

Rivierkundige effectbeschrijving Ruimtelijk Plan en Ontwerp op Hoofdlijnen

Gemeente Nijmegen

20 december 2007

Definitief rapport
9S8419.A0

GEMEENTE



Documenttitel Rivierkundige effectbeschrijving
Ruimtelijk Plan en Ontwerp op Hoofdlijnen

Verkorte documenttitel Rivierkundige effectbeschrijving

Status Definitief rapport

Datum 20 december 2007

Projectnaam Dijkteruglegging Lent

Projectnummer 9S8419.A0

Auteur(s) Wiebe de Jong, Michiel Reneerkens,
Gert-Jan Meulepas

Opdrachtgever Gemeente Nijmegen,
Domien Driessen

Referentie 9S8419.A0/R0002/901807/MJANS/Nijm

Barbarossastraat 35
Postbus 151
6500 AD Nijmegen

(024) 328 42 84 Telefoon
(024) 360 54 83 Fax

info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Auteur(s) Wiebe de Jong, Michiel Reneerkens,
Gert-Jan Meulepas

Collegiale toets Gert-Jan Akkerman

Datum/paraaf 20-12-2007

Vrijgegeven door Gert-Jan Meulepas

Datum/paraaf 20-12-2007



INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
1.1 Projectkader	1
1.2 PKB doelstelling	1
1.3 Leeswijzer	1
2 SCHEMATISATIE RIVIERKUNDIG REKENMODEL	4
2.1 Baseline en referentie model	4
2.2 Ontwerp op Hoofdlijnen	5
2.3 Ruimtelijk Plan	5
3 RIVIERKUNDIGE EFFECTEN	11
3.1 Ontwerp op Hoofdlijnen	11
3.2 Ruimtelijk Plan	17
4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	23
4.1 Conclusies	23
4.2 Aanbevelingen	24
5 LITERATUUR	25

1 INLEIDING

1.1 Projectkader

De programmadirectie Ruimte voor de Rivier (PDR) heeft de gemeente Nijmegen opdracht gegeven om een Ruimtelijk Plan (RP) op te stellen voor de inpassing van de Dijkteruglegging in Lent. Een belangrijke randvoorwaarde voor het RP is dat de rivierkundige doelstelling uit de PKB-RVR zeker gehaald wordt. Het Ontwerp op Hoofdlijnen kan worden gezien als ruimtelijke maatregel voor de Dijkteruglegging zoals opgenomen in de PKB.

Dit rapport beschrijft de resultaten van de rivierkundige beoordeling van het Ontwerp op Hoofdlijnen van Rijkswaterstaat en het Ruimtelijk Plan van de gemeente Nijmegen. Beide plannen zijn volgens dezelfde werkwijze geschematiseerd en doorgerekend waardoor er met één maat gemeten wordt.

1.2 PKB doelstelling

De beoordeling heeft ten doel om de rivierkundige effecten van beide plannen te toetsen aan de rivierkundige doelstelling (27 cm waterstandsverlaging) uit de PKB Ruimte voor de Rivier.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 en 3 van dit rapport beschrijven de randvoorwaarden, uitgangspunten en rivierkundige

schematisaties. De Hoofdstukken 4, 5, en 6 behandelen het Ontwerp op Hoofdlijnen, het Ruimtelijk Plan en de onderlinge vergelijking.



Figuur 1: Impressie Ruimtelijk Plan

Uitgangspunten voor berekeningen

De specialisten van Royal Haskoning zijn met de deskundigen van de PDR de onderstaande uitgangspunten voor het uitvoeren van de rivierkundige berekeningen en beoordeling overeengekomen.

- De schematisatie van beide plannen is aangemaakt met behulp van Baseline versie 3.31. De plannen zijn volgens de eisen en richtlijnen van Rijkswaterstaat Oost-Nederland ("Baseline eisen - richtlijnen en maatregelen" (juli 2007)) geschematiseerd. Als uitgangspunten zijn hierbij de aangeleverde technische tekeningen gehanteerd.
- Het referentie model is het PKB 3_2 model.
- De Baseline schematisatie is geconverteerd naar het rivierkundige rekenmodel WAQUA. De rivierkundige toetsing is uitgevoerd met WAQUA versie Simona2006-01.
- De WAQUA-berekening is uitgevoerd bij een constante maatgevende afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith (10.165 m³/s op de Waal) met een vaste afvoerverdeling bij de splitsingspunten.
- De strang die nu bovenstrooms van de toekomstige geul aanwezig is in het projectgebied wordt alleen bij het Ruimtelijk Plan geschematiseerd omdat deze onderdeel is van de ruimtelijke oplossing.

Het projectgebied waarbinnen de ingreep van de dijkteruglegging en uiterwaardvergraving zal gaan plaatsvinden is weergegeven in Figuur 2.

De rivierkundige maatregel uit het Ruimtelijk Plan loopt door tot de Oosterhoutse Plassen (van kmr 881,9 tot 885,3).

Hiermee anticipeert het Ruimtelijk Plan op de nieuwe inrichting van de Oosterhoutse waarden.

De rivierkundige maatregel uit het Ontwerp op Hoofdlijnen beslaat een kleiner gebied (van kmr 881,9 tot kmr 884). De maatregel eindigt ca 1 km benedenstrooms van de spoorbrug.



Figuur 2: Het projectgebied geprojecteerd over een luchtfoto van de huidige situatie bij Lent.

2 SCHEMATISATIE RIVIERKUNDIG REKENMODEL

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de schematisatie van beide plannen in de GIS-applicatie Baseline.

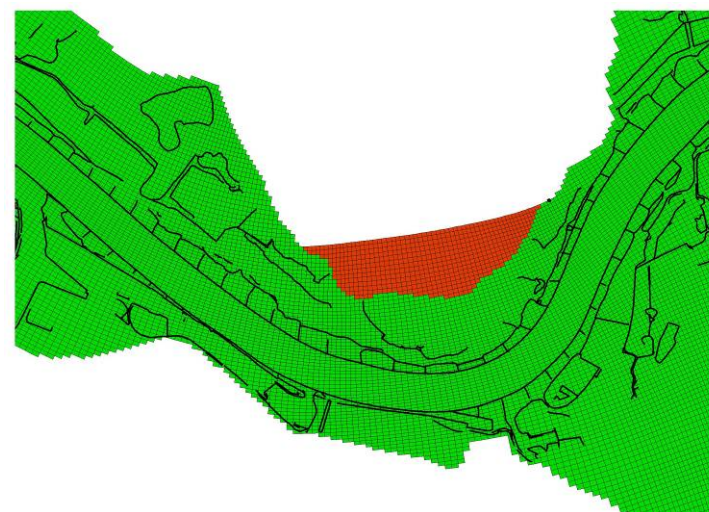
2.1 Baseline en referentie model

Baseline is de GIS-applicatie die wordt gebruikt om de geplande wijzigingen in de bodemhoogtes, vegetatietypen, taluds, kades etc. te schematiseren. De aangemaakte schematisatie van de ingreep wordt in het vigerende referentiemodel ingebracht en omgezet naar het rivierkundig rekenmodel WAQUA.

WAQUA werkt met een curvilineair rekenrooster, welke bestaat uit gridpunten die het huidige winterbed volgen. Het huidige rekenrooster, zoals aangeleverd bij het referentiemodel, heeft onvoldoende gridpunten langs de noordelijke rand om de geplande dijkteruglegging goed te kunnen schematiseren. Het rekenrooster is daarom uitgebreid in de bocht van Lent zodanig dat de geplande dijkteruglegging binnen het rekenrooster valt. Het rode gedeelte in Figuur 3 toont deze uitbreiding.

Beide schematisaties zijn aangemaakt volgens de eisen en richtlijnen van Rijkswaterstaat. Hierdoor zijn beide schematisaties op dezelfde wijze geschematiseerd. Dit maakt dat de modelresultaten met elkaar te vergelijken zijn.

In het gebruikte referentiemodel, PKB 3_2, is de bestaande ondiepe plas bij Lent, net bovenstrooms van de Waalbrug, niet opgenomen. Op verzoek van de PDR is de plas in de referentie en in het Ontwerp op Hoofdlijnen weggelaten. Aangezien deze plas deel uit maakt van het Ruimtelijk Plan is deze wel opgenomen in de schematisatie van het Ruimtelijk Plan. De bodemhoogte en contouren van de plas zijn uit het HR2006 model overgenomen.



Figuur 3: Locatie van het uitgebreide rekenrooster in de bocht bij Lent. Het groene gedeelte is het huidige rekenrooster, het rode gedeelte is de uitbreiding

2.2 Ontwerp op Hoofdlijnen

Figuur 4 toont de bodemhoogtes in het Ontwerp op Hoofdlijnen zoals deze met Baseline zijn aangemaakt. De figuur toont duidelijk de ligging van de geul met een bodemhoogte van NAP+2,0 m. Benedenstrooms van de spoorbrug loopt de geul geleidelijk op tot maaiveldhoogte (circa NAP+10,0 m). De drempelhoogte van de instroomopening is NAP+10,5 m. De huidige hoogte van het omliggende maaiveld varieert tussen NAP+10 en NAP + 11 m. Het eiland tussen Lent en Nijmegen heeft een hoogte van NAP+16,0 m en is geschematiseerd als hoogwatervrij terrein.

