

RAPPORT

ICU-2.1.9 Notitie Rivierkundige beoordeling dijkversterking ICU

Klant: Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Referentie: -

Status: S0/P01.01

Datum: 16 december 2025

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

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

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: ICU-2.1.9 Notitie Rivierkundige beoordeling dijkversterking ICU

Ondertitel: Rivierkunde ICU VO
Referentie: -
Status: P01.01/S0
Datum: 16 december 2025
Projectnaam: Dijkversterking verkenning Irenesluis Culemborgse Veer
Projectnummer: BI1706
Auteur(s): Haskoning

Opgesteld door: Haskoning

Gecontroleerd door:

Datum: 16-12-2025

Goedgekeurd door:

Datum: 16-12-2025

Classificatie

Projectgerelateerd



Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV 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 HaskoningDHV 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.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Uitgangspunten	1
3	Ontwerp	2
3.1	Voorkeursalternatief ontwerp	2
3.2	Vergunningen ontwerp (verschil met VKA)	5
4	Rivierkundige beoordeling voorkeursalternatief	8
4.1	Waterstandseffect bij maatgevend hoogwater (16.000 m ³ /s te Lobith)	8
4.2	Effect op kritieke stroomsnelheid	8
4.3	Morfologie in het zomerbed (+ oevers)	9
4.4	Overige rivierkundige effecten	9
5	Rivierkundige beoordeling vergunningen ontwerp	13
6	Conclusie	14

1 Inleiding

Aan Haskoning is gevraagd om een rivierkundige beoordeling uit te voeren naar de rivierkundige effecten van de beheeropgave, die onderdeel is van de dijkversterking Irenesluis – Culemborgse Veer. De rivierkundige beoordeling heeft als doel om de effecten van de beheeropgave op diverse rivierkundige effecten inzichtelijk te maken en te beoordelen of de ingreep voldoet aan de eisen uit het Rivierkundig Beoordelingskader 6.0 (RBK 6.0). De beoordeling beperkt zich tot enkel de beheeropgave, omdat hierdoor het ontwerp van het buitendijkse profiel iets wijzigt. Dit is niet het geval voor de waterveiligheidsopgave van ICU. Hierbij wijzigt er buitendijks niets aan het ontwerp van het buitendijkse talud.

In de verkenningfase is het voorkeursalternatief (beschreven in paragraaf 3.1) rivierkundig doorgerekend (de uitgangspunten zijn opgenomen in hoofdstuk 2), en beoordeeld volgens het RBK, de beoordeling hiervan staat in Hoofdstuk 4. Conclusie was dat de buitendijkse taludverflauwing en ophoging van de beheerstrook niet leiden tot nadelige rivierkundige effecten. Inmiddels is er een vergunningen ontwerp opgesteld waarbij het buitendijkse deel (dat effect heeft op rivierkunde) sterk lijkt op het voorkeurs alternatief, de verschillen zijn beschreven in paragraaf 3.2. Op basis van deze resultaten en de verschillen tussen het voorkeursalternatief en vergunningen ontwerp (hoofdstuk 3) is op basis van expert judgement het vergunningen ontwerp beoordeeld volgens het RBK in hoofdstuk 5. Er zijn geen nieuwe berekeningen uitgevoerd voor het vergunningen ontwerp omdat de te verwachten effecten minimaal zijn.

2 Uitgangspunten

De rivierkundige beoordeling van het voorkeursalternatief was uitgevoerd op basis van een kwantitatieve analyse, waarbij gebruik was gemaakt van modelberekeningen met het rivierkundig modelinstrumentarium; de GIS-applicatie Baseline en het 2D stromingsmodel WAQUA. Het ontwerp wordt getoetst volgens het RBK6.0.

De uitgangspunten voor WAQUA en Baseline waren destijds (zoals beschreven in de mail van Tijmen Vos van RWS-ON op 8 september 2022):

- Door Rijkswaterstaat is er een referentie model (baseline-rijn-beno18_5-v1) voor de verkenning uitgeleverd dat aangevuld moet worden met 5 maatregelen, die de stroming ter plaatse van het project beïnvloeden. Deze maatregelen bevatten noodzakelijke verbeteringen en actualisaties van de referentieschematisatie en zijn aangeleverd door RWS. Het gaat om de volgende maatregelen:
 - le_nieuweg_a1
 - le_lekwrld_c1
 - le_rvdl_a1
 - le_beatrix_a1
 - le_hdsrrf_a1
- Het gebruik van het referentiemodel is akkoord, mits de toegeleverde maatregelen zijn ingemixt. De referentie, waarop de toegeleverde maatregelen zijn ingemixt, krijgt het kenmerk "sterkelekdijken_ref";
- Gebruikte WAQUA deelmodel: waqua-rijn-beno18_5_20m_nrlk-v1 en waqua-rijn-beno18_5_20m_splp-v1;
- Gebruikte BASELINE-versie: 5.3.4;
- Gebruikte GIS-versie: ArcGIS 10.3.1;
- Gebruikte WAQUA-versie: SIMONA2021;
- In de referentieschematisatie is de vegetatie opgenomen conform de vegetatielegger, aangevuld met vergunningen. De mengklassen in het gebied zijn vervangen door de oorspronkelijk gekarteerde vegetatie op basis waarvan de mengklassen zijn toegekend;
- Het ontwerp dient te worden opgesteld in uitsluitend leggerklassen (water, verhard, gras & akker, riet & ruigte, bos, struweel, mengklasse 90/10, mengklasse 70/30 en mengklasse 50/50). Het gebruik van

handboekklassen en combinaties van handboekklassen (ook voor vaste k-waarden) is niet meer toegestaan. Daarnaast mag het ontwerp heggen en bomen bevatten. Het gebruik van lanen is niet meer toegestaan;

- De effecten van rivierwaartse dijkversterking dienen te worden bepaald met behulp van de methode zoals beschreven in bijlage 15 van het RBK. In de referentieschematisatie is de bandijklijn reeds geschematiseerd ter plaatse van de buitenkruinlijn. De bandijklijn in het WAQUA-referentiemodel hoeft dus niet gecorrigeerd/geactualiseerd te worden. Tevens dient bij de effectbepaling aandacht te worden besteed aan de aansluitende elementen in het winterbed (zoals kaden en terpen) die door of vanwege het project worden aangepast;
- Voor de schematisatie van de beheeropgave wordt het kenmerk icu_b1 (variant) en le_icu_b1 (maatregel) gebruikt.

