

In opdracht van
Landkreis Grafschaft Bentheim

Herinrichting van de Vecht ter hoogte van Laar (DL)

Project PR2726.10

Aken, juli 2014

Inhoudsopgave

Lijst met figuren	III
1 Achtergrond, opgave en doelstelling.....	1
2 Basisdata	3
3 Vooronderzoek met SOBEK-RE.....	3
4 Ontwerptimalisatie met WAQUA	6
4.1 Modelaanpassingen	6
4.2 Variant 1	7
4.3 Variant 2	14
5 Samenvatting	29
Bijlage A: Waterstands- en stroomsnelheidsverschillen voor Variant 2	31

Lijst met figuren

Figuur 2.1:	Geplande maatregelen in de Vecht bij Laar	3
Figuur 3.1:	Validatie van het Sobek-RE model bij meetpunt Emlichheim.....	4
Figuur 3.2:	Modelaanpassingen in het Sobek-RE model	5
Figuur 3.3:	berekende waterstanden huidige situatie en waterstandsverschillen door de maatregelen	6
Figuur 4.1:	Dwarsprofiel van de Vecht in de huidige situatie (links) en voor de meander in Variant 1 (rechts).....	7
Figuur 4.2:	DTM en modeluitbreiding voor de huidige situatie (boven) en voor Variant 1 (onder)	8
Figuur 4.3:	Ruwheden huidige situatie (boven) en voor Variant 1 (onder).....	9
Figuur 4.4:	Waterstanden Variant 1 (boven) en waterstandsveranderingen t.o.v. de huidige situatie (onder).....	10
Figuur 4.5:	Waterstandsverhanglijnen voor 1D- en 2D-berekeningen voor Variant 1 en de huidige situatie (boven) en de veranderingen van de hoogwaterstanden(onder)	11
Figuur 4.6:	2D-stroomsnelheden voor de huidige situatie (boven) en voor Variant 1 (onder)	13
Figuur 4.7:	Verandering van de stroomsnelheden voor Variant 1 ten opzichte van de huidige situatie	14
Figuur 4.8:	DTM voor Variant 2	15
Figuur 4.9:	Ruwheden voor Variant 2	15
Figuur 4.10:	2D-waterstanden voor de huidige situatie en Variant 2, MNQ	17
Figuur 4.11:	2D-stroomsnelheden voor de huidige situatie en Variant 2, MNQ	18
Figuur 4.12:	2D-waterstanden voor de huidige situatie en Variant 2, MQ.....	19
Figuur 4.13:	2D-stroomsnelheden voor de huidige situatie en Variant 2, MQ.....	20
Figuur 4.14:	2D-waterstanden voor de huidige situatie en Variant 2, Qbv.....	21
Figuur 4.15:	2D-stroomsnelheden voor de huidige situatie en Variant 2, Qbv.....	22
Figuur 4.16:	2D-waterstanden voor de huidige situatie en Variant 2, $Q_{h\ddot{a}ufig}$	23
Figuur 4.17:	2D-stroomsnelheden voor de huidige situatie en Variant 2, $Q_{h\ddot{a}ufig}$	24
Figuur 4.18:	2D-waterstanden voor de huidige situatie en Variant 2, HQ100.....	25
Figuur 4.19:	2D-stroomsnelheden voor de huidige situatie en Variant 2, HQ100.....	26
Figuur 4.20:	Verhanglijnen voor de huidige situatie (boven) en Variant 2 (onder).....	27

Figuur 4.21:	Waterstandsverschillen voor Variant 2 ten opzichte van de huidige situatie	28
Figuur A.1:	Veranderingen van de waterstanden (boven) en stroomsnelheden (onder) voor MNQ	31
Figuur A.2:	Veranderingen van de waterstanden (boven) en stroomsnelheden (onder) voor MQ	32
Figuur A.3:	Veranderingen van de waterstanden (boven) en stroomsnelheden (onder) voor Qbv	33
Figuur A.4:	Veranderingen van de waterstanden (boven) en stroomsnelheden (onder) voor $Q_{\text{häufig}}$	34
Figuur A.5:	Veranderingen van de waterstanden (boven) en stroomsnelheden (onder) voor HQ100	35

1 Achtergrond, opgave en doelstelling

Het samenwerkingsverband tussen de Landkreis Graftschaft Bentheim (opdrachtgever), NLWKN vestiging Meppen en waterschap Vechtstromen wil de Vecht (Duits: Vechte) in de grensstreek bij Laar natuurlijk herinrichten. Aan de Duitse zijde zijn er plannen voor natuurlijke oevers, beschoeiingen, inbreng van doodhout, dijkerugleggingen en afgravingen gepland. Aan de Nederlandse zijde wordt de dijkeruglegging voortgezet en een nevengeul (meander) aangelegd. Het stroombed van de Vecht zal via een vaste, maar bij hoogwater overstromende stuw, gehandhaafd blijven. Het vrijgekomen zand van de afgravingswerkzaamheden van de nevengeul zal voor het opvullen van het bodemprofiel benedenstrooms van de stuw worden gebruikt.

Bij de planning moet rekening worden gehouden met het Grenswaterakkoord (Grenzwässerabkommens) uit 1974. Hierin zijn onder andere de volgende punten vastgelegd:

- Behoud van het rivierbed uit 1958
- Rivierprofiel:
 - Bodem op 6,42 m+NAP
 - Bodembreedte 18,40 m
 - Hoogte uiterwaarden 9,85 m+NAP
 - Dijkhoogte op 12,02 m+NAP
 - Taludhelling 1:3
 - Verhang in lengterichting 0,15 ‰
- Rivierbeheer:
 - bij 107 m³/s mag het maximale waterpeil van 10,24 m+NAP niet overschreden worden (zomerhoogwater)
 - bij 321 m³/s mag het maximale waterpeil van 11,58 m+NAP niet overschreden worden (winterhoogwater)
- Stuwbeheer de Haandrik:
 - Sturing op bovenstrooms waterpeil van 9,10 m+NAP

Voor de huidige situatie en de ontwerpvarianten zijn hydrodynamische berekeningen met het bestaande en gekalibreerde Sobek-RE model (1D) uitgevoerd. Daarnaast zijn er 2D-berekeningen uitgevoerd met het bestaande WAQUA-model. Het doel van de studie is om de hoogwaterstandsneutraliteit aan te tonen en voor 5 afvoersituaties het effect op de stromingsomstandigheden in termen van waterstanden en stroomsnelheden in het traject van de maatregelen. De ontwerpvarianten worden voor deze uitgangspunten geoptimaliseerd. Alle resultaten en gegevens worden opgeleverd aan de opdrachtgever.

