

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

Aan: Rijkswaterstaat Oost-Nederland
Van: Marcel van den Berg, Wiebe de Jong
Datum: 23 mei 2019
Kopie: Philip de Ruiter
Ons kenmerk: BF1645WATNT1905240728
Classificatie: Projectgerelateerd

**Onderwerp: Aanvulling op de rivierkundige beoordeling van de Overnachtingshaven Spijk
tbv ontwerp compenserende maatregelen voor opstuwing (verflauwde kribben)**

1. Inleiding

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is voornemens een overnachtingshaven te realiseren in de Boven-Rijn nabij Spijk. Hiermee wordt het aantal ligplaatsen voor grotere schepen vergroot. Royal HaskoningDHV werkt momenteel aan de contractvoorbereiding en bijbehorende planontwerp. Doel van het planontwerp is om te komen tot een vergunbaar ontwerp inclusief eventuele compenserende maatregelen, waarin de rivierkundige effecten zijn geminimaliseerd.

In het ProjectMER in 2015 [1] zijn door Witteveen+Bos verschillende varianten voor deze overnachtingshaven uitgewerkt en afgewezen. De voorkeursvariant, het planontwerp, zoals vastgelegd in het Provinciaal Inpassingsplan (PIP) heeft een nadelig rivierkundig effect:

- een maximale opstuwing in de rivieras van 6 mm, welke groter is dan de maximaal toelaatbare opstuwing van 1 mm.

In het PIP is aangegeven dat voor dit effect compenserende maatregelen zullen worden getroffen. De minister van IenM heeft hiertoe Rijkswaterstaat de opdracht gegeven de opstuwing op de as van de rivier te compenseren. In deze memo wordt invulling gegeven aan deze opgave door de uitwerking van het rivierkundig ontwerp van deze compenserende maatregelen.

In 2017 zijn reeds door Witteveen+Bos [2] mogelijke varianten onderzocht voor compensatie opgave. Verflauwing van een vijftal kribben benedenstrooms van de haven is hieruit als voorkeursoptie naar voren gekomen. Deze optie wordt daarom verder getoetst en uitgewerkt.

Door Witteveen+Bos is bij het opstellen van het planontwerp voor het PIP in 2015 getoetst aan het rivierkundig beoordelingskader versie 3.0. Ondertussen is het rivierkundig beoordelingskader versie 4.0 vigerend. De belangrijkste verschillen (beknopt) tussen deze twee versies zijn:

- Het beoordelingsaspect ijsafvoer is toegevoegd in RBK 4.0, in RBK 3.0 ontbreekt dit criterium. Het criterium betreft een het waarborgen van een goede geleiding van water en ijs.
- De methode waarmee de aanzanding berekend en beoordeeld moet worden is voor RBK 3.0 anders dan in versie 4.0.

In deze notitie is het definitief ontwerp van de overnachtingshaven inclusief de compensatiemaatregel rivierkundig beoordeeld. Uitgangspunt is zijn de aspecten en bijbehorende normen uit het Rivierkundig Beoordelingskader 4.0. Deze beoordeling is deels kwalitatief en deels kwantitatief uitgevoerd. In de beoordeling wordt gerefereerd aan de uitgevoerde beoordeling van Witteveen+Bos [1][2]. Doel van de

notitie is het inzichtelijk maken van de rivierkundige effecten van het definitief ontwerp van de overnachtingshaven inclusief de compensatiemaatregel.

2. Werkwijze

De werkwijze om de rivierkundige beoordeling voor het definitief ontwerp inclusief compensatie (kenmerk: 'DOC1') uit te voeren bestaat uit de volgende stappen:

- a) het opbouwen van de geactualiseerde referentie schematisatie;
- b) het bepalen van de compensatie opgave;
- c) het opbouwen van de varianten met het definitief ontwerp inclusief compensatie;
- d) beoordeling maximale opstuwing in de rivieras (kwantitatief);
- e) beoordeling overige rivierkundige effecten (kwalitatief).

a. Opbouw geactualiseerde referentie

Ten tijde van het ProjectMER en het rivierkundig onderzoek t.b.v. het PIP is gebruik gemaakt van het referentiemodel Baseline-rijn-beno14_5-v2. Hierbij is ook gebruik gemaakt van een verfijnd rekenrooster (factor 3 verfijnd). RWS-ON heeft verzocht om de beoordeling van het Definitief ontwerp inclusief compensatiemaatregel uit te voeren door gebruik te maken van het vigerende Baseline model.

Het vigerende referentiemodel (kenmerk: 'REF1') is opgebouwd vanuit de referentieschematisatie baseline-rijn-beno15_5-v2. Hierin is de maatregel 'br_ohsref_a1' opgenomen om de as built-situatie voor Stroomlijn in het projectgebied van de overnachtingshaven te actualiseren.

Deze referentiesituatie is vervolgens verder geactualiseerd op 2 punten (dit model krijgt kenmerk: 'REF2').

- Het eerste punt betreft een vergunning van een hoogwatervrij terrein in de Beijenwaard dat vanwege het planontwerp inmiddels wordt onteigend (vergunning is ingetrokken). Deze vergunning is daarom uit het referentiemodel verwijderd. De bodemhoogte en ligging van de kade ter plaatse van het terrein blijven ongewijzigd in het model. Het verwijderen van het hoogwatervrije terrein is gebeurd door middel van maatregel 'ij_spk_v2_hwv'. De kade heeft een hoogte van ca. NAP+17 m en overstroomt bij afvoeren van ca. 12.000 m³/s (ca. 1/100 jaar afvoer)
- Het tweede punt betreft het gereed maken van het model voor de compensatiemaatregel; het verflauwen van 5 kribben. Om met verflauwde kribben te rekenen is het nodig om over te stappen op een andere rekenmethodiek (Villemonthe). Met deze rekenmethodiek wordt het energieverlies over o.a. kribben op een andere wijze berekend. Dit gebeurt op basis van een gedetailleerdere schematisering van de geometrie van de kribben, zo worden nu o.a. de boven- en benedenstroomse helling van de kribben meegenomen in de schematisatie. Het is daarom ook nodig om huidige geometrie van de kribben op te nemen in de referentiesituatie. Deze actualisatie voor de 5 te verflauwen kribben vindt plaats met maatregel 'br_spk_kr_h1'. De kribben krijgen hiermee een helling van 1:3 en een kruinbreedte van 2,5 meter.

Het ontwerp van de overnachtingshaven uit het PIP is aangeduid met kenmerk 'DO1'. Dit betreft het voorkeursalternatief. Dit ontwerp is geschematiseerd met de door Witteveen+Bos geschematiseerde maatregel van het definitief ontwerp (maatregel 'ij_spk_v2_14' en 'ij_spk_v2_16'). In deze maatregel is de compensatie middels de 5 kribben nog niet opgenomen.