3 Ontwerp

Als eerst is het voorkeursalternatief in paragraaf 3.1 toegelicht waarna in paragraaf 3.2 de verschillen met het vergunningen ontwerp zijn beschreven.

3.1 Voorkeursalternatief ontwerp

De Beheeropgave van ICU is beschreven in de Technische ontwerp rapport VKA 2023 van de dijkversterking Irenesluis – Culemborgse Veer (Hoofdstuk 4). Alleen de buitendijkse ingrepen van de beheeropgave die de vorm van de dijk veranderen, leiden mogelijk tot een rivierkundig effect. De volgende elementen uit de beheeropgave kunnen leiden tot een rivierkundig effect:

- Buitendijkse taludverflauwing: daar waar de dijk steiler is dan 1 op 2,7 zal het talud verflauwd worden naar 1 op 3. Zie Figuur 1.
- Buitendijkse talud herprofilering: taluds die uitgehold zijn zullen weer recht getrokken worden naar 1 op 3.
- Buitendijks wordt er onderaan de teen een beheerstrook gerealiseerd. Buitendijks dient de beheerstrook op een minimale hoogte te liggen oplopend van 3,50 m NAP bij Hagestein, naar 4,30 m NAP bij Amerongen.

Voor het technische ontwerp van de beheeropgave wordt er verwijzen naar het [Technische ontwerp rapport VKA 2023 van de dijkversterking Irenesluis – Culemborgse Veer](#). De beheeropgave is in Civil 3D ruimtelijk uitgetekend. Het Ontwerp hiervan is als kaart opgenomen in de bijlage.

Beheeropgave taludverflauwing

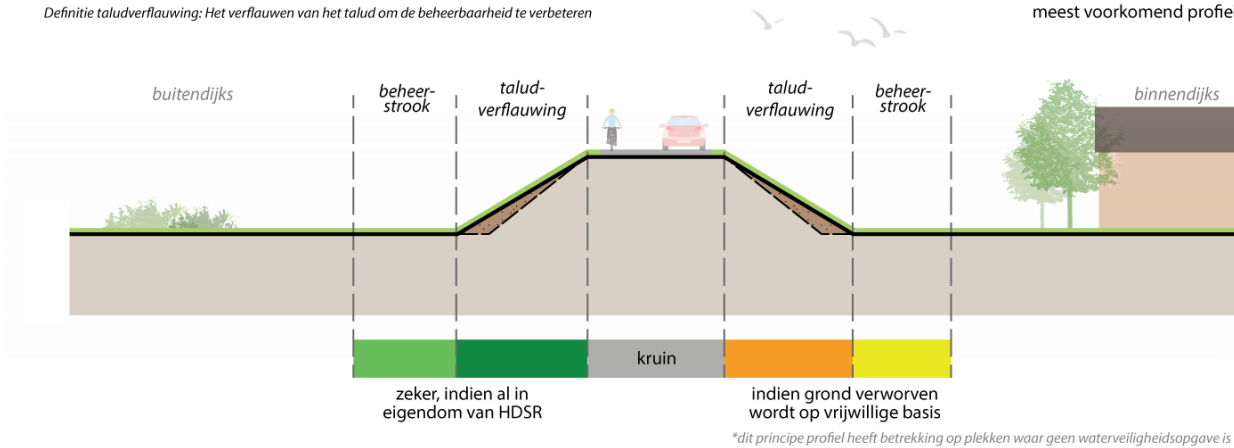
Legenda

- Taludverflauwing
- Zeker, indien al in eigendom van HDSR
- Indien grond verworven wordt op vrijwillige basis
- Beheerstrook (5m breed)
- Zeker, indien al in eigendom van HDSR
- Indien grond verworven wordt op vrijwillige basis

Definitie taludverflauwing: Het verflauwen van het talud om de beheerbaarheid te verbeteren



