

Achtergrondrapport Rivierkunde

STERKE LEKDIJK

Culemborgseveer - Beatrixsluis



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

Achtergrondrapport Rivierkunde

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Poldermolen 2
3994 DD Houten

030 634 57 00 T
sterkelekdijk@hdsr.nl E
hdsr.nl/sterkelekdijk W

STERKE LEKDIJK

Titel: Achtergrondrapport Rivierkunde
Documentnummer: 834-K
Revisie: 2.0
Datum: 22/10/2024
Projectnaam: Sterke Lekdijk CUB
Projectnummer: 154860
Status code: Definitief

Opgesteld door:

[REDACTED]

Vrijgegeven Door:

[REDACTED]

Gecontroleerd door:

[REDACTED]

Datum:
22/10/2024

Datum:
22/10/2024

Colofon

Verantwoordelijkheid	Functie	Naam	Paraaf
Opsteller:	Adviseur rivierkunde Adviseur rivierkunde	[REDACTED]	
Verificateur:	Senior adviseur rivierkunde	[REDACTED]	
Autorisator	Omgevingsmanager	[REDACTED]	
Vrijgever	Projectmanager	[REDACTED]	

Rapportgegevens	
Rapporttitel	Achtergrondrapport Rivierkunde
MIDP nummer:	834-K
Datum:	22-10-2024

Revisie	Datum	Toelichting
Reviewversie 0.1	14/04/2023	Ruwe versie voor interne review projectteam Culemborgse-veer - Beatrixsluis
Conceptversie 1.0	16/10/2023	Afgeronde conceptversie
Eindconcept 1.0	16/10/2023	Versie voor conceptvergunningaanvraag CUB
Reviewversie 1.1	16/02/2024	Versie voor interne review projectteam Culemborgse-Veer - Beatrixsluis
Reviewversie 1.2	15/03/2024	Versie voor externe review bevoegde gezagen
Definitief	21/06/2024	Definitief voor bestuurlijke besluitvorming HDSR
Definitief	22/10/2024	Definitief

Inhoudsopgave

1.	INLEIDING	5
1.1	Aanleiding en context	5
2.1	Doelstelling	5
2.	WETTELIJK EN BELEIDSMATIG KADER	6
2.1	Waterwet	6
2.2	Beleidslijn Grote Rivieren	6
2.3	Rivierkundig beoordelingskader (v5.0)	7
3.	HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELING	8
3.1	Huidige situatie en rivierkundig relevante objecten	8
3.2	Autonome ontwikkelingen	8
3.2.1	Uiterwaardontwikkeling Honswijkerwaard	8
3.2.2	Uiterwaardontwikkeling Morgenstond en Steenwaard	8
4.	WIJZE VAN EFFECTBEOORDELING	10
5.	EFFECTBEOORDELING	12
5.1	Relevante ingrepen in aanlegfase	12
5.2	Beoordeling gebruiksfase	13
5.2.1	Beoordeling stroomvoerend vermogen van de rivier bij maatgevend hoogwater	13
5.2.2	Stroombeeld in vaargeul en uiterwaarden, dwarsstroming en morfologie	14
5.2.3	Samenvatting effectbeoordeling	16
6.	MITIGERENDE EN COMPENSERENDE MAATREGELEN EN MONITORING	17
7.	KENNISLEEMTEN	18
8.	CONCLUSIES	19

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en context

De Lekdijk voldoet niet in alle dijkvakken aan de huidige waterveiligheidsnormen. Daarom versterkt Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (HDSR) de Lekdijk tussen Amerongen en Schoonhoven onder het programma Sterke Lekdijk. Dit programma is verdeeld in zes deelprojecten. Voorliggend document bevat het deelproject Culemborgse Veer – Beatrixsluis (CUB).

Op voorhand is duidelijk dat de dijkversterking Culemborgse Veer – Beatrixsluis belangrijke nadelige milieugevolgen kan hebben. Daarom is besloten om direct de m.e.r.-procedure te volgen en dit milieueffectrapport (MER) op te stellen. De m.e.r.-procedure heeft als doel om de effecten op milieu en leefomgeving zorgvuldig mee te kunnen nemen bij de besluitvorming over de dijkversterking. De voorbereiding van de dijkversterking gebeurt in twee fasen: de verkenningsfase (MER deel 1) en de planuitwerkingsfase (MER deel 2). In het MER deel 1 zijn op hoofdlijnen de effecten van de kansrijke alternatieven en het Voorkeursalternatief (VKA) beschreven. In het MER deel 2 zijn de effecten op de omgeving van de Integrale Variant meer in detail beschreven. Voorliggend document is het “MER-Achtergrondrapport Rivierkunde” dat een bijlage is bij het MER deel 2.