Bovenstrooms van de Waalbrug heeft de teruggelegde dijk een talud, helling 1:3, met een fietspad van 5 meter breed op NAP+ 12,0 m. Vanaf het fietspad loopt een damwand loodrecht naar de bodemhoogte van de geul. Tussen de Waalbrug en de spoorbrug is het fietspad verbreed tot 10 meter zodat ook autoverkeer mogelijk is. Een damwand overbrugt het hoogteverschil tussen de rijbaan en de bodem van de geul en tussen de rijbaan en de kruin van de dijk (NAP+16,75 m).

Om bij de teruggelegde dijk en de instroomopening het energieverlies door steile hellingen (> 1:7) in rekening te brengen is een rekenkundige overlaat toegevoegd in de schematisatie.

De aanwezige vegetatie bepaalt de ruwheid voor het rivierkundige model. Figuur 5 toont de verschillende vegetatietypen binnen het projectgebied. De geul is geschematiseerd als een plas.

De rest van de uiterwaard blijft voornamelijk zoals in de huidige situatie, als productiegrasland. De pijlers van de 3 bruggen zijn in de schematisatie meegenomen vanwege de stroombelemmerende werking. Door Baseline worden de pijlers in de ruwheid verdisconteerd.

2.3 Ruimtelijk Plan

Figuur 6 toont de bodemligging van het Ruimtelijk Plan. De geul wordt in benedenstroomse richting verlengd en aangetakt op de Oosterhoutse Plassen. De bodemhoogte van de geul is NAP+2,0 m. Nabij de nieuwe stadsbrug is een deel van de uiterwaard opgehoogd tot NAP+12,0 m zodat bij gemiddeld hoogwater een eiland ontstaat. De drempelhoogte van de instroomopening ligt op NAP+10,5 m.

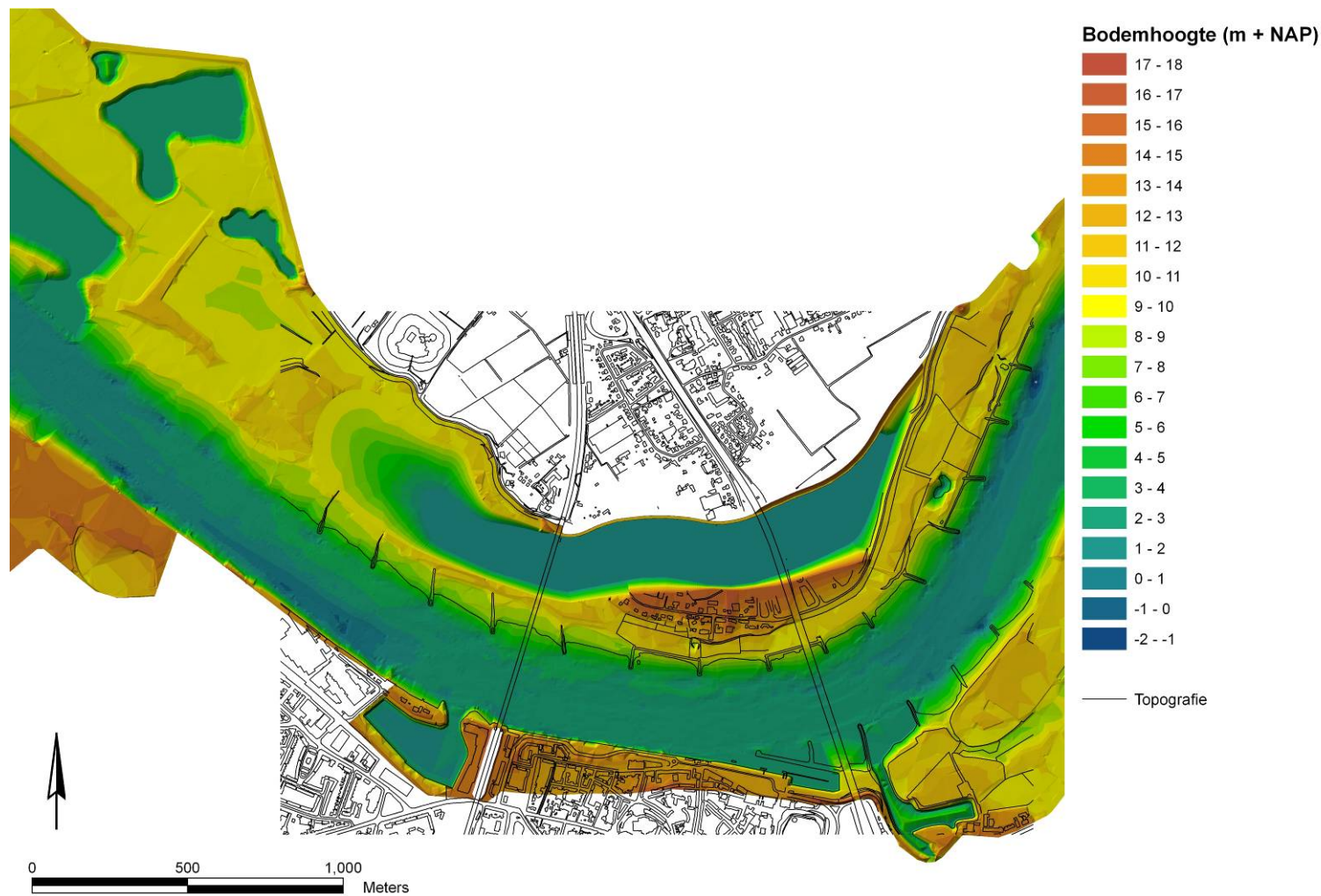
Aan de bovenstroomse zijde van de instroomopening is de bestaande ondiepe plas vergroot tot een eenzijdig aangetakte ondiepe geul/plas (NAP+7-8 m). Hiermee wordt de instroomopening een drempel met aan weerszijde een talud en water.

De instroomopening is door het behoud van de kolk van Wijck minder breed dan in het Ontwerp op Hoofdlijnen. De kolk wordt afgeschermd van de geul door middel van een talud tot NAP+12m met begroeiing.

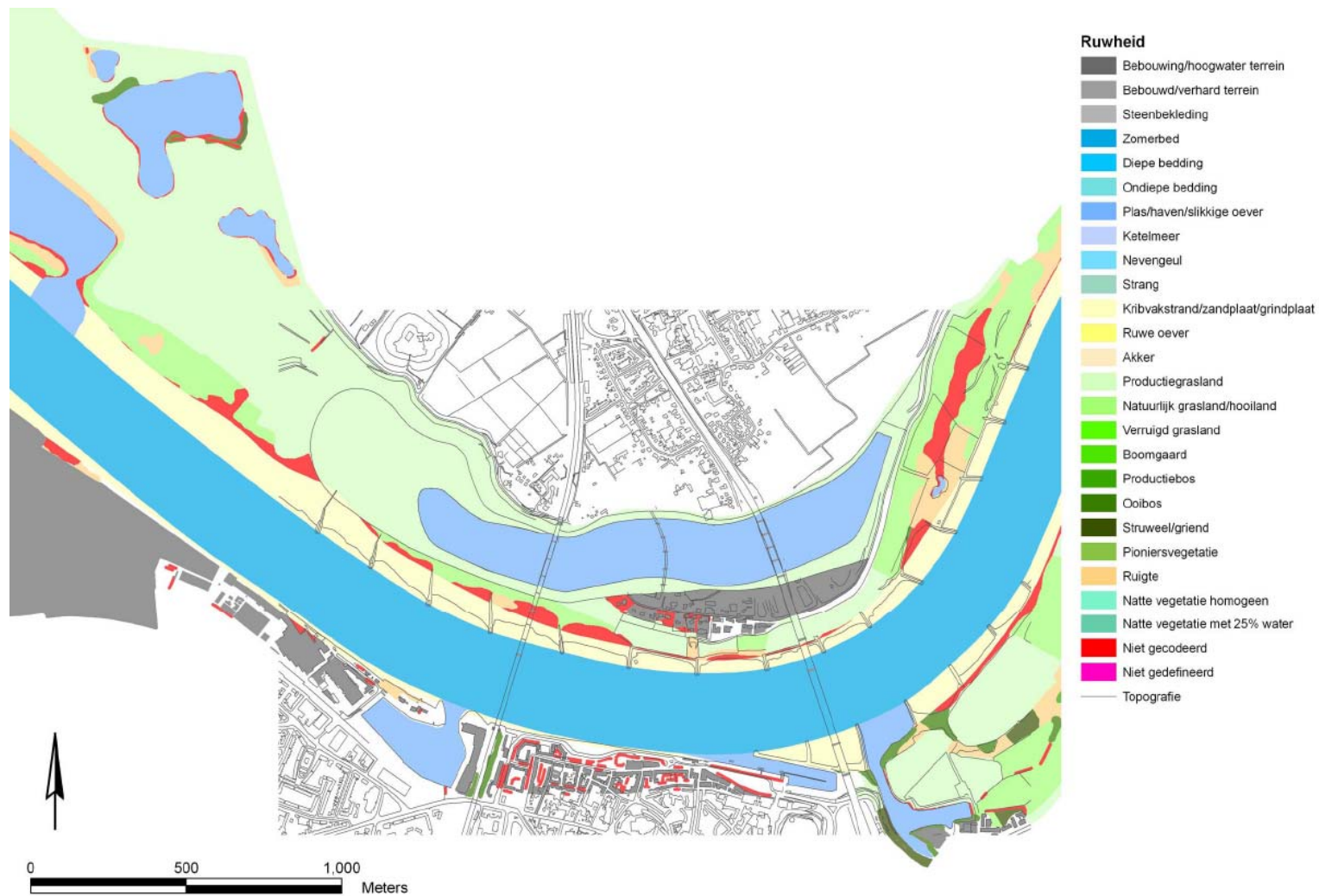
Bovenstrooms van de Waalbrug reiken de verticale damwanden langs de geul tot NAP+7,5 m. Deze blijven gedurende het overgrote deel van het jaar uit het zicht. Vanaf NAP+7,5 m loopt de dijk met een helling op van 1:3 naar NAP+16,0 m. Tussen de Waalbrug en de spoorbrug loopt de kade vanaf de geul op tot NAP+12,0 m. Hier is een promenade met variabele breedte. De promenade wordt begrensd door een kade tot NAP+16,0 m.