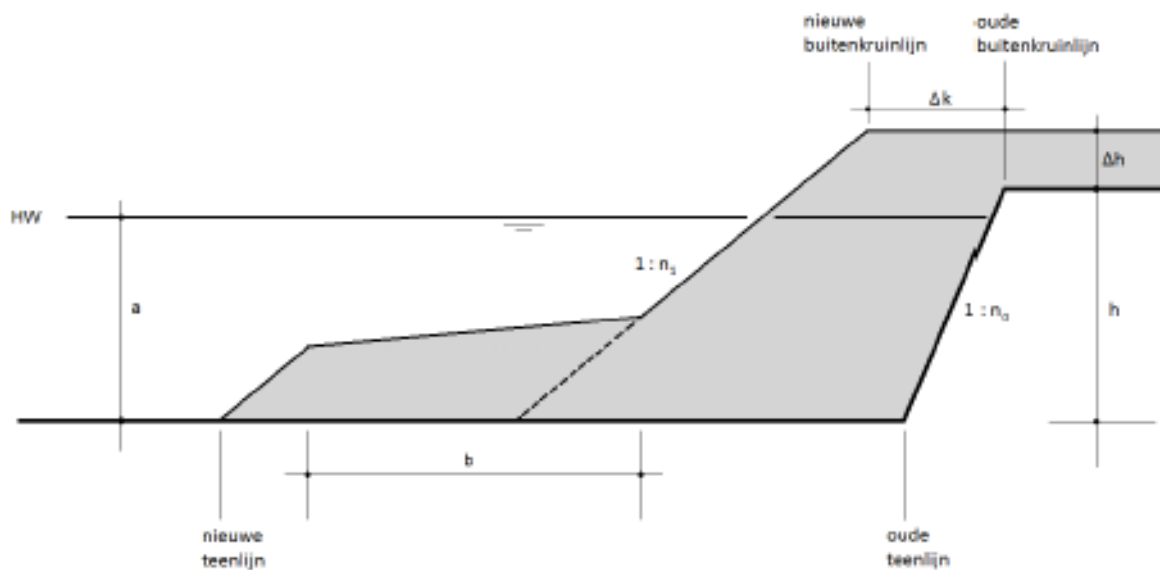
meest voorkomend profiel



Figuur 1: Principeprofiel taludverflauwing

Opbouw buitendijkse maatregelen beheeropgave in Baseline

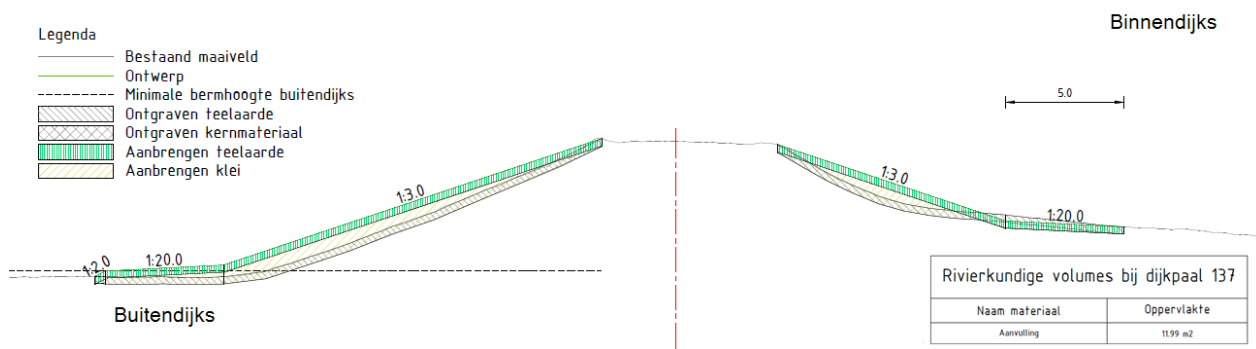
De buitendijkse beheeropgave is geschematiseerd op basis van de methodiek zoals omschreven in bijlage 15 uit het RBK6.0, de "schotjesmethode". In deze methodiek wordt het volume dat aan de rivier wordt ontnomen door de dijkversterking gebruikt om een nieuwe fictieve kruinlijn op te nemen in de schematisatie, zodanig dat ook in de Baseline schematisatie hetzelfde volume aan de rivier wordt ontnomen (zie Figuur 2).



Figuur 2: Schematische weergave rivierwaartse dijkversterking.

Het benodigde volume per dwarsprofiel is in dit geval bepaald met het 3D-model van de dijk, zie Figuur 3. De ligging van alle profielen is opgenomen in de bijlage kaart "B11706-RHK-GS-ZZ-DR-GS-4001 C01_0

Beheeropgave.pdf” en alle dwarsdoorsnedes inclusief doorstroomprofiel zijn opgenomen in bijlage kaart “Ingepaste beheerprofielen totaal_202230216.pdf”. Per dwarsprofiel is ten opzichte van de referentie buitenkruinlijn, zoals in Figuur 3 weergegeven, de afname van het doorstroomprofiel bepaald. Het doorstroomprofiel is het oppervlak (groene vlak) tussen de huidige dijk (grijze lijn) en de nieuwe dijk (groene lijn). Dit oppervlak is vervolgens gedeeld door de nieuwe hoogte van de dijk ten opzichte van maaiveld ($h + \Delta h$). Dit geeft een afstand Δx loodrecht op de dijk. Hierna is de huidige buitenkruinlijn verplaatst over de afstand Δx . Deze lijn is in Baseline toegevoegd als een hoogwatervrije lijn. Constructies aan en op de dijk, zoals opritten, woningen en hoogwatervrije terreinen zijn hierin meegenomen. De fictieve verplaatsing van de buitenkruinlijn is maximaal 2 meter en gemiddeld 66 centimeter. De op- en afritten worden pas in de planuitwerking uitgewerkt. Naar verwachting zullen de aanpassingen aan op- en afritten geen groter effect hebben dat de maximale talud verflauwing, daarom houden we de maximale buitenkruinlijn verplaatsing van 2 meter aan op deze locaties (= conservatief). Er vinden geen aanpassingen plaats aan het hoogtemodel in Baseline of WAQUA en de ligging van de teenlijn of de teenhoogte.



Figuur 3: Volume dat aan de rivier wordt ontnomen voor 1 dwarsprofiel.

3.2 Vergunningen ontwerp (verschil met VKA)

Het vergunningen ontwerp van de dijkversterking ICU is opgenomen in de nota "ICU-3.1.4 Ontwerpnota VO Dijk ICU 2025" en "Kaartbijlage 1 VO ontwerp GOP en waterveiligheidsopgave (HTML viewer) incl. dwarsprofielen". Voor rivierkunde zijn de verschillen in het vergunningenontwerp ten opzichte van het voorkeursalternatief buitendijks alleen van belang.

De buitendijkse verschillen met het voorkeursalternatief zijn:

1. Vastleggen van kribvak tussen dijkpaal 144-147, om erosie te voorkomen richting de dijk wat in de toekomst een waterveiligheidsprobleem kan worden. De huidige oever wordt hier vastgelegd, zie Figuur 4 en Figuur 5.
2. Voorhavendijk van de Irenesluis tussen DP106-108). Om de taludverflauwing (1 op 3) goed te realiseren is het noodzakelijk om de dijk te buitenwaarts te versteken (zie Figuur 6). Hierbij wordt de steenzetting verwijderd, de beheerstrook zal circa 3 m het water in lopen, na de beheerstrook volgt er een steenbestorting op een talud van 1 op 2.
3. Afritten zijn ingepast in het VO, in het VKA hadden we hier al voldoende ruimte voor meegenomen de inpassing past ruim binnen deze ruimte.
4. De afrit buitendijks bij dijkpaal 201 (buitendijks) wordt mee liggend gemaakt, zie Figuur 7.
5. Veranderingen in locaties met taludverflauwing: er zijn enkele stukken waar de taludverflauwing niet wordt uitgevoerd en enkele stukken waar deze in het vergunningenontwerp juist wel uitgevoerd wordt. Het gaat om de trajecten in Tabel 1. De locaties waar de taludmaatregel extra is zijn in de meeste gevallen locaties waar de verflauwing zeer beperkt is, dit is goed te zien in de dwarsprofielen, zie als voorbeeld DP196 en DP203 in Figuur 8. Alle dwarsprofielen zijn beschikbaar als bijlage van de nota "ICU-3.1.4 Ontwerpnota VO Dijk ICU 2025".