Er is gerekend met WAQUA versie Simona 2017-02. In 2015 is door Witteveen+Bos met WAQUA versie Simona 2014-01 gerekend. Het wijzigen van deze versie zal een ander absolute berekende waterstand tot gevolg hebben. Anderzijds is het ook zo dat het Baseline referentie model ook gewijzigd is. Met

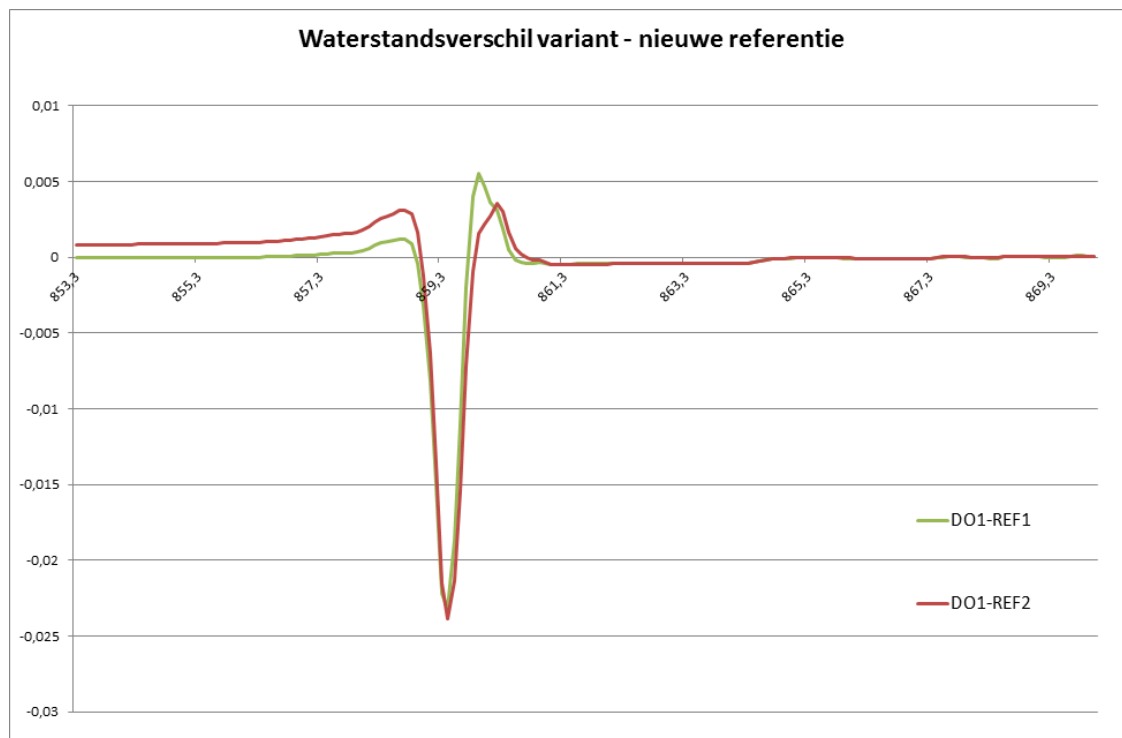
Simona versie 2017 en het vigerende baseline referentiemodel is gebruik gemaakt van de vigerende modellen. Dit is conform de richtlijnen van RWS.

b. Compensatie opgave

Omdat er in deze fase met het vigerende referentiemodel en een nadere actualisatie van het referentiemodel is gerekend wijzigen de rivierkundige effecten van het ontwerp. In het PIP is genoemd dat het ontwerp een opstuwing op de rivieras geeft van maximaal 6 mm op rkm 860 [1].

Met het vigerende referentiemodel is een maximale opstuwing in de rivieras van 5,5 mm berekend voor de haven (DO1-REF1), conform de voorkeursvariant van het PIP. Door het verder actualiseren van de referentie situatie neemt deze benedenstroomse opstuwingspiek af tot 3,6 mm (DO1-REF2), zie onderstaande Figuur 1. Dit betekent dat de te compenseren opgave (de benedenstroomse piek) iets afneemt. In bovenstroomse richting neemt de opstuwing echter wel toe.

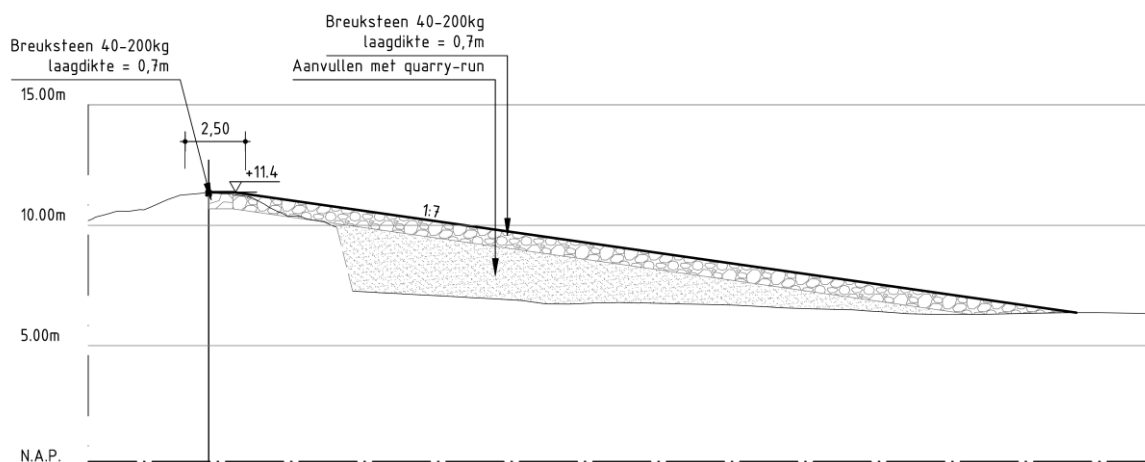
De compensatieopgave is het reduceren van de waterstandseffecten van het ontwerp tot een waterstandsneutraal ontwerp.



Figuur 1: Waterstandsverschil (m) definitief ontwerp (DO1) op de as van de rivier t.o.v. het vigerende referentiemodel (REF1) en het geactualiseerde vigerende referentiemodel (REF2)

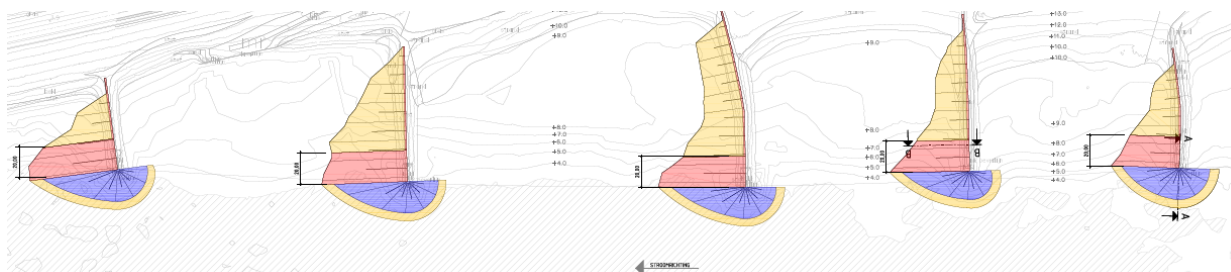
c. Opbouw variant met compensatie

De variant van het definitief ontwerp inclusief de compensatiemaatregel (kenmerk: 'DOC1') is opgebouwd vanuit het geactualiseerde vigerende referentie model (REF2). Hieraan is de maatregel van het definitief ontwerp ('ij_spk_v2_14' en 'ij_spk_v2_16') en de compensatiemaatregel ('br_spk_kr_a1') toegevoegd. De compensatiemaatregel bestaat uit het verflauwen van 5 kribben. Deze kribben liggen benedenstrooms van de projectlocatie, benedenstrooms van het bedrijventerrein Wezendonk, het betreft kribben tussen kmr 860,7 en 861,5. De maatregel bestaat uit het aanbrengen van losse breuksteen aan de benedenstroomse zijde van de krib tot een helling van 1:7. Onderstaande afbeelding geeft hiervan een indruk.