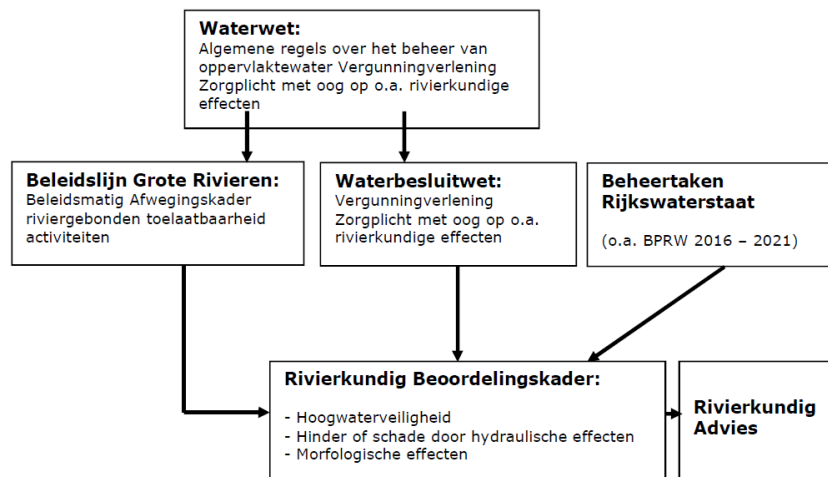
2.1 Doelstelling

Als onderdeel van het planproces en de openbare besluitvormingsprocedure doorloopt dijkversterking CUB een MER-procedure. Voor het vergunningsontwerp (VO) worden in de MER-procedure de effecten op diverse thema's beschreven en beoordeeld. Het beoordelingskader dat in de MER-procedure van dijkversterking CUB wordt gehanteerd staat beschreven in de Notitie reikwijdte en detailniveau (NRD).

Hoofdstuk 2 zal eerst het wettelijk- en beleidsmatig kader kort schetsen dat geldt voor dit MER-thema. In Hoofdstuk 3 wordt de huidige situatie en autonome ontwikkelingen in het gebied beschreven die relevant zijn voor de rivierkundige effectbeoordeling. Vervolgens zal in Hoofdstuk 4 worden beschreven op welke wijze het ontwerp voor de dijkversterking wordt beoordeeld voor het thema rivierkunde. In hoofdstuk 5 worden aan de hand van het beoordelingskader de effecten beoordeeld. Tot slot worden in hoofdstuk 6 eventuele verplichte mitigerende en compenserende effecten benoemd.

2. Wettelijk en beleidsmatig kader

Wettelijke kaders voor ingrepen binnen het rivierbed van de grote rivieren zijn op nationaal niveau vastgelegd in wet- en regelgeving. Rijkswaterstaat is het bevoegd gezag dat beoordeelt of ingrepen in het rivierbed vergunbaar zijn en toetst deze ingrepen volgens het rivierkundig beoordelingskader om tot een rivierkundig advies te komen voor vergunningverlening. In Figuur 2-1 is te zien hoe Rijkswaterstaat ingrepen in het rivierbed rivierkundig beoordeelt en welke regelgeving daaraan ten grondslag ligt.



Figuur 2-1 Overzicht van de wet- en regelgeving relevant voor rivierkundige effecten en de wijze waarop deze in elkaar grijpen bij een rivierkundige beoordeling. (Rijkswaterstaat, 2019).

2.1 Waterwet

De waterwet is de wet waarin geregeld is wanneer het nodig is een vergunning aan te vragen voor ingrepen in het rivierbed. Het vergunningstelsel in de Waterwet heeft als doel om de waterveiligheid nu en in de toekomst geborgd te houden en ervoor te waken dat Rijkswaterstaat de rivier kan blijven beheren. Het is een instrument voor Rijkswaterstaat om ingrepen, die nadelige gevolgen hebben voor de rivier, te voorkomen.

2.2 Beleidslijn Grote Rivieren

In de Beleidsregels Grote Rivieren staat benoemd welke activiteiten (soort ingrepen) er mogen plaatsvinden in het zomer- en winterbed van de rivier en wanneer er extra voorwaarden voor deze ingrepen gelden. De beleidslijn Grote Rivieren is bedoeld om de veiligheid te waarborgen in het gebied dat kan overstromen vanuit de grote rivieren en ervoor te zorgen dat ontwikkelingen niet de mogelijkheden voor toekomstige rivierverruiming dwarsbomen.

2.3 Rivierkundig beoordelingskader (v5.0)

Het rivierkundig beoordelingskader is het praktische handboek dat door Rijkswaterstaat en initiatiefnemers wordt gehanteerd om ingrepen in het rivierbed te beoordelen ten aanzien van rivierkundige effecten. Hierin staat beschreven naar welke criteria moet worden gekeken, afhankelijk van het type ingreep dat plaatsvindt. Normen waaraan de ingrepen moeten voldoen om vergunbaar te zijn staan ook in het beoordelingskader beschreven.

3. Huidige situatie en autonome ontwikkeling

3.1 Huidige situatie en rivierkundig relevante objecten

Vanuit rivierkundig oogpunt bestaat de huidige situatie in het gebied ten zuiden van de Lekdijk uit een aantal grotere en kleinere uiterwaarden. Meestal ligt de waterkering relatief ver van het zomerbed van de rivier (het deel van de rivier waar jaarrond water stroomt). Er zijn twee trajecten in het gebied waar de kering dicht bij het zomerbed ligt: in de omgeving van Fort Honswijk en de ca. 1,5 km kering stroomopwaarts hiervan en de omgeving van het Lekkanaal en de ca. 1,0 km kering stroomopwaarts hiervan. De banddijk loopt hier terug richting het zomerbed, waarmee er aan de rechteroever sprake is van een verminderd doorstroomprofiel. Deze twee trajecten zijn daarom het meest gevoelig voor rivierkundige effecten bij ingrepen langs de huidige dijk (zie Figuur 3-1).