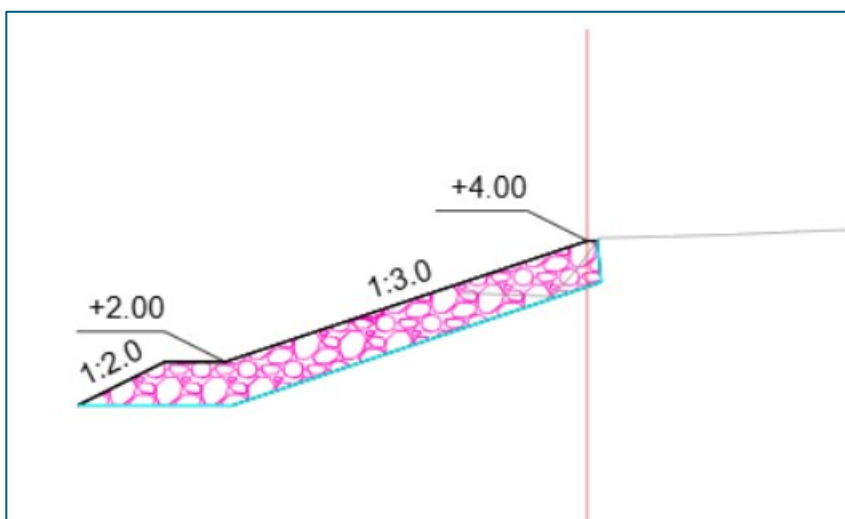
Tevens is de buitenkruinlijn verschuiving Δx opnieuw bepaald voor het vergunningen ontwerp op basis van de methodiek zoals omschreven in bijlage 15 uit het RBK6.0, de "schotjesmethode". De verschillen in Δx tussen voorkeursvariant en vergunningenontwerp zijn opgenomen in bijlage 1. In de "Kaartbijlage 2 ICU-VO-Rivierkunde volumes bepalen" zijn de profielen opgenomen waarvoor de verschuiving Δx bepaald is. Goed om op te merken is dat de taludverflauwing en aanpassingen beheerstrook niet worden uitgevoerd op de roze vlakken (Leggerprofielen) in de kaart (buitendijks is dit bij DP108-116, DP131-136 en DP155-157) voor deze locaties is de Δx op 0 gezet. De Leggerprofielen zijn wel uitgewerkt maar worden niet gerealiseerd in deze dijkversterking. Deze leggerprofielen zijn opgesteld om in de toekomst ruimtebeslag te reserveren (wanneer er grond gekocht kan worden door het waterschap).

Tabel 1: overzicht van waar de taludmaatregelen vervallen zijn en extra zijn in het vergunningen ontwerp.

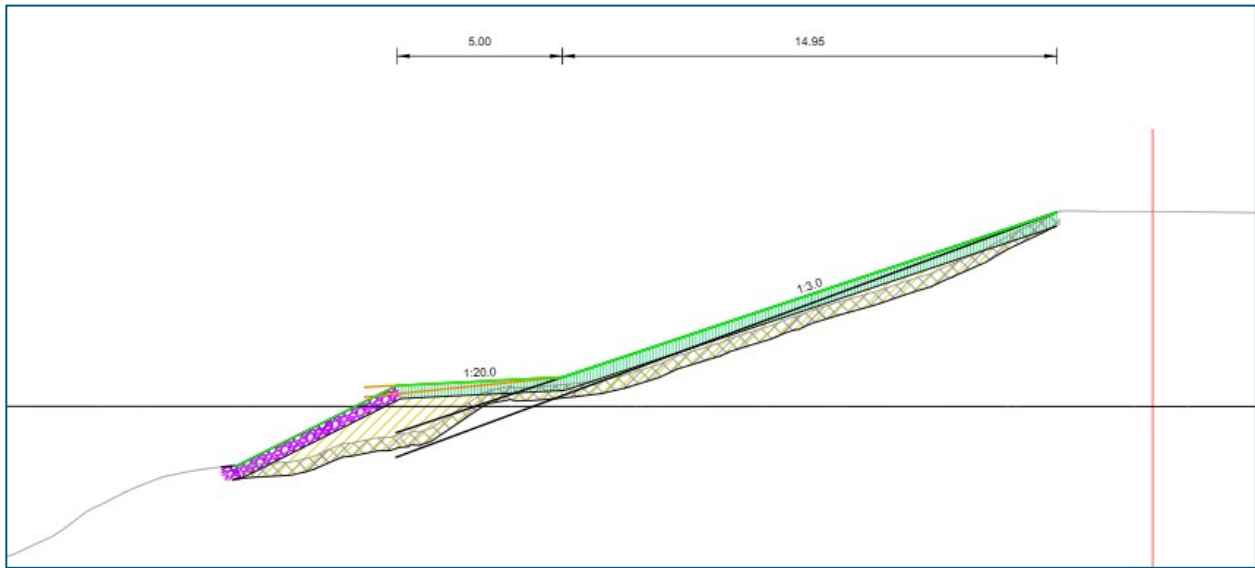
Taludmaatregel vervalt in Vergunningen ontwerp	Extra talud verflauwing ten opzichte van VKA
DP154-157	DP148-151
DP181	DP153
DP185	DP166
	DP196
	DP203



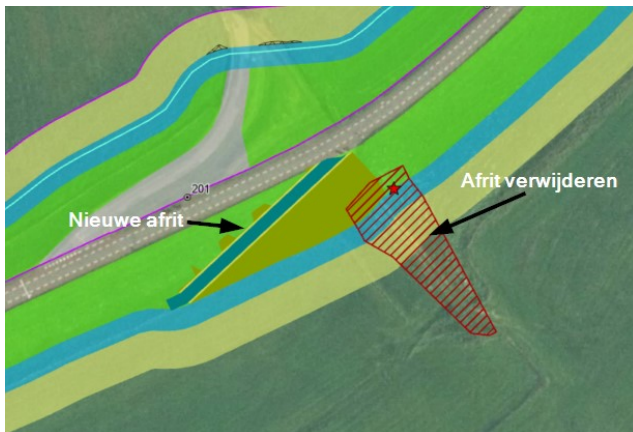
Figuur 4: Erosie oever kribvak tussen dijkpaal 144-147 met daarin de oeverbescherming ingetekend.