Om rondom de geul het energieverlies door steile hellingen (> 1:7) in rekening te brengen is een rekenkundige overlaat toegevoegd in de schematisatie.

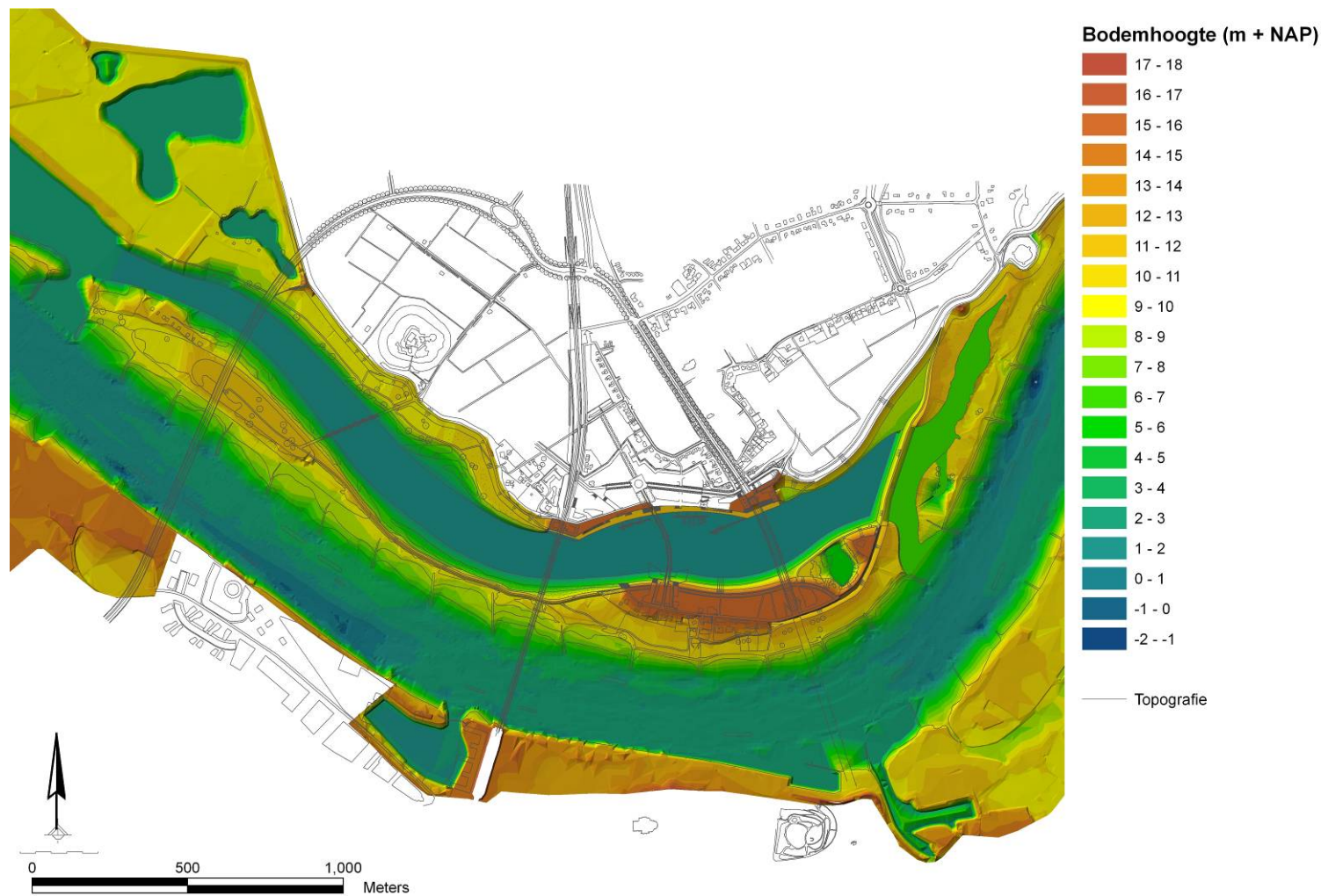
Figuur 7 toont de verschillende vegetatietypen binnen het projectgebied. De geul is geschematiseerd als een eenzijdig aangetakte nevengeul. Rondom de geul ligt een combinatie van verruigd, natuurlijk- en productiegrasland en lokale ruigte. Rondom de kolk is struweel aanwezig. De pijlers van de 4 bruggen zijn in de schematisatie meegenomen vanwege de stroombelemmerende werking. De pijlers worden door Baseline in de ruwheid verdisconteerd.



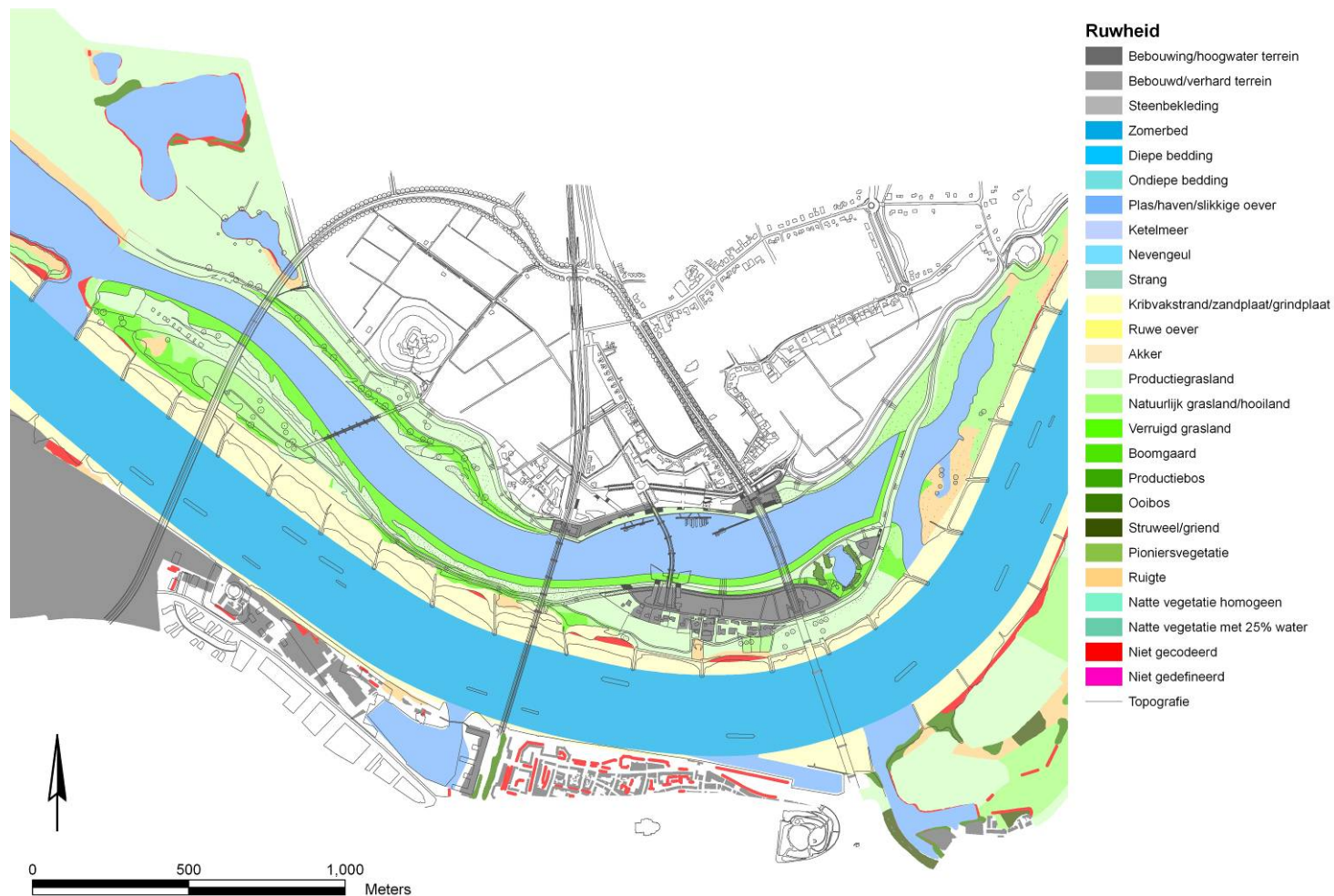
Figuur 4: Bodemhoogtes (m+NAP) Ontwerp op Hoofdlijnen



