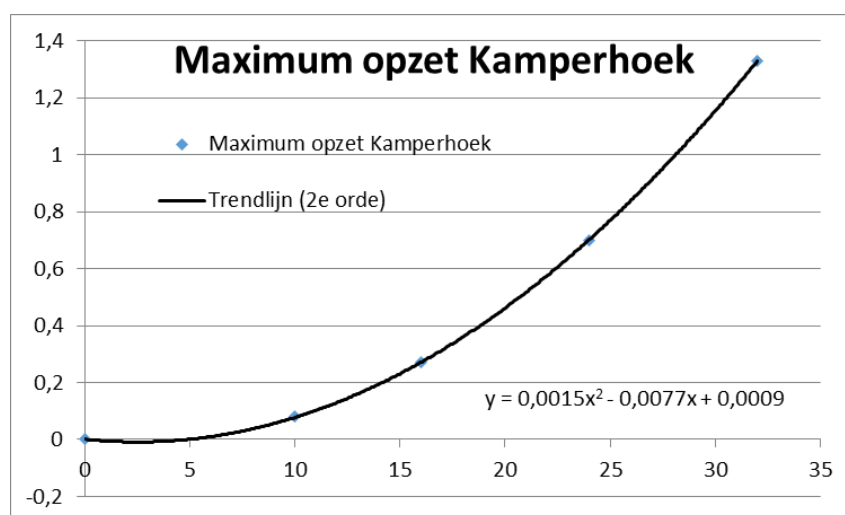
$V_{maatregel}$: Gewogen gemiddelde waterstandseffect

$p_o(j)$: Kansbijdrage van illustratiepunt j, voor open keringtoestand

$p_d(k)$: Kansbijdrage van illustratiepunt k, voor dichte keringtoestand

RANDVOORWAARDEN

Het aangeleverde Waquamodel bevat vier beschikbare sets randvoorwaarden en bijbehorende invoerfiles. Om de berekeningen uit te voeren voor de gegeven illustratiepunten zijn deze invoerfiles aangepast. De windsnelheid en richting is aangepast, het standaardverloop is toegepast. De afvoer van de Vecht en de IJssel is aangepast. Voor het meerpeil is uitgegaan van het vaste meerpeil plus stormopzet. Omdat er van het huidige B&O model geen Waquamodel beschikbaar is waarin het IJsselmeer is opgenomen wordt de benedenstroomse randvoorwaarde bepaald op basis van het waterstandsverloop bij Ketelbrug uit de standaardberekeningen BO4 en BO1. Dit is volledig identiek aan de methode zoals gebruikt door RHDHV in de voorverkenning. De absolute waarde van de opstuwing is berekend met een oude versie van het model waar het IJsselmeer nog in aanwezig was. De benedenrand van dat model is dan gelijk aan het meerpeil uit het illustratiepunt, daar is de verschaalde waarde van het verloop van de opzet bij Kamperhoek bij opgeteld. Hiervoor is de door RHDHV gebruikte relatie met verschalingsmethode voor gebruikt, zie Figuur 13.



Figuur 13: Opzet Kamperhoek (locatie nabij benedenrand Ketelbrug) op basis van berekeningen met een oude schematisatie. Op de X-as is de windsnelheid [m/s] weergegeven en op de y-as de stormopzet in meters.

De Ramspolkering wordt geautomatiseerd geregeld wanneer in de CIP's "GESLOTEN" staat. Dit betekent in dit verband dat de kering volgens sturing functioneert. De "OPEN" toestand staat voor een falende kering of voor een situatie waarbij het sluitcriterium niet wordt bereikt. In deze simulaties wordt gecontroleerd of de kering open blijft, wanneer het sluitcriterium in de simulatie wordt bereikt wordt de simulatie nogmaals uitgevoerd waarbij de sturing wordt uitgeschakeld om er voor te zorgen dat de kering open blijft. Lateralen zijn toegepast conform de berekeningen BO2, BO3 en BO4 (dat willen zeggen voor een Vecht-afvoer van 550 m³/s). De lateralen komen overeen voor deze berekeningen en de uitgangspunten / randvoorwaarden zijn vergelijkbaar met die van de toe te passen illustratiepunten. De sturing van de kunstwerken is voor alle berekeningen gelijk aan standaard invoerfile.

Als laatste zijn de initiële condities gegenereerd met één extra som per illustratiepunt per locatie. Deze som is stationair en zonder wind doorgerekend. De lateralen en afvoer lopen in 2 dagen op naar de waarde uit het betreffende illustratiepunt, vervolgens wordt doorgerekend totdat stationaire condities zijn bereikt (geen verandering meer van de waterstanden en snelheden in tijd). Er is voor zowel het ontwerp als voor de referentie situatie gebruik gemaakt van dezelfde illustratiepunten.