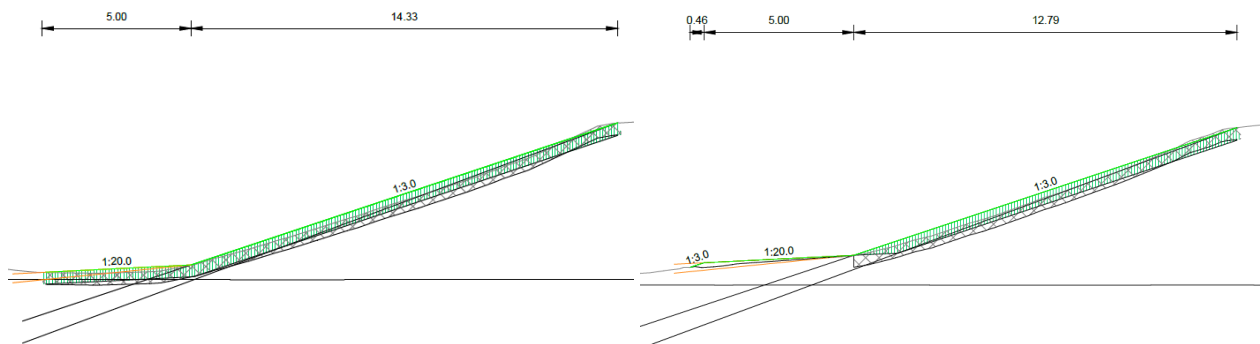
Figuur 5: Voorbeeld dwarsprofiel oeverbescherming



Figuur 6: ontwerp dwarsprofiel DP106+115



Figuur 7: ontwerpdoorsnede van afrit DP201 die mee liggend gemaakt wordt.



Figuur 8: Beperkte taludverflauwing DP203(links) en DP196(rechts). Alle dwarsprofielen zijn beschikbaar als bijlage van de nota "ICU-3.1.4 Ontwerpnota VO Dijk ICU 2025".

4 Rivierkundige beoordeling voorkeursalternatief

4.1 Waterstandseffect bij maatgevend hoogwater (16.000 m³/s te Lobith)

In het rivierkundig beoordelingskader (RBK6.0) is omschreven dat een waterstandstoename in de as van de rivier als gevolg van een ingreep niet gewenst is. In de praktijk kan een waterstandsverhoging tot 1 mm in de as van de rivier worden toegestaan.

De beheeropgave van de dijkversterking Irenesluis Culemborgse Veer heeft een beperkt opstuwend effect van maximaal 0,54 mm ter hoogte van rivierkilometer 931. Het modelresultaat toont een waterstandsverhoging die kleiner is dan 1 mm in de as van de rivier, zie Figuur 9. Hiermee wordt de praktijknorm van 1 mm niet overschreden en daarmee is er geen obstakel voor vergunbaarheid op dit aspect. De piek buiten het project gebied op rivierkilometer 947 komt door stuw Hagestein.

De waterstandsveranderingen buiten de as van de rivier zijn zeer lokaal rond de dijkverplaatsing, zie Figuur 10. Enige terughoudendheid bij de interpretatie van de waterstandsverschillen langs de bandijk is geboden vanwege de toegepaste 'schotjesmethode'. In de rivierkundige modellen wordt gebruik gemaakt van roostercellen met een grootte van circa 15 bij 30m. Of een roostercel dicht wordt gezet door de nieuwe hoogwatervrije lijn is afhankelijk van het feit of deze nieuwe lijn voorbij het middelpunt van de betreffende roostercel komt. Als dat het geval is wordt een roostercel in zijn geheel dicht gezet. Dit kan lokaal voor een overschatting van het effect zorgen (of juist een onderschatting). Over een lang traject (zoals een dijkversterking) middelt dit zich uit.

Lokaal (tegen de kering aan) worden de effecten dus enigszins overschat vanwege de grilligheid van het rooster. Op de locaties direct voor de buitenwaartse versterkingen concentreert de stroming zich en worden lokaal grotere opstuwende effecten berekend dan op de as van de rivier. De maximale waterstandstoename langs de bandijk is 4 mm ter hoogte van rivierkilometer 931. Deze 4 mm opstuwning is zeer lokaal past binnen de marge van het ontwerp van de dijkverbetering en is daarmee acceptabel.

4.2 Effect op kritieke stroomsnelheid

De veranderingen in stroomsnelheid zijn zeer lokaal en vinden plaats alleen langs de locaties van de ingrepen aan de bandijk, zie Figuur 11. Ter plaatse van de dijkversterking neemt de stroomsnelheid op enkele locaties toe (in model binnen enkele gridcellen) met 0,1 m/s tot maximaal 0,2 m/s. In alle lokale gevallen blijft de stroomsnelheid onder de 1,0 m/s. Bij deze stroomsnelheden treedt nog geen hinder of schade op in deze uiterwaard. De absolute stroomsnelheid blijft onder de kritieke grens van erosie van een (goed volgroeide) grasmat.

Tevens laat Figuur 11 zien dat er geen effect te verwachten is van de buitenwaartse versterkingen op de stroomsnelheden in de vaargeul. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er geen verandering is in de dwarsstroming en dat de maatregel geen hinder voor de scheepvaart of extra veiligheidsrisico's zal opleveren. Normen worden niet overschreden (of waren reeds overschreden) en de dwarsstroming neemt nergens toe. Hiermee wordt voldaan aan het criterium voor dwarsstroming.

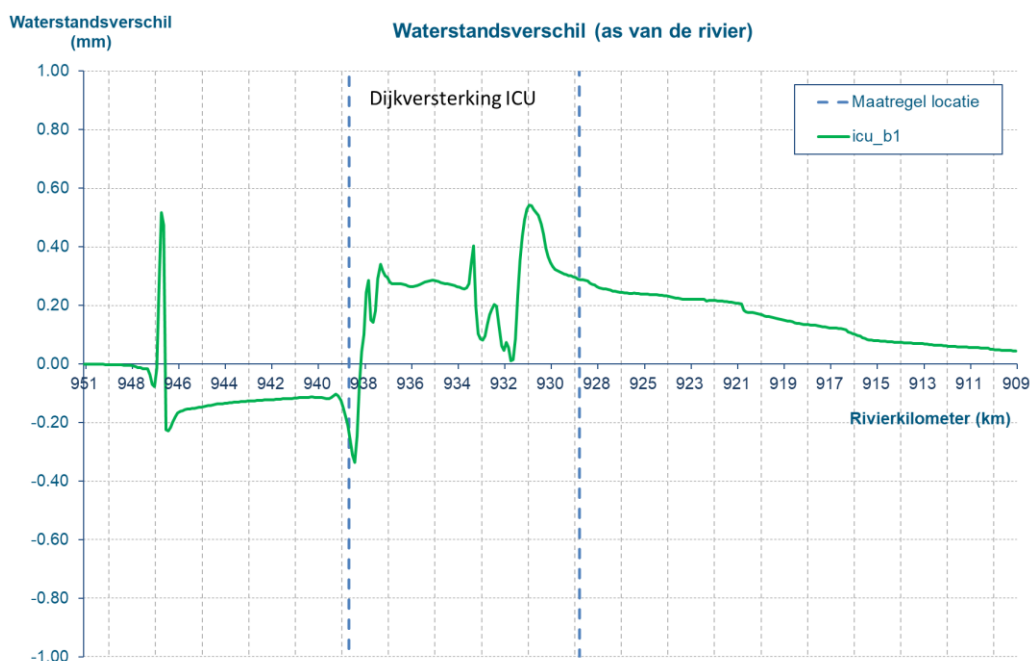
4.3 Morfologie in het zomerbed (+ oevers)