Figuur 5: Vegetatietypen Ontwerp op Hoofdlijnen



Figuur 6: Bodemhoogtes (m+NAP) Ruimtelijk Plan



Figuur 7: Vegetatietypen Ruimtelijk Plan

3 RIVIERKUNDIGE EFFECTEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de rivierkundige berekeningen gepresenteerd. De resultaten tonen de effecten van het Ontwerp op Hoofdlijnen en het Ruimtelijk Plan op de waterstand, afvoerverdeling en stroomsnelheid.

3.1 Ontwerp op Hoofdlijnen

3.1.1 Waterstanden Ontwerp op Hoofdlijnen

Het Ontwerp op Hoofdlijnen resulteert in een verlaging van de waterstand van 28,9 cm op kmr 881,9 bij een afvoer van 16.000 m³/s te Lobith. Deze verlaging is 1,9 cm groter dan de vereiste 27,0 cm uit de taakstelling van de PKB Ruimte voor de Rivier. Het ontwerp op Hoofdlijnen voldoet hiermee aan deze doelstelling.

Benedenstrooms stroomt het water vanuit de geul terug het zomerbed in, hetgeen leidt tot een opstuwing van 8,7 cm op de as van de rivier bij kmr 885,2. In Figuur 8 is de verandering van de waterstand in de as van de rivier weergegeven. Figuur 9 toont de verandering van de waterstand over het projectgebied.

Aan de bandijk is de locale maximale opstuwing 13,5 cm. Hiermee is de benedenstroomse opstuwing zeer significant. De geul loopt vanaf kmr 884,9 tot kmr 885,5 geleidelijk op van NAP+2,0 m naar NAP+10 m. De breedte van het winterbed is echter nog vrij beperkt over dit traject.

Het door de geul stromende water stuwt over deze kleine afstand op dit smalle traject weer terug het zomerbed in, waardoor significante opstuwing ontstaat in de as van de rivier.

De effecten van het ontwerp op hoofdlijnen op de waterstand staan samengevat in Tabel 1.

Tabel 1: Waterstandseffect Ontwerp op Hoofdlijnen bij MHW

	effect	Locatie
Maximale opstuwing in de as	+8,7 cm	kmr 885,2
Maximale opstuwing langs de bandijk	+13,5 cm	kmr 885,4
Maximale waterstandsverlaging in de as	- 28,9 cm	kmr 881,9

3.1.2 Afvoerverdeling Ontwerp op Hoofdlijnen

De instroomhoogte van de geul ligt op circa NAP +10,5 m. Dit betekent dat de geul begint mee te stromen bij een afvoerniveau van circa 5.000 m³/s bij Lobith. Dit afvoerniveau wordt 10-15 dagen per jaar overschreden.

Figuur 10 toont de verdeling van de afvoer over het winter- en zomerbed en toont het debiet door de hoogwatergeul. Totaal stroomt er ca. 3.350 m³/s water door de hoogwatergeul bij een afvoer van 16.000 m³/s te Lobith. Dit betekent dat ca. 33% van de Waalafvoer (10.165 m³/s) door de nevengeul stroomt.

Figuur 10 toont dat op de plaats waar de geul eindigt de stroomlijnen in de uiterwaard sterk divergeren. Dit betekent dat op deze locatie de stroom enigszins wordt geblokkeerd. Hierdoor wordt het water richting de bandijk gestuwd.

Dit veroorzaakt de hoge mate van opstuwung in de as van de rivier en langs de bandijk.

Deze wijziging in afvoerverdeling tussen zomerbed en winterbed zal leiden tot morfologische effecten. Voor de bepaling van de morfologische effecten moet in een vervolgetraject een morfologisch model worden ingezet.

3.1.3 Stroomsnelheden Ontwerp op Hoofdlijnen

Figuur 11 toont de optredende stroomsnelheden in het projectgebied. In de geul variëren de stroomsnelheden tussen de 1,0 tot 1,5 m/s. De hoogste stroomsnelheden (ca 1,5 tot 2,0 m/s) treden bij de instroomopening van de geul. Mogelijk zijn de stroomsnelheden lokaal in werkelijkheid nog groter. Door de gridgrootte van 40 m worden de snelheden op de drempel waarschijnlijk uitgemiddeld binnen een cel en daarmee onderschat.

Ook nabij het landhoofd van de spoorbrug zijn de stroomsnelheden hoog, ca 1,75 m/s. Door de ligging van het landhoofd neemt het doorstroomprofiel van de geul af en neemt benedenstrooms van het landhoofd de stroomsnelheid toe.

De hoge stroomsnelheden bij het uiteinde van de geul zijn het gevolg van het relatief kleine doorstroomprofiel. Stroomlijnen vanuit de geul en het zomerbed komen hier bij elkaar.

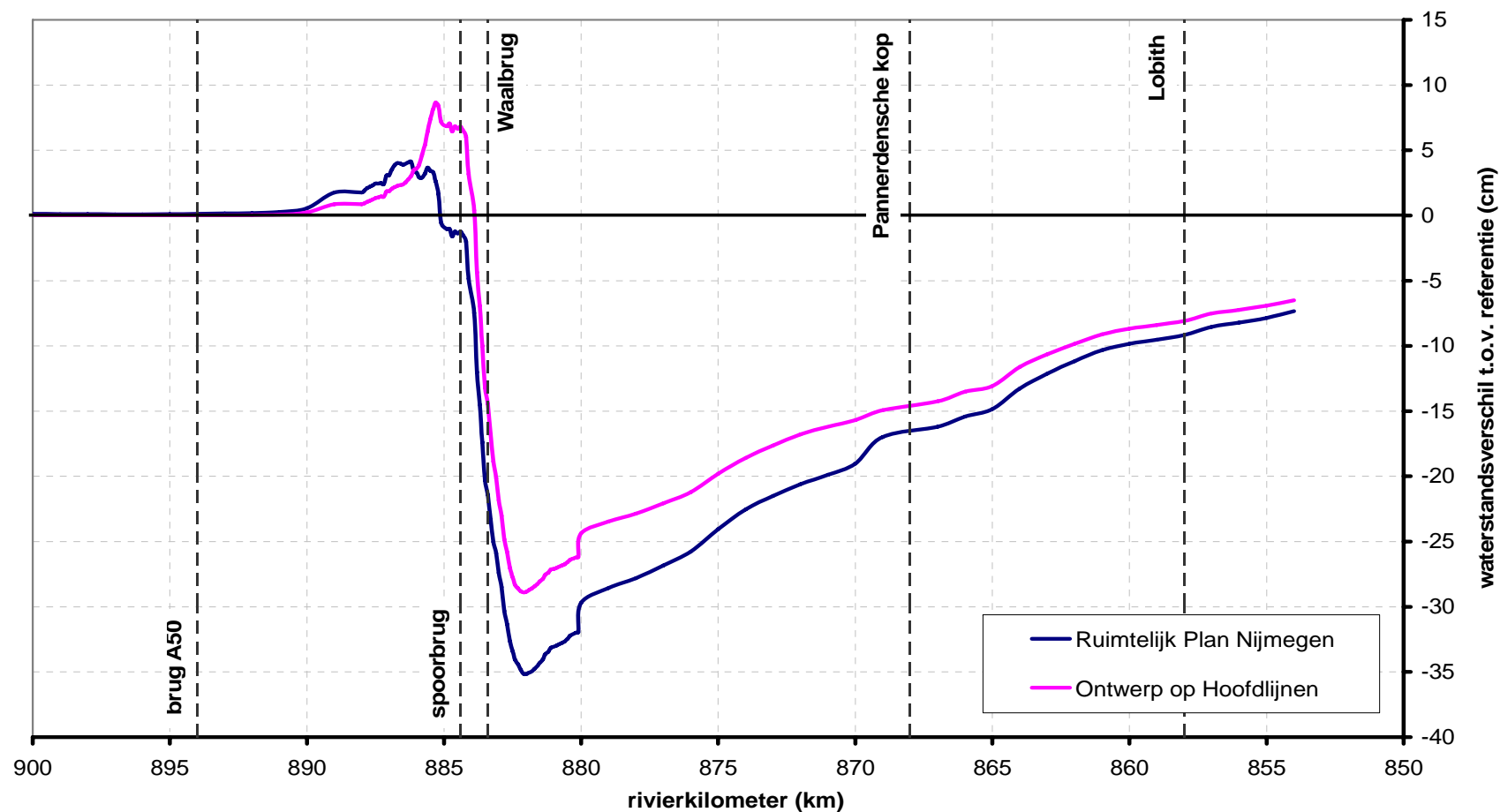
3.1.4 Optimalisatiemogelijkheden Ontwerp op Hoofdlijnen

De plekken met de hoge stroomsnelheden zijn indicatoren voor mogelijke knelpunten in het ontwerp.