Op 13.12.2013 heeft de Landkreis Graftschaft Bentheim schriftelijk opdracht verleend aan HKV Hydrokontor GmbH voor de werkzaamheden beschreven in de offerte van 24.9.2014 en de aanvullende offerte van 21/10/2013.

Het project is uitgevoerd in afstemming met de betrokken autoriteiten. Deze afstemming heeft plaatsgevonden middels drie projectbijeenkomsten in Nordhorn.

2 Basisdata

Voor de Vecht zijn twee 1D modellen (Sobek-RE en Jabron) en een gekalibreerd WAQUA-model uit 1998 beschikbaar. Momenteel wordt er gewerkt aan een nieuw WAQUA-model, dat tijdens de uitvoering van dit onderzoek nog niet beschikbaar is. Daarom zijn de hydrodynamische berekeningen uitgevoerd met het Sobek-RE model en het WAQUA-model uit 1998. Beide modellen zijn gekalibreerd en beschrijven het onderzoeksgebied. De bovenstroomse randvoorwaarde van het model is gelegen bij meetpunt Emlichheim en de benedenstroomse randvoorwaarde ligt ver benedenstrooms van stuwcomplex de Haandrik. Hierdoor wordt verwacht dat de resultaten in het onderzoeksgebied niet beïnvloed worden door de modelrandvoorwaarden.

Voor de varianten zijn een ontwerpsschets en bijbehorende Autocad-tekeningen aangeleverd, welke informatie geven over ligging en geometrie van de geplande maatregelen.



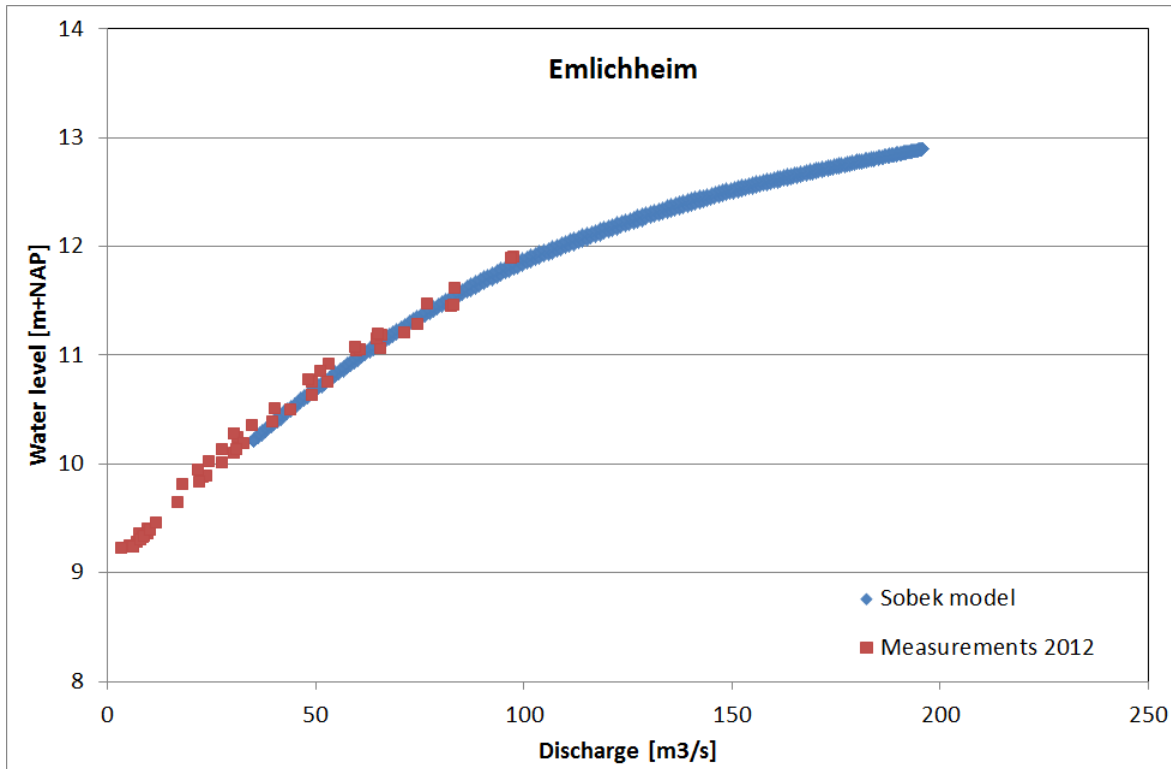
Figuur 2.1: Geplande maatregelen in de Vecht bij Laar

Naast de modellen en geplande maatregelen werden hoogte-informatie (digitale hoogtepunten, luchtfoto's) en hydrologische gegevens bij het meetpunt Emlichheim ter beschikking gesteld.