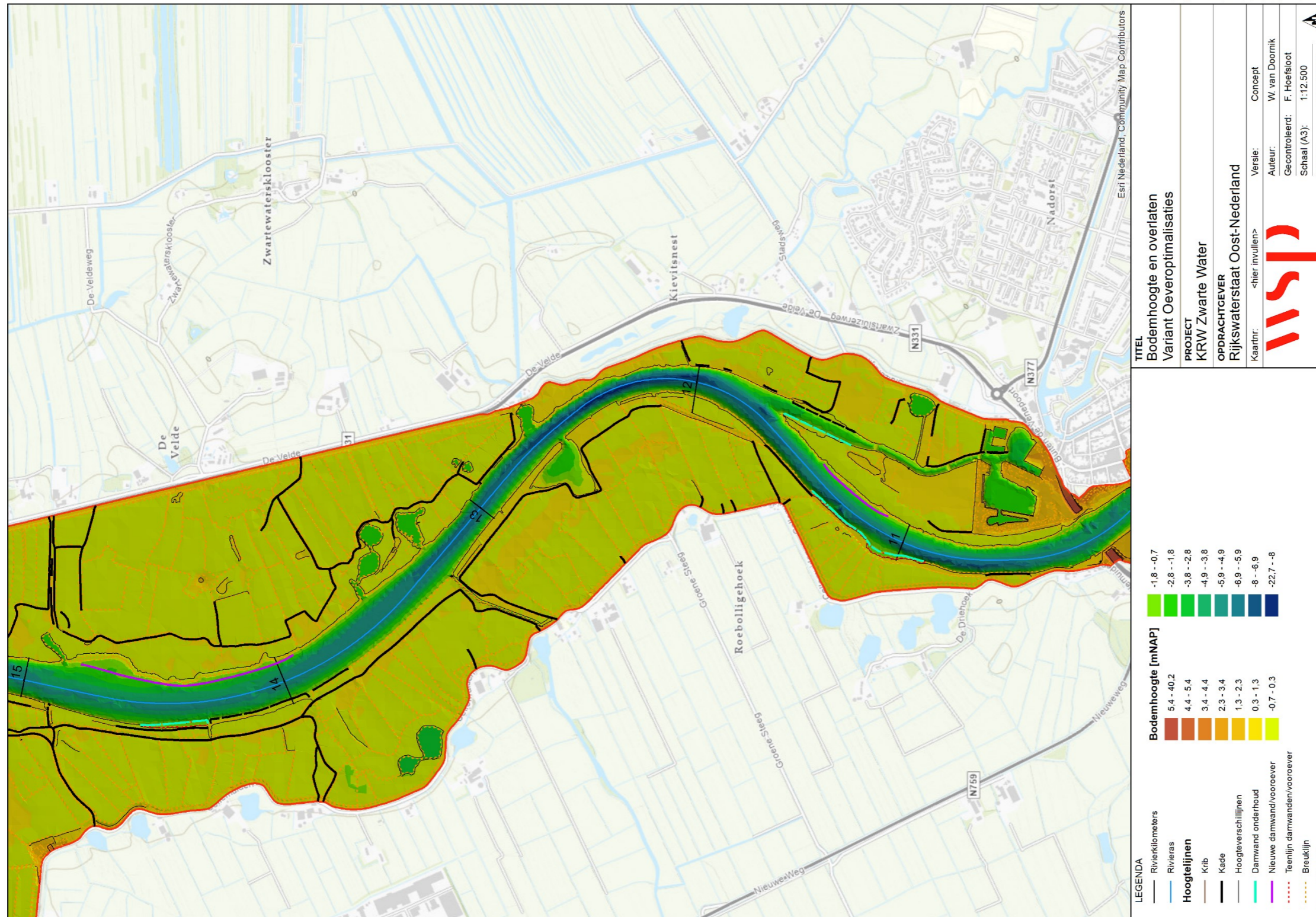
BIJLAGE

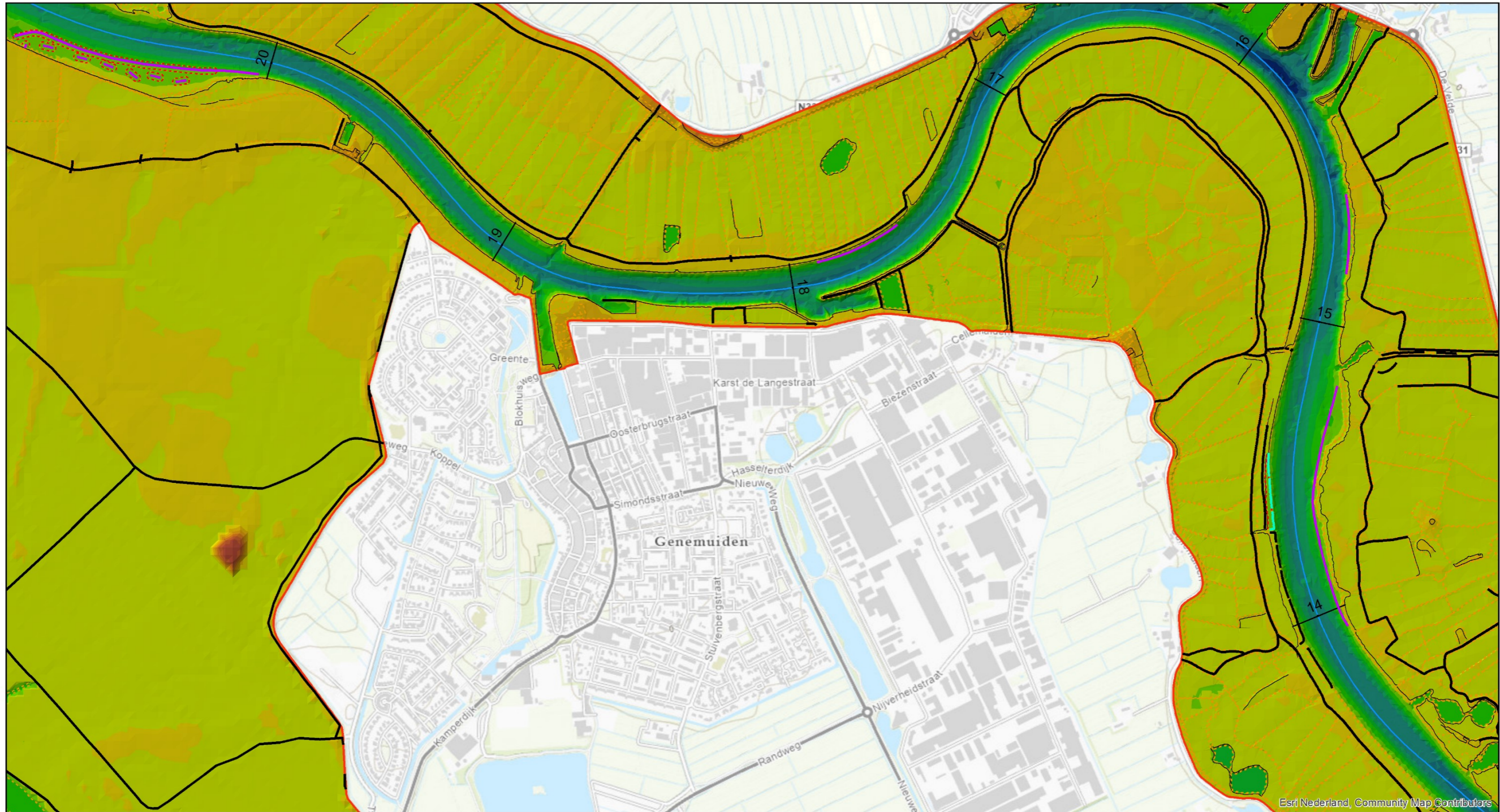
B

SCHEMATISATIE



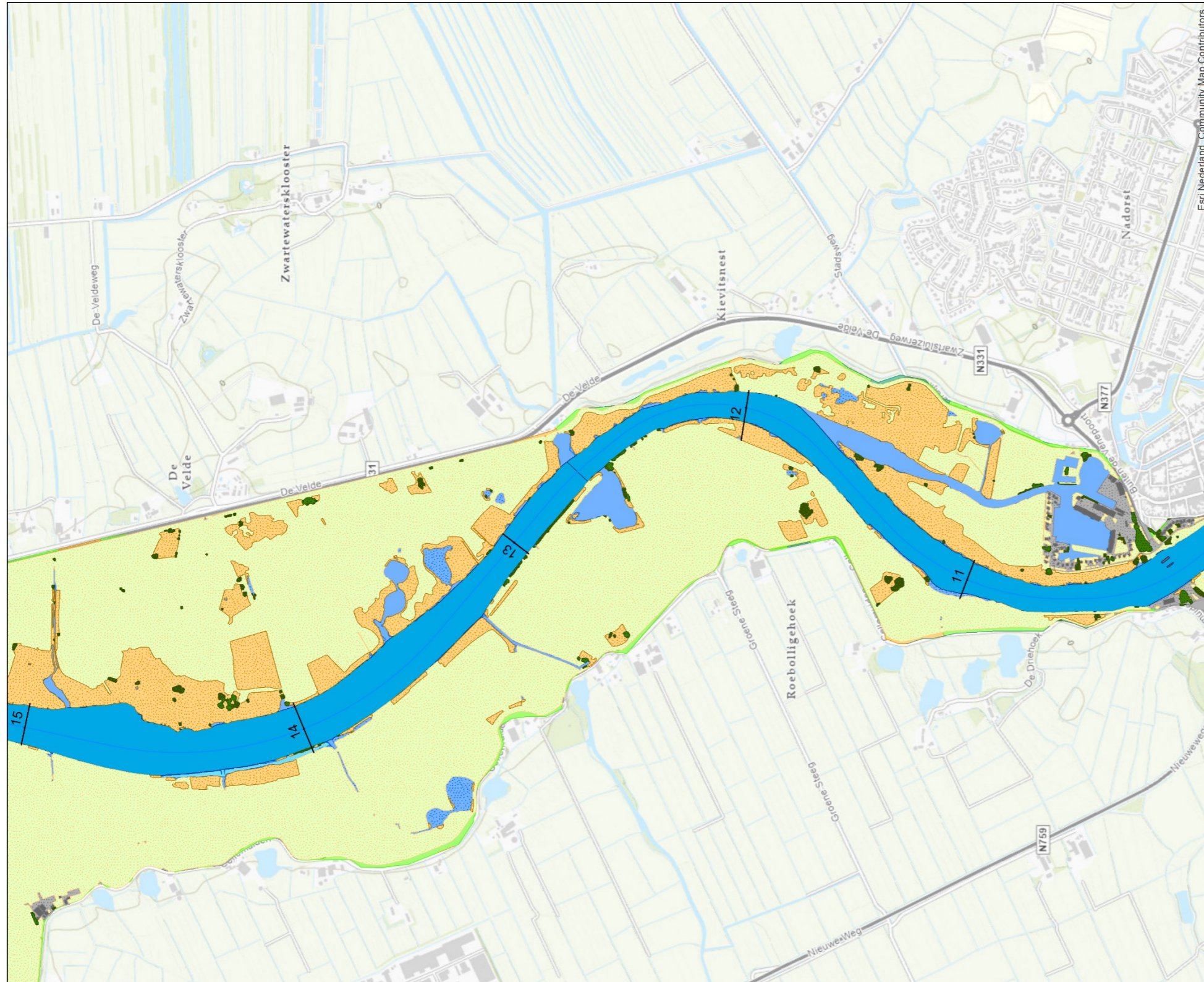
BODEMHOOGTE





LEGENDA		Hoogtelijnen		Bodemhoogte [mNAP]	
—	Rivierkilometers	—	Krib	■	-1,8 - -0,7
—	Rivieras	—	Kade	■	-2,8 - -1,8
—	Damwand onderhoud	—	Hoogteverschillijnen	■	-3,8 - -2,8
—	Nieuwe damwand/vooroever	—	Breuklijn	■	-4,9 - -3,8
---	Teenlijn damwanden/vooroever	—	Bandijk	■	-5,9 - -4,9
		■		■	-6,9 - -5,9
		■		■	-8 - -6,9
		■		■	-22,7 - -8

TITEL	
Bodemhoogte en overlaten Variant Oeveroptimalisaties	
PROJECT	
KRW Zwarte Water	
OPDRACHTGEVER	
Rijkswaterstaat Oost-Nederland	
Kaartnr:	1
Versie:	concept 1
Auteur:	W. van Doornik
Gecontroleerd:	Frans Hoefsloot
Schaal (A3):	1:12.500
Datum:	maart 2021



LEGENDA

- Rivierkilometers
- Rivieras
- Ruwheden**
 - Bebouwing/hoogwaterterrijn terrein
 - Bebouwd/verhard terrein
 - Zomerbed
 - Plas/haven/silkkige oever
 - Nevengeul
 - Productiegrasland
 - Natuurlijk grasland/hooiland
- Ooibos
- Ruigte
- Natte vegetatie met 25% water
- Vegetatielegger, water
- Vegetatielegger, verhard
- Vegetatielegger, gras en akker
- Vegetatielegger, riet en ruigte
- Vegetatielegger, bos
- Vegetatielegger, struweel

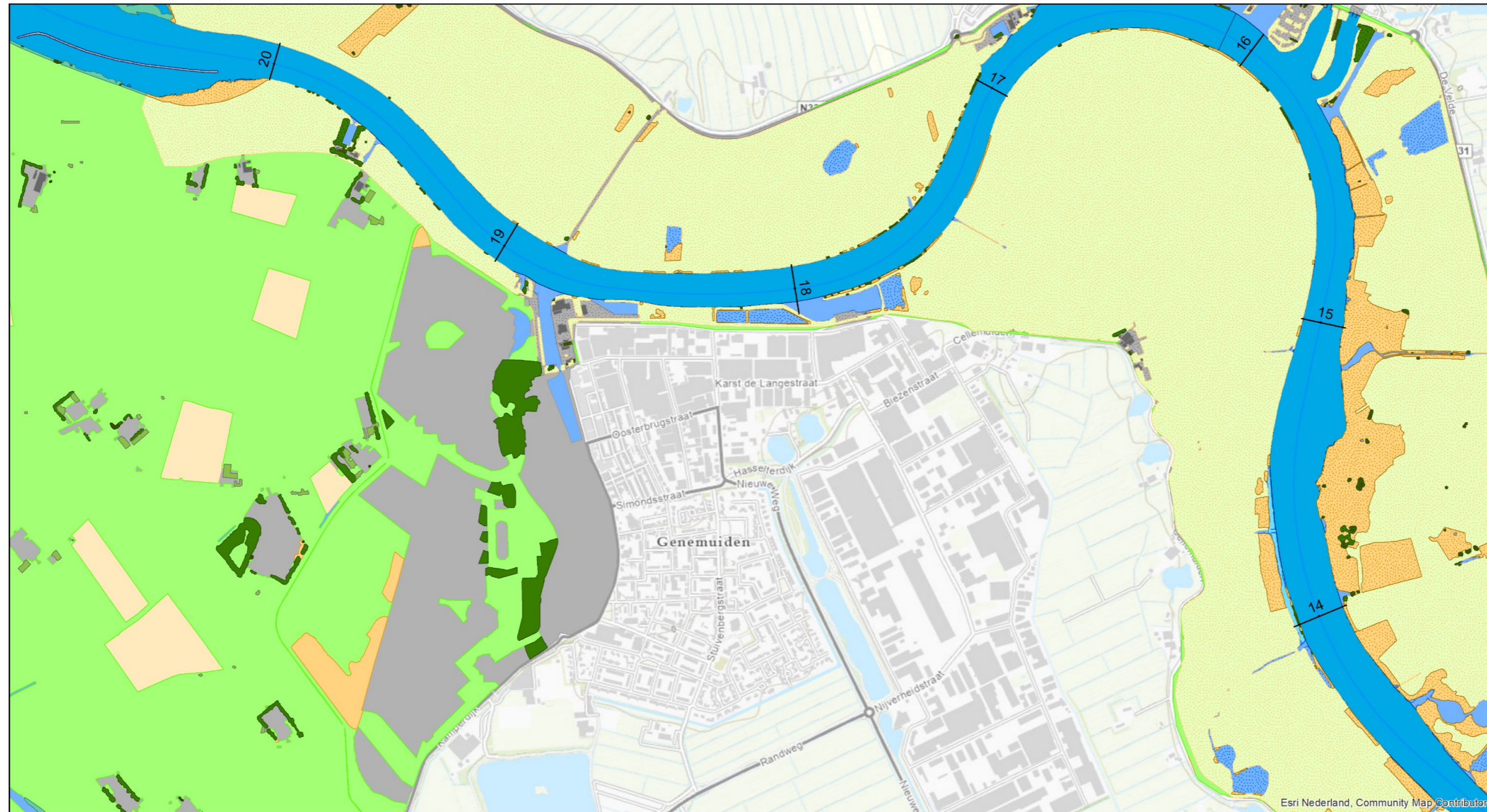
TITEL
Ruwheden
Variant Oeveroptimalisaties

PROJECT
KRW Zwarte Water

OPDRACHTGEVER
Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Kaartnr: <hier invullen> Versie: Concept
 Auteur: W. van Doornik
 Gecontroleerd: F. Hoefsloot
 Schaal (A3): 1:12.500
 Datum: maart 2021

Documentnaam: Ruwheden_Overstrooming_van_1.mxd



Esri Nederland, Community Map Contributors

LEGENDA

- Rivierkilometers
- Rivieras

Ruwheden

- Bebouwing/hogwaterdij vrij terrein
- Bebouwd/verhard terrein
- Zomerbed
- Diepe bedding
- Plas/haven/slikkige oever
- Nevengeul

- Akker
- Productiegrasland
- Natuurlijk grasland/hooiland
- Ooibos
- Struweel/griend
- Pioniersvegetatie
- Ruigte

- Natte vegetatie met 25% water
- Vegetatielegger, water
- Vegetatielegger, verhard
- Vegetatielegger, gras en akker
- Vegetatielegger, riet en ruigte
- Vegetatielegger, bos
- Vegetatielegger, struweel