Figuur 2: Schets van benedenstroomse talud van de verflauwde krib

Omdat bekend is dat de rekenmethodiek (Villemonte) in WAQUA de effectiviteit van het verflauwen van kribben enigszins overschat, is in overleg met Rijkswaterstaat gekozen voor een aangepaste wijze van schematiseren van de verflauwde kribben. Een lengte van 30 meter van de kribben (vanaf de kribkop) is niet verflauwd in de schematisatie, zie het rode deel van de kribben in onderstaande Figuur 3. Bij de kop van de kribben treedt in werkelijkheid een stromingswervel op waardoor de Villemonte formulering niet geheel geldig is voor dit deel van de kribben. De rest van het kriblichaam tot aan de wortel wordt in de schematisatie verflauwd. Op deze wijze wordt er een getrouwer effect van de kribverflauwing bepaald met WAQUA.



Figuur 3: Boveenaanzicht schematiseringswijze verflauwde kribben. Het rode deel (over lengte van 30 m) wordt niet verflauwd in de modelschematisatie in WAQUA (fysiek in het veld gebeurt dit straks wel).

Tabel 1 geeft een samenvattend overzicht van de gebruikte uitgangspunten.

Tabel 1: Overzicht gebruikte uitgangspunten

	Uitgangspunten / versies
Baseline versie	5.3.3
ArcGIS versie	10.3
WAQUA/Simona versie	Simona2017-02
Rooster	rijn20m_nrlk_5-v6.rgf
WAQUA deelmodel	waqua-rijn-beno15_5_20m_nrlk-v2
BASELINE referentieschematisatie	baseline-rijn-beno15_5-v2, inclusief de hierboven beschreven actualisatie maatregelen (REF1 en REF2)

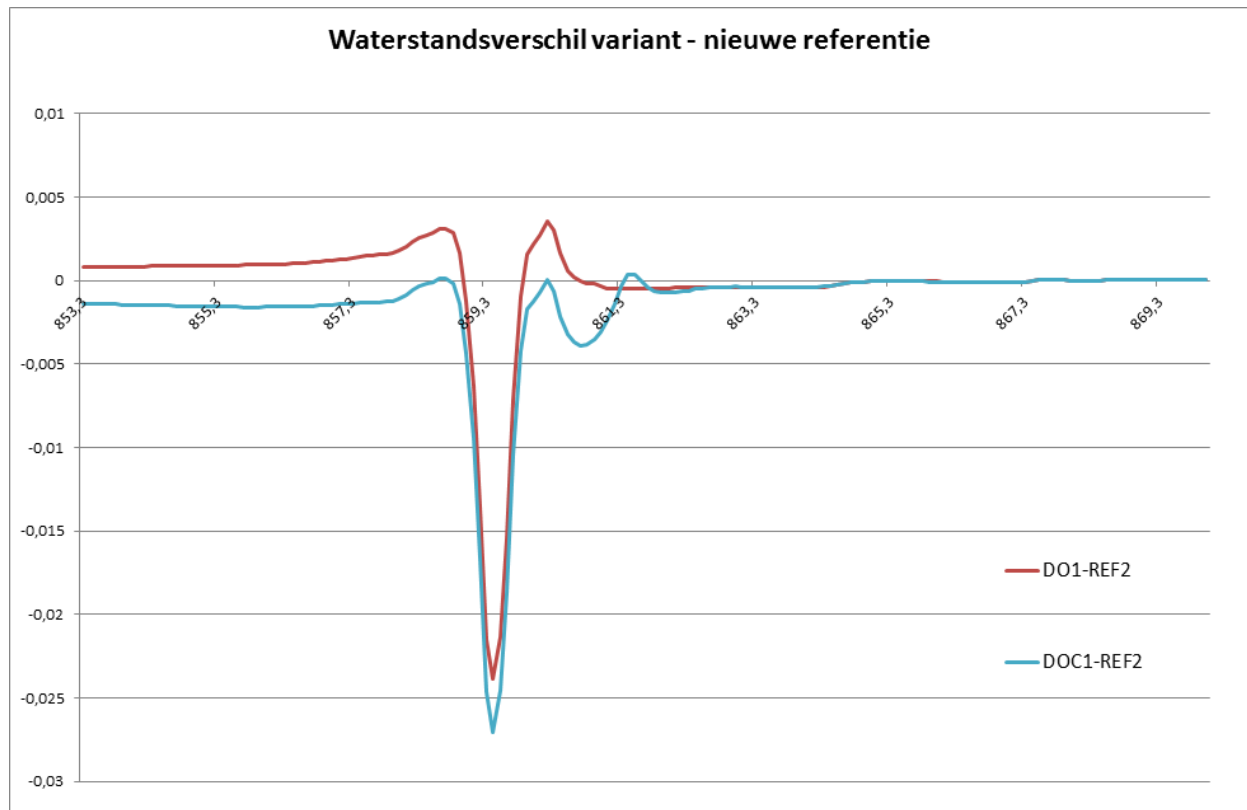
Uitgangspunten / versies	
Gebruikte randvoorwaarden	conform bijgeleverde siminps en uitleveringsmail van 2-5-2018
Afvoer MHW	16.000 m ³ /s bij Emmerich
Villemonde	<p>In het WAQUA-overlatenbestand zijn de betreffende overlaten aangegeven met een 'V' aan het einde van de betreffende regel.</p> <p>Voor de verflauwde kribben is gerekend met:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taludhelling van 1:7 benedenstroomse zijde. • Taludhelling van 1:3 aan bovenstroomse zijde. • Kribverflauwing in model enkel aangepast voor deel van kribwortel tot 30 m vanaf de kop. De 30 m vanaf de kop is in model niet verflauwd. • Hoogte en breedte van kruin kriblijf ongewijzigd. • Ruwheid van krib is ongewijzigd.

3. Rivierkundige beoordeling van het definitief ontwerp inclusief compensatie

De beoordeling van het definitief ontwerp inclusief compensatie is uitgevoerd op basis van de aspecten en bijbehorende normen uit het rivierkundig beoordelingskader 4.0. Deze beoordeling is deels kwalitatief en deels kwantitatief uitgevoerd.

3.1 Beoordeling opstuwing in de as van de rivier

Door de compenserende maatregel van de 5 verflauwde kribben wordt de waterstand ter plekke van de benedenstroomse opstuwingspiek verlaagd. De waterstand blijft onder de nullijn ter plaatse van de originele benedenstroomse opstuwingspiek van de haven, zie onderstaande Figuur 3. Er is een kleine opstuwingspiek zichtbaar als gevolg van de verflauwing van de kribben. Deze is minder dan 1 mm (0,7 mm). Ook de opstuwing bovenstrooms van de haven wordt gecompenseerd. In bovenstroomse richting wordt een kleine daling berekend van 1 mm. Dit betekent dat het ontwerp inclusief compensatie nu waterstandsneutraal is. Daarmee is het ontwerp inclusief compensatie vergunbaar wat betreft het aspect opstuwing op de as van de rivier bij MHW.



Figuur 2: Waterstandsverschil (m) op de as van de rivier van het definitief ontwerp (DO1) en het definitief ontwerp inclusief compensatie (DOC1) ten opzichte van het geactualiseerde vigerende referentiemodel.