3 Vooronderzoek met SOBEK-RE

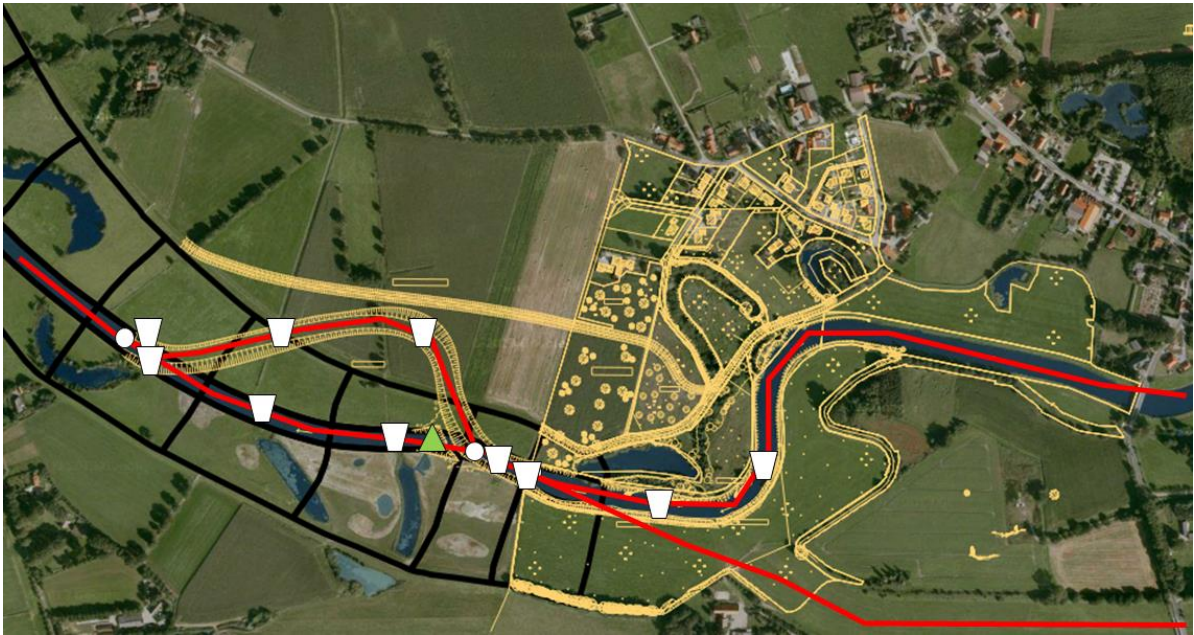
Het vooronderzoek met SOBEK-RE is uitgevoerd als eerste toets ten aanzien van de hoogwaterneutraliteit. Om het model te testen en valideren is vervolgens een synthetische afvoergolf doorgerekend en zijn de resultaten vergeleken met de meetwaarden bij meetpunt Emlichheim. In Figuur 3.1 zijn de resultaten van de berekening weergegeven in de vorm van een afvoerkromme. De goede fit tussen

berekende waterstand en de gemeten waarden bij het meetpunt Emlichheim is een bevestiging van de geschiktheid van het model.



Figuur 3.1: Validatie van het Sobek-RE model bij meetpunt Emlichheim

De aanpassingen in het model om de maatregelen te schematiseren bestaan uit; 1) een dijkeruglegging, geschematiseerd door verlenging van de dwarsprofielen, 2) een nieuwe hoogwatergeul (meander), geschematiseerd als extra tak van de Vecht beginnend ter hoogte van de Duits-Nederlandse-grens, 3) het toevoegen van een vaste stuw en 4) aanpassing van de bodemruwheid als gevolg van het doodhout. Het dwarsprofiel van de nieuwe hoogwatergeul is afgeleid van het nabijgelegen dwarsprofiel van de Vecht. Figuur 3.2 geeft een overzicht van de aangepaste dwarsprofielen, de vertakking van de Vecht en de toegevoegde stuw in de schematisatie van het SOBEK-RE model.



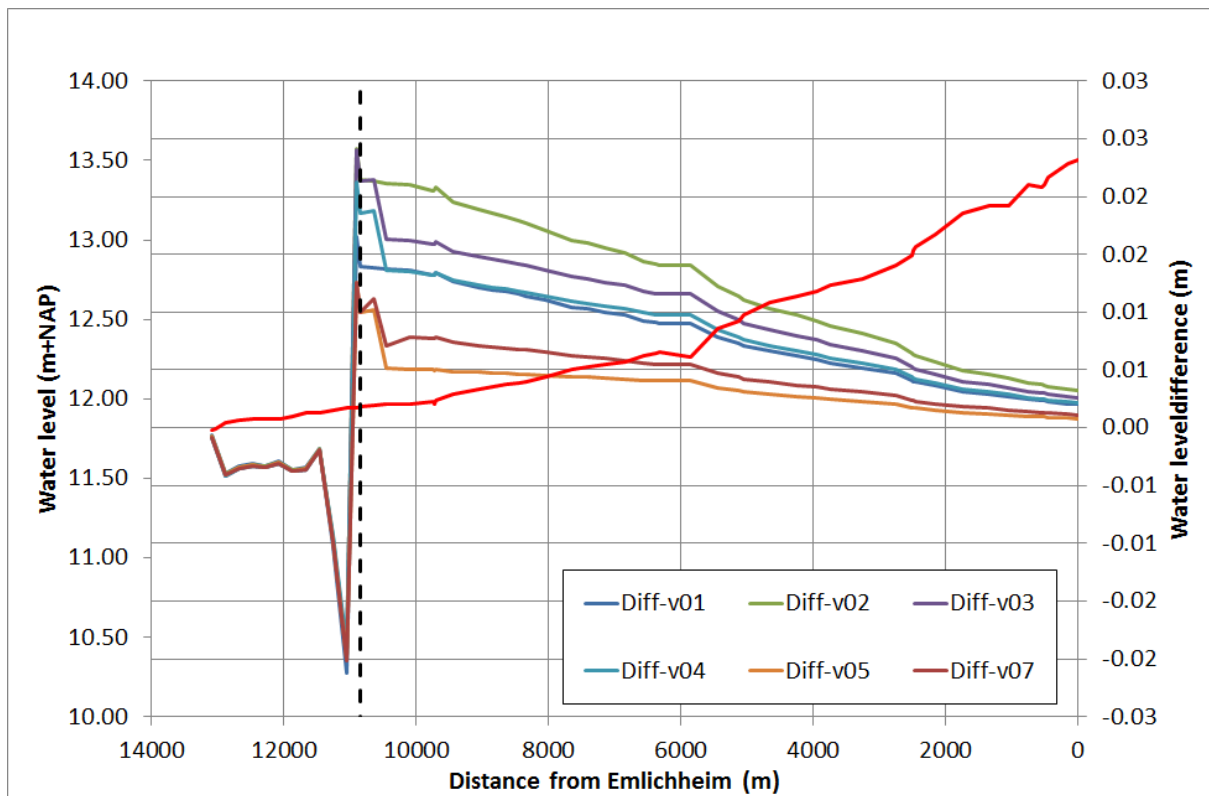
Figuur 3.2: Modelaanpassingen in het Sobek-RE model

De volgende varianten zijn met het 1D-Modell doorgerekend:

1. Profiel meander gelijk aan het profiel van de Vecht
2. Profiel meander gereduceerd tot $2/3^e$ van het Vecht-profiel
3. Dijkteruglegging toegepast aan de Duitse zijde
4. Hoogte van de vaste stuw gereduceerd van 9 tot 8 m+NAP
5. Hoogte van de vaste stuw gereduceerd van 8 tot 7 m+NAP in combinatie met een gelijk profiel van de meander en de Vecht
6. *Verfijning van het rekenrooster (is vanwege een marginaal effect niet nader onderzocht)*
7. Verhoging van de oeverruwheid aan de Duitse zijde (doodhout)

Voor deze modelvarianten en de huidige situatie is het afvoerscenario HQ100 met een topafvoer van 292 m³/s doorgerekend. Figuur 3.3 laat de berekende waterstanden zien voor de huidige situatie (rode lijn, ten opzichte van de linker-), samen met de waterstandsverschillen tussen varianten en huidige situatie (ten opzichte van de rechter-).

