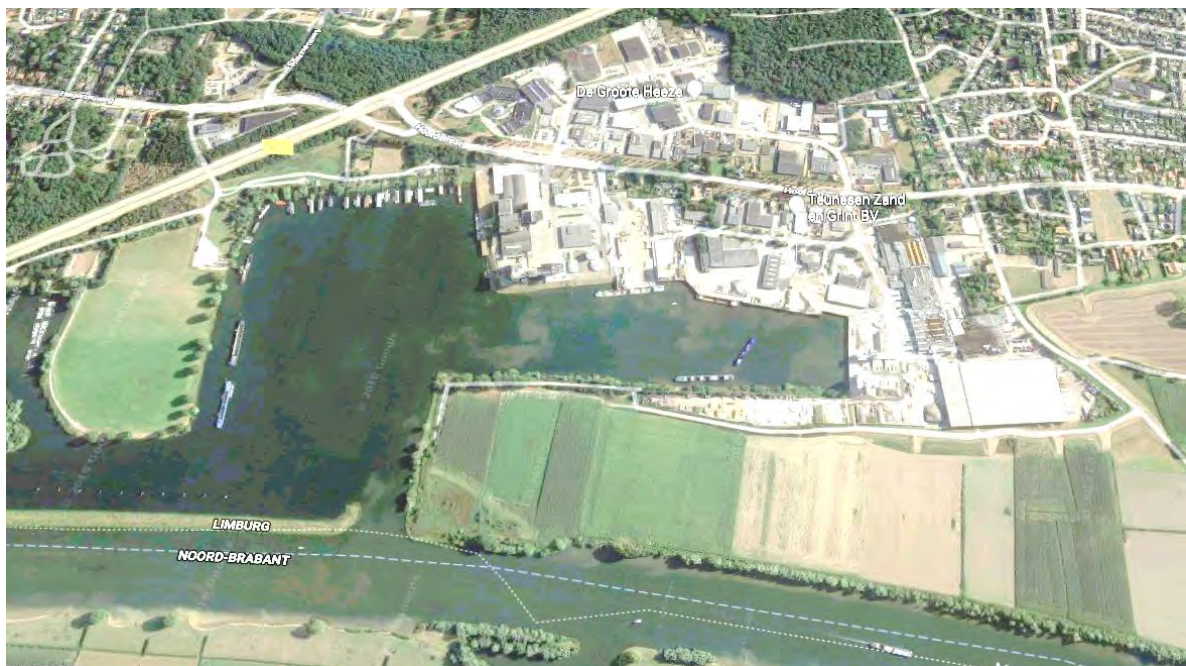


Uitbreiding Haven Heijen

MER-achtergrondrapportage rivierkunde

Opdrachtgever: Teunesen Zand en Grint BV / AVG Bedrijven



1 maart 2019

Colofon

Titel: Uitbreiding Haven Heijen, MER-achtergrondrapportage rivierkunde

Opdrachtgever: Teunesen Zand en Grint BV / AVG Bedrijven

Opdrachtnemer: RiQuest in samenwerking met Acima

Auteur: ir. D.G. Meijer

Collegiale toets: drs. C. Michels

Vrijgave: ir. J.R. Deutekom

Status: definitief 1.2

Datum: 1 maart 2019

Projectcode: 001.08 - 001.18 (opdracht JDe/GF/2-16155 - e-mail d.d. 05-02-2018)

Document: Haven_Heijen_MER-rivierkunde_def.docx

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Planvoornemen	2
1.3	Doel van dit onderzoek.....	3
1.4	Uitgangspunten.....	3
1.5	Leeswijzer	3
2	Alternatieven en varianten	4
2.1	Algemeen.....	4
2.2	Nulalternatief	4
2.3	Alternatief 1 'bedrijven met groene geul'	5
2.4	Alternatief 2 'bedrijven met haven'	5
2.5	Alternatief 3 'bedrijven langs de Maas'	6
2.6	Varianten	7
3	Hydraulische modellering	8
3.1	Modellering van ontwerpalternatieven en varianten (Baseline).....	8
3.2	Hydraulische modelsimulaties (Waqua)	9
4	Referentiesituatie.....	10
4.1	Geometrie van de referentiesituatie.....	10
4.2	Baseline-gebiedsmodel en hydraulisch Waqua-model	10
4.3	Hydraulische eigenschappen van de referentiesituatie	11
4.3.1	Maatgevende en extreme hoogwaterstanden in rivieras en op de uiterwaarden.....	11
4.3.2	Stroombeeld en stroomsnelheden bij bovenmaatgevend hoogwater	11
4.3.3	Scheepvaart en huidige dwarsstroming in de vaargeul.....	12
4.4	Morfologie.....	13
4.5	MER-alternatieven.....	13
5	Alternatief 1: Bedrijven met groene geul	14
5.1	Beschrijving van de ontwerpvarianten	14
5.2	Verwerking in het Baseline-gebiedsmodel.....	14
5.3	Hydraulische effecten.....	14
5.3.1	Effecten op waterstanden.....	14
5.3.2	Effecten op stroomsnelheden	16
5.3.3	Dwarsstroming in de vaarweg (rechteroever)	16
5.4	Prognose van morfologische effecten	17
5.5	Samenvatting effecten alternatief 1	17
6	Alternatief 2: Bedrijven met haven (met draaikom)	18
6.1	Beschrijving van de ontwerpvarianten	18
6.2	Verwerking in het Baseline-gebiedsmodel.....	18
6.3	Hydraulische effecten.....	18
6.3.1	Effecten op waterstanden.....	18
6.3.2	Effecten op stroomsnelheden	19

6.3.3	Dwarsstroming in de vaarweg (rechteroever)	20
6.4	Prognose van morfologische effecten	21
6.5	Samenvatting effecten alternatief 2	21
7	Alternatief 3: Bedrijven langs de Maas	22
7.1	Beschrijving van het ontwerp	22
7.2	Verwerking in het Baseline-gebiedsmodel	22
7.3	Hydraulische effecten	22
7.3.1	Effecten op waterstanden	22
7.3.2	Effect op de stroomsnelheden	23
7.3.3	Dwarsstroming in de vaarweg (rechteroever)	24
7.4	Prognose van morfologische effecten	25
7.5	Samenvatting effecten alternatief 3	25
8	Voorkeursalternatief	26
8.1	Algemeen	26
8.2	Van alternatief 2 naar het voorkeursalternatief	26
8.3	Planbeschrijving	26
8.4	Ontwerpvarianten	27
8.5	Verwerking in het Baseline-gebiedsmodel	28
8.6	Hydraulische effecten	28
8.6.1	Effecten op waterstanden	28
8.6.2	Effecten op stroomsnelheden	29
8.6.3	Dwarsstroming in de vaarweg (rechteroever)	29
8.7	Prognose van morfologische effecten	30
8.8	Samenvatting effecten Voorkeursalternatief	30
9	Samenvatting van de resultaten en Rivierkundig Beoordelingskader	31
9.1	Inleiding	31
9.2	Beoordelingscriteria	31
9.2.1	Hoogwaterveiligheid	31
9.2.2	Hinder of schade	31
9.2.3	Morfologie	31
9.3	Scoringstabel	32
9.4	Mitigerende maatregelen en toekomstige ontwerpoptimalisaties	32
10	Conclusies en aanbeveling	34
10.1	Conclusies	34
10.2	Aanbeveling	34
11	Referenties	35

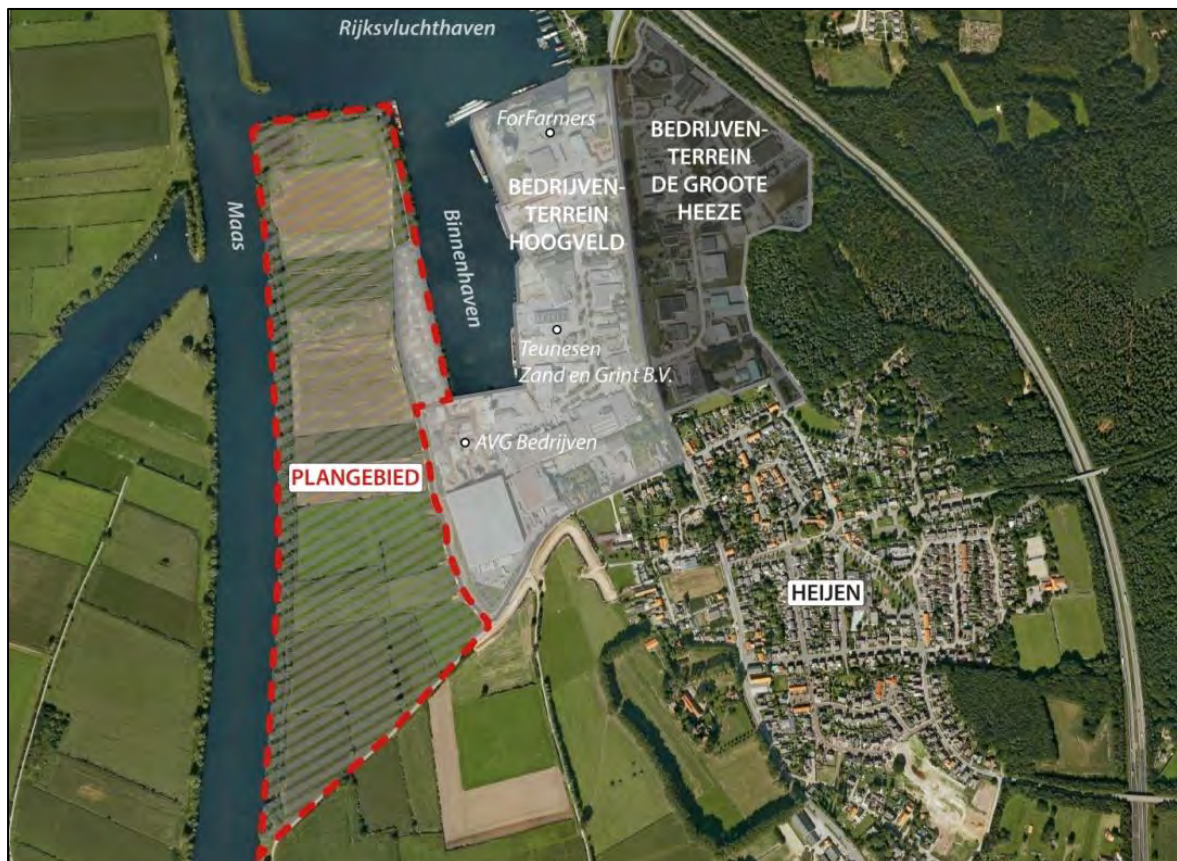
Bijlagen

- Bijlage 1 Criteria van het Rivierkundig Beoordelingskader 4.0 (RWS, 2017)
- Bijlage 2 Baseline-maatregelenlijsten en overzicht van de Waqua-simulaties
- Bijlage 3 Samenvatting van de eigenschappen van de alternatieven en varianten
- Bijlage 4 Referentiesituatie
- Bijlage 5 Alternatief 1: Bedrijven met groene geul
- Bijlage 6 Alternatief 2: Bedrijven met haven (met draaikom)
- Bijlage 7 Alternatief 3: Bedrijven langs de Maas
- Bijlage 8 Voorkeursalternatief
- Bijlage 9 Waterstanden in de rivieras en verschillen ten opzichte van de referentie

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Ten zuiden van de kern Gennep en ten noordwesten van de kern Heijen in de Gemeente Gennep ligt de huidige binnenhaven Heijen die onderdeel is van het bedrijventerrein Hoogveld (zie Figuur 1). Bedrijventerrein Hoogveld is een modern gemengd terrein van circa 27,7 ha met een kadeflengte van in totaal ruim 900 meter. Op het terrein zijn enkele bedrijven gevestigd waaronder AVG Bedrijven (verder te noemen AVG), Teunesen Zand en Grint B.V. (verder te noemen Teunesen) en ForFarmers. Deze bedrijven met ieder een eigen kade maken gebruik van de faciliteiten van de binnenhaven. AVG is daarbij actief op het gebied van beton en bouwstoffen alsmede recycling en afvalstoffen, Teunesen is actief op het gebied van de winning, opwaardering en handel in bouwgrondstoffen (o.a. zand en grind) en ForFarmers is actief op het gebied van veevoer. Daarnaast wordt de haven ook door derden gebruikt.



Figuur 1 Bedrijventerrein Hoogveld inclusief de begrenzing van het plangebied

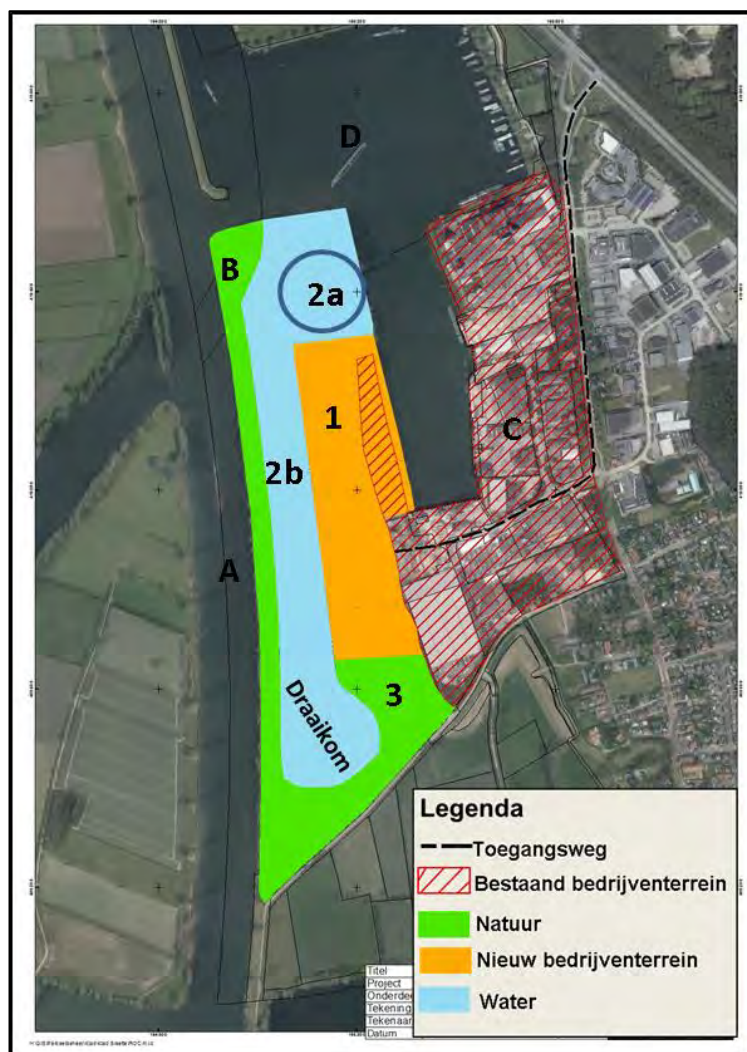
Gelet op de toenemende vraag naar watergebonden bedrijventerrein (per schip te bereiken) met bijbehorende overslagmogelijkheden bestaat er **bij AVG en Teunesen (verder te noemen de initiatiefnemers)** behoefte aan uitbreiding van Haven Heijen c.q. nieuw bedrijventerrein voor watergebonden bedrijvigheid (zie het plangebied in Figuur 1).

Om de uitbreiding van Haven Heijen door middel van nieuw watergebonden bedrijventerrein mogelijk te maken, dient een nieuw bestemmingsplan te worden opgesteld en dienen verschillende vergunningen (waaronder mogelijk een ontgrondingsvergunning) te worden aangevraagd. Vanwege de aard en omvang van de voorgenomen activiteiten in het gebied en de mogelijke gevolgen ervan voor de omgeving, is het volgens de Wet milieubeheer (Wm) wettelijk verplicht om, gekoppeld aan de besluitvorming over het bestemmingsplan en de mogelijke ontgrondingsvergunning, een milieueffectrapportage (m.e.r.) uit te voeren.

1.2 Planvoornemen

Het planvoornemen bestaat uit de volgende onderdelen (zie Figuur 2):

1. Realiseren van een watergebonden overslaglocatie/bedrijventerrein met een omvang van minimaal 12 hectare bruto en een kadeflengte van minimaal 1.100 meter (een mix van groene kade en damwand, nummer 1 in Figuur 2);
2. Graven van een toegangseul en draaikom inclusief een onderwaterdepot voor delfstoffen (nummers 2a en 2b in Figuur 2). Dit gebied is in totaal 14,7 hectare groot.
 - 2a. Het onderwaterdepot is nodig om als er grotere hoeveelheden grondstoffen (grind) aangeboden worden dan er ter plekke verwerkt kunnen worden of vermarkt kunnen worden, deze toch kunnen worden geaccepteerd. Deze kunnen dan later weer uit depot gehaald worden om alsnog verwerkt of vermarkt te worden. Naar verwachting wordt er circa 5x per jaar materiaal in het depot gestort en wordt het depot circa 2x per jaar geleegd. Storten vindt plaats middels onderlossers dan wel met een kraan op een ponton. Het weer ophalen van de gestorte delfstoffen vindt plaats met behulp van een zuiger of een kraan. Het depot heeft een omvang van circa 3 hectare.
 - 2b. De toegangseul is toegankelijk voor schepen van klasse Vb, heeft een vaarbreedte van circa 66 meter en is in totaal circa 90 m breed en exclusief draaikom circa 630 m lang. De toegangseul is 6 meter diep. De nieuw te graven toegangseul krijgt tevens een functie ten behoeve van hoogwaterbescherming (meekoppelkams).
3. Realiseren van watergebonden natuur (nummer 3 in Figuur 2). Dit gebied is circa 11,9 hectare groot.



Verklaring Symbolen:

- A: De Maas
- B: Natuurvriendelijke oever Rijkswaterstaat
- C: Bestaand bedrijventerrein Hoogveld
- D: Rijksvluchthaven
- 1: Nieuw bedrijventerrein
- 2a: Toegangseul gedeelte onderwaterdepot
- 2b: Toegangseul gedeelte insteekhaven
- 3: Watergebonden natuur

Figuur 2 Planvoornemen uitbreiding Haven Heijen

1.3 Doel van dit onderzoek

Doel van deze achtergrondrapportage rivierkunde is het presenteren van een rivierkundige effectstudie naar de uitbreiding van de haven te Heijen volgens een drietal ontwerpalternatieven met elk een ontwerpvariant en het uitwerken van een voorkeursalternatief (eveneens met een ontwerpvariant). Het onderzoek maakt deel uit van het MER Uitbreiding Haven Heijen.

1.4 Uitgangspunten

Dit onderzoek is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Voor het verwerken van de ontwerpen en het afleiden van het hydraulisch rekenmodel gebruiken we Baseline 5.3.1. Voor het uitvoeren van de modelsimulaties gebruiken we Waqua (onderdeel van Simona 2015 patch 8). Hiermee is ook de referentieberekening herhaald.
- Gebruik is gemaakt van het beheer- en onderhoudsmodel van Rijkswaterstaat Zuid-Nederland (Baseline maas_beno15_5-v4) en het bijbehorende hydraulisch detailmodel voor het Noordelijk Maasdal (Waqua maas20m_km135_188_5-v4).
- Voor de beoordeling van de effecten geldt het Rivierkundig Beoordelingskader 4.0 (Rijkswaterstaat, 2017; Bijlage 1).
- Volumes in dit verslag zijn afgerond op veelvouden van 100 m³.
- Voor overige uitgangspunten wordt verwezen naar de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (Meulenbroeks-Leppens, 2016) en een opgestelde uitgangspuntennotitie (Meijer en Koopmans, 2017).

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft in vogelvlucht een overzicht van de in dit onderzoek beschouwde alternatieven en varianten. De aanpak van de hydraulische modellering in dit onderzoek staat in Hoofdstuk 3 uiteengezet.

Als referentiesituatie (Hoofdstuk 4, Bijlage 4) geldt de autonome ontwikkeling, ofwel de actuele situatie plus alle reeds in uitvoering zijnde en vastgestelde projecten in het projectgebied. Voor de haven en zijn directe omgeving is deze autonome ontwikkeling gelijk aan de actuele situatie met uitzondering van de **waterkeringen langs de Maas, die in het kader van twee lopende programma's (Prioritaire Sluitstukkaden en Hoogwaterbeschermingsprogramma)** worden verhoogd en versterkt. Binnen het MER zijn drie alternatieven onderzocht. Naast deze alternatieven zijn er ook varianten die hydraulisch van belang zijn. In een eerste set varianten zijn de taluds steeds vervangen door verticale damwanden. Deze drie varianten staan voor een mogelijk later ontwikkelingsstadium van de haven en zijn in dit onderzoek ook hydraulisch geanalyseerd. Tevens is er sprake van enkele varianten in de MER-studie, die in deze deelrapportage geen afzonderlijke analyse behoeven (zie paragraaf 2.6), omdat ze hydraulisch niet of onvoldoende onderscheidend zijn.

Het eerste ontwerpalternatief bestaat uit een in westelijke richting uitgebreide haven met tussen deze haven en de Maas een groene geul. Hoofdstuk 5 beschrijft dit ontwerp volgens twee varianten (kade met taluds resp. verticale damwanden) en alle effecten die volgens het Rivierkundig Beoordelingskader moeten worden onderzocht (zie ook Bijlage 5). In Hoofdstuk 6 (en Bijlage 6) komt het tweede ontwerpalternatief aan de orde, dat ten westen van de uitgebreide havenkade uit een nieuw havenbekken met een draaikom bestaat. Dit alternatief bestaat eveneens uit twee varianten met een havenkade in de vorm van een talud respectievelijk verticale damwanden. Bij hoogwater kan dit havenbekken als een hoogwatergeul meestromen en aan de afvoercapaciteit bijdragen. Het derde ontwerpalternatief bestaat uit een havenbekken aan de Maaszijde (eveneens volgens twee varianten) en is in Hoofdstuk 7 en Bijlage 7 beschreven.

Uit de bevindingen van de drie alternatieven (zes varianten) wordt een ontwerpalternatief gekozen en nader uitgewerkt tot Voorkeursalternatief (Hoofdstuk 8, Bijlage 8), dat ook zowel met taluds als verticale damwanden wordt beschouwd.

Hoofdstuk 9 vormt een samenvatting van de rivierkundige effecten, specifiek toegespitst op de criteria van het Rivierkundig Beoordelingskader (Rijkswaterstaat, 2017; Bijlage 1). De conclusies en aanbevelingen staan in Hoofdstuk 10 opgesomd. Hoofdstuk 11 vormt de lijst van geraadpleegde referenties en bronnen.

2 Alternatieven en varianten

2.1 Algemeen

Een milieueffectrapportage is een onderzoek waarin de milieugevolgen van een voorgenomen activiteit, ofwel het planvoornemen inzichtelijk worden gemaakt. Dat gebeurt aan de hand van één of meerdere alternatieven die qua milieuaspecten zodanig in verhouding tot het planvoornemen zijn gekozen dat een reële bandbreedte in de milieugevolgen inzichtelijk wordt gemaakt. Onder andere op basis van de effectvergelijking van de alternatieven kan uiteindelijk een voorkeursalternatief worden gekozen.

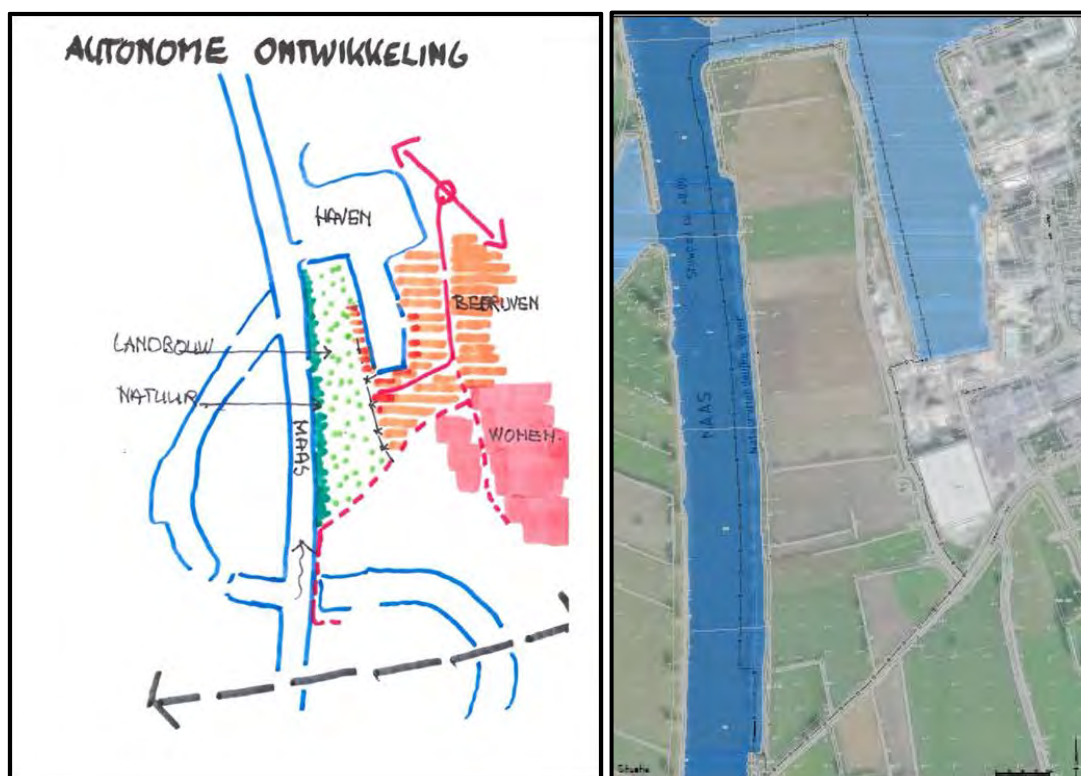
In het MER worden naast een nulalternatief, drie alternatieven beschouwd die onderstaand nader worden beschreven, namelijk:

- Nulalternatief;
- **Alternatief 1 'bedrijven met groene geul';**
- Alternatief 2 'bedrijven met haven';
- **Alternatief 3 'bedrijven langs de Maas'.**

Naast deze alternatieven worden in het MER ook enkele varianten onderzocht. Deze varianten hebben betrekking op een onderdeel van het plan en zijn daarmee een beperkte variatie op een alternatief. Deze varianten zijn in paragraaf 2.6 beschreven. Een deel van deze varianten, bestaande uit de hoofdalternatieven, uitgevoerd met damwanden in plaats van taluds, is ook hydraulisch onderzocht en staat in deze rapportage beschreven. In het MER worden de milieueffecten van de uitbreiding van Haven Heijen aan de hand van deze alternatieven en varianten beschreven en beoordeeld. Het gaat hierbij niet alleen om de negatieve effecten; ook positieve effecten worden beschreven. De effectbeschrijving richt zich vooral op de voor besluitvorming relevante milieuaspecten.

2.2 Nulalternatief

Het nulalternatief vormt de referentiesituatie voor de effectvergelijking. In het nulalternatief vindt namelijk de realisering van de voorgenomen activiteiten niet plaats (zie Figuur 3). Het gebied zal zich autonoom ontwikkelen. De gronden in het plangebied blijven in dit alternatief grotendeels in gebruik voor landbouw met daarnaast beperkt natuur.



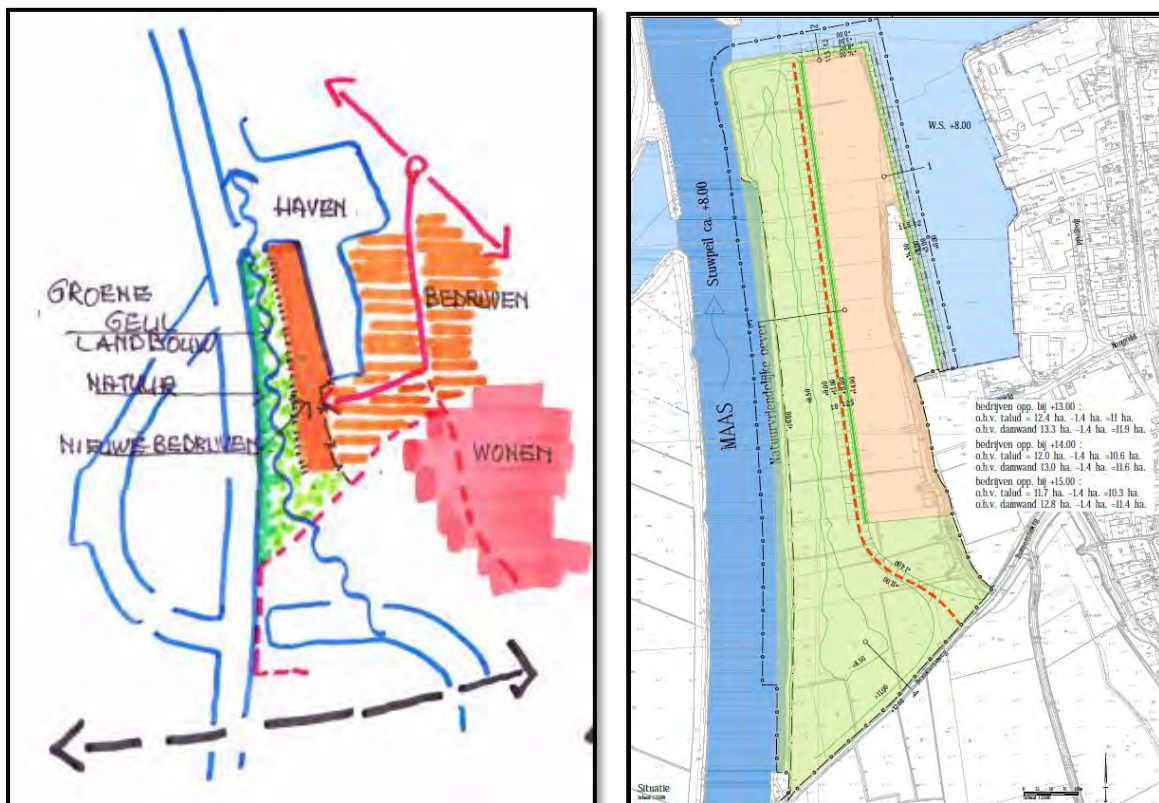
Figuur 3 Nulalternatief

2.3 Alternatief 1 'bedrijven met groene geul'

In dit alternatief wordt parallel aan de Maas een groene, natuurlijk ogende hoogwatergeul met een bodemhoogte van 8,5 m+NAP gerealiseerd. Grenzend aan deze groene geul wordt een nieuw bedrijventerrein gerealiseerd. Dit nieuwe bedrijventerrein bestaat voor een deel uit watergebonden bedrijvigheid die aan de havenarm is gelegen. De groene geul is niet bevaarbaar voor schepen en er is geen kade aan deze zijde van het bedrijventerrein. Het nieuwe bedrijventerrein is eenzijdig (aan de oostkant) voorzien van een loskade. In totaal wordt in dit alternatief 10,6 hectare nieuw bedrijventerrein gerealiseerd (de breedte van het nieuwe bedrijventerrein is circa 140 meter) met een kadelengte van circa 600 meter. In dit alternatief is, in tegenstelling tot de alternatieven 2 en 3, geen sprake van een onderwateropslag.

Een deel van het gebied is in de toekomst geschikt voor aangepast landbouwkundig gebruik (beheerslandbouw). Daarnaast is sprake van een optimale landschappelijke inpassing door de realisatie van de groene geul met natuur.

Voor wat betreft de milieuaspecten en -effecten is in dit alternatief het accent ten opzichte van het planvoornemen wat meer op natuur gelegd. **Watergebonden natuur** is immers één van de doelstellingen van het planvoornemen.



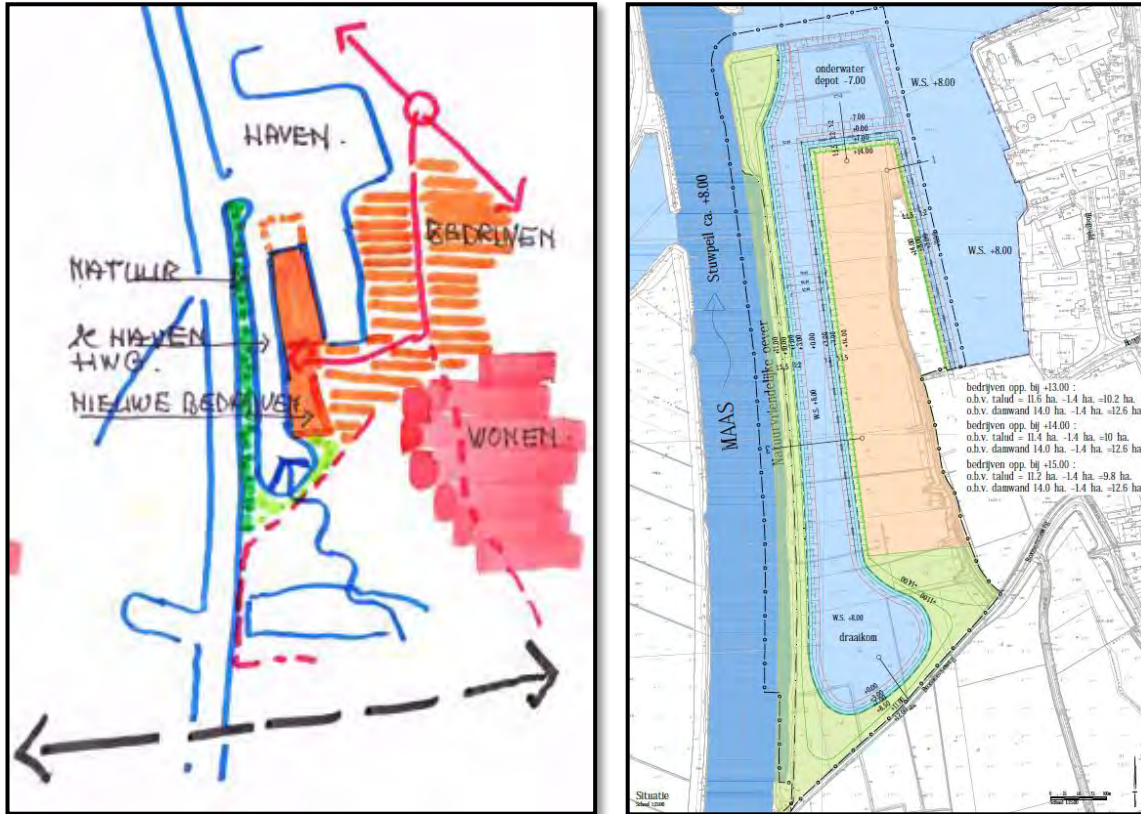
Figuur 4 Alternatief 1 'bedrijven met groene geul'

2.4 Alternatief 2 'bedrijven met haven'

Dit alternatief betreft in essentie het planvoornemen. In tegenstelling tot het vorige alternatief (alternatief 1) wordt in dit alternatief geen groene geul parallel aan de Maas gerealiseerd maar een nieuwe toegangsheul. De toegangsheul is toegankelijk voor schepen van klasse Vb, heeft een vaarbreedte van minimaal 52 en maximaal 75 meter en is in totaal minimaal 77 en maximaal 100 m breed en exclusief draaikom circa 720 m lang. De toegangsheul heeft een bodemhoogte van 3 m+NAP en is daarmee bij stuwpeil afgerond 5 meter diep **met daaronder 3 meter sedimentatieruimte**. De groene zone tussen de Maas en de nieuwe toegangsheul zorgt voor een landschappelijke inpassing door de natuurlijke inrichting. Grenzend aan de nieuwe havenarm wordt een nieuw bedrijventerrein gerealiseerd dat volledig haven-gerelateerd is. Dit bedrijventerrein heeft een oppervlakte van 10 hectare (de breedte van het nieuwe bedrijventerrein is circa 140 - 180 meter) en een kadelengte van circa 1.350 meter. Ten noorden

van het nieuwe bedrijventerrein wordt een onderwateropslag gerealiseerd met een omvang van circa 3 ha. In het meest zuidelijke deel van de nieuw havenarm wordt een draaikom gerealiseerd met een oppervlakte van circa 4,5 ha zodat schepen kunnen draaien.

In dit alternatief, dat in essentie het planvoornemen betreft, komen de milieuaspecten en -effecten op het gebied van natuur, watergebonden bedrijvigheid en hoogwaterbeveiliging zonder specifieke accentlegging voor. Daarmee komen alle drie de doelstellingen van het planvoornemen aan de orde.

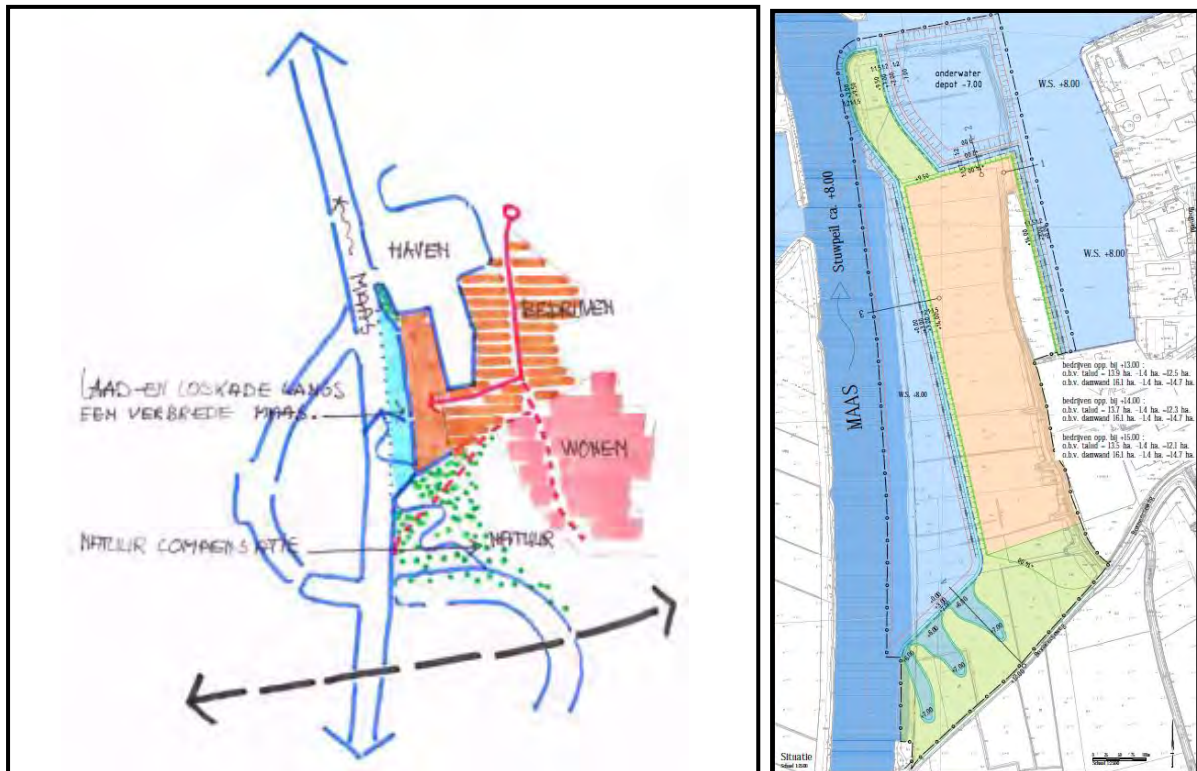


Figuur 5 Alternatief 2 'bedrijven met haven'

2.5 Alternatief 3 'bedrijven langs de Maas'

In dit alternatief staat het nieuwe watergebonden bedrijventerrein direct in verbinding met de Maas. De bestaande natuurvriendelijke oever wordt hierbij verwijderd en er wordt een uitkassing in de Maas gemaakt. Wel is er nog sprake van een dam tussen de bestaande binnenhaven en de Maas. Het nieuwe watergebonden bedrijventerrein is, net als de Maas, toegankelijk voor schepen van klasse Vb. Het nieuwe bedrijventerrein heeft een oppervlakte van 12,3 ha (de breedte van het nieuwe bedrijventerrein is circa 180 à 210 meter) en een kadellengte van circa 1.250 meter. De bedoelde onderwateropslag is, net zoals bij het voorgaande alternatief (alternatief 2), voorzien ten noorden van het nieuwe bedrijventerrein en heeft een omvang van circa 4,5 ha. Ten zuiden van het plangebied wordt nieuwe natuur gerealiseerd ter compensatie van de natuur die verdwijnt door planrealisatie (onder andere de natuurvriendelijke oever langs de Maas). Ook blijft de natuur aan de noordzijde van de dam tussen de bestaande binnenhaven en de Maas in beperkte mate behouden.

Voor wat betreft de milieuaspecten en -effecten is in dit alternatief het accent ten opzichte van het planvoornemen wat meer op bedrijvigheid en hoogwaterbescherming (twee van de drie doelstellingen van het planvoornemen) gelegd.



Figuur 6 Alternatief 3 'bedrijven langs de Maas'

2.6 Varianten

Naast de in de vorige paragraaf beschreven alternatieven, worden in het MER de volgende varianten onderzocht:

- Hoogte bedrijventerrein: de alternatieven gaan uit van een bedrijventerrein met een hoogte van 14 m+NAP. Daarnaast zal een variant worden onderzocht waarbij het bedrijventerrein een hoogte van 14,90 à 15,00 m+NAP heeft. Deze hoogte is gebaseerd op toekomstige dijkverhogingen vanwege klimaatveranderingen en de aanpassingen van de normen door het waterschap voor de hoogte van de waterkeringen. In de huidige situatie heeft de waterkering een kruinhoogte van 14,25 à 14,50 m+NAP. Hydraulisch zijn deze varianten echter niet onderscheidend en in deze rapportage niet afzonderlijk beschouwd, omdat het bedrijventerrein als hoogwatervrij terrein is gemodelleerd.
- Aard van de loswal/kade: in de alternatieven wordt een loswal gerealiseerd met een talud en meerpalen. Daarnaast wordt voor elk alternatief een variant onderzocht waarbij de loswal wordt gerealiseerd met behulp van een combinatie van damwand, meerpalen en groene kaden.
- Maximalisering waterstandsdeling Maas: voor de alternatieven zal een variant worden onderzocht (door optimalisatie van de te onderzoeken alternatieven aan de voorkant) waarbij de effecten op de waterstandsdeling op de Maas wordt vergroot en daarmee de bijdrage aan het Deltaprogramma. Dit betekent dat een optimalisatie wordt gezocht tussen de diepte van de geul en de begroeiing/het beheer in de eindsituatie.
- Fasering: voor de alternatieven wordt een variant onderzocht waarbij de fasering dusdanig wordt aangepast ter bespoediging van het nieuwe bedrijventerrein zodat de economische activiteiten zo snel mogelijk kunnen worden ontplooid. Hierbij wordt in eerste instantie de kade aan de zijde van de bestaande haven gerealiseerd en vervolgens pas aan de zijde van de Maas. Omdat we in deze rivierkundige effectstudie alleen de eindsituatie beoordelen heeft dit geen invloed op de beschouwde ontwerpen. De uitvoeringsstadia komen later aan de orde in het kader van de Waterwetvergunning.
- Bebouwingspercentage: de hoeveelheid bebouwing van het nieuwe watergebonden bedrijventerrein is afhankelijk van het type bedrijvigheid dat zich op het bedrijventerrein zal vestigen. Daarom worden twee varianten onderzocht met betrekking tot bebouwingspercentage. In de ene variant is het bebouwingspercentage 75% en bij de andere variant 40%. Dit heeft geen invloed op de rivierkundige effecten, omdat het bedrijventerrein hoogwatervrij is gemodelleerd, en is daarom in deze rapportage niet afzonderlijk beschouwd.

3 Hydraulische modellering

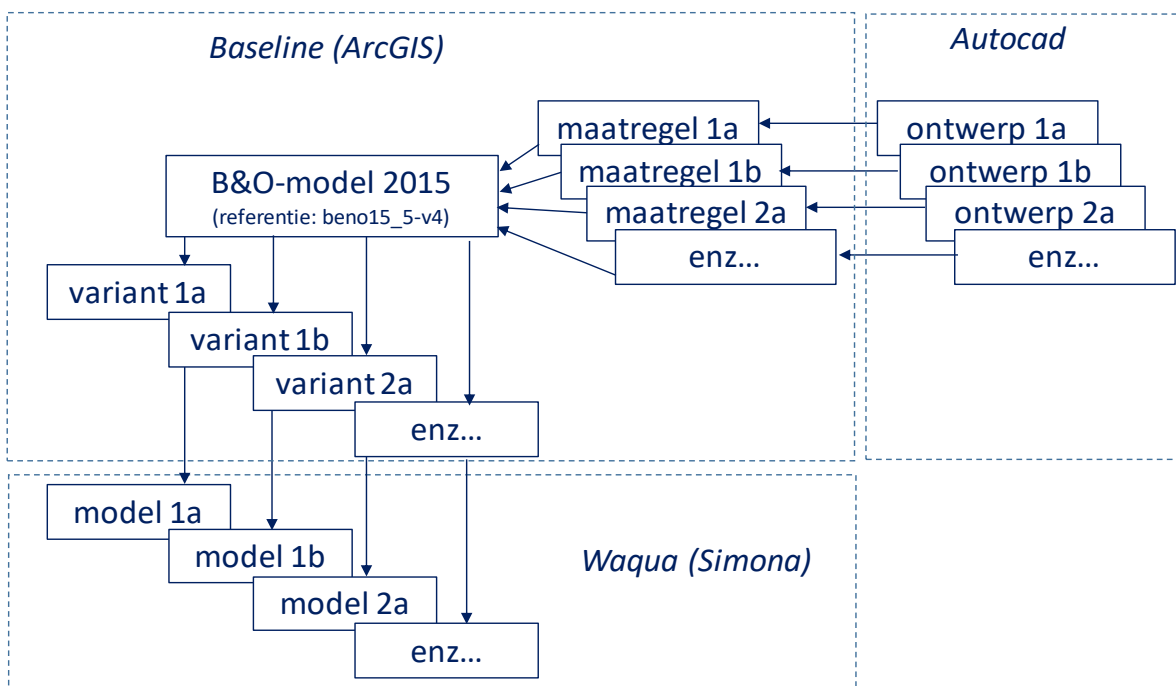
3.1 Modellering van ontwerpalternatieven en varianten (Baseline)

In dit MER zijn de volgende alternatieven (cijfers) en varianten (letters) beschouwd:

1. Bedrijven met groene geul (ten westen van de nieuwe havenkade)
 - a. met havenkaden bestaande uit taluds;
 - b. met havenkaden bestaande uit verticale damwanden;
2. bedrijven met haven en draaikom (een havenbekken ten westen van de nieuwe havenkade)
 - a. met havenkaden bestaande uit taluds;
 - b. met havenkaden bestaande uit verticale damwanden
3. bedrijven aan de maas (een nieuw havenbekken direct aan de Maaszijde);
 - a. met havenkade bestaande uit taluds;
 - b. met havenkade bestaande uit verticale damwanden;
4. het Voorkeursalternatief, een nadere uitwerking gebaseerd op een van de alternatieven
 - a. met havenkade bestaande uit taluds;
 - b. met havenkade bestaande uit verticale damwanden.

Figuur 7 toont het proces van gegevensomzetting vanaf de ontwerpen tot en met de modelsimulaties. De acht ontwerpen zijn vanuit Autocad omgezet in Baseline-maatregelen. Baseline is een applicatie onder ArcGIS met een eigen dataprotocol voor rivierkundige ontwerpen. Een ontwerp wordt (in onderhavig geval vanuit Autocad) omgezet in een Baseline-maatregel met een vaste contour. Deze maatregel kan vervolgens in het referentiemodel worden ingebracht, waarbij de gegevens binnen de contour in het referentiemodel getransplanteerd worden. Hierbij ontstaat een variant waarin de ingreep als uitgevoerd wordt verondersteld. Deze werkwijze maakt het mogelijk dat willekeurige ontwerpen met een willekeurige ondergrond (huidig, geactualiseerd of toekomstig) kunnen worden gecombineerd, waardoor het proces van periodieke modelactualisaties en ontwerpprocessen periodiek en onafhankelijk van elkaar kunnen blijven verlopen¹.

De Baseline-gebiedsvarianten zijn vervolgens in hydraulische Waqua-modellen omgezet. Hiermee hebben de modelsimulaties plaatsgevonden. Bijlage 2 geeft hiervan een overzicht.



Figuur 7 Processchema van ontwerpen, geometrisch modelleren en hydraulisch simuleren

¹ Dit geldt op hoofdlijnen. Op detailniveau zijn soms aanpassingen aan een Baseline-maatregel nodig om een ingreep netjes op een gewijzigde ondergrond aan te sluiten.

3.2 Hydraulische modelsimulaties (Waqua)

In de modelsimulaties van het onderzoek zijn diverse afvoerniveaus toegepast, waarbij de diverse onderzoeksvragen uit het Rivierkundig Beoordelingskader (Rijkswaterstaat, 2017; Bijlage 1). Niet alle onderzoeksvragen worden voor alle varianten behandeld. Binnen de alternatieven komen steeds alle onderzoeksvragen voor de hoofdvariant (met taluds) aan de orde. Omdat de variant met damwanden steeds erg lijkt op de hoofdvariant is deze telkens alleen op hoogwatereffecten beoordeeld, zie Tabel 1. Bovendien heeft voor één variant tevens een scheepvaartsimulatie plaatsgevonden. Dit is het Voorkeursalternatief met damwanden. Hiervoor is gekozen omdat naar het oordeel van de scheepvaartexpert verticale damwanden wegens golfreflectie mogelijk ongunstiger uitwerken op de manoeuvres van de schipper. Bij een simulatie is het immers van belang de ongunstigste omstandigheden te signaleren en te analyseren.

Het overzicht van Bijlage 2 laat tevens alle uitgevoerde modelsimulaties zien.

Tabel 1 Onderzoeksthema's voor de diverse alternatieven en varianten

Alternatief	Beschrijving	Variant	Onderzoeksthema			
			Hoogwaterveiligheid	Morfologie	Dwarsstroming (scheepvaart)	Simulatie Marin
0	Referentiemodel	-	referentie	referentie	referentie	-
1	Groene geul	talud	X	X	X	
		damwand	X			
2	Nieuw havenbekken	talud	X	X	X	
		damwand	X			
3	Haven aan de Maas	talud	X	X	X	
		damwand	X			
VKA	Voorkeursalternatief	talud	X	X	X	
		damwand	x			X

4 Referentiesituatie

4.1 Geometrie van de referentiesituatie

Figuur 8 laat het projectgebied van de uitbreiding van de haven van Heijen in zijn actuele toestand zien. De rivieras is hier de provinciegrens tussen Noord-Brabant en Limburg. De gele lijnen zijn de waterkeringen (traject 36 resp. 55), die tevens de rivierbegrenzing vormen. Hoewel de referentiesituatie de autonome ontwikkeling voorstelt, wijkt deze op dit traject nauwelijks af van de actuele situatie omdat zich in de nabije omgeving van het plangebied geen grote vastgestelde projecten bevinden. Er is op dit traject ook geen zomerbedverdieping in het kader van het uitgevoerde programma Maaswerken gerealiseerd (het eerstvolgende traject is km 155,7-174,2 en begint pas voorbij Gennepe).



Figuur 8 Actuele situatie (tevens referentiesituatie) met ingreepcontour projectgebied (witte stippel-lijn) en primaire waterkeringen (geel)

4.2 Baseline-gebiedsmodel en hydraulisch Waqua-model

Het Baseline-gebiedsmodel van de referentiesituatie (maas_beno15_5-v4) met het hiervan afgeleide hydraulische Waqua-model (maas20m_km135_188_5-v2) is door Rijkswaterstaat Zuid-Nederland beschikbaar gesteld. Bijlage 4 geeft hiervan een uitgebreide weergave.

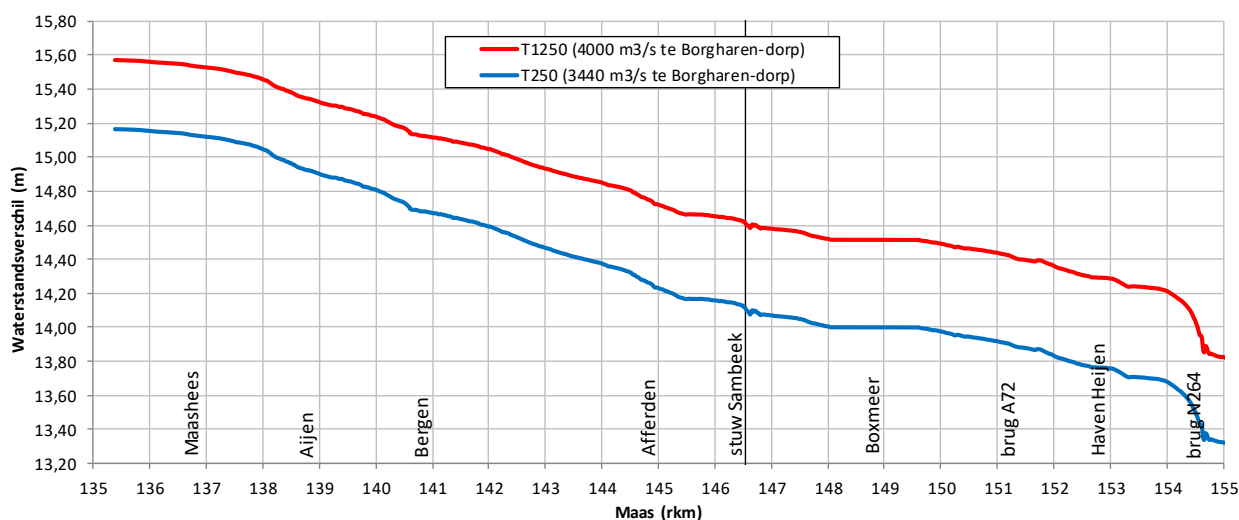
Bijlage 4-1 toont een luchtfoto, die ten grondslag heeft gelegen aan de Autocad-ontwerpen (Sweco, 2017). Het hoogtemodel met de waterkeringen en de ingreepcontour staat in Bijlage 4-2 gepresenteerd. Bijlage 4-3 laat de huidige vegetatie in het plangebied zien, die voornamelijk uit grasland bestaat met een oeverstrook van bos en struweel.

4.3 Hydraulische eigenschappen van de referentiesituatie

4.3.1 Maatgevende en extreme hoogwaterstanden in rivieras en op de uiterwaarden

Het thema hoogwaterveiligheid wordt beoordeeld aan de hand van twee afvoerniveaus. Voordat de nieuwe wettelijke normering van de hoogwaterveiligheid in januari 2017 een feit was, was er sprake van twee maatgevende afvoeren voor de waterkeringen. Voor de Limburgse waterkeringen gold een afvoerniveau met overschrijdingskans van 1/250 per jaar (3430 m³/s te Borgharen-dorp) en voor de Brabantse en Gelderse waterkeringen gold een afvoerniveau van 1/1250 per jaar (4000 m³/s te Borgharen-dorp). Op veel plekken voldoen de waterkeringen nog niet aan deze oude norm, vooral aan de Limburgse zijde. De nieuwe normering werkt niet met maatgevende afvoeren en gaat uit van een andere methodiek, hetgeen in de toekomst tot hogere en sterkere waterkeringen leidt. In het kader van het HWBP (Hoogwaterbeschermingsprogramma) worden vrijwel alle Nederlandse waterkeringen versterkt en verhoogd. Aangezien dit proces nog decennia in beslag zal nemen werkt het Rivierkundig Beoordelingskader voorlopig nog met de afvoerniveaus van de oude normering.

Ter plaatse van ons projectgebied zijn de afvoerniveaus door piekvervlakking in de Limburgse Maas enkele honderden m³/s lager. Niettemin wordt altijd het afvoerniveau van Borgharen-dorp als referentielocatie genoemd. De bijbehorende waterstanden zijn in Figuur 9 afgebeeld.



Figuur 9 Hoogwaterstanden behorende bij de afvoerniveaus uit het Rivierkundig Beoordelingskader

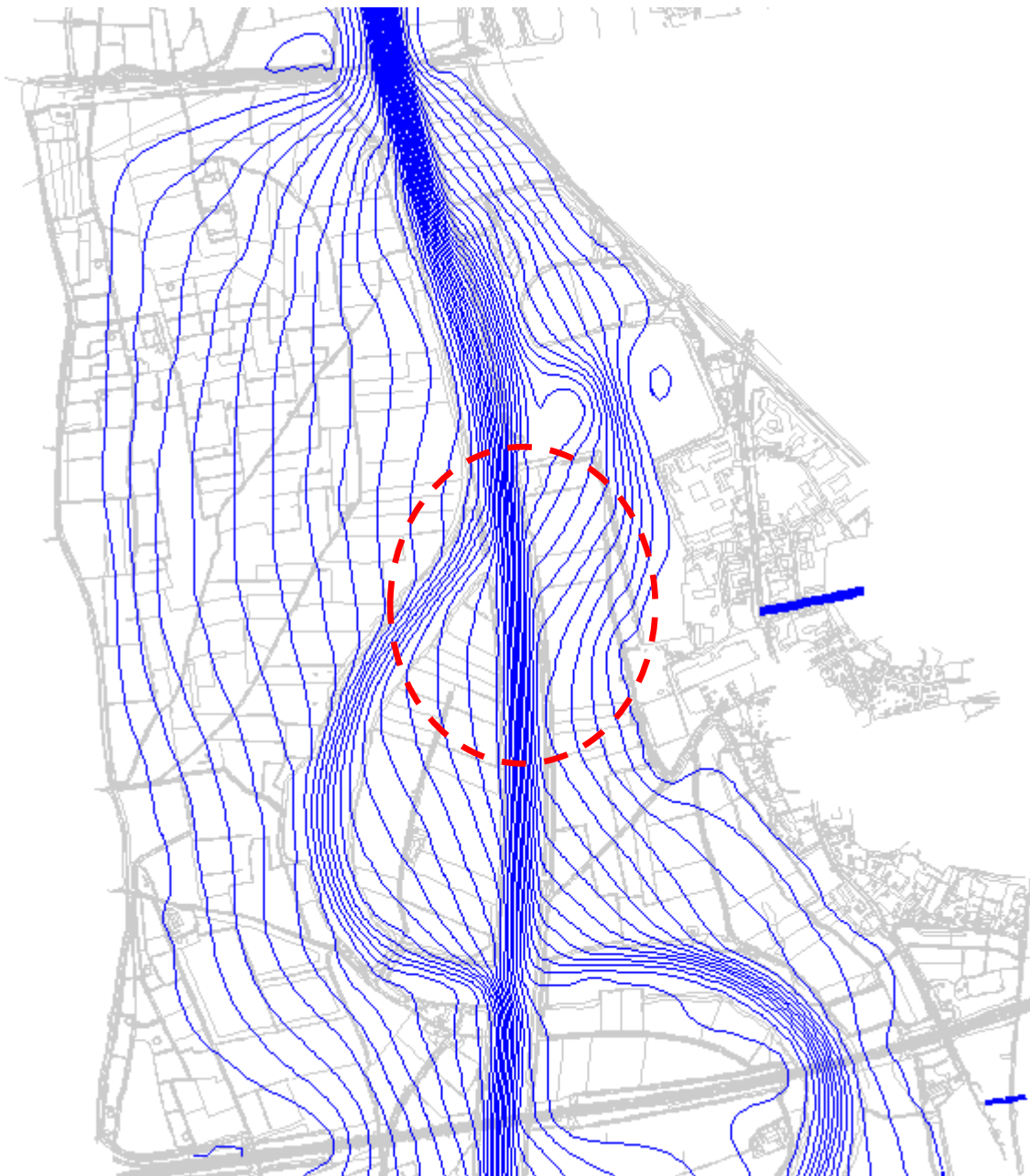
Wat voor de Brabantse zijde maatgevend is (1/1250, of T1250), is voor de Limburgse zijde bovenmaatgevend. Omdat ons project zich aan de Limburgse zijde bevindt, spreken we in dit verslag van een maatgevend respectievelijk een bovenmaatgevend afvoerniveau.

4.3.2 Stroombeeld en stroomsnelheden bij bovenmaatgevend hoogwater

Bijlage 4-4 laat de stroomsnelheden bij een bovenmaatgevend hoogwater zien (4000 m³/s te Borgharen-dorp). We zien sterke wisselingen van de hoogte van de stroomsnelheid in de hoofdgeul, variërend van 1 m/s in de bredere delen tot ruim 2,5 m/s onder brug van de N264 (Oeffelt-Gennepe).

Figuur 10 toont de stroombanen bij dit afvoerniveau. Elke stroomlijn representeert 100 m³/s. In de Rijksvluchthaven is een spiraalstroom waarin ca. 80 m³/s circuleert. Het gebied is van oorsprong meanderend. De oorspronkelijke Maasarmen zijn sinds de kanalisatie van de Maas voor de scheepvaart niet meer in gebruik, maar stromen wel mee. Ten zuiden van de haven drukt de waterkering van het bedrijventerrein Hoogveld de stroombanen westwaarts. Het hiervan noordelijk gelegen haventerrein is overstroombaar en het huidige havenbekken draagt hierdoor bij aan de afvoercapaciteit van de Maas.

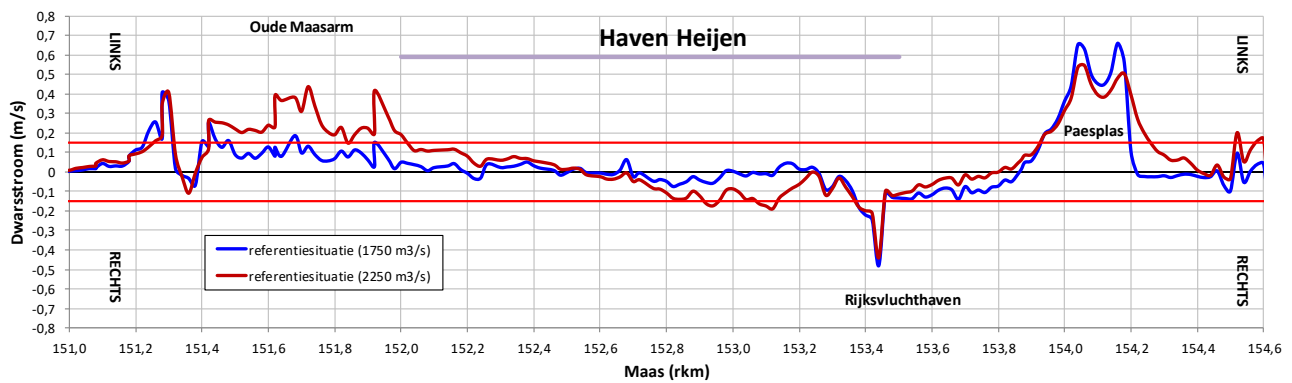
Zowel Bijlage 4-4, Figuur 9 als Figuur 10 laten duidelijk zien dat de brug van de N264 een groot hydraulisch knelpunt vormt. De haven ligt hier bovenstrooms van.



Figuur 10 Stroombeeld bij 4000 m³/s te Borgharen-dorp (lokaal 3720 m³/s) met 100 m³/s per stroombaan: geplande havenuitbreiding in de rode cirkel

4.3.3 Scheepvaart en huidige dwarsstroming in de vaargeul

Figuur 11 toont voor de referentiesituatie de dwarsstroming bij twee middelhoge bevaarbare afvoeren. De figuur maakt duidelijk dat aan de richtlijn van maximaal 0,15 m/s dwarsstroming in de vaarweg in de huidige situatie niet overal voldaan wordt. De Oude Maasarm tussen rkm 151-152 is zo'n traject waar zich een naar links gerichte dwarsstroming bevindt, die bij 2250 m³/s boven de richtlijn ligt. Ter hoogte van de industriehaven is er vrijwel geen dwarsstroming. Bij deze afvoerniveaus zal de havenkade ook nog niet overstroomd zijn. Bij de invaartopening stroomt echter een grote hoeveelheid water de Rijksvluchthaven in om ter hoogte van de Paesplas weer terug in de Maas te stromen. Dit effect is overigens maximaal bij 1750 m³/s en neemt bij 2250 m³/s weer iets af. De ontwerpalternatieven (en varianten) hoeven dit probleem van de bestaande situatie niet op te lossen. In de analyse van de alternatieven kijken we vooral naar de effecten ten opzichte van de actuele situatie.



Figuur 11 Dwarsstrooming in de referentiesituatie bij 1750 m³/s te Borgharen-dorp (rechter normaallijn)

4.4 Morfologie

Over de huidige morfologische toestand van dit riviertraject zijn ons geen gegevens bekend. De huidige morfologische toestand is echter geen onderwerp van analyse. In de analyse van de alternatieven kijken we uitsluitend naar de morfologische effecten ten opzichte van de referentiesituatie.

4.5 MER-alternatieven

Alle in dit hoofdstuk getoonde eigenschappen van de referentiesituatie vormen de vergelijkingsbasis voor de hydraulische effecten van alle MER-alternatieven en hun varianten, die in de navolgende hoofdstukken beschreven staan.

5 Alternatief 1: Bedrijven met groene geul

5.1 Beschrijving van de ontwerpvarianten

Alternatief 1 bestaat uit een verbreed en verhoogd haventerrein met ten westen daarvan een verlaagde groene geul. Bijlage 5-1 laat de ontwerptekening zien (Sweco, 2017), die zowel het talud als het tracé van de damwand weergeeft, en beschrijft zodoende beide varianten. Bijlage 5-2 geeft voor vier locaties de dwarsdoorsnede van het talud of de eventuele damwand.

5.2 Verwerking in het Baseline-gebiedsmodel

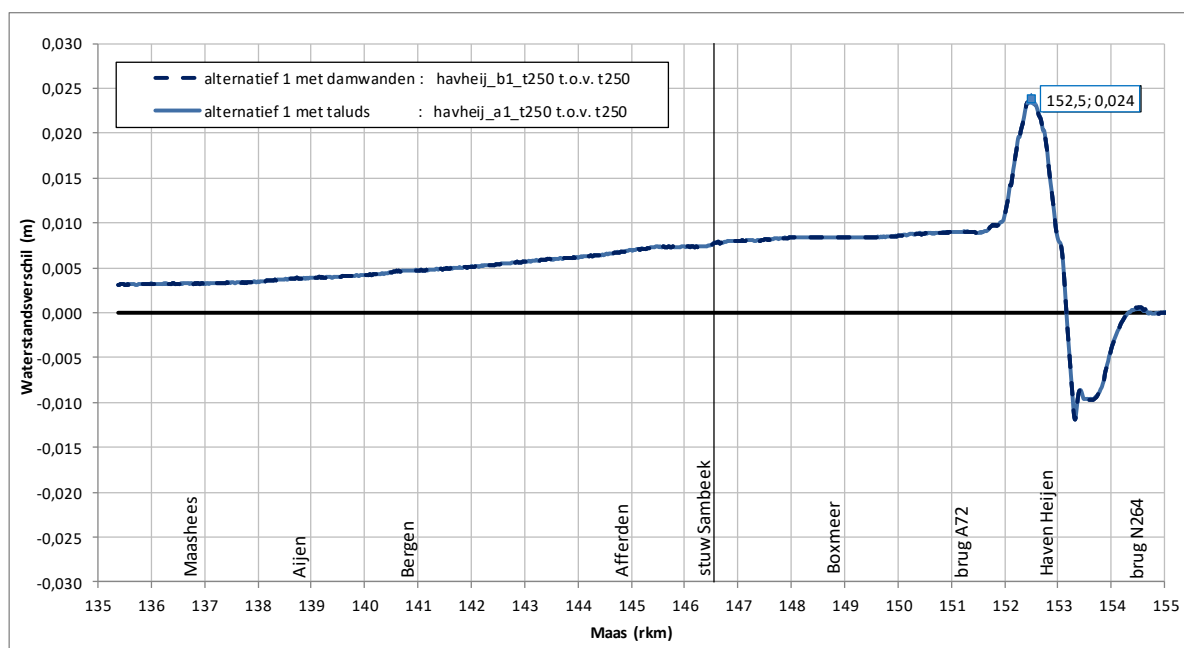
Het hoogtemodel van de Baseline-gebiedsvariant met taluds is in Bijlage 5-3 afgebeeld. Het haventerrein ligt nu op 14 m+NAP en is bovendien als hoogwatervrij gemodelleerd. Dat betekent dat het terrein gevrijwaard blijft van vergunningsplicht voor obstakels, die de doorstroming belemmeren. In het model blijft het haventerrein hierom vrij van doorstroming, ook indien de waterstand boven 14 m+NAP zou uitkomen. Dit betekent dat een deel van de stroomvoering van de referentiesituatie uitgeschakeld is. Dit moet worden gecompenseerd door de groene geul. Bijlage 5-4 laat het hoogtemodel van de variant met een damwand zien. Alleen aan de oostzijde van de contour is bij het havenbekken het verschil te zien. Bijlage 5-6 (boven) toont het bodemhoogteverschil ten opzichte van de referentie (alleen variant met taluds). Het volume van dit ontwerp (met taluds) bedraagt 56.200 m³ (netto aanvulling). De variant met damwanden heeft een netto aanvulling van 112.500 m³.

De beoogde vegetatie is relatief onbegroeid en in overeenstemming met de actuele situatie: grasland in de geul en riet, ruigte en struweel langs de natuurvriendelijke Maasoever, zie Bijlage 5-5.

5.3 Hydraulische effecten

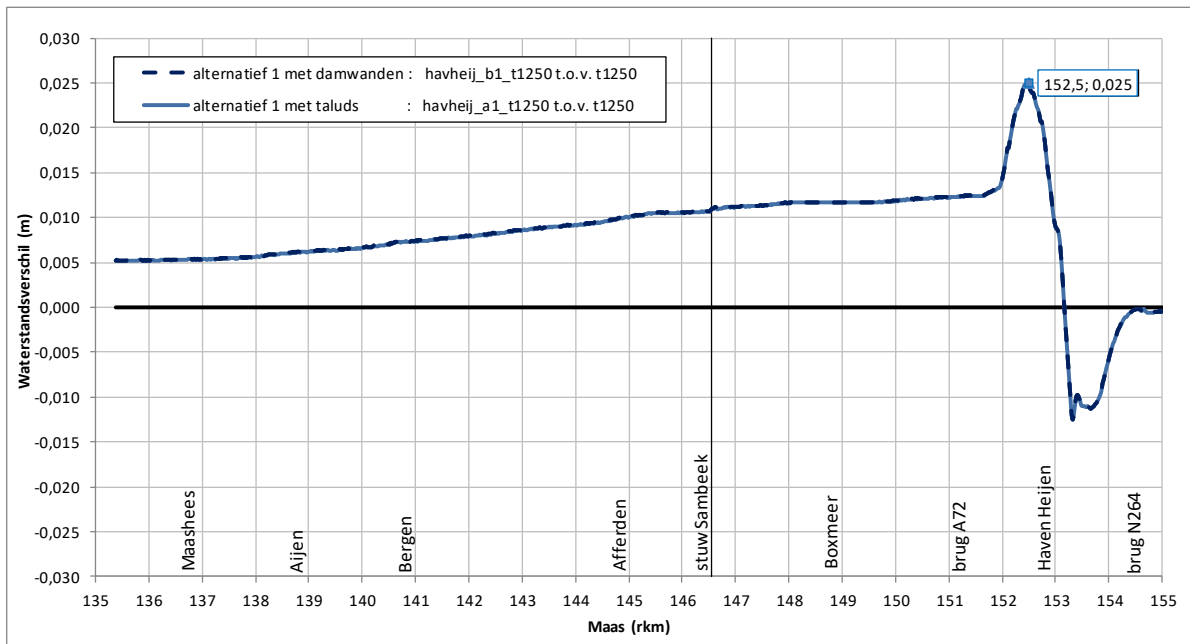
5.3.1 Effecten op waterstanden

Figuur 12 laat het waterstandseffect van alternatief 1 bij het maatgevende afvoerniveau zien. De figuur maakt in een oogopslag duidelijk dat er sprake is van waterstandverhoging. Het maximum bedraagt 24 mm (rkm 152,5). Bovenstreams van het projectgebied is daar nog 10 mm van over. Geconcludeerd kan worden dat de groene geul niet voldoende compensatie biedt. Er is geen onderscheid tussen beide varianten. Dit is eenvoudig te verklaren, immers uitsluitend aan de oostzijde is er een kade en dit havenbekken is nu volledig doorstromingsvrij geworden. Bijlage 5-6 (onder) geeft hiervan een 2-dimensionale weergave. Opvallend genoeg komt het waterstandseffect vooral aan de westelijke Maasoever tot uiting. In het havenbekken en in de Paesplas is zelfs sprake van waterstandsval.



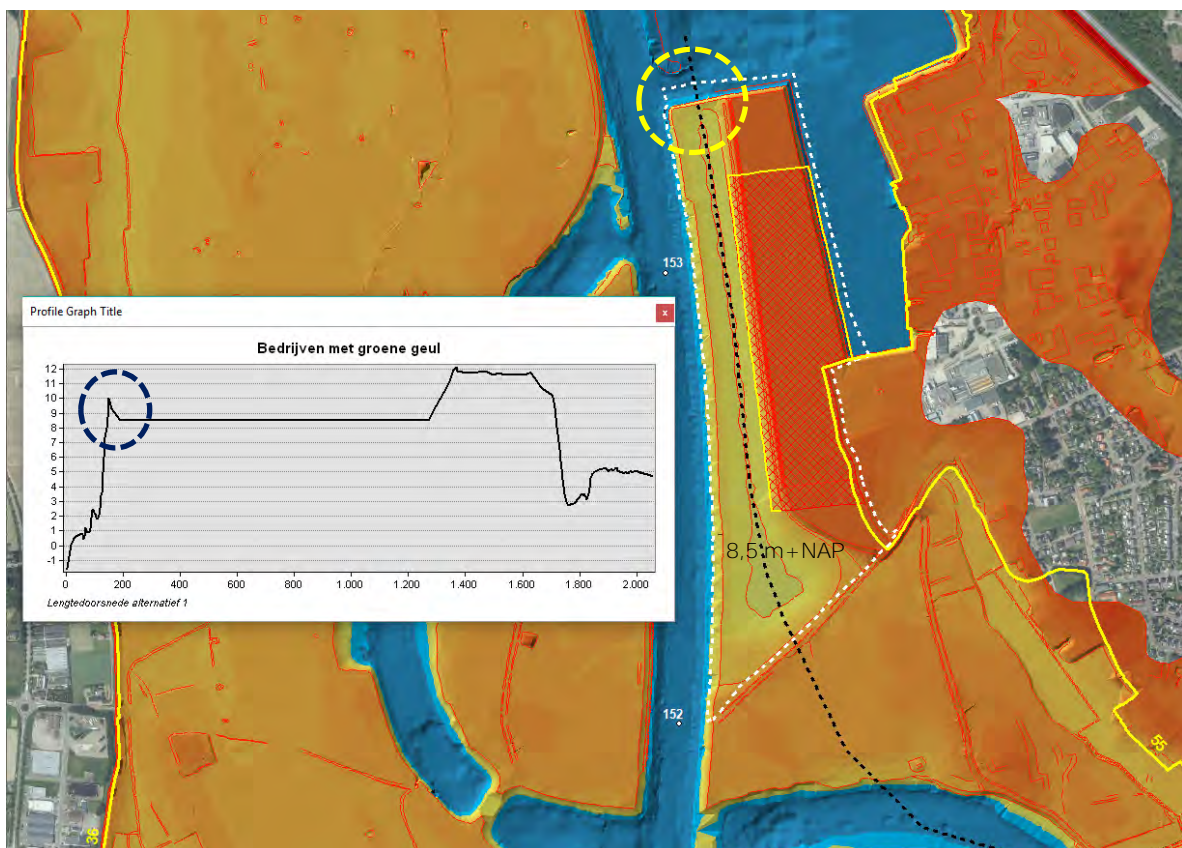
Figuur 12 Waterstandseffect alternatief 1: Bedrijven met groene geul (3430 m³/s te Borgharen-dorp)

Figuur 13 geeft vrijwel hetzelfde beeld bij een bovenmaatgevend (voor Noord-Brabant maatgevend) hoogwater. De piek is nu 25 mm (rkm 152,5). Bovenstrooms van het projectgebied is daar nog 12 mm van over. Het 2-dimensionale beeld (Bijlage 5-7 boven) is vrijwel identiek aan dat van het maatgevend afvoerniveau, met dat verschil dat er nu ook binnendijkse waterstanden aan Limburgse zijde te zien zijn.



Figuur 13 Waterstandseffect alternatief 1: Bedrijven met groene geul (4000 m³/s te Borgharen-dorp)

Een ontwerp, dat tot hogere hoogwaterstanden leidt, zal niet vergunbaar zijn. Een mogelijke optimalisatie van het ontwerp kan worden bereikt door de noordelijke uitstroomrand, die nu op 10 m+NAP ligt, te laten vervallen, en op gelijke hoogte te brengen met as van de groene geul die op 8,5 m+NAP ligt, zie Figuur 14. In dit geval zou de geul vanaf 565 m³/s (referentielocatie Borgharen) in open verbinding met de Maas staan, hetgeen ca. 40 dagen per jaar het geval is.

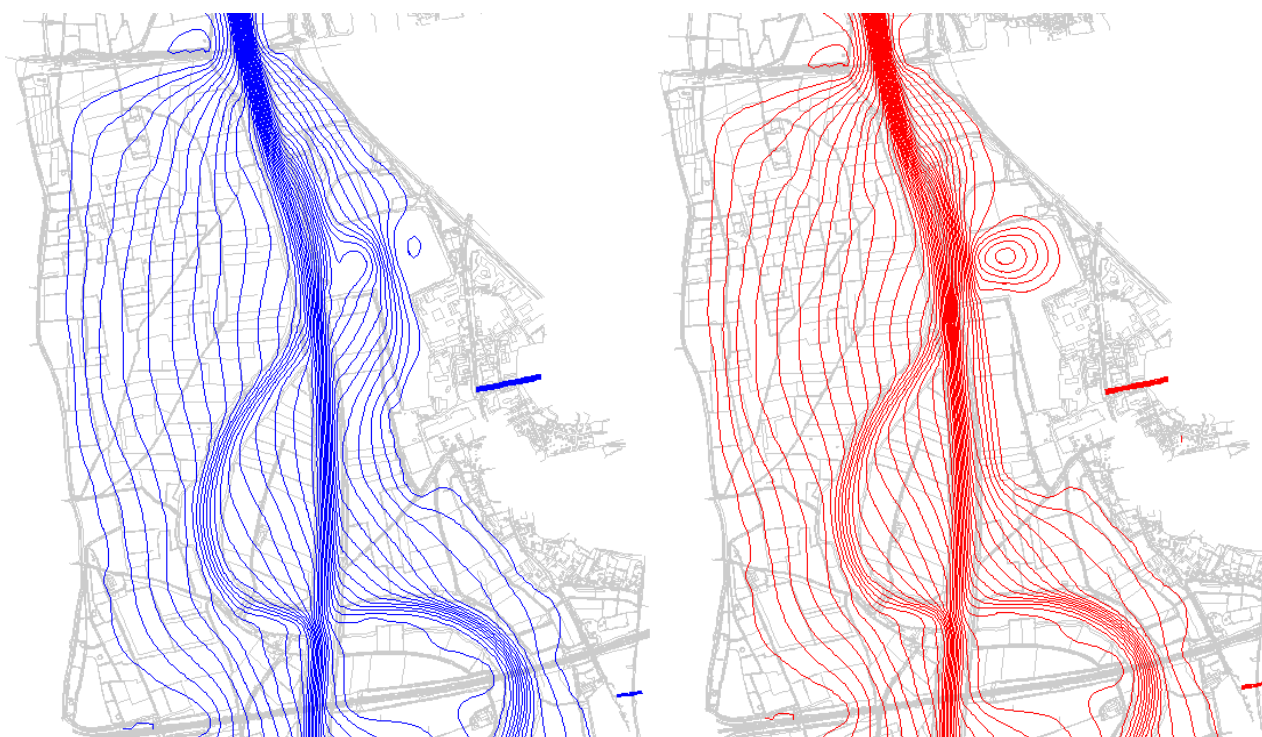


Figuur 14 Lengtedoorsnede alternatief 1: Bedrijven met groene geul (noordelijke rand in cirkel)

5.3.2 Effecten op stroomsnelheden

Het effect op de stroomsnelheden is in Bijlage 5-7 (onder) afgebeeld. Op het haventerrein en in het havenbekken is de stroomsnelheid volledig tot stilstand gekomen, hetgeen leidt tot negatieve waarden (afnamen) in de figuur. Ter hoogte van de haven leidt dit in de rest van het profiel tot hogere stroomsnelheden, omdat de rivierafvoer zich herverdeelt. De uitstroomrand, die in dit ontwerp als overstort fungeert, is ook goed te zien. Opvallend is ook de afname van de stroomsnelheid in de Oude Maasarmen. Omdat de rechteroever nu minder afvoert, wordt er minder aanspraak op de rechter Maasarm gedaan. Voor beide Maasarmen geldt overigens dat de hogere waterstand tot een iets ruimer doorstroomprofiel leidt.

Kijken we naar het algemene stroombeeld (Figuur 15), dan zien we het grote verschil ter plaatse van het haventerrein. Omdat het havenbekken niet meer meestroomt kan ook de Rijksvluchthaven niet afvoeren en ontstaat hier een spiraalstroom, die niet bijdraagt aan de afvoercapaciteit. Deze spiraalstroom treft nu een groter gebied dan in de referentiesituatie, en er circuleert een debiet van ca. 500 m³/s.

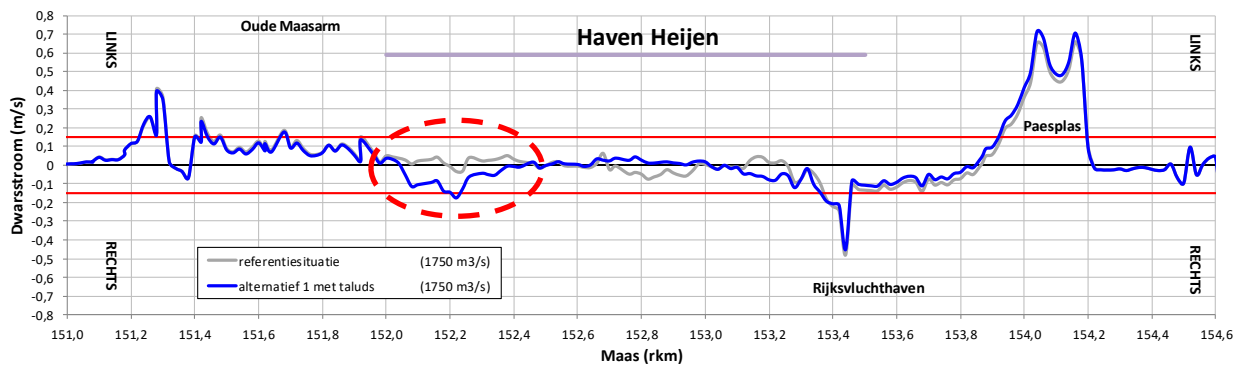


Figuur 15 Stroombanen bij 3720 m³/s (4000 m³/s te Borgharen) met 100 m³/s per stroombaan: referentie in blauw (links), alternatief 1 (bedrijven met groene geul) in rood (rechts)

Dat de groene geul onvoldoende capaciteit heeft is ook af te lezen aan het aantal stroombanen op de rechteroever ter hoogte van de haven. Het is te zien dat de ontwerpsituatie hier ongeveer 100 tot 200 m³/s afvoercapaciteit minder heeft. Teneinde voldoende rivierkundige compensatie te bieden is een zodanige verdichting van stroomlijnen nodig, dat er minstens evenveel of meer stroomlijnen op de rechteroever van de Maas zijn als in de referentiesituatie.

5.3.3 Dwaarsstroming in de vaarweg (rechteroever)

Omdat op voorhand niet te zeggen is bij welk afvoerniveau een relevant effect optreedt, is het effect op dwarsstroming voor een breed spectrum aan bevaarbare Maasafvoeren onderzocht. Bijlage 5-8 geeft hiervan het resultaat. Het grootste effect treedt op bij 1750 m³/s, wanneer de geul vanuit de Maas instroomt (dus niet vanuit de rechter Oude Maasarm). De dwarsstroom overschrijdt de richtlijn van 0,15 m/s niet. Op de locaties waar de referentiesituatie zich reeds boven de richtlijn bevindt (Rijksvluchthaven en Paesplas) wordt dit effect niet erger door het ontwerp.



Figuur 16 Effecten op dwarsstroom bij 1750 m³/s

5.4 Prognose van morfologische effecten

Morfologische effecten worden geschat met behulp van de applicatie WaqMorf. Dit is geen morfologisch simulatiemodel, maar een applicatie die enkele morfologisch relevante stroomsnelheden analyseert en een prognose afgeeft voor een nieuwe evenwichtsbodemligging op de lange termijn (optie jaargemiddeld). Als uitgangspunt geldt een morfologisch evenwicht in de referentiesituatie. Omdat dit vaak niet het geval is, kan het resultaat van de analyse bij de actuele morfologische trend worden opgeteld, ook al is die ons onbekend.

Bijlage 5-9 geeft hiervan het resultaat. De effecten op de bodem bewegen zich binnen één tot twee decimeter om de nul en worden als marginaal beoordeeld. De netto aanzanding in de nieuwe evenwichtstoestand is becijferd op 6.800 m³ (zie ook de overzichtstabel in Bijlage 3) en bedraagt nergens meer dan 0,2 m. WaqMorf geeft tevens een bovengrens van een tijdelijke situatie na een hoogwater. Dit resultaat (maximaal) lijkt zo op het jaargemiddelde, dat de figuur niet afzonderlijk weergegeven is.

5.5 Samenvatting effecten alternatief 1

De belangrijkste bevinding van dit ontwerpalternatief luidt, dat de groene geul onvoldoende afvoercapaciteit biedt. Er is zelfs een waterstandverhoging van maximaal 25 mm in de rivieras. In de Rijksvluchthaven ontstaat een spiraalstroming. De overige effecten lijken aanvaardbaar. Een eventuele optimalisatie dient vooral op het waterstandseffect gericht te zijn. Een suggestie die binnen de projectcontour kan plaatsvinden, is het verwijderen van de uitstroomrand aan het benedenstroomse uiteinde van de groene geul, die 1,5 m boven de geulbodem uitsteekt en zodoende een obstakel in de stroming vormt (zie Figuur 14).

6 Alternatief 2: Bedrijven met haven (met draaikom)

6.1 Beschrijving van de ontwerpvarianten

In Alternatief 2 is er sprake van een nieuw havenbekken ten westen van het verbrede en verhoogde haventerrein. Omdat het bekken lang en smal is, is er aan het zuidelijke uiteinde een draaikom voor de schepen. Bijlage 6-1 laat de ontwerptekening zien (Sweco, 2017), die zowel het talud als het tracé van de damwand weergeeft, en beschrijft zodoende beide varianten. Bijlage 6-2 geeft voor vier locaties de dwarsdoorsnede van het talud of de eventuele damwand.

6.2 Verwerking in het Baseline-gebiedsmodel

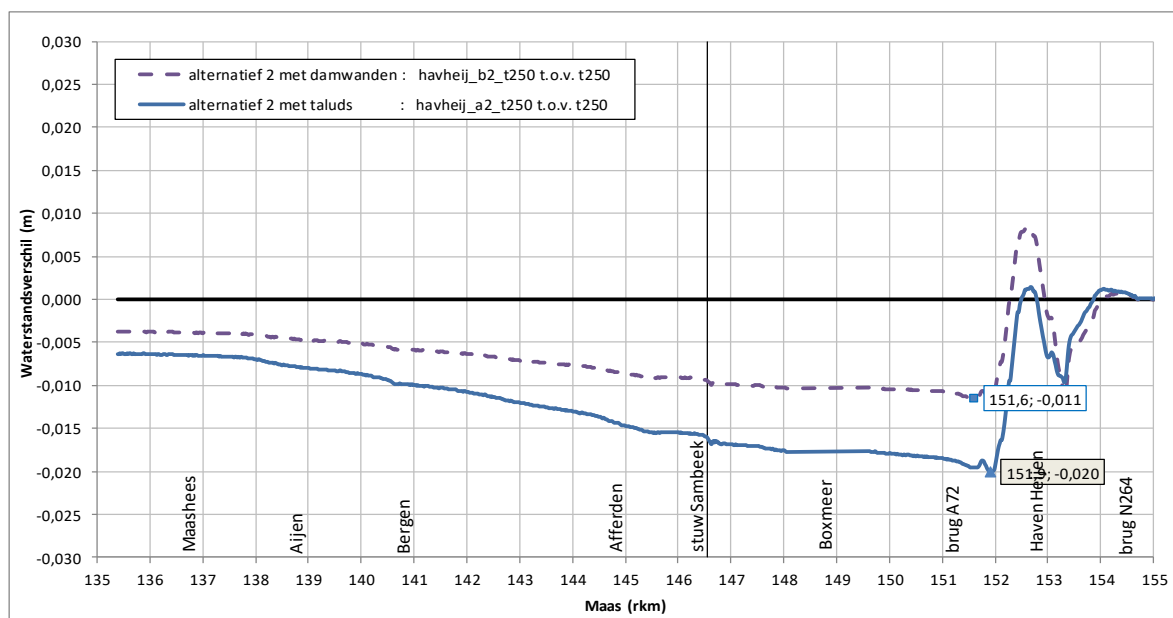
In Bijlage 6-3 is het hoogtemodel van de Baseline-gebiedsvariant met taluds afgebeeld. Het haventerrein is korter dan in alternatief 1, maar is nu van twee zijden benaderbaar. De bodemhoogte van de toegangsheuvel bedraagt 3 m+NAP. De hoogte van het bedrijventerrein is ongewijzigd (14 m+NAP en hoogwatervrij). Bijlage 6-4 laat het hoogtemodel van de variant met een damwand zien. Rondom aan de rand van het haventerrein is het verschil te zien. Bijlage 6-6 (boven) toont het bodemhoogteverschil ten opzichte van de referentie (alleen variant met taluds). Het volume van dit ontwerp (met taluds) bedraagt 790.400 m³ (netto ontgraving). De variant met damwanden heeft een netto ontgraving van 657.400 m³.

De beoogde vegetatie is op de resterende plekken die geen open water zijn, relatief onbegroeid en in overeenstemming met de actuele situatie: grasland in de geul en riet, ruigte en struweel langs de Maasover, zie Bijlage 6-5.

6.3 Hydraulische effecten

6.3.1 Effecten op waterstanden

Figuur 17 laat het waterstandseffect van de ingreep zien bij een maatgevend afvoerniveau. We zien een waterstandsdaling van maximaal 20 mm in het geval van een havenkade met een talud, en 11 mm in het geval van een verticale damwand. Het verschil van 9 mm is **relatief groot voor zo'n ogenschijnlijk detail**. Toch wordt de afvoer capaciteit van het rivierprofiel aan de westzijde van het bedrijventerrein door deze uitvoeringskeuze aanzienlijk beïnvloed.



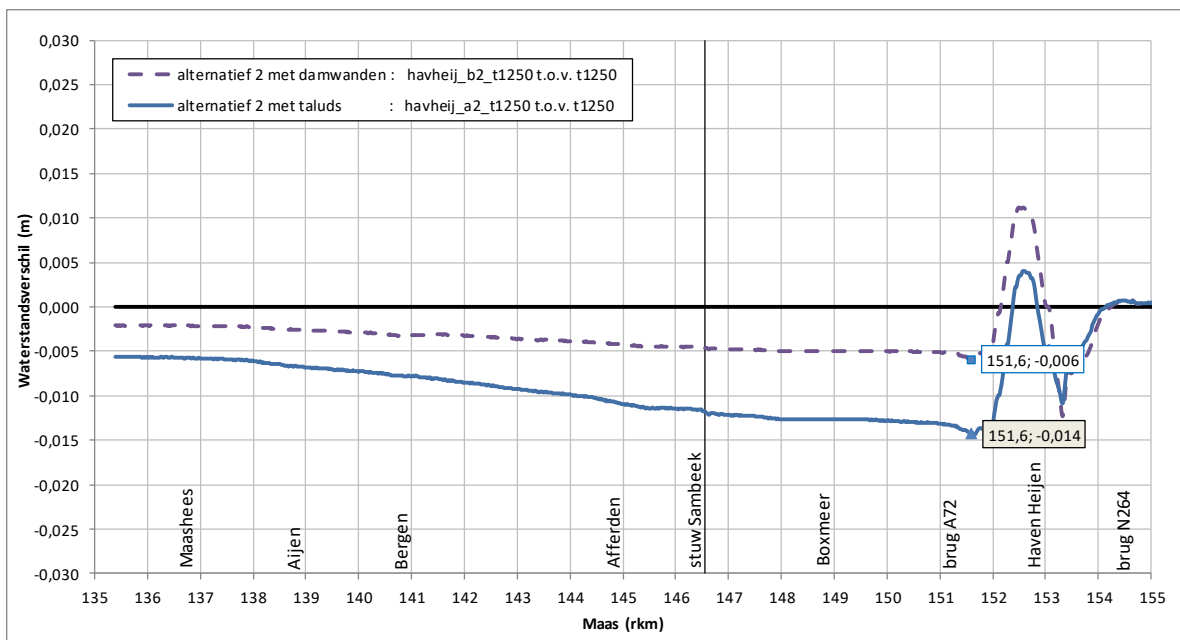
Figuur 17 Waterstandseffect alternatief 2: Bedrijven aan haven met draaikom (3430 m³/s te Borgharen)

In beide gevallen is er echter het ongebruikelijke beeld van een waterstandstoename op de plek van het nieuwe havenbekken en een daling aan boven- en benedenstroomse zijde ervan. Een verklaring voor de benedenstroomse waterstandsdaling is een snelheidshoogte-effect. Omdat de stroming nu zo geconcentreerd in de Rijksvluchthaven aankomt is er sprake van een grote snelheidshoogte met een water-

stands daling tot gevolg. De lokale waterstandstoename in het nieuwe havenbekken (en de Maas) wordt veroorzaakt doordat het haventerrein, dat nu hoogwatervrij is, de doorstroming van het oude deel van de haven belemmert. Een lokaal effect kan door de rivierbeheerder worden toegestaan indien er verder overwegend waterstands daling is.

Het onderwaterdepot ligt op een diepte van -7 m NAP. Het depot is in het model maximaal gevuld. De bovenkant heeft daarom dezelfde hoogte als de haven (3 m+NAP) en is daardoor niet van invloed op de waterstand. Aan bovenstroomse zijde verklaart de capaciteitstoename de waterstands daling.

Bijlage 6-6 (onder) laat een ruimtelijke weergave van deze grafiek zien, waarin bovendien een sterke waterstands daling op de zuidelijke instroomrand te zien is. Figuur 18 laat zien dat de effecten bij een bovenmaatgevend hoogwater kwalitatief nagenoeg gelijk zijn, echter in omvang is de waterstands daling nu iets geringer (14 resp. 6 mm). Ook voor het bovenmaatgevend afvoerniveau geldt dat een lokale waterstandstoename aanvaardbaar kan zijn, indien er verder overwegend waterstands daling is. Bijlage 6-7 (boven) toont een ruimtelijke weergave van het waterstandseffect, waarbij nu aan Limburgse zijde ook waterstanden aan binnendijkse zijde te zien zijn.



Figuur 18 Waterstandseffect alternatief 2: Bedrijven aan haven met draaikom (4000 m³/s te Borgharen)

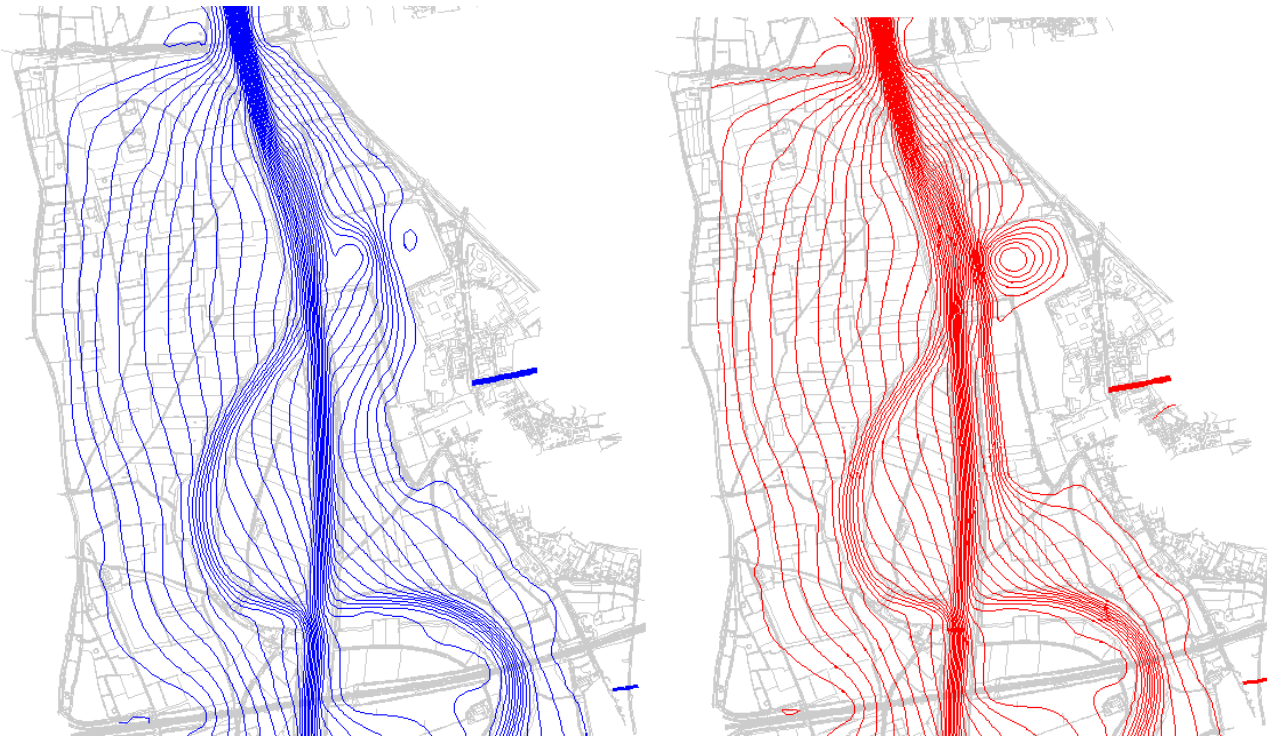
6.3.2 Effecten op stroomsnelheden

Bijlage 6-7 (onder) laat zien dat het in het nieuwe havenbekken aanzienlijk harder stroomt dan in de uiterwaard van de referentiesituatie. Ook nu is er een stromingsconcentratie bij de uitstroomopening, maar die heeft vooral te maken met de vormgeving van de landtong, een detail dat voor verbetering vatbaar is. Het achterwege laten van de verbreding zou een betere stroomlijning tot gevolg hebben (zie Figuur 19). Figuur 20 laat het effect van de ingreep op het algehele stroombeeld zien. Het lijkt op dat van Figuur 15, maar een belangrijk verschil is het verhoogd aantal stroombanen in het nieuwe havenbekken ten opzichte van de uiterwaard in de referentiesituatie. Het stroombeeld in de linker (Brabantse) uiterwaard is nu vrijwel onverstoorde. In de Rijksvluchthaven is de spiraalstroming nu sterker geworden, er circuleert nu ca. 700 m³/s.



Figuur 19 Verbreding aan het einde van de landtong (alternatief 2)

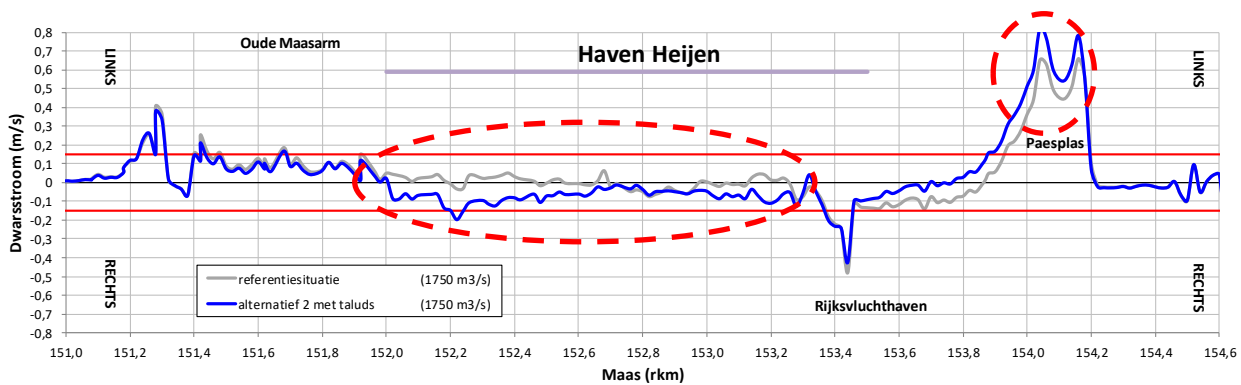
Dit is meer dan bij alternatief 1. De meest waarschijnlijke verklaring is het feit dat alternatief 2 meer debiet trekt, waardoor ook de aandrijvende kracht voor de spiraalstroming groter is. Een aandachtspunt in het ontwerp is tevens de vormgeving van de landtong (zie Figuur 19). Mogelijk leidt de uitstulping ertoe dat de stroming in de richting van de Rijksvluchthaven geduwd wordt. Het dient onderzocht te worden of het achterwege laten van de uitstulping hierin wellicht verbetering brengt.



Figuur 20 Stroombanen bij 3720 m³/s (4000 m³/s te Borgharen) met 100 m³/s per stroombaan: referentie in blauw (links), alternatief 2 (bedrijven met groene geul) in rood (rechts)

6.3.3 Dwaarsstroming in de vaarweg (rechteroever)

In Bijlage 6-8 zijn voor alle onderzochte afvoerniveaus de effecten op de dwarsstroming in de rechter normaallijn te zien. Bij de Maasafvoeren tot en met 1250 m³/s is er geen enkel effect waar te nemen. Het nieuwe havenbekken stroomt dan ook nog niet mee. Bij 1750 m³/s is het grootste effect merkbaar. De haven stroomt nu over de landtong in (zie Figuur 21: rkm 152 – 153,3). De hieraan verbonden dwarsstroming komt niet boven de richtlijn van 0,15 m/s uit. De terugstroming in de Maas ter hoogte van de Paesplas betreft nu echter een hoger debiet, wat ook met een hogere dwarsstroming gepaard gaat. De dwarsstroom ligt in de referentiesituatie al boven de richtlijn, dat wordt in het ontwerp ongunstiger. Dit is een aandachtspunt voor dit alternatief.



Figuur 21 Effecten op dwarsstroming bij 1750 m³/s (alternatief 2)

6.4 Prognose van morfologische effecten

Bijlage 6-9 geeft het resultaat van de morfologische effecten die met behulp van de applicatie WaqMorf geschat zijn. De effecten op de bodem zijn beperkt en ook verklaarbaar. Aan de bovenstroomse zijde zorgt de waterstandsval voor iets hogere stroomsnelheden, hetgeen de licht erosieve trend verklaart. Parallel aan de stroombaan is er sprake van lagere stroomsnelheden in de Maas, hetgeen de geprognosticeerde trend tot sedimentatie verklaart. Op één locatie (rkm 153,5: tegenover de invaart-opening aan de linkerzijde van de Maas) bedraagt dit getal 0,5 tot 0,6 m. De netto aanzanding in de nieuwe evenwichtstoestand is becijferd op 12.800 m³ (zie ook de overzichtstabel in Bijlage 3). Het bovengrensresultaat van WaqMorf (maximaal) lijkt zo op het jaargemiddelde, dat de figuur niet afzonderlijk weergegeven is. Opgemerkt wordt dat dergelijke effecten theoretische langjarige gemiddelden zijn, gebaseerd op een breed afvoerspectrum. Zolang er geen hoogwater is waarbij de haven substantieel meestroomt, is er in het geheel geen effect.

6.5 Samenvatting effecten alternatief 2

De belangrijkste bevinding van dit ontwerpalternatief luidt, dat het nieuwe havenbekken voldoende afvoercapaciteit biedt. Er is bovenstrooms van de haven een waterstandsval van 20 resp. 11 mm (met taluds resp. damwanden) bij een maatgevend Maasdebiet (T250). Bij een bovenmaatgevend debiet (T1250) zijn deze getallen geringer (14 resp. 6 mm). Bij de overige effecten zijn er enkele aandachtspunten. Zo is er in de geul en de Maas lokaal (rkm 152,5) een hogere waterstand dan in de referentiesituatie, omdat het hoogwatervrije terrein de doorstroming van het oude deel van de haven belemmert. Door het hogere debiet aan de rechterzijde van de Maas is de dwarsstroming bij de terugstroming in de Maas ter hoogte van de Paesplas nu ook hoger dan in de referentiesituatie. Deze waarde bevindt zich ver boven de richtlijn van 0,15 m/s. In de Rijksvluchthaven ontstaat een spiraalstroming. Het onderwaterdepot ligt op een diepte van -7 m NAP. Het depot is in het model maximaal gevuld. De bovenkant heeft daarom dezelfde hoogte als de haven (3 m+NAP) en is daardoor niet van invloed op de waterstand.

De morfologische effecten lijken beperkt, met uitzondering van een geschatte trend tot aanzanding in de hoofdgeul aan de linkerzijde van de Maas tegenover de invaart van de Rijksvluchthaven die naar de haven van Heijen leidt. Tevens wordt opgemerkt dat de stroomlijning van de landtong kan worden verbeterd.

Een eventuele ontwerptimalisatie dient vooral op deze aspecten gericht te zijn.

7 Alternatief 3: Bedrijven langs de Maas

7.1 Beschrijving van het ontwerp

In Alternatief 3 is er sprake van een breed haventerrein met een havenbekken direct aan de Maas. Omdat het bekken lang en smal is, is er aan het zuidelijke uiteinde een draaikom voor de schepen. Bijlage 7-1 laat de ontwerptekening zien (Sweco, 2017), die zowel het talud als het tracé van de damwand weergeeft, en beschrijft zodoende beide varianten. Bijlage 7-2 geeft voor vier locaties de dwarsdoorsnede van het talud of de eventuele damwand.

7.2 Verwerking in het Baseline-gebiedsmodel

Bijlage 7-3 toont het hoogtemodel van de Baseline-gebiedsvariant met taluds. Het haventerrein is een zuivere rechthoek onder een lichte hoek met de noordas en eveneens van twee zijden benaderbaar. De hoogte is gelijk aan die in de andere alternatieven (14 m+NAP en hoogwatervrij). Bijlage 7-4 laat het hoogtemodel van de variant met een damwand zien. Rondom aan de rand van het haventerrein is het verschil te zien. Bijlage 7-6 (boven) toont het bodemhoogteverschil ten opzichte van de referentie (alleen variant met taluds). De beoogde vegetatie is nu ruimtelijk anders verdeeld dan in de eerdere alternatieven, zie Bijlage 7-5. Omdat er geen landtong is verdwijnt de bestaande oeverbegroeiing. Het noordelijke uiteinde van het haventerrein wordt verlengd met een grondlichaam, dat bij lage Maasafvoeren als stroomgeleiding dient en bij hogere afvoeren overstroombaar is. Het volume van dit ontwerp (met taluds) bedraagt 770.900 m³ (netto ontgraving). De variant met damwanden heeft een netto ontgraving van 641.600 m³.

De beoogde begroeiing is natuurlijk grasland om een relatief lage hydraulische ruwheid te behouden. Bij de zuidelijke begrenzing is ook een natuurstrook voorzien, bestaande uit natuurlijk grasland met een drietal verdiepte uitsparingen, waar zich natuurlijke ruigte en struweel mag ontwikkelen.

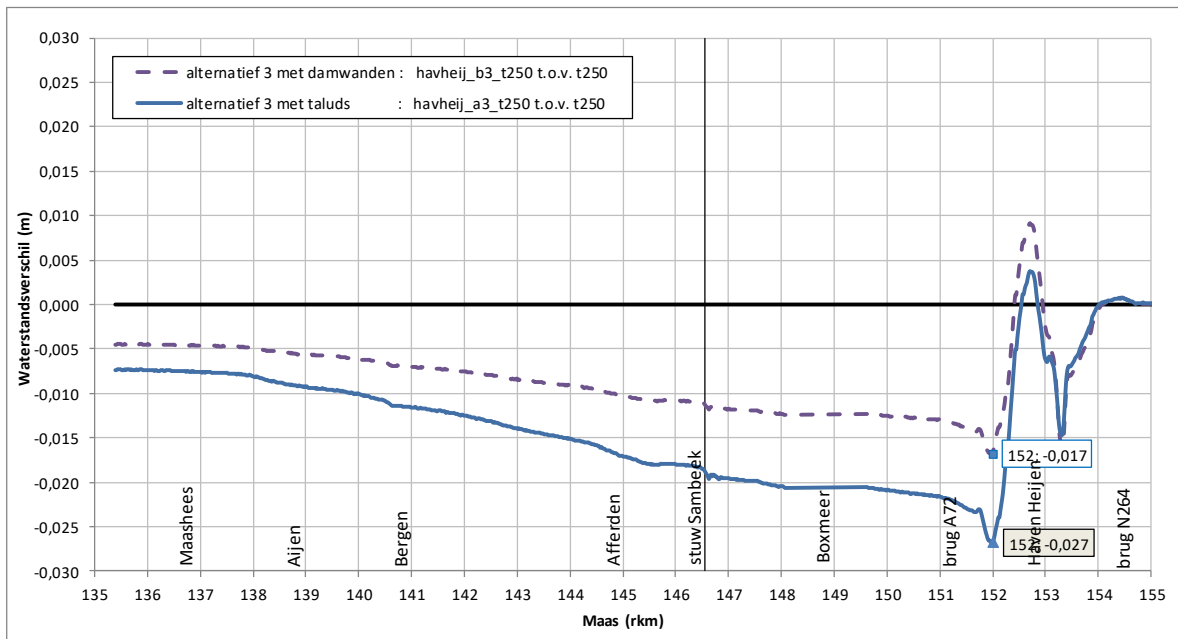
7.3 Hydraulische effecten

7.3.1 Effecten op waterstanden

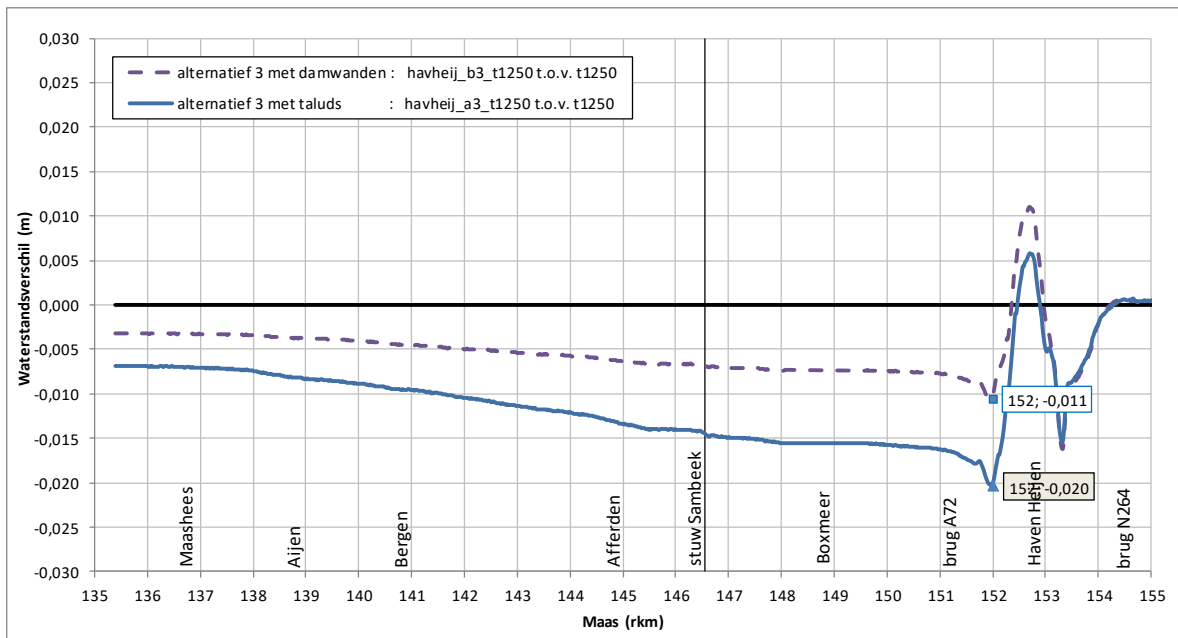
Figuur 22 laat het waterstandseffect van de ingreep zien bij een maatgevend afvoerniveau. We zien een waterstandsval van maximaal 27 mm in het geval van een havenkade met een talud, en 17 mm in het geval van een verticale damwand. Het effect is groter dan in alternatief 2, maar het onderlinge verschil tussen de varianten is vergelijkbaar. In het geval van de damwand is de uitbreiding van het rivierprofiel blijkbaar aanzienlijk beperkter dan in het geval van het talud. Bijlage 7-6 (onder) geeft een ruimtelijke weergave van deze grafiek, waarin bovenbeschreven effecten ook terug te zien zijn. Bovendien is er, evenals bij alternatief 2, een sterke waterstandsval op de zuidelijke instroomrand te zien. Het onderwaterdepot ligt buiten de stroombaan en is niet van invloed op de waterstand.

We zien in de lengterichting van de grafiek, evenals bij alternatief 2, hetzelfde beeld van een waterstandsname op de plek van het nieuwe havenbekken en een daling aan boven- en benedenstroomse zijde ervan. De verklaring is ook dezelfde. Het haventerrein vormt een aanzienlijke versmalling van het rivierprofiel. De nieuwe rivierhaven werkt als een stroomgeulverbreding en compenseert dat effect ruimschoots, maar pas verder bovenstrooms.

Figuur 23 geeft bij een bovenmaatgevend hoogwater hetzelfde beeld, maar laat toch minder sterke effecten zien. De waterstandsval wordt bij beide varianten 6 tot 7 mm minder. De benedenstroomse waterstandsval ter hoogte van de Rijksvluchthaven blijft echter gelijk. Bijlage 7-7 (boven) toont een ruimtelijke weergave van het waterstandseffect, waarbij nu aan Limburgse zijde ook waterstanden aan binnendijkse zijde te zien zijn.



Figuur 22 Waterstandseffect alternatief 3: Bedrijven langs de Maas (3430 m³/s te Borgharen-dorp)

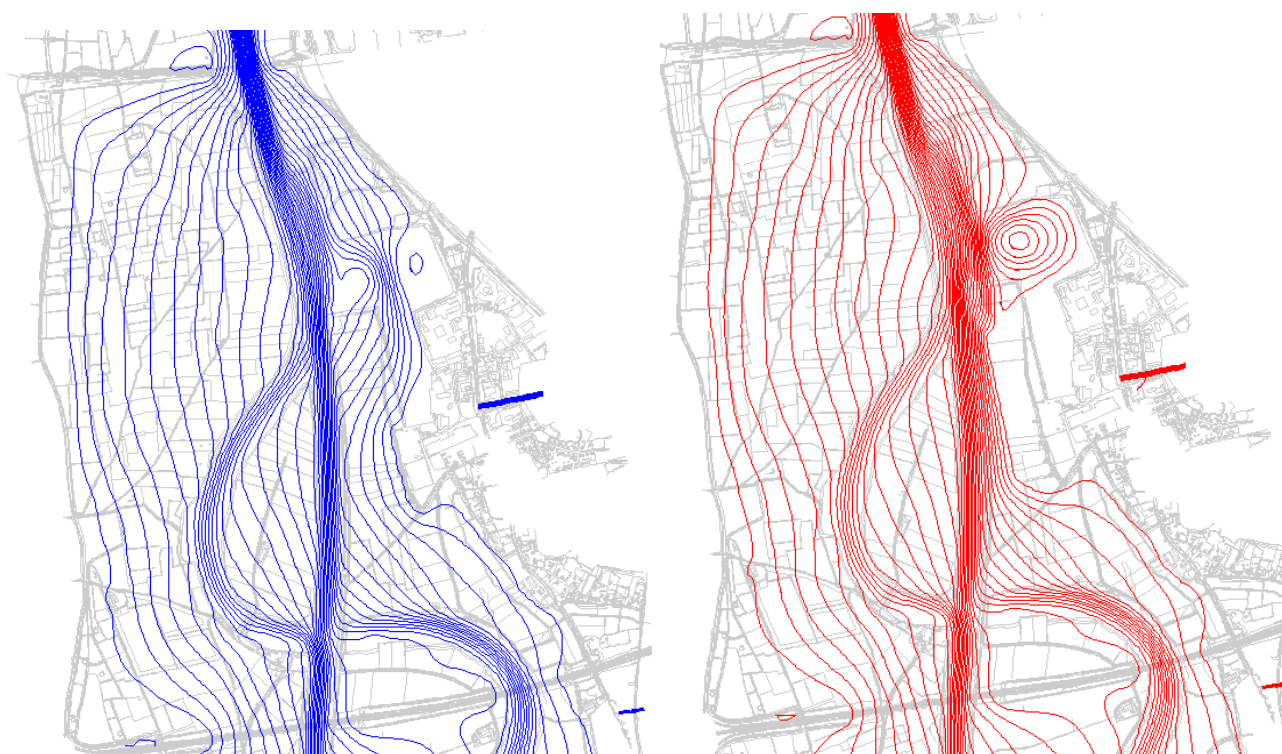


Figuur 23 Waterstandseffect alternatief 3: Bedrijven langs de Maas (4000 m³/s te Borgharen-dorp)

7.3.2 Effect op de stroomsnelheden

Bijlage 7-7 (onder) laat zien dat het in het nieuwe havenbekken harder stroomt dan in de uiterwaard van de referentiesituatie. Het verschil is niet erg groot, maar door de grotere diepte van de haven is de afvoercapaciteit veel groter. Ook nu is er een stromingsconcentratie bij de uitstroomopening, waar zich de verlengde landtong bevindt.

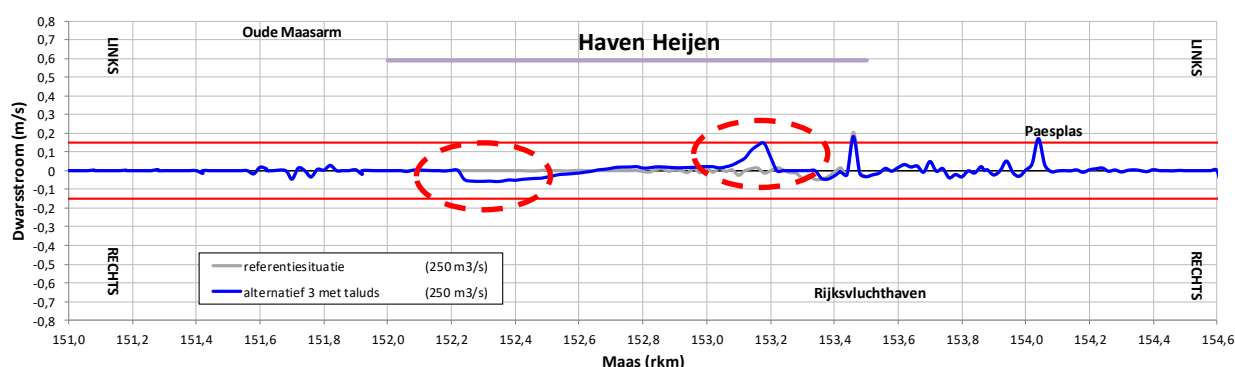
Figuur 24 laat het effect van de ingreep op het algehele stroombeeld rondom de haven zien. De concentratie van stroombanen door de nieuwe haven lijkt op die van Figuur 20, maar een belangrijk verschil is dat de stroombanen in het nieuwe havenbekken nu tegen de Maas aangedrukt zijn, zonder onderbreking van een landtong. Doordat de haven taps toeloopt zijn de stroomlijnen enigszins westwaarts gericht, waar de referentiesituatie juist oostwaarts gerichte stroomlijnen laat zien. Het ontwerp dwingt de stroming richting de Maas, waarna de instroomopening van de Rijksvluchthaven de stroming weer opnieuw toegang richting het oostelijk gelegen bekken verschaft (zie ook Figuur 26: onder). Ook bij dit alternatief is er een aanzienlijke spiraalstroming in de Rijksvluchthaven. Er circuleert nu ca. 600 m³/s.



Figuur 24 Stroombanen bij 3720 m³/s (4000 m³/s te Borgharen) met 100 m³/s per stroombaan: referentie in blauw, alternatief 3 (bedrijven met groene geul) in rood

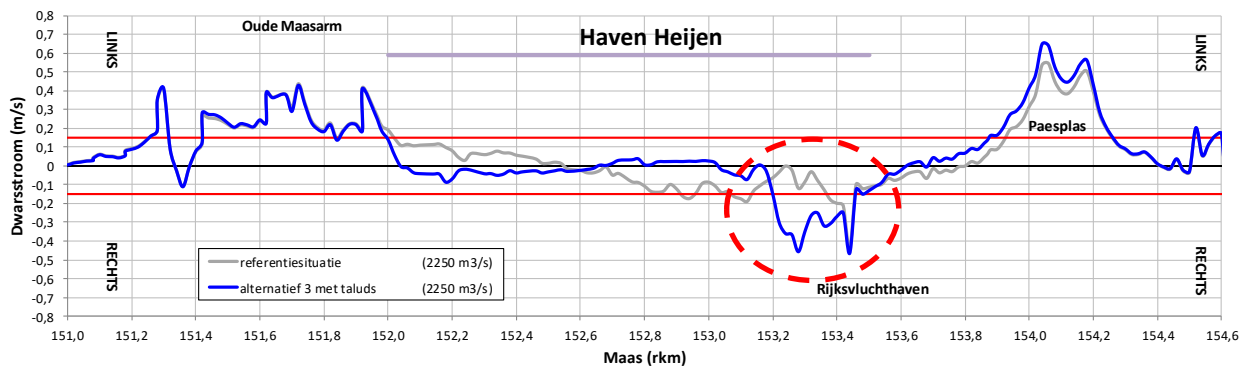
7.3.3 Dwarsstroming in de vaarweg (rechteroever)

In Bijlage 7-8 zijn voor alle onderzochte afvoerniveaus de effecten op de dwarsstroming in de rechter normaallijn te zien. Anders dan bij de eerdere alternatieven zijn er nu bij alle afvoerniveaus effecten waar te nemen. Omdat de haven een stroomgeulverbreding vormt, is er zelfs bij 250 m³/s een lichte dwarsstroming naar rechts te zien en een iets heftiger terugstroming naar links aan het einde van de nieuwe haven (Figuur 25). Deze waarde overschrijdt de richtlijn bij de onderzochte afvoerniveaus van 600 en 1250 m³/s (zie Bijlage 7-8).



Figuur 25 Effecten op dwarsstroming bij het laagste respectievelijk hoogste onderzochte afvoerniveau (250 m³/s)

Het in de vorige alinea beschreven effect van de geconcentreerde instroming van de Rijksvluchthaven bij de invaartopening is duidelijk in Figuur 26 te zien, hoewel het een geheel ander afvoerniveau betreft. De dwarsstroom ligt met pieken tot 0,5 m/s ver boven de richtlijn. De terugstroming in de Maas ter hoogte van de Paesplas betreft nu, evenals bij alternatief 2, opnieuw een hoger debiet dan in de referentiesituatie, wat ook met een hogere dwarsstroming gepaard gaat. De dwarsstroom ligt in de referentiesituatie al boven de richtlijn, dat wordt in het ontwerp van alternatief 3 ongunstiger. Dit is ook voor dit alternatief een aandachtspunt.



Figuur 26 Effecten op dwarsstroming bij het laagste respectievelijk hoogste onderzochte afvoerniveau (2250 m³/s)

7.4 Prognose van morfologische effecten

Bijlage 7-9 geeft het resultaat van de morfologische effecten die met behulp van de applicatie WaqMorf geschat zijn. De effecten op de bodem zijn nu naast de rivierhaven zeer substantieel: hier wordt een bodemstijging van 4 m voor de lange termijn geprognotiseerd. Of dit getal realistisch is, valt te betwijfelen, maar een feit is dat de stroomsnelheid bij alle morfologisch relevante rivierafvoeren (van mediaan tot middelhoog) hier wordt beïnvloed. Een aanzienlijke bodemrespons is dan ook niet onrealistisch. Aan de bovenstroomse zijde zorgt de waterstandsdeling voor iets hogere stroomsnelheden, hetgeen de licht erosieve trend verklaart. De netto aanzanding in de nieuwe evenwichtstoestand is becijferd op 85.300 m³ (zie ook Bijlage 3). Anders dan bij alternatief 2 treedt deze aanzanding gedurende het gehele jaar op. Immers de haven vormt een stroomgeulverbreding van de Maas, die bij elk afvoerniveau een verlaging van stroomsnelheden tot gevolg heeft.

Het bovengrensresultaat van WaqMorf (maximaal) lijkt, evenals bij de eerdere alternatieven, zo op het jaargemiddelde, dat de figuur niet afzonderlijk weergegeven is.

7.5 Samenvatting effecten alternatief 3

De belangrijkste bevinding van dit ontwerpalternatief luidt, dat het nieuwe havenbekken voldoende afvoercapaciteit biedt. De waterstandsdeling bedraagt bij een maatgevend Maasdebiet (T250) 27 resp. 17 mm (taluds resp. damwanden). Bij een bovenmaatgevend debiet (T1250) zijn deze getallen geringer (20 resp. 11 mm). De stroomlijning laat echter te wensen over. De vorm van het havenbekken dwingt de stroomlijnen richting de Maas, waar juist een omgekeerde richting meer wenselijk zou zijn. Een in stroomrichting taps uitlopend ontwerp zou dan mogelijk ook beter zijn dan een taps toelovend ontwerp. Het gevolg hiervan is dat er een drukpunt tussen de nieuwe haven en de Rijksvluchthaven in de Maas wordt gecreëerd. Het onderwaterdepot ligt buiten de stroombaan en is niet van invloed op de waterstand. In de Rijksvluchthaven ontstaat een spiraalstroming.

Dwaarsstroming is hierdoor een probleem, vooral bij de bestaande invaartopening, maar ook bij de terugstroming ter hoogte van de Paesplas. Er is ook op lange termijn een aanzienlijke aanzanding te verwachten parallel aan de nieuwe haven die feitelijk als stroomgeulverbreding fungeert en daarmee over het gehele afvoerbereik de riviermorfologie beïnvloedt. Het is de vraag of een eventuele ontwerp-optimalisatie, zoals voorgesteld, uitkomst biedt. Mogelijk moet geconcludeerd worden, dat het concept van deze oplossing eenvoudigweg ongunstig is.

8 Voorkeursalternatief

8.1 Algemeen

De uitbreidingsbehoefte van Haven Heijen is door de initiatiefnemers vertaald in een planvoornemen, dat is voorgelegd aan de bevoegde gezagen. Uiteindelijk hebben deze bevoegde gezagen er onder voorwaarden mee ingestemd hun medewerking te verlenen aan dit planvoornemen en is de procedure om te komen tot bestemmingsplanwijziging en vergunningverlening van start gegaan met het doorlopen van de m.e.r.-procedure. Nadat deze m.e.r.-procedure is doorlopen, is naar aanleiding van de daarin gegeven resultaten een voorkeursalternatief bepaald, waarmee de verdere procedure van bestemmingsplanwijziging en vergunningverlening wordt ingezet.

In het MER zijn een nulalternatief (referentiesituatie), drie inrichtingsalternatieven op het planvoornemen en vijf varianten onderzocht. Mede op basis van het MER is vast komen te staan dat alternatief 2 **'bedrijven met haven' inclusief enkele, beperkte aanpassingen** enerzijds het meest recht doet aan de doelen gesteld aan het planvoornemen en anderzijds voor wat betreft de meest bepalende milieueffecten de voorkeur heeft.

8.2 Van alternatief 2 naar het voorkeursalternatief

Vanwege de aan het MER ten grondslag liggende onderzoeksrapporten en adviezen met betrekking tot de aspecten geotechniek, nautica en hydraulica, landschap/natuur is alternatief 2 beperkt aangepast om daarmee te komen tot het uiteindelijke voorkeursalternatief. De belangrijkste aanpassingen betreffen:

- Vanuit het aspect geotechniek bleken de taluds van 1:1,5 van het bedrijventerrein en van de Maasoever niet aan de stabiliteitseisen te kunnen voldoen. Deze zijn in het voorkeursalternatief aangepast naar taluds van 1:2;
- Vanuit het aspect nautica bleek het behouden van de oorspronkelijke steenbestorting als gevolg van de doortrekking van de Maas in de jaren '70 de toegang tot de haven te bemoeilijken. Deze bestorting is in het voorkeursalternatief verwijderd om de toegang tot de haven te verbeteren;
- Vanuit het aspect hydraulica bleek de hiervoor genoemde bestorting eveneens ongewenst en is deze ook mede hierdoor in het voorkeursalternatief verwijderd.
- Vanuit het aspect hydraulica bleek het doorstroomprofiel van de havengeul te klein. In het voorkeursalternatief is deze verbreed met als gevolg dat de oppervlakte van het bedrijventerrein iets verkleind is.
- Vanuit landschap en natuur zijn diverse land- en waterovergangen door middel van ondiepe onderwaterbermen verfijnd.
- Tenslotte maakt het toepassen van damwanden (één van de onderzochte varianten in het MER) onderdeel uit van het voorkeursalternatief. Deze damwanden kunnen direct worden toegepast, maar zullen geheel of gedeeltelijk mogelijk pas op termijn worden gerealiseerd.

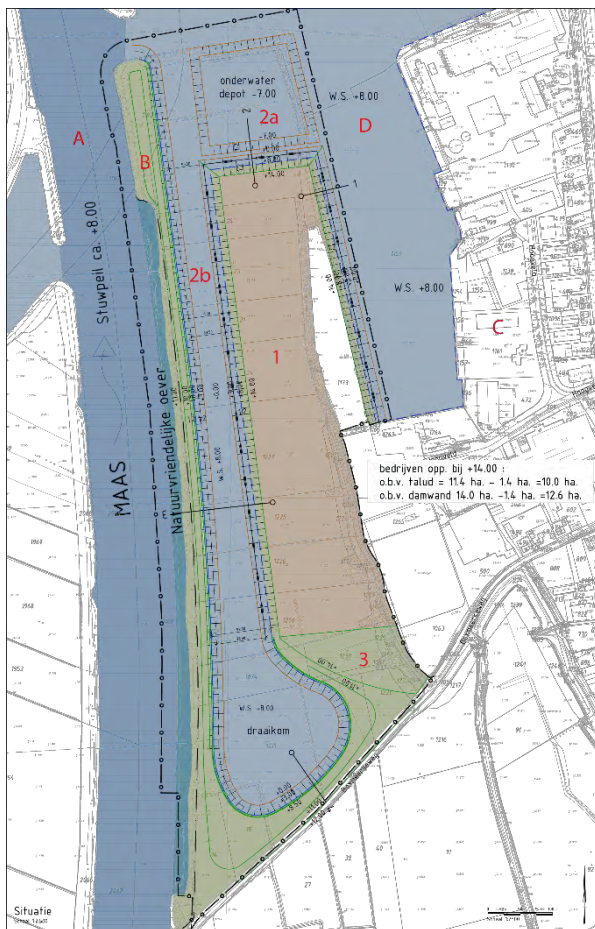
Het voorkeursalternatief is uiteindelijk het plan zoals dat in het bestemmingsplan mogelijk gemaakt wordt. Hieronder wordt het plan nader beschreven.

8.3 Planbeschrijving

Met het plan wordt de bestaande Haven Heijen uitgebreid met een nieuw watergebonden bedrijventerrein, inclusief overslagkade. Het plan bestaat uit de volgende onderdelen (zie figuur 2.1):

1. Realiseren van een watergebonden overslaglocatie / bedrijventerrein met een omvang van maximaal circa 12,6 hectare bruto (de breedte van het nieuwe bedrijventerrein is circa 140 - 180 meter) en een kadelengte van minimaal 1.270 meter (nummer 1 in figuur 2.1). Hierop wordt maximaal milieucategorie 5.2 toegestaan en is een maximale bouwhoogte van 20 meter voorzien;
2. Graven van een toegangseul en draaikom inclusief een onderwaterdepot voor tijdelijke opslag van grondstoffen (nummers 2a en 2b in figuur 2.1). Dit gebied is in totaal 14,7 hectare groot. De nieuwe graven toegangseul krijgt tevens een functie ten behoeve van hoogwaterbescherming (meekoppelkansen).

- 2a. Het onderwaterdepot is nodig om als er grotere hoeveelheden grondstoffen (grind) aangeboden worden dan er ter plekke verwerkt kunnen worden of vermarkt kunnen worden, deze toch kunnen worden geaccepteerd. Deze kunnen dan later weer uit depot gehaald worden om alsnog verwerkt of vermarkt te worden. Naar verwachting wordt er circa 5x per jaar materiaal in het depot gestort en wordt het depot circa 2x per jaar geleegd. Storten vindt plaats middels onderlossers dan wel met een kraan op een ponton. Het weer ophalen van de gestorte delfstoffen vindt plaats met behulp van een zuiger of een kraan. Het depot heeft een omvang van circa 3 hectare.
- 2b. De toegangsheul is toegankelijk voor schepen van klasse Vb, heeft een vaarbreedte van 52 tot 75 meter en is in totaal maximaal 100 meter breed en exclusief draaikom circa 720 m lang. De toegangsheul is 5 meter diep, doch heeft in verband met sedimentatie een overdiepte van 3 meter. De draaikom in het meest zuidelijke deel van de nieuwe havenarm heeft een oppervlak van circa 4,6 hectare, zodat schepen kunnen draaien.
3. Realiseren van watergebonden natuur (nummer 3 in Figuur 27). Dit gebied is circa 11,9 hectare groot.



Verklaring Symbolen:

- A: De Maas
- B: Natuurvriendelijke oever Rijkswaterstaat
- C: Bestaand bedrijventerrein Hoogveld
- D: Rijksvluchthaven
- 1: Nieuw bedrijventerrein
- 2a: Toegangsheul gedeelte onderwaterdepot
- 2b: Toegangsheul gedeelte insteekhaven
- 3: Watergebonden natuur

Figuur 27 Planvoornemen uitbreiding Haven Heijen

8.4 Ontwerpvarianten

Het voorkeursalternatief bouwt voort op het nieuwe havenbekken met een draaikom ten westen van het verhoogde en uitgebreide haventerrein (alternatief 2). Bijlage 8-1 laat de ontwerptekening zien (Sweco, 2018). In Bijlage 8-2 staan 19 dwarsprofielen getekend. Twee belangrijke verschillen ten opzichte van alternatief 2 zijn:

- Het bolvormig uiteinde van de landtong is vervallen, zodat de schepen uit de haven niet eerst oostwaarts moeten manoeuvreren om de Maas op te varen.
- De taluds zijn nu steiler, namelijk 1:2 (in tegenstelling tot 1:3 in alternatief 2), uitgaande van dezelfde kruinlijnen. Hierdoor wordt het profiel van de haven iets ruimer.

Verder zijn er geen verschillen ten opzichte van alternatief 2.

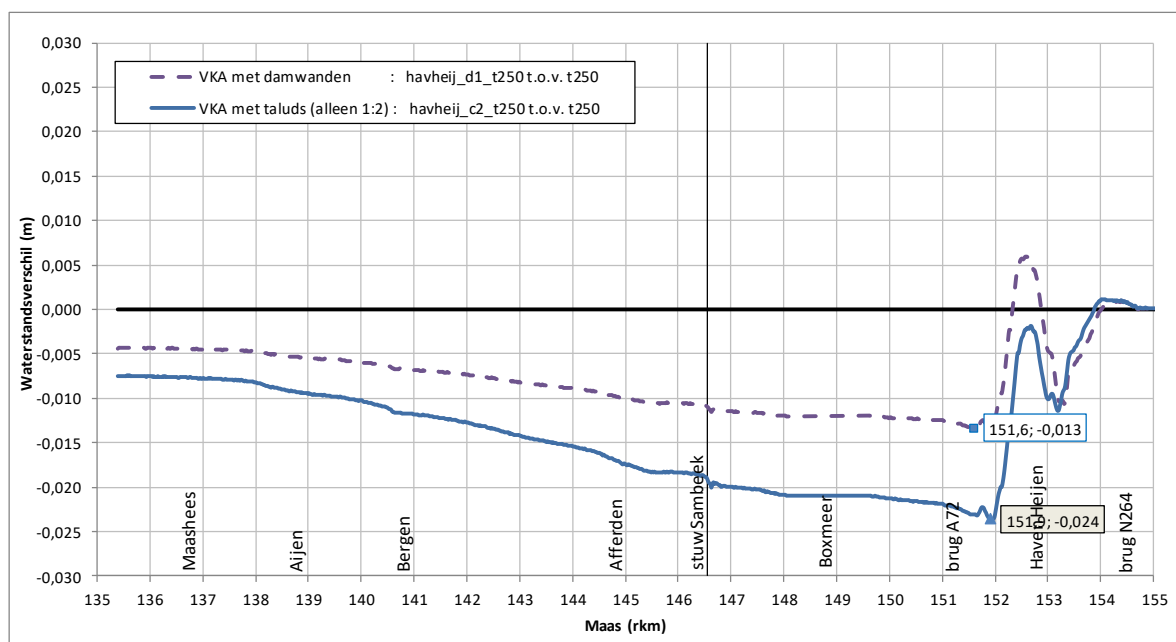
8.5 Verwerking in het Baseline-gebiedsmodel

Bijlage 8-3 laat het hoogtemodel in Baseline zien. De taluds zijn iets anders uitgevoerd dan in het Autocad-model, namelijk met een middenberm. De variant met verticale damwanden staat in Bijlage 8-4 afgebeeld. Het volume van dit ontwerp (met taluds) bedraagt 840.400 m³ (netto ontgraving). De variant met damwanden heeft een netto ontgraving van 683.500 m³. Er zijn geen effecten in combinatie met omliggende projecten beschouwd (zoals Afferden, Oeffelt), zoals dat in het kader van het Deltaprogramma Rivieren veelal wordt gedaan. Een combinatie van ingrepen kan meer waterstandsvaling opleveren. De verdeling van de vegetatie en verharde oppervlakten (Bijlage 8-5) is zoals beschreven bij alternatief 2. Bijlage 8-6 (boven) toont de bodemhoogteverschillen ten opzichte van de referentiesituatie.

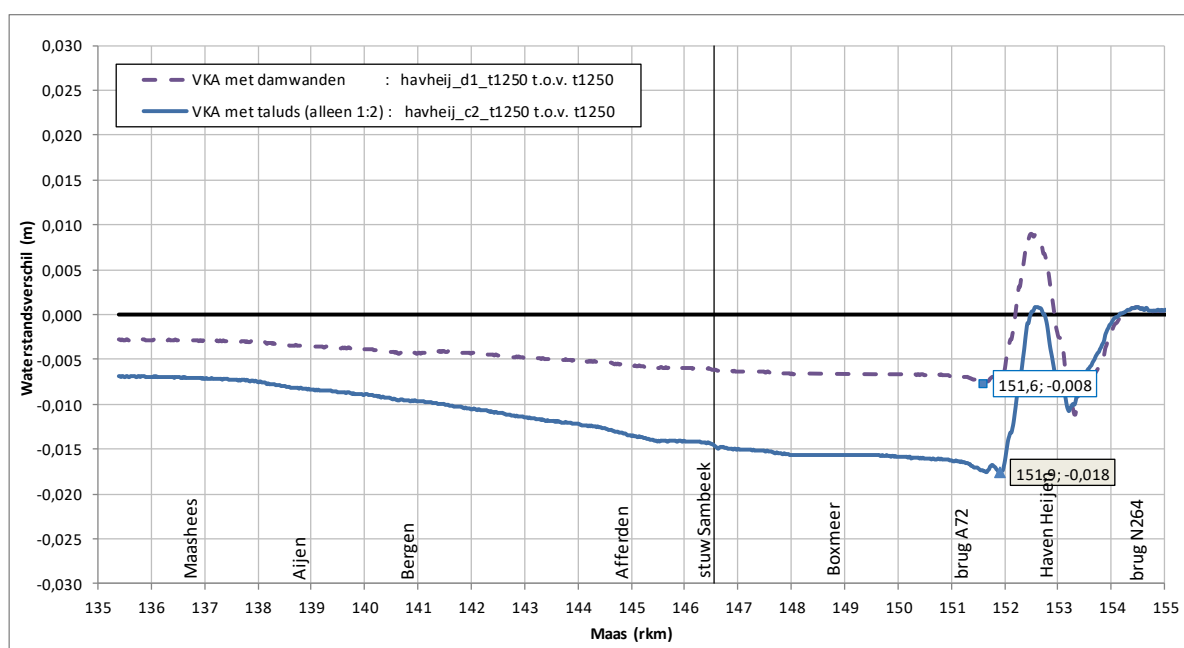
8.6 Hydraulische effecten

8.6.1 Effecten op waterstanden

De waterstandseffecten lijken op die van alternatief 2, maar zijn nog iets sterker door het steilere talud.



Figuur 28 Waterstandseffect VKA: Bedrijven aan haven met draaikom (3430 m³/s te Borgharen-dorp)

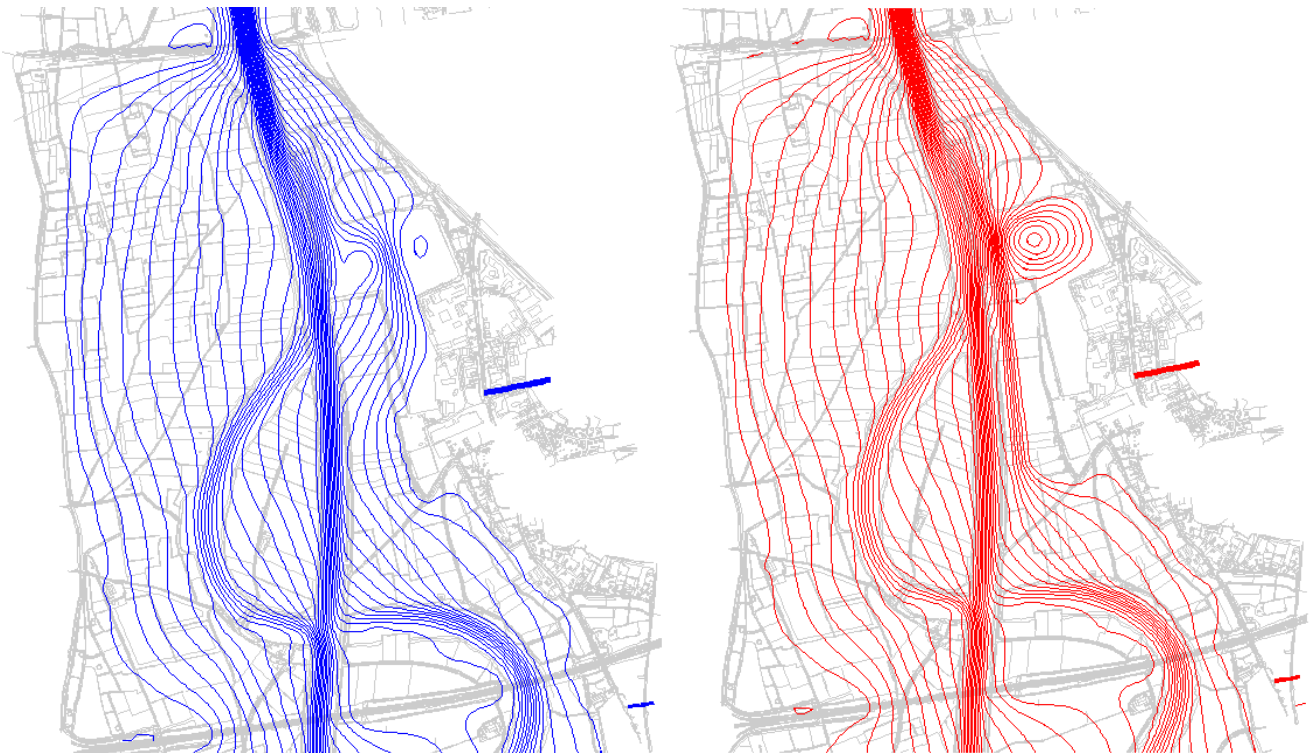


Figuur 29 Waterstandseffect VKA: Bedrijven aan haven met draaikom (4000 m³/s te Borgharen-dorp)

Er is bovenstrooms van de haven een waterstandsdaling van 24 resp. 13 mm (met taluds resp. damwanden) bij een maatgevend Maasdebiet (T250). Hierdoor is het doorstroombare profiel iets ruimer. De onderlinge verschillen tussen de beide varianten zijn vergelijkbaar met alternatief 2. Figuur 28 laat de effecten in de rivieras zien voor een maatgevend afvoerniveau. Bijlage 8-6 (onder) geeft het ruimtelijke beeld. Figuur 29 presenteert het waterstandseffect in de rivieras bij een bovenmaatgevend afvoerniveau. Het resultaat is vergelijkbaar met het maatgevend afvoerniveau, maar in omvang iets geringer (18 resp. 11 mm met taluds resp. damwanden). Het onderwaterdepot ligt op een diepte van -7 m NAP. Het depot is in het model maximaal gevuld. De bovenkant heeft daarom dezelfde hoogte als de haven (3 m+NAP) en is daardoor niet van invloed op de waterstand. Ook dit lijkt op het resultaat van alternatief 2, al zijn de effecten van het VKA ook bij dit afvoerniveau iets groter dan die van alternatief 2. Bijlage 8-7 (boven) geeft het ruimtelijke beeld, waarbij nu ook binnendijks water staat.

8.6.2 Effecten op stroomsnelheden

Bijlage 8-7 (onder) geeft ruimtelijk de effecten op de stroomsnelheden weer bij een bovenmaatgevend afvoerniveau. Hoewel het resultaat niet identiek is, past de kwalitatieve beschrijving van alternatief 2 ook op dit resultaat (paragraaf 6.3.2). Dit geldt ook voor het effect op het algemene stroombeeld.

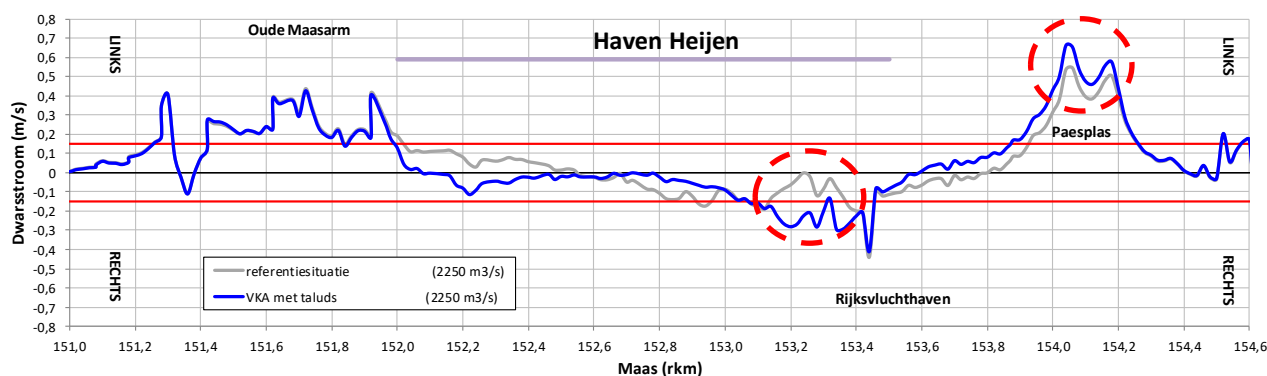


Figuur 30 Stroombanen bij 3720 m³/s (4000 m³/s te Borgharen) met 100 m³/s per stroombaan: referentie in blauw (links), voorkeursalternatief in rood (rechts)

Figuur 30 toont het stroombeeld van de referentiesituatie en dat van het Voorkeursalternatief nu op iets grotere schaal naast elkaar. In de Rijksvluchthaven is nog steeds sprake van een spiraalstroming van ca. 700 m³/s. Dat betekent dat de vormgeving van de landtong hierin geen verbetering brengt.

8.6.3 Dwarsstroming in de vaarweg (rechteroever)

Bijlage 8-8 laat voor alle onderzochte afvoerniveaus de effecten op de dwarsstroming in de rechter normaallijn zien. Bij de Maasafvoeren tot en met 1250 m³/s is er geen enkel effect waar te nemen. Het nieuwe havenbekken stroomt dan ook nog niet mee. Bij 1750 en 2250 m³/s zijn er merkbare effecten. Figuur 31 toont het hoogste onderzochte, voor scheepvaart relevante afvoerniveau (2250 m³/s). Juist bovenstrooms van de Rijksvluchthaven begint de instroming over de landtong van de nieuwe haven (naar rechts) zich te ontwikkelen, hetgeen leidt tot een overschrijding van de richtlijn voor dwarsstroming over een langere lengte dan in de referentiesituatie. De terugstroming in de Maas ter hoogte van de Paesplas gaat ook met een hogere naar links gerichte dwarsstroming gepaard. De dwarsstroom ligt in de referentiesituatie al boven de richtlijn, dat wordt in het ontwerp ongunstiger. Dit is een aandachtspunt voor het ontwerp.



Figuur 31 Effecten op dwarsstroming bij 2250 m³/s (Voorkeursalternatief met damwanden)

8.7 Prognose van morfologische effecten

Bijlage 8-9 geeft het resultaat van de morfologische effecten die met behulp van de applicatie WaqMorf geschat zijn. De effecten op de bodem zijn vergelijkbaar met die van alternatief 2: Aan de bovenstroomse zijde zorgt de waterstandsval voor iets hogere stroomsnelheden, hetgeen de licht erosieve trend verklaart. Parallel aan de stroombaan is er sprake van lagere stroomsnelheden in de Maas, hetgeen de geprognoseerde trend tot sedimentatie verklaart. Op de locatie, waar bij alternatief 2 al een knelpunt is gesignaleerd (zie paragraaf 6.4), namelijk tegenover de invaartopening aan de linkerzijde van de Maas, is deze prognose van de sedimentatie in het VKA 0,6 tot 0,7 m. De netto aanzanding in de nieuwe evenwichtstoestand is becijferd op 14.000 m³ en lijkt in orde van grootte erg op die van alternatief 2 (zie ook Bijlage 3). Ook nu wordt opgemerkt, dat dergelijke effecten theoretische langjarige gemiddelden zijn, gebaseerd op een breed afvoerspectrum. Zolang er geen hoogwater is waarbij de haven substantieel meestroomt, is er in het geheel geen effect.

Het bovengrensresultaat van WaqMorf (maximaal) lijkt zo op het jaargemiddelde, dat de figuur niet afzonderlijk weergegeven is.

8.8 Samenvatting effecten Voorkeursalternatief

Het voorkeursalternatief vormt een optimalisatie van alternatief 2. De belangrijkste bevinding luidt, dat het nieuwe havenbekken voldoende afvoercapaciteit biedt om de verbreding en verhoging van het haventerrein te compenseren. Er is bovenstrooms van de haven een waterstandsval van 24 resp. 13 mm (met taluds resp. damwanden) bij een maatgevend Maasdebiet (T250). Bij een bovenmaatgevend debiet (T1250) zijn deze getallen geringer (18 resp. 11 mm). Dit zijn singuliere effecten zonder rekening te houden met omliggende en aansluitende projecten in de directe nabijheid.

In de Rijksvluchthaven ontstaat een spiraalstroming van ca. 700 m³/s. Deze stroming gaat niet met grote stroomsnelheden gepaard, maar kan wel aanleiding tot sedimentatie vormen. De resultaten hebben laten zien, dat deze spiraalstroming bij alle alternatieven optreedt, en een bijeffect is van de toegenomen afvoercapaciteit van de haven. Indien deze spiraalstroming tot nadelige gevolgen leidt, moeten we ons voor dit aspect vooral op mitigerende maatregelen richten. Opgemerkt wordt dat dit alleen gebeurt bij een dermate groot hoogwater dat het nieuwe havenbekken daadwerkelijk gaat stromen.

Het onderwaterdepot ligt op een diepte van -7 m NAP. Het depot is in het model maximaal gevuld. De bovenkant heeft daarom dezelfde hoogte als de haven (3 m+NAP) en is daardoor niet van invloed op de waterstand.

Bij de overige effecten zijn er enkele aandachtspunten. Door het hogere debiet aan de rechterzijde van de Maas is de dwarsstroming bij de terugstroming in de Maas ter hoogte van de Paesplas nu ook hoger dan in de referentiesituatie. Deze waarde bevindt zich ver boven de richtlijn van 0,15 m/s (hetgeen in de referentiesituatie overigens ook het geval is).

De morfologische effecten lijken beperkt, met uitzondering van een geschatte lokale aanzanding van 0,6 tot 0,7 m in de hoofdgeul aan de linkerzijde van de Maas tegenover de invaart van de Rijksvluchthaven.

9 Samenvatting van de resultaten en Rivierkundig Beoordelingskader

9.1 Inleiding

Teneinde de resultaten volgens de methodiek van Rijkswaterstaat te beoordelen, zijn onderstaand de modelresultaten nog eens toegelicht aan de hand van de punten van het Rivierkundig Beoordelingskader (Rijkswaterstaat, 2017; Bijlage 1). Grondwatereffecten vormen geen onderdeel van het Rivierkundig Beoordelingskader, noch van deze achtergrondrapportage Rivierkunde. Zie ook Bijlage 3.

9.2 Beoordelingscriteria

9.2.1 Hoogwaterveiligheid

- 1.1: Alternatief 1 leidt tot waterstandsverhoging² van maximaal 24 mm en is in de huidige vorm niet vergunbaar. Wij zijn van mening dat dit door een ontwerpoptimalisatie te verhelpen is. Alternatief 2 leidt tot een waterstandsvaling² van maximaal 20 mm. Alternatief 3 leidt tot iets meer waterstandsvaling², namelijk maximaal 27 mm. Ter plaatse van het haventerrein is er een lokale waterstandstoename die de waterkeringen echter niet bereikt. Voor het VKA geldt de beoordeling van alternatief 2, echter met iets meer waterstandsvaling², namelijk maximaal 24 mm. De varianten met damwanden doen het minder goed dan de hoofdalternatieven met taluds. Met uitzondering van alternatief 1 kan er worden gesteld dat het toepassen van damwanden gemiddeld ca. 10 mm aan waterstandseffect kost. Bij een bovenmaatgevend hoogwater (4.000 m³/s te Borgharen) zijn de effecten gemiddeld ca. 5 mm geringer (exacte getallen: zie Hoofdstuk 5 - 8).
- 1.2: De waterstandseffecten in de rivieras worden grotendeels gevolgd langs de waterkeringen.

9.2.2 Hinder of schade

- 2.1: De inundatiefrequentie van de uiterwaard wordt niet beïnvloed.
- 2.2: Het grootschalig stroombeeld wordt aan de rechterzijde van de stroomgeul beïnvloed. De stroomlijnen zien er bij alle alternatieven en varianten ongeveer gelijk uit, alleen de lokale afvoerdichtheid verschilt.
- 2.3: Het effect ten aanzien van dwarsstroming voor de scheepvaart is tussen de alternatieven zeer onderscheidend. Bij alternatief 1 is het effect het geringst. Bij alternatief 2 leidt de grotere afvoercapaciteit tot meer terugstroming ter hoogte van de Paesplas. De stroomsnelheid is in de referentiesituatie al boven de richtlijn. Dit alternatief verslechtert dit aspect. Alternatief 3 scoort heel slecht omdat de stroomlijning van de haven, die een stroomgeulverbreding vormt, ongunstig is. Hier treedt bij relatief lage afvoeren ook dwarsstroming boven de richtlijn op. Voor het VKA geldt de beoordeling van alternatief 2.
- 2.6: n.v.t.

9.2.3 Morfologie

- 3.1: Een kwantitatieve toetsing aan morfologische effecten heeft niet plaatsgevonden. Een schatting op basis van WaqMorf laat toch belangrijke verschillen zien. Alternatief 1 toont weinig effecten. Bij alternatief 2 laat het resultaat een lokale sedimentatie bij de invaartopening zien. Het effect van alternatief 3 is een extreme sedimentatie ter plaatse van de haven. Voor het VKA geldt dezelfde beoordeling als voor alternatief 2.
- 3.2: In alle gevallen is er een ander stroombeeld in Rijksvluchthaven. Dit zou aanleiding kunnen zijn tot meer sedimentatie in de plas. De alternatieven zijn op dit punt ook niet onderling onderscheidend. Mogelijk moet rekening gehouden worden met meer onderhoudswerk. Te denken valt aan meer baggeren na een hoogwater. Hierbij wordt benadrukt, dat er geen effect is zolang er geen sprake is van hoogwaters waarbij het havenbekken daadwerkelijk meestroomt.

² De in deze paragraaf genoemde getallen hebben betrekking op het effect van de alternatieven met taluds bij een Maasdebiet van 3430 m³/s te Borgharen-dorp (T250).

9.3 Scoringstabel

Bovengenoemde resultaten staan in Tabel 2 samengevat in de vorm van beoordelingen (++ = zeer positief, + = positief, 0/+ = enigszins positief, 0 = neutraal, - = negatief), zodat een onderlinge vergelijking effectief kan plaatsvinden.

Tabel 2 Beoordeling van de alternatieven en varianten aan de hand van de belangrijkste criteria van het Rivierkundige Beoordelingskader

Nr	Alternatief	Variant	Hoogwaterveiligheid ¹⁾	Hinder of schade ²⁾	Morfologie ³⁾
1	Groene geul	talud	- ⁴⁾	0	0
		damwand	- ⁴⁾	⁵⁾	⁵⁾
2	Nieuw havenbekken	talud	+	-	-
		damwand	0/+	⁵⁾	⁵⁾
3	Haven aan de Maas	talud	++	---	---
		damwand	+	⁵⁾	⁵⁾
VKA	Voorkeursalternatief	talud	+	-	-
		damwand	0/+	⁵⁾	⁵⁾

¹⁾ Score = maximale waterstandsaling afgerond op centimeters (RBK-punt 1.1).

²⁾ Hier gaat het om hinder voor de scheepvaart door dwarsstroming (RBK-punt 2.3).

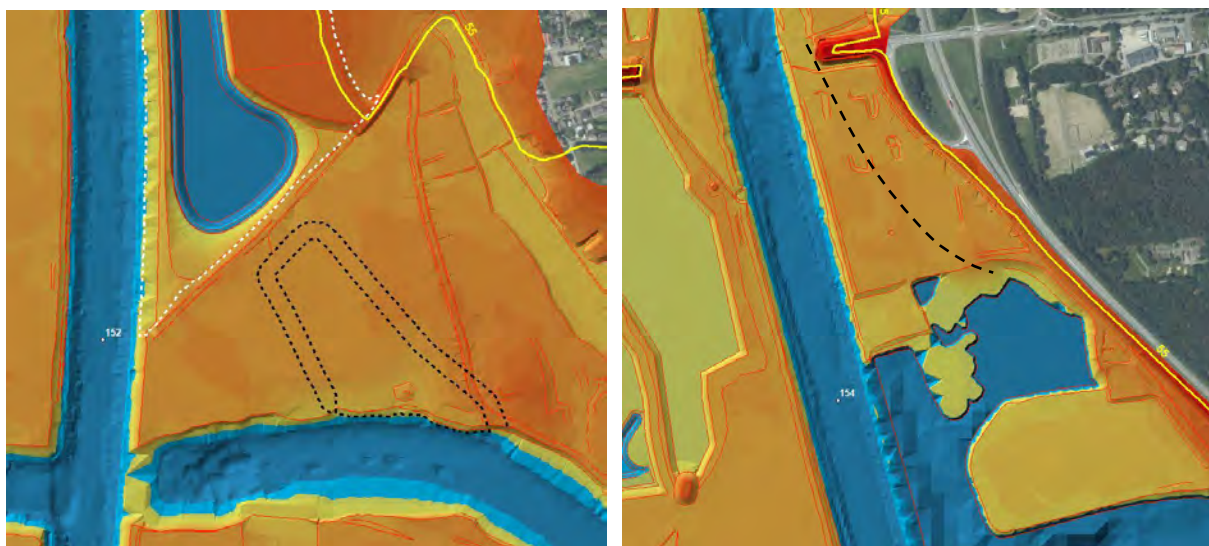
³⁾ Sedimentatie in de stroomgeul (tevens vaarweg) ten opzichte van autonome trend. Tevens potentieel meer baggerbezwaar in de Rijksvluchthaven na een substantieel hoogwater bij alle alternatieven.

⁴⁾ De score is naar onze overtuiging met optimalisatie van de uitstroombekening terug te brengen tot 0.

⁵⁾ Niet beoordeeld: het is te verwachten dat de score die van de variant met het talud benadert.

9.4 Mitigerende maatregelen en toekomstige ontwerpoptimalisaties

De resterende tekortkomingen van het VKA zijn onvermijdelijke gevolgen van de verhoogde afvoercapaciteit van de rechter Maasoever, in de vorm van een nieuw havenbekken dat als hoogwatergeul functioneert. Dit is de motor achter de waterstandsaling, maar de terugstroming van dit hogere debiet naar de Maas leidt tot een verhoogde dwarsstroming. Enkele suggesties in het kader van het Delta-programma Rivieren hiertoe volgen onderstaand.



Figuur 32 Mogelijke mitigerende maatregelen en optimalisaties (links: instrooming, rechts: uitstroming)

Aan de instroomzijde is een verbetering denkbaar, die overigens onderdeel van het Voorkeursalternatief Deltaprogramma Maasvallei is, waarbij door een instroomgeul en een verlaagde drempel de aanstroming vanuit de Oude Maasarm beter wordt benut. Zeker in combinatie met een hoogwatergeul bij Afferden kan de doorstroming van de nieuwe haven te Heijen zo effectiever worden (Figuur 32: links), waarbij minder dwarsstroming vanuit de Maas plaatsvindt.

Aan de uitstroomzijde laten alle alternatieven (zelfs de referentiesituatie) een te abrupte terugstroming naar de Maas zien, die tot een te hoge dwarsstroming leidt. Dit zou gemitigeerd kunnen worden door een geleidelijk teruglopende stroomgeulverbreding of weerdverlaging tussen de Paesplas en de brug van de N264 (Figuur 32: rechts).

Vanzelfsprekend vallen deze suggesties buiten de beoordelingen van het MER-onderzoek, en zijn deze uitsluitend bedoeld ter overweging in het kader van het Deltaprogramma Rivieren.

10 Conclusies en aanbeveling

10.1 Conclusies

Op basis van de gepresenteerde analyse trekken we de volgende conclusies:

- Uit de beoordeling van ontwerpalternatief 1 blijkt, dat de groene geul onvoldoende afvoercapaciteit biedt. De overige effecten lijken aanvaardbaar. Een eventuele optimalisatie dient vooral op dit aspect gericht te zijn. Een suggestie die binnen de projectcontour kan plaatsvinden, is reeds in dit hoofdstuk aangedragen.
- De belangrijkste bevinding van ontwerpalternatief 2 (Bedrijven met haven met een draaikom) is, dat het nieuwe havenbekken voldoende afvoercapaciteit biedt. Bij de overige effecten zijn er enkele aandachtspunten. Door het hogere debiet aan de rechterzijde van de Maas is de dwarsstroming bij de terugstroming in de Maas ter hoogte van de Paesplas nu ook hoger dan in de referentiesituatie. Deze waarde bevindt zich in de referentiesituatie al boven de richtlijn van 0,15 m/s. Deze overschrijding wordt in alternatief 2 iets vergroot. De morfologische effecten lijken beperkt, met uitzondering van een gesignaleerde potentiële aanzandingslocatie in de Maas tegenover de invaart van de Rijksvluchthaven.
- Het nieuwe havenbekken langs de Maas (ontwerpalternatief 3) biedt weliswaar voldoende afvoercapaciteit, maar de stroomlijning laat te wensen over. Hierdoor is dwarsstroming een probleem, vooral benedenstrooms van de nieuwe haven ter hoogte van de bestaande Rijksvluchthaven en de Paesplas.
- In de Rijksvluchthaven ontstaat bij alle alternatieven en varianten een spiraalstroming, die groter is dan in de referentiesituatie. Dit lijkt een onvermijdelijk bijeffect van een verhoogde afvoercapaciteit. Potentieel kan hierdoor meer sedimentatie optreden na een hoogwater. Indien dit het geval is, zal er mogelijk meer onderhoudsbaggerwerk noodzakelijk zijn. Hierbij wordt benadrukt, dat er geen effect is zolang er geen sprake is van hoogwaters, waarbij het havenbekken daadwerkelijk meestroomt.
- De ontwerpvarianten met damwanden in plaats van taluds vormen bij hoogwater in de alternatieven 2 en 3 een vernauwing van het doorstroomprofiel. Het waterstandverlagend effect in de Maas neemt hiermee gemiddeld 5 mm af.
- Het Voorkeursalternatief bouwt voort op alternatief 2. De resultaten zijn op details echter beter, omdat het doorstroombare profiel iets verruimd is.

10.2 Aanbeveling

Op basis van de gepresenteerde analyse doen we de volgende aanbeveling:

- Wij bevelen buiten het kader van deze MER-studie aan, ook buiten de projectcontour te zoeken naar optimalisatiemogelijkheden [om de hoogwaterstanden in de Maas verder te verlagen](#). Dit is echter niet aan de initiatiefnemer van de uitbreiding van de haven, maar aan het Deltaprogramma Rivieren (regio Maasvallei).

11 Referenties

- Koopmans R., Meijer D.G., 2017: Hydraulische en geotechnische uitgangspunten t.b.v. plan-MER Uitbreiding Haven Heijen, **document "HH_170208_Uitgangspunten ontwerp Haven Heijen.pdf"**, opdrachtgever: Teunesen Zand en Grint BV / AVG, februari 2017, Arcadis Nederland BV / Riquest
- Meijer D.G., 2017: Vooronderzoek Haven Heijen m.b.v. MapTable-model, opdrachtgever: Teunesen Zand en Grint BV / AVG Bedrijven, 21 februari 2017, project 001.13, Riquest
- Meulenbroeks-Leppens A.E.H., 2016: Notitie Reikwijdte en Detailniveau, Uitbreiding Haven Heijen, Gebiedsontwikkeling in de Gemeente Gennepe, 3 augustus 2016, project 347421 / SWNL0189933, Sweco Nederland BV
- Rijkswaterstaat, 2017: Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren, versie 4.0, 23 januari 2017, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
- Sweco, 2017: Uitbreiding haven Heijen, opdrachtgever: AVG Bedrijven/Teunesen Zand en Grint B.V., Autocad-ontwerptekeningen:
- Alternatief 0: Huidige situatie (347421-T001-ALT0-D01-L01 d.d. 08-05-2017)
 - Alternatief 1: Bedrijven met groene geul (347421-T002-ALT1-D01-L01 d.d. 08-05-2017)
 - Alternatief 2: Bedrijven met haven met draaikom (347421-T003-ALT2-D01-L01 d.d. 08-05-2017)
 - Alternatief 3: Bedrijven langs de Maas (347421-T004-ALT3-D01-L01 d.d. 08-05-2017)
- Sweco, 2018: Uitbreiding haven Heijen, opdrachtgever: AVG Bedrijven/Teunesen Zand en Grint B.V., Autocad-ontwerptekening:
- Voorkeursalternatief (347421-T007-VK-D01-L01 d.d. 02-03-2018)

Bijlage 1 Criteria van het Rivierkundig Beoordelingskader 4.0 (RWS, 2017)

Bron: Rijkswaterstaat, 2017 (pag. 13 en 14)

	§	Rivierkundig beoordelings-aspect	Beoordelingscriterium		Toe-lichting	Beoorde-laar
			Aanvragen vergunning Waterwet	Aanvullende criteria Maaswerken		
Hoogwaterveiligheid	1.1	Maatregel in stroomvoerend deel rivier: Maatgevende Hoogwaterstand (MHW) in de as van de rivier	Stroomvoerend: geen waterstandverhoging ^{a)} op de as van de rivier (St. Pieter: 4000 m ³ /s voor 1/1250 ^{ste} afvoer en 3430 m ³ /s voor 1/250 ^{ste} afvoer ^{b)})	Geen toezicht op te realiseren taakstelling. (St. Pieter ^{c)} : 3800 m ³ /s voor 1/1250 ^{ste} afvoer en 3275 m ³ /s voor 1/250 ^{ste} afvoer ^{d)})	1.1 M1 M6	Waterwet: RWS-ZN Taakstelling : Maaswerken
		Maatregel in bergend deel rivier: Volume waterberging	Bergend: geen vermindering bergend volume	Verder voor Grensmaas de 1/50 ^{ste} afvoer (2710 m ³ /s) en voor Zandmaas de 1/250 ^{ste} afvoer (3275 m ³ /s) voor de tussentijdse situatie tot 2024. Voor tussentijdse situatie geldt een maximaal toelaatbare tijdelijke waterstandverhoging tot 1 cm.	1.1 M1	
	1.2	Maatgevende Hoogwaterstand (MHW) buiten de as van de rivier	Geen waterstandverhoging langs de primaire kering of hoge grondenlijn (bij 1/1250 ^{ste} en 1/250 ^{ste} afvoer)	idem Waterwet + 1/50 ^{ste} afvoer (tussentijdse situatie)	1.2 M1 M6	RWS-ZN (in overleg met de waterkering-beheerder)
Hinder of schade door hydraulische effecten	2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	De mate van verandering van de waterstand en / of inundatiefrequentie van een of meerdere uiterwaarden bij 1/1250 afvoer St. Pieter (4000 m ³ /s)	-	2.1 M2	RWS-ZN (eventueel in overleg met de terrein-eigenaren)
	2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	De mate van verandering van de grootte en richting van de stroomsnelheden in een of meerdere uiterwaarden bij afvoer St. Pieter van 4000 m ³ /s	-	2.2 M2	RWS-ZN (eventueel in overleg met de terrein-eigenaren)
	2.3	Stroombeeld in vaarweg	De ingreep mag niet resulteren in een absolute dwarsstroming in de vaarweg groter dan 0,3 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet kleiner dan 50 m ³ /s; 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;	-	2.3 M3	RWS-ZN
	2.6	Instream retentiegebieden Maas	Verandering waterstand ter hoogte van inlaat retentiegebieden Maas, waaronder Lateraalkanaal-West en Lob van Gennepe ^{e)}	-	2.6 M4	RWS-ZN

(vervolg)

	§	Rivierkundig beoordelings-aspect	Beoordelingscriterium		Toe-lichting	Beoorde-laar
			Aanvragen vergunning Waterwet	Aanvullende criteria Maaswerken		
Morfologische effecten	3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers): 1. door ingrepen zomerbed 2. door ingrepen winterbed	Bij erosie: -geen verlaging zomerbed beneden de minimale bodemligging t.a.v. erosie en infrastructuur (o.a. kabels, leidingen en waterkeringen); Bij sedimentatie: -geen vermindering van vaargeulafmetingen ^{a)} ; -geen verhoging van de maatgevende waterstanden op lange termijn; Generiek: -beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten; behouden vlotheid en veiligheid scheepvaartverkeer; -geen onacceptabele sedimentatie of terugschrijdende erosie;	-	3.1 M5+M7	RWS-ZN (eventueel in overleg met de waterkering-beheerder)
	3.2	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen: 1. sedimentatie winterbed 2. erosie winterbed	Bij sedimentatie: - Acceptabele beheerskosten ^{b)} voor baggeren nevengeulen; Bij erosie: -geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting een primaire waterkering. Nevengeul moet op voldoende afstand blijven van de primaire waterkering, buiten de beschermingszone van de primaire kering. De beschermingszones worden bepaald door de keringbeheerders; - geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting het zomerbed van de rivier, waardoor er kans bestaat dat de nevengeul een kortsluiting veroorzaakt met het zomerbed; - stroomsnelheid in een zandige nevengeul bij bankfull afvoer moet kleiner blijven dan 0,3 m/s ^{c)} ; - geen bodemerosie langs primaire waterkering; - stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard mag niet verminderen;	-	3.2 M7	RWS-ZN (eventueel in overleg met de waterkering-beheerder en/of terrein-eigenaren)

- a) In de praktijk kan een waterstandsverhoging tot 1 mm in de as van de rivier worden toegestaan. Zie ook paragraaf 1.1.
- b) Er moet ook getoetst worden bij het 1/250 niveau omdat dit het beschermingsniveau van de Maaskades is.
- c) De berekening met afvoer St. Pieter 3800 / 3275 m³/s komt in plaats van de berekening met de Waterwet St. Pieter afvoer van 4000 / 3430 m³/s.
- d) Keuze afvoerniveaus in overleg met rivierbeheerder. ³
- e) Voor specifieke criteria en afmetingen: zie **Bijlage 9**.
- f) Wat 'acceptabele beheerskosten' zijn, kan van dienst tot dienst verschillen en is ter beoordeling van het bevoegd gezag.
- g) Richtlijn voor zandige rivierbodem. Exacte waarde hangt af van lokale bodemsamenstelling en -ruwheid.

³ Dit betreft Bijlage 9 van het Rivierkundig Beoordelingskader

Bijlage 2 Baseline-maatregellijsten en overzicht van de Waqua-simulaties

Overzicht van de Baseline-gebiedsmodellen en de uitgevoerde Waqua-simulaties

Onderstaande tabel specificeert de referentiesituatie, de drie alternatieven en de varianten alsmede de uitgevoerde modelsimulaties. Voor alle varianten zijn de dynamische hoogwatersimulaties uitgevoerd (3430 en 4000 m³/s). De hoofdalternatieven (met taluds) zijn daarnaast onderzocht op dwarsstroming voor de scheepvaart (stationaire afvoeren van 250 tot en met 2250 m³/s) en morfologie (stationaire afvoeren van 600 tot en met 1750 m³/s). Voor het voorkeursalternatief met damwanden zijn twee simulaties gebruikt door Marin, die hiermee scheepvaartsimulaties heeft uitgevoerd (1750 en 2250 m³/s).

Alter-natief	Beschrijving	Variant	Baseline		Waqua						Toelichting
			Maatregel	Model	(Max.) afvoerniveau te Borgharen-dorp (m ³ /s) ⁴						
					250	600	1750	2250	3430	4000	
0	Referentiemodel	-	-	maas_beno15_v4	_q250	_q600	_q1750	_q2250	_t250	_t1250	Vergelijkingsbasis voor alle varianten
1	Groene geul	talud	ma_hahei17_a1	havheij_a1	_q250	_q600	_q1750	_q2250	_t250	_t1250	Hoofdalternatief: ook analyse dwarsstroming en morfologie
		damwand	ma_hahei17_b1	havheij_b1					_t250	_t1250	Variant: alleen hoogwatereffecten
2	Nieuw havenbekken	talud	ma_hahei17_a2	havheij_a2	_q250	_q600	_q1750	_q2250	_t250	_t1250	Hoofdalternatief: ook analyse dwarsstroming en morfologie
		damwand	ma_hahei17_b2	havheij_b2					_t250	_t1250	Variant: alleen hoogwatereffecten
3	Haven aan de Maas	talud	ma_hahei17_a3	havheij_a3	_q250	_q600	_q1750	_q2250	_t250	_t1250	Hoofdalternatief: ook analyse dwarsstroming en morfologie
		damwand	ma_hahei17_b3	havheij_b3					_t250	_t1250	Variant: alleen hoogwatereffecten
VKA	Voorkeursalternatief	talud	ma_hahei17_c2	havheij_c2	_q250	_q600	_q1750	_q2250	_t250	_t1250	Hoofdalternatief: ook analyse dwarsstroming en morfologie
		damwand	ma_hahei17_d1	havheij_d1			_q1750	_q2250	_t250	_t1250	Debieten 1750 en 2250 m ³ /s t.b.v. scheepvaartsimulatie Marin

Bijlage 3 gaat nader in op de volumes van de ontwerpen en de resultaten van de kwantitatieve beoordelingen. De geometrie, de hydraulische ruwheden en de resultaten van de getoonde alternatieven en varianten staan in Bijlage 4 tot en met Bijlage 8 gepresenteerd.

⁴ Bij de codes die met q beginnen, stelt getal het debiet in m³/s voor. Bij de codes die met t beginnen, stelt getal het de herhalingstijd in jaren voor. In alle gevallen is er sprake van stationaire modelsimulaties.

Bijlage 3 Samenvatting van de eigenschappen van de alternatieven en varianten

Onderstaand zijn de netto ontgravingsvolumes van de ontwerpen weergegeven, alsmede een samenvatting van de hydraulische en morfologische beoordeling van de beschouwde alternatieven en varianten.

Nr	Alternatief	Variant	Volume (m ³)	Waterstandseffect (m)		Waterstandseffect (m ²)		Morfologie jaargemiddeld ¹⁾ (m ³)			Morfologie maximaal ¹⁾ (m ³)		
				T250	T1250	T250	T1250	erosie	sedimentatie	netto	erosie	sedimentatie	netto
1	Groene geul	talud	56.200	0,024	0,025	141,5	202,8	-14.900	21.700	6.800	-16.100	23.000	6.900
		damwand	112.500	0,024	0,025	141,5	205,1	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾
2	Nieuw havenbekken ²⁾	talud	-790.400	-0,020	-0,014	-278,6	-231,6	-40.300	53.100	12.800	-42.800	56.200	13.400
		damwand	-657.400	-0,011	-0,006	-166,5	-83,0	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾
3	Haven aan de Maas	talud	-770.900	-0,027	-0,020	-327,4	-283,5	-118.900	204.300	85.300	-121.200	206.000	84.800
		damwand	-641.600	-0,017	-0,011	-208,2	-129,1	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾
VKA	Voorkeursalternatief	talud	-840.400	-0,024	-0,018	-344,2	-283,2	-42.100	56.000	14.000	-44.700	59.300	14.600
		damwand	-683.500	-0,013	-0,008	-186,3	-118,6	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾	³⁾

¹⁾ Sedimentatie in de stroomgeul (tevens vaarweg) ten opzichte van autonome trend in dynamische evenwichtssituatie resp. maximaal in tijdelijke situatie.

²⁾ De waterstandsverhoging is naar onze overtuiging met optimalisatie van de uitstroomopening terug te brengen tot 0.

³⁾ Niet beoordeeld: het is te verwachten dat de score die van de variant het talud benadert.

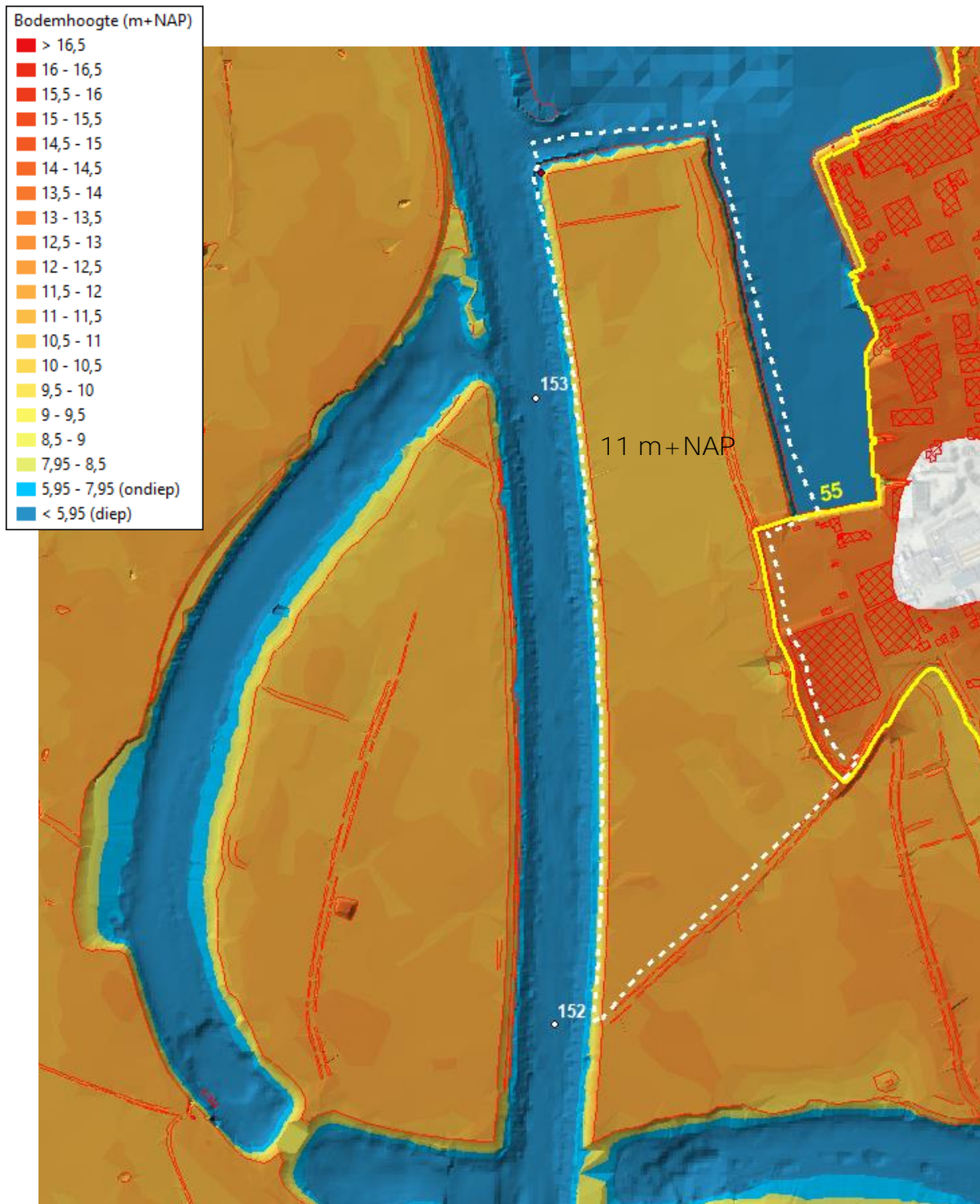
Bijlage 4 Referentiesituatie

Autocad-tekening (Sweco, 2017)



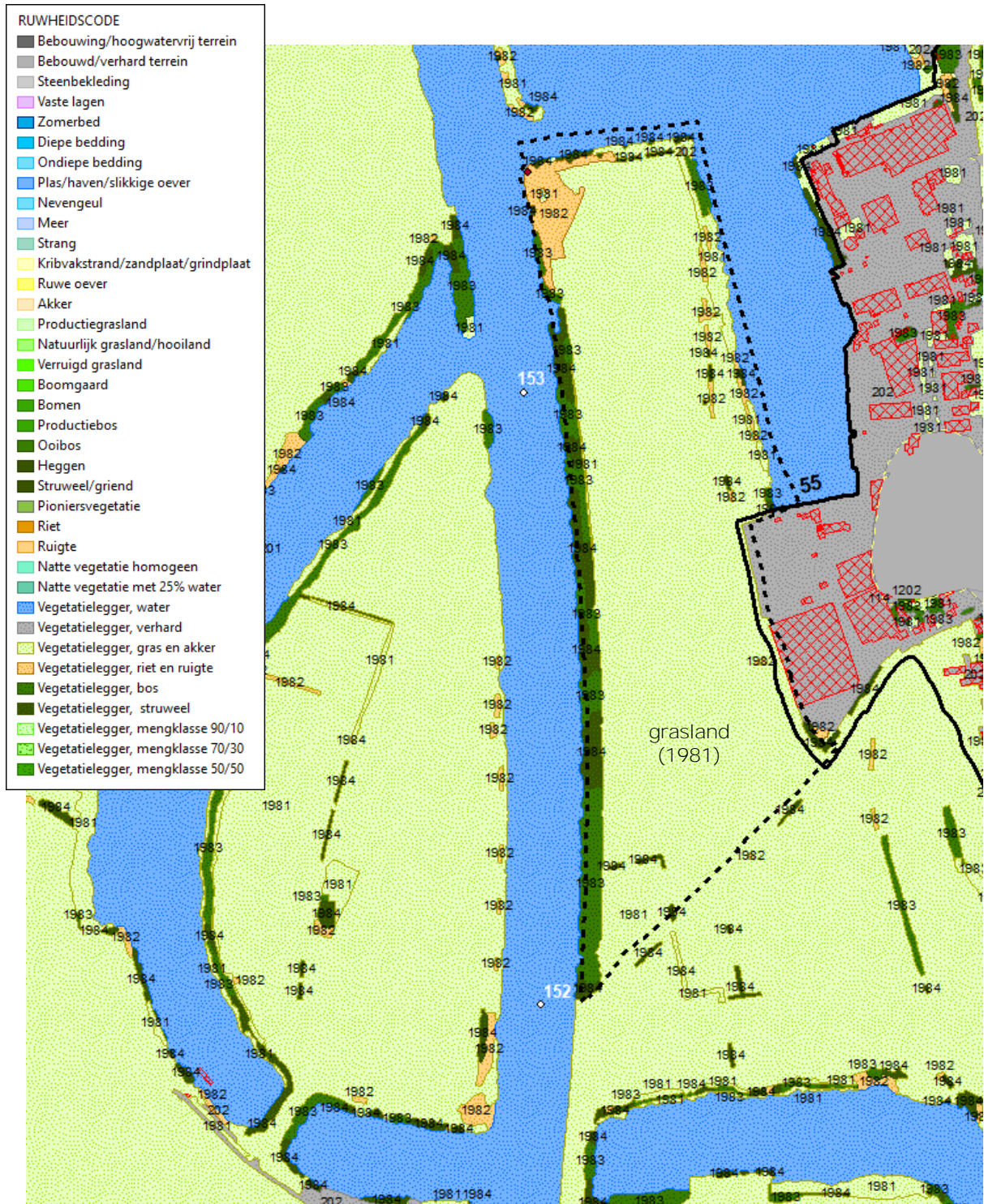
Bodemhoogten en tracé waterkering (buitenkruinlijn)

De ingreeplocatie binnen de contour ligt bij benadering vlak op een hoogte van ca. 11 m+NAP. De bodemhoogten zijn in stappen van 0,5 m weergegeven, waarbij de permanent natte delen blauw zijn gekleurd. De delen die bij stuwpeil van Grave (7,95 m+NAP) ondieper dan 2 m zijn, zijn in lichtblauw weergegeven.

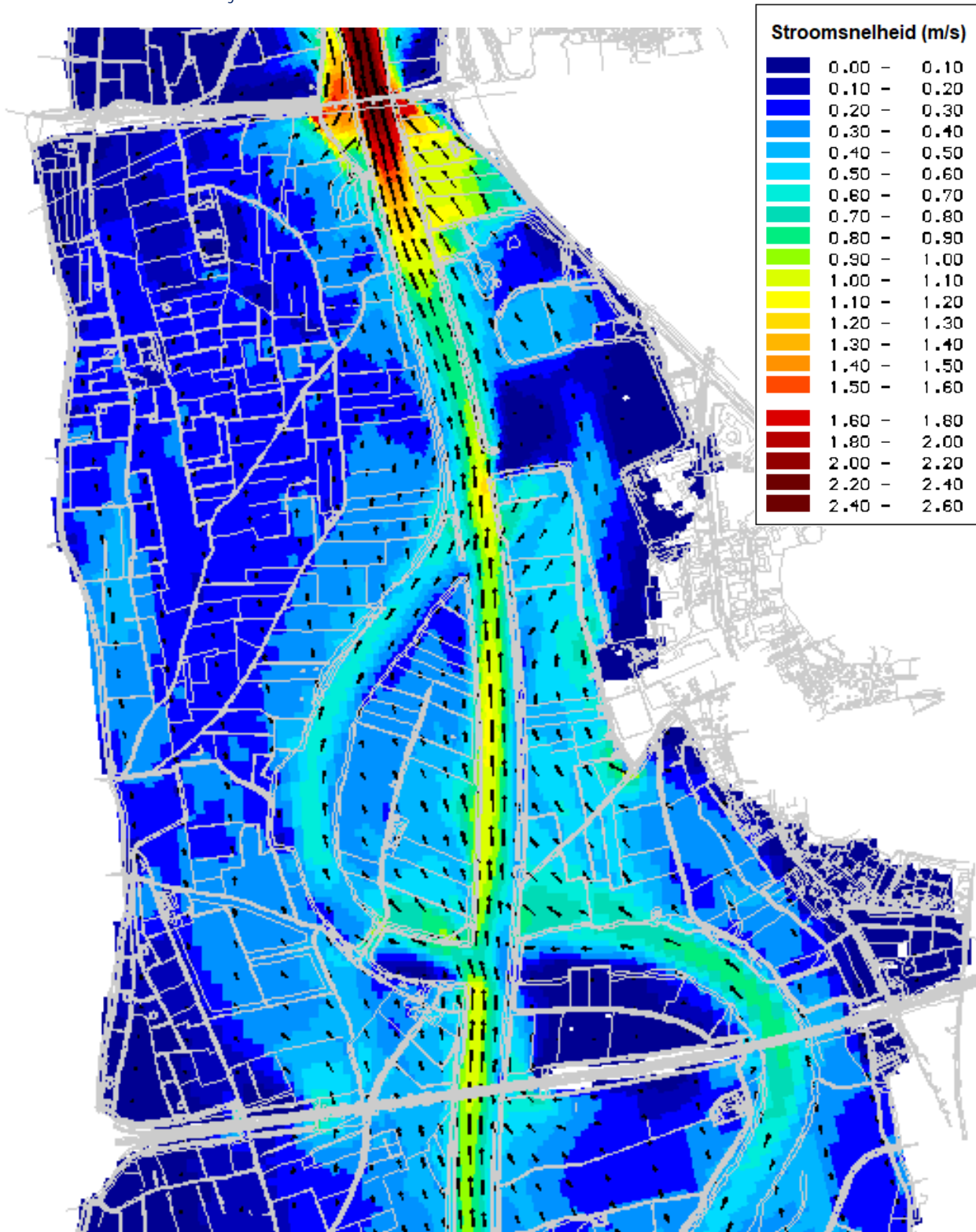


Ruwheidscodes

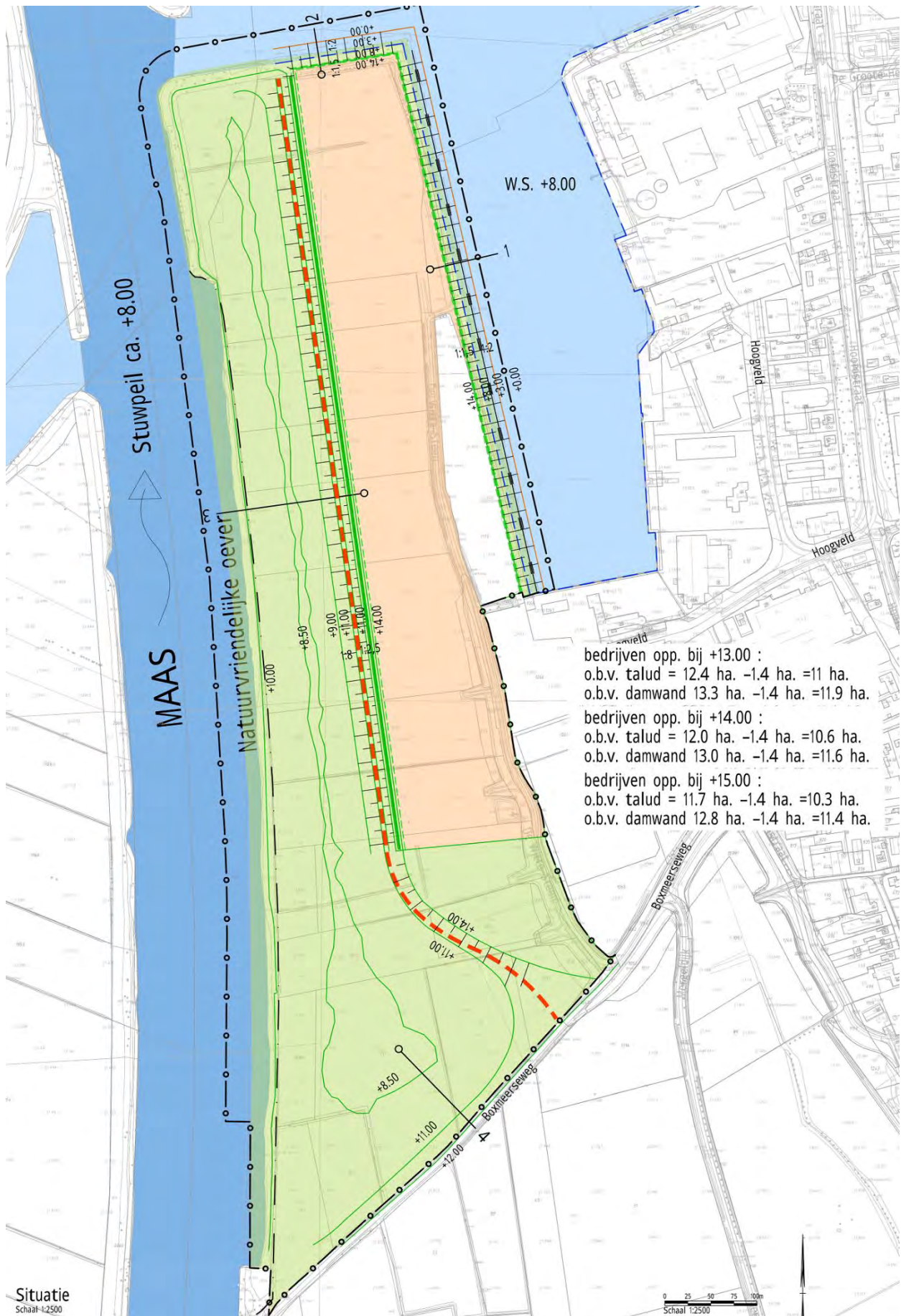
De ingreeplocatie binnen de contour bestaat vrijwel volledig uit grasland (code 1981). De oeverstrook langs de Maas bevat voornamelijk bos en struweel (codes 1983 en 1984).



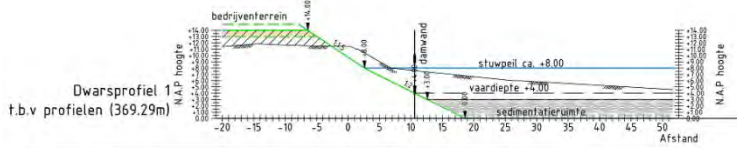
Stroomsnelheden bij 4000 m³/s



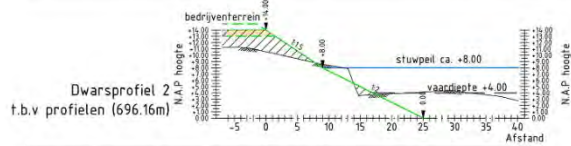
Bijlage 5 Alternatief 1: Bedrijven met groene geul
 Autocad-tekening (Sweco, 2017)



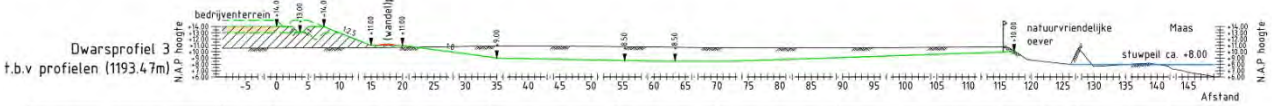
Dwarsprofiel 1 tot en met 4:



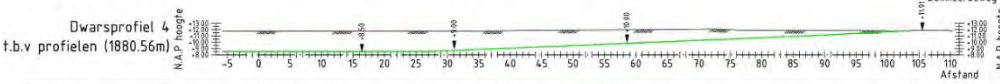
Bestaande afstand	-20.00	-15.00	-10.00	-5.00	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00
Bestaande hoogte	+16.00	+14.3	+13.96	+13.07	+12.00	+10.76	+9.44	+8.32	+7.00	+5.80	+4.80	+4.00	+3.00	+2.00	+1.57
Nieuwe hoogte	+16.00	+14.00	+13.00	+12.00	+11.00	+10.00	+9.00	+8.00	+7.00	+6.00	+5.00	+4.00	+3.00	+2.00	+1.57



Bestaande afstand	-5.00	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
Bestaande hoogte	+16.00	+14.80	+13.50	+12.00	+10.50	+9.00	+7.50	+6.00	+4.50	+3.00
Nieuwe hoogte	+16.00	+14.00	+13.00	+12.00	+11.00	+10.00	+9.00	+8.00	+7.00	+6.00



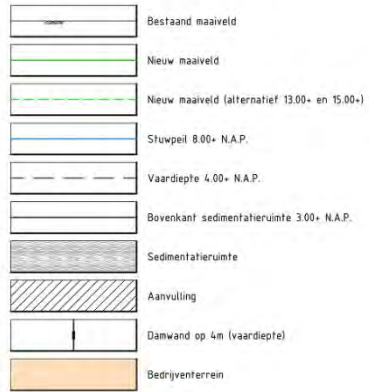
Bestaande afstand	-5.00	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.00	105.00	110.00	115.00	120.00	125.00	130.00	135.00	140.00	145.00			
Bestaande hoogte	+16.00	+15.51	+15.00	+14.00	+13.00	+12.00	+11.00	+10.00	+9.00	+8.00	+7.00	+6.00	+5.00	+4.00	+3.00	+2.00	+1.00	+0.00	-1.00	-2.00	-3.00	-4.00	-5.00	-6.00	-7.00	-8.00	-9.00	-10.00	-11.00	-12.00	-13.00	-14.00	-15.00	
Nieuwe hoogte	+16.00	+14.00	+13.00	+12.00	+11.00	+10.00	+9.00	+8.00	+7.00	+6.00	+5.00	+4.00	+3.00	+2.00	+1.00	+0.00	-1.00	-2.00	-3.00	-4.00	-5.00	-6.00	-7.00	-8.00	-9.00	-10.00	-11.00	-12.00	-13.00	-14.00	-15.00	-16.00	-17.00	-18.00



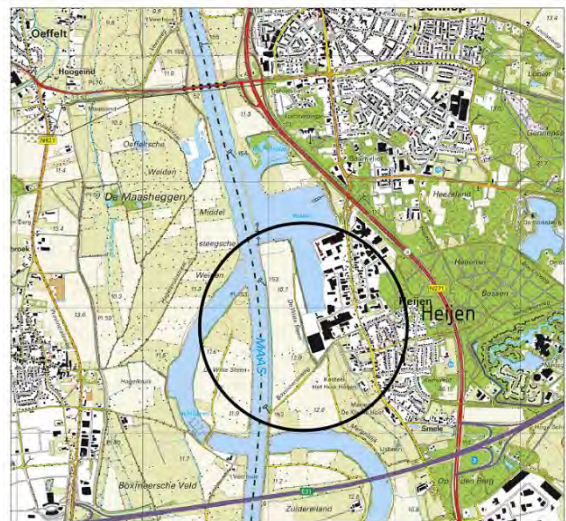
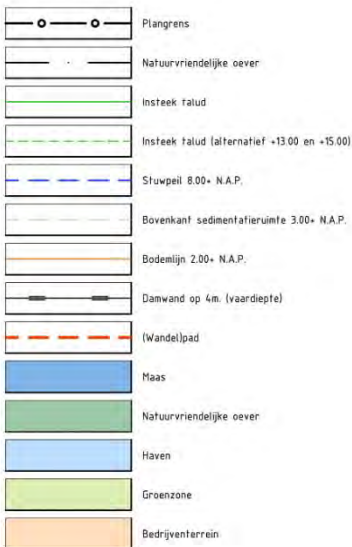
Bestaande afstand	-5.00	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.00	105.00	110.00	
Bestaande hoogte	+16.50	+15.76	+15.00	+14.00	+13.00	+12.00	+11.00	+10.00	+9.00	+8.00	+7.00	+6.00	+5.00	+4.00	+3.00	+2.00	+1.00	+0.00	-1.00	-2.00	-3.00	-4.00	-5.00	-6.00	-7.00
Nieuwe hoogte	+16.50	+14.50	+13.50	+12.50	+11.50	+10.50	+9.50	+8.50	+7.50	+6.50	+5.50	+4.50	+3.50	+2.50	+1.50	+0.50	-0.50	-1.50	-2.50	-3.50	-4.50	-5.50	-6.50	-7.50	-8.50

Dwarsprofielen
Schaal 1500

VERKLARING DWARSPROFIEL



VERKLARING SITUATIE



Topografische situatie

Maten in meters, tenzij anders aangegeven
Materialen in millimeters
Hoogtematen in meters l.o.v. N.A.P.

DEFINITIEF

AVG Bedrijven/Teunesen Zand en Grit B.V.

Uitbreiding haven Heijen

Alternatief 1 : Bedrijven met groene geul

Projectnummer	Tekeningnummer	Wekke	Datum van uitgave	Ontwerpstad	Controleur
347421	347421-T002-ALT1-D01-L01		08-05-2017	Eindhoven	
Blad	Vers	Schaal	Formaat	Kontoor	Get.
1	1	1:2500/500	A1	Eindhoven	PR
					Ger.
					Acc.
					JvdM

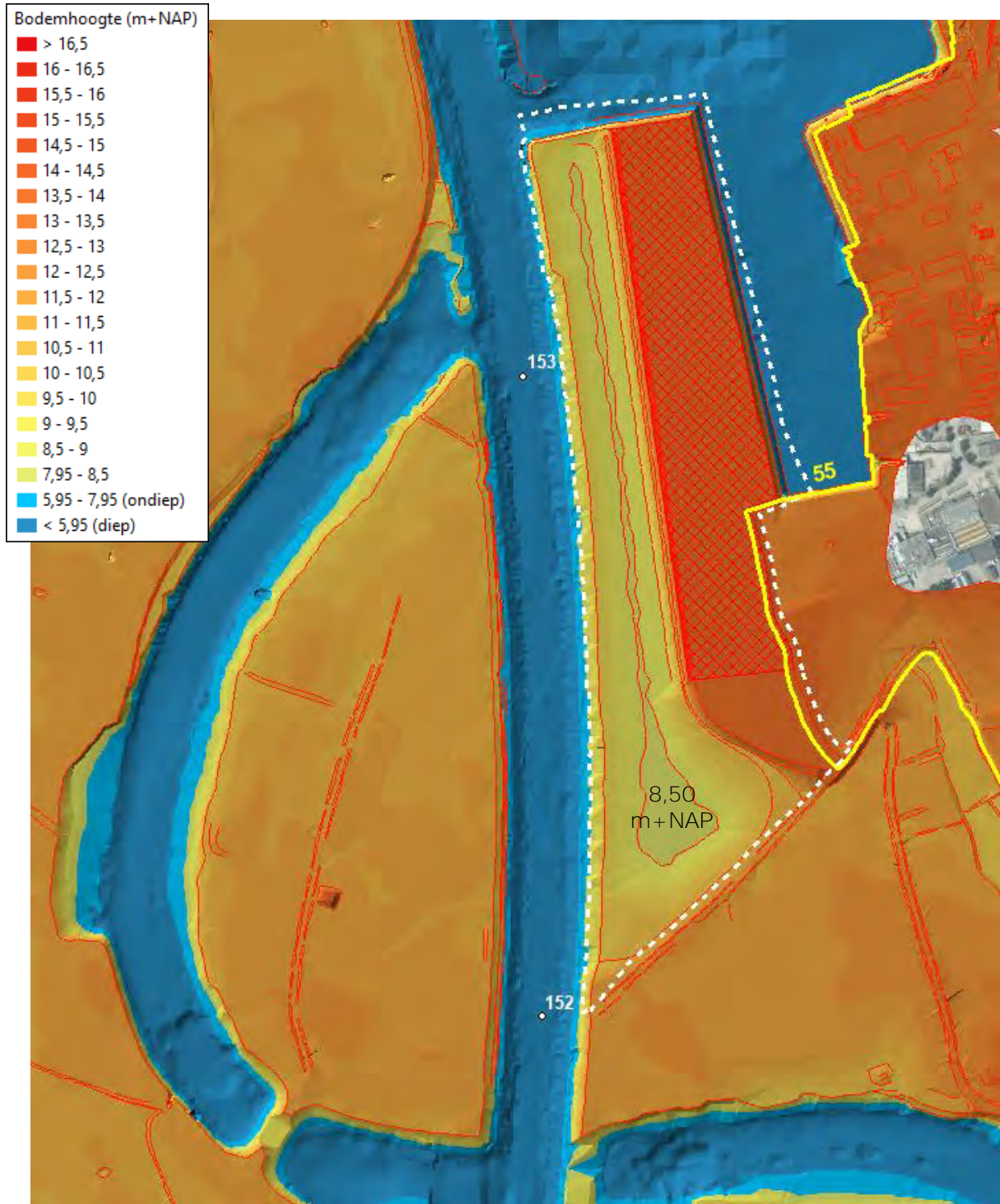
www.sweco.nl
© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden.



Bodemhoogten en tracé waterkering (buitenkruinlijn)

Variante met taluds

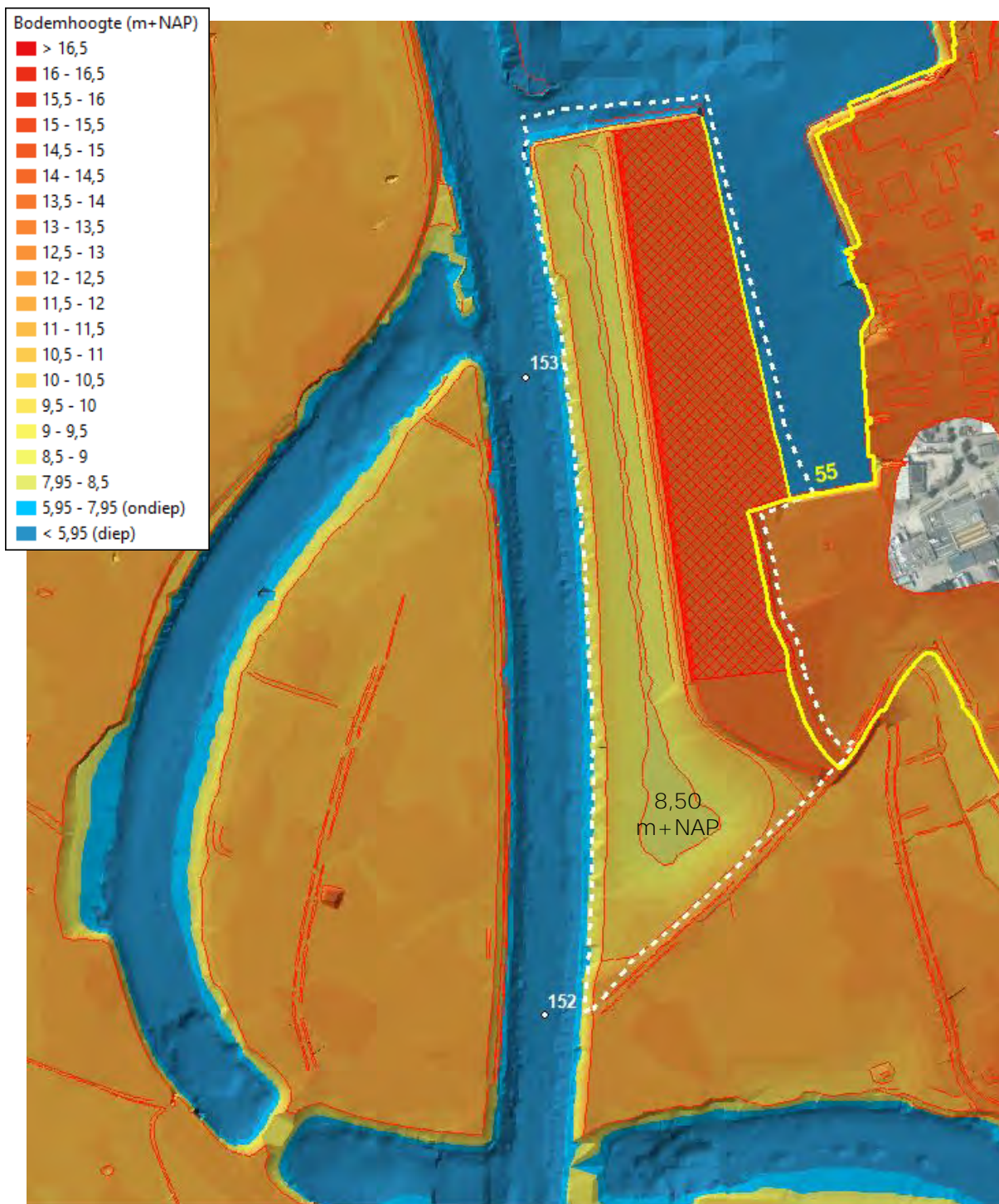
Aan de oostzijde van de havenkade is er een talud. De schepen leggen aan met behulp van meerpalen.



De bodemhoogten zijn in stappen van 0,5 m weergegeven, waarbij de permanent natte delen blauw zijn gekleurd. De delen die bij stuwpeil van Grave (7,95 m+NAP) ondieper dan 2 m zijn, zijn in lichtblauw weergegeven. Het haventerrein ligt nu op 14 m+NAP en is bovendien als hoogwatervrij gemodelleerd. Dat betekent dat het terrein gevrijwaard blijft van vergunningsplicht voor obstakels, die de doorstroming belemmeren. In het model blijft het haventerrein hierom vrij van doorstroming, ook indien de waterstand boven 14 m+NAP zou uitkomen.

Variant met damwanden

Aan de oostzijde van de havenkade is er nu een verticale damwand (dunne gele lijn). Verder zijn er geen verschillen met het hoofdalternatief met taluds.



De bodemhoogten zijn in stappen van 0,5 m weergegeven, waarbij de permanent natte delen blauw zijn gekleurd. De delen die bij stuwpeil van Grave (7,95 m+NAP) ondieper dan 2 m zijn, zijn in lichtblauw weergegeven. Het haventerrein ligt nu op 14 m+NAP en is bovendien als hoogwatervrij gemodelleerd. Dat betekent dat het terrein gevrijwaard blijft van vergunningsplicht voor obstakels, die de doorstroming belemmeren. In het model blijft het haventerrein hierom vrij van doorstroming, ook indien de waterstand boven 14 m+NAP zou uitkomen.

Ruwheidscodes

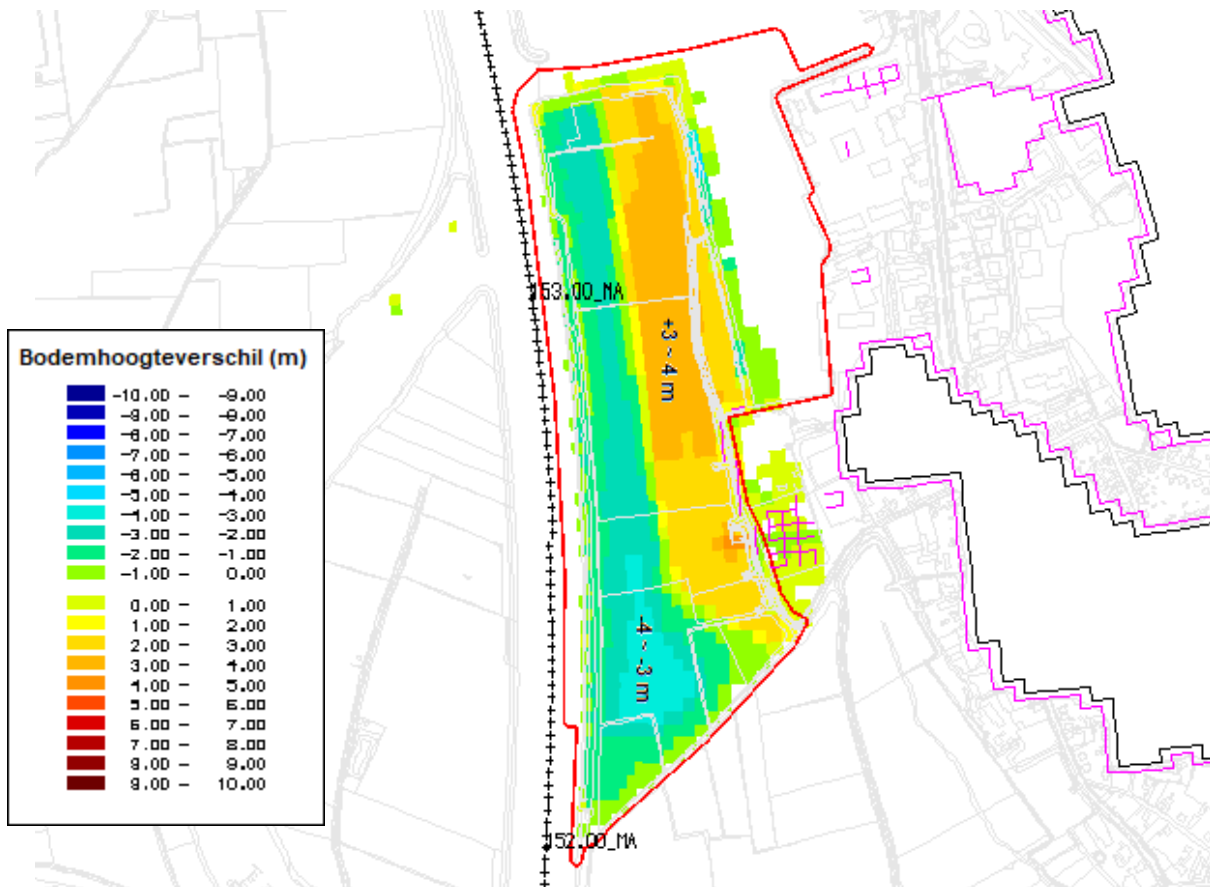
Voor beide varianten geldt dezelfde ruimtelijke verdeling van ruwheidscodes, met uitzondering van een dunne groenstrook aan de bovenzijde van het talud (oostzijde havenkade). De havenkade is als verhard oppervlak tevens hoogwatervrij gemodelleerd.

Variant met talud

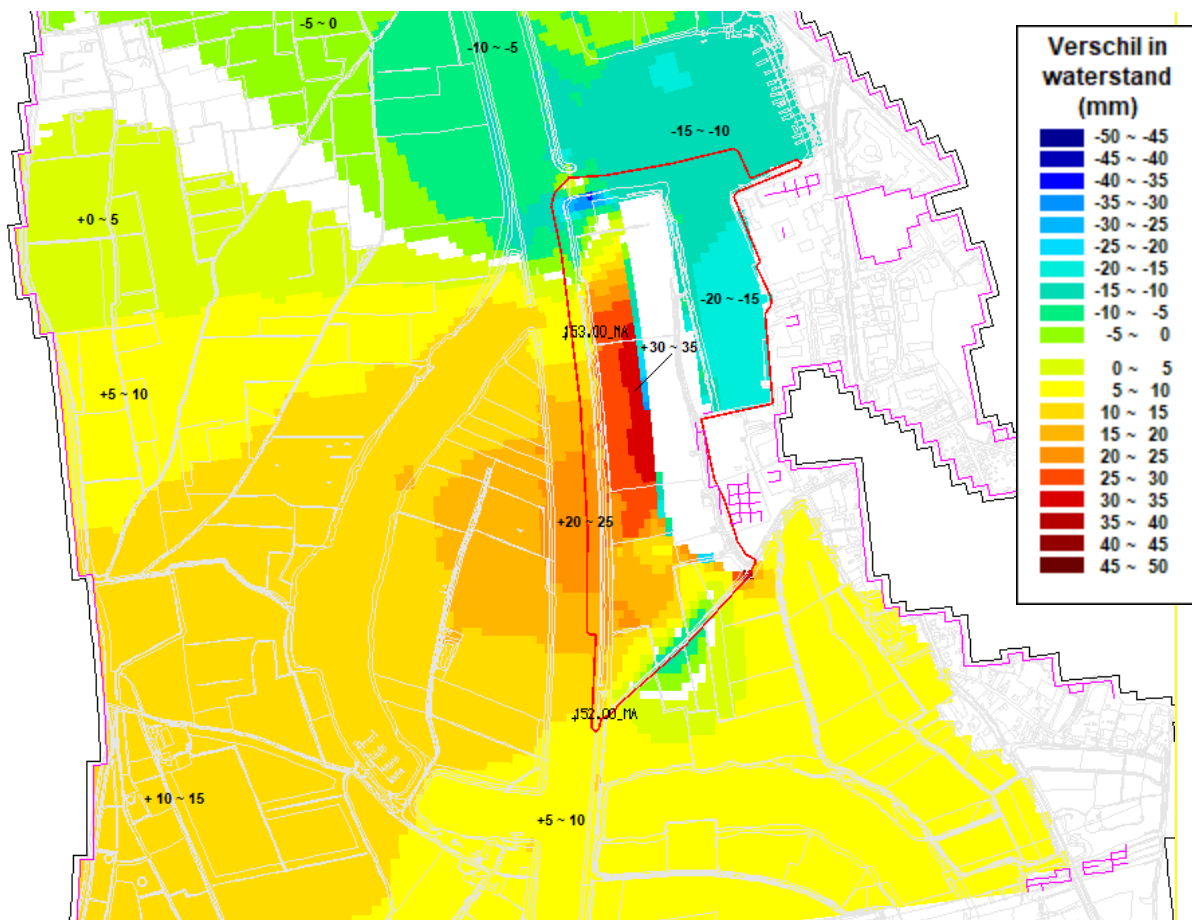
Variant met damwand



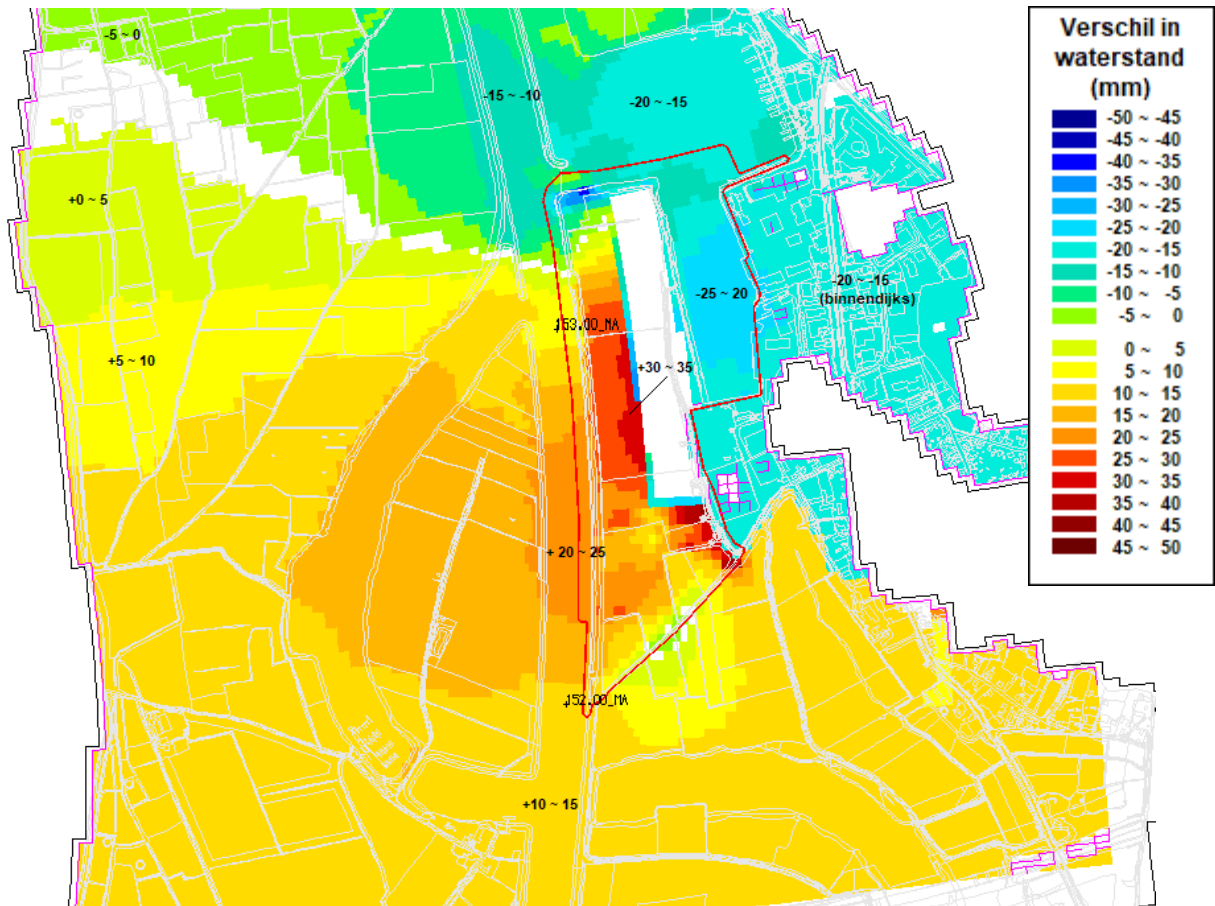
Bodemhoogteverschillen ten opzichte van de referentie (variant met taluds)



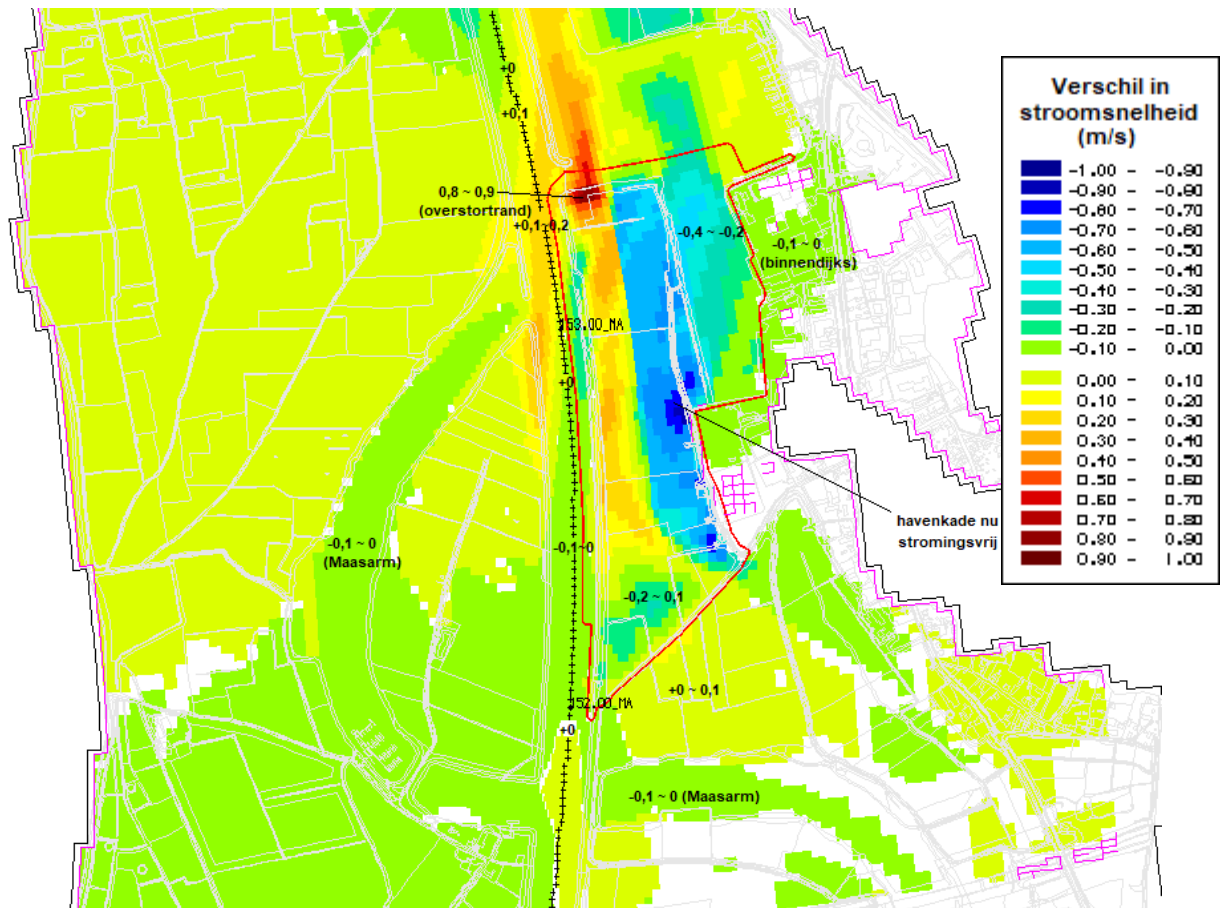
Waterstandsverschillen ten opzichte van de referentie bij 3430 m³/s (variant met taluds)



Waterstandsverschillen ten opzichte van de referentie bij 4000 m³/s (variant met taluds)

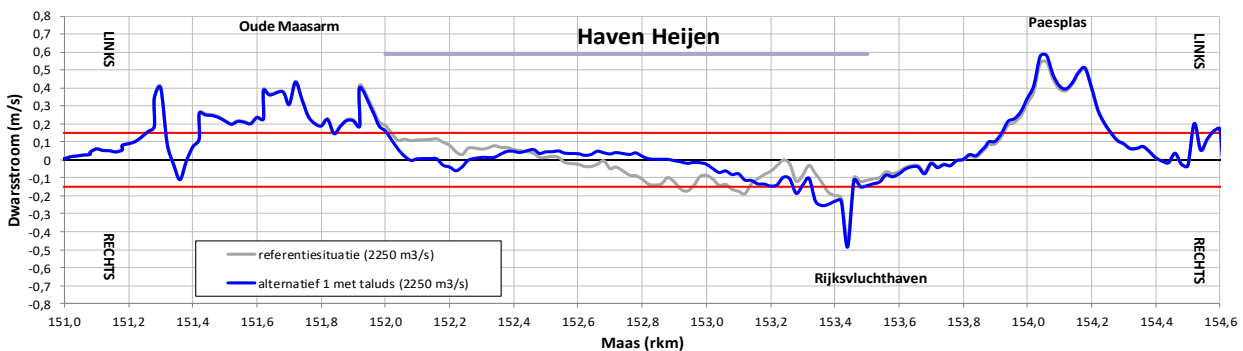
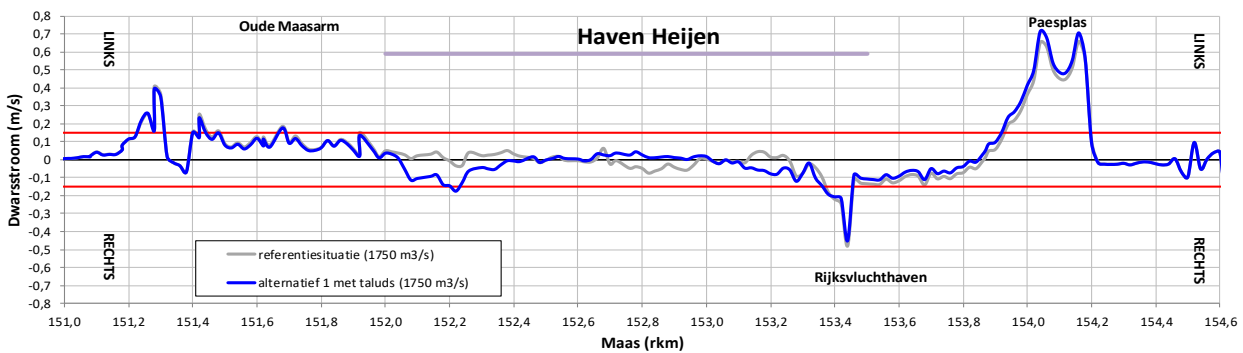
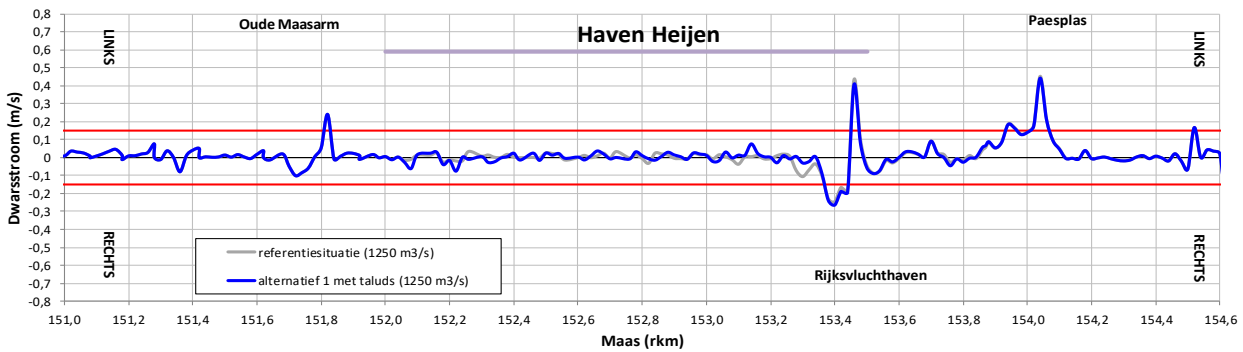
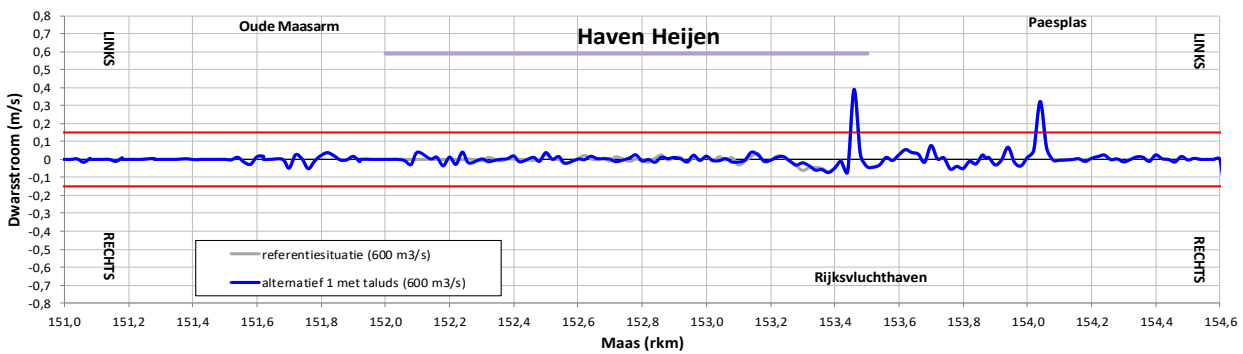
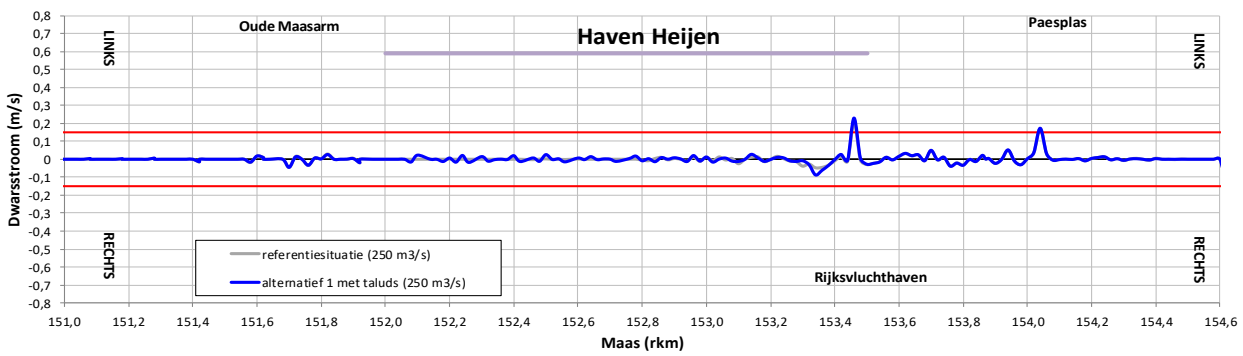


Stroomsnelheidsverschillen ten opzichte van de referentie bij 4000 m³/s (variant met taluds)



Effecten op dwarsstroming

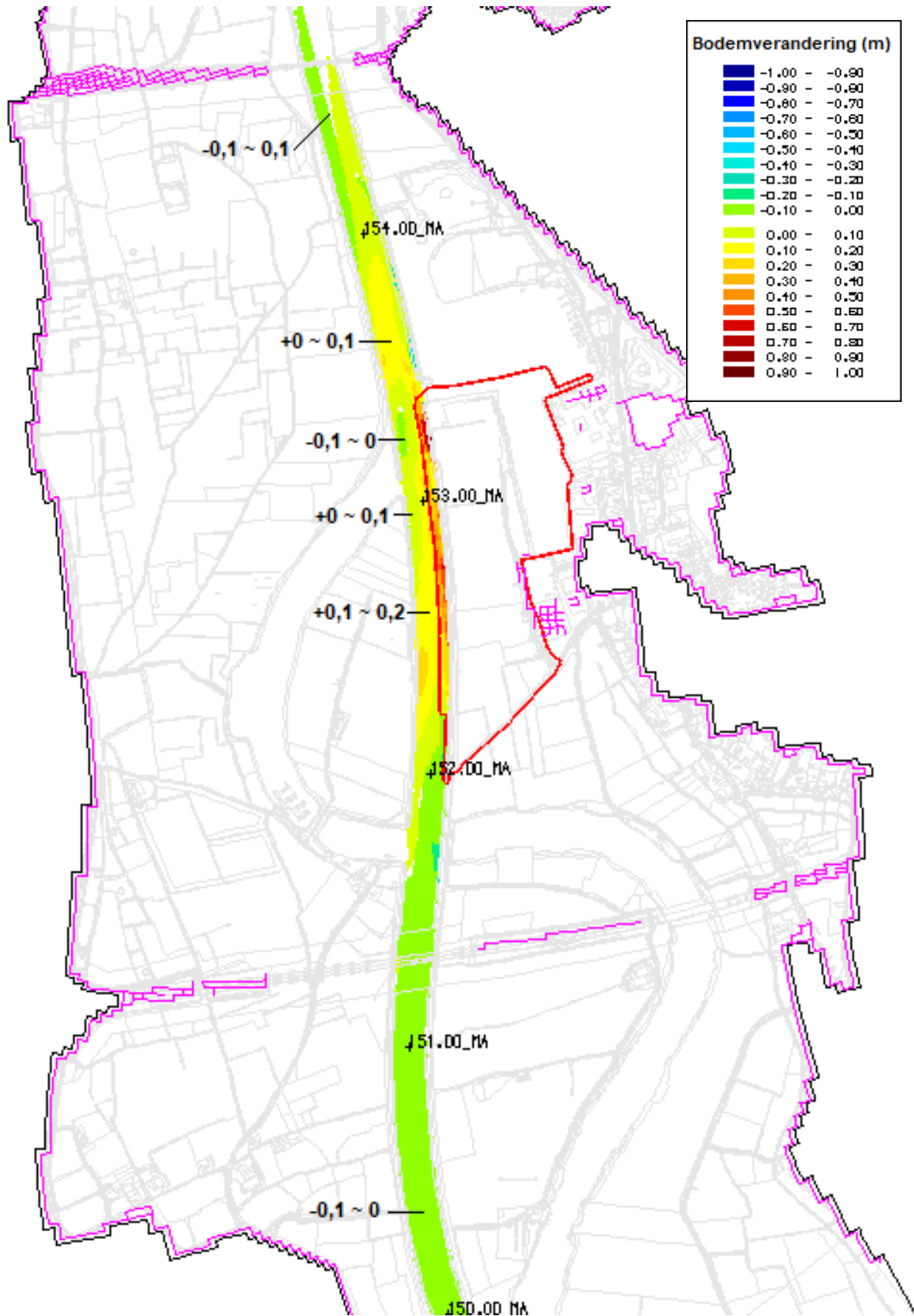
Variant met taluds (voor de variant met damwanden is deze analyse niet gedaan)



Prognose morfologische effecten (WaqMorf)

Variante met taluds (voor de variante met damwanden is deze analyse niet gedaan)

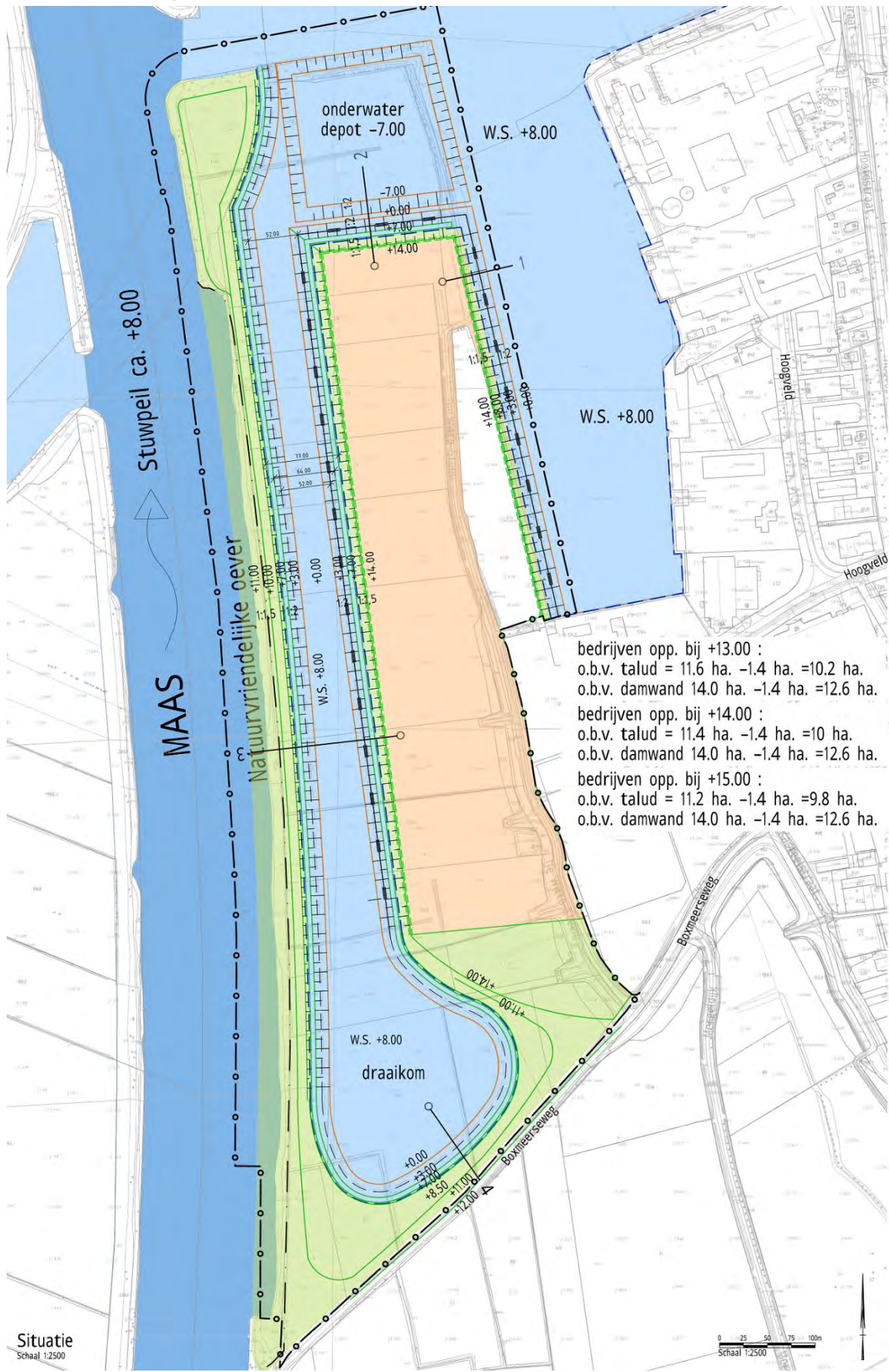
Jaargemiddeld:



Maximaal: identiek aan resultaat jaargemiddeld en niet afzonderlijk weergegeven.

Bijlage 6 Alternatief 2: Bedrijven met haven (met draaikom)

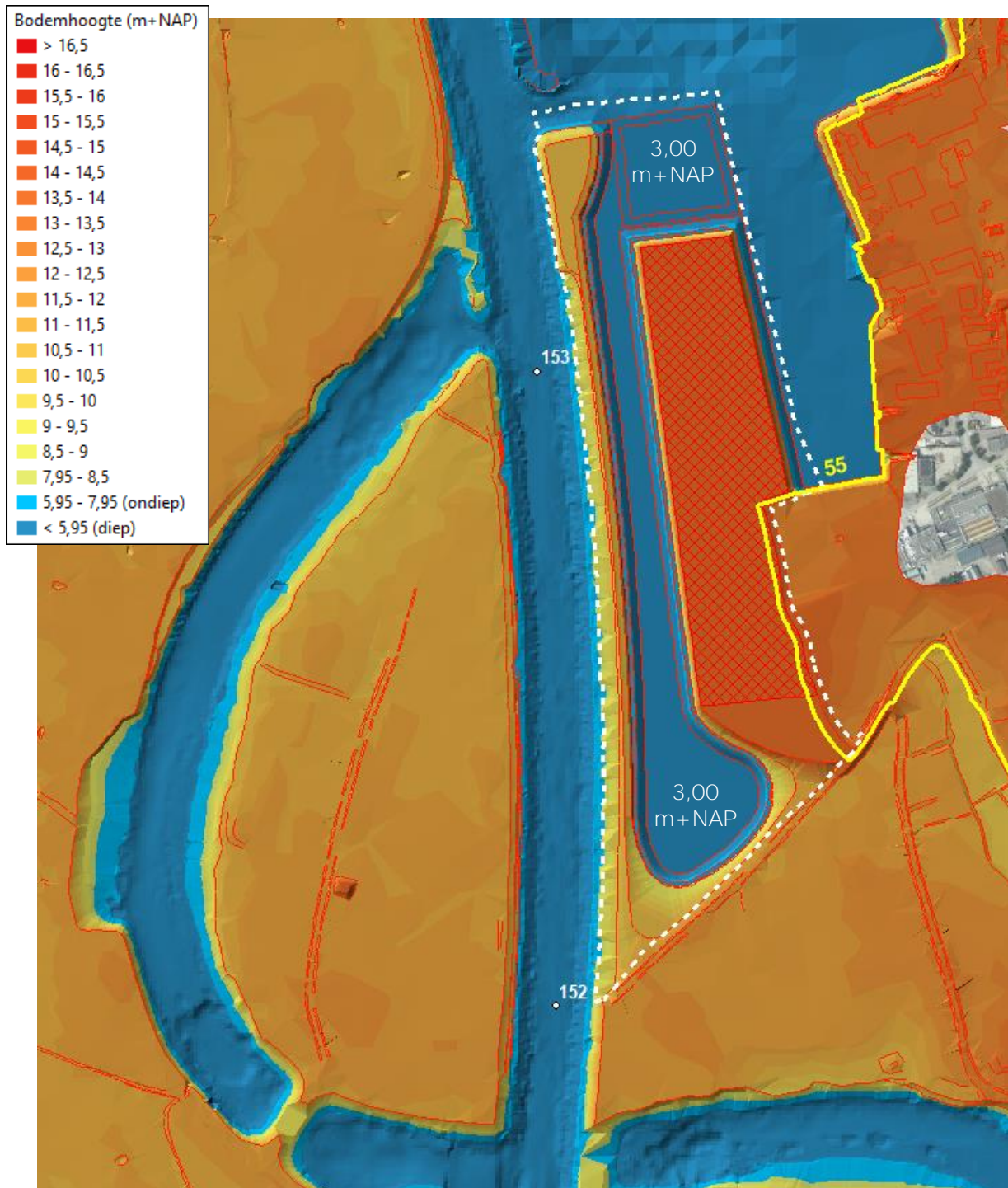
Autocad-tekening (Sweco, 2017)



Bodemhoogten en tracé waterkering (buitenkruinlijn)

Variante met taluds

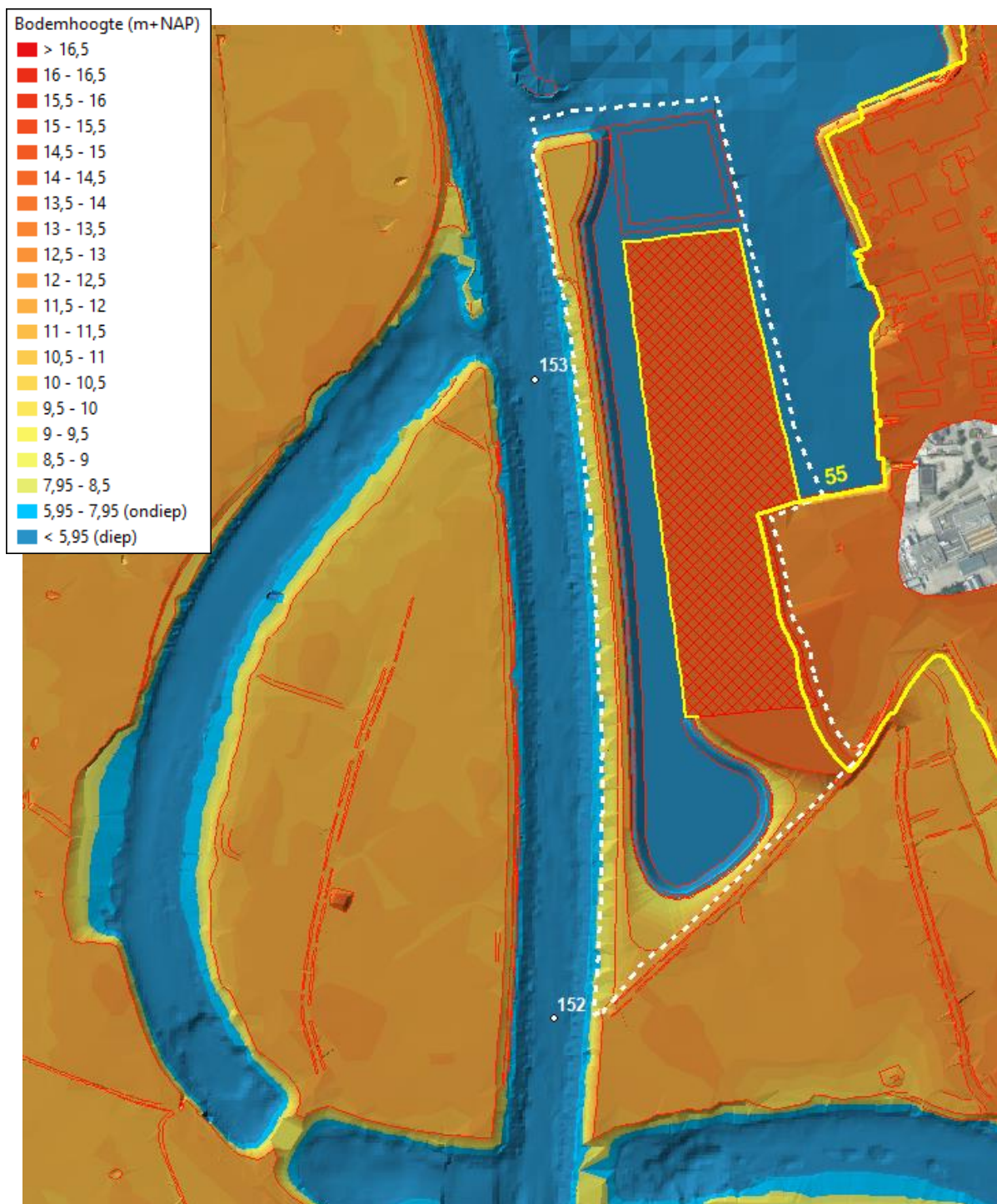
Aan weerszijden van de havenkade is er een talud. De schepen leggen aan met behulp van meerpalen.



De bodemhoogten zijn in stappen van 0,5 m weergegeven, waarbij de permanent natte delen blauw zijn gekleurd. De delen die bij stuwpeil van Grave (7,95 m+NAP) ondieper dan 2 m zijn, zijn in lichtblauw weergegeven. Het haventerrein ligt nu op 14 m+NAP en is bovendien als hoogwatervrij gemodelleerd. Dat betekent dat het terrein gevrijwaard blijft van vergunningsplicht voor obstakels, die de doorstroming belemmeren. In het model blijft het haventerrein hierom vrij van doorstroming, ook indien de waterstand boven 14 m+NAP zou uitkomen.

Variant met damwanden

Aan weerszijden van de havenkade is er nu een verticale damwand (dunne gele lijn). Verder zijn er geen verschillen met het hoofdalternatief met taluds.



De bodemhoogten zijn in stappen van 0,5 m weergegeven, waarbij de permanent natte delen blauw zijn gekleurd. De delen die bij stuwpeil van Grave (7,95 m+NAP) ondieper dan 2 m zijn, zijn in lichtblauw weergegeven. Het haventerrein ligt nu op 14 m+NAP en is bovendien als hoogwatervrij gemodelleerd. Dat betekent dat het terrein gevrijwaard blijft van vergunningsplicht voor obstakels, die de doorstroming belemmeren. In het model blijft het haventerrein hierom vrij van doorstroming, ook indien de waterstand boven 14 m+NAP zou uitkomen.

Ruwheidscodes

Voor beide varianten geldt dezelfde ruimtelijke verdeling van ruwheidscodes, met uitzondering van een dunne groenstrook aan de bovenzijde van het talud (rondom de havenkade). De havenkade is als verhard oppervlak tevens hoogwatervrij gemodelleerd.

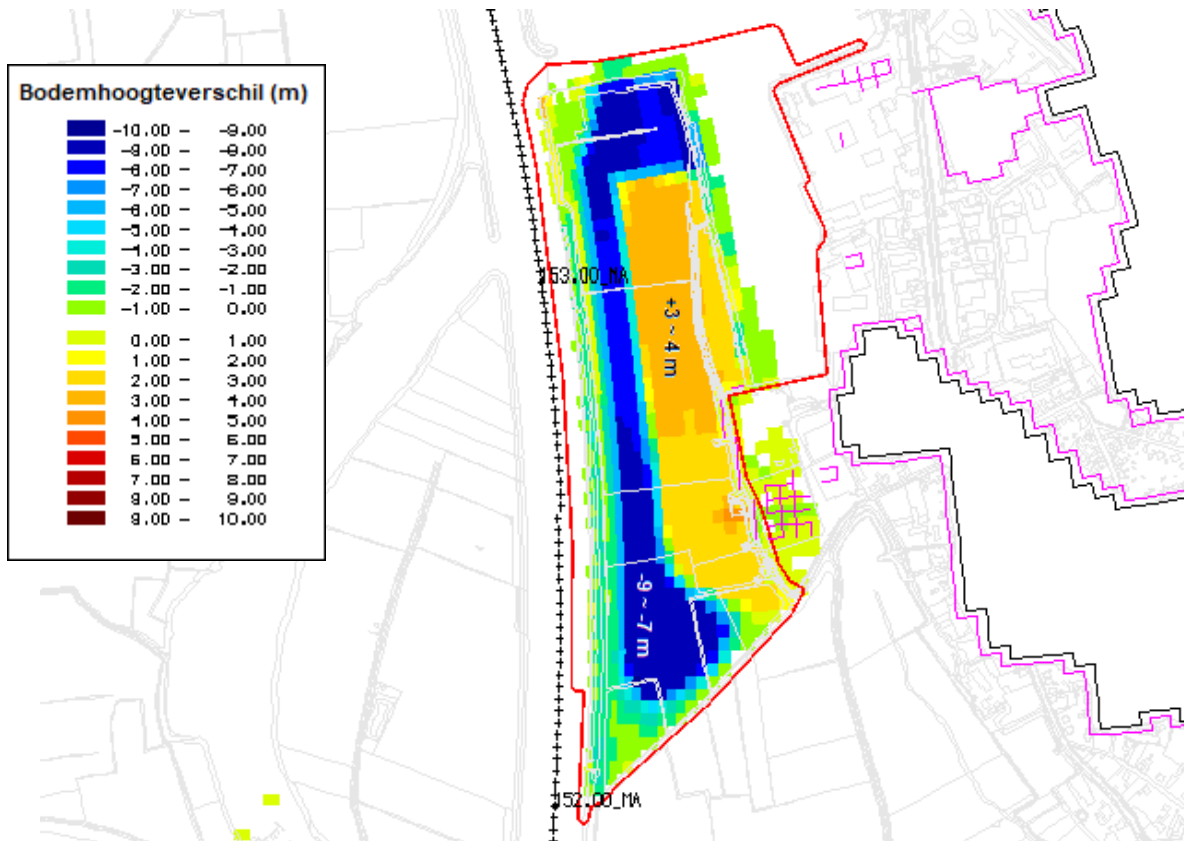
Variant met talud

Variant met damwand

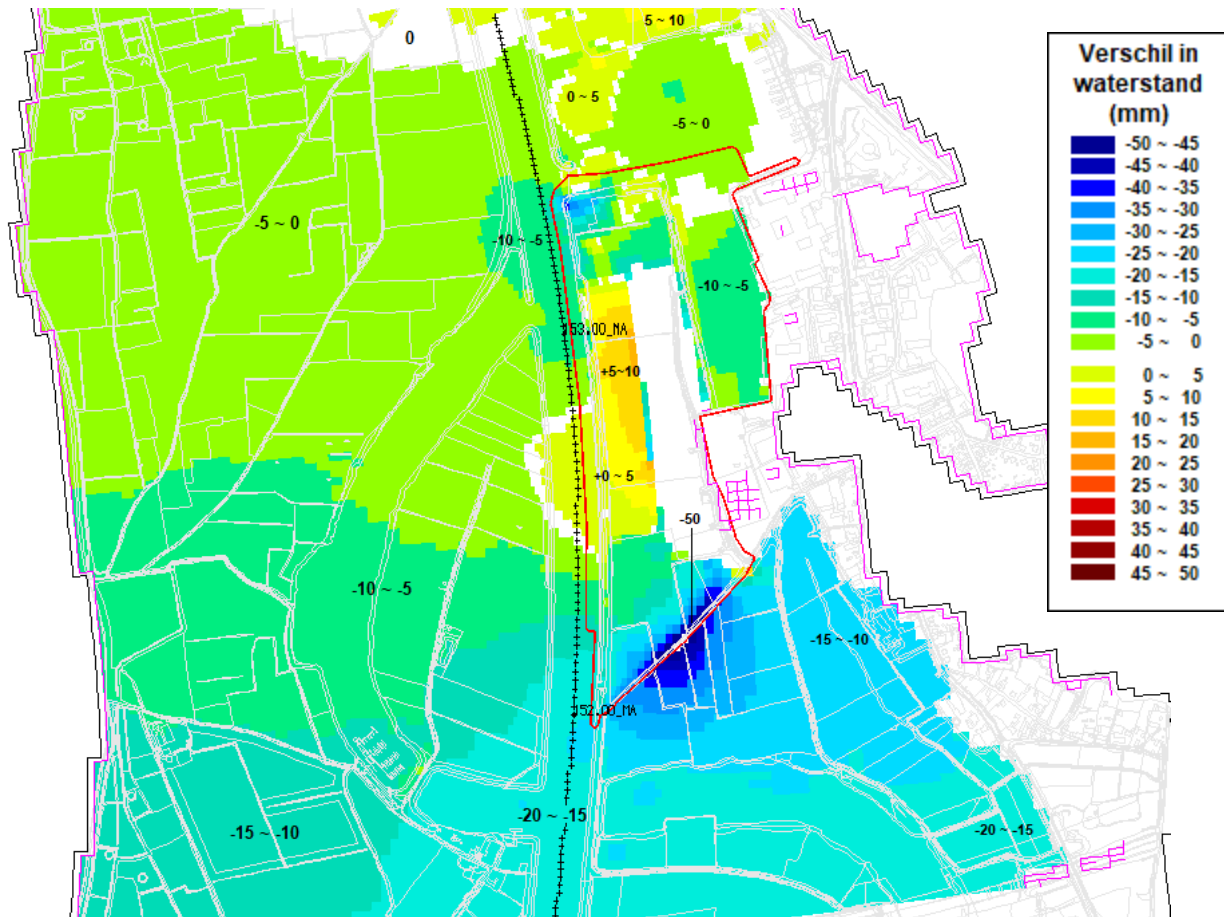


Bodemhoogteverschillen ten opzichte van de referentie (variant met taluds)

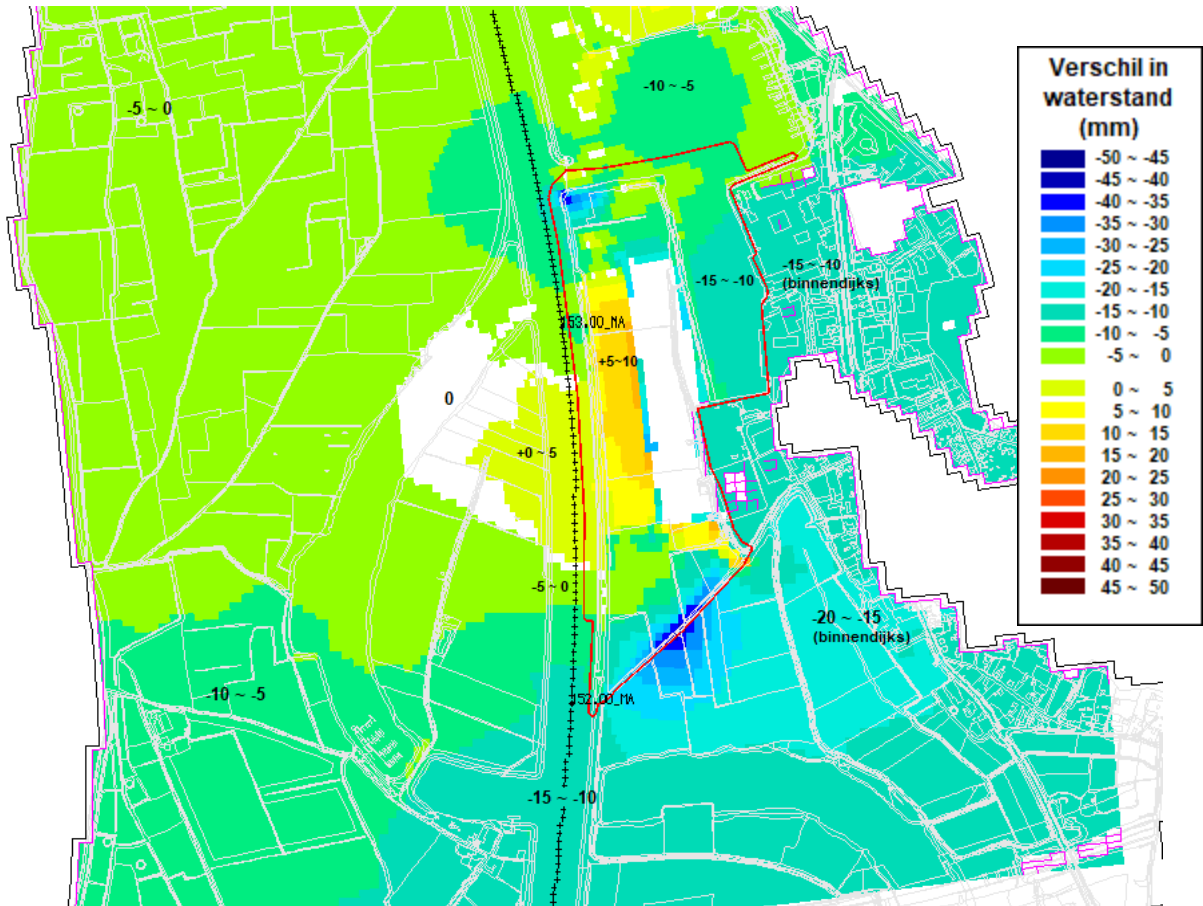
Variant met taluds (voor de variant met damwanden is deze analyse niet gedaan)



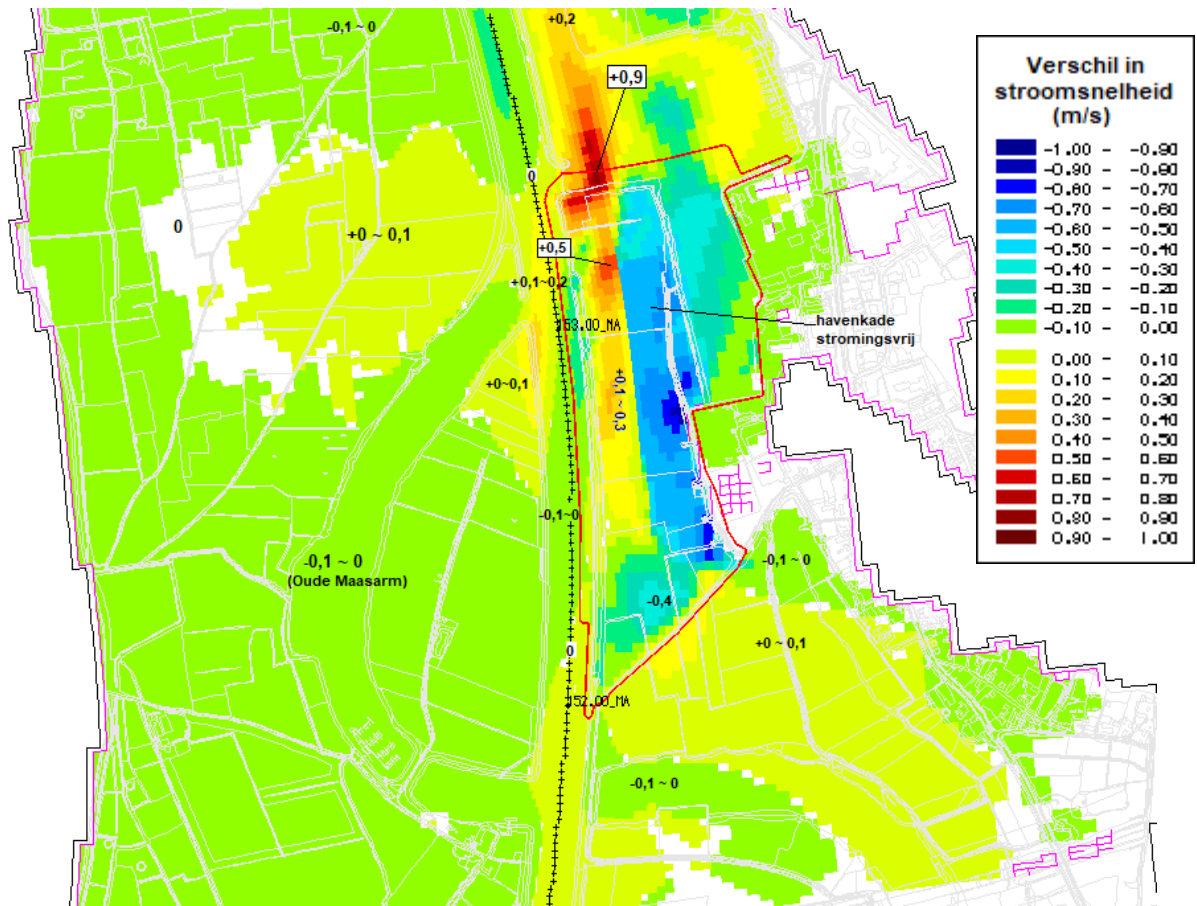
Waterstandsverschillen ten opzichte van de referentie bij 3430 m³/s (variant met taluds)



Waterstandsverschillen ten opzichte van de referentie bij 4000 m³/s (variant met taluds)

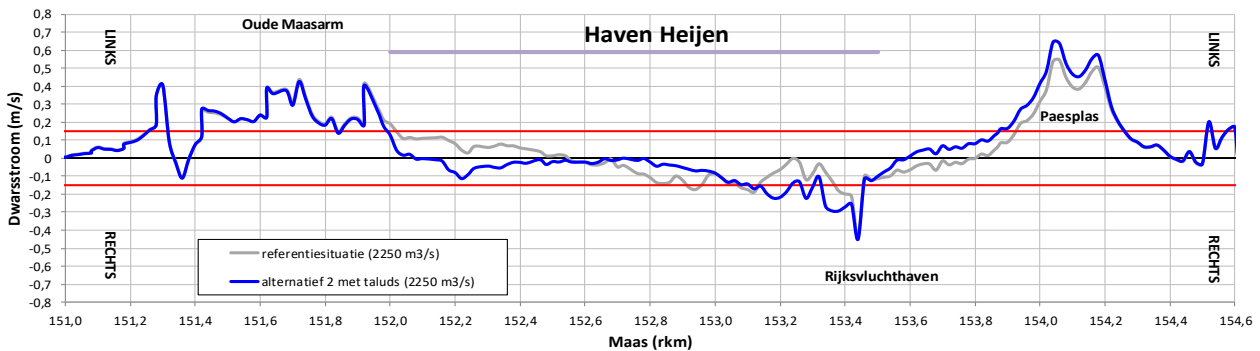
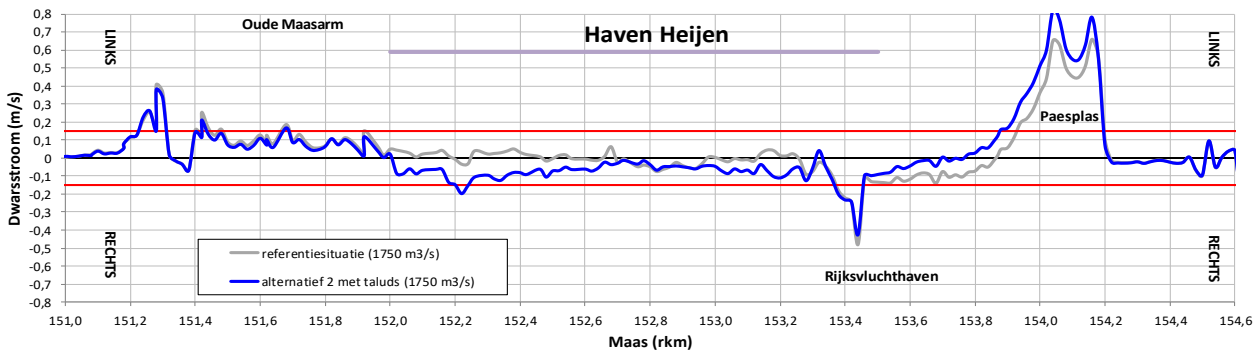
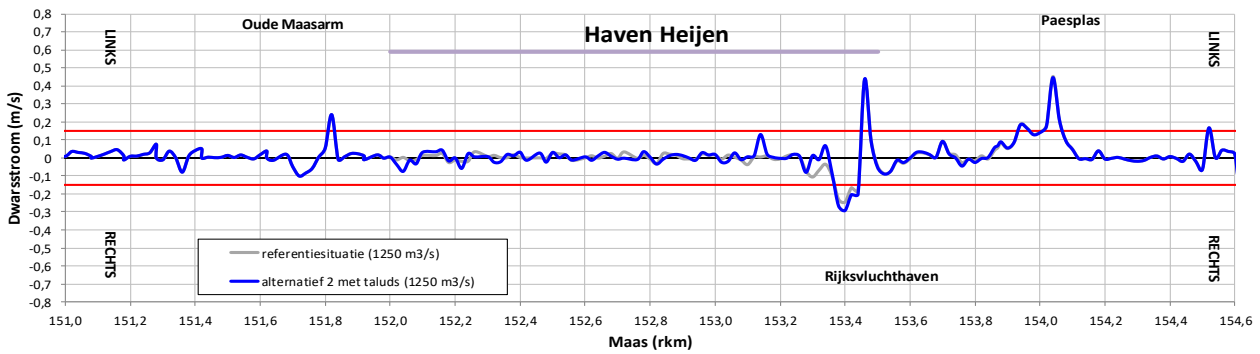
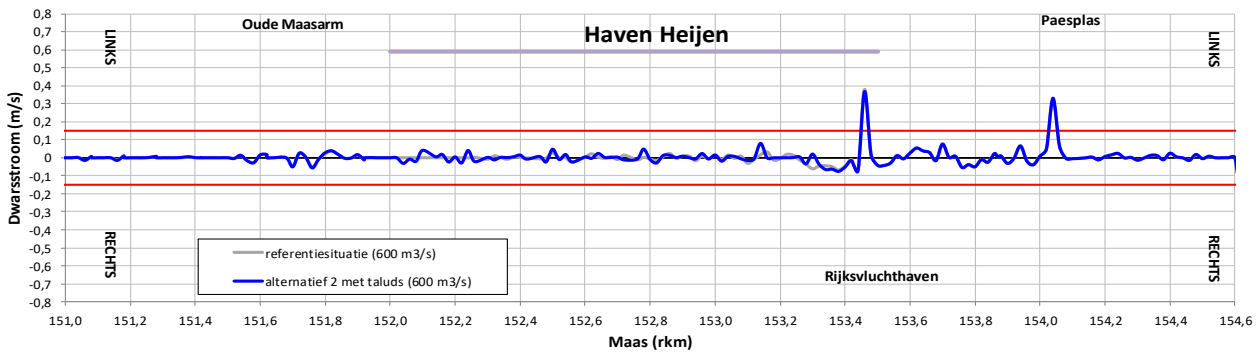
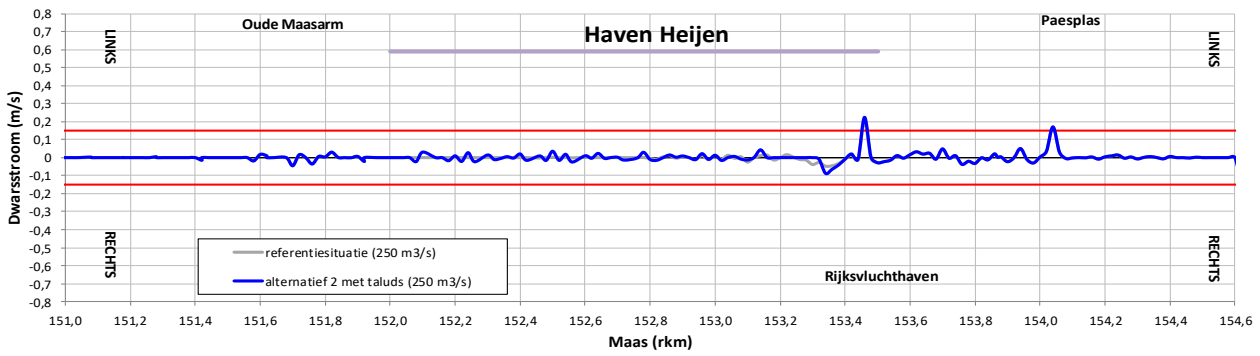


Stroomsnelheidsverschillen ten opzichte van de referentie bij 4000 m³/s (variant met taluds)



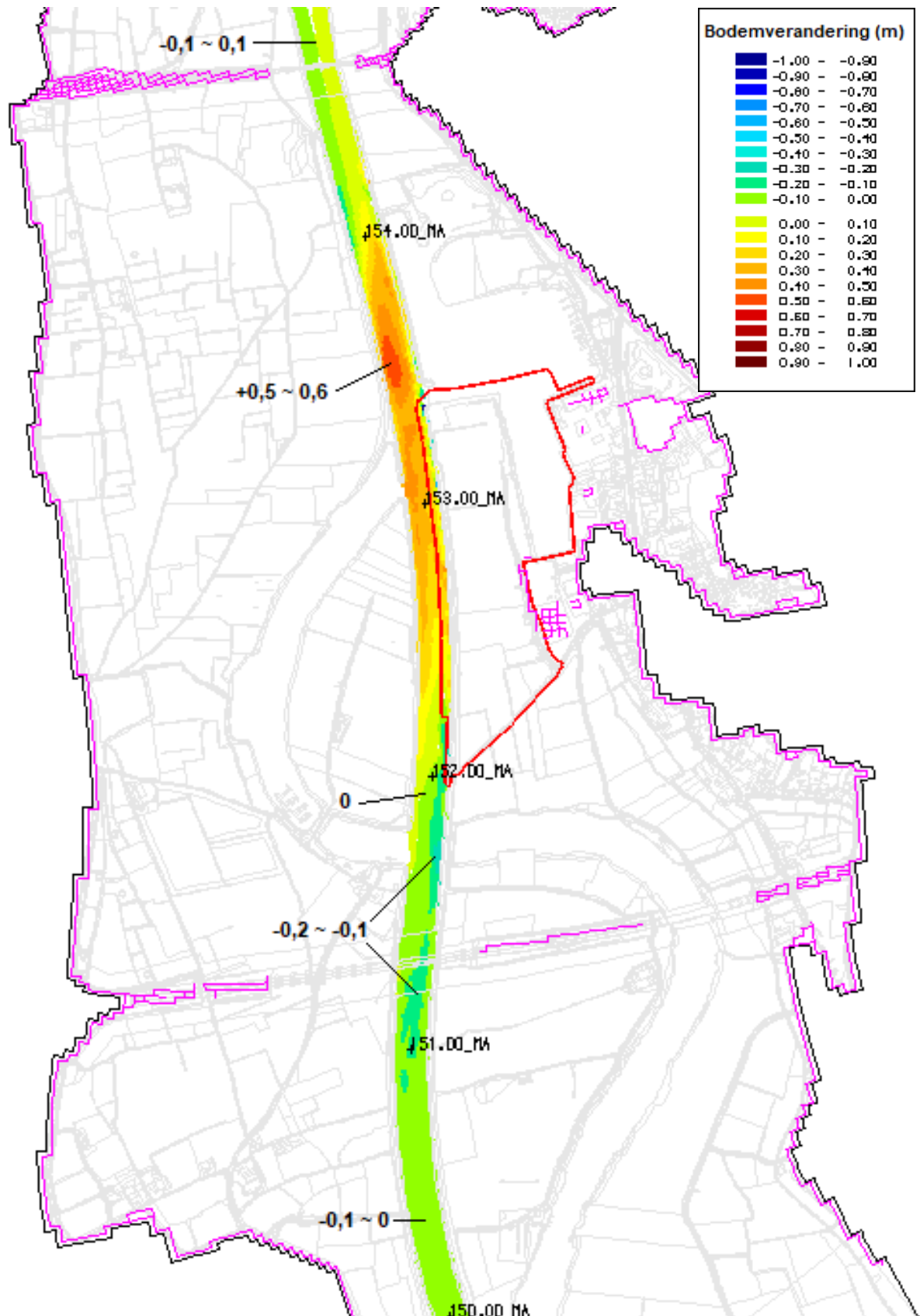
Effecten op dwarsstroming (variant met taluds)

Variant met taluds (voor de variant met damwanden is deze analyse niet gedaan)



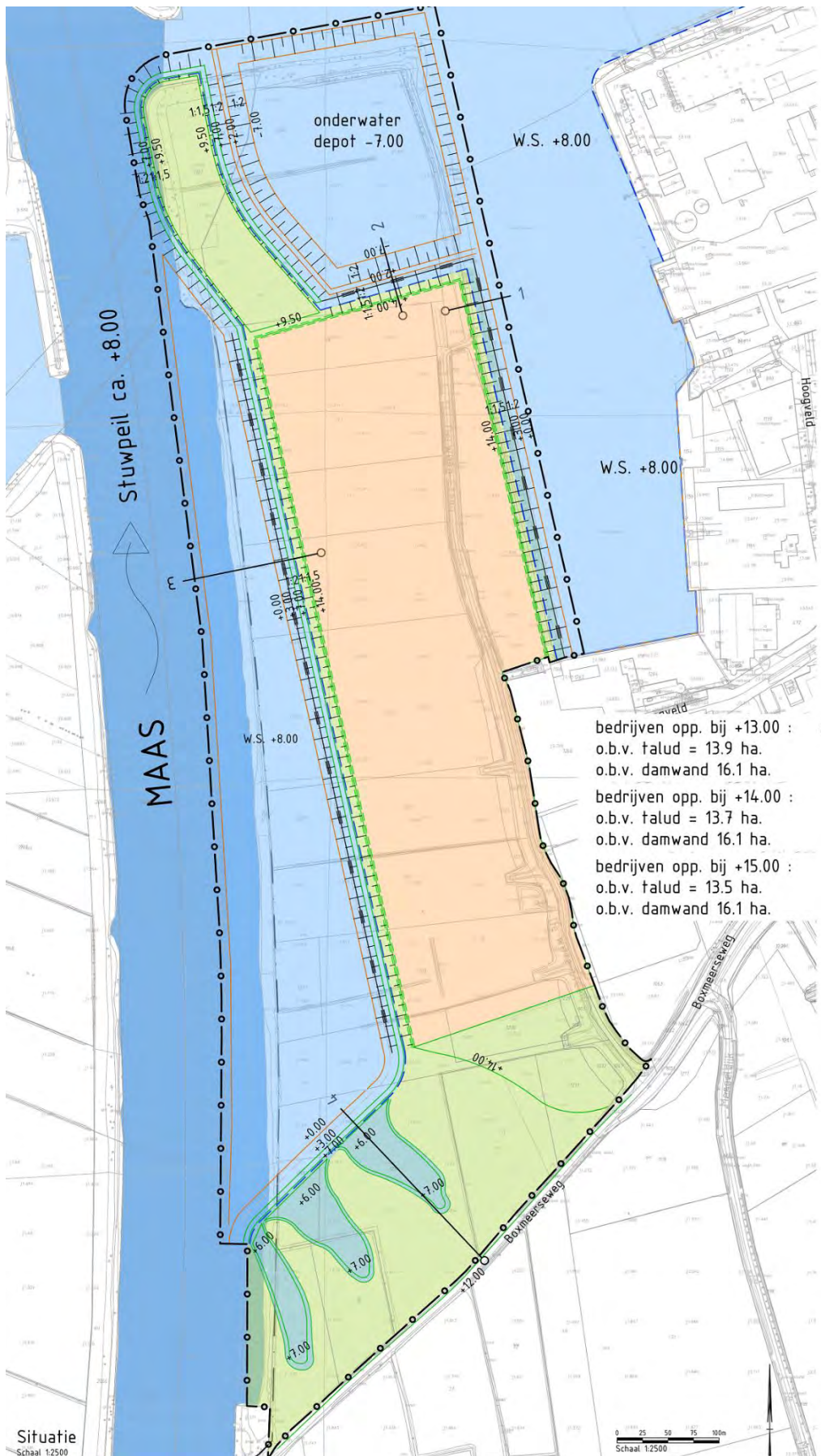
Prognose morfologische effecten (WaqMorf: variant met taluds)

Jaargemiddeld:

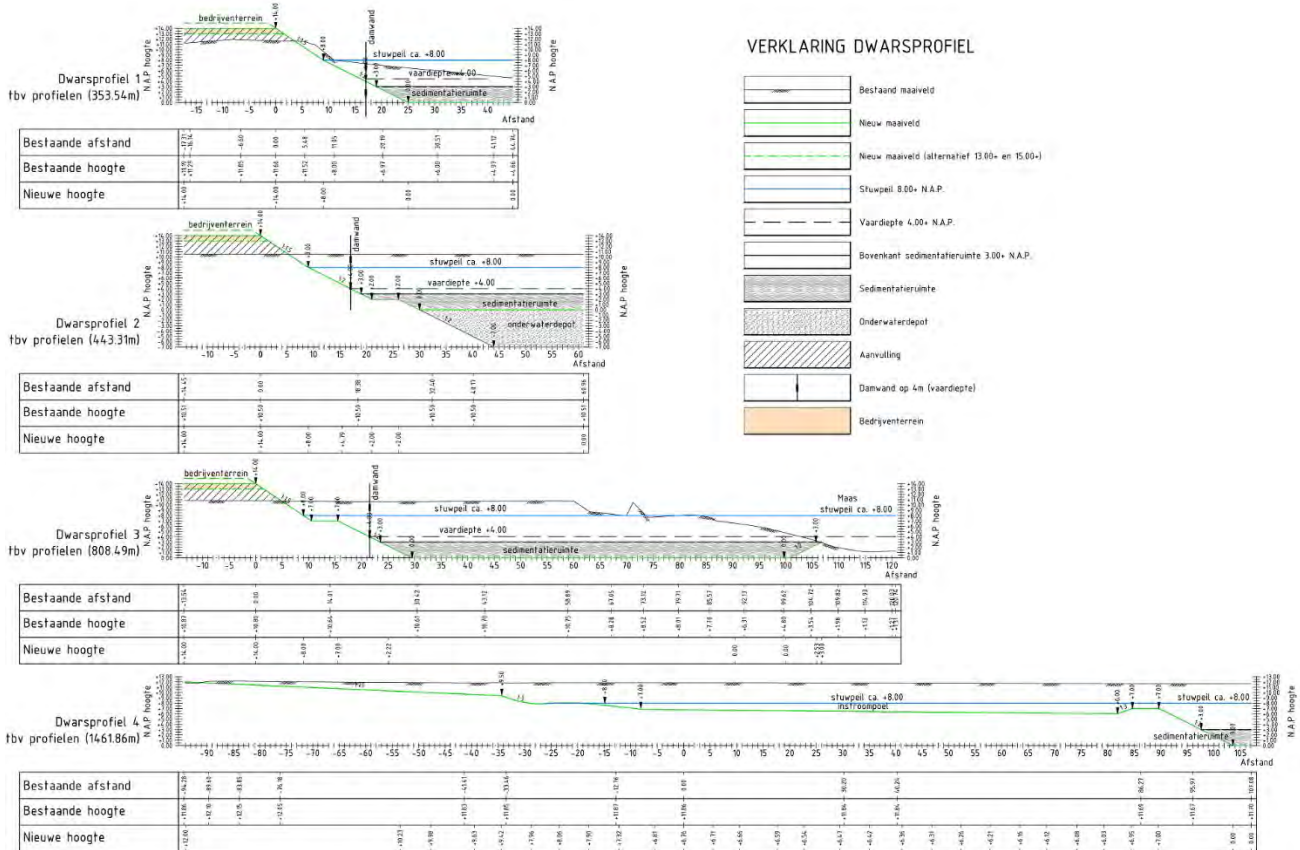


Maximaal: vrijwel identiek aan resultaat jaargemiddeld en niet afzonderlijk weergegeven

Bijlage 7 Alternatief 3: Bedrijven langs de Maas
 Autocad-tekening (Sweco, 2017)



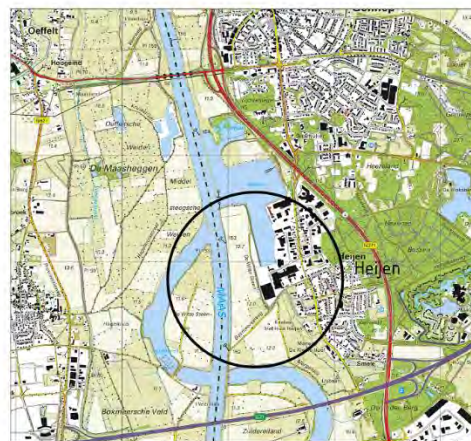
Dwarsprofiel 1 tot en met 4:



Dwarsprofielen
Schaal 1:500

VERKLARING SITUATIE

- Plangrens
- Natuurvriendelijke oever (voormalig)
- Insteek talud
- Insteek talud (alternatief +13.00 en +15.00)
- Stuwpeil 8.00+ N.A.P.
- Bovenkant sedimentatieruimte 3.00+ N.A.P.
- Bodemlijn 2.00+ N.A.P.
- Damwand op 4m (vaardiepte)
- Maas
- Natuurvriendelijke oever
- Haven
- Groenzone
- Bedrijventerrein



Maten in meters, tenzij anders aangegeven
Matenlijnen in millimeters
Hoogten in meters t.o.v. N.A.P.

DEFINITIEF

AVG Bedrijven/Teunesen Zand en Grint B.V.
 Project: Uitbreiding haven Heijen
 Omschrijving: Alternatief 3 : Bedrijven langs de Maas

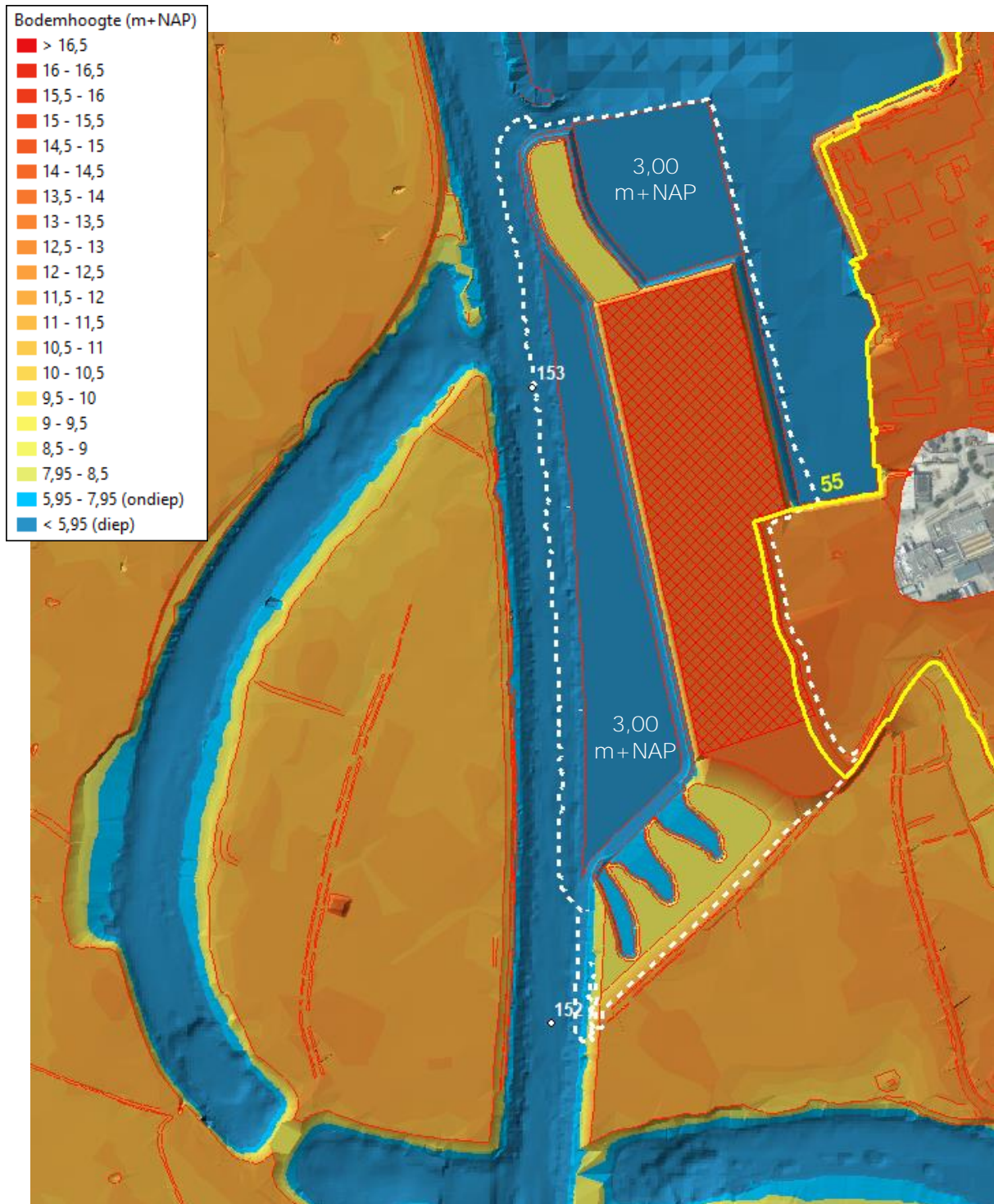
Projectnummer	Bestemmingsplan	Wet	Start met opzet	Drukdatum	Controleur		
347421	347421-T004-ALTS-D01-L01		08-05-2017				
Blad	Van	Schaal	Formaat	Kenner	Get	Geo	Ans.
1	1	1:2500/500	A1	Eindhoven	PR	ID	JvdM

www.sweco.nl
 © Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Bodemhoogten en tracé waterkering (buitenkruinlijn)

Variant met taluds

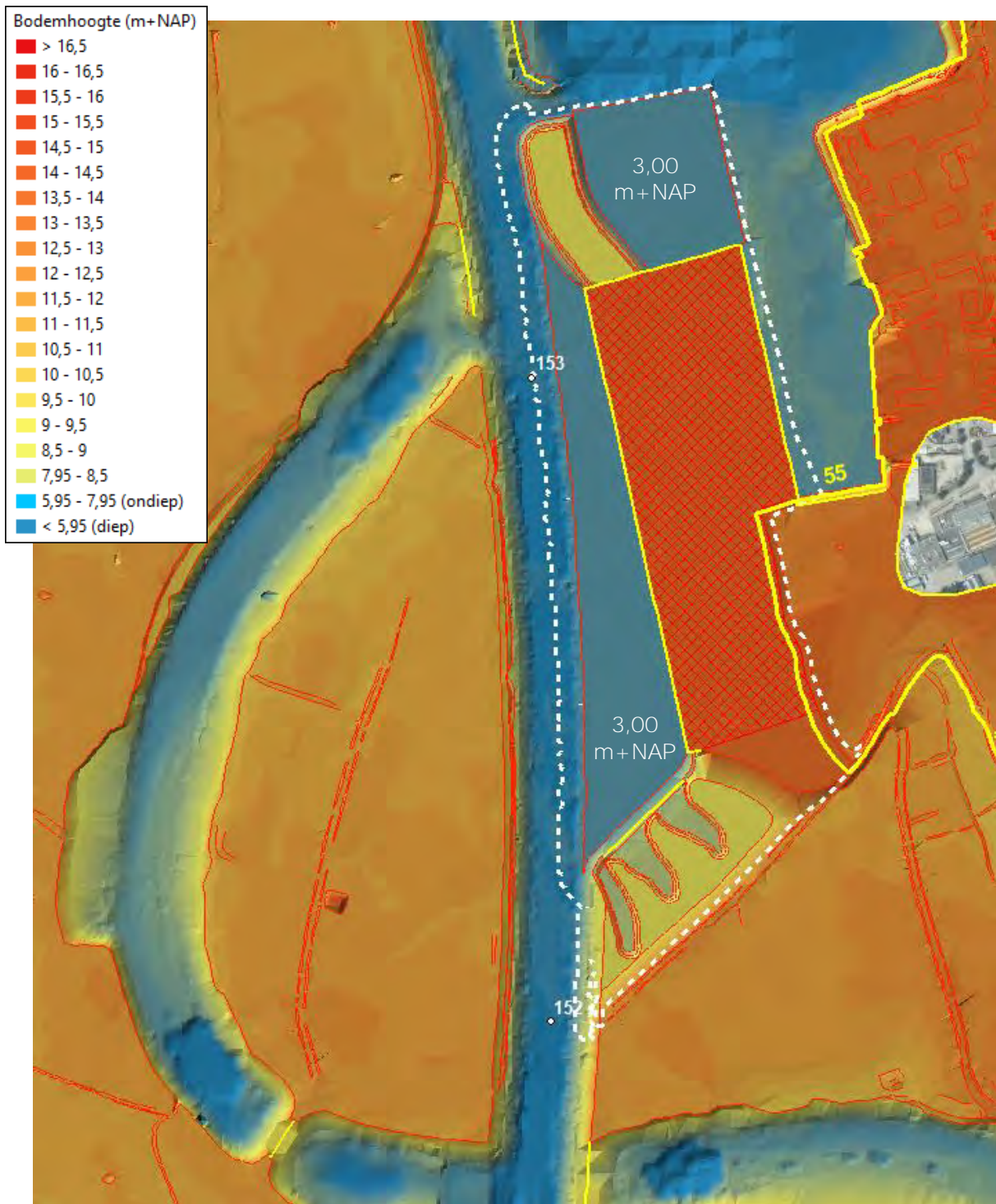
Aan weerszijden van de havenkade is er een talud. De schepen leggen aan met behulp van meerpalen.



De bodemhoogten zijn in stappen van 0,5 m weergegeven, waarbij de permanent natte delen blauw zijn gekleurd. De delen die bij stuwpeil van Grave (7,95 m+NAP) ondieper dan 2 m zijn, zijn in lichtblauw weergegeven. Het haventerrein ligt nu op 14 m+NAP en is bovendien als hoogwater vrij gemodelleerd. Dat betekent dat het terrein gevrijwaard blijft van vergunningsplicht voor obstakels, die de doorstroming belemmeren. In het model blijft het haventerrein hierom vrij van doorstroming, ook indien de waterstand boven 14 m+NAP zou uitkomen.

Variant met damwanden

Aan weerszijden van de havenkade is er nu een verticale damwand (dunne gele lijn). Verder zijn er geen verschillen met het hoofdalternatief met taluds.



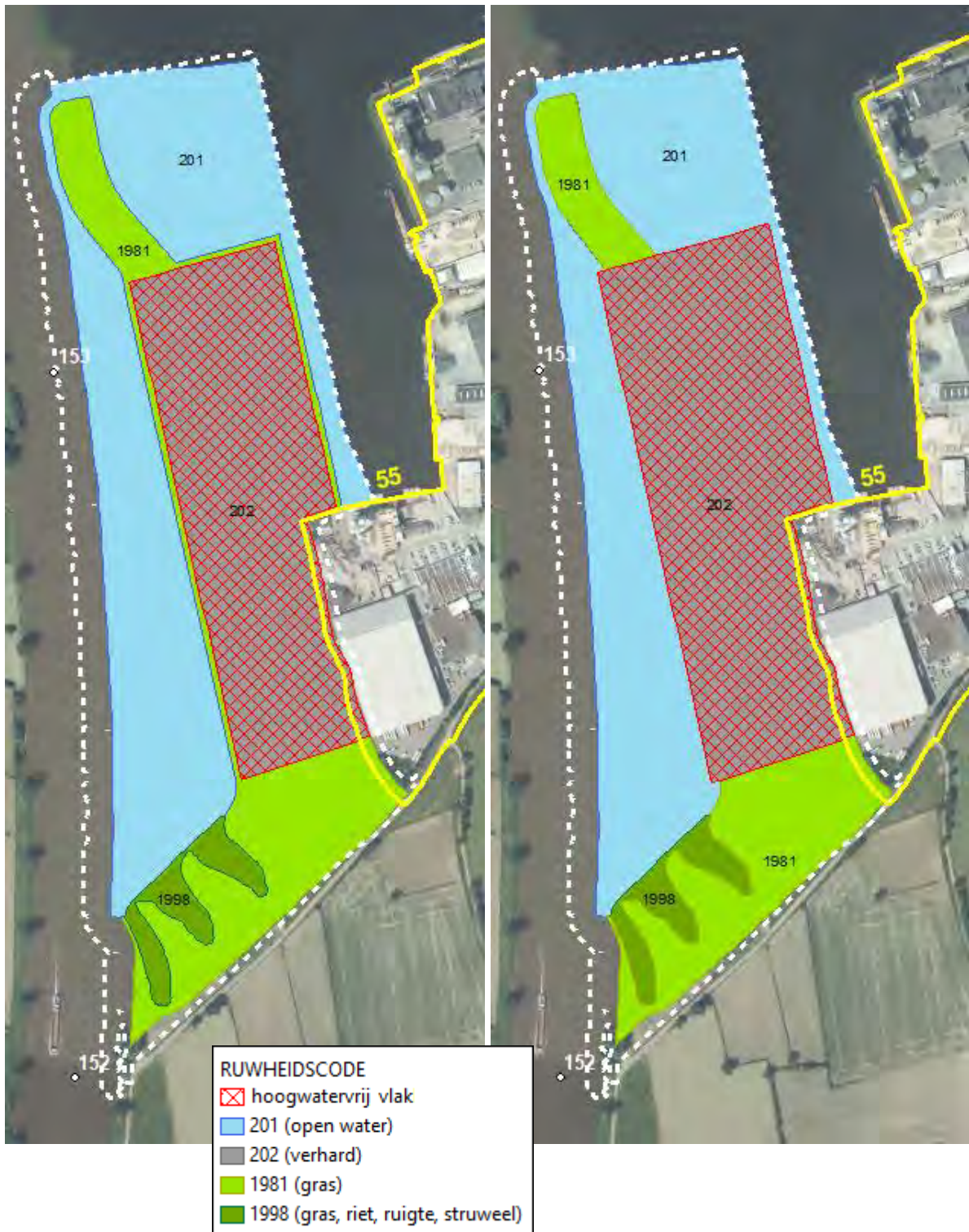
De bodemhoogten zijn in stappen van 0,5 m weergegeven, waarbij de permanent natte delen blauw zijn gekleurd. De delen die bij stuwpeil van Grave (7,95 m+NAP) ondieper dan 2 m zijn, zijn in lichtblauw weergegeven. Het haventerrein ligt nu op 14 m+NAP en is bovendien als hoogwatervrij gemodelleerd. Dat betekent dat het terrein gevrijwaard blijft van vergunningsplicht voor obstakels, die de doorstroming belemmeren. In het model blijft het haventerrein hierom vrij van doorstroming, ook indien de waterstand boven 14 m+NAP zou uitkomen.

Ruwheidscodes

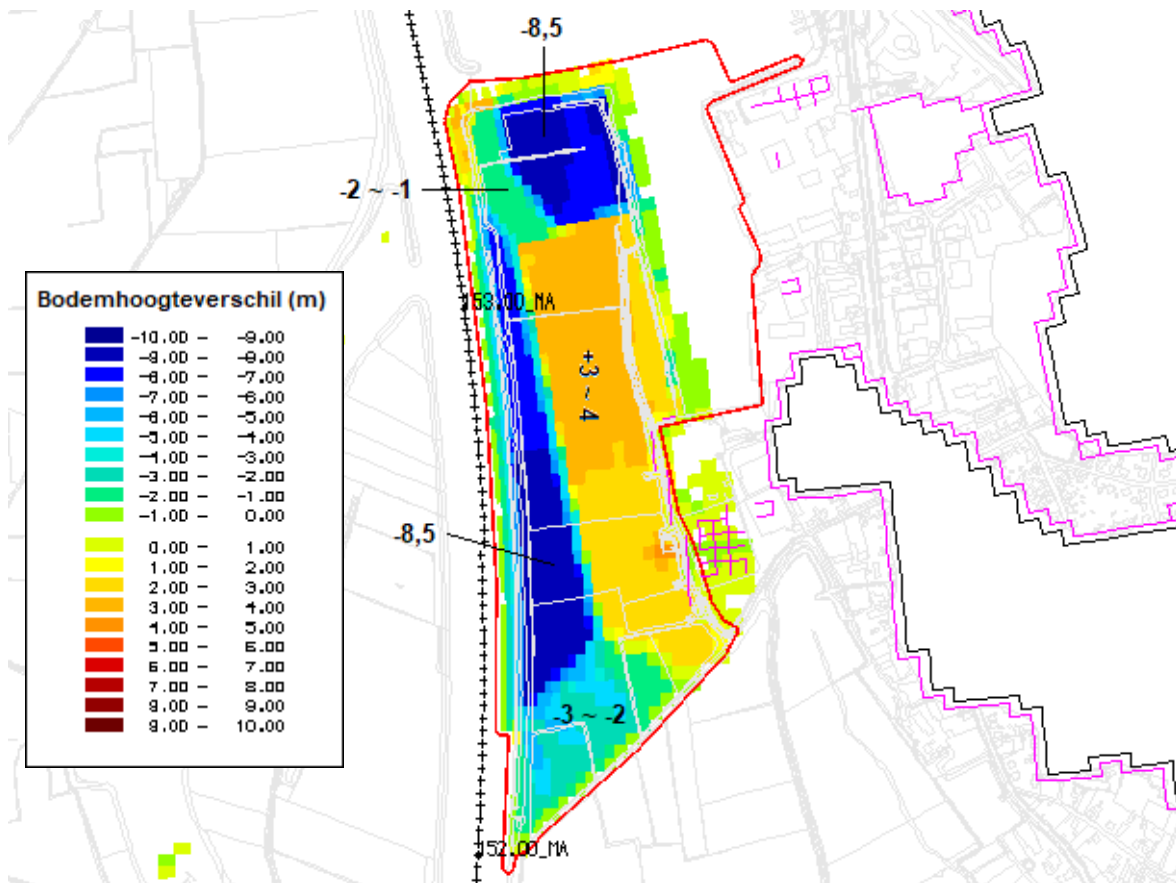
Voor beide varianten geldt dezelfde ruimtelijke verdeling van ruwheidscodes, met uitzondering van een dunne groenstrook aan de bovenzijde van het talud (rondom de havenkade). De havenkade is als verhard oppervlak tevens hoogwatervrij gemodelleerd.

Variant met taluds

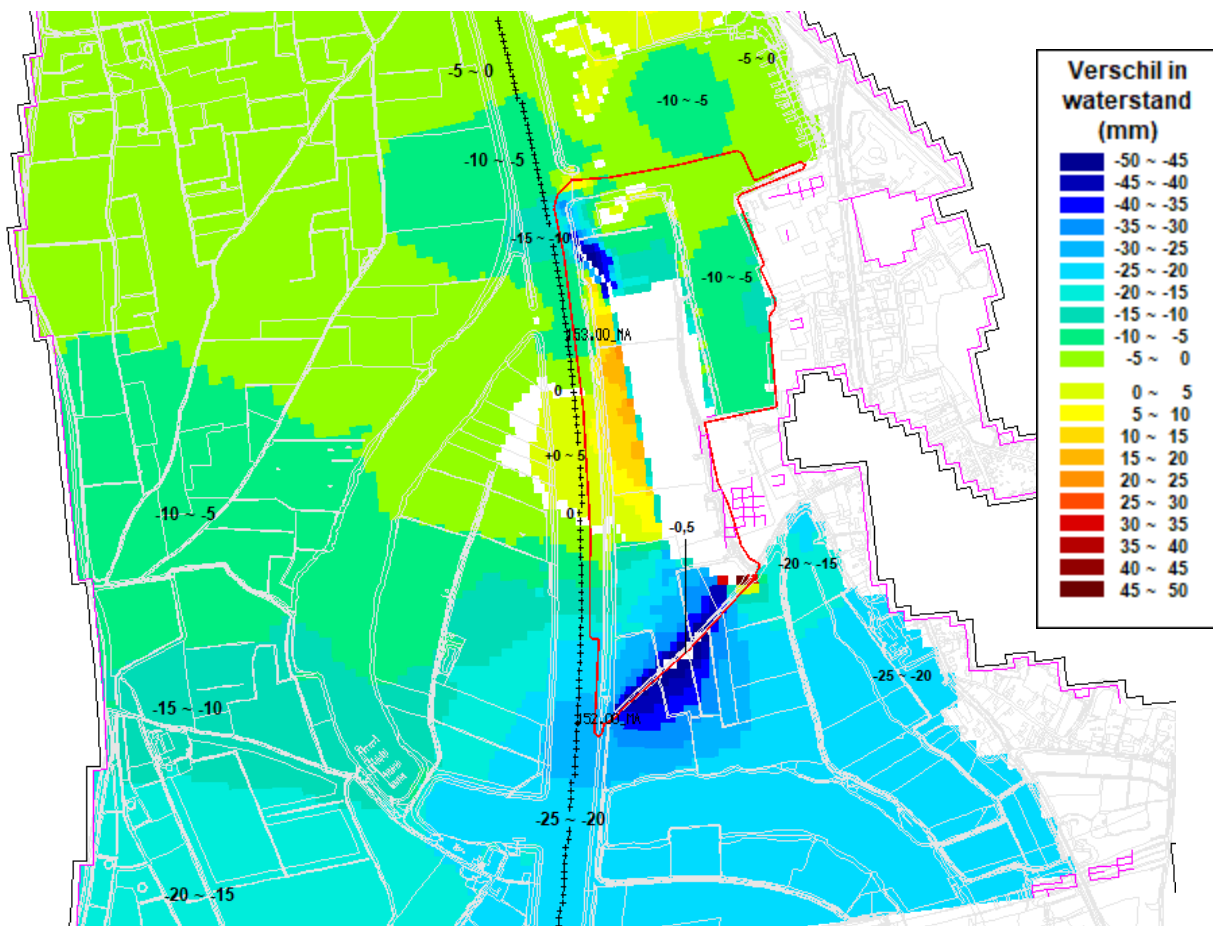
Variant met damwand



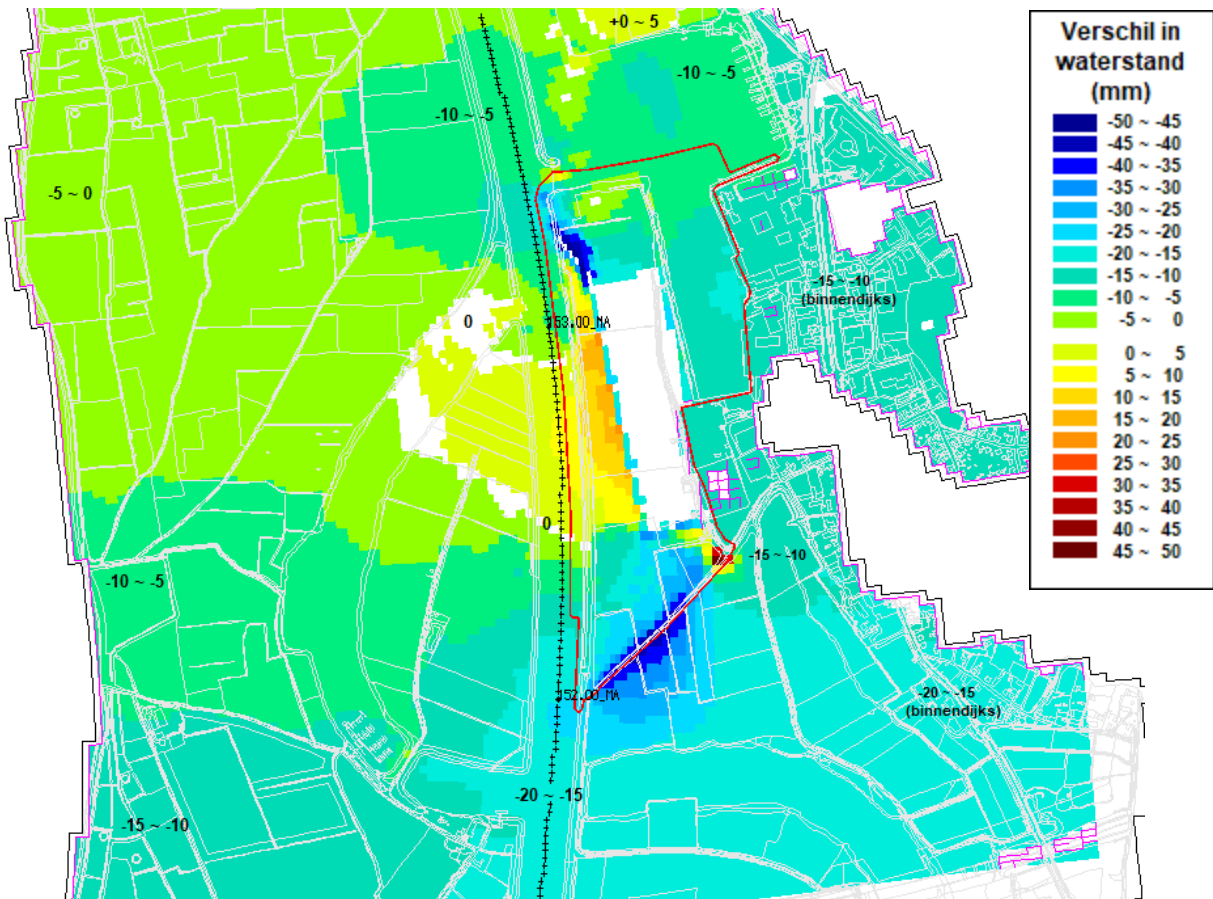
Bodemhoogteverschillen ten opzichte van de referentie (variant met taluds)



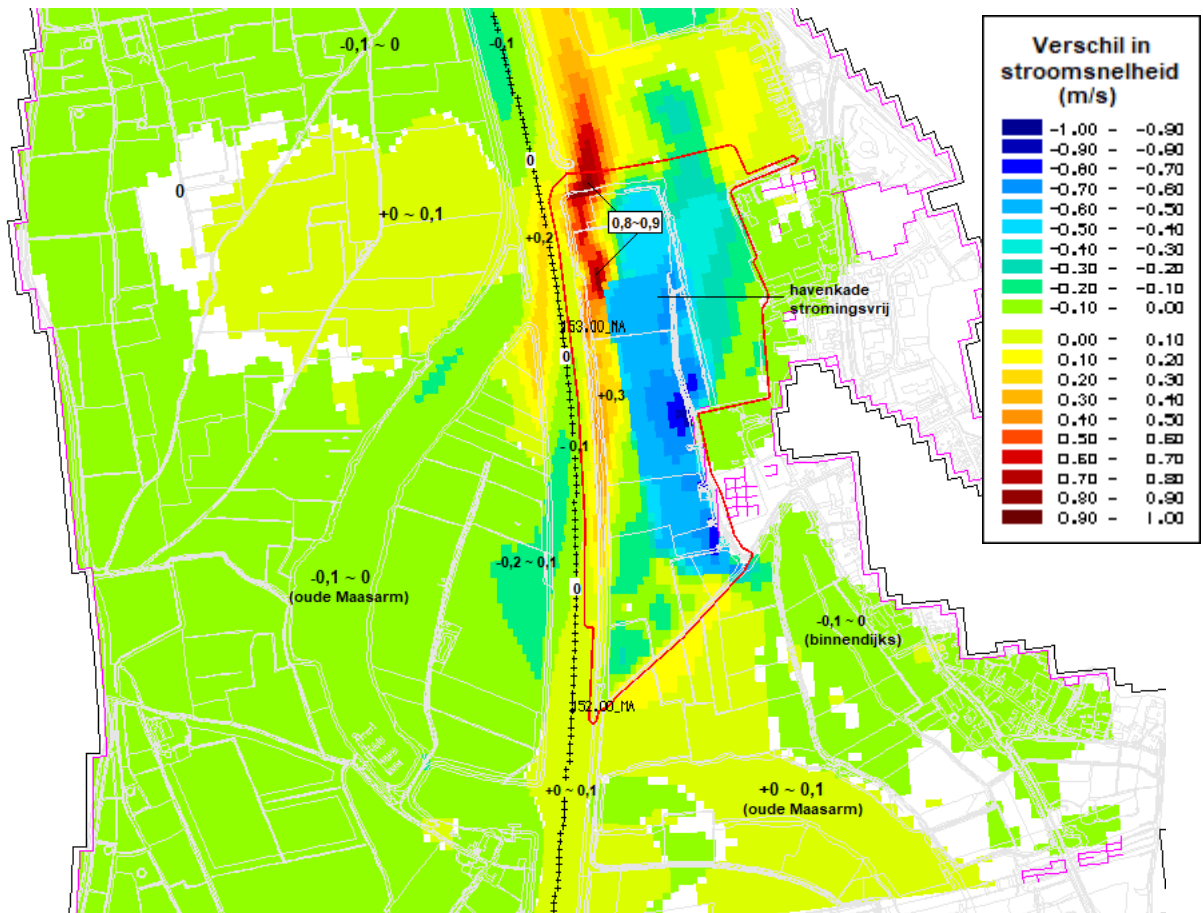
Waterstandsverschillen ten opzichte van de referentie bij 3430 m³/s (variant met taluds)



Waterstandsverschillen ten opzichte van de referentie bij 4000 m³/s (variant met taluds)

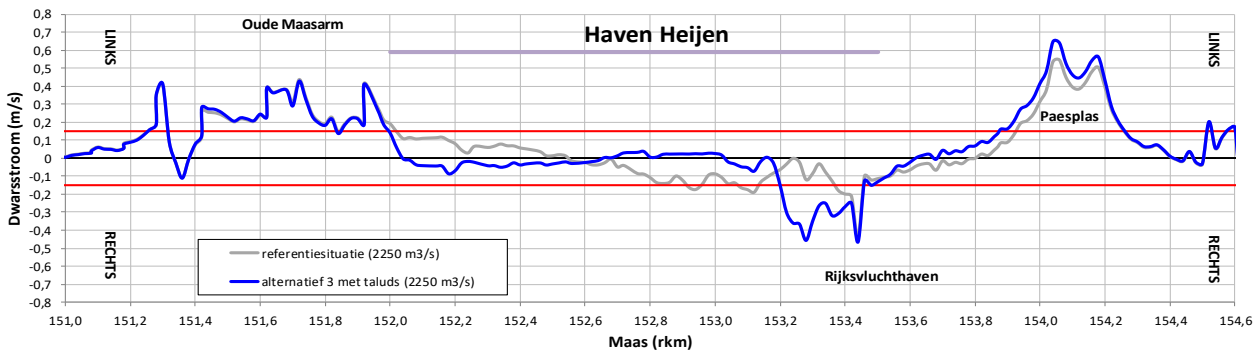
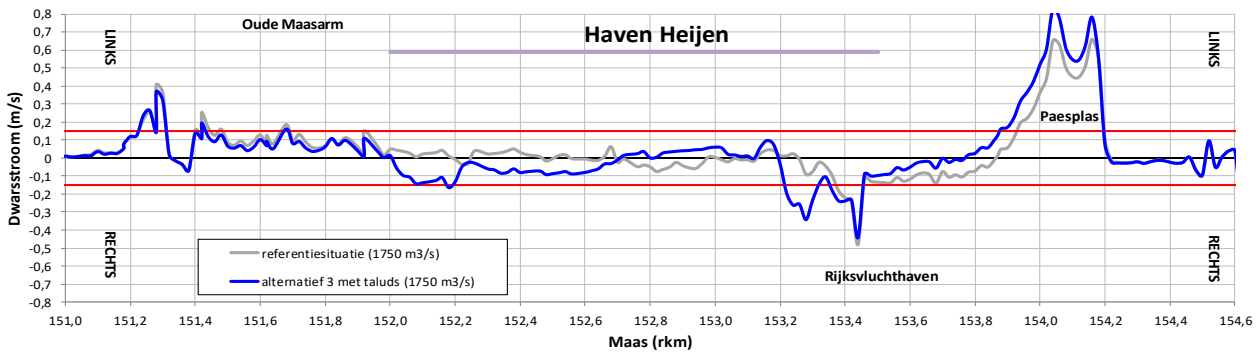
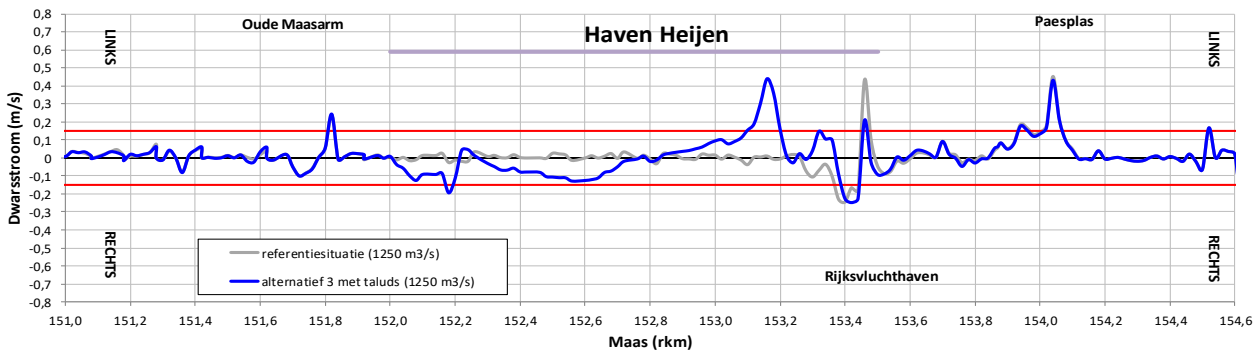
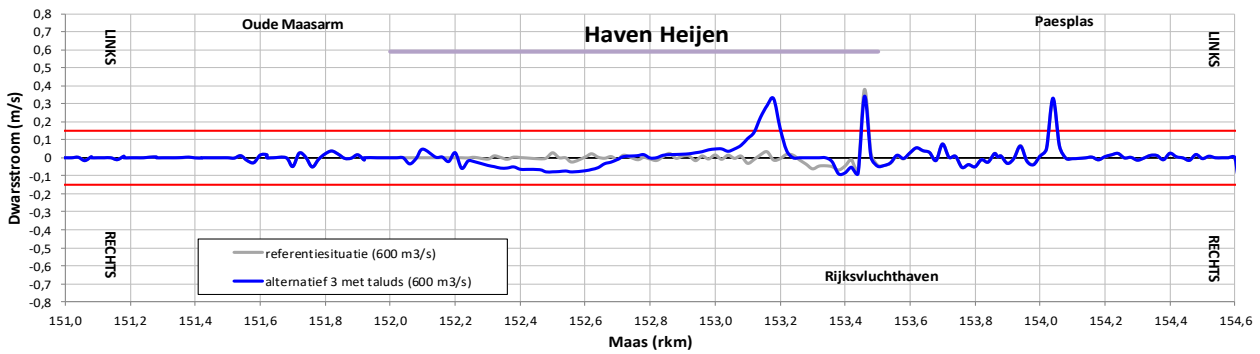
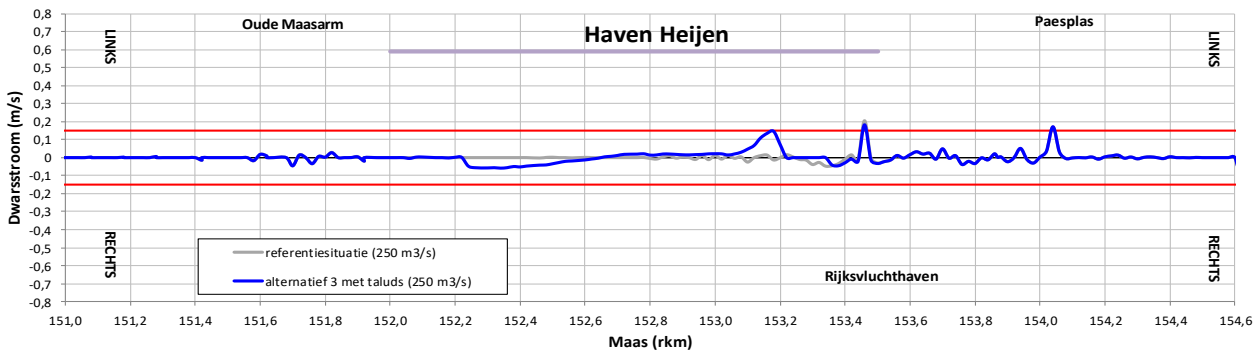


Stroomsnelheidsverschillen ten opzichte van de referentie bij 4000 m³/s (variant met taluds)



Effecten op dwarsstroming

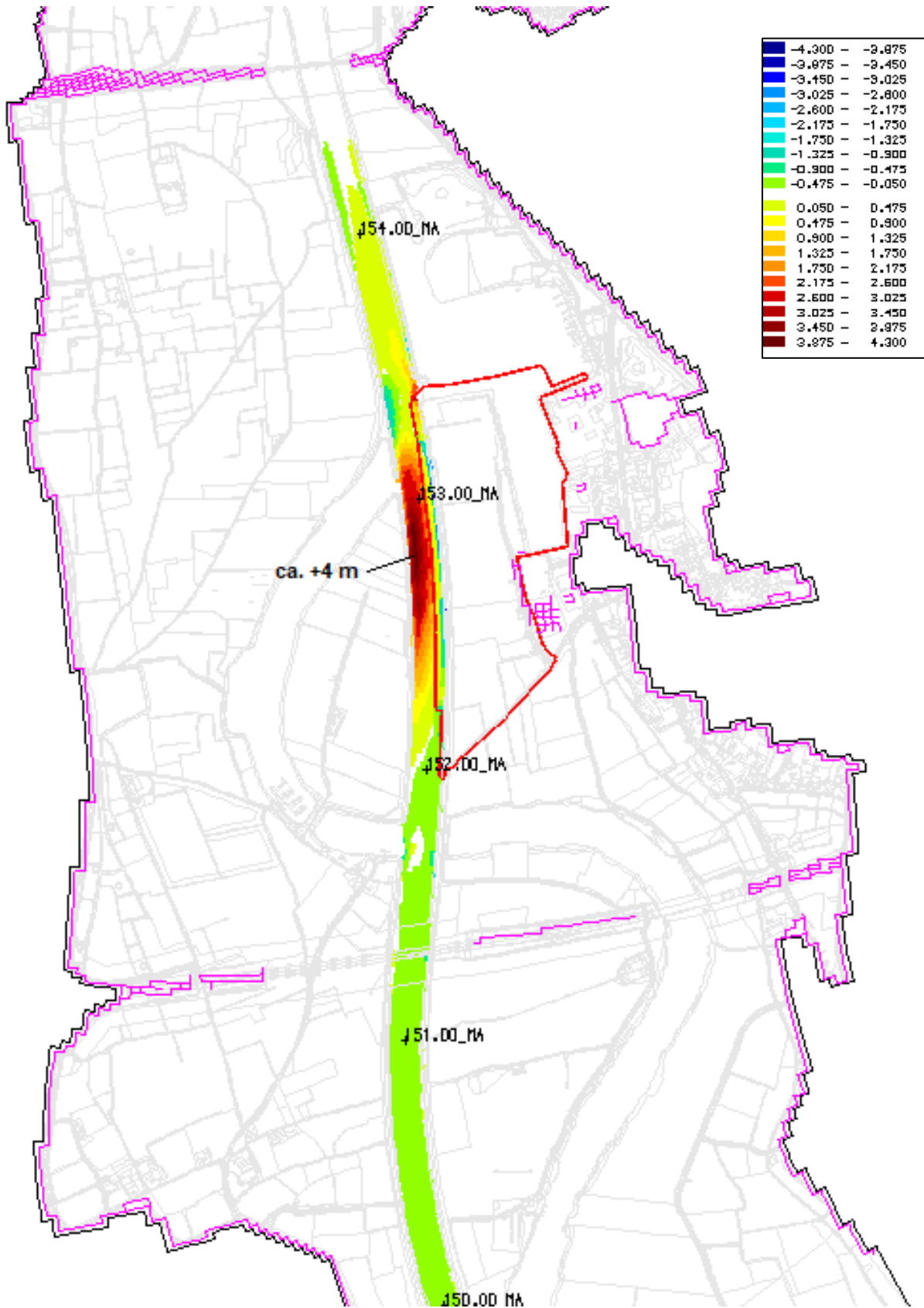
Variant met taluds (voor de variant met damwanden is deze analyse niet gedaan)



Prognose morfologische effecten (WaqMorf)

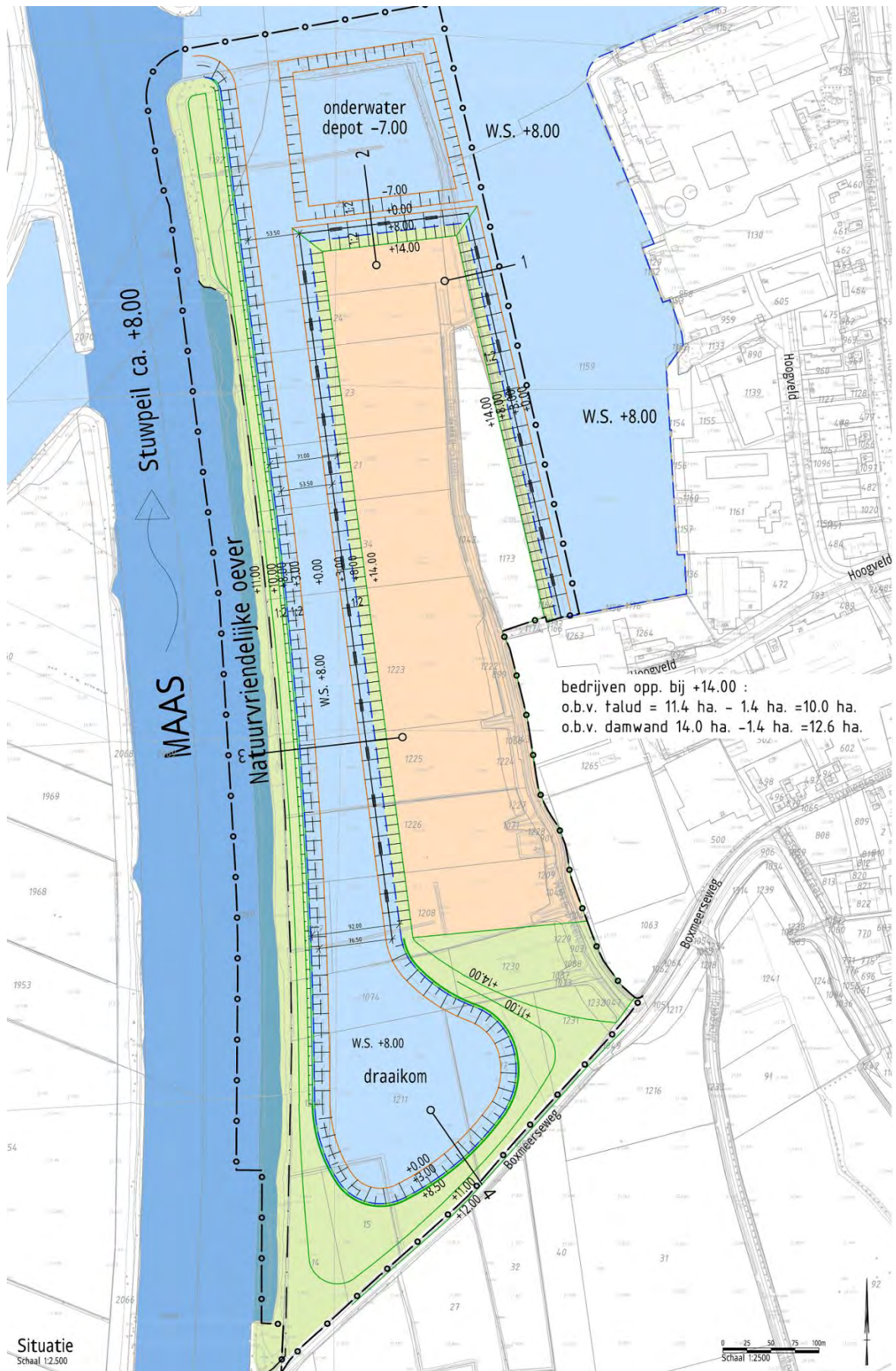
Variante met taluds (voor de variante met damwanden is deze analyse niet gedaan)

Jaargemiddeld:

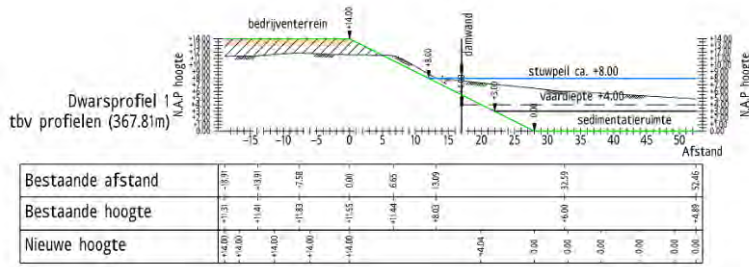


Maximaal: identiek aan resultaat jaargemiddeld en niet afzonderlijk weergegeven.

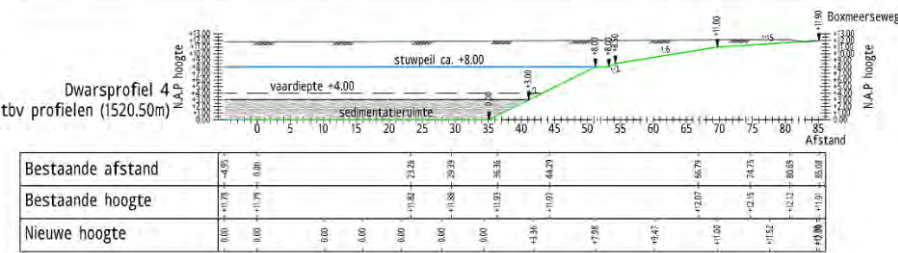
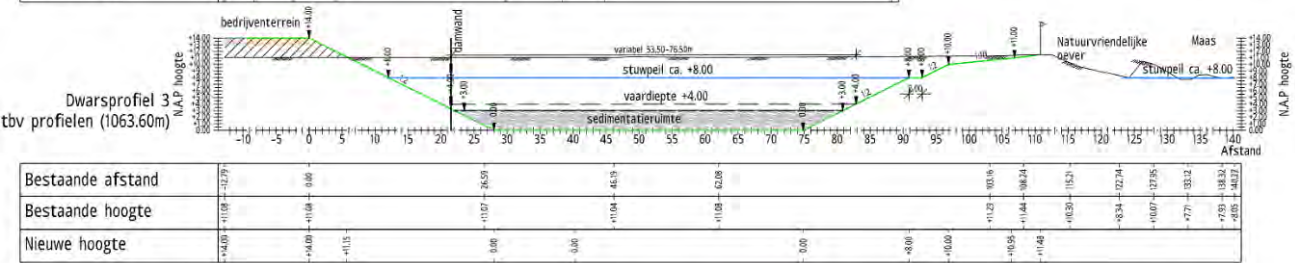
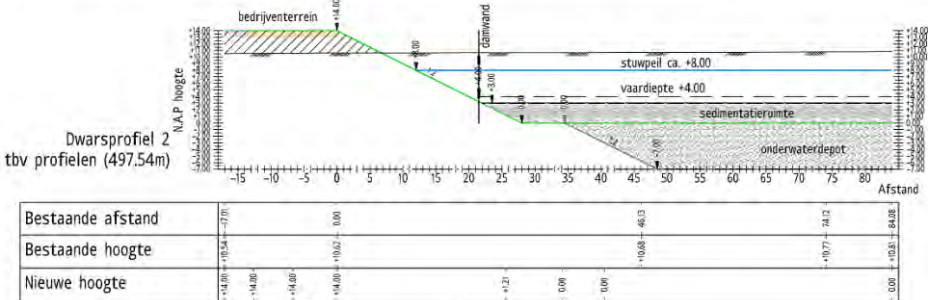
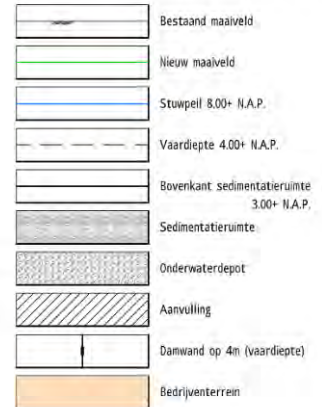
Bijlage 8 Voorkeursalternatief
Autocad-tekening (Sweco, 2018)



Dwarsprofiel 1 tot en met 4:



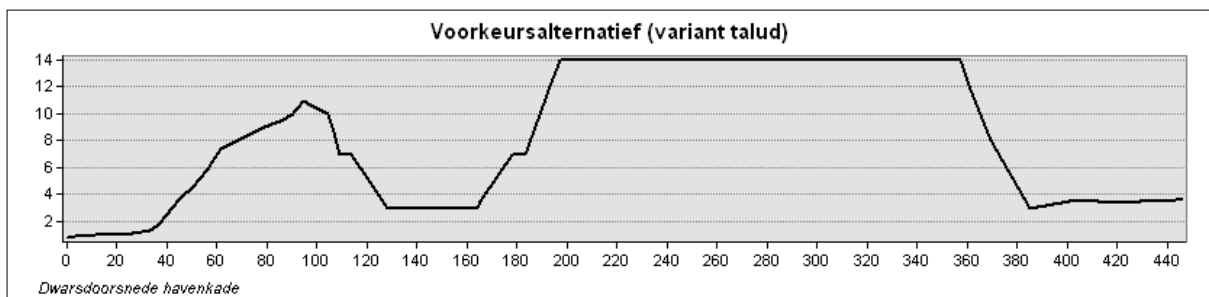
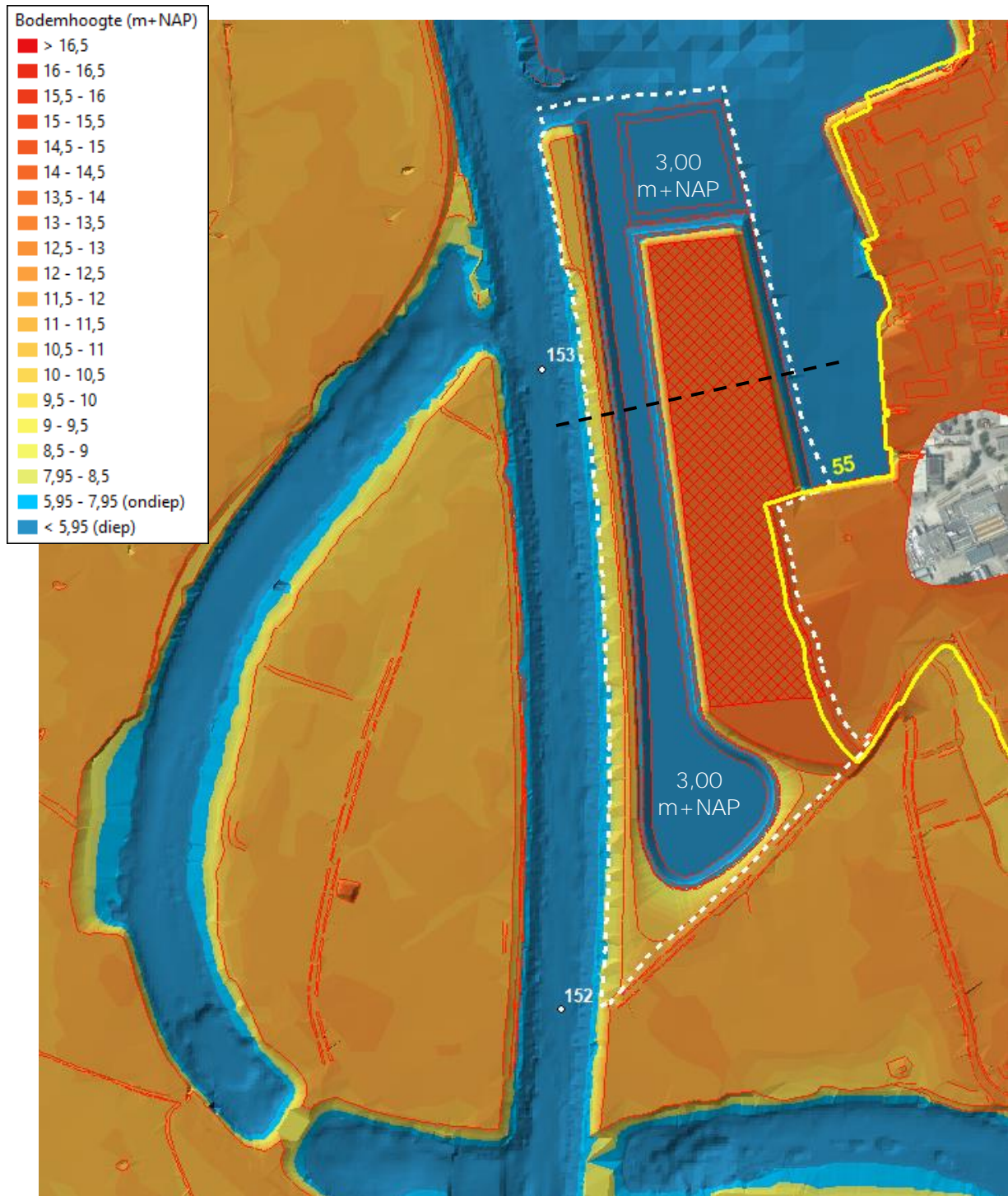
VERKLARING DWARSPROFIEL



Bodemhoogten en tracé waterkering (buitenkruinlijn)

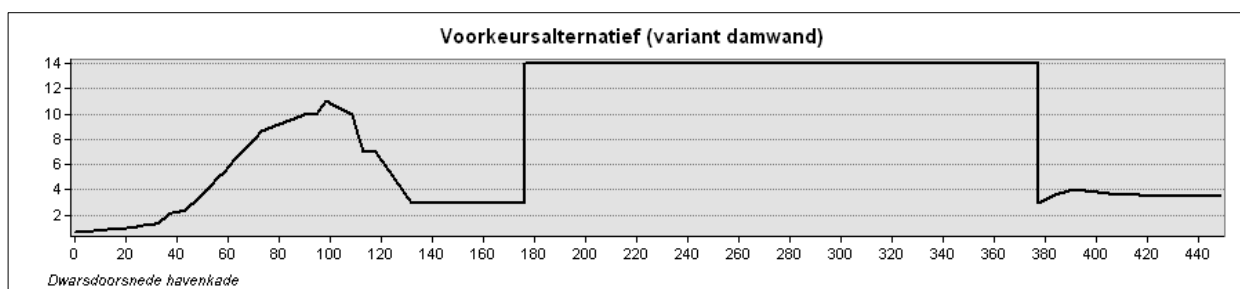
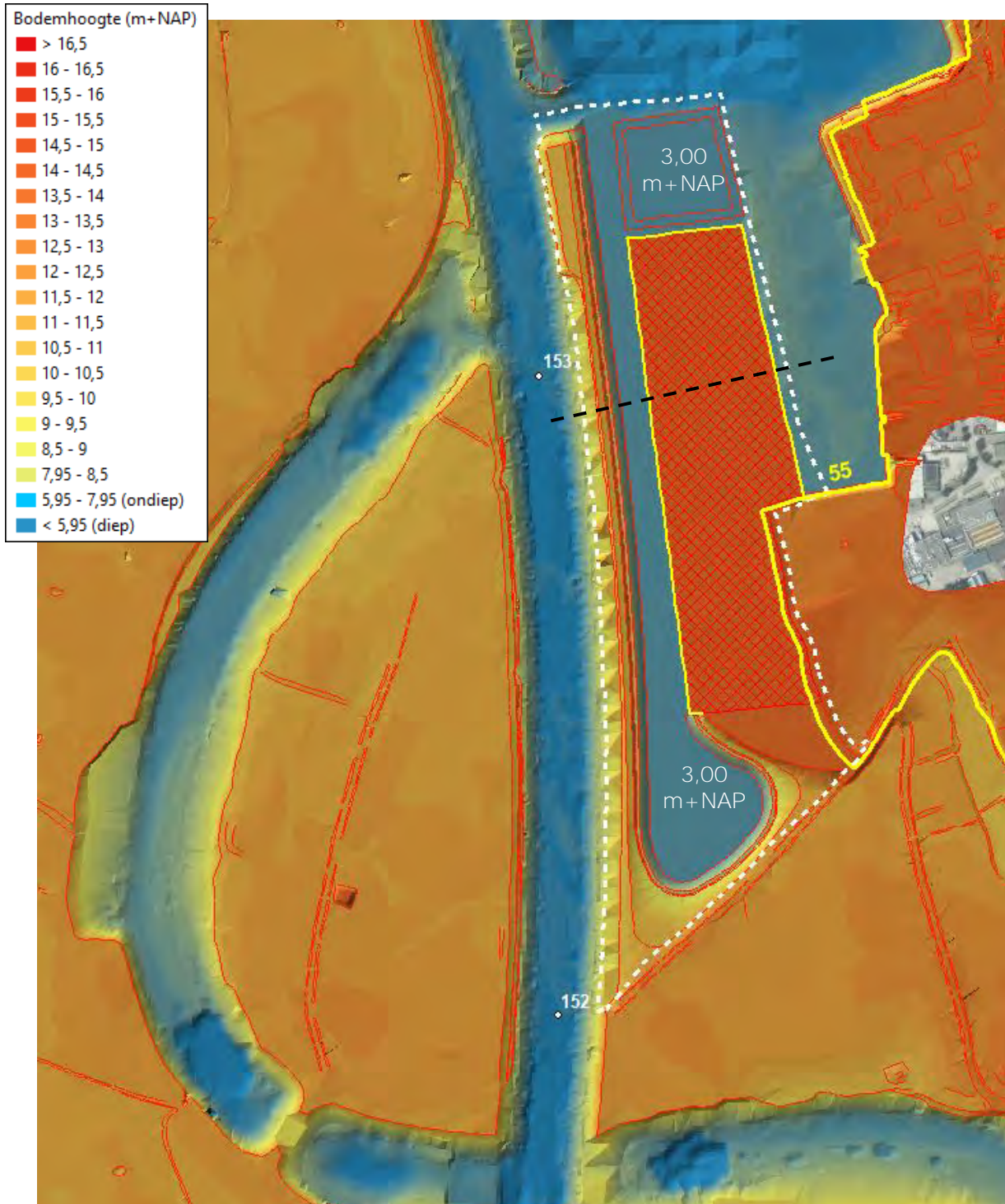
Variante met taluds

Aan weerszijden van de havenkade is er een talud. De schepen leggen aan met behulp van meerpalen. Ten opzichte van alternatief 2 is het boventalud steiler (1:2) en vervalt de kop van de strekdam. Het haventerrein ligt op 14 m+NAP en is hoogwatervrij gemodelleerd.



Variant met damwanden

Aan weerszijden van de havenkade is er nu een verticale damwand (dunne gele lijn). Verder zijn er geen verschillen met het hoofdalternatief met taluds. Het haventerrein ligt op 14 m+NAP en is hoogwatervrij gemodelleerd.

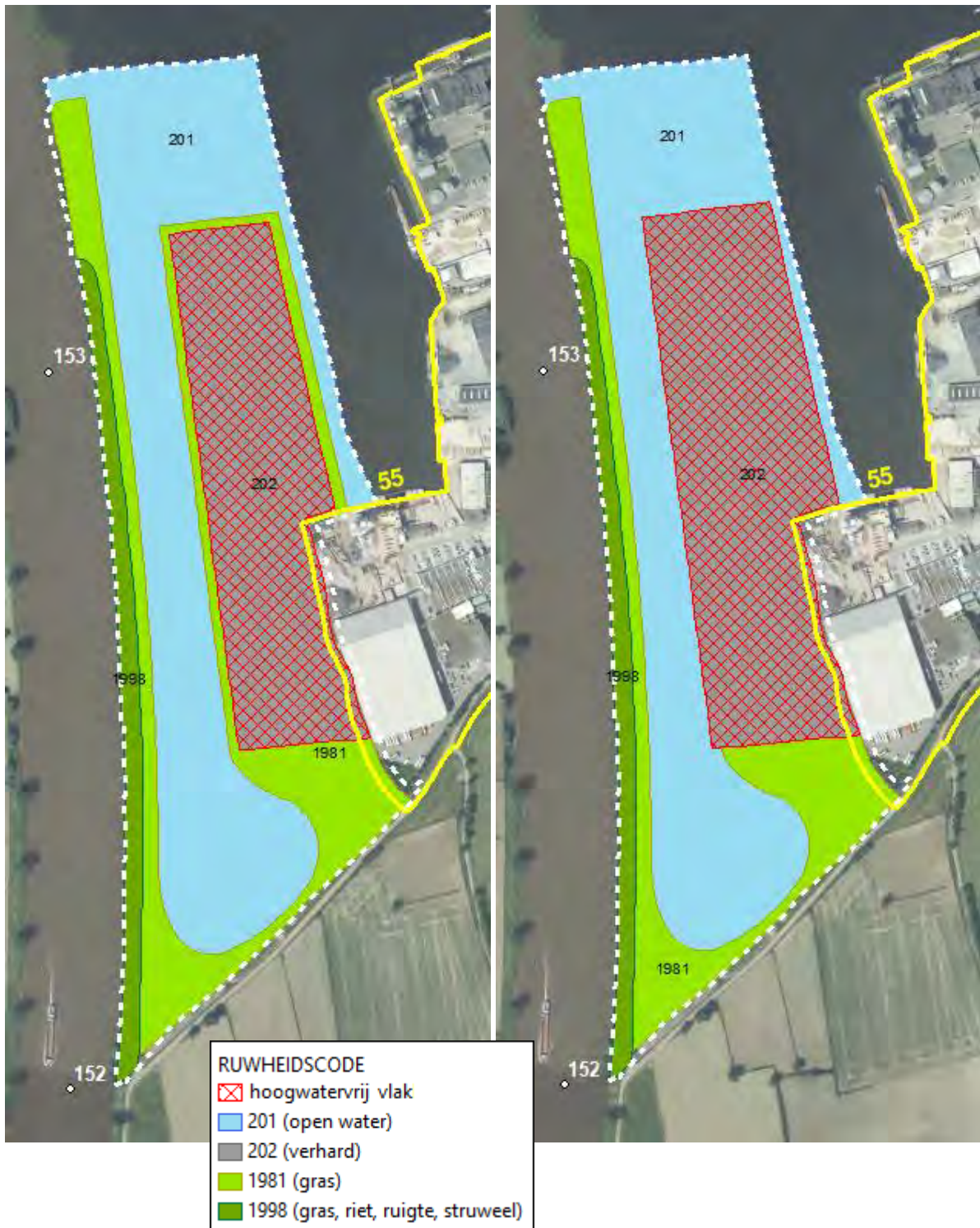


Ruwheidscodes

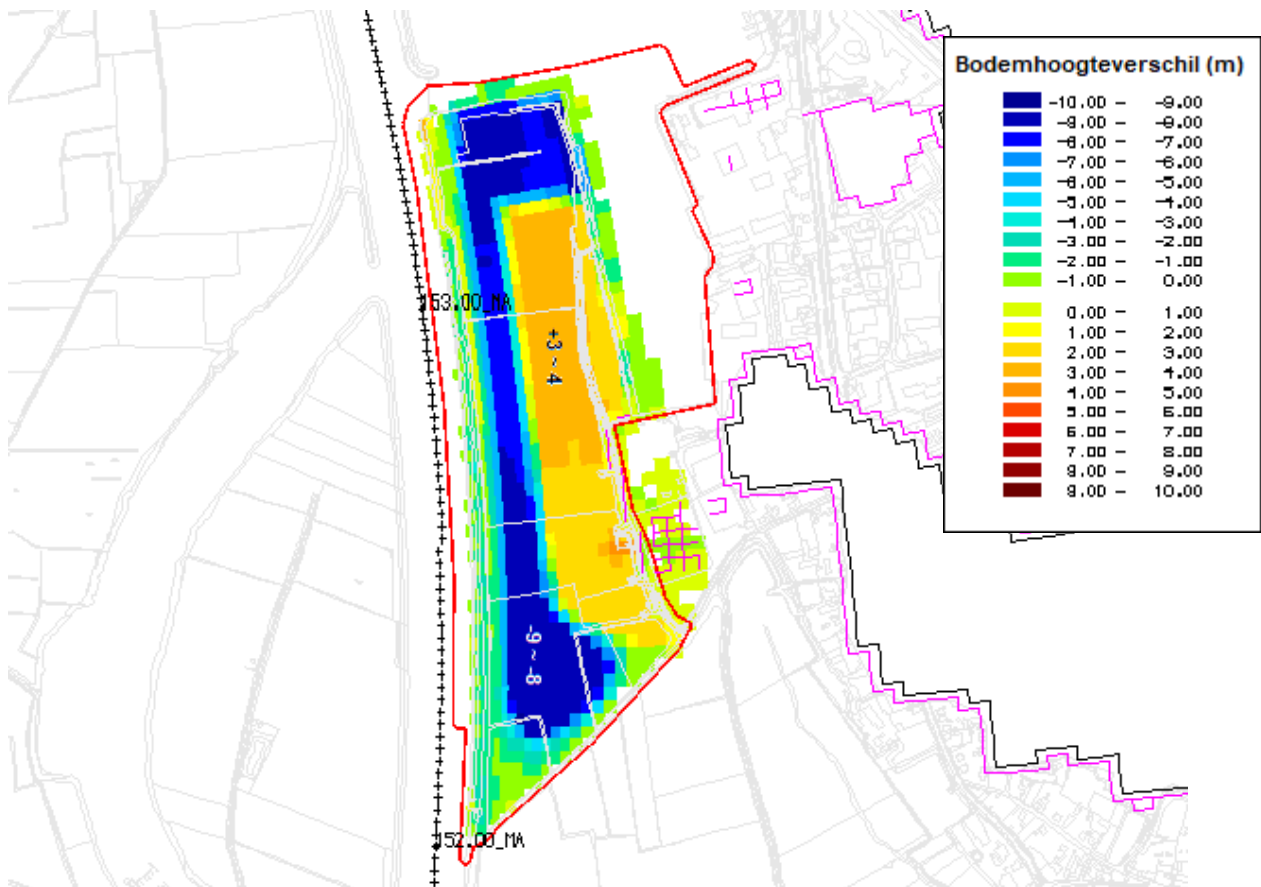
Voor beide varianten geldt dezelfde ruimtelijke verdeling van ruwheidscodes, met uitzondering van een dunne groenstrook aan de bovenzijde van het talud (rondom de havenkade). De havenkade is als verhard oppervlak tevens hoogwater vrij gemodelleerd.

Variant met talud

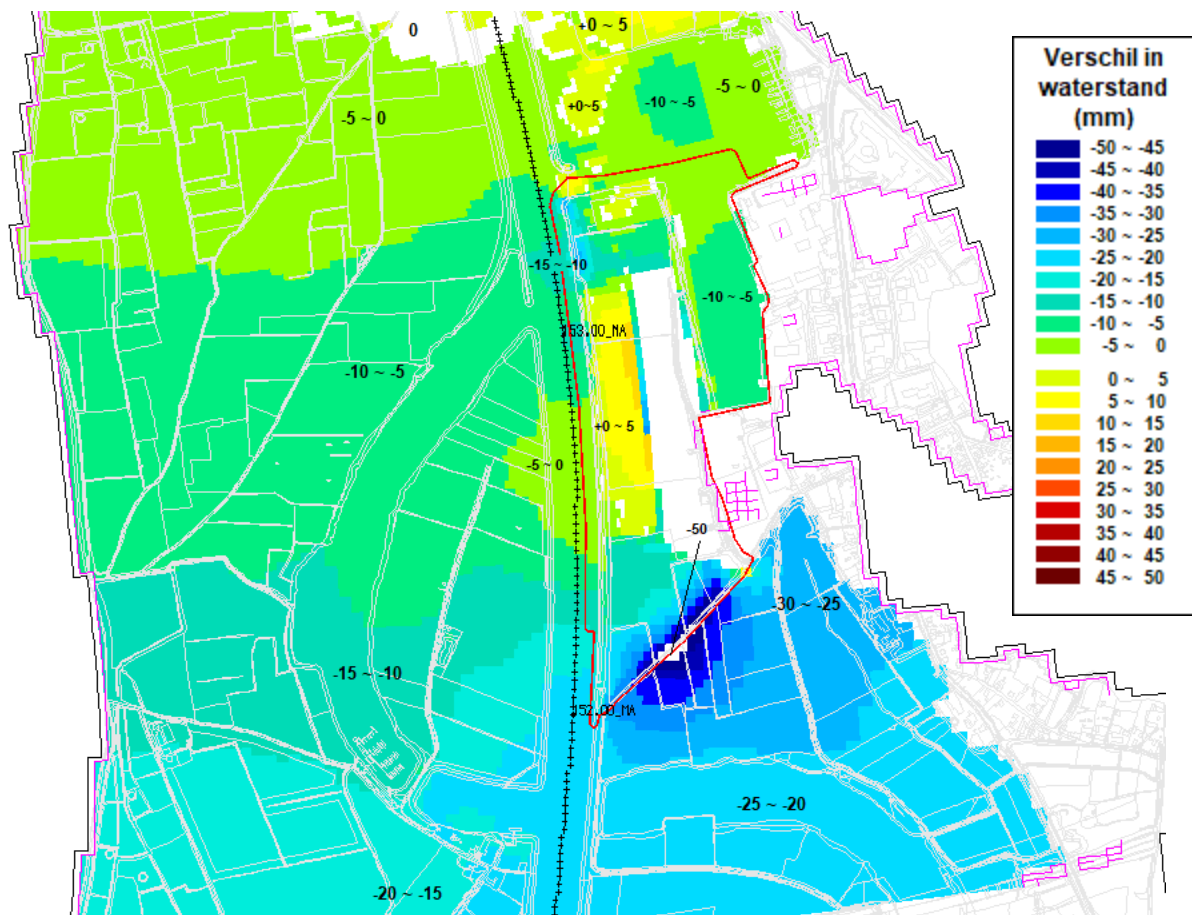
Variant met damwand



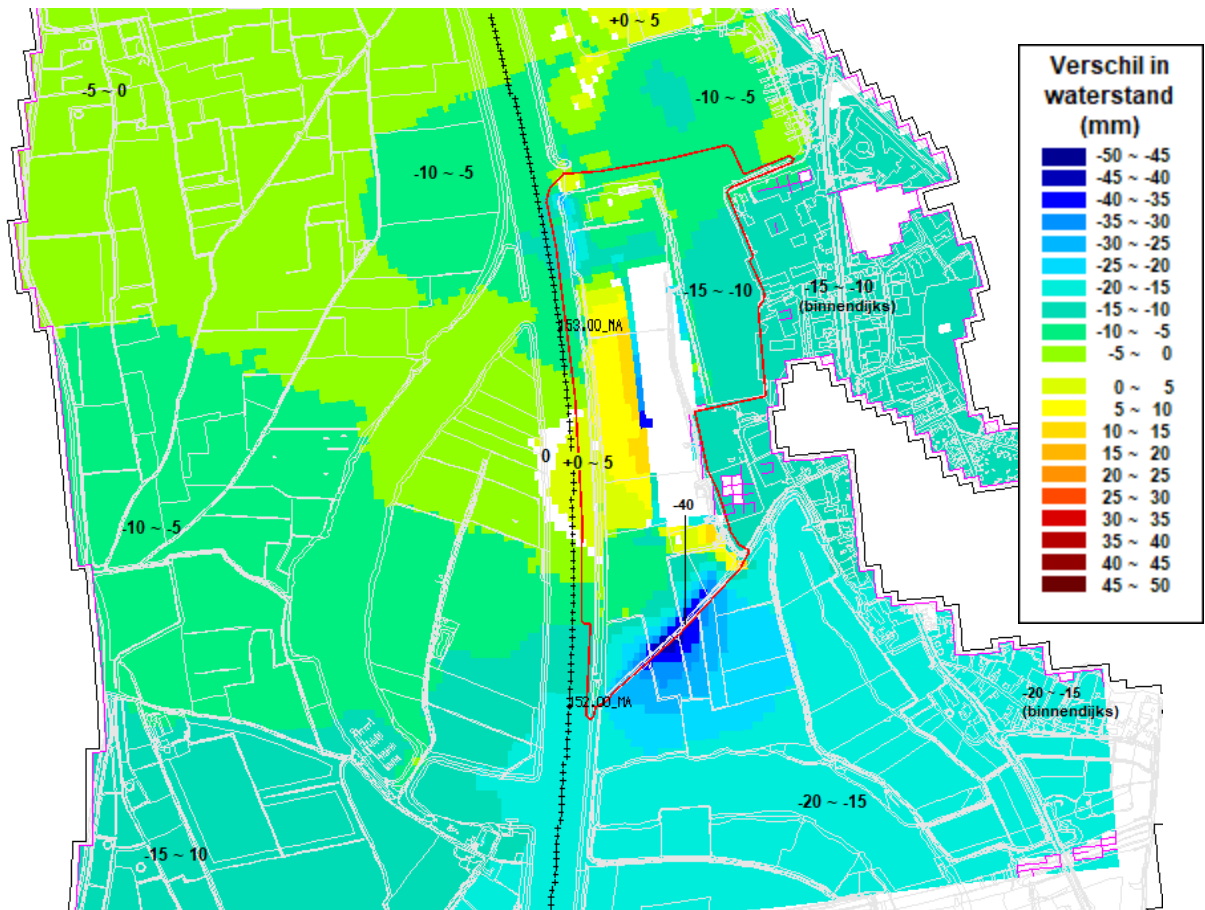
Bodemhoogteverschillen ten opzichte van de referentie (variant met taluds)



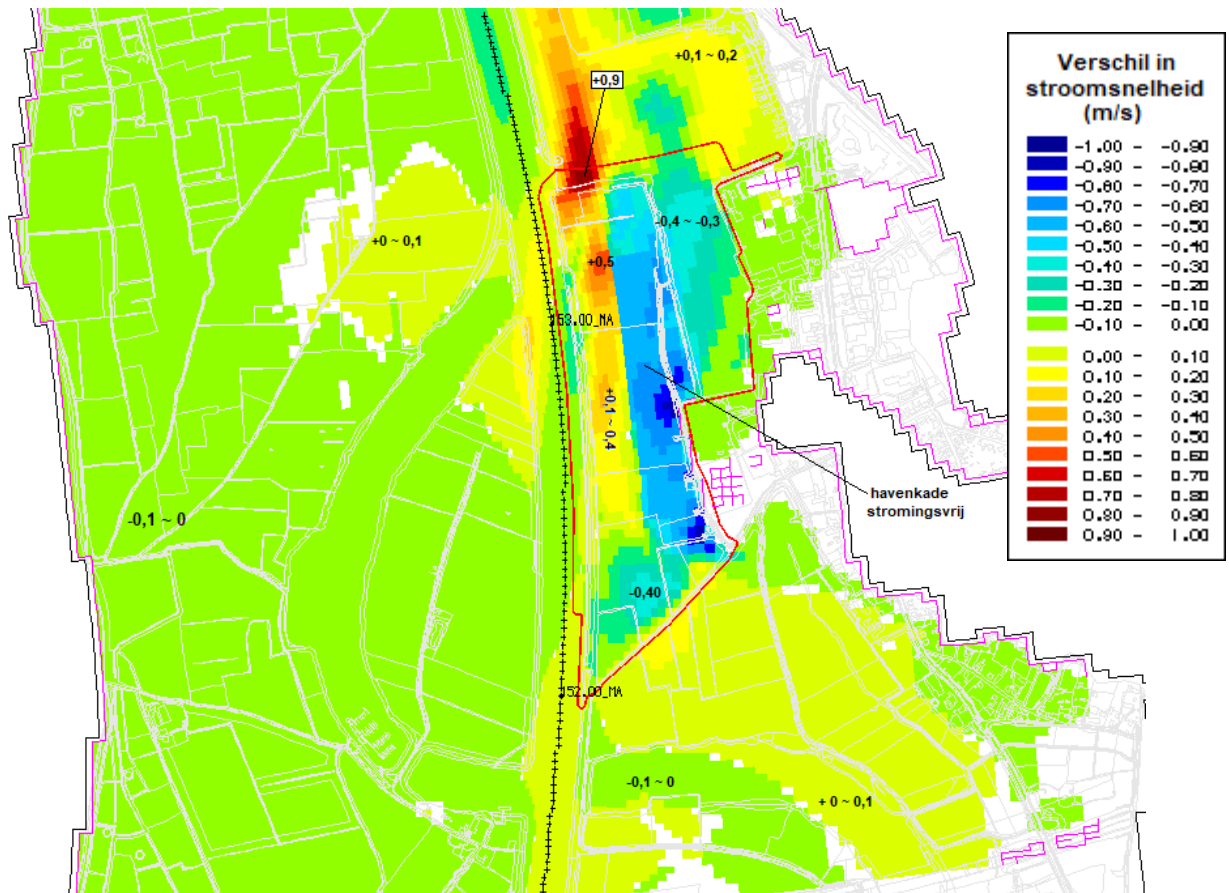
Waterstandsverschillen ten opzichte van de referentie bij 3430 m³/s (variant met taluds)



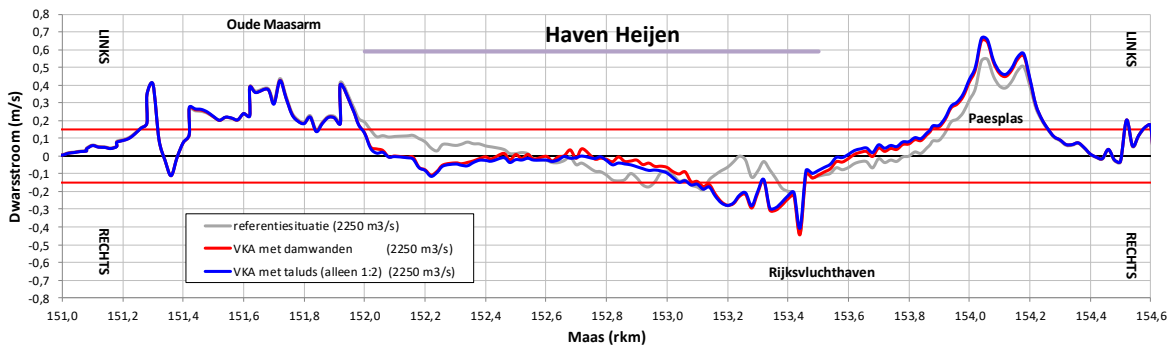
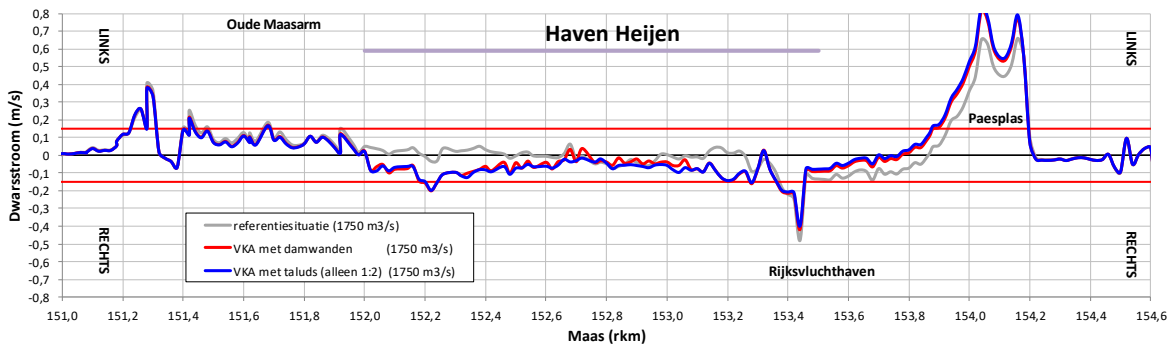
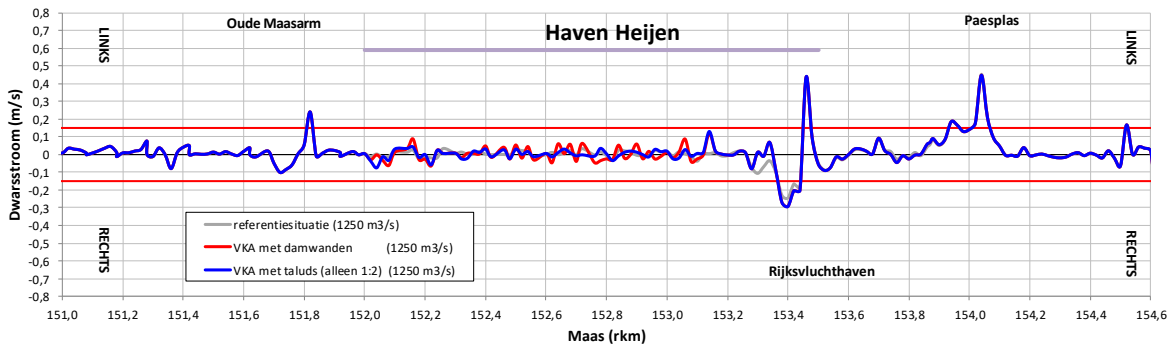
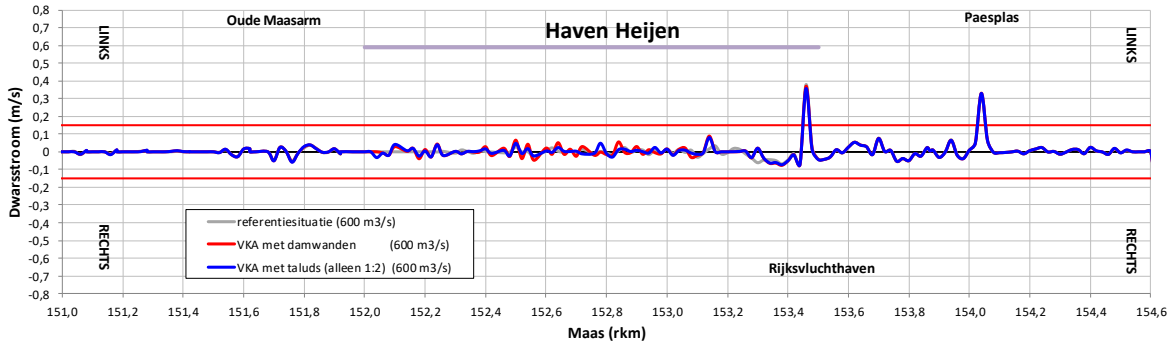
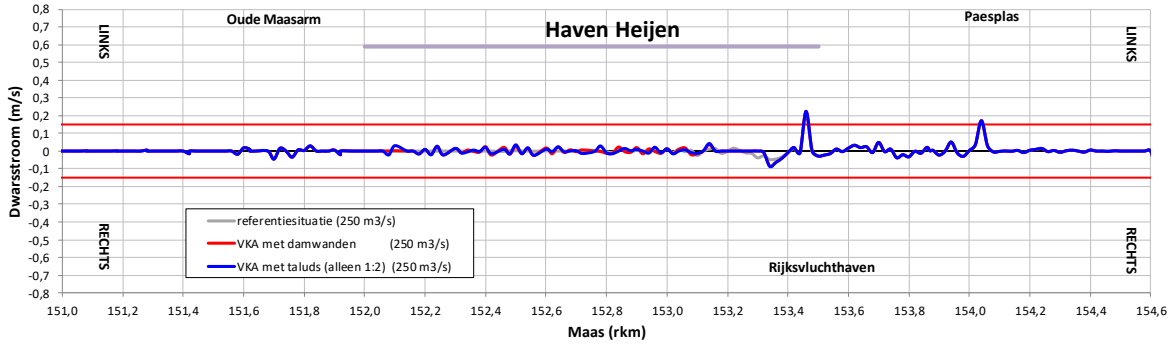
Waterstandsverschillen ten opzichte van de referentie bij 4000 m³/s (variant met taluds)



Stroomsnelheidsverschillen ten opzichte van de referentie bij 4000 m³/s (variant met taluds)

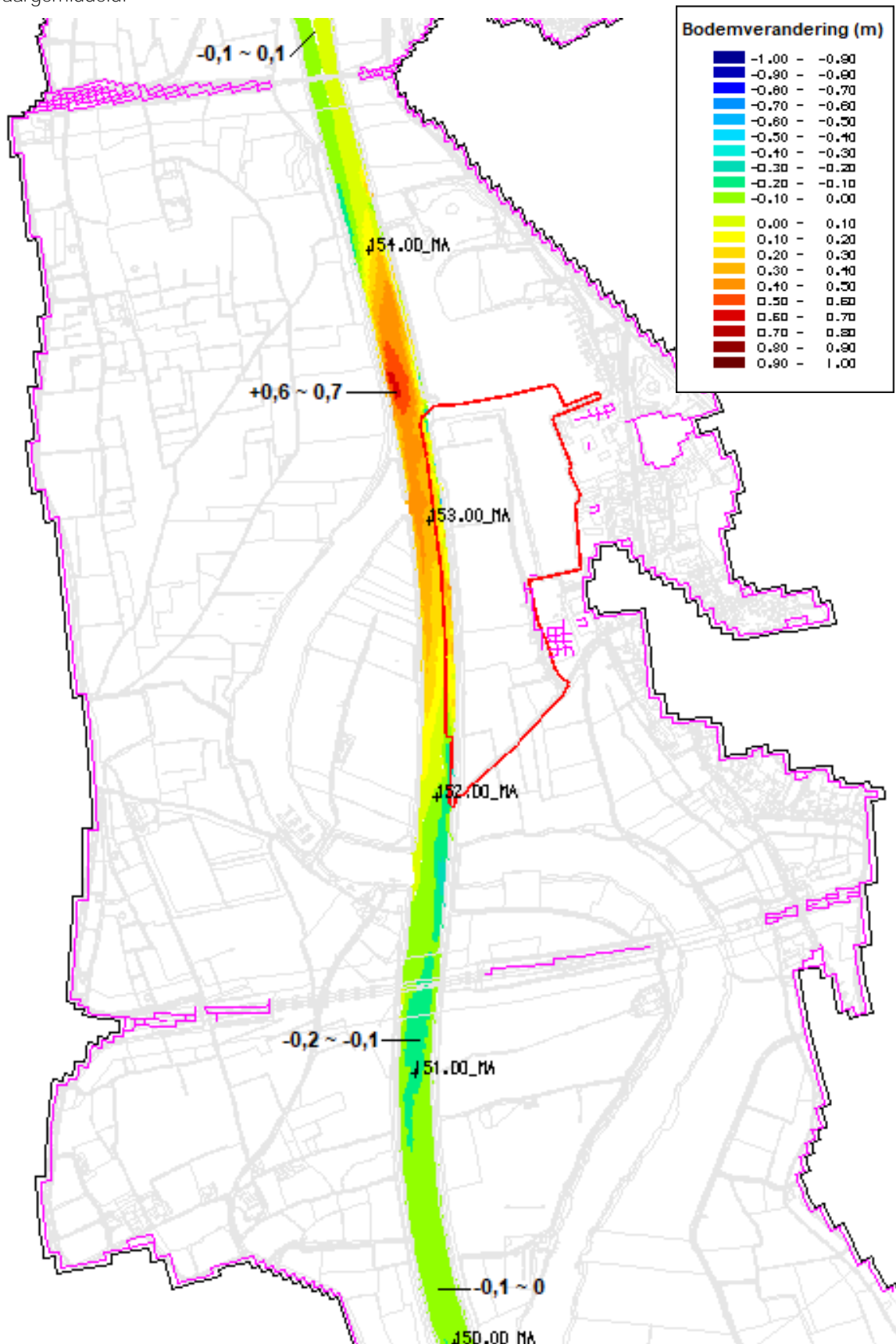


Effecten op dwarsstroming (variant met taluds)



Prognose morfologische effecten (WaqMorf: variant met taluds)

Jaargemiddeld:



Maximaal: identiek aan resultaat jaargemiddeld en niet afzonderlijk weergegeven.

Bijlage 9 Waterstanden in de rivieras en verschillen ten opzichte van de referentie

 Maasafvoer 3430 m³/s te Borgharen-dorp

rkm	Maximale waterstanden (m+NAP)									Waterstandsverschillen (m)							
	Referentie	alternatief 1 (taluds)	alternatief 1 (damwanden)	alternatief 2 (taluds)	alternatief 2 (damwanden)	alternatief 3 (taluds)	alternatief 3 (damwanden)	VKA (taluds 1:2)	VKA (damwanden)	alternatief 1 (taluds)	alternatief 1 (damwanden)	alternatief 2 (taluds)	alternatief 2 (damwanden)	alternatief 3 (taluds)	alternatief 3 (damwanden)	VKA (taluds 1:2)	VKA (damwanden)
	beno15_5_t250	havheij_a1_t250	havheij_b1_t250	havheij_a2_t250	havheij_b2_t250	havheij_a3_t250	havheij_b3_t250	havheij_c2_t250	havheij_d1_t250	havheij_a1_t250	havheij_b1_t250	havheij_a2_t250	havheij_b2_t250	havheij_a3_t250	havheij_b3_t250	havheij_c2_t250	havheij_d1_t250
135,5	15,166	15,169	15,169	15,160	15,162	15,159	15,161	15,158	15,162	0,003	0,003	-0,006	-0,004	-0,007	-0,005	-0,008	-0,004
136,0	15,156	15,159	15,159	15,150	15,152	15,149	15,152	15,149	15,152	0,003	0,003	-0,006	-0,004	-0,007	-0,004	-0,008	-0,004
136,5	15,144	15,148	15,148	15,138	15,141	15,137	15,140	15,137	15,140	0,003	0,003	-0,006	-0,004	-0,007	-0,004	-0,008	-0,004
137,0	15,122	15,125	15,125	15,115	15,118	15,114	15,117	15,114	15,118	0,003	0,003	-0,007	-0,004	-0,008	-0,005	-0,008	-0,004
137,5	15,093	15,097	15,097	15,087	15,090	15,086	15,089	15,086	15,089	0,003	0,003	-0,007	-0,004	-0,008	-0,005	-0,008	-0,005
138,0	15,049	15,052	15,052	15,042	15,045	15,041	15,044	15,041	15,044	0,004	0,004	-0,007	-0,004	-0,008	-0,005	-0,008	-0,005
138,5	14,967	14,970	14,970	14,959	14,962	14,958	14,961	14,958	14,962	0,004	0,004	-0,008	-0,005	-0,009	-0,005	-0,009	-0,005
139,0	14,903	14,907	14,907	14,895	14,899	14,894	14,898	14,894	14,898	0,004	0,004	-0,008	-0,005	-0,009	-0,006	-0,009	-0,005
139,5	14,862	14,866	14,866	14,854	14,857	14,853	14,856	14,852	14,857	0,004	0,004	-0,008	-0,005	-0,010	-0,006	-0,010	-0,006
140,0	14,811	14,815	14,815	14,802	14,806	14,801	14,805	14,800	14,805	0,004	0,004	-0,009	-0,005	-0,010	-0,006	-0,010	-0,006
140,5	14,734	14,738	14,738	14,725	14,728	14,723	14,727	14,723	14,728	0,005	0,005	-0,009	-0,005	-0,011	-0,007	-0,011	-0,006
141,0	14,673	14,678	14,678	14,663	14,668	14,662	14,666	14,662	14,667	0,005	0,005	-0,010	-0,006	-0,012	-0,007	-0,012	-0,007
141,5	14,639	14,643	14,643	14,628	14,633	14,627	14,631	14,626	14,632	0,005	0,005	-0,010	-0,006	-0,012	-0,007	-0,012	-0,007
142,0	14,594	14,599	14,599	14,583	14,588	14,582	14,587	14,581	14,587	0,005	0,005	-0,011	-0,006	-0,012	-0,008	-0,013	-0,007
142,5	14,531	14,536	14,536	14,519	14,524	14,518	14,523	14,517	14,523	0,005	0,005	-0,011	-0,007	-0,013	-0,008	-0,013	-0,008
143,0	14,468	14,474	14,474	14,456	14,461	14,454	14,459	14,454	14,460	0,006	0,006	-0,012	-0,007	-0,014	-0,008	-0,014	-0,008
143,5	14,418	14,424	14,424	14,405	14,410	14,403	14,409	14,403	14,409	0,006	0,006	-0,013	-0,007	-0,015	-0,009	-0,015	-0,009
144,0	14,376	14,383	14,383	14,363	14,369	14,361	14,367	14,361	14,368	0,006	0,006	-0,013	-0,008	-0,015	-0,009	-0,015	-0,009
144,5	14,325	14,331	14,331	14,311	14,317	14,309	14,315	14,309	14,316	0,007	0,007	-0,014	-0,008	-0,016	-0,009	-0,016	-0,009
145,0	14,232	14,239	14,239	14,217	14,223	14,215	14,221	14,214	14,222	0,007	0,007	-0,015	-0,009	-0,017	-0,010	-0,017	-0,010
145,5	14,168	14,175	14,175	14,153	14,159	14,150	14,157	14,150	14,158	0,007	0,007	-0,015	-0,009	-0,018	-0,011	-0,018	-0,010
146,0	14,160	14,167	14,167	14,144	14,151	14,142	14,149	14,141	14,149	0,007	0,007	-0,015	-0,009	-0,018	-0,011	-0,018	-0,011
146,5	14,124	14,131	14,131	14,108	14,114	14,105	14,113	14,105	14,113	0,008	0,008	-0,016	-0,009	-0,018	-0,011	-0,019	-0,011
147,0	14,072	14,080	14,080	14,055	14,062	14,052	14,060	14,052	14,061	0,008	0,008	-0,017	-0,010	-0,019	-0,012	-0,020	-0,011
147,5	14,050	14,058	14,058	14,033	14,040	14,030	14,038	14,030	14,039	0,008	0,008	-0,017	-0,010	-0,020	-0,012	-0,020	-0,012
148,0	14,007	14,015	14,015	13,989	13,997	13,987	13,995	13,986	13,995	0,008	0,008	-0,018	-0,010	-0,020	-0,012	-0,021	-0,012
150,0	13,977	13,986	13,986	13,959	13,967	13,957	13,965	13,956	13,965	0,009	0,009	-0,018	-0,010	-0,021	-0,012	-0,021	-0,012

(vervolg op volgende pagina)

Toelichting: De grootste waterstandsval per variant is blauw gemarkeerd. Alle verhoogde waterstanden zijn rood gemarkeerd. De laagste en hoogste waterstandsveranderingen per variant zijn vet en cursief weergegeven.

rkm	Maximale waterstanden (m+NAP)										Waterstandsverschillen (m)							
	Referentie	alternatief 1 (taluds)	alternatief 1 (damwanden)	alternatief 2 (taluds)	alternatief 2 (damwanden)	alternatief 3 (taluds)	alternatief 3 (damwanden)	VKA (taluds 1:2)	VKA (damwanden)	alternatief 1 (taluds)	alternatief 1 (damwanden)	alternatief 2 (taluds)	alternatief 2 (damwanden)	alternatief 3 (taluds)	alternatief 3 (damwanden)	VKA (taluds 1:2)	VKA (damwanden)	
	beno15_5_t250	havheij_a1_t250	havheij_b1_t250	havheij_a2_t250	havheij_b2_t250	havheij_a3_t250	havheij_b3_t250	havheij_c2_t250	havheij_d1_t250	havheij_a1_t250	havheij_b1_t250	havheij_a2_t250	havheij_b2_t250	havheij_a3_t250	havheij_b3_t250	havheij_c2_t250	havheij_d1_t250	
150,5	13,946	13,955	13,955	13,928	13,936	13,925	13,934	13,925	13,934	0,009	0,009	-0,018	-0,011	-0,021	-0,013	-0,022	-0,012	
151,0	13,920	13,929	13,929	13,901	13,909	13,898	13,907	13,898	13,907	0,009	0,009	-0,018	-0,011	-0,022	-0,013	-0,022	-0,012	
151,5	13,880	13,888	13,888	13,860	13,868	13,857	13,866	13,857	13,866	0,009	0,009	-0,020	-0,011	-0,023	-0,014	-0,023	-0,013	
151,9	13,848	13,858	13,858	13,828	13,837	13,822	13,832	13,825	13,835	0,010	0,010	-0,020	-0,011	-0,026	-0,017	-0,024	-0,013	
152,0	13,835	13,845	13,845	13,815	13,824	13,808	13,818	13,812	13,822	0,011	0,011	-0,019	-0,010	-0,027	-0,017	-0,023	-0,012	
152,5	13,780	13,804	13,804	13,780	13,788	13,778	13,784	13,777	13,786	0,024	0,024	0,000	0,008	-0,002	0,004	-0,003	0,006	
153,0	13,759	13,768	13,768	13,753	13,757	13,753	13,757	13,749	13,755	0,008	0,008	-0,007	-0,002	-0,006	-0,003	-0,010	-0,005	
153,5	13,708	13,698	13,698	13,704	13,702	13,701	13,700	13,703	13,702	-0,010	-0,010	-0,004	-0,006	-0,007	-0,008	-0,004	-0,006	
154,0	13,682	13,678	13,678	13,683	13,682	13,682	13,681	13,683	13,682	-0,004	-0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	
154,5	13,505	13,505	13,505	13,505	13,505	13,505	13,505	13,505	13,505	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
155,0	13,324	13,324	13,324	13,324	13,324	13,324	13,324	13,324	13,324	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
155,5	13,290	13,290	13,290	13,290	13,290	13,290	13,290	13,290	13,290	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
156,0	13,259	13,259	13,259	13,259	13,259	13,259	13,259	13,259	13,259	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Maasafvoer 4000 m³/s te Borgharen-dorp

rkm	Maximale waterstanden (m+NAP)										Waterstandsverschillen (m)							
	Referentie	alternatief 1 (taluds)	alternatief 1 (damwanden)	alternatief 2 (taluds)	alternatief 2 (damwanden)	alternatief 3 (taluds)	alternatief 3 (damwanden)	VKA (taluds 1:2)	VKA (damwanden)	alternatief 1 (taluds)	alternatief 1 (damwanden)	alternatief 2 (taluds)	alternatief 2 (damwanden)	alternatief 3 (taluds)	alternatief 3 (damwanden)	VKA (taluds 1:2)	VKA (damwanden)	
	beno15_5_t1250	havheij_a1_t1250	havheij_b1_t1250	havheij_a2_t1250	havheij_b2_t1250	havheij_a3_t1250	havheij_b3_t1250	havheij_c2_t1250	havheij_d1_t1250	havheij_a1_t1250	havheij_b1_t1250	havheij_a2_t1250	havheij_b2_t1250	havheij_a3_t1250	havheij_b3_t1250	havheij_c2_t1250	havheij_d1_t1250	
135,5	15,568	15,573	15,573	15,562	15,566	15,561	15,564	15,561	15,565	0,005	0,005	-0,006	-0,002	-0,007	-0,003	-0,007	-0,003	
136,0	15,559	15,564	15,564	15,553	15,556	15,552	15,555	15,552	15,556	0,005	0,005	-0,006	-0,002	-0,007	-0,003	-0,007	-0,003	
136,5	15,547	15,553	15,553	15,542	15,545	15,540	15,544	15,540	15,545	0,005	0,005	-0,006	-0,002	-0,007	-0,003	-0,007	-0,003	
137,0	15,525	15,531	15,531	15,520	15,523	15,518	15,522	15,518	15,522	0,005	0,005	-0,006	-0,002	-0,007	-0,003	-0,007	-0,003	
137,5	15,497	15,503	15,503	15,491	15,495	15,490	15,494	15,490	15,494	0,005	0,005	-0,006	-0,002	-0,007	-0,003	-0,007	-0,003	
138,0	15,455	15,461	15,461	15,449	15,453	15,448	15,452	15,448	15,452	0,006	0,006	-0,006	-0,002	-0,007	-0,003	-0,008	-0,003	
138,5	15,380	15,386	15,386	15,374	15,378	15,372	15,377	15,372	15,377	0,006	0,006	-0,006	-0,002	-0,008	-0,004	-0,008	-0,003	
139,0	15,321	15,328	15,328	15,315	15,319	15,313	15,318	15,313	15,318	0,006	0,006	-0,007	-0,003	-0,008	-0,004	-0,008	-0,004	
139,5	15,283	15,289	15,290	15,276	15,280	15,275	15,279	15,274	15,279	0,006	0,006	-0,007	-0,003	-0,009	-0,004	-0,009	-0,004	
140,0	15,237	15,244	15,244	15,230	15,234	15,228	15,233	15,228	15,233	0,007	0,007	-0,007	-0,003	-0,009	-0,004	-0,009	-0,004	

(vervolg op volgende pagina)

Toelichting: De grootste waterstandsval per variant is blauw gemarkeerd. Alle verhoogde waterstanden zijn rood gemarkeerd. De laagste en hoogste waterstandsveranderingen per variant zijn vet en cursief weergegeven.

rkm	Maximale waterstanden (m+NAP)									Waterstandsverschillen (m)							
	Referentie	alternatief1 (taluds)	alternatief1 (damwanden)	alternatief2 (taluds)	alternatief2 (damwanden)	alternatief3 (taluds)	alternatief3 (damwanden)	VKA (taluds 1:2)	VKA (damwanden)	alternatief1 (taluds)	alternatief1 (damwanden)	alternatief2 (taluds)	alternatief2 (damwanden)	alternatief3 (taluds)	alternatief3 (damwanden)	VKA (taluds 1:2)	VKA (damwanden)
	beno15_5_t1250	havheij_a1_t1250	havheij_b1_t1250	havheij_a2_t1250	havheij_b2_t1250	havheij_a3_t1250	havheij_b3_t1250	havheij_c2_t1250	havheij_d1_t1250	havheij_a1_t1250	havheij_b1_t1250	havheij_a2_t1250	havheij_b2_t1250	havheij_a3_t1250	havheij_b3_t1250	havheij_c2_t1250	havheij_d1_t1250
140,5	15,169	15,176	15,176	15,161	15,166	15,160	15,165	15,159	15,165	0,007	0,007	-0,007	-0,003	-0,009	-0,004	-0,009	-0,004
141,0	15,114	15,122	15,122	15,107	15,111	15,105	15,110	15,105	15,110	0,007	0,007	-0,008	-0,003	-0,010	-0,005	-0,010	-0,004
141,5	15,084	15,092	15,092	15,076	15,081	15,074	15,079	15,074	15,080	0,008	0,008	-0,008	-0,003	-0,010	-0,005	-0,010	-0,004
142,0	15,046	15,053	15,054	15,037	15,042	15,035	15,041	15,035	15,041	0,008	0,008	-0,008	-0,003	-0,011	-0,005	-0,011	-0,004
142,5	14,987	14,995	14,995	14,978	14,984	14,976	14,982	14,976	14,982	0,008	0,008	-0,009	-0,004	-0,011	-0,005	-0,011	-0,005
143,0	14,931	14,939	14,939	14,922	14,927	14,919	14,925	14,919	14,926	0,009	0,009	-0,009	-0,004	-0,011	-0,005	-0,011	-0,005
143,5	14,886	14,895	14,895	14,876	14,882	14,874	14,880	14,874	14,881	0,009	0,009	-0,010	-0,004	-0,012	-0,005	-0,012	-0,005
144,0	14,849	14,858	14,858	14,839	14,845	14,837	14,843	14,837	14,844	0,009	0,009	-0,010	-0,004	-0,012	-0,006	-0,012	-0,005
144,5	14,804	14,813	14,813	14,794	14,800	14,791	14,798	14,791	14,799	0,009	0,009	-0,010	-0,004	-0,013	-0,006	-0,013	-0,005
145,0	14,719	14,729	14,729	14,708	14,715	14,705	14,712	14,705	14,713	0,010	0,010	-0,011	-0,004	-0,014	-0,006	-0,014	-0,006
145,5	14,662	14,672	14,672	14,650	14,657	14,648	14,655	14,648	14,656	0,011	0,011	-0,011	-0,005	-0,014	-0,007	-0,014	-0,006
146,0	14,651	14,662	14,662	14,640	14,647	14,637	14,645	14,637	14,645	0,010	0,011	-0,011	-0,005	-0,014	-0,007	-0,014	-0,006
146,5	14,619	14,629	14,629	14,607	14,614	14,604	14,612	14,604	14,613	0,011	0,011	-0,012	-0,005	-0,014	-0,007	-0,015	-0,006
147,0	14,578	14,590	14,590	14,566	14,574	14,564	14,571	14,563	14,572	0,011	0,011	-0,012	-0,005	-0,015	-0,007	-0,015	-0,006
147,5	14,559	14,570	14,570	14,546	14,554	14,544	14,552	14,543	14,552	0,011	0,011	-0,012	-0,005	-0,015	-0,007	-0,015	-0,007
148,0	14,518	14,530	14,530	14,506	14,513	14,503	14,511	14,503	14,512	0,012	0,012	-0,013	-0,005	-0,016	-0,007	-0,016	-0,007
150,0	14,490	14,502	14,502	14,478	14,485	14,475	14,483	14,474	14,484	0,012	0,012	-0,013	-0,005	-0,016	-0,007	-0,016	-0,007
150,5	14,462	14,474	14,474	14,449	14,457	14,446	14,454	14,446	14,455	0,012	0,012	-0,013	-0,005	-0,016	-0,008	-0,016	-0,007
151,0	14,436	14,449	14,449	14,423	14,431	14,420	14,429	14,420	14,430	0,012	0,012	-0,013	-0,005	-0,016	-0,008	-0,016	-0,007
151,5	14,395	14,407	14,407	14,381	14,389	14,377	14,386	14,377	14,387	0,012	0,012	-0,014	-0,006	-0,017	-0,008	-0,017	-0,007
151,9	14,372	14,386	14,386	14,358	14,367	14,352	14,362	14,355	14,365	0,013	0,013	-0,014	-0,006	-0,020	-0,010	-0,018	-0,007
152,0	14,360	14,374	14,374	14,347	14,356	14,340	14,350	14,343	14,354	0,014	0,014	-0,013	-0,004	-0,020	-0,010	-0,016	-0,006
152,5	14,306	14,330	14,330	14,309	14,317	14,308	14,313	14,306	14,315	0,025	0,025	0,003	0,011	0,002	0,008	0,000	0,009
153,0	14,285	14,294	14,294	14,280	14,285	14,280	14,283	14,277	14,283	0,009	0,009	-0,005	0,000	-0,005	-0,002	-0,008	-0,002
153,5	14,238	14,227	14,227	14,232	14,230	14,229	14,229	14,231	14,230	-0,011	-0,011	-0,006	-0,007	-0,009	-0,009	-0,007	-0,008
154,0	14,212	14,206	14,206	14,211	14,210	14,210	14,210	14,211	14,210	-0,006	-0,006	-0,001	-0,002	-0,002	-0,002	-0,001	-0,002
154,5	14,037	14,037	14,037	14,038	14,038	14,037	14,038	14,038	14,038	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
155,0	13,824	13,823	13,823	13,824	13,824	13,824	13,824	13,824	13,824	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
155,5	13,798	13,798	13,798	13,798	13,798	13,798	13,798	13,798	13,798	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
156,0	13,772	13,772	13,772	13,773	13,772	13,773	13,773	13,773	13,773	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Toelichting: De grootste waterstandsvaling per variant is blauw gemarkeerd. Alle verhoogde waterstanden zijn rood gemarkeerd. De laagste en hoogste waterstandsveranderingen per variant zijn vet en cursief weergegeven.

RiQuest

Durgerdamhaven 26
3826 BR Amersfoort
www.riquest.nl



Schoutenhof 6
6715 LV Ede
www.acima.nl