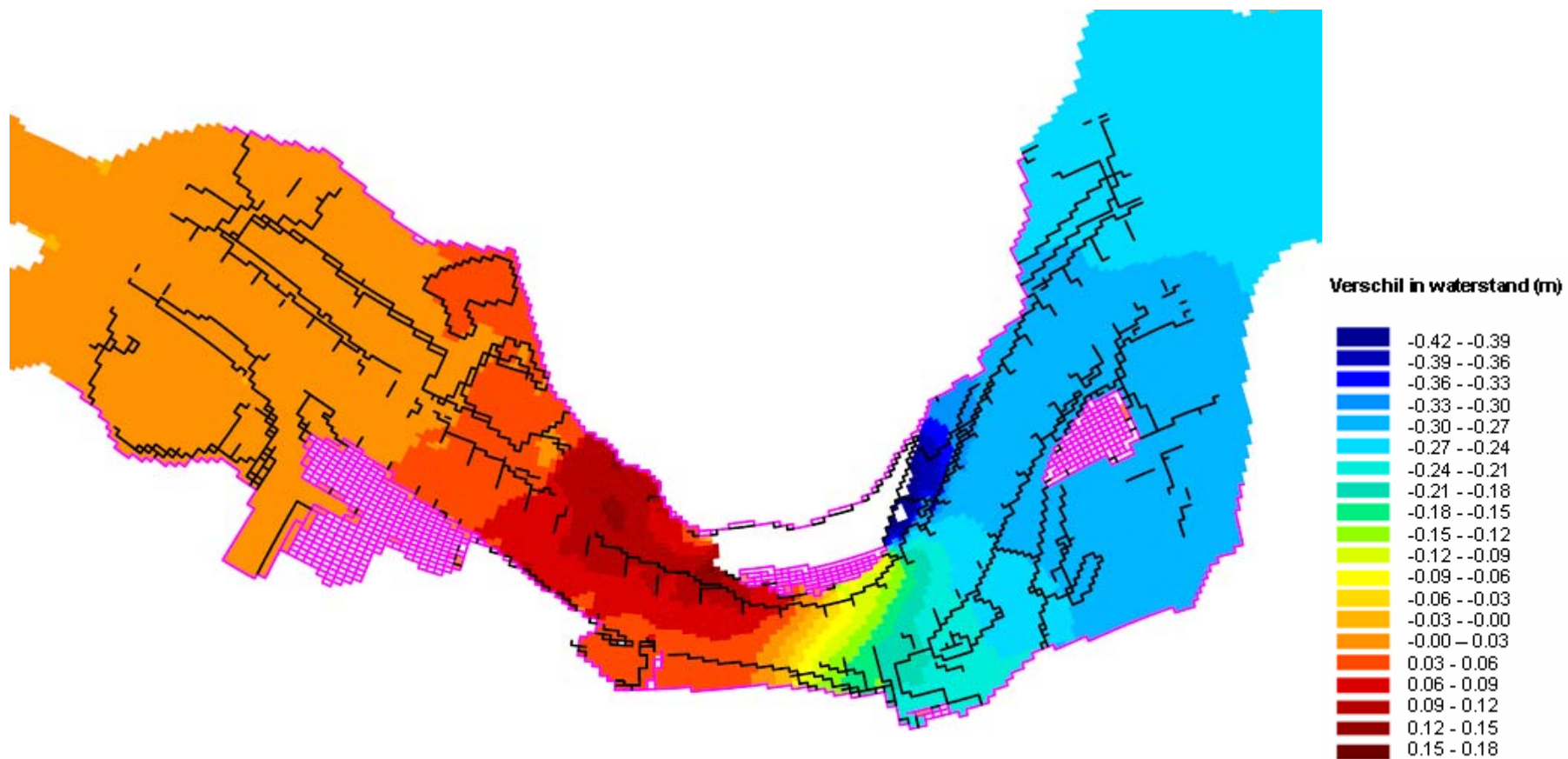
De volgende aanpassingen in het ontwerp zouden het ontwerp robuuster en duurzamer kunnen maken en de benedenstroomse opstuwung kunnen reduceren:

- a. verlengen van de geul zodat water over een grotere lengte terug kan stromen naar het zomerbed. Daarnaast eindigt de geul dan in een breder gebied van de uiterwaard, zodat daar minder opstuwung zal zijn;
- b. verlengen van het eiland in benedenstroomse richting door middel van een talud. Dit talud moet de stroming tussen zomer- en winterbed langer van elkaar gescheiden houden. Hierdoor neemt de afvoer door het benedenstroomse deel van de geul niet verder toe en wordt de opstuwung mogelijk gereduceerd;
- c. maatregelen die ervoor zorgen dat de stroomsnelheden langs de bandijk laag blijven bij het uiteinde van de geul. Door de divergerende werking van het uiteinde van de geul wordt de waterstroom sterk tegen de bandijk gedrukt. Door of het ontwerp van de geul aan te passen of ruigere vegetatie langs de bandijk aan te brengen worden de stroomsnelheden gereduceerd;
- d. verlagen drempelhoogte en een deel van de bovenstrooms gelegen uiterwaard waardoor naar verhouding meer water door de hoogwatergeul zal stromen.

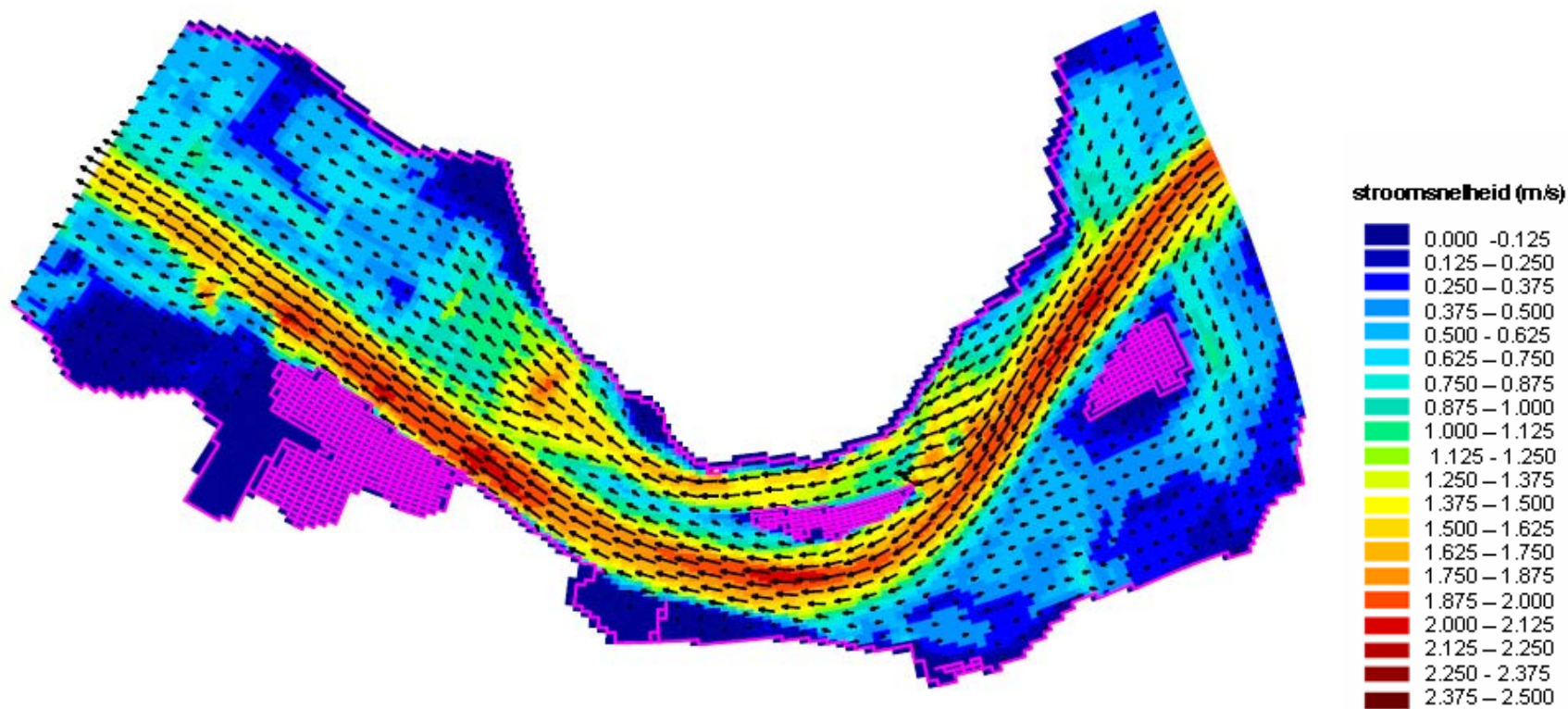
De principes a. b. en c. hebben wij in meer of mindere mate toegepast bij de opzet van het Ruimtelijk Plan.