Alle varianten laten een kleine verhoging zien van de waterstanden bovenstrooms van het splitsingspunt van Vecht en meander. Benedenstrooms van de vaste stuw dalen de waterstanden wat, omdat de nieuwe meander extra doorstroomcapaciteit genereert. De waterstandseffecten van de maatregelen zijn met maximaal 2 cm zeer gering.



Figuur 3.3: berekende waterstanden huidige situatie en waterstandsverschillen door de maatregelen

Uit de figuur valt op dat de waterstand ter hoogte van de maatregel op het niveau van de dijkhoogte van ca 12 m+NAP ligt. De dijkhoogte is daarbij bepaald uit de dwarsprofielinformatie van het Jabron-model. Verder kunnen met het 1D-model de duidelijk 2-dimensionale stromingsomstandigheden onvolledig worden gesimuleerd. Tot slot is de ruimtelijke discretisatie van het model voor de omvang van de maatregel gering, waardoor de betrouwbaarheid van de resultaten beperkt is.

Vanwege bovenstaande zijn de effecten van de maatregelen ook met het tweedimensionale WAQUA-model berekend.

4 Ontwerptimalisatie met WAQUA

4.1 Modelaanpassingen

De basisgegevens voor het WAQUA-model zijn in Baseline georganiseerd. Alleen in het gebied van de maatregelen zijn de gegevens in Baseline aangepast en als Baseline-maatregel opgeslagen. Zo kunnen door combinatie met de Baselinedatabase van de huidige situatie modellen voor verschillende variantoptimalisaties worden opgebouwd. De volgende aanpassingen in de Baselinedatabase zijn doorgevoerd:

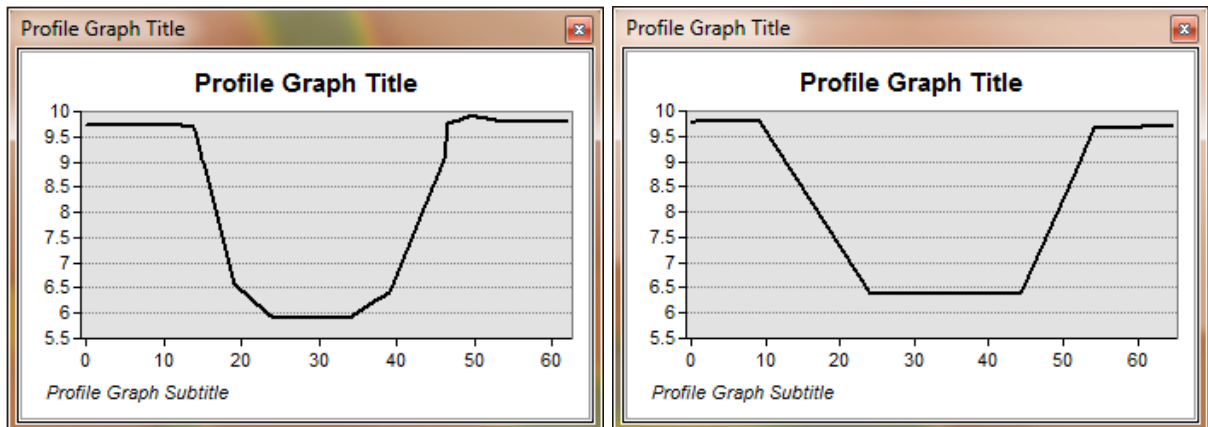
- 1 Aanpassing van de modelgrenzen en uitbreiding van het rekengrid tot de nieuwe dijkligging
- 2 Implementatie van de nieuwe meander in het DTM
- 3 Implementatie van de vaste stuw in het DTM en als lijnelement

- 4 Implementatie van de uiterwaardafgraving in het DTM
- 5 Implementatie in het DTM van de opvulling van het bed van de Vecht benedenstrooms van de vaste stuw
- 6 Aanpassing van de ruwheden als gevolg van doodhout en ter plaatse van de vergraven meander (alte Vechte)
- 7 Roosterverfijning

Omdat de roosterverfijning slechts geringe invloed heeft, is de Variant 2 (zie paragraaf 4.3) alleen met het oorspronkelijke rooster berekend.