Een aantal belangrijke elementen ten aanzien van rivierkunde in het gebied (zie Figuur 3-1):

- **Stuw Hagestein:** De stuw is in het gebied een zeer bepalende factor voor de afvoer van de rivier. Naast het stuwcomplex is een sluis aanwezig waar schepen bij gestuwde omstandigheden gebruik van kunnen maken. Het naastgelegen stuweiland is een hoogwatervrij terrein, dat onder normale omstandigheden wordt verbonden met de oostelijke oever van de Lek met een lage dijk die de oude rivierarm kruist. In tijden van hoge rivierafvoeren fungeert de oude rivierarm als extra doorstroomcapaciteit en is het stuweiland niet verbonden met de oever.
- **Zomerkades:** De Steenwaard en de Honswijkerwaard worden gedeeltelijk omgeven door zomerkades die onder reguliere omstandigheden en bij jaarlijks terugkerende hoogwaters niet overlopen en daarmee voorkomen dat deze uiterwaarden onder water lopen. Pas bij Lobith-afvoeren van meer dan 8.500 m³/s (ca. 1/10 herhalingstijd) lopen deze zomerkades over.
- **Spoorbrug Culemborg:** Door de steenwaard loopt de spoorbrug naar Culemborg. De brughoofden van deze brug liggen relatief ver van de dijk af richting het zomerbed en zijn daarmee een belangrijk stroombepalend element voor de bovenstrooms gelegen gebieden.

3.2 Autonome ontwikkelingen

3.2.1 Uiterwaardontwikkeling Honswijkerwaard

In de Honswijkerwaard zijn twee verschillende herinrichtingsplannen relevant. Aan de noordzijde van de uiterwaard is al lange tijd een ontgronder actief voor de realisatie van twee grote plassen. Als onderdeel van deze ontgroning door Dekkergroep wordt een nieuw inrichtingsplan voor de Noordelijke Honswijkerwaard gerealiseerd. Deze plannen zijn reeds vergund en zijn ook al opgenomen in de rivierkundige modellen die bij deze MER-beoordeling zijn gebruikt.

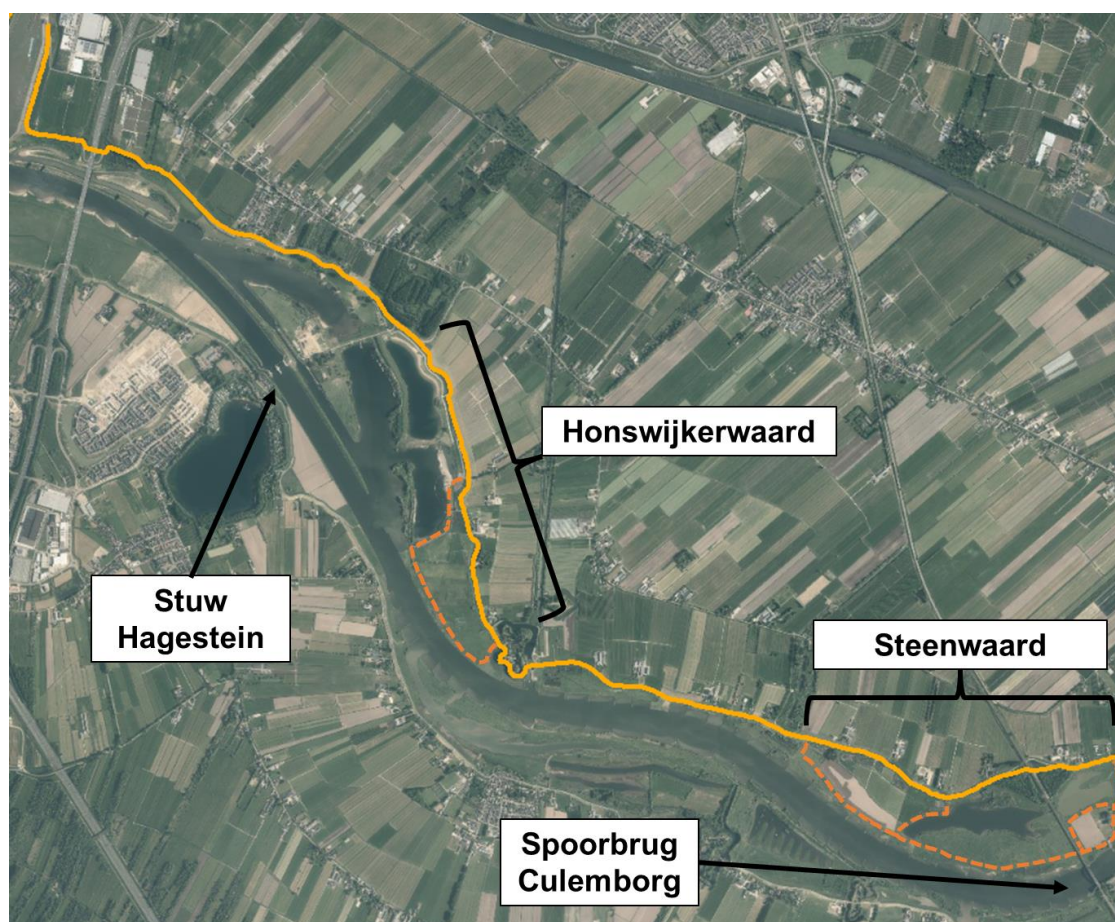
Aan de zuidzijde van de Honswijkerwaard worden op dit moment los van de uiterwaardontwikkeling door Dekkergroep plannen ontwikkeld voor natuurontwikkeling en herinrichting van het gebied (zowel KRW als NNN). Hiervoor zijn Rijkswaterstaat en de Provincie Utrecht initiatiefnemer. Deze plannen bevinden zich in een vergevorderd stadium maar zijn nog niet vergund. Deze plannen worden parallel aan de dijkversterking en andere meekoppelprojecten ontwikkeld.