Figuur 8: Verschil in waterstand (cm) in de rivieras bij een afvoer van $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ tussen het Ruimtelijk Plan en de huidige situatie (blauw) en het Ontwerp op Hoofdlijnen en de huidige situatie (paars)



Figuur 9: Verschil in waterstand in het projectgebied door uitvoering van het Ontwerp op Hoofdlijnen bij een afvoer van 16.000 m³/s



Figuur 11: stroomsnelheden en stroomrichting in het projectgebied door uitvoering van het Ontwerp op Hoofdlijnen bij een afvoer van 16.000 m³/s

3.2 Ruimtelijk Plan

3.2.1 Waterstanden Ruimtelijk Plan

Het Ruimtelijk Plan zorgt voor een maximale waterstandsverlaging in de as van de rivier van 35,2 cm bij kmr 881,9 bij een afvoer van 16.000 m³/s te Lobith. Deze verlaging is 8,2 cm groter dan de vereiste 27,0 cm uit de taakstelling van de PKB Ruimte voor de Rivier. Het Ruimtelijk Plan voldoet hiermee ruimschoots aan deze doelstelling. Benedenstrooms van de ingreep stroomt het water geleidelijk vanuit de geul terug het zomerbed in. Dit leidt altijd tot een lokale waterstandsverhoging. Deze verhoging is bij het Ruimtelijk Plan maximaal 4,1 cm bij kmr 886,2 en is relatief laag omdat het water over een traject van meer dan een kilometer (kmr 885,1 – 886,2) naar het zomerbed terug kan stromen. In Figuur 8 is de verandering van de waterstand in de as van de rivier weergegeven. De figuur toont dat het plan zorgt voor een MHW-verlaging van 9 cm bij Lobith. Figuur 12 toont de verandering van de waterstand over het projectgebied.

De maximale opstuwing aan de bandijk is 5,6 cm. Doordat de geul langer doorloopt stroomt het water langer door de geul en geleidelijker terug het zomerbed in. Dit voorkomt dat meer dan 3.000 m³/s over een klein en smal traject wordt teruggedrongen naar het zomerbed. Hierbij wordt de stroming minder in de richting van de bandijk opgestuwd.

De effecten van het Ruimtelijk Plan op de waterstand staan samengevat in Tabel 2.

Tabel 2: Waterstandseffect Ruimtelijk Plan bij MHW

	effect	Locatie
Opstuwing in de as	+4,1 cm	kmr 886,1
Opstuwing langs de bandijk	+5,6 cm	kmr 886,4
Waterstandsverlaging in de as	-35,2 cm	kmr 881,9

3.2.2 Afvoerverdeling Ruimtelijk Plan

De instroomhoogte van de geul ligt op circa NAP +10,5 m, dezelfde hoogte als in het Ontwerp op Hoofdlijnen. Dit betekent dat de geul begint mee te stromen bij een afvoerniveau van circa 5.000 m³/s bij Lobith. Dit afvoerniveau wordt circa 10-15 dagen per jaar overschreden.

Bij een afvoer van 16.000 m³/s stroomt er 2/3 (10.165 m³/s) door de Waal. De uitvoering van het Ruimtelijk Plan wijzigt de stroomsituatie in de bocht bij Nijmegen. Van de 10.165 m³/s die over de Waal gaat zal er ca. 3.150 m³/s (31%) over de instroomopening de geul instromen. Bij het Ontwerp op Hoofdlijnen stroomt er 3.350 m³/s (33%) door de geul. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat in het Ruimtelijk Plan de breedte van de instroomopening iets smaller is dan in het Ontwerp op Hoofdlijnen. Ondanks het licht kleinere volume (200 m³/s) dat in het Ruimtelijk Plan door de geul stroomt, is het waterstandseffect van het Ruimtelijk Plan groter doordat benedenstrooms van de spoorbrug het doorstroomprofiel toeneemt ten opzichte van het Ontwerp op Hoofdlijnen.

Figuur 13 toont de verdeling van de stroming over het zomer- en winterbed. Belangrijk is dat de stroomlijnen door het winterbed over een lange afstand gescheiden blijven van de stroomlijnen door het zomerbed. Dit duidt erop dat water geleidelijk vanuit de geul terugstroomt. Doordat de geul aan de Oosterhoutse Plassen is aangetakt, blijft er ca 3.000 m³/s door het winterbed stromen tot voorbij de Oosterhoutse Plassen.

De wijziging van de afvoerverdeling over het zomer- en winterbed zal leiden tot morfologische gevolgen. Voor de bepaling van de morfologische effecten moet in een vervolgotraject een morfologisch model worden ingezet.

3.2.3 Stroomsnelheden Ruimtelijk Plan

Figuur 14 toont dat de optredende stroomsnelheden in het projectgebied. In de geul tussen de spoorbrug en de Waalbrug variëren de stroomsnelheden tussen de 1,5 tot 1,75 m/s. Hiermee zijn de stroomsnelheden hoger dan over hetzelfde stuk in het Ontwerp op Hoofdlijnen. Dit komt doordat de breedte van de geul in het Ruimtelijk Plan smaller is dan in het Ontwerp op Hoofdlijnen, door het behoud van de kolk en de minder steile oevers langs het eiland.

De hoogste stroomsnelheden (ca 1.75 tot 2,25 m/s) treden op nabij het landhoofd van de spoorbrug. Door de ligging van het landhoofd neemt het doorstroomprofiel van de geul ter plaatse af en neemt benedenstrooms van het landhoofd de stroomsnelheid toe. In het benedenstroomse gedeelte van de geul, vanaf de spoorbrug, neemt de stroomsnelheid geleidelijk af naarmate de breedte van het winterbed toeneemt.

Ook nabij het opgehoogde gedeelte (eiland op NAP+12,0 m) in de uiterwaard neemt de stroomsnelheid niet toe. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het eiland geen kritische belemmering voor de doorstroming betekent. Door het behoud van de kolk is de breedte van de instroomopening gereduceerd ten opzichte van het Ontwerp op Hoofdlijnen. In de kolk ontstaat een neer. De stroomsnelheid van deze neer is echter gering, waardoor de neer geen noemenswaardig belemmerend effect zal hebben op de doorstroming in de geul.

Het meenemen van de plas bovenstrooms van de instroomopening heeft een licht positief effect op de aanstroming naar de geul. Dit effect is echter moeilijk te kwantificeren door de kleinschaligheid van de ingreep in vergelijking met de totale ingreep van de dijkteruglegging. Mogelijk kan de plas wel leiden tot een verhoging van de stroomaanval op de drempel bij een lagere afvoer. De drempel kan hierop worden ontworpen.

3.2.4 Ontsluiting tweede eiland

Voor de ontsluiting van het tweede eiland zijn twee alternatieven, een pontonbrug of een vaste brug op pijlers. Geen van beide alternatieven is meegenomen in de voorliggende rivierkundige beoordeling.

Een pontonbrug of baileybrug drijft op het water, dit maakt de constructie gevoelig voor hoge stroomsnelheden en drijvend vuil. De stroomsnelheden in de geul bij het tweede eiland zijn ca 1.5 - 1.75 m/s bij een MHW conditie.

Deze hoge snelheden stellen hogere eisen aan de constructie. Een pontonbrug is daarnaast gevoelig voor drijvend vuil. Bij MHW stroomt er veel drijfvuil door de rivier. Dit zal zich kunnen verzamelen tegen de pontonbrug waardoor de doorstroming belemmerd wordt en de constructie hoge zijwaartse krachten krijgt te verduren.

Het voordeel van een vaste brug ten opzichte van een pontonbrug is de betere gegarandeerde doorstroming door de verminderde gevoeligheid voor drijfvuil.