De uiterwaarde rondom de dijkversterking gaan pas actief meestromen bij een debiet vanaf 7.000 m³/s bij Lobith. De teen van de dijk stroomt dan dus ook pas mee. Bij lagere afvoeren is er daarom geen verandering in stroomsnelheid en dus geen morfologisch effect.

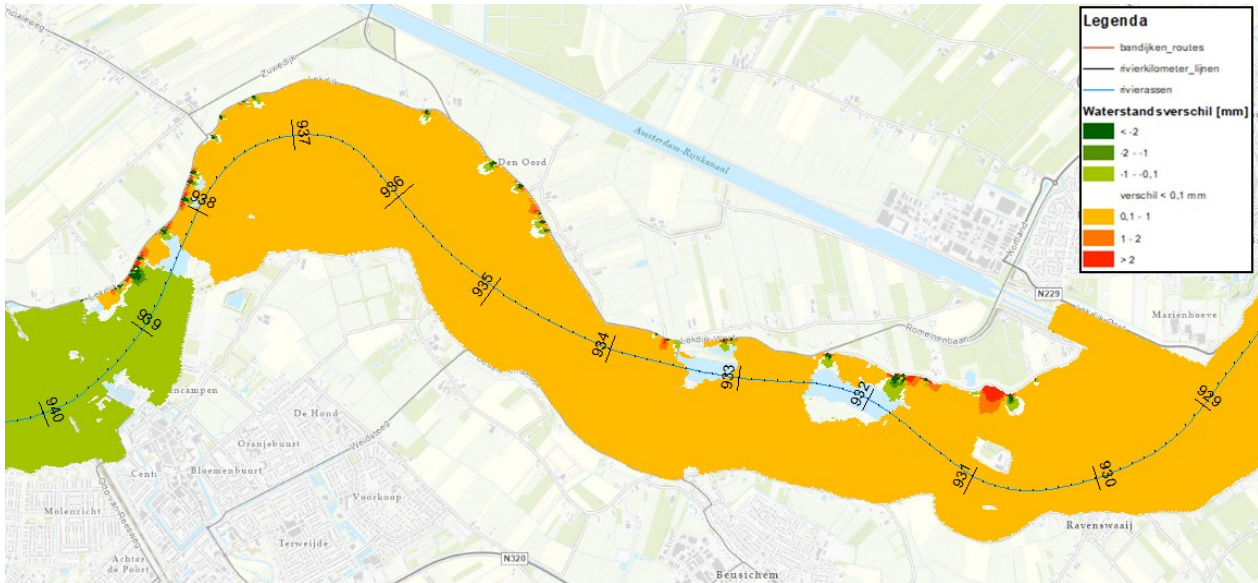
In Figuur 12 is het stroomsnelheidsverschil bij 8.000 m³/s (bij Lobith) weergegeven. De stroomsnelheid verandert maar op een beperkt aantal plekken en is altijd dicht bij de dijk en buiten het zomerbed. Dit komt doordat op enkele plekken de banddijk een roostercel verplaatst is, deze cel is dan dichtgezet. De stroomsnelheid veranderingen bij hogere afvoeren zijn ook klein en raken tevens niet het zomerbed, zie Figuur 11. Wanneer de stroomsnelheid in het zomerbed gelijk blijft zal de ingreep geen effect hebben op erosie en sedimentatie in het zomerbed en vaargeul. De baggerinspanning in de vaargeul zal niet toenemen en de veiligheid van het scheepvaartverkeer blijft behouden.

4.4 Overige rivierkundige effecten

In Tabel 2 zijn alle overige beoordelingsaspecten uit het Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de grote rivieren (RBK6.0) beoordeeld op basis van een deskundigheidsoordeel. Uit de beoordeling komen geen negatieve effecten van de dijkversterking op deze overige rivierkundige aspecten.



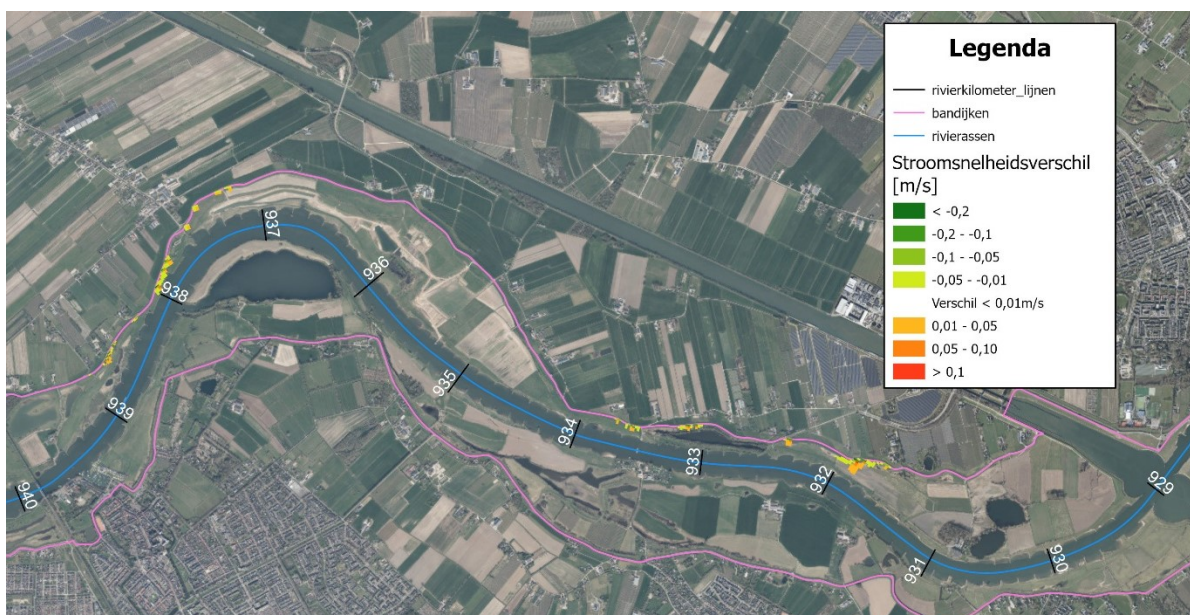
Figuur 9: Waterstandseffect in de as van de rivier t.o.v. de referentie bij een afvoer van 16.000 m³/s te Lobith (VKA - referentie).