3.2.2 Uiterwaardontwikkeling Morgenstond en Steenwaard

Net als in de zuidelijke Honswijkerwaard vindt op dit moment verregaande planvorming plaats voor herinrichting van de Morgenstond en Steenwaard. Ook hier gaat het om nog niet vergunde plannen die parallel

aan de dijkversterking worden ontwikkeld. Net als voor de zuidelijke Honswijkerwaard is RWS samen met de provincie Utrecht initiatiefnemer voor deze planvorming; in het kader van natuurdoelstellingen vanuit de KRW en het NNN.

Eventuele rivierkundige effecten van beide uiterwaardontwikkelingen worden in deze MER-beoordeling niet beschouwd. In deze notitie worden enkel de ingrepen beschouwd die plaatsvinden op en aan de dijk, waarvoor het waterschap de initiatiefnemer is. Omdat de uiterwaard-ontwikkeling wel in hetzelfde deel van de rivier ligt en gelijktijdig zal worden uitgevoerd zijn deze ontwikkelingen rivierkundig wel relevant. De effecten die in deze rapportage worden beschreven, worden daarom op kwalitatieve wijze ook integraal beschouwd met de effecten van de uiterwaardontwikkelingen, in het beoordelingsspoor van de uiterwaardontwikkeling.



Figuur 3-1 Overzichtskarta van het projectgebied, met in oranje het trace van de primaire kering. Oranje gestippeld zijn de belangrijkste zomerkades in het gebied aangeduid. Relevante locaties die zijn beschreven zijn aangewezen.

4. Wijze van effectbeoordeling

Rivierwaartse oplossingen voor de dijkversterking nemen ruimte in voor de afvoer van het water van de rivier. Als de rivier minder ruimte heeft door een buitendijkse versterking, kan dit leiden tot rivierkundige effecten. In voorliggende rapportage worden de volgende beoordelingscriteria voor het thema Rivierkunde getoetst (dit):

1. Invloed op stroomvoerend vermogen van de rivier (opstuwings bij maatgevend hoogwater) bij Maatgevend hoogwater;
2. Stroombeeld vaargeul en uiterwaarden; invloed op dwarsstroming, sedimentatie en erosie. Deze effecten worden beoordeeld bij reguliere (verlaagde tot licht verhoogde) afvoeren en zijn gericht op het voorkomen van hinder voor scheepvaart, grondgebruikers en de morfologische stabiliteit van de rivier.

De rivierkundige effecten van het VO zijn voor het eerste beoordelingscriterium beoordeeld door middel van een kwantitatieve beoordeling op basis van het rivierkundig rekenmodel Baseline/WAQUA. Het tweede criterium (de overige rivierkundige aspecten uit het rivierkundig beoordelingskader) zijn deels kwantitatief en deels kwalitatief beoordeeld, op basis van de informatie verkregen uit de kwantitatieve beoordeling van het stroombeeld, zie **Error! Reference source not found.** Zie achtergrondrapportage *Rivierkundige effectbeoordeling Sterke Lekdijk CUB* voor een uitvoerige beschrijving van de toegepaste methodiek en de wijze waarop het VO is geschematiseerd en doorgerekend in het rivierkundig model. Onderstaand is in tabelvorm per thema het toetscriterium nader uitgewerkt waarbij een vijfpuntsschaal is toegepast (Tabel 2 en 4-3).

Tabel 4-1 Wijze van beoordelen per beoordelingscriteria

Criteria	Werkwijze
Invloed op stroomvoerend vermogen van de rivier	Kwantitatief
Stroombeeld vaargeul en uiterwaarden; invloed op dwarsstroming, sedimentatie en erosie	Kwantitatief en Kwalitatief

Tabel 4-2 Invloed op stroomvoerend vermogen van de rivier bij maatgevend hoogwater.

Effectscore	Beoordeling	Beschrijving
+	Positief effect	Het ontwerp voldoet aan de norm uit het rivierkundig beoordelingskader, en heeft zelfs een positief effect op de waterstanden (waterstandsverlagingen) op de as van de rivier / buiten de as van de rivier, en daarmee de waterveiligheid.
0	Geen/ neutraal effect	Er worden geen effecten verwacht ten aanzien van waterstanden op as van rivier (opstuwings < 1mm) / buiten de as van de rivier, of deze effecten zijn rivierkundig toelaatbaar.
-	Zeer klein negatief effect	Het ontwerp voldoet niet aan de normen uit het rivierkundig beoordelingskader. Met kleine compenserende maatregelen of optimalisaties kunnen de negatieve effecten worden beperkt waardoor het ontwerp wel voldoet.
--	Negatief effect	Het ontwerp voldoet niet aan de normen uit het rivierkundig beoordelingskader. Grote compensatiemaatregelen zijn noodzakelijk om wel aan de norm te voldoen.
---	Zeer negatief effect	Het ontwerp voldoet niet aan de normen uit het rivierkundig beoordelingskader. Zelfs compenserende maatregelen zijn niet in staat het ontwerp vergunbaar te krijgen.

Tabel 4-3 Stroombeeld vaargeul en uiterwaarden; invloed op dwarsstroming, morfologie.