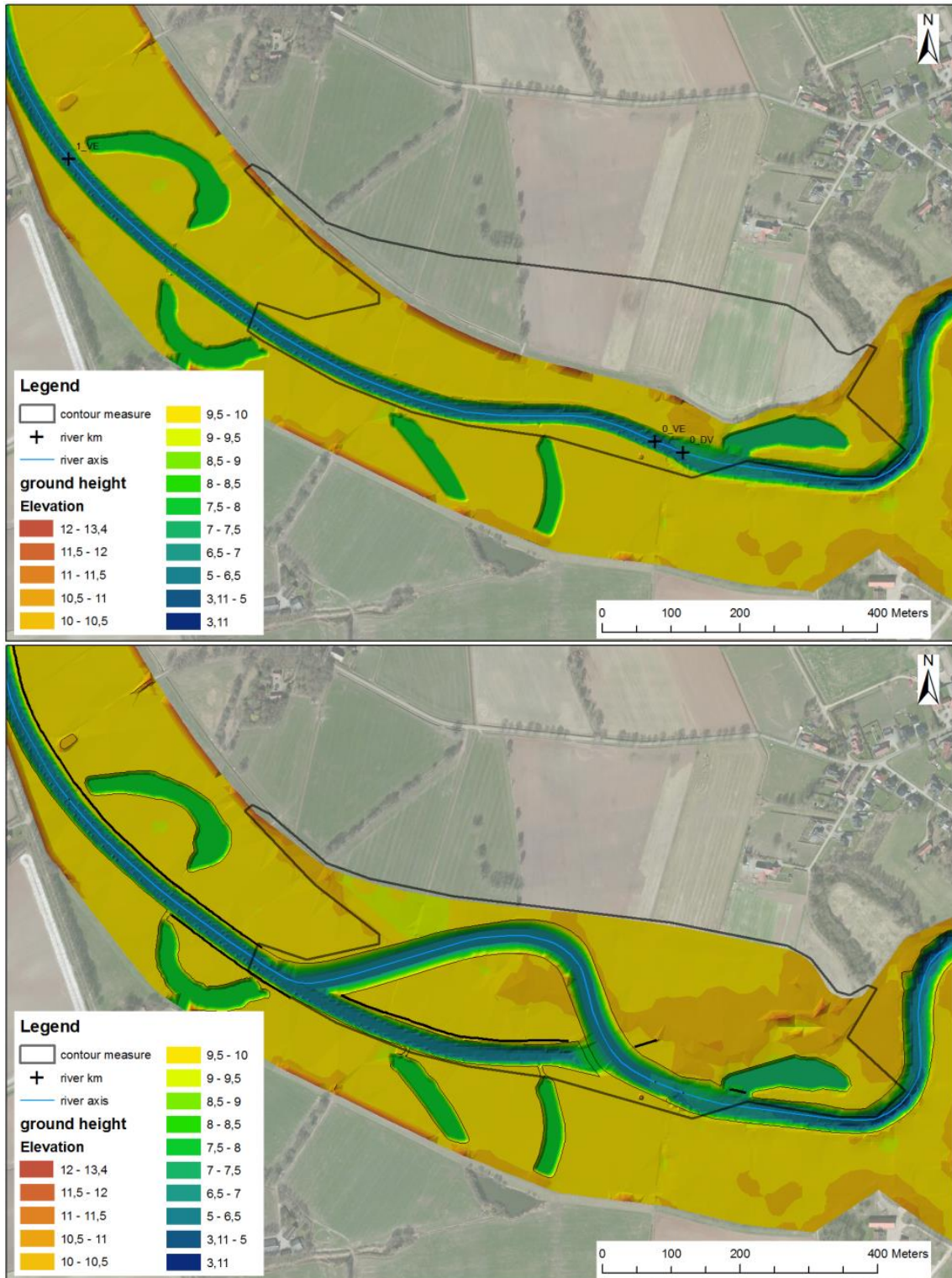
4.2 Variant 1

In Variant 1 is het profiel van de meander ondieper en breder vormgegeven dan dat van de Vecht (Figuur 4.1). De geuldiepte van destijds 4 m is beperkt tot 3 m en tegelijkertijd is de geul breder gemaakt, zodat het doorstroomprofiel ongeveer 25% groter is dan dat van de Vecht.

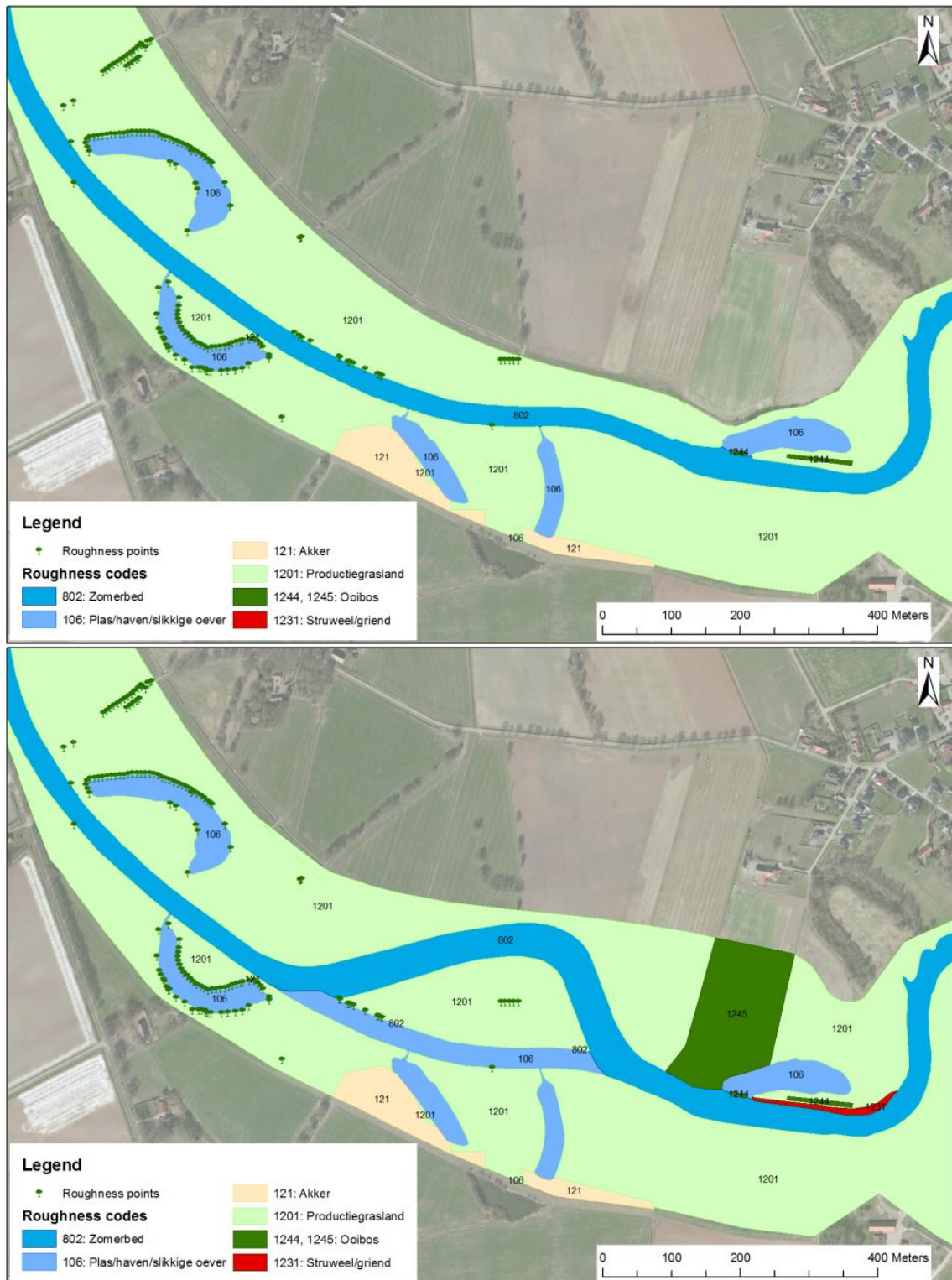


Figuur 4.1: Dwarsprofiel van de Vecht in de huidige situatie (links) en voor de meander in Variant 1 (rechts)

De stuwhoogte is op 8 m+NAP vastgelegd en de ruwheidsaanpassingen zijn doorgevoerd. Figuur 4.2 en Figuur 4.3 tonen de aanpassingen aan het DTM en de ruwheden voor Variant 1 in de WAQUA-berekening.