Figuur 10: Waterstandsverschil t.o.v. de referentie (2D) bij een afvoer van 16.000 m³/s te Lobith (VKA – referentie).



Figuur 11: Stroomsnelheidsverschil t.o.v. de referentie (2D) bij een afvoer van 16.000 m³/s te Lobith (VKA – referentie).



Figuur 12: Stroomsnelheidsverschil t.o.v. de referentie (2D) bij een afvoer van 8.000 m³/s te Lobith (VKA – referentie). (groen is stroomsnelheidsafname en rood si stroomsnelheid toename).

Tabel 2: Rivierkundige beoordelingsaspecten en -criteria in de Rijntakken en onderbouwing relevantie

	Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	beoordeling
Hoogwaterveiligheid	1.1	MHW stand op de as van de rivier	Stroomvoerend: waterstandsverhoging gelijk of kleiner dan 1 mm (bij 16.000 m ³ /s Boven-Rijn) ^{a)}	Zie Figuur 9: de waterstandsopstuwung is kleiner dan 1 mm, namelijk 0,54 mm. Geen negatieve effecten.
	1.2	MHW stand buiten de as van de rivier	Geen waterstandverhoging langs de primaire kering of hoge grondlijn bij een Boven-Rijn afvoer van 16.000 m ³ /s.	Zie Figuur 10: de opstuwung langs de dijk is maximaal 4 mm langs de nieuwe dijk. Het gepresenteerde effect moet ter goedkeuring worden voorgelegd aan de dijkbeheerder. De ervaring leert dat opstuwung in de ordergrootte van millimeters geaccepteerd wordt.
	1.3	Afvoerverdeling bij Pannerdensch Kop en IJsselkop bij maatgevende Boven-Rijn afvoer	Verandering afvoerverdeling bij de splitsingspunten dient kleiner te zijn dan 5 m ³ /s bij Boven-Rijn afvoer van 16.000 m ³ /s	Geen effect, het projectgebied is te ver van splitsingspunt (ruim 50 kilometer stroomafwaarts van de IJsselkop). Tevens is de waterstandsverandering kleiner dan 1 mm. Geen negatieve effecten.
	1.4	Afvoerverdeling bij Pannerdensch Kop en IJsselkop bij hoge Boven-Rijn afvoer	Verandering afvoerverdeling bij de splitsingspunten dient kleiner te zijn dan 20 m ³ /s bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m ³ /s	Geen effect, het projectgebied ligt te ver van splitsingspunt vandaan (ruim 50 kilometer stroomafwaarts van de IJsselkop). Tevens is de waterstandsverandering kleiner dan 1 mm. Geen negatieve effecten.
	1.5	IJsafoer	Een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven	Geen effect, het doorstroomprofiel van het rivierbed versmalt namelijk niet, en er zijn geen nieuwe obstakels gerealiseerd, geen kribben gewijzigd. Geen negatieve effecten.
Hinder of	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 ^{b)} .	De maaiveld- of kadehoogtes in de uiterwaard zijn niet aangepast en de waterstand verandering is maximaal 4 mm in de uiterwaard (zie Figuur 10). Hiermee is de inundatie frequentie ook niet veranderd voor de Hoerwaard of omliggende uiterwaarden. Geen negatieve effecten.

Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	beoordeling
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.	De veranderingen in stroomsnelheid is weergegeven in Figuur 11. De veranderingen zijn zeer lokaal en vinden plaats rond de locaties van de ingreep. Enkel zeer lokaal, ten hoogte van de buitenwaartse versterkingen, zijn marginale stroomsnelheidsverschillen aanwezig in de uiterwaard van maximaal + 0,2 m/s. De stroomsnelheidsverschillen in de uiterwaard zijn dus zo klein en lokaal dat er geen nadelige effecten in termen van hinder en/of schade op zullen treden. Op het buitentalud van de dijk wordt rekening gehouden met het stroombeeld bij het ontwerpen van de bekleding voor de dijk. Dit zal dus ook geen hinder en/of schade opleveren en hiermee wordt voldaan aan het criterium. Geen negatieve effecten.
2.3	Stroombeeld in vaarweg	De ingreep mag niet resulteren in een absolute dwarsstroming in de vaarweg groter dan 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet groter dan 50 m ³ /s. Of het moet aantoonbaar zijn dat de toename padbreedte schip t.g.v. dwarsstroom kleiner is dan ½B; Bij hoge tot extreme Boven-Rijn afvoeren is dit beoordelingscriterium niet van toepassing.	De ingreep ligt ver van de vaarweg af, de stroomsnelheid in de vaarweg verandert niet (Zie Figuur 11). Daarom zal de beheeropgave geen invloed hebben op de dwarsstroming voor de scheepvaart. Geen negatieve effecten.
2.4	Afvoerverdeling bij Pannerdensch Kop en IJsselkop bij hoge Boven-Rijn afvoer	Verandering afvoerverdeling bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m ³ /s. Voor dit aspect is er geen beoordelingscriterium.	Geen effect, het projectgebied is te ver van splitsingspunt (ruim 50 kilometer stroomafwaarts van de IJsselkop). Tevens is de waterstandsverandering kleiner dan 1 mm. Geen negatieve effecten.
2.5	Afvoerverdeling bij Pannerdensch Kop en IJsselkop bij een lage Boven-Rijn afvoeren	Afwijking afvoerverdeling < 1 m ³ /s bij Boven-Rijn afvoer van 1020 m ³ /s (OLR) ^{c)}	Geen effect, projectgebied is te ver van splitsingspunt (ruim 50 kilometer stroomafwaarts van de IJsselkop). Tevens is de waterstandsverandering kleiner dan 1 mm. Geen negatieve effecten.
2.8	Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken	Geen ongewenste afname van de waterdiepte t.g.v. de onttrekking van water uit het zomerbed bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren	Niet relevant , onttrekking is niet aan de orde.
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.	Niet relevant , het projectgebied ligt te ver van de grens om effect te hebben. Geen negatieve effecten.