Effectscore	Beoordeling	Beschrijving
+	Positief effect	Het ontwerp voldoet aan de normen uit het rivierkundig beoordelingskader op alle aspecten.
0	Geen/ neutraal effect	Er zijn geen effecten te verwachten met betrekking het stroombeeld in de vaargeul en uiterwaarden en morfologie, of deze effecten zijn toelaatbaar.
-	Zeer klein negatief effect	Het ontwerp voldoet (deels) niet aan de normen uit het rivierkundig beoordelingskader. Met kleine compenserende maatregelen of optimalisaties kunnen de negatieve effecten worden beperkt waardoor het ontwerp wel voldoet.
--	Negatief effect	Het ontwerp heeft negatieve effecten op de rivier, waardoor niet voldaan wordt aan de normen uit het rivierkundig beoordelingskader. Grote compensatiemaatregelen zijn noodzakelijk om wel aan de norm te voldoen.
---	Zeer negatief effect	Het ontwerp heeft sterke negatieve effecten op de rivier, waardoor niet voldaan wordt aan de normen uit het rivierkundig beoordelingskader. Zelfs compenserende maatregelen zijn niet in staat het ontwerp vergunbaar te krijgen.

5. Effectbeoordeling

Het vergunningsontwerp bevat zowel binnen- als buitenwaartse ingrepen aan of nabij de Lekdijk. Enkel de buitendijkse ingrepen zijn rivierkundig relevant. In voorliggende MER-rapportage worden een zestal buitendijkse ingrepen gezamenlijk en integraal beoordeeld. Deze ingrepen zijn respectievelijk:

1. De buitendijkse taludverflauwing van de bandijk;
2. Toevoeging van een buitendijs onderhoudspad ;
3. Verlaging van een perceel van ca. 7,5ha in de Steenwaard t.b.v. mogelijke kleiwinning voor de dijkversterking;
4. Toevoeging van de Geschutsbatterij Noordelijke Lekdijk;
5. Toevoeging rustpunt nabij het Werk aan de Groeneweg;
6. Toevoeging van het buitendijkse infanterie banket ten oosten van Fort Honswijk.

Een beschrijving van de ingrepen en de wijze waarop deze ingrepen zijn geschematiseerd in het rivierkundig model is opgenomen in de achtergrondrapportage *Rivierkundige effectbeoordeling Sterke Lekdijk CUB*. NB: De bovengenoemde onderdelen 4,5 en 6 zijn onderdeel van meekoppelproject icoongebied. Deze ingrepen zijn gezamenlijk doorgerekend met de ingrepen voor de dijkversterking en het GOP. Een onderbouwing hierbij is toegevoegd in onderstaand kader.

Samenhang en beoordeling effecten Dijkversterking & Icoongebied

De rivierkundige effectbeoordeling is uitgevoerd voor het gecombineerde effect van ingrepen ten behoeve van de dijkversterking (+ GOP en uiterwaardverlaging in de Steenwaard) en het meekoppelproject Icoongebied. In het vergunningenspoor worden deze twee deelprojecten van elkaar losgetrokken en worden er twee afzonderlijke vergunningaanvragen gedaan. Voorliggende effectbeoordeling dient als onderbouwing voor beide vergunningaanvragen.

Uit de effectbeoordeling van het geheel aan ingrepen blijkt dat op alle toetsingssporen aan de vergunningsvoorwaarden wordt voldaan. Hoewel normaliter in rivierkundige effectbeoordelingen afzonderlijke effecten van ingrepen niet per sé optelbaar zijn om een gecombineerd effect te bepalen (vanwege wederzijdse invloed c.q. interferentie), kan op basis van expert judgement worden vastgesteld dat de effecten van de afzonderlijke deelprojecten altijd geringer zullen zijn dan het gecombineerde effect van beide onderdelen samen. De beperkte omvang en effecten van de ingrepen en de relatief grote afstand tussen de ingrepen welke resulteert in een kleine onderlinge invloed ondersteunen deze conclusie.

5.1 Relevante ingrepen in aanlegfase

Niet van toepassing voor beoordelingsthema Rivierkunde. Mogelijk is een rivierkundige toetsing van een tijdelijke situatie en/of tijdelijke depots in een latere fase van het project relevant. Dit dient te zijner tijd te worden afgestemd het bevoegd gezag.

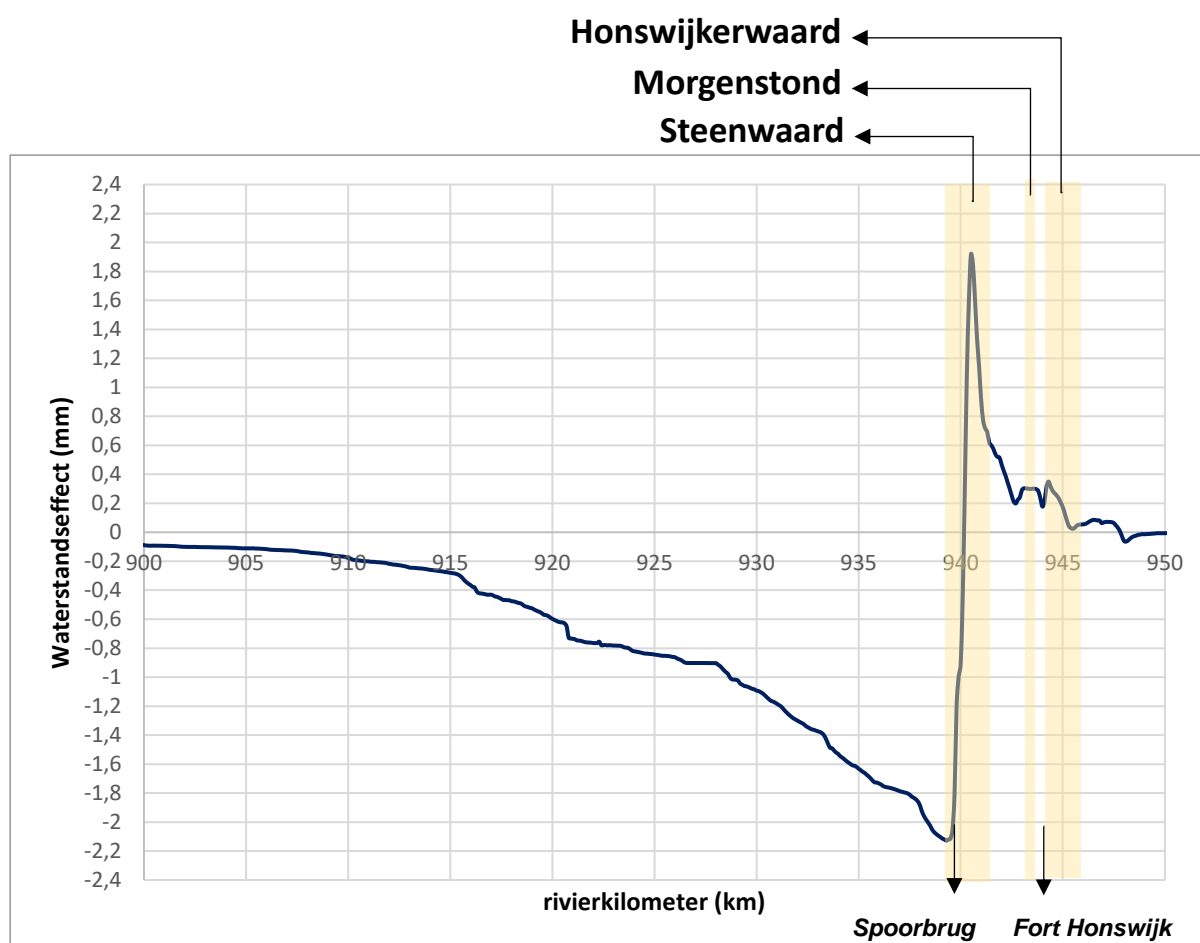
5.2 Beoordeling gebruiksfase

5.2.1 Beoordeling stroomvoerend vermogen van de rivier bij maatgevend hoogwater

Waterstandseffecten in de as van de rivier

Als eerste is gekeken naar de effecten van de ingrepen op waterstanden bij maatgevend hoogwater (MHW). Binnen dit criterium wordt beoordeeld of ingrepen ervoor zorgen dat waterstanden op de as van de rivier tijdens extreem hoogwater zorgen voor een verhoging van de waterstanden t.o.v. de referentiesituatie.

Het waterstandseffect bij maatgevend hoogwater (MHW) op de as van de rivier is weergegeven in **Error! Reference source not found.** Het waterstandseffect is uitgedrukt als het verschil ten opzichte van de



Figuur 5-1 Waterstandseffect (mm) bij 16.000 m³/s op de as van de rivier tussen het VO en de referentie-referentie-situatie.

Uit de figuur kan worden afgeleid dat het ontwerp zorgt voor een kortstondige scherpe opstuwingspiek ter hoogte van de vergraving in de Steenwaard (maximaal ca. 1,9mm). Deze opstuwingspiek wordt bovenstrooms gevolgd door een grootschaligere verlaging van waterstanden. In basis zijn opstuwingseffecten van >1mm niet toegestaan volgens het rivierkundig beoordelingskader. Echter, het veel ruimere waterstandsdalend effect bovenstrooms en de voorwaarde waaraan voldaan wordt dat deze kleine piek geen

negatieve effecten met zich meebrengt voor derden, maakt dat het geheel vanuit waterstandseffect vergelijkbaar is.

Waterstandseffecten buiten de as van de rivier

De waterstandseffecten bij maatgevend hoogwater buiten de as van de rivier komen over het algemeen goed overeen met de waterstandseffecten op de as van de rivier. Op enkele locaties wijken de waarden logischerwijs af van de effecten op de as van de rivier.

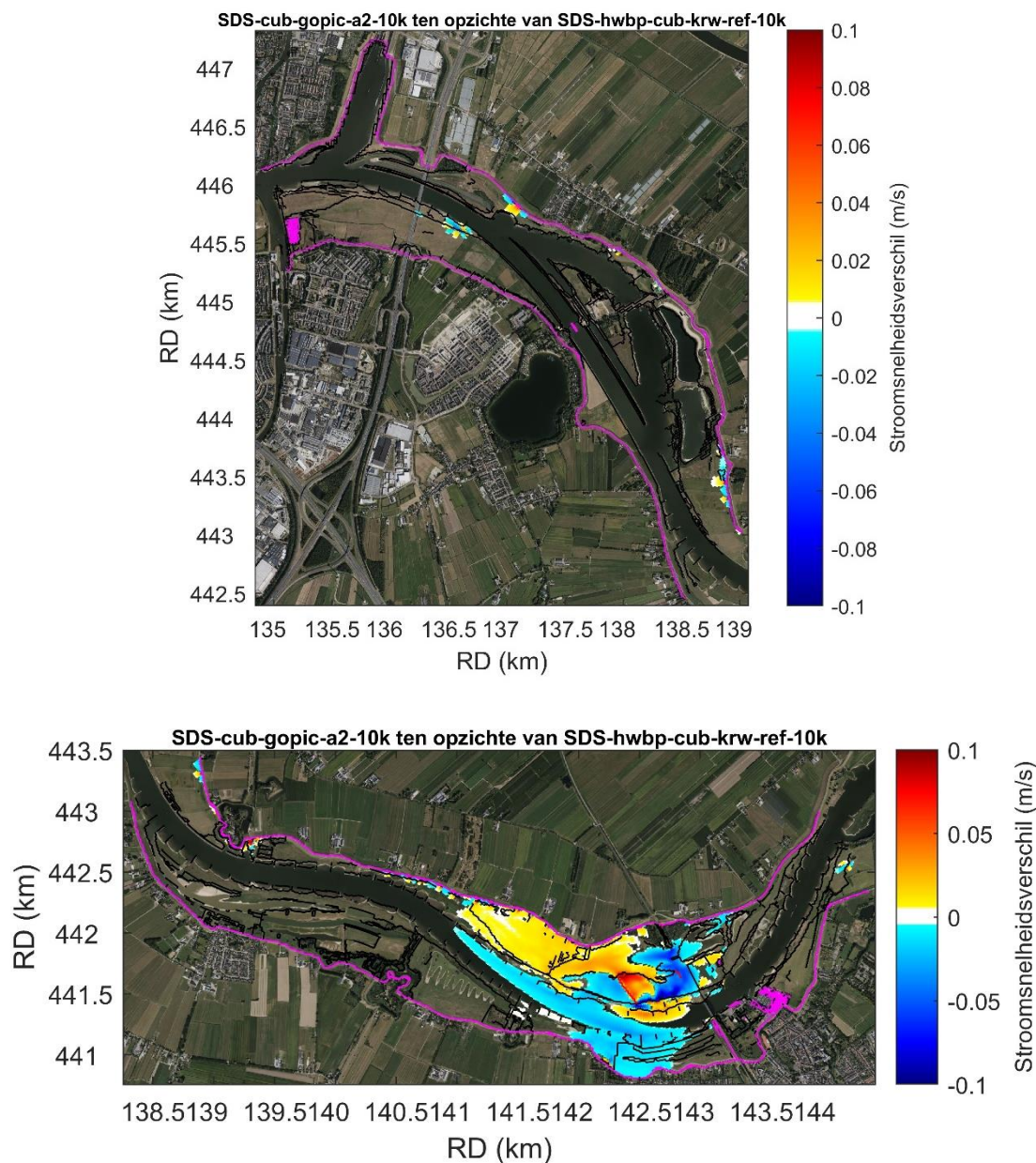
Op de locaties direct bij wijzigingen nabij de waterkering concentreert de stroming zich en worden lokaal grotere opstuwende effecten berekend dan op de as van de rivier. Deze lokale opstuwung is het grootst tegen de waterkering ter plaatse van het nieuw te realiseren infanterie banket (verdedigingswal) welke gelegen is ten oosten van Fort Honswijk (ca. 0,75 cm). Op locaties in de luwte van de buitenwaartse versterkingen neemt de waterstand af. Een zeer lokale waterstandsverlaging van ca. 0,5 cm treedt op tegen de bandijk direct achter het nieuw te realiseren infanterie banket bij Fort Honswijk. Een grootschaliger, maar in absolute zin wel kleiner effect (ca. 2mm verhoging) wordt veroorzaakt in de Steenwaard als gevolg van de verlaging van het hoger liggend perceel.

Deze benoemde waterstandseffecten in de uiterwaard zorgen dus nergens voor significant hogere of lagere waterstanden tegen de dijk die problemen op kunnen leveren voor bijvoorbeeld de hoogwaterveiligheid.

5.2.2 Stroombeeld in vaargeul en uiterwaarden, dwarsstroming en morfologie

Stroombeeld (stroomsnelheidsverschillen) in de uiterwaarden

De effecten op de stroomsnelheden in de uiterwaard en in de vaargeul zijn sterk gerelateerd aan de waterstandseffecten. Aangezien de effecten op de waterstanden beperkt zijn, zijn de stroomsnelheidsverschillen ook beperkt. Het stroomsnelheidsverschil in de vaargeul en uiterwaarden als gevolg van het VO is weergegeven in **Error! Reference source not found.**, bij een Rijnafvoer bij Lobith van 10.000m³/s. Het figuur laat zien dat de ingrepen in het ontwerp het stroombeeld in de vaargeul en uiterwaard beïnvloeden, maar het effect wel klein is. Invloed door de kleinschalige maatregelen in de dijkzone op het stroombeeld blijft beperkt tot de zone direct tegen de dijk, met maximale stroomsnelheidsverschillen aanwezig in de uiterwaard van +/- 0,1 m/s. De vergraving in de Steenwaard beïnvloedt het stromingspatroon in de Steenwaard en langs de dijk, maar ook hier zijn de verschillen beperkt tot zo'n 0,1m/s. In combinatie met de lage absolute stroomsnelheden in zowel de dijkzone als de rest van de uiterwaard is de verwachting dat dit niet tot negatieve effecten zal leiden door bijvoorbeeld erosie aan zomerkades of de dijkbekleding.



Figuur 5-2 Stroomsnelheidsverschil (m/s) bij 10.000 m³/s in het 2D-vlak tussen het VO en de referentie. Verschillen kleiner dan 0,005 m/s zijn niet weergegeven.