TITEL

Ruwheden
Variant Oeveroptimalisaties

PROJECT

KRW Zwarte Water

OPDRACHTGEVER

Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Kaartnr: 1

Versie: concept 1

Auteur: W. van Doornik

Gecontroleerd: Frans Hoefsloot

Schaal (A3): 1:12.500

Datum: maart 2021



Documentnaam: Ruwhed_berekenstroom_vir_a1.mxd

BIJLAGE

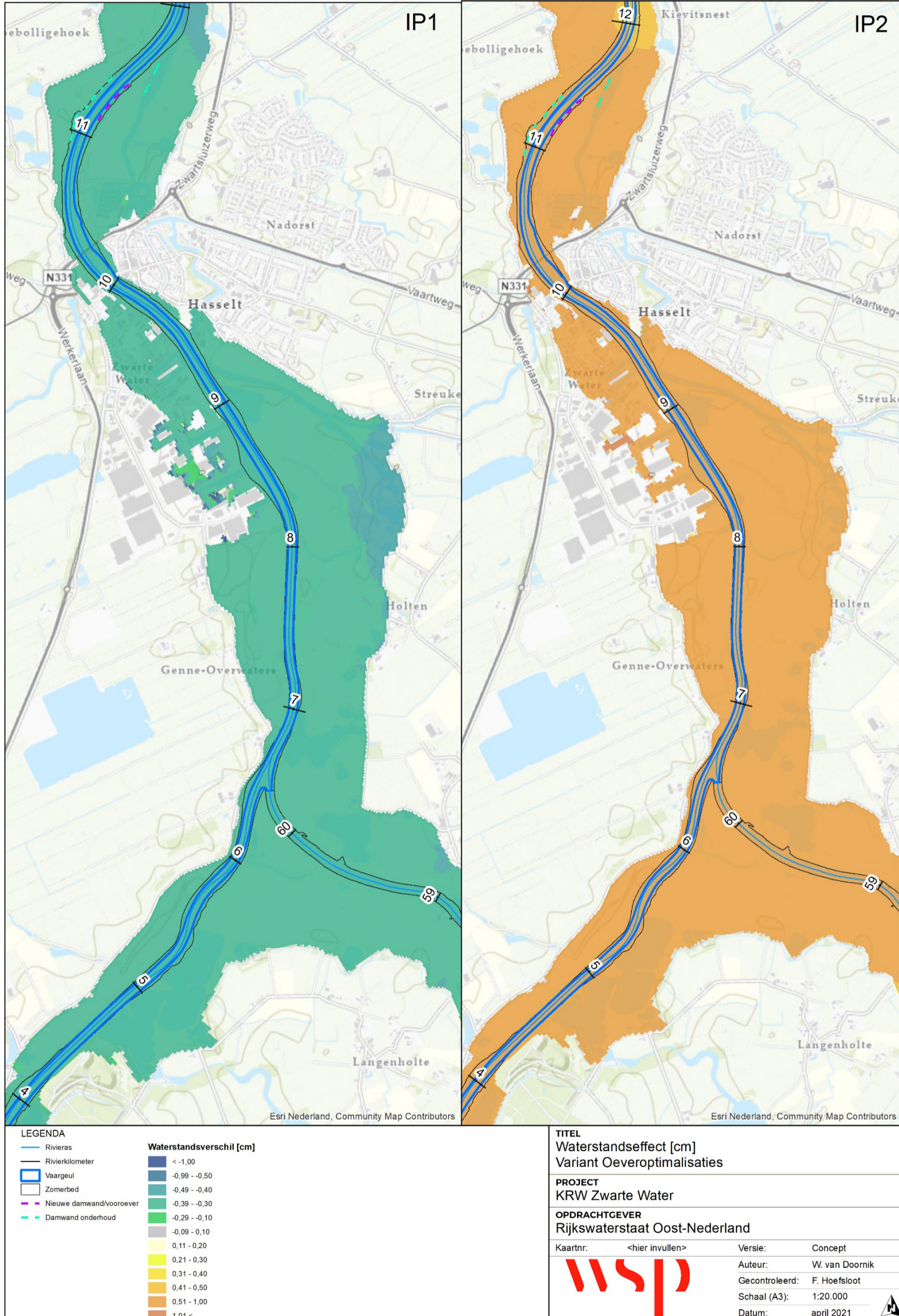
C

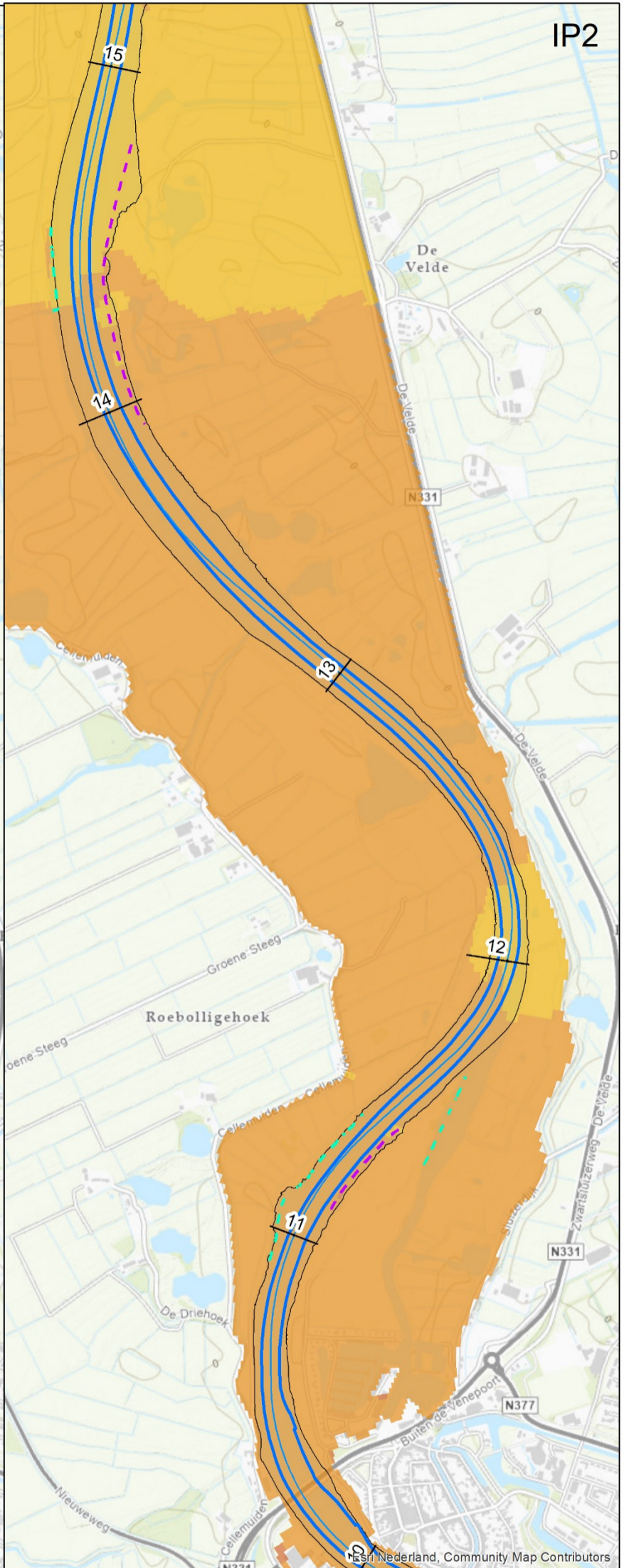
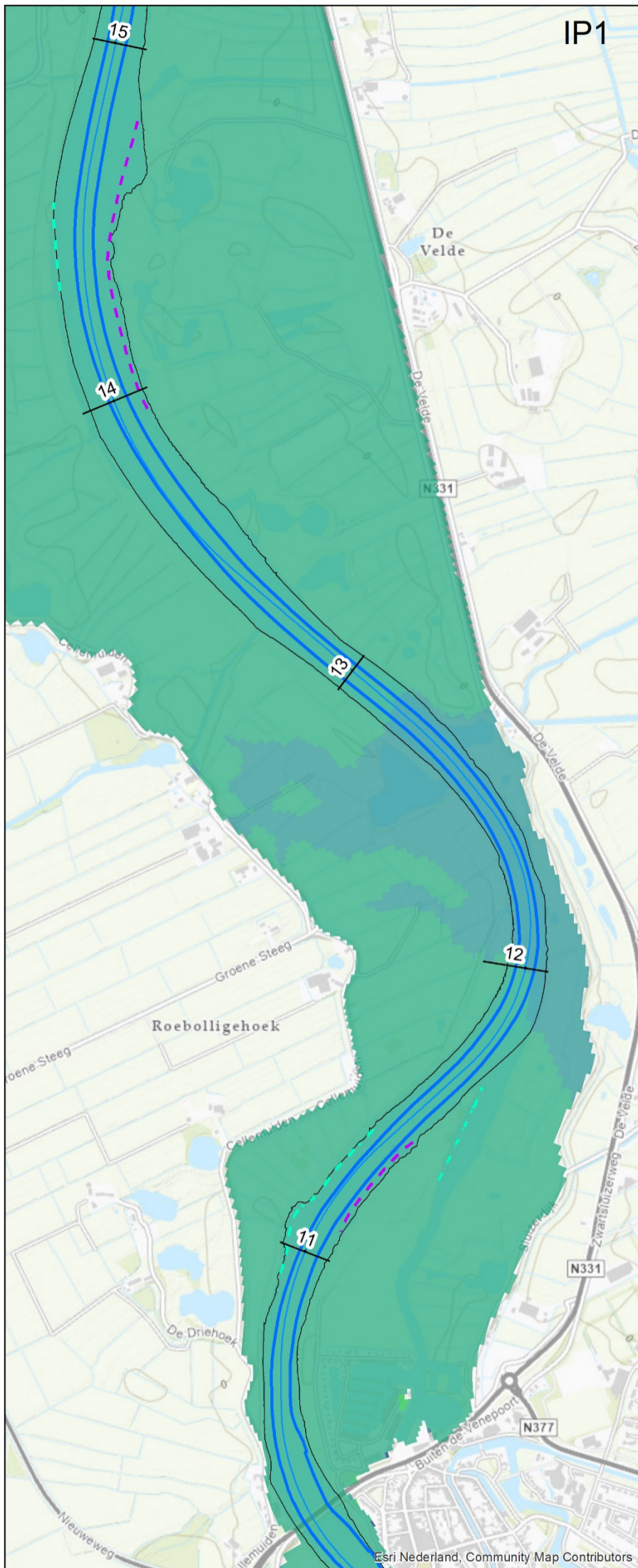
KAARTEN
EFFECTBEOORDELING



EFFECTEN BIJ CIP 15

WATERSTANDEFFECT





LEGENDA

- Rivieras
- Rivierkilometer
- Vaargeul
- Zomerbed
- Nieuwe damwand/vooroever
- Damwand onderhoud

Waterstandsverschil [cm]

- < -1,00
- 0,99 - -0,50
- 0,49 - -0,40
- 0,39 - -0,30
- 0,29 - -0,10
- 0,09 - 0,10
- 0,11 - 0,20
- 0,21 - 0,30
- 0,31 - 0,40
- 0,41 - 0,50
- 0,51 - 1,00
- 1,01 <

TITEL
Waterstandseffect [cm]
Variant Oeversoort optimalisaties

PROJECT
KRW Zwarte Water

OPDRACHTGEVER
Rijkswaterstaat Oost-Nederland

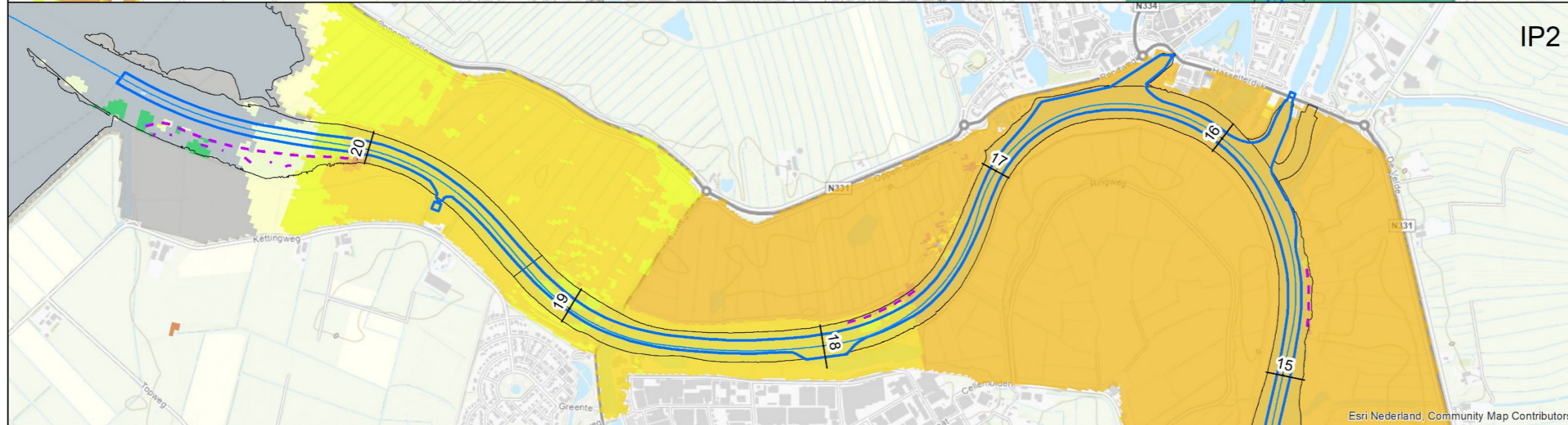
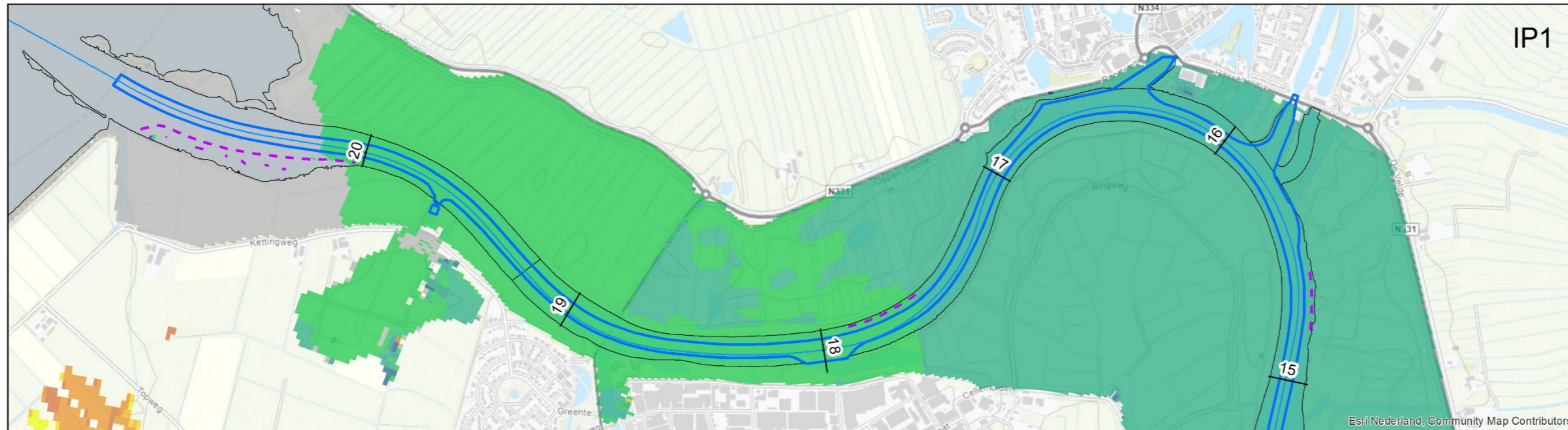
Kaartnr: <hier invullen> Versie: Concept

Auteur: W. van Doornik

Gecontroleerd: F. Hoefsloot

Schaal (A3): 1:12.500

Datum: april 2021



IP1

IP2

Esri Nederland, Community Map Contributors

Esri Nederland, Community Map Contributors

LEGENDA

— Rivierkilometers	Waterstandsverschil [cm]
— Rivieras	< -1,00
▭ Vaargeul	-0,99 - -0,50
▭ Zomerbed	-0,49 - -0,40
— Nieuwe damwand/vooroever	-0,39 - -0,30
— Damwand onderhoud	-0,29 - -0,10
	-0,09 - -0,10
	0,11 - 0,20
	0,21 - 0,30
	0,31 - 0,40
	0,41 - 0,50
	0,51 - 1,00
	1,01 <