3.3 Overige rivierkundige aspecten

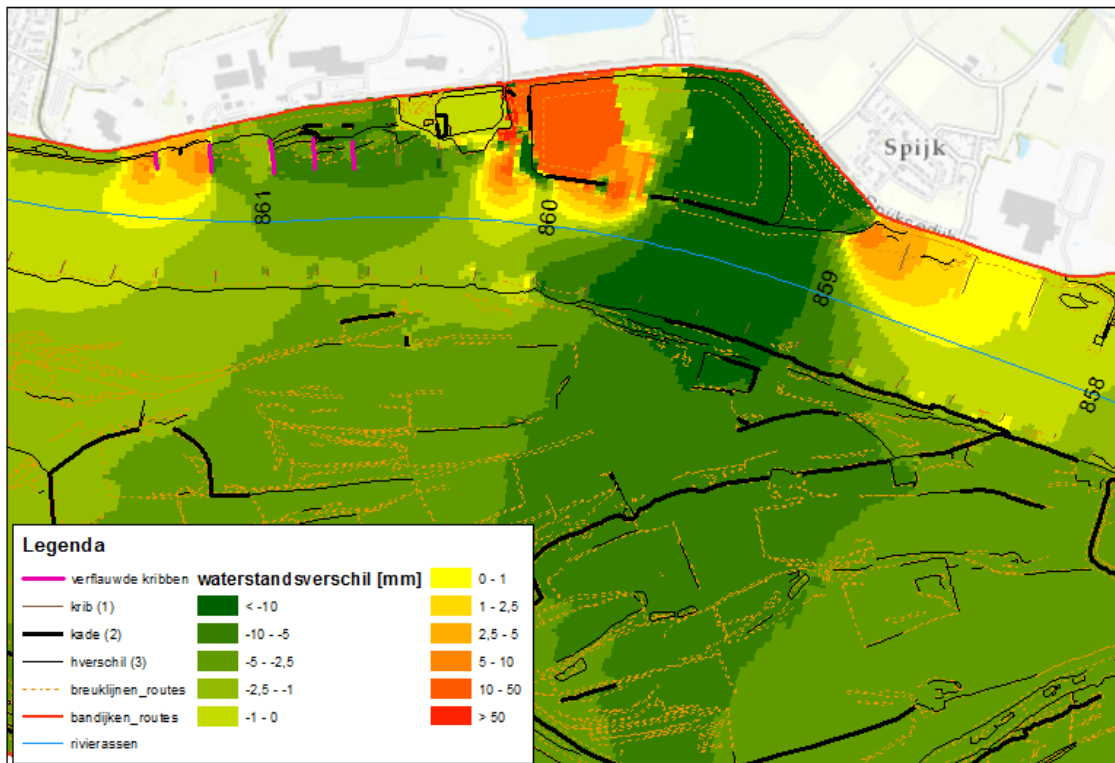
De effecten van het Definitief Ontwerp van de kribverflauwing als mitigerende maatregel voor de opstuwung ten gevolge van de aanleg van de Overnachtingshaven Spijk op de aspecten uit het rivierkundig beoordelingskader zijn in onderstaande tabel 3 toegelicht. Hierbij zijn de effecten bepaald, die voortvloeien uit de maatregel kribverflauwing. De effecten van de Overnachtingshaven Spijk zelf zijn immers al in het PIP beschouwd. Hierbij wordt steeds de vergelijking gemaakt met de uitgangssituatie dat de Overnachtingshaven Spijk is gerealiseerd zonder kribverflauwing als compenserende maatregel.

Tabel 3: Samenvatting rivierkundige effecten aanleg OH Spijk

	Te beoordelen aspect	Beoordelingscriteria	Beoordeling
HYDRAULIS CUL	MHW in de as van de rivier	Waterstandverhoging op de as van de rivier bij een Boven-Rijn afvoer van bij 16.000 m ³ /s < 1mm.	Voldoet , zie paragraaf 3.1. De waterstandseffecten van de haven inclusief 5 verflauwde kribben is waterstandsneutraal. De gerapporteerde benedenstroomse opstuwingspiek van 6 mm in het PIP is te niet gedaan door de compensatiemaatregel.

	MHW buiten de as van de rivier	Geen waterstandverhoging > 1 mm langs de primaire kering of hoge grondenlijn bij een Boven-Rijn afvoer van 16.000 m ³ /s.	Voldoet. De waterstandsverhoging langs de primaire kering is maximaal 14 mm op kmr 859,8 en 860,0, zie Figuur 6. Hiermee neemt de opstuwing licht af ten opzichte van het reeds geaccepteerde effect (geaccepteerd in 2015 was: 24 mm opstuwing langs de bandijk tussen kmr 859,8 en 860,0) dat de Overnachtingshaven Spijk had zonder de compenserende maatregel kribverflauwing. De in het PIP gerapporteerde opstuwing van 24 mm langs de bandijk zijn eerder geaccepteerd door de beheerder van de waterkering, Waterschap Rijn & IJssel.. RHDHV heeft het nieuw berekende (lagere) effect nogmaals aan het Waterschap Rijn en IJssel (Leonard Post) voorgelegd in het derde KES-gesprek. Hierin door het waterschap nogmaals bevestigd dat dit vanuit hun belang geen issue was en nog steeds niet is.
	Afvoerverdeling bij MHW (bij Pannerdensch Kop en IJsselkop)	Verandering afvoerverdeling bij de splitsingspunten dient kleiner te zijn dan 5 m ³ /s bij Boven-Rijn afvoer van 16.000 m ³ /s	Voldoet. De maatregel ligt bovenstrooms van de Pannerdensch Kop. De afvoerverdeling bij de Pannerdensch Kop wijzigt dus niet. Dat geldt ook voor de IJsselkop. De effecten uit het PIP wijzigen niet, de compensatiemaatregel kribverflauwing heeft geen additioneel effect op de afvoerverdeling.
	Afvoerverdeling bij normaal hoogwater (bij Pannerdensch Kop en IJsselkop)	Verandering afvoerverdeling bij de splitsingspunten dient kleiner te zijn dan 20 m ³ /s bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m ³ /s	
	IJsafvoer	Een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven.	Voldoet. De compensatiemaatregel kribverflauwing heeft geen effect op de ijsafvoer. De hoogte en lengte van de kribben blijft gelijk, waarmee de oplegpunten in het zomerbed gelijk blijven.
HINDER OF SCHADE	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	De mate van verandering van de inundatiefrequentie van één of meerdere uiterwaarden.	Voldoet. De waterstanden in de uiterwaarden worden door de compenserende maatregel alleen lokaal (met name in het zomerbed) en zeer beperkt beïnvloedt (orde grootte een aantal millimeter). Dit heeft geen invloed op de inundatiefrequentie in de uiterwaard. Er is daarmee geen extra hinder of schade. De beoordeling blijft dus gelijk aan de eerdere beoordeling in het PIP. Er is toen geconcludeerd dat er geen extra hinder door wijziging in waterstanden en/of overstromingsfrequentie is door de haven.
	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.	Voldoet. Het stroombeeld in de uiterwaard wordt net zoals de waterstanden in de uiterwaard niet of nauwelijks beïnvloed door de compenserende maatregel. Er worden geen andere stroomsnelheden verwacht ter plaatse van het terrein Wezendonk die de bedrijfsvoering mogelijk hinderen of schade aan oevers geeft. De beoordeling van dit aspect blijft dus gelijk aan de eerdere beoordeling van het definitieve ontwerp in het PIP. Er is toen geconcludeerd dat de haven beperkte hinder tot gevolg heeft door neer in de haven bij afvoer 6.000 m ³ /s en meestromen zuidwesthoek haven. Deze hinder blijft dus beperkt tot de gebruikers van de haven.
	Stroombeeld in vaarweg	Dwarsstroming in vaarweg niet groter dan 0,15 m/s.	Voldoet. Het verflauwen van de kribben heeft geen invloed op het stroombeeld in de vaarweg. De stromingsrichting ter plaatse van de denkbeeldige kribbakenlijn zal hierdoor niet wijzigen. Een toename van de dwarsstroming in de vaarweg ontstaat voornamelijk op plaatsen waar hoogteverschillen worden gecreëerd loodrecht op de stroomrichting in de vaargeul. Omdat de kribben niet verlaagd worden is dit niet het geval. De beoordeling van dit aspect wijzigt niet ten opzichte van de eerdere beoordeling van het definitieve ontwerp in het PIP. In het PIP is de resulterende dwarsstroming geaccepteerd. Er is toen

			geconcludeerd dat dwarsstroming voldoet bij afvoeren t/m 6.000 m ³ /s daarboven niet meer. In het Definitief Ontwerp van de haven is toentertijd al een optimalisatie uitgevoerd met de hoogte van de dwarsdammen en langsdammen en de aanleg van een geleidende oever aan bovenstroomse zijde van de haven. Dit heeft de effecten op dwarsstroming toen afdoende gereduceerd. De rivierbeheerder heeft kunnen instemmen met de resulterende effecten op dwarsstroming van het PIP. De verflauwde kribben hebben geen impact op dwarsstroming, daarmee blijft dwarsstroming acceptabel.
	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.	Voldoet. De waterstanden in de uiterwaarden worden door de compenserende maatregel alleen lokaal (met name in het zomerbed) en zeer beperkt beïnvloed (orde grootte een aantal millimeter). Dit heeft geen invloed op de inundatiefrequentie in de uiterwaard. Er is daarmee geen extra hinder of schade. De beoordeling blijft dus gelijk aan de eerdere beoordeling in het PIP.
	Afvoerverdeling bij Pannerdensch Kop en IJsselkop bij een lage Boven-Rijn afvoer	Verandering afvoerverdeling mag niet groter zijn dan 1 m ³ /s bij Boven-Rijn afvoer van 1020 m ³ /s.	Er is toen geconcludeerd dat er geen extra hinder door wijziging in waterstanden en/of overstromingsfrequentie is door de haven.
MORFOLOGISCHE EFFECTEN	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers): 1. door ingrepen zomerbed 2. door ingrepen winterbed	<p>Bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geen verlaging zomerbed beneden de minimale bodemligging t.a.v. erosie en infrastructuur (o.a. kabels, leidingen en waterkeringen); <p>Bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geen vermindering van vaargeulafmetingen); - geen verhoging van de maatgevende waterstanden op lange termijn; <p>Generiek:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten; - behouden vlotheid en veiligheid scheepvaartverkeer; - geen onacceptabele sedimentatie of terugschrijdende erosie; 	<p>De compenserende maatregel van kribverflauwing heeft geen effect op de in het PIP gerapporteerde morfologische effect. De beoordeling blijft dus gelijk aan de beoordeling van het definitief ontwerp in het PIP. De aanvullende baggerinspanning als gevolg van het definitief ontwerp blijft dus bestaan.</p> <p>De oplossing ligt in het onderhouden van de vaarweg conform de afspraken die zijn gemaakt met de Duitse rivierbeheerder. Er is overeengekomen dat bodemdaling wordt tegengegaan en dat door ingrepen de beschikbare diepgang voor schepen bij laag water niet verminderd. Eventuele erosiekuilen kunnen worden tegengegaan door ter plaatse van erosiekuilen in het zomerbed grof materiaal terug te brengen, op gelijke wijze als nu wordt gedaan bij de zomerbedsuppleties.</p> <p>Wat betreft lokale aanzanding is met de Duitse rivierbeheerder een pragmatische benadering overeengekomen, waarbij de verantwoordelijkheid voor het baggerbezwaar op basis periodieke inpeilingen wordt verdeeld.</p> <p>Er bestaat dus reeds een overeenkomst tussen RWS en de Duitse rivierbeheerder om de bodemligging te handhaven met doel het handhaven van voldoende diepgang bij laag water (OLR) Over het toepassen van deze afspraken binnen het afwegingskader voor dit project dient een besluit te worden genomen door de HID.</p>
	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen: 1. sedimentatie winterbed 2. erosie winterbed	<p>Bij sedimentatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acceptabele beheerskosten voor baggeren nevengeulen; <p>Bij erosie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geen bodemerosie langs primaire waterkering; - stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard mag niet verminderen; 	Voldoet. Het stroombeeld in de uiterwaard en de mate van erosie en/of sedimentatie in de uiterwaard wijzigt niet of nauwelijks door de kribverflauwing. De beoordeling blijft dus gelijk aan de beoordeling van het definitief ontwerp in het PIP. Er is toen geconcludeerd dat het definitief ontwerp een beperkte aanslibbing in het havenbekken zelf tot gevolg heeft. Overige effecten in de uiterwaard zijn niet verwacht.



Figuur 6: Waterstandsverschil (2D) van het definitief ontwerp inclusief compensatie (DOC1) ten opzichte van de geactualiseerde vigerende referentie situatie (REF2). Maximale opstuwung in oranje vlak (ten oosten van terrein Wezendonk) is 14 mm (kmr 859,8 – 860,0)

4. Stroomsnelheden bij verschillende condities

In deze paragraaf is ingegaan op de stroomsnelheden langs de verflauwde kribben en langs de havendammen. De hoogste stroomsnelheden vinden plaats bij een maatgevend hoogwater, in dit geval 16.000 m³/s. Ook kunnen er kritische condities ontstaan op moment dat een krib of dam net gaat overstromen.

Nabij de verflauwde kribben is de stroomsnelheid bij 16.000 m³/s berekend in WAQUA ca. 1,4 -1,6 m/s. De hoogste snelheid ter plaatse van de verflauwde kribkop berekend in WAQUA is ca. 1,7 m/s. In de kribvakken is de snelheid ca. 0,8-1,1 m/s. In het zomerbed varieert de stroomsnelheid dan tussen de 2,1 en 1,9 m/s in de as van de rivier over het traject van de te verflauwen kribben.

Vanwege de wervelingen en stroomversnellingen ter plaatse van het overstroomde kriblijf en rondom de kop zullen de werkelijke stroomsnelheden groter zijn dan de diepte gemiddelde ongestoorde stroomsnelheden berekend door WAQUA. Het advies is om van hogere stroomsnelheden uit te gaan omdat er ook rekening gehouden moet worden met veiligheidsfactoren, turbulentiefactoren en belastingsfactoren. In lijn met de in 2015 afgeleide hydraulische randvoorwaarden voor het ontwerp van de verlaagde kribben op de Waal [3] adviseren we om van snelheden van 2 m/s op kriblijf en 2,5 m/s op kribkop rekening te houden.

Voor de havendammen geldt bij 16.000 m³/s een berekende stroomsnelheid in WAQUA van ca 1,4-1,5 m/s langs de langsdammen. Aan bovenstroomse zijde is dit ca. 1,0 m/s. Over de zijdammen is de stroomsnelheid ca 1,0 m/s (richting de dijk) tot 1,4 m/s (bij de hoek met de langsdam). Het advies is om

van hogere stroomsnelheden uit te gaan omdat er ook rekening gehouden moet worden met veiligheidsfactoren, turbulentiefactoren en belastingsfactoren. In lijn met de in 2015 afgeleide hydraulische randvoorwaarden voor het ontwerp van de langsdam bij Tiel [3] adviseren we om van snelheden van 2 m/s op de langszijde van de langsdammen uit te gaan.

Naast de stroomsnelheden vanuit stroming moet er ook rekening gehouden worden met belastingen vanuit schroefstralen, scheepsgolven en windgolven.

De met WAQUA berekende stroomsnelheden zijn in bijlage 1 weergegeven. De figuren tonen de stroomsnelheden bij 6.000, 10.000 en 16.000 m³/s te Lobith. Daarnaast is een figuur getoond met de stroomsnelheden bij 16.000 m³/s waarbij is ingezoomd naar het gebied rondom de verflauwde kribben en het gebied rondom de havendammen.

5. Conclusies

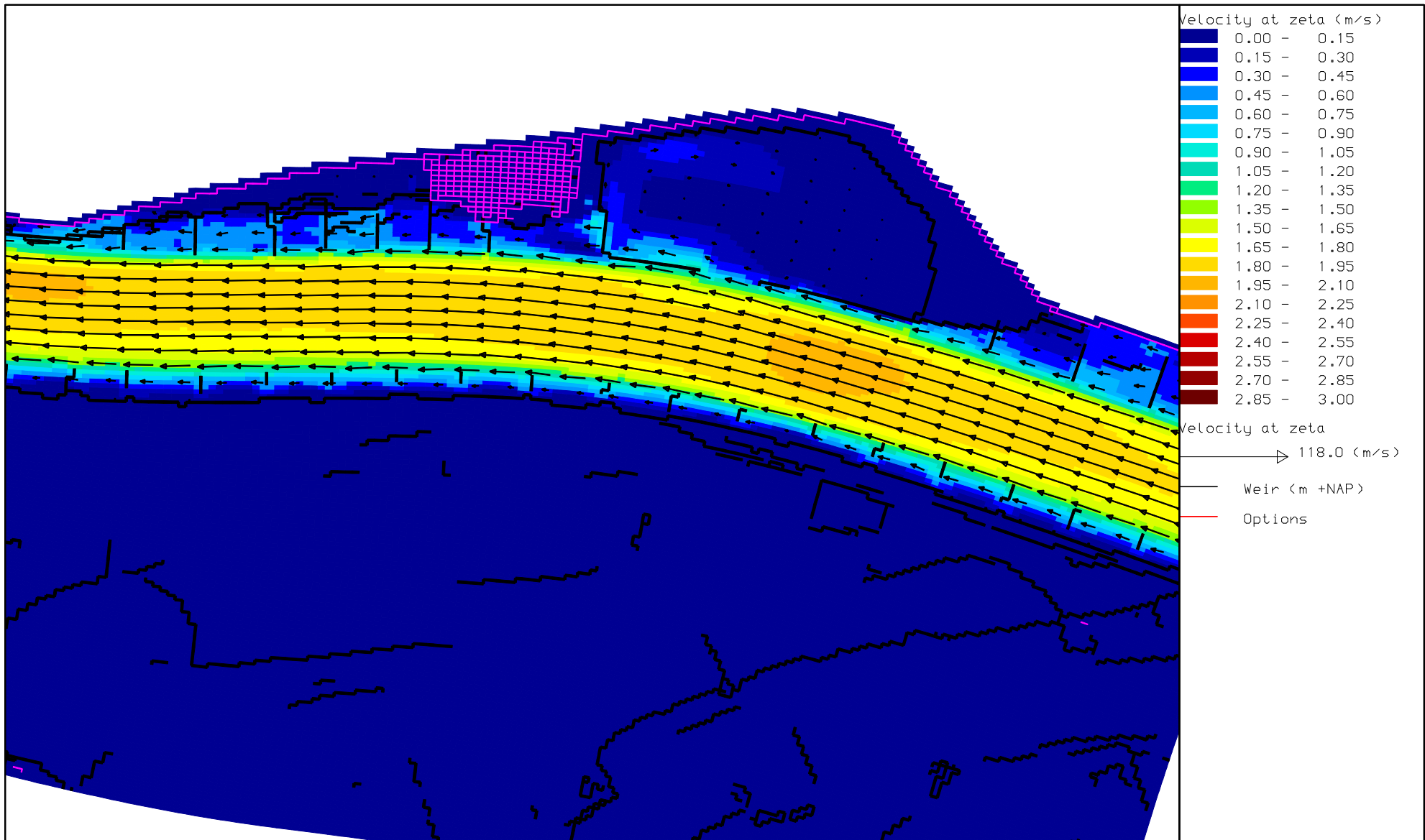
Met het verflauwen van 5 kribben benedenstrooms van het terrein de Wezendonk (tussen kmr 860,7 en 861,5) is het waterstandseffect van het definitief ontwerp van de overnachtingshaven Spijk inclusief deze compensatiemaatregel als waterstandsneutraal te beschouwen. De opstuwning op de as van de rivier neemt af tot onder de toegestane grens van 1 mm. De maximale opstuwning in de as van de rivier is 0,7 mm ter plaatse van de benedenstrooms gelegen verflauwde krib.

Op de overige rivierkundige aspecten heeft de kribverflauwing geen effect. De beoordeling van de rivierkundige effecten van de haven inclusief compensatie blijven gelijk aan de beoordeling van het definitief ontwerp zoals opgesteld in de ProjectMER [1] en opgenomen in het PIP.

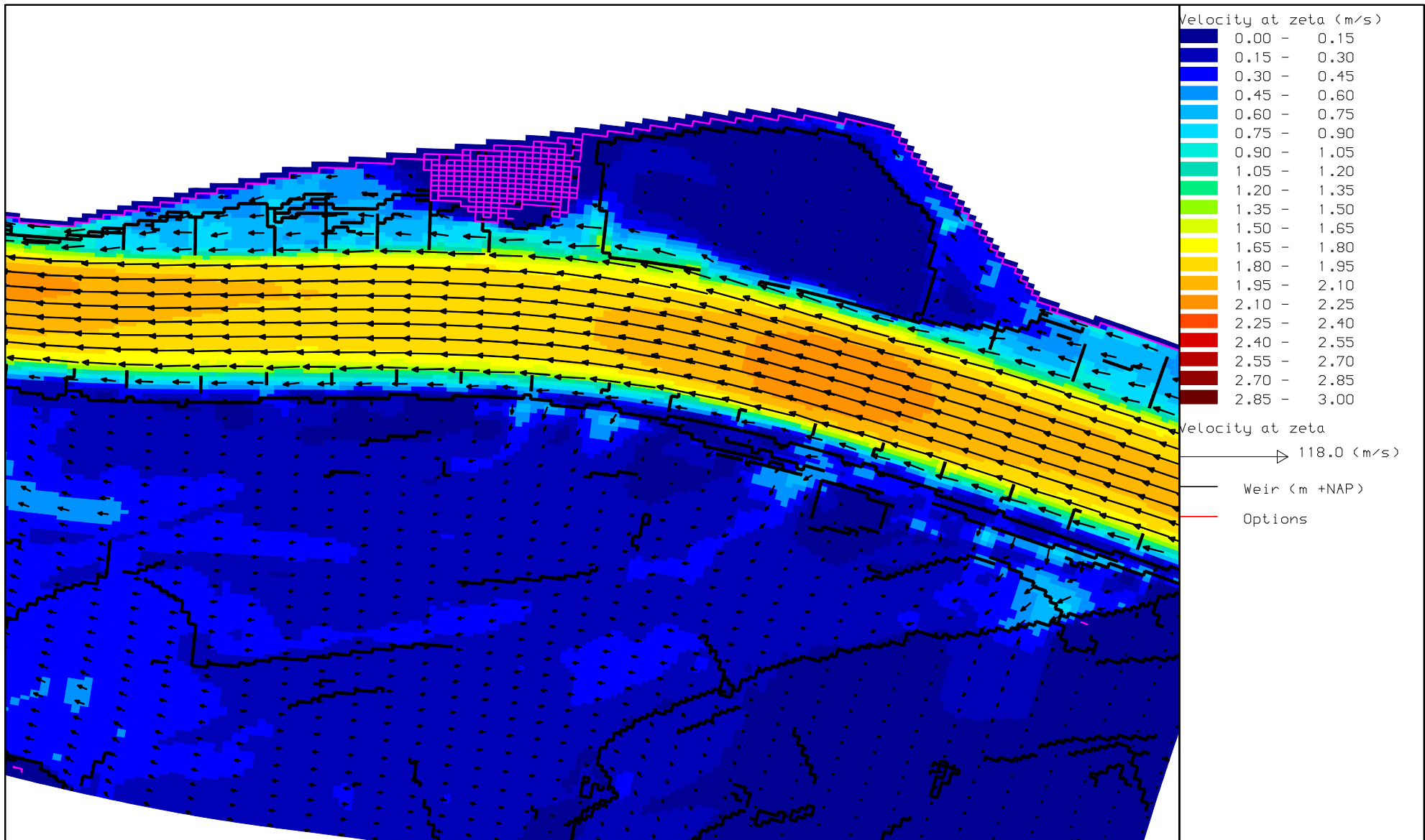
6. Bronnen

- [1] Witteveen+Bos, 2015, ProjectMER Bijlage 24 Deelrapportage Rivierkunde, AH660-1-225/15-018.673, 13-11-2015
- [2] Witteveen+Bos, 2015, Aanvullend rivierkundig onderzoek naar compenserende maatregelen Overnachtingshaven Lobith, AH660-1-980/15-021.563, 22-12-2015
- [3] Deltares, 2012, Maatgevende verkeerssituaties op de Waal, kenmerk: 1002066-000-ZWS-0043-tk, 13 januari 2012

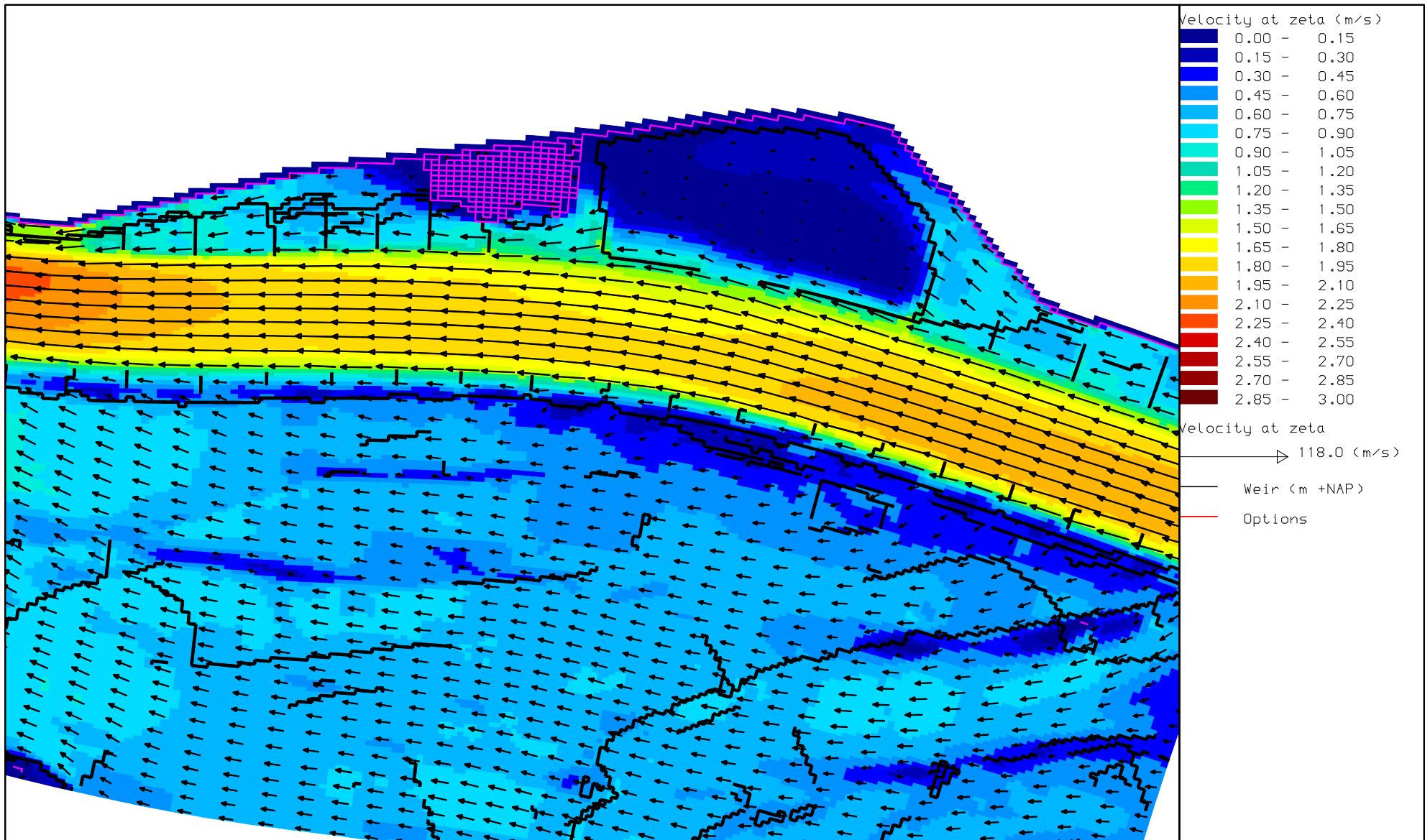
Bijlage 1: Figuren met stroomsnelheden



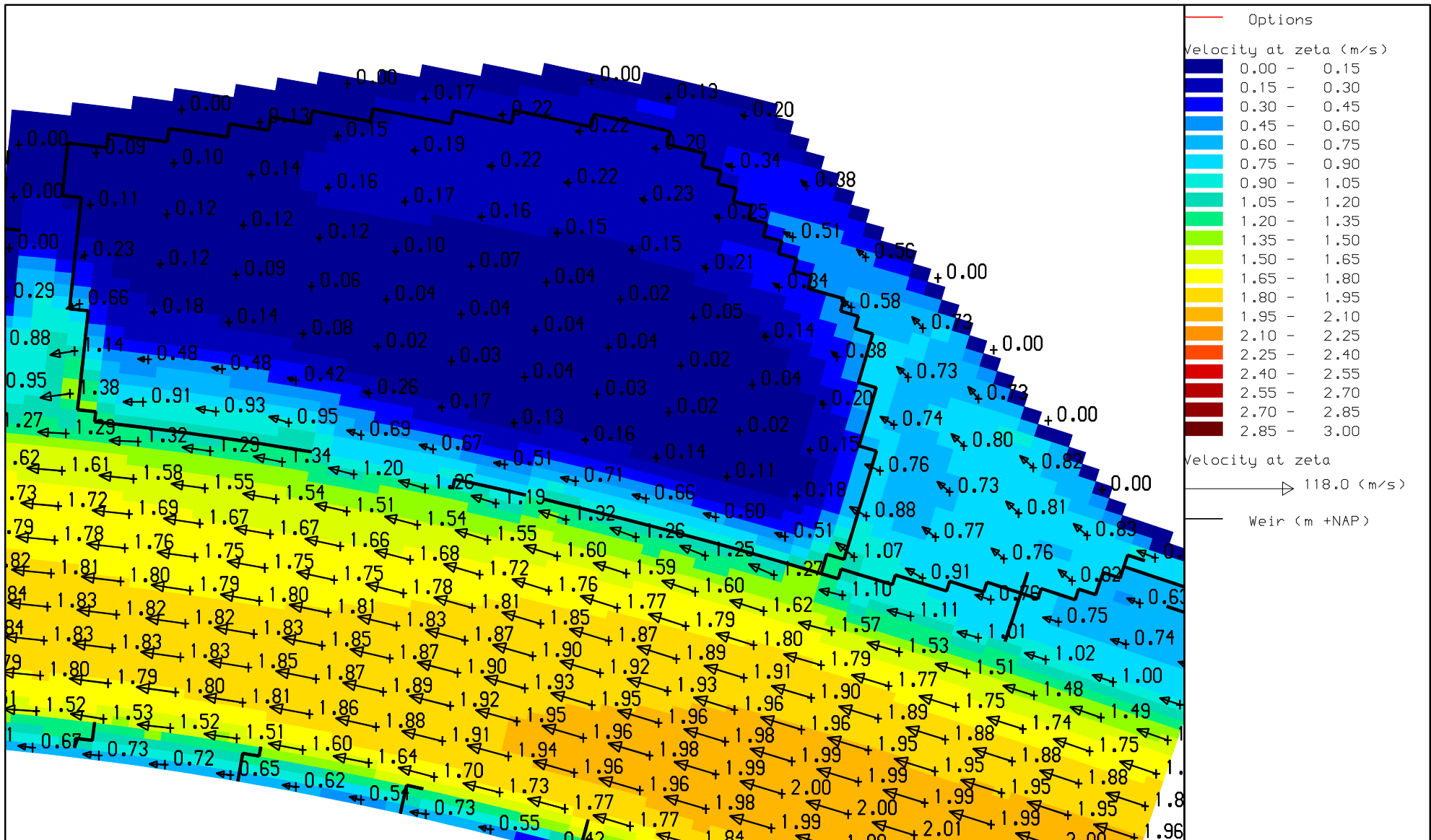
stroomsnelheid DOC 1 6000 m³/s



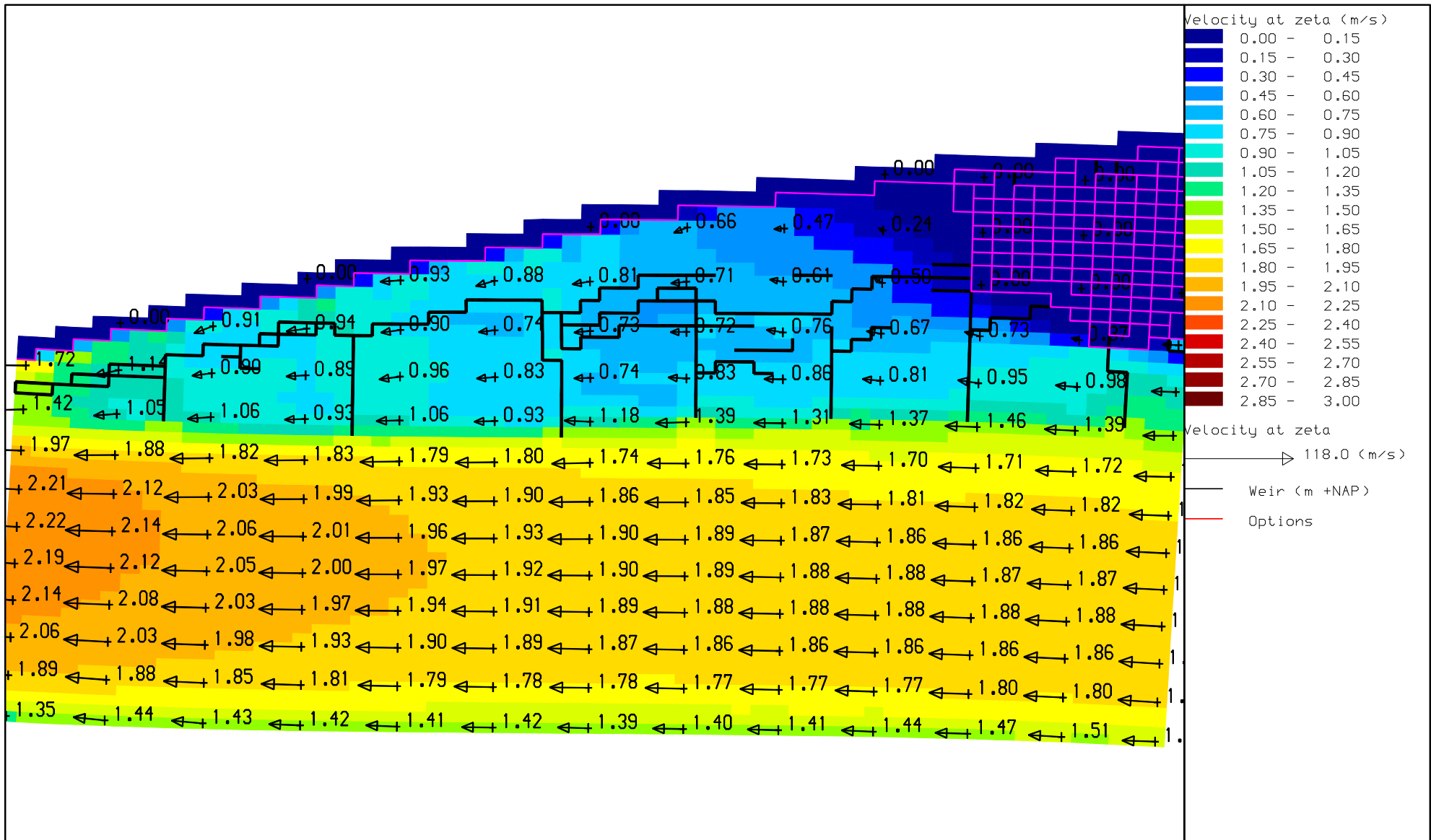
stroomsnelheid DOC1 10.000 m³/s



stroomsnelheid 16000 m³/s



stroomsnelheid DOC1 16000 m³/s detail haven



stroomsnelheid DOC1 16000 m³/s detail kribben