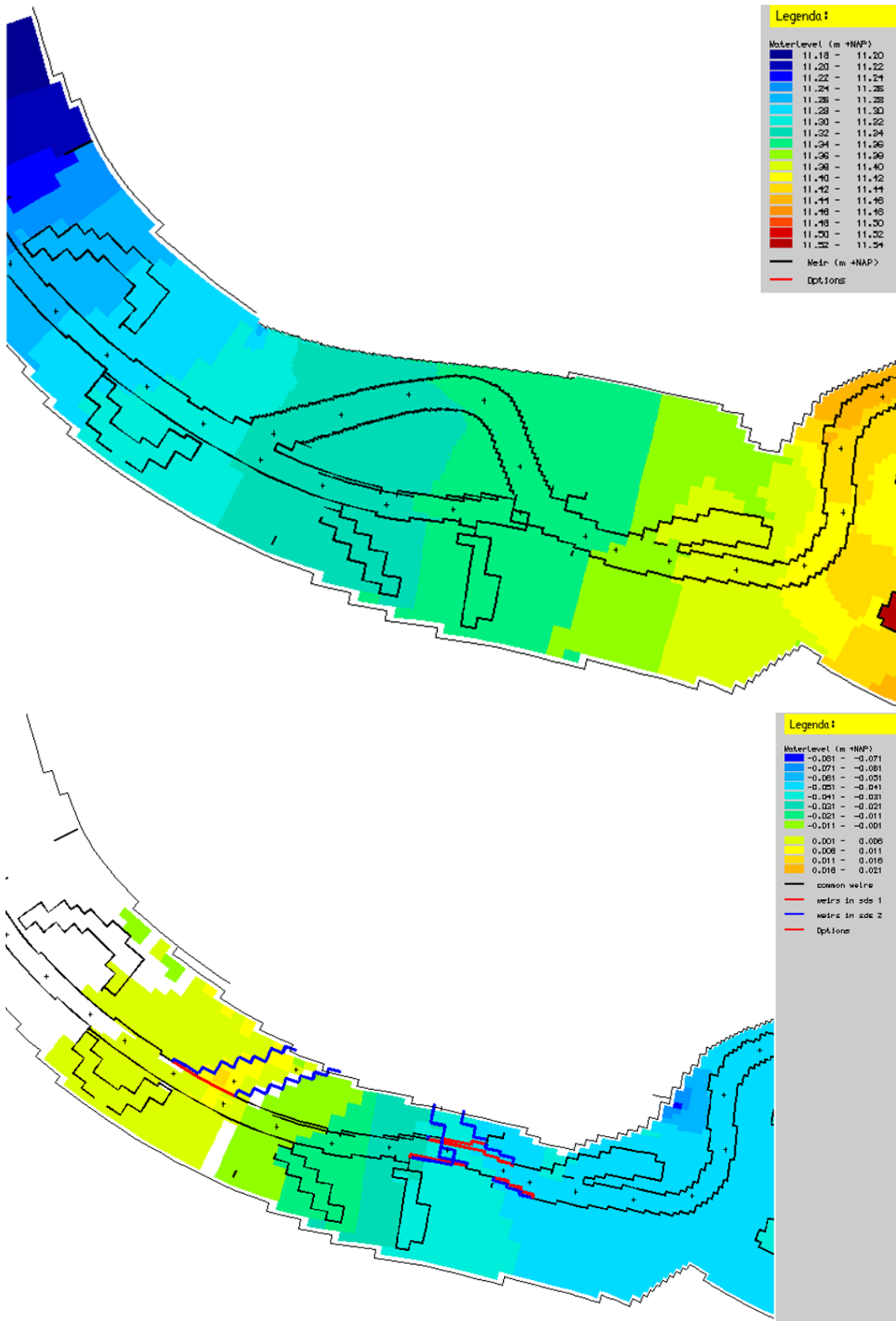


Figuur 4.2: DTM en modeluitbreiding voor de huidige situatie (boven) en voor Variant 1 (onder)



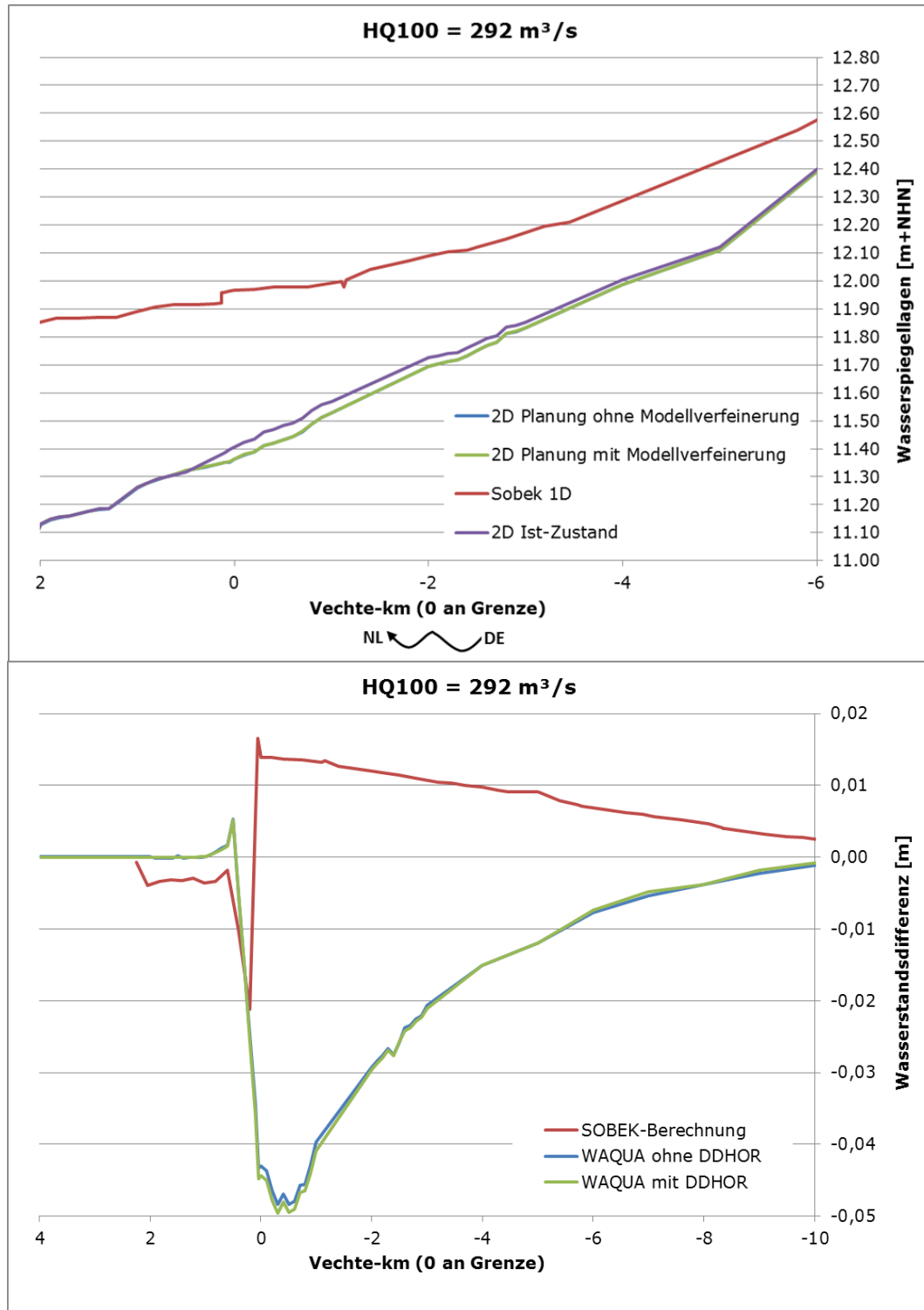
Figuur 4.3: Ruwheden huidige situatie (boven) en voor Variant 1 (onder)