TITEL	
Waterstandseffect [cm] Variant Oeveroptimalisaties	
PROJECT	
KRW Zwarte Water	
OPDRACHTGEVER	
Rijkswaterstaat Oost-Nederland	
Kaartnr:	1
Versie:	concept 1
Gecontroleerd:	Frans Hoefsloot
Schaal (A3):	1:15.000
Datum:	april 2021

Documentnaam: Waterstandseffect_LB_benedictoons.msx

STROOMSNELHEIDSEFFECT



LEGENDA

- Rivieras
- Rivierkilometer
- Vaargeul
- Zomerbed
- Nieuwe damwand/vooroever
- Damwand onderhoud

Stroomsnelheidseffect [m/s]

- 4,75 - -1,00
- 0,99 - -0,50
- 0,49 - -0,20
- 0,19 - -0,10
- 0,09 - -0,10
- 0,11 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 1,00
- 1,01 - 5,00

TITEL
Stroomsnelheidseffect [m/s]
Variant Oeveroptimalisaties

PROJECT
KRW Zwarte Water

OPDRACHTGEVER
Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Kaartnr: <hier invullen> Versie: Concept

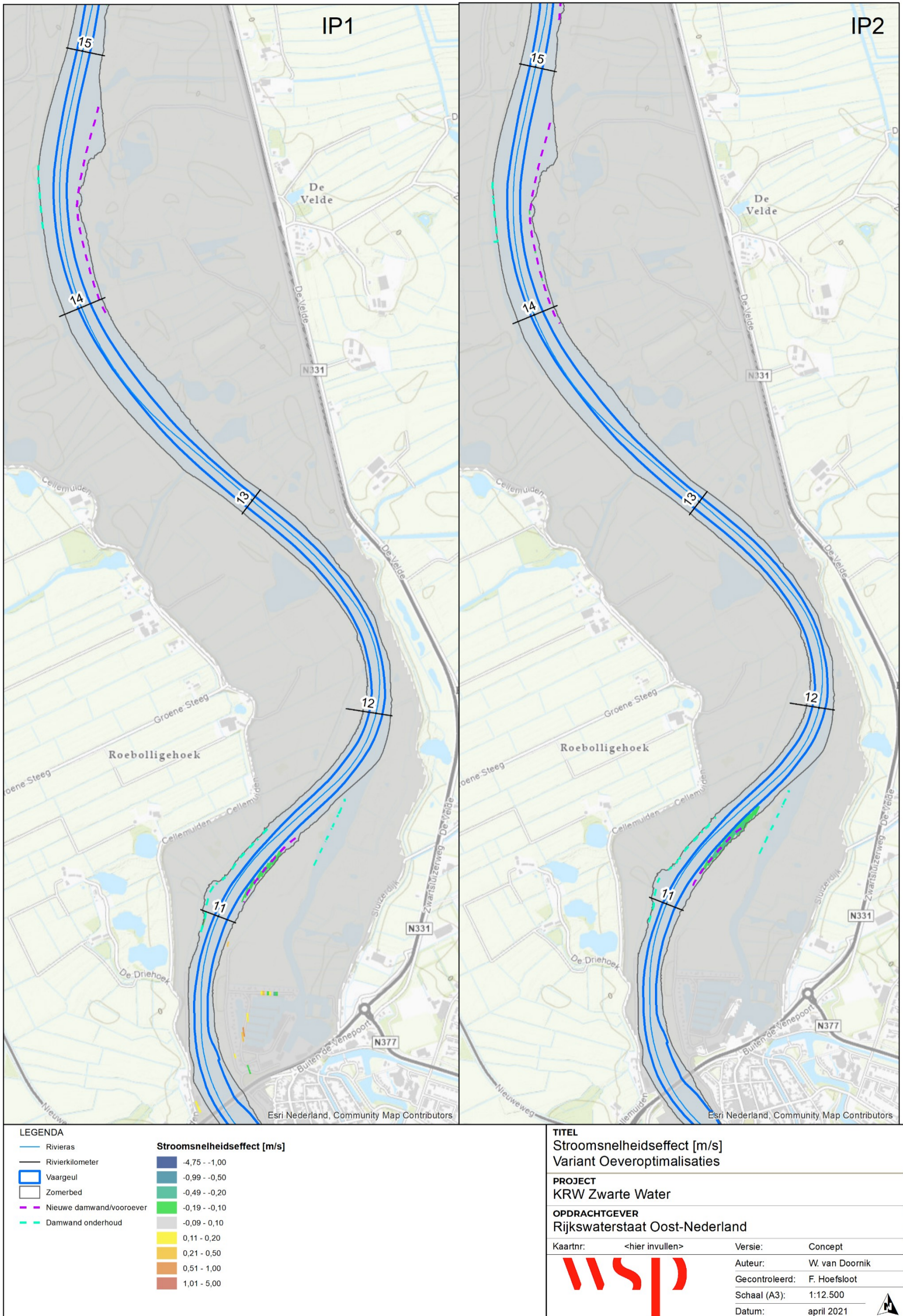
 Auteur: W. van Doornik

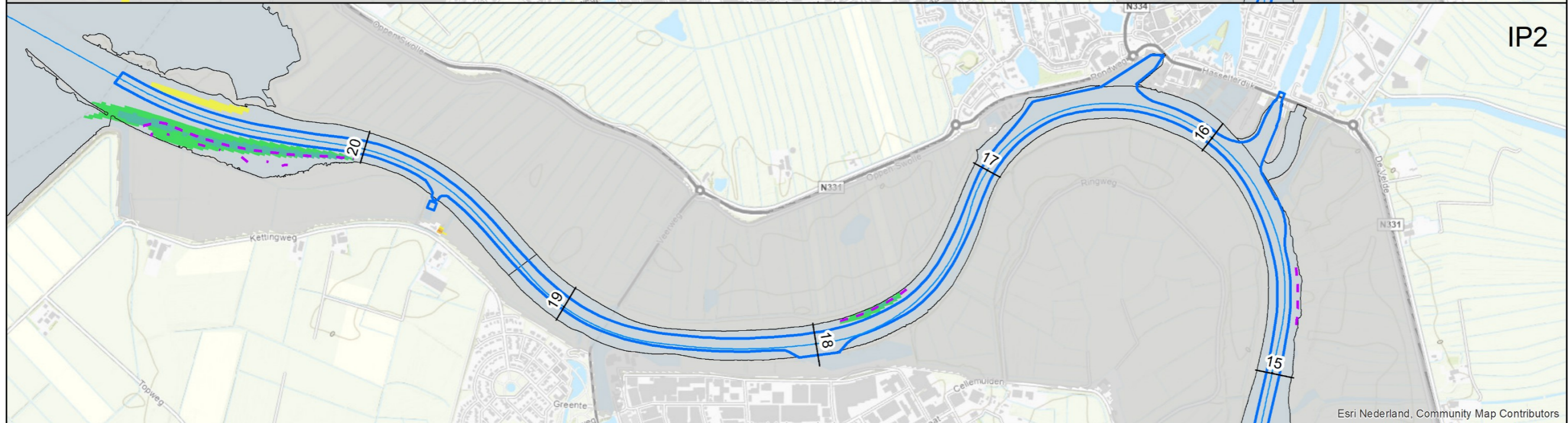
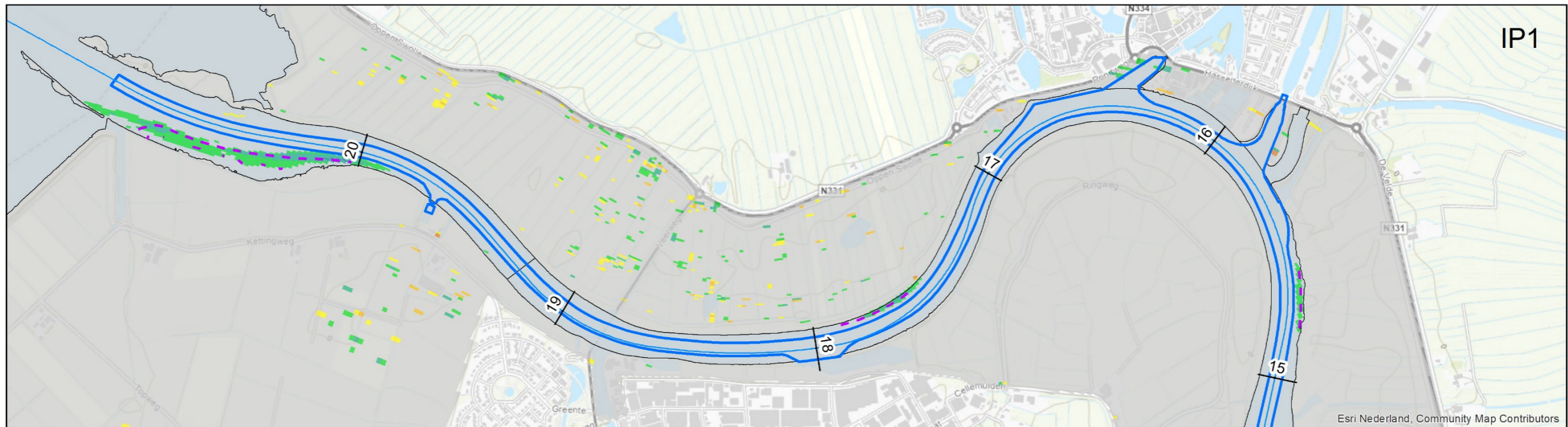
Gecontroleerd: F. Hoefsloot

Schaal (A3): 1:20.000

Datum: april 2021

Documentnaam: Stroomsnelheidseffect_15_Bovenstrooms.mxd





LEGENDA

- Rivierkilometers
- Rivieras
- Vaargeul
- Zomerbed
- - - Nieuwe damwand/vooroever
- - - Damwand onderhoud

Stroomsnelheidseffect [m/s]

- -4,75 - -1,00
- -0,99 - -0,50
- -0,49 - -0,20
- -0,19 - -0,10
- -0,09 - 0,10
- 0,11 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 1,00
- 1,01 - 5,00

TITEL

Stroomsnelheidseffect [m/s]
Variant Oeveroptimalisaties

PROJECT

KRW Zwarte Water

OPDRACHTGEVER

Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Kaartnr:

1

Versie:

concept 1

Auteur:

W. van Doornik

Gecontroleerd:

Frans Hoefsloot

Schaal (A3):

1:15.000

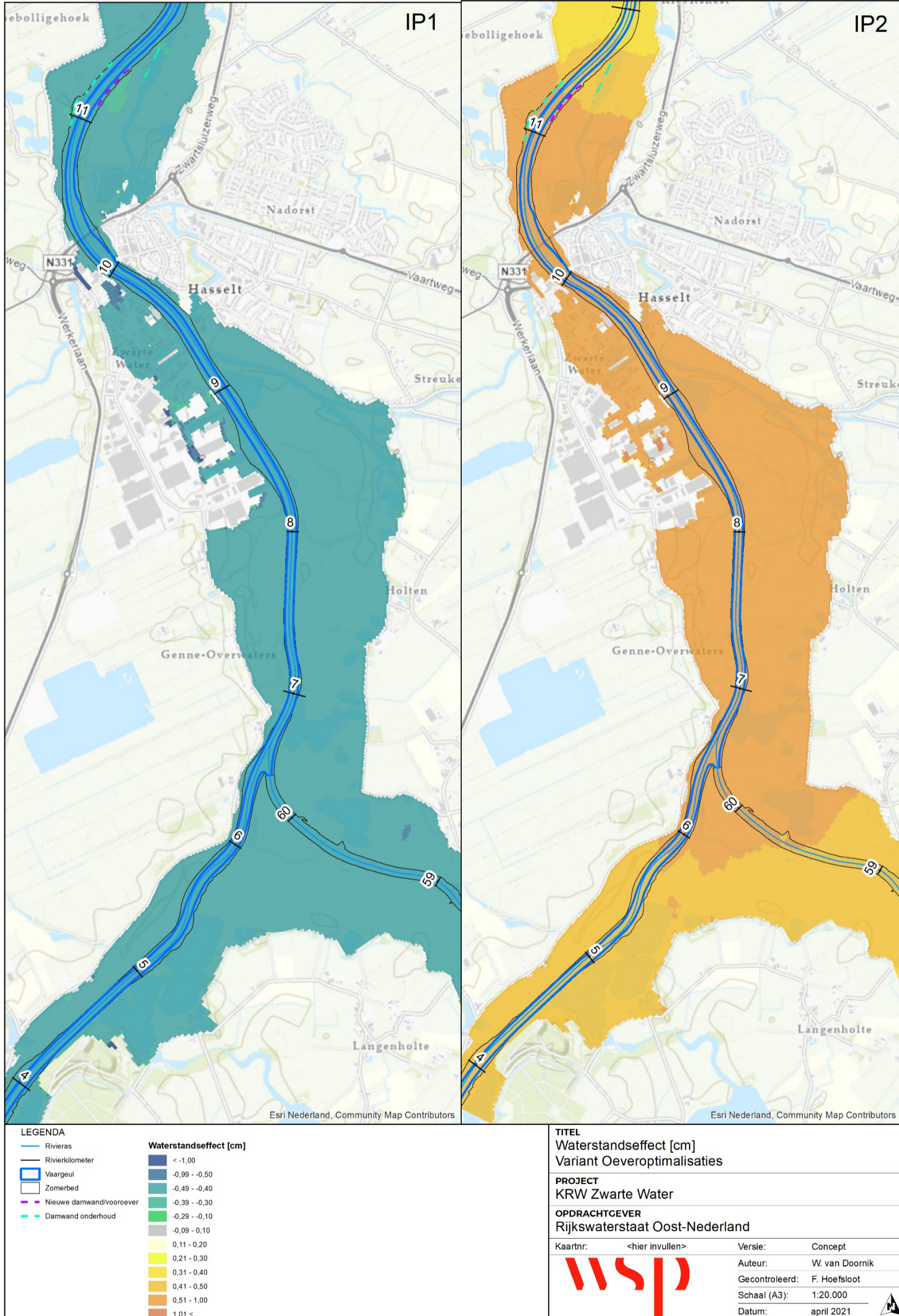
Datum:

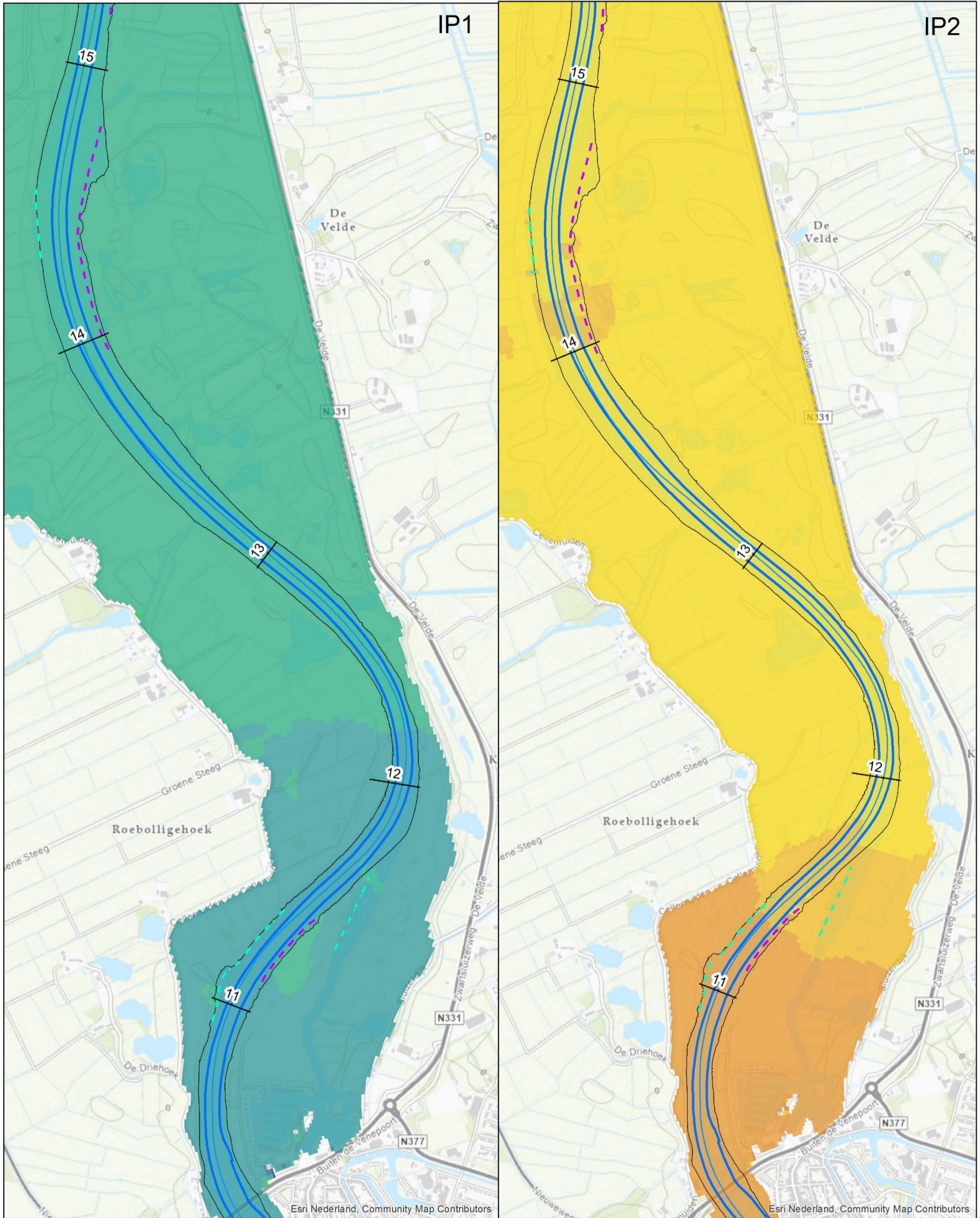
april 2021



EFFECTEN BIJ CIP 19

WATERSTANDEFFECT





LEGENDA

- Rivieras
- Rivierkilometer
- Vaargeul
- Zomerbed
- Nieuwe damwand/vooroever
- Damwand onderhoud

Waterstandseffect [cm]

- < -1,00
- 0,99 - -0,50
- 0,49 - -0,40
- 0,39 - -0,30
- 0,29 - -0,10
- 0,09 - 0,10
- 0,11 - 0,20
- 0,21 - 0,30
- 0,31 - 0,40
- 0,41 - 0,50
- 0,51 - 1,00
- 1,01 <

TITEL
Waterstandseffect [cm]
Variant Oeveroptimalisaties

PROJECT
KRW Zwarte Water

OPDRACHTGEVER
Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Kaartnr: <hier invullen> Versie: Concept

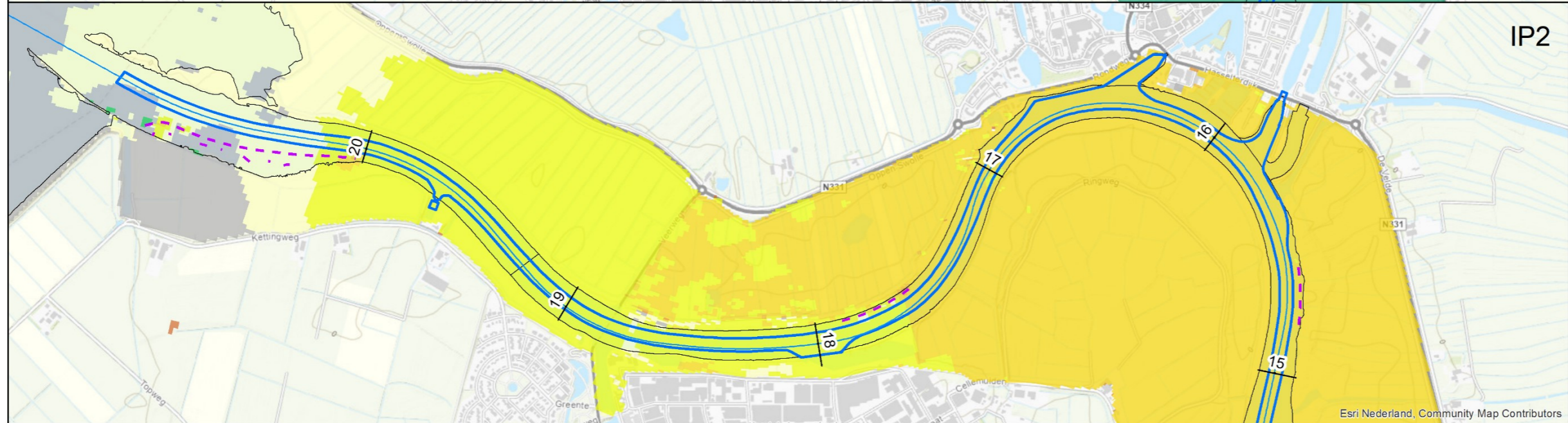
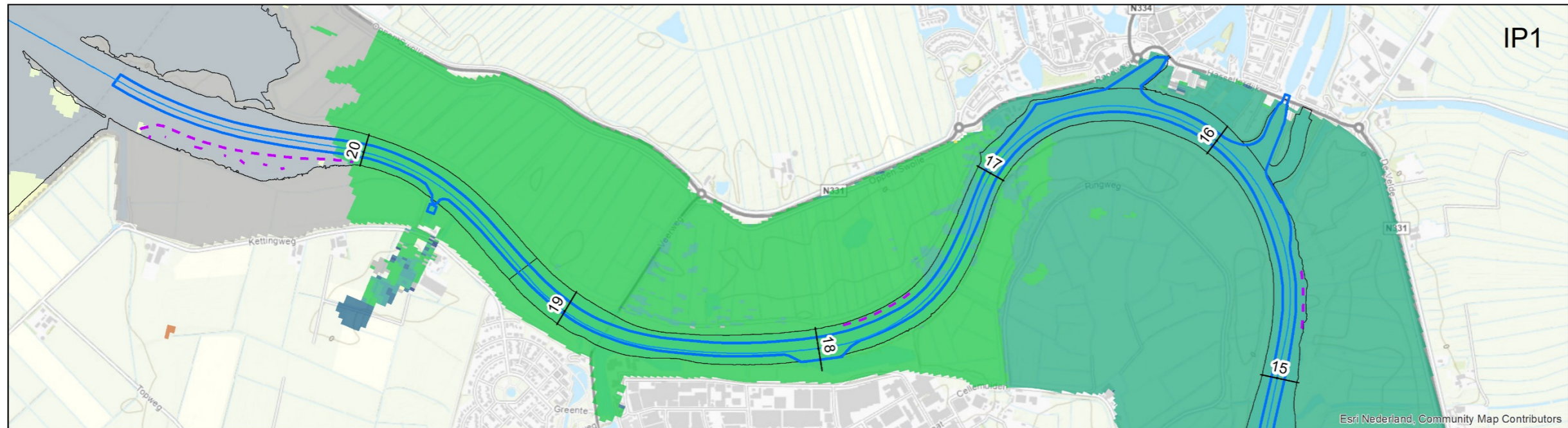
 Auteur: W. van Doornik

Gecontroleerd: F. Hoefsloot

Schaal (A3): 1:12.500

Datum: april 2021

Documentnaam: Waterstandseffect_19_Bovenstrooms.mxd



IP1

IP2

LEGENDA

— Rivierkilometers	Waterstandseffect [cm]
— Rivieras	< -1,00
— Vaargeul	-0,99 - -0,50
— Zomerbed	-0,49 - -0,40
— Nieuwe damwand/vooroever	-0,39 - -0,30
— Damwand onderhoud	-0,29 - -0,10
	-0,09 - -0,10
	0,11 - 0,20
	0,21 - 0,30
	0,31 - 0,40
	0,41 - 0,50
	0,51 - 1,00
	1,01 <

TITEL
Waterstandseffect [cm]
Variant Oeveroptimalisaties

PROJECT
KRW Zwarte Water

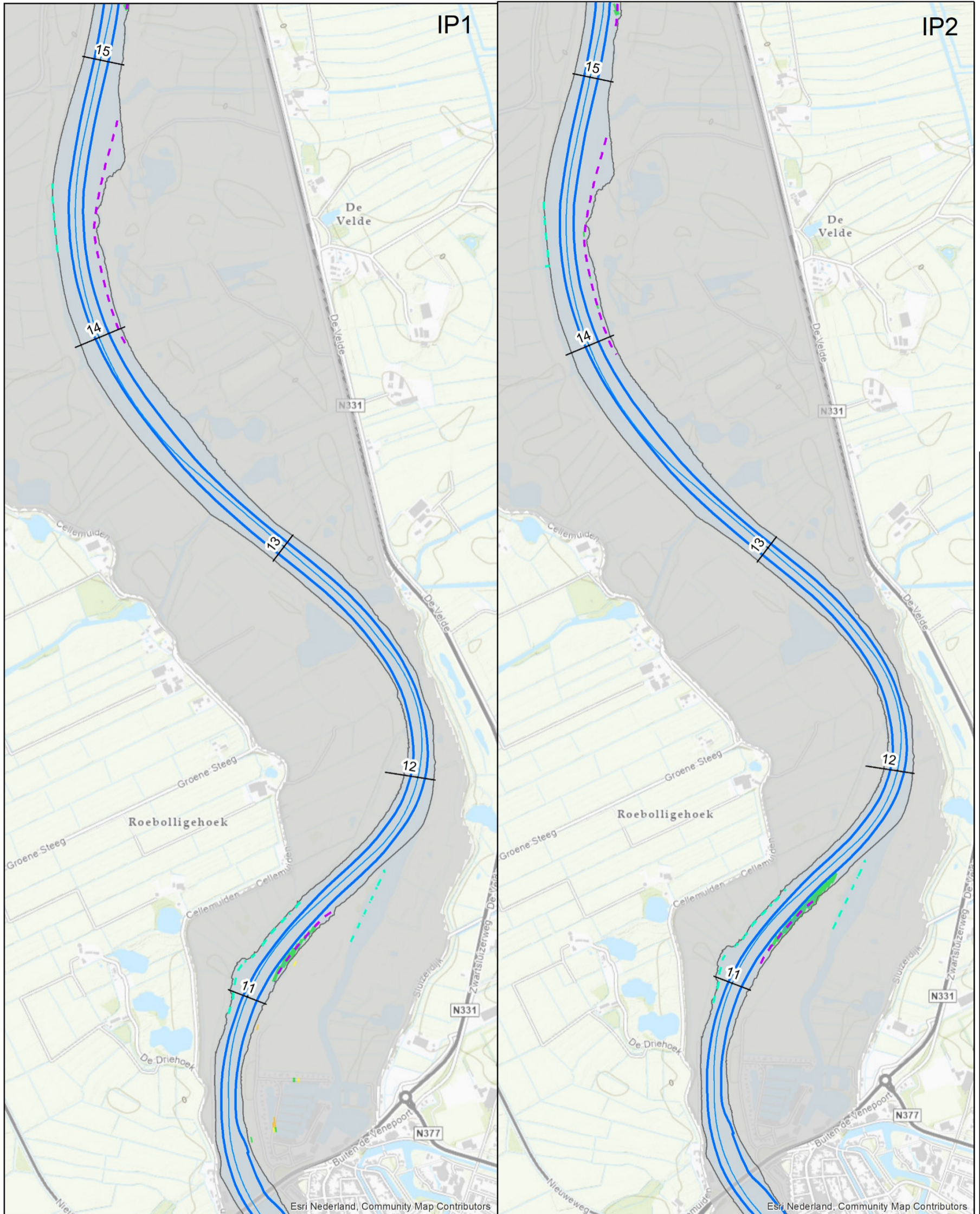
OPDRACHTGEVER
Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Kaartnr:	1	Versie:	concept 1
		Auteur:	W. van Doornik
		Gecontroleerd:	Frans Hoefsloot
		Schaal (A3):	1:15.000
		Datum:	april 2021

Documentnaam: Waterstandseffect_L19_Benedictusboom.mxd

STROOMSNELHEIDSEFFECT





LEGENDA

- Rivieras
- Rivierkilometer
- Vaargeul
- Zomerbed
- Nieuwe damwand/vooroever
- Damwand onderhoud

Stroomsnelheidseffect [m/s]

- 4,75 - -1,00
- 0,99 - -0,50
- 0,49 - -0,20
- 0,19 - -0,10
- 0,09 - 0,10
- 0,11 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 1,00
- 1,01 - 5,00

TITEL
Stroomsnelheidseffect [m/s]
Variant Oeveroptimalisaties

PROJECT
KRW Zwarte Water

OPDRACHTGEVER
Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Kaartnr: <hier invullen> Versie: Concept

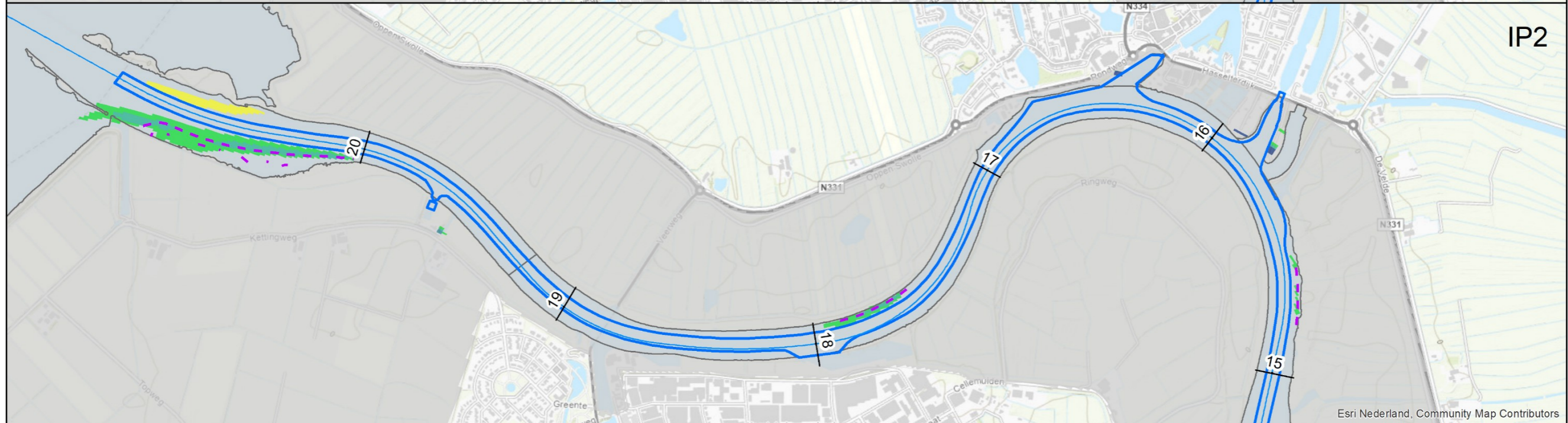
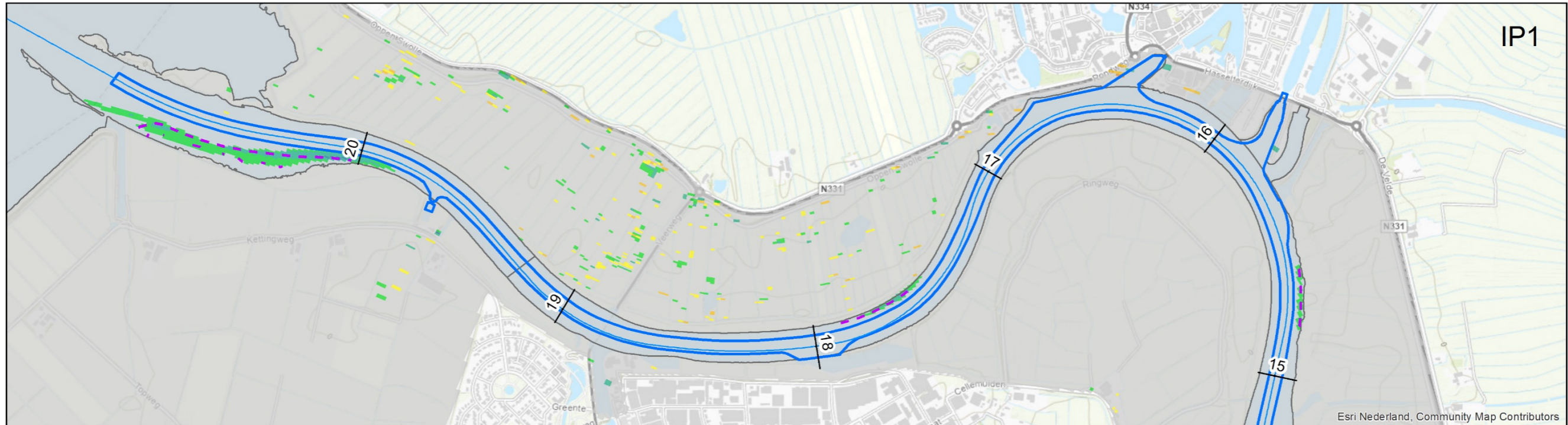
 Auteur: W. van Doornik

Gecontroleerd: F. Hoefsloot

Schaal (A3): 1:12.500

Datum: april 2021

Documentnaam: Stroomsnelheidseffect_19_Bovenstrooms.mxd



LEGENDA

- Rivierkilometers
- Rivieras
- ▭ Vaargeul
- ▭ Zomerbed
- Nieuwe damwand/vooroever
- Damwand onderhoud

Stroomsnelheidseffect [m/s]

- -4,75 - -1,00
- -0,99 - -0,50
- -0,49 - -0,20
- -0,19 - -0,10
- -0,09 - 0,10
- 0,11 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 1,00
- 1,01 - 5,00

TITEL

Stroomsnelheidseffect [m/s]
Variant Oeveroptimalisaties

PROJECT

KRW Zwarte Water

OPDRACHTGEVER

Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Kaartnr: 1

Versie: concept 1



Auteur: W. van Doornik

Gecontroleerd: Frans Hoefsloot

Schaal (A3): 1:15.000

Datum: april 2021



BIJLAGE

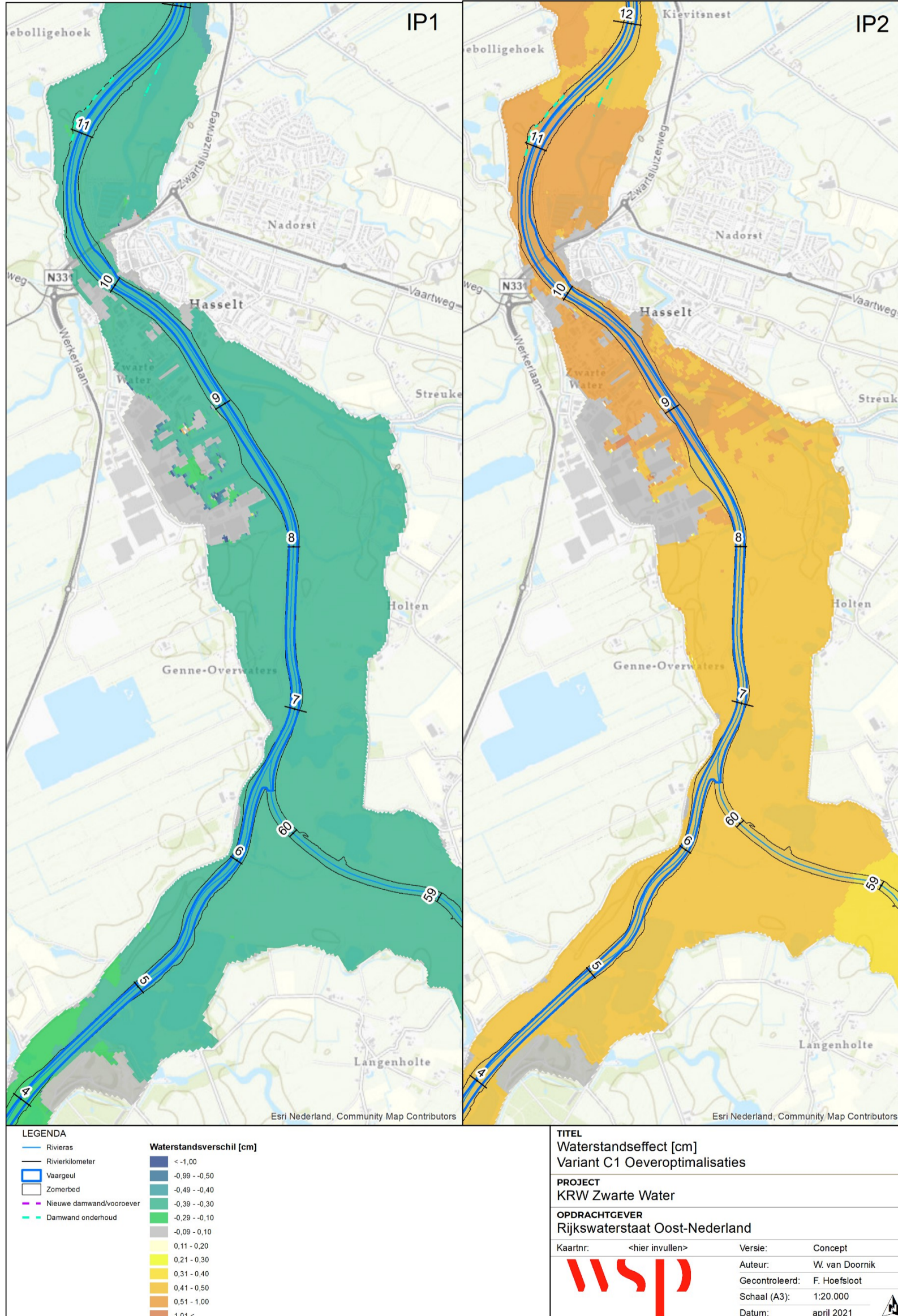
D

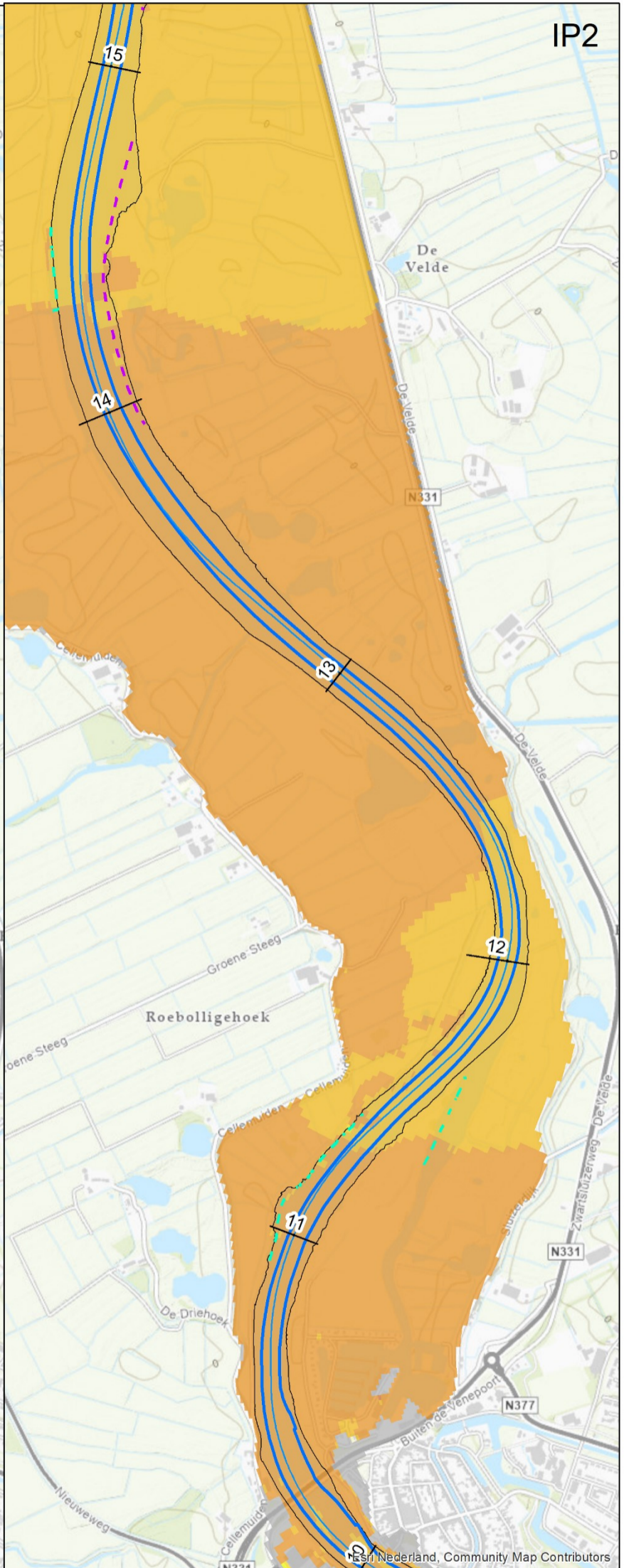
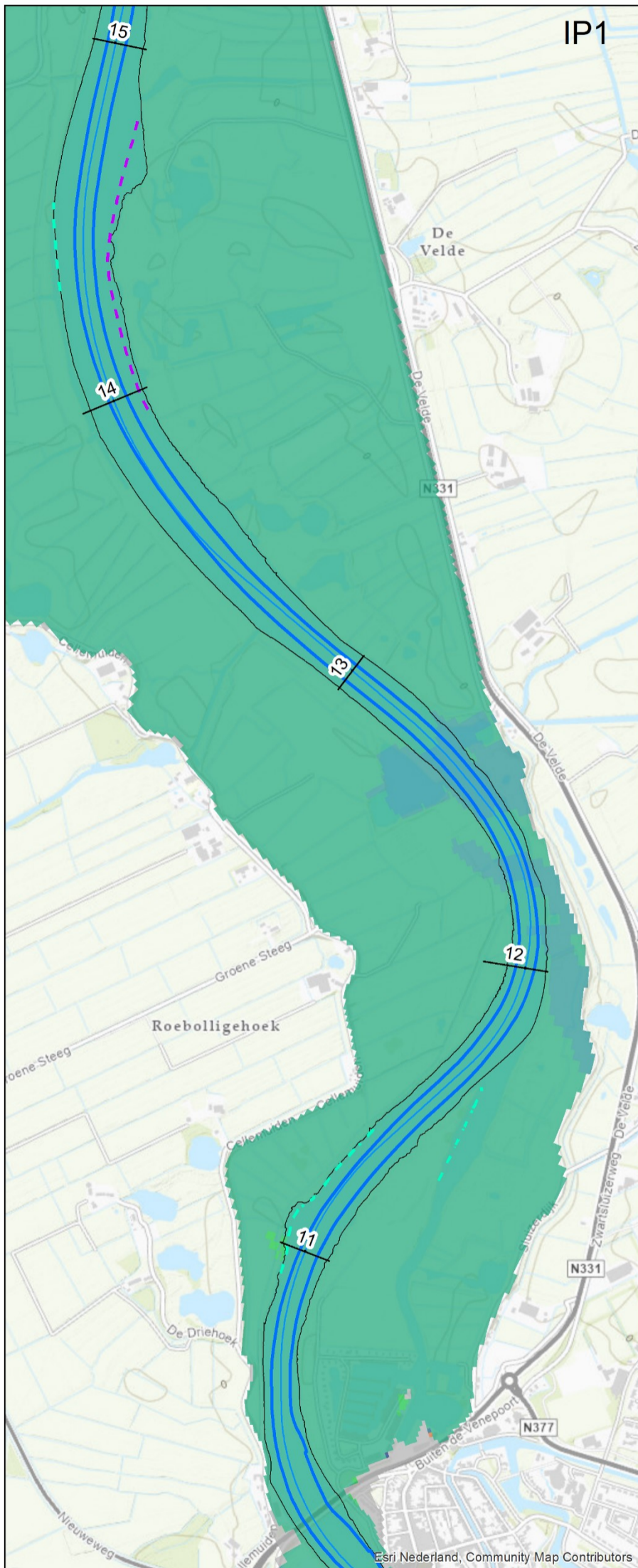
KAARTEN
EFFECTBEOORDELING
OPTIMALISATIE



EFFECTEN BIJ CIP 15

WATERSTANDEFFECT





LEGENDA

- Rivieras
- Rivierkilometer
- Vaargeul
- Zomerbed
- Nieuwe damwand/vooroever
- Damwand onderhoud

Waterstandsverschil [cm]

- < -1,00
- 0,99 - -0,50
- 0,49 - -0,40
- 0,39 - -0,30
- 0,29 - -0,10
- 0,09 - 0,10
- 0,11 - 0,20
- 0,21 - 0,30
- 0,31 - 0,40
- 0,41 - 0,50
- 0,51 - 1,00
- 1,01 <

TITEL
Waterstandseffect [cm]
Variant C1 Oeveroptimalisaties

PROJECT
KRW Zwarte Water

OPDRACHTGEVER
Rijkswaterstaat Oost-Nederland

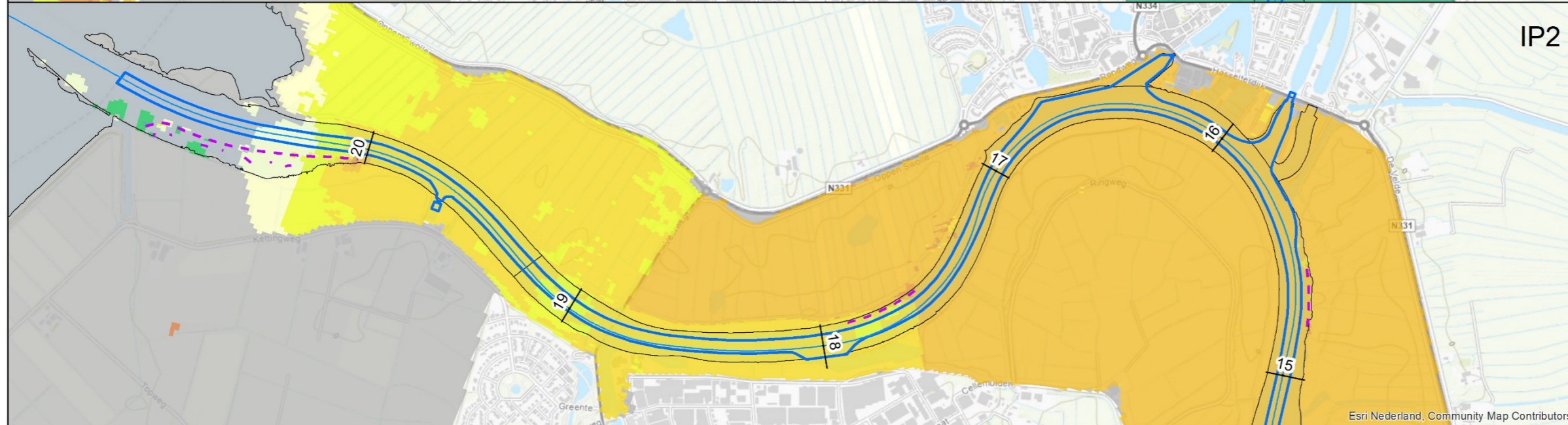
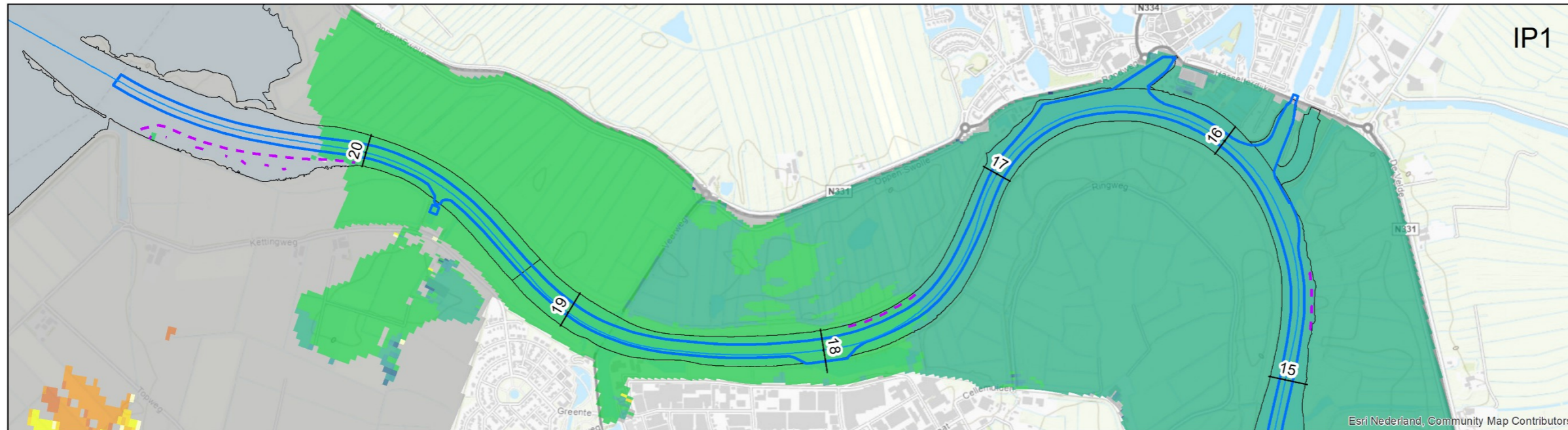
Kaartnr: <hier invullen> Versie: Concept

Auteur: W. van Doornik

Gecontroleerd: F. Hoefsloot

Schaal (A3): 1:12.500

Datum: april 2021

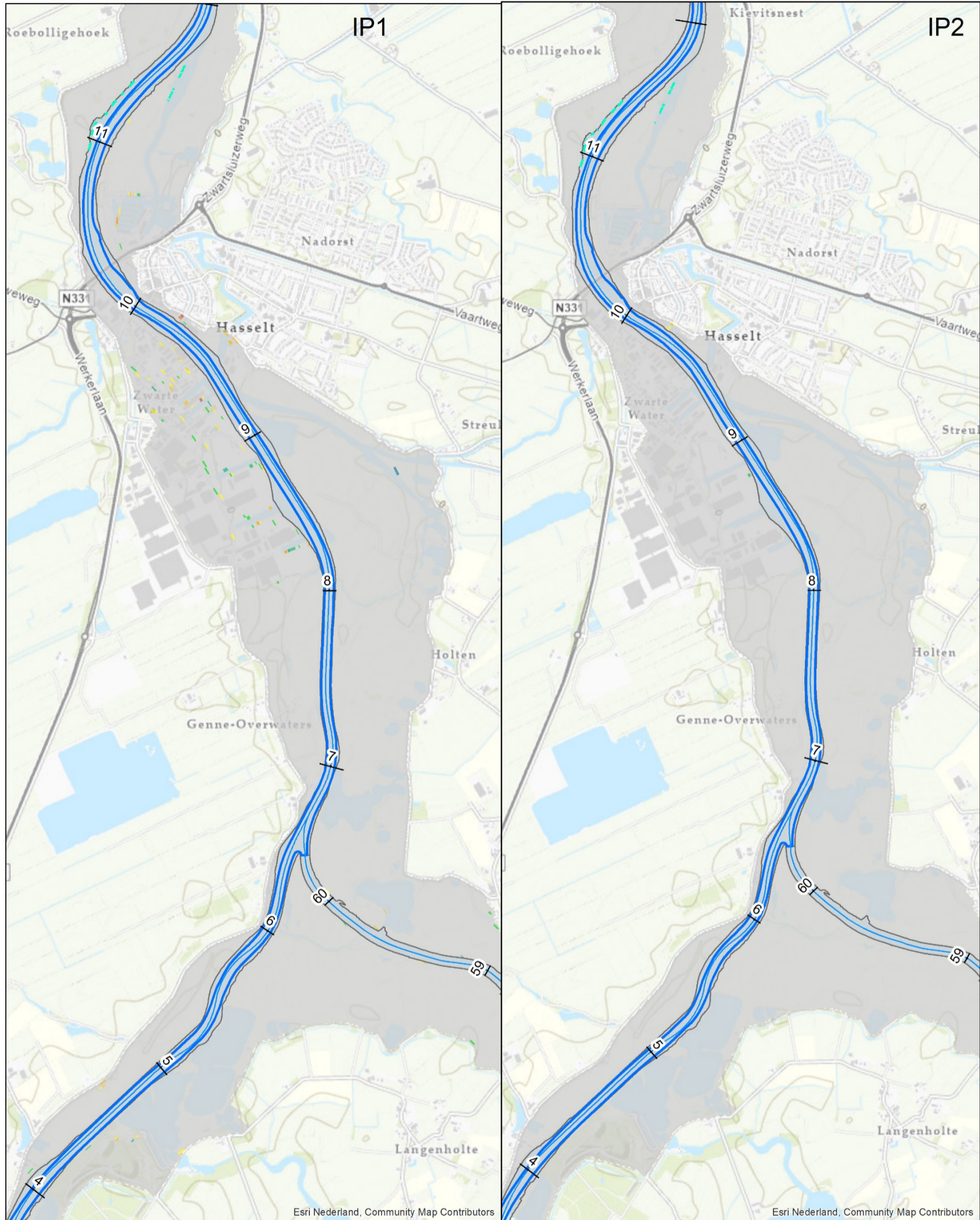


LEGENDA	
—	Rivierkilometers
—	Rivieras
▭	Vaargeul
▭	Zomerbed
—	Nieuwe damwand/vooroever
—	Damwand onderhoud
Waterstandsverschil [cm]	
■	< -1,00
■	-0,99 - -0,50
■	-0,49 - -0,40
■	-0,39 - -0,30
■	-0,29 - -0,10
■	-0,09 - -0,10
■	0,11 - 0,20
■	0,21 - 0,30
■	0,31 - 0,40
■	0,41 - 0,50
■	0,51 - 1,00
■	1,01 <

TITEL		
Waterstandseffect [cm]		
Variant C1 Oeveroptimalisaties		
PROJECT		
KRW Zwarte Water		
OPDRACHTGEVER		
Rijkswaterstaat Oost-Nederland		
Kaartnr:	1	Versie: concept 1
		Auteur: W. van Doornik
		Gecontroleerd: Frans Hoefsloot
		Schaal (A3): 1:15.000
		Datum: april 2021

Documentnaam: Waterstandseffect_LB_Benedictusrooms_VaC1.mxd

STROOMSNELHEIDSEFFECT



LEGENDA

- Rivieras
- Rivierkilometer
- Vaargeul
- Zomerbed
- Nieuwe damwand/vooroever
- Damwand onderhoud

Stroomsnelheidseffect [m/s]

- 4,75 - -1,00
- 0,99 - -0,50
- 0,49 - -0,20
- 0,19 - -0,10
- 0,09 - 0,10
- 0,11 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 1,00
- 1,01 - 5,00

TITEL
Stroomsnelheidseffect [m/s]
Variant c1 Oeveroptimalisaties

PROJECT
KRW Zwarte Water

OPDRACHTGEVER
Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Kaartnr. <hier invullen> Versie: Concept

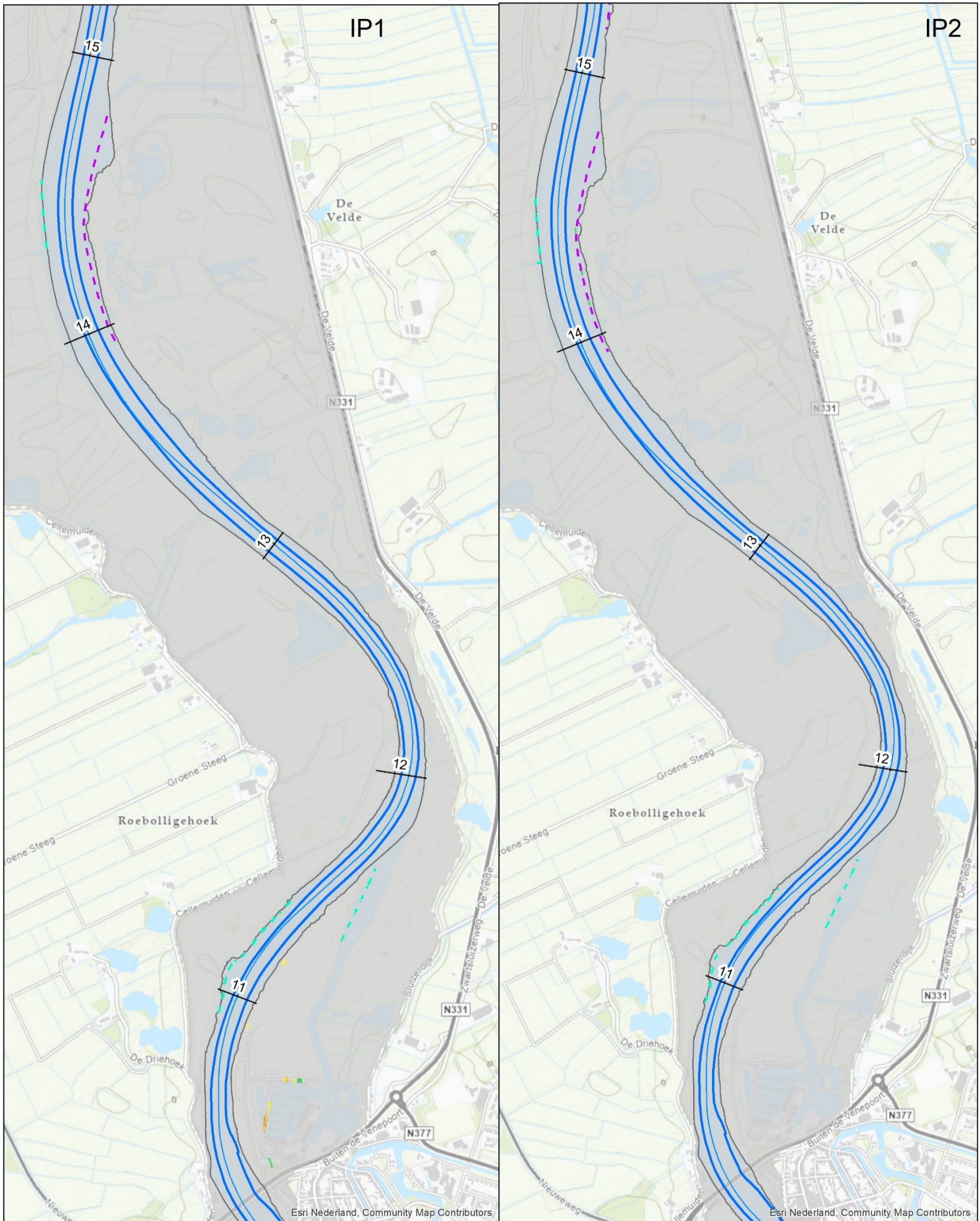
 Auteur: W. van Doornik

Gecontroleerd: F. Hoefsloot

Schaal (A3): 1:20.000

Datum: april 2021

Documentnaam: Stroomsnelheidseffect_L5_Bovenstrooms1_VaC1.mxd



LEGENDA

- Rivieras
- Rivierkilometer
- Vaargeul
- Zomerbed
- Nieuwe damwand/vooroever
- Damwand onderhoud

Stroomsnelheidseffect [m/s]

-4,75 - -1,00
-0,99 - -0,50
-0,49 - -0,20
-0,19 - -0,10
-0,09 - -0,10
0,11 - 0,20
0,21 - 0,50
0,51 - 1,00
1,01 - 5,00

TITEL
Stroomsnelheidseffect [m/s]
Variant C1 Oeveroptimalisaties

PROJECT
KRW Zwarte Water

OPDRACHTGEVER
Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Kaartnr: <hier invullen> Versie: Concept

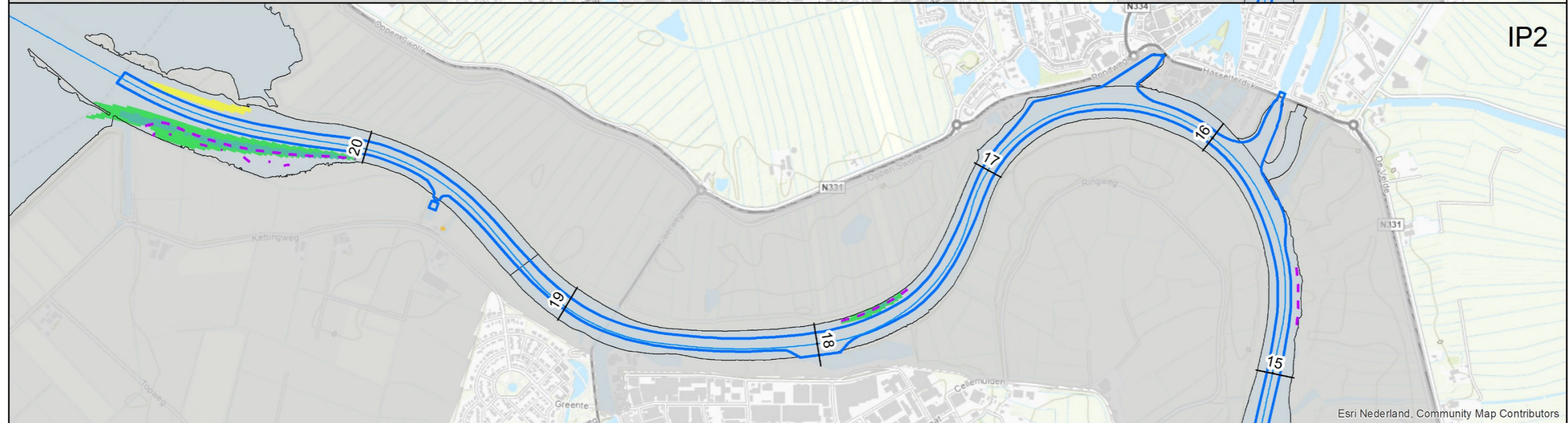
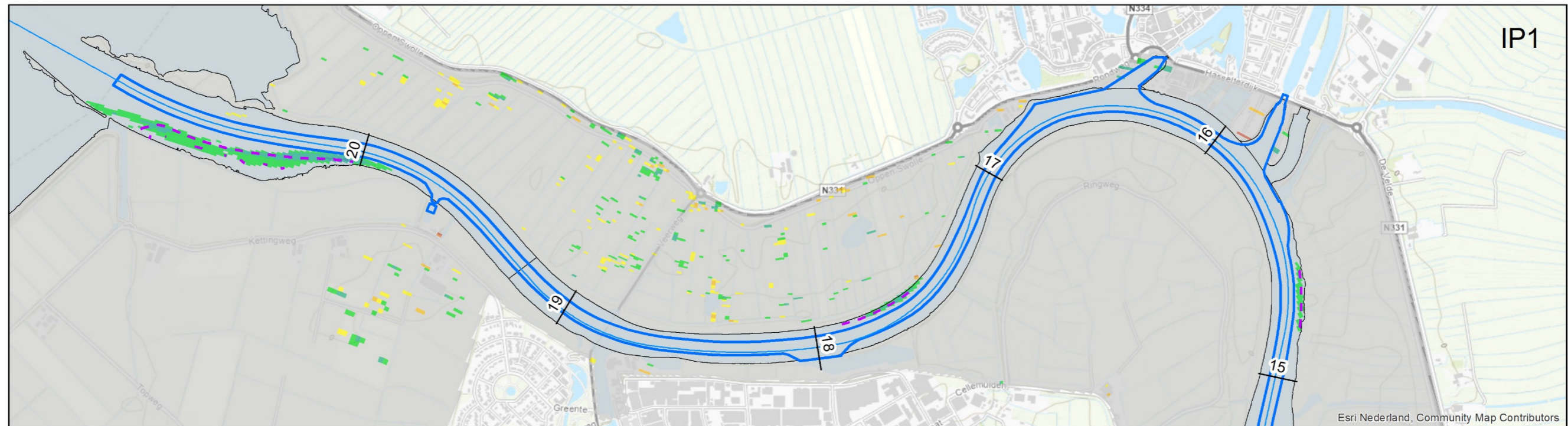
Auteur: W. van Doornik

Gecontroleerd: F. Hoefsloot

Schaal (A3): 1:12.500

Datum: april 2021

Documentnaam: Stroomsnelheidseffect_15_Bovenstrooms_VarC1.mxd



LEGENDA

- Rivierkilometers
- Rivieras
- ▭ Vaargeul
- ▭ Zomerbed
- - - Nieuwe damwand/vooroever
- - - Damwand onderhoud

Stroomsnelheidseffect [m/s]

- -4,75 - -1,00
- -0,99 - -0,50
- -0,49 - -0,20
- -0,19 - -0,10
- -0,09 - 0,10
- 0,11 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 1,00
- 1,01 - 5,00

TITEL

Stroomsnelheidseffect [m/s]
Variant C1 Oeveroptimalisaties

PROJECT

KRW Zwarte Water

OPDRACHTGEVER

Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Kaartnr:

1

Versie:

concept 1



Auteur:

W. van Doornik

Gecontroleerd:

Frans Hoefsloot

Schaal (A3):

1:15.000

Datum:

april 2021