	Asp.	Te beoordelen effect	Onderbouwing relevantie
Morfologische effecten	3.1	Aanzanding en erosie van het zomerbed (+ oevers) 1. door ingrepen zomerbed 2. door ingrepen winterbed	Zie ook paragraaf 4.3 in deze rapportage. De ingreep zal op veel plekken achter de zomerkade liggen die pas mee stroomt vanaf 7.000 m ³ /s bij Lobith (herhalingsstijd ongeveer 1 keer in de 4 jaar). In Figuur 11 en Figuur 12 is te zien dat de stroomsnelheid niet verandert in het zomerbed. Wanneer de stroomsnelheid in het zomerbed gelijk blijft zal de ingreep geen effect hebben op erosie en sedimentatie in het zomerbed en vaargeul. De baggerinspanning in de vaargeul zal niet toenemen en de veiligheid van het scheepvaartverkeer blijft behouden. Geen negatieve effecten.
	3.2	Aanzanding en erosie van uiterwaard en nevengeulen 1. door ingrepen zomerbed 2. door ingrepen winterbed	Voor een groot deel van het dijkversterkingstraject fungeert de zomerkade (die het zomer- van het winterbed scheidt) als drempel voor sediment. Naar verwachting zal er in de praktijk daarom geen uitwisseling van grof (en daarmee morfologisch relevant) sediment tussen zomer- en winterbed plaatsvinden. Voor de overige locaties zonder zomerkade zijn de verschillen in stroomsnelheid in het winterbed door de ingreep zeer lokaal en beperkt, dat geen schade aan objecten in het winterbed wordt verwacht. Daarmee voldoet de ingreep ook aan het RBK6.0 op het onderdeel morfologie in het winterbed. Geen negatieve effecten.

5 Rivierkundige beoordeling vergunningen ontwerp

In paragraaf 3.2 zijn de verschillen tussen her voorkeursalternatief en het vergunningen ontwerp opgenomen. In bijlage 1 is buitenkruinlijn verschuiving Δx bepaald voor beide ontwerpen, de verschillen zijn zeer klein, de verwachting is daarom dat de verschillen in rivierkundige effecten er niet zullen zijn. Daarnaast is hieronder per wijziging op basis van expert judgement bepaald of de wijziging effect heeft op de rivierkundige beoordeling.

1. Vastleggen van kribvak tussen dijkpaal 144-147: De huidige situatie wordt vastgelegd, voor rivierkunde betekend dat de huidige situatie gehandhaafd wordt. Door het vastleggen van de oever zal er minder morfologische dynamiek op treden. Er worden geen rivierkundige effecten verwacht.
2. Voorhavendijk van de Irenesluis tussen DP106-108). Om de taludverflauwing (1 op 3) goed te realiseren is het noodzakelijk om de dijk te buitenwaarts te versteken (zie Figuur 6). Dit deel van de rivier (Amsterdam Rijnkanaal) ligt in een stromingsluw gebied ook bij hoogwater, daarom worden er geen nadelige rivierkundige effecten verwacht.
3. Afritten zijn ingepast in het VO, in het VKA hadden we hier al ruimte voor meegenomen de inpassing past ruim binnen deze ruimte. Daarnaast zijn alle op- en afritten veel minder ingrijpend veranderd dan wat we aan hadden gehouden in het voorkeursalternatief. Bijlage 1 laat ook zien dat de verschuiving rond op- en afritten meestal minder is geworden in het VO. Er worden geen negatieve effecten verwacht voor Rivierkunde.
4. De afrit buitendijks bij dijkpaal 201 (buitendijks) wordt mee liggend gemaakt, zie Figuur 7. Deze maatregel zal de rivier iets meer ruimte geven, maar pas bij de hogere afvoeren (wanneer de uiterwaarde meestromen). De effecten zullen beperkt zijn, waardoor er geen negatieve effecten voor rivierkunde verwacht worden.
5. Veranderingen in locaties met taludverflauwing: De locaties waar de taludmaatregel extra is, zijn in de meeste gevallen locaties waar de verflauwing zeer beperkt is, dit is goed te zien in de dwarsprofielen, zie als voorbeeld DP196 en DP203 in Figuur 8 en ook in de Δx in bijlage 1. Doordat het hier in alle gevallen ging om een beperkte taludverflauwing ging zullen de effecten

minimaal zijn en niet zullen leiden tot problemen met de vergunbaarheid. Daarnaast is in bijlage 1 ook te zien dat de buitenwaartse versterking op veel locaties ook positiever uitvalt in het vergunningen ontwerp ten opzichte van het voorkeursalternatief.

6 Conclusie

Het voorkeursalternatief van de dijkversterking Irenesluis Culemborgse Veer is beoordeeld aan de hand van alle aspecten uit het rivierkundig beoordelingskader (RBK6.0), zie Tabel 2. Op basis van deze beoordeling en de verschillen tussen het voorkeursalternatief en het vergunningen ontwerp is het vergunningen ontwerp beoordeeld op basis van expert judgement. De conclusie is dat de verschillen tussen de twee ontwerpen beperkt zijn. Bovendien is het voorkeursalternatief op sommige locaties zelfs conservatiever dan uiteindelijk is opgenomen in het vergunningen ontwerp. Om deze reden zijn de rivierkundige effecten van het vergunningen ontwerp ook als positief beoordeeld. De beoordeling laat zien dat er geen aspecten zijn die een obstakel voor vergunbaarheid vormen. Er treden geen nadelige rivierkundige effecten op. De zeer geringe waterstandseffecten bij de buitenwaartse dijkversterking blijven ruim binnen de normen voor hoogwaterveiligheid. Er treden geen nadelige effecten op qua schade en hinder voor de scheepvaart of voor derden (gebruikers en bewoners uiterwaard).

Bijlage kaarten

VKA

- BI1706-RHK-GS-ZZ-DR-GS-4001 C01_0 Beheeropgave.pdf
- Ingepaste beheerprofielen totaal_202230216.pdf

VO

- Kaartbijlage 1 VO ontwerp GOP en waterveiligheidsopgave (HTML viewer) incl. dwarsprofielen
- Kaartbijlage 2 ICU-VO-Rivierkunde volumes bepalen

Bijlage 1 verschuiving buitenkruin Δx VKA en VO