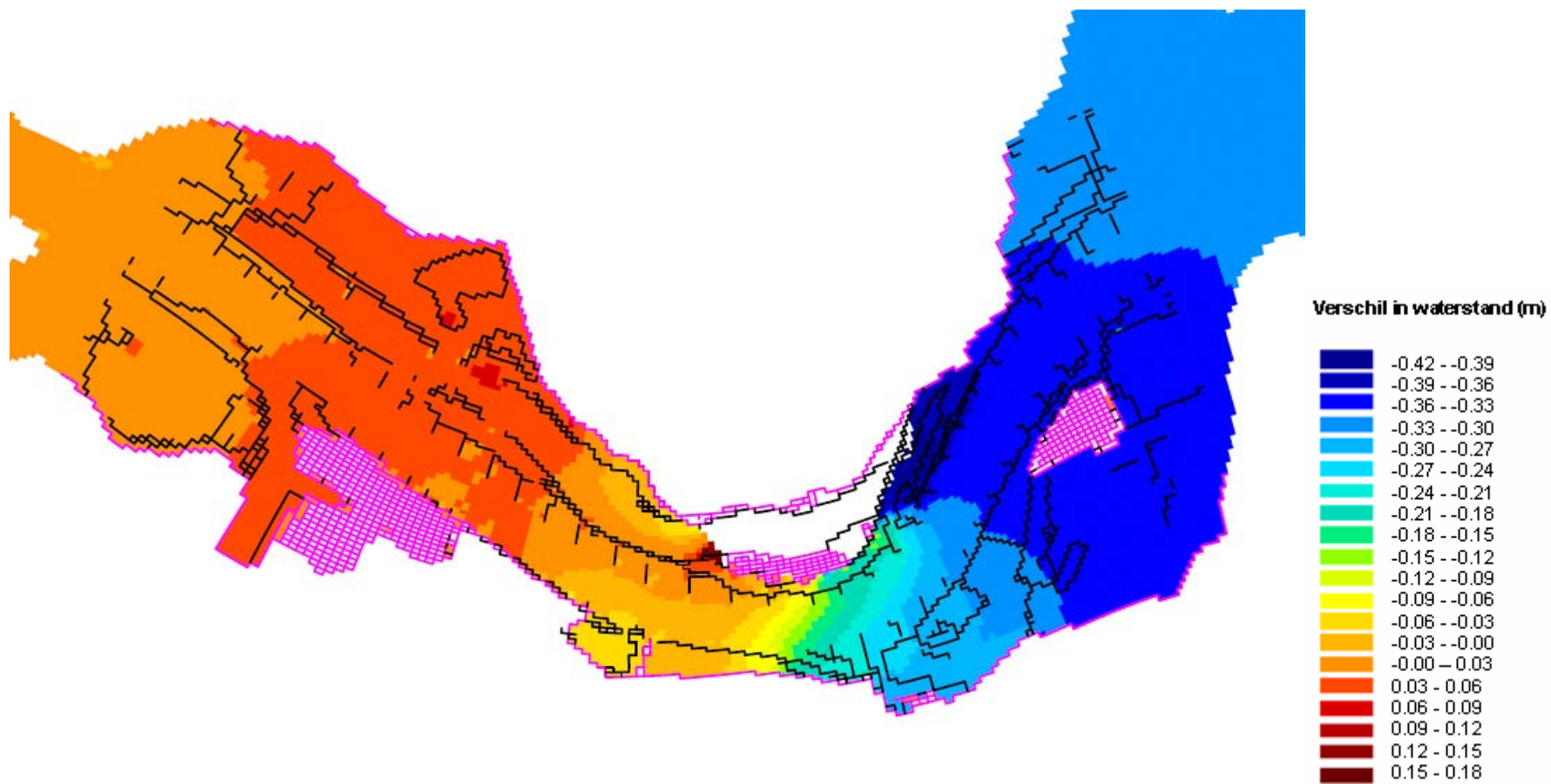
Te zijner tijd zal het brugelement in een rivierkundige berekening moeten worden opgenomen. De verwachting is echter dat het brugelement geen significante nadelige effecten zal hebben op de maximale waterstandverlaging.

3.2.5 Verdere optimalisatie Ruimtelijk Plan

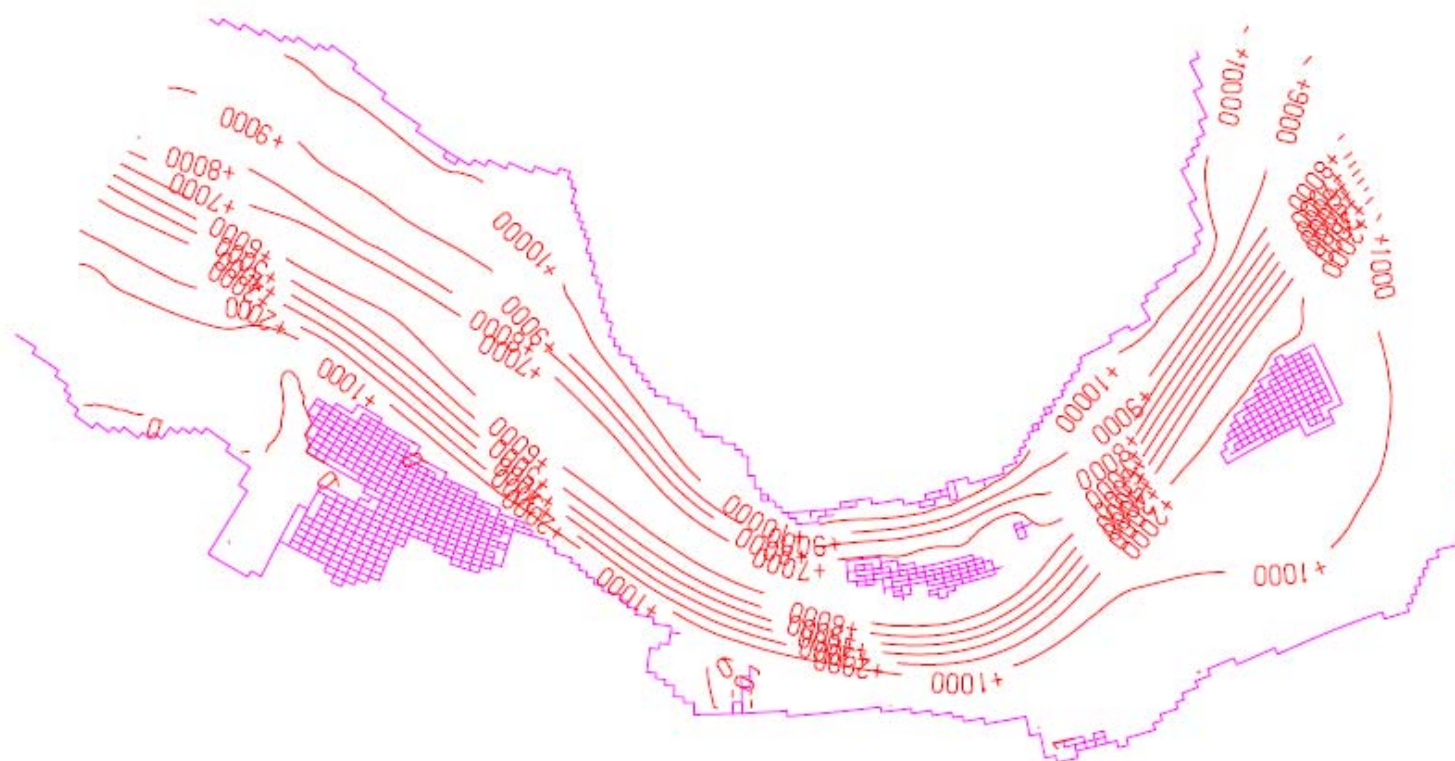
De volgende aanpassingen in het ontwerp zouden het Ruimtelijk Plan nog robuuster kunnen maken:

- verlagen drempelhoogte waardoor het aandeel van de hoogwatergeul zal verhogen. De drempelhoogte is net als in het Ontwerp op Hoofdlijnen de kraan waarmee de hoogwatergeul verder open gezet kan worden.
- verhogen van het pad tussen het eiland en de verhoging van NAP+12m in de uiterwaard. Dit pad ligt in het Ruimtelijk Plan ook op NAP+12m. Een verdere verhoging van dit pad kan de stroming tussen zomer- en winterbed langer van elkaar gescheiden houden.