Dwarsstroming

Als gevolg van de vergraving in de Steenwaard wordt het dwarsstromingspatroon ter hoogte van de Steenwaard licht beïnvloed. Er wordt iets meer water de uiterwaard opgetrokken, waardoor dwarsstroming richting de uiterwaard licht toeneemt. Volgens de basisregels uit het rivierkundig beoordelingskader is deze toename niet zonder meer toelaatbaar. In de *Rivierkundige effectbeoordeling Sterke Lekdijk CUB* is een uitgebreide analyse naar dwarsstroming gedaan. Hierin wordt onderbouwd dat de toename in dwarsstroming alleen optreedt bij hoge rivierafvoeren ruim boven 8.000m³/s. Bovendien is de lichte verslechtering van de situatie slechts zeer lokaal. Daarnaast is het zo dat in de nabije omgeving al dwarsstromingspiek aanwezig is van dezelfde omvang, wat betekent dat er netto op dit stuk rivier geen noemenswaardige

verslechtering van de scheepvaartveiligheid optreedt. Dit maakt dat met aanvullende onderbouwing aan het criterium dwarsstroming wordt voldaan.

Morfologie

De toename van erosie en sedimentatie in de vaargeul en uiterwaarden is afhankelijk van de stroomsnelheidsverschillen. Hogere stroomsnelheden kunnen zorgen voor erosie en een verlaging van stroomsnelheden voor aanzanding. Het stroomsnelheidsverschil in de vaargeul en uiterwaarden is weergegeven in figuur 5.2 **Error! Reference source not found.** bij een afvoer van 10.000m³/s. Aangezien de effecten op de stroomsnelheden beperkt zijn, zijn de effecten op erosie en sedimentatie ook beperkt. Op basis van vuistregelberekeningen is een inschatting gemaakt van het mogelijke aanzandingseffect dat als gevolg van het ontwerp zou kunnen optreden (zie *Rivierkundige effectbeoordeling Sterke Lekdijk CUB*). Daarnaast is de marge in vaargeuldiepte ter hoogte van traject CUB erg ruim en is enige vorm van sedimentatie in de vaargeul geen issue. Op basis van de vuistregelbenadering blijkt het morfologisch effect zeer klein te zijn en geen probleem op te leveren voor het ontwerp.

5.2.3 Samenvatting effectbeoordeling

De te verwachten rivierkundige effecten van het VO zijn hieronder samengevat:

Beoordeling stroomvoerend vermogen van de rivier bij maatgevend hoogwater

Het VO heeft een beperkte invloed op het stroomvoerend vermogen bij maatgevend hoogwater. Het geheel van verhogend en verlagend effect van het ontwerp is rivierkundig acceptabel. De beoordeling is dan ook neutraal binnen dit beoordelingscriterium (score: 0).

Stroombeeld in vaargeul en uiterwaarden, dwarsstroming en morfologie

Het stroombeeld in de vaargeul en de uiterwaarden wordt in beperkte mate beïnvloed door het ontwerp. Effecten zijn veelal lokaal en/of kleinschalig en voldoen op alle beoordelingsaspecten aan de randvoorwaarden die worden gesteld vanuit het rivierkundig beoordelingskader; soms direct, en soms met een gegeven aanvullende onderbouwing. De samenvattende score voor dit criterium is daarom neutraal: 0.

6. Mitigerende en compenserende maatregelen en monitoring

Op basis van de in het vorig hoofdstuk beschreven rivierkundige effectbepaling zijn geen mitigerende maatregelen noodzakelijk of wenselijk bij het ontwerp. De beoordeelde ingrepen in het winterbed aan/nabij de Lekdijk hebben een beperkt rivierkundig effect welke niet tot risico's met betrekking tot de vergunbaarheid van het integrale plan zullen leiden. Tevens is er geen rivierkundig vervolgonderzoek vereist om de permanente effecten van het ontwerp nader te onderzoeken. Alle rivierkundig relevante aspecten zijn in kaart gebracht. Zie *Rivierkundige effectbeoordeling Sterke Lekdijk CUB* voor een uitvoerige beschrijving van de rivierkundige effecten. Wel dient nog gekeken te worden naar eventuele tijdelijke rivierkundige effecten tijdens de aanlegfase van het project, in samenhang met het verder uitdetaileren van het uitvoeringsplan.

7. Kennisleemten

Niet van toepassing voor beoordelingsthema rivierkunde.

8. Conclusies

In dit hoofdstuk zijn de effecten van het vergunningsontwerp op het thema rivierkunde samengevat. Voor zowel het aspect *Invloed op stroomvoerend vermogen van de rivier* als het aspect *Stroombeeld vaargeul en uiterwaarden, dwarsstroming en morfologie* is gebleken dat het vergunningsontwerp neutraal scoort ten opzichte van referentiesituatie, zie Tabel . Er worden toelaatbare effecten verwacht ten aanzien van waterstanden op as van rivier en er zijn geen significante effecten op waterstanden buiten de as van de rivier. Tevens zijn de effecten met betrekking het stroombeeld in de vaargeul en uiterwaarden en op bijhorende rivierkundige aspecten dwarsstroming en morfologie beperkt en onderbouwd toelaatbaar. De effecten zijn binnen de beoordelingsgrenzen van het Rivierkundig Beoordelingskader 5.0 acceptabel. Mitigerende maatregelen zijn niet vereist.

Tabel 8-1 Conclusie thema Rivierkunde

criterium:	Score:
Invloed op stroomvoerend vermogen van de rivier (maatgevend hoogwater)	Neutraal; VO voldoet aan criteria uit het RBK5.0
Stroombeeld vaargeul en uiterwaarden; invloed op dwarsstroming en morfologie	Neutraal; VO voldoet aan criteria uit het RBK5.0