Voor deze variant en de huidige situatie is de HQ100 met een afvoer van 292 m³/s stationair doorgerekend. De berekende waterstanden voor Variant 1 en de verschillen ten opzichte van de huidige situatie zijn in Figuur 4.4 gegeven. De WAQUA-berekeningen laten een lichte verhoging van de waterstanden in het bereik van de monding van de meander en een waterstandsdaling aan de Duitse zijde zien.



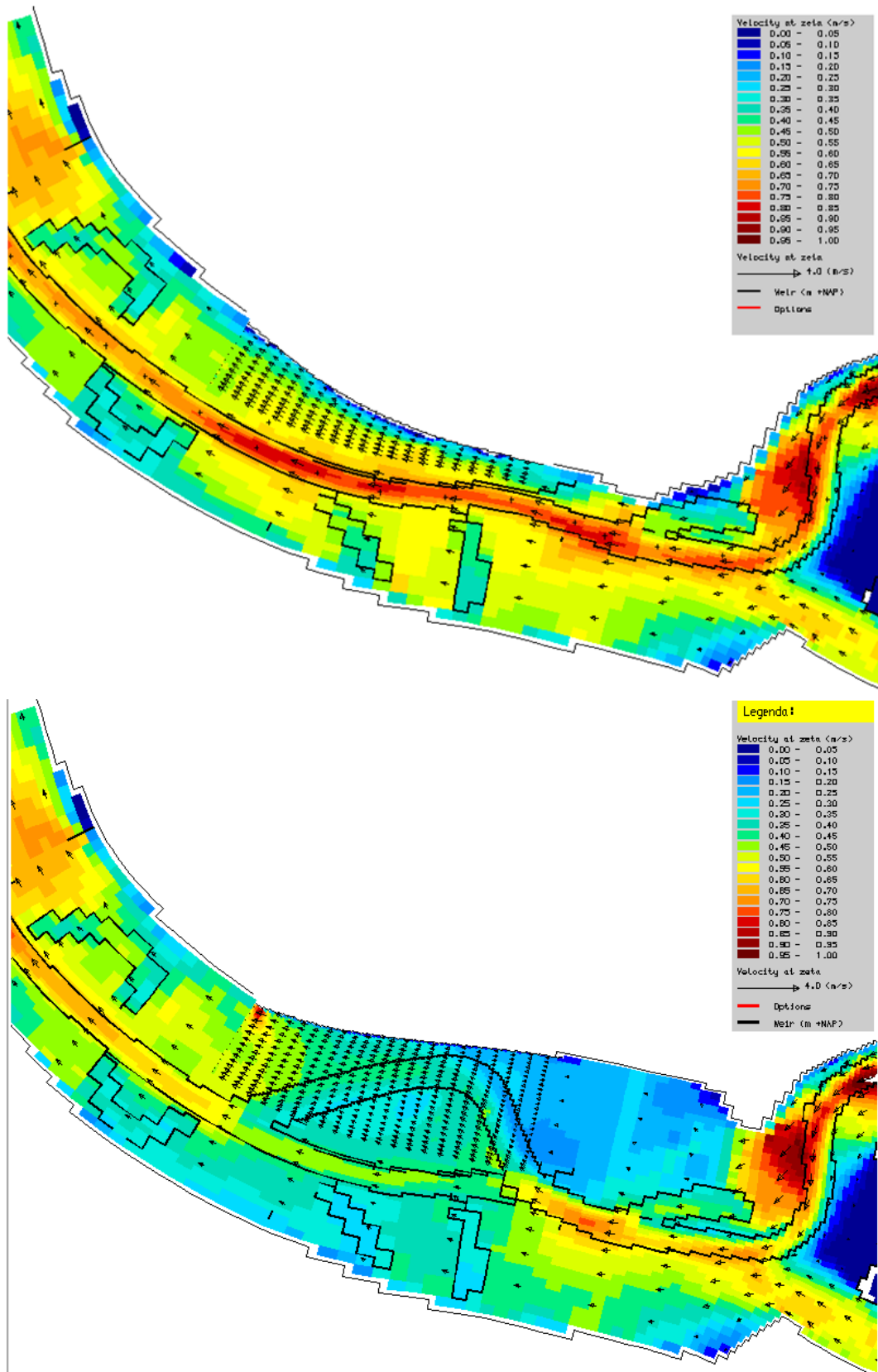
Figuur 4.4: Waterstanden Variant 1 (boven) en waterstandsveranderingen t.o.v. de huidige situatie (onder)

Ten opzichte van de SOBEK-resultaten (Figuur 4.5) zijn de berekende waterstanden met WAQUA lager en is het effect van de maatregelen op de hoogwaterstanden eerder positief (verlaging). Het effect van de roosterverfijning (met DDHOR) is verwaarloosbaar.

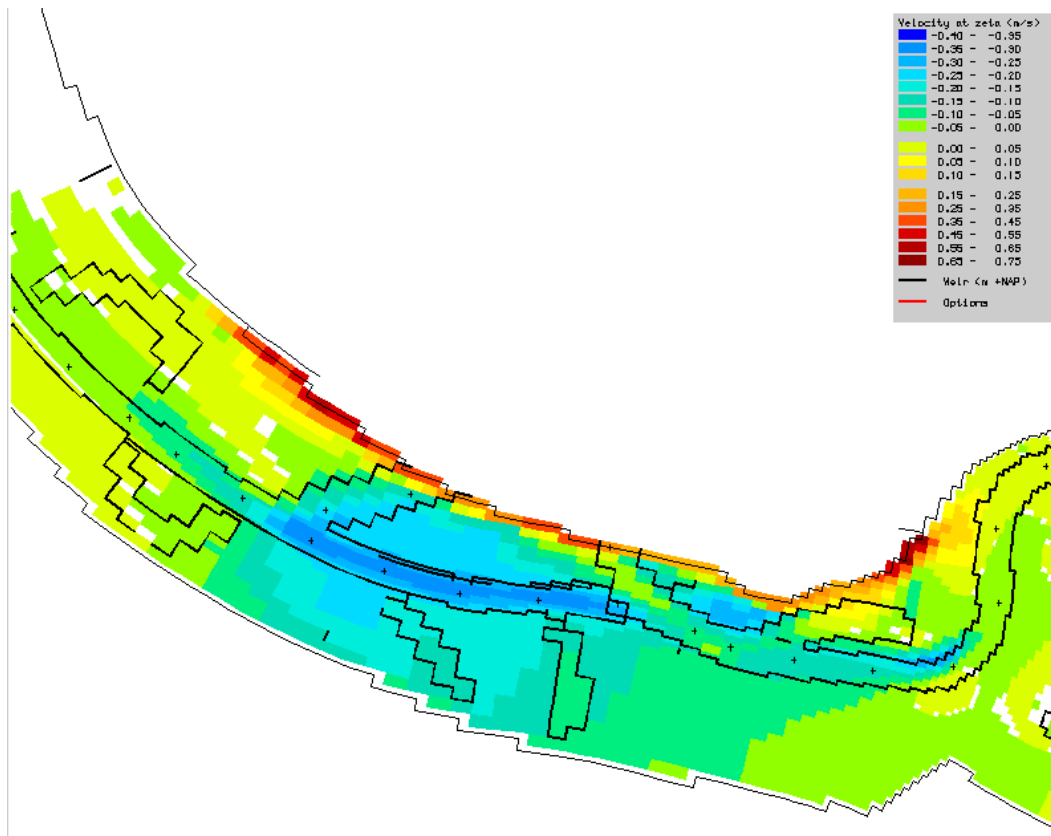


Figuur 4.5: Waterstandsverhanglijnen voor 1D- en 2D-berekeningen voor Variant 1 en de huidige situatie (boven) en de veranderingen van de hoogwaterstanden(onder)

De 2D-stroomsnelheden (Figuur 4.6) tonen een duidelijke afname van de snelheden in het gebied van de dijkteruglegging, waar het doorstroomprofiel is vergroot. De snelheidsafname is maximaal 0,35 m/s (Figuur 4.7).



Figuur 4.6. 2D-stroomsnelheden voor de huidige situatie (boven) en voor Variant 1 (onder)



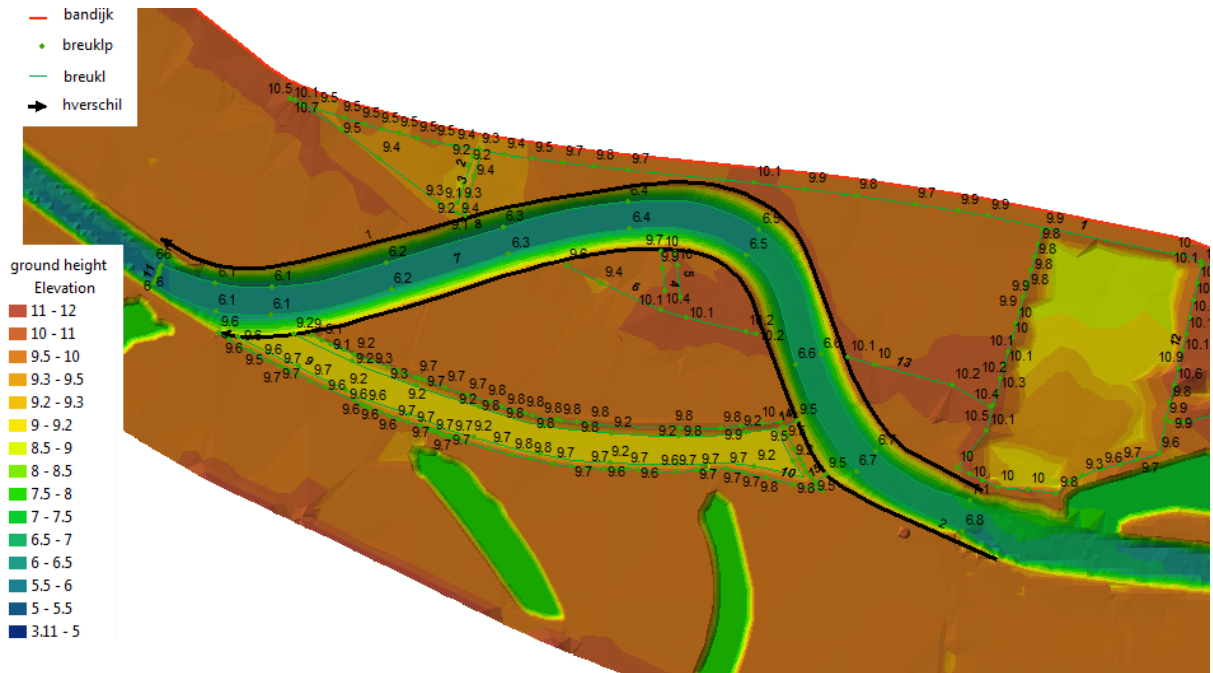
Figuur 4.7: Verandering van de stroomsnelheden voor Variant 1 ten opzichte van de huidige situatie

4.3 Variant 2