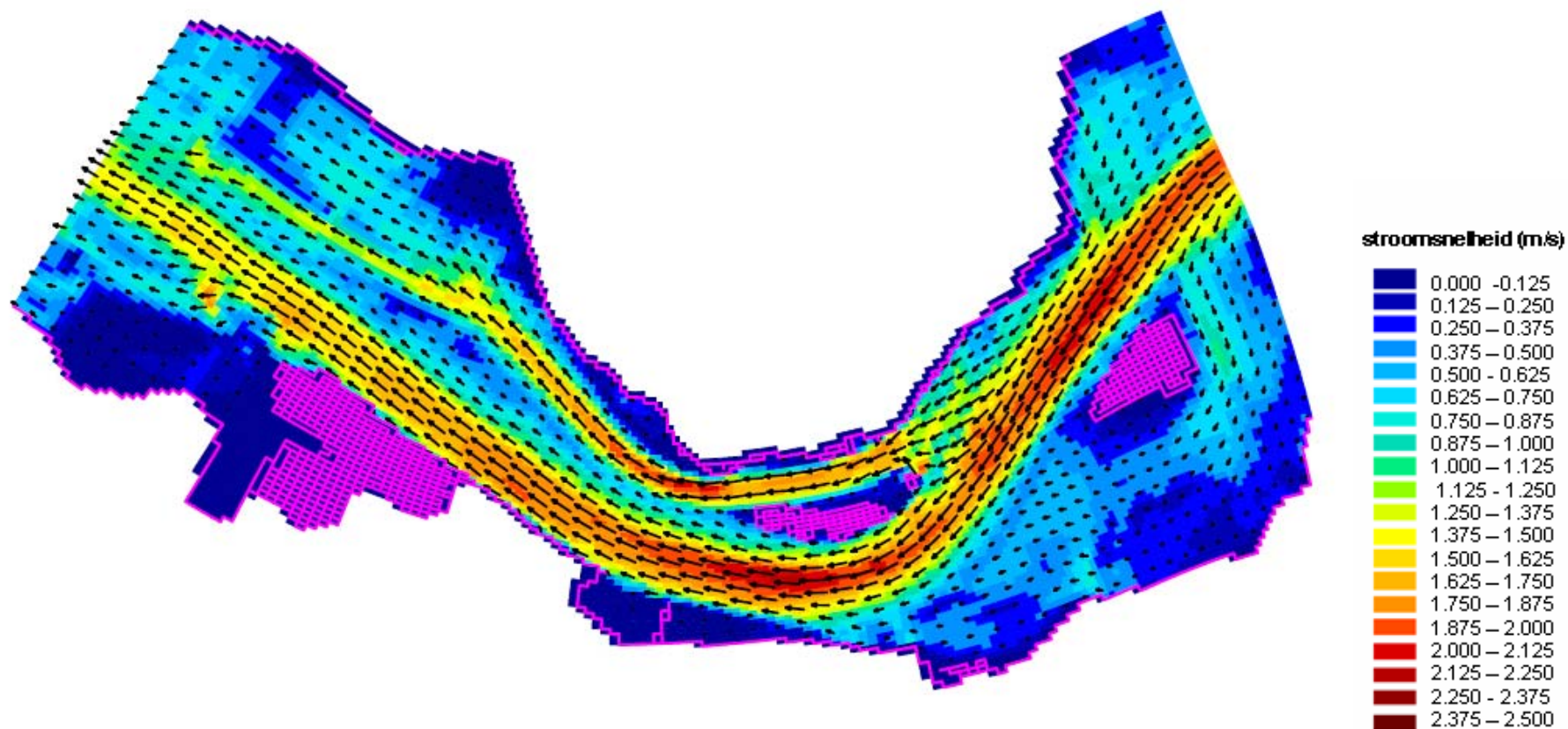
- Nu stroomt er juist benedenstrooms van het eiland water vanuit het zomerbed de geul in, wat ongunstig is voor de doorstroming in de geul;
- het aanpassen van de vorm van de eilandkop. De vorm kan verder worden geoptimaliseerd zodat deze beter in de stroomrichting snijdt en er meer water de nevengeul in wordt geleid. Door het verbreden van de instroomopening zal meer water de geul in kan stromen.



Figuur 12: Vershil in waterstand in het projectgebied door uitvoering van het Ruimtelijk Plan bij een afvoer van 16.000 m³/s



Figuur 13: Afvoerlijnen (m^3/s) in het projectgebied door uitvoering van het Ontwerp op Hoofdlijnen bij een afvoer van $16.000 m^3/s$



Figuur 14: Stroomsnelheden en stroomrichting in het projectgebied door uitvoering van het Ontwerp op Hoofdlijnen bij een afvoer van 16.000 m³/s

4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

4.1 Conclusies

Het Ontwerp op Hoofdlijnen en het Ruimtelijk Plan zijn hydraulisch beoordeeld met behulp van het rivierkundig rekenmodel WAQUA. De schematisatie van beide ontwerpen zijn aangemaakt met behulp van de GIS-applicatie Baseline volgens de geldende eisen en richtlijnen van Rijkswaterstaat.

Uit de rivierkundige toetsing van het Ontwerp op Hoofdlijnen kan worden geconcludeerd dat:

- het ontwerp leidt tot een verlaging van de waterstand van 28,9 cm in de as van de rivier op kmr 881,9. Hiermee voldoet het ontwerp aan de taakstelling uit de PKB Ruimte voor de Rivier;
- benedenstrooms van de ingreep het ontwerp tot een opstuwung van 8,9 cm in de as van de rivier leidt. Bij de bandijk is de maximale opstuwung 13,5 cm;
- er ca 3.350 (33%) door de hoogwatergeul stroomt bij een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith;
- de optredende stroomsnelheden in de geul variëren tussen de 1,0 tot 1,5 m/s;
- de stroomsnelheden het hoogst zijn nabij de instroomopening en benedenstrooms van het landhoofd van de spoorbrug, ca 1,5 tot 2,0 m/s;
- het belangrijkste knelpunt in het Ontwerp op Hoofdlijnen de hoge mate van opstuwung benedenstrooms is.

Dit kan gereduceerd worden door (1) de geul te verlengen, (2) het eiland in benedenstroomse richting te verlengen d.m.v. een talud en (3) maatregelen te nemen tegen de divergerende stroomrichtingen aan het uiteinde van de geul.

- Extra waterstandswinst kan tenslotte worden gehaald door de instroomopening verder te verlagen.

Uit de rivierkundige toetsing van het Ruimtelijk plan kan worden geconcludeerd dat:

- het plan leidt tot een verlaging van de waterstand van 35,2 cm in de as van de rivier op kmr 881,9. Hiermee voldoet het ontwerp ruimschoots aan de taakstelling uit de PKB Ruimte voor de Rivier;
- benedenstrooms van de ingreep het ontwerp leidt tot een opstuwung van 4,1 cm in de as van de rivier. Bij de bandijk is de maximale opstuwung 5,6 cm;
- er ca 3.150 (31%) door de hoogwatergeul stroomt bij een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith;
- de optredende stroomsnelheden in de geul variëren tussen de 1,5 tot 1,75 m/s;
- de stroomsnelheden het hoogst zijn nabij het landhoofd van de spoorbrug, ca 1,75 tot 2,25 m/s.

Vergelijking van het Ontwerp op Hoofdlijnen met het Ruimtelijk Plan leidt tot het inzicht dat:

- het maximale waterstandsverlagende effect bij het Ruimtelijk plan aanzienlijk groter is dan bij het Ontwerp op Hoofdlijnen: 35,2 cm t.o.v. 28,9 cm;
- de benedenstroomse opstuwung nabij de banddijk bij het Ruimtelijk plan veel kleiner is dan bij het Ontwerp op Hoofdlijnen: 5,6 cm t.o.v. 13,5 cm;

- de benedenstroomse opstuwing in de rivieras bij het Ruimtelijk plan kleiner is dan bij het Ontwerp op Hoofdlijnen: 4,1 cm t.o.v. 8,9 cm;
- de maximale stroomsnelheden in de geul bij het Ruimtelijk Plan 0,25 m/s hoger zijn dan bij het Ontwerp op Hoofdlijnen;
- beide plannen de mogelijkheid bieden ook in de toekomst nog maatregelen in de Lentse uiterwaard te nemen. Ook een mogelijke uiterwaardverlaging in de Oosterhoutse Waarden valt te combineren met beide maatregelen.

4.2 Aanbevelingen

Voor vervolgonderzoek worden een aantal aanbevelingen gedaan.

De robuustheid van beide ontwerpen is een punt van aandacht. Een modelsimulatie bij bijvoorbeeld 18.000 m³/s kan eenvoudig inzicht geven in het gedrag van beide oplossingen bij een afvoer van 18.000 m³/s. Een dergelijke studie kan direct gestart worden.

De wijziging van de afvoerverdeling over het zomer- en winterbed zal leiden tot morfologische gevolgen. Deze morfologische effecten zullen in een vervolgfase met een morfologisch model moeten worden bepaald.

Verder moet in overweging genomen worden dat op dit moment is gerekend met het geldende rekengrid. Dit rekengrid is echter nog vrij grof (maaswijdte tot 40 meter). Door toepassing van gridverfijning kan de stroming door de geul en met name bij de in- en uitstroomopening in hoger detail worden gemodelleerd. Door gridverfijning kan ook de nieuwe locatie van de bandijk exacter worden geschematiseerd.

Verder:

Een opmerking is nog dat door het grote waterstandseffect van de dijkteruglegging de afvoerverdeling bij het splitsingspunten zal wijzigen. Deze verdeling is nu als vast aangenomen in de beoordeling. De wijziging in de afvoerverdeling kan niet los van de andere Ruimte voor de Rivier projecten worden gezien.

5 LITERATUUR

- Baseline Dataprotocol, Baseline 3.31, werkversie, RIZA, document PR843.30, oktober 2005;
- Voorlopig Rivierkundig beoordelingskader voor ingrepen in de Rijntakken, 10 april 2006;
- Baseline maatregelen, Eisen en Richtlijnen, Rijkswaterstaat, 6 juli 2007;
- Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden, RIZA rapport 2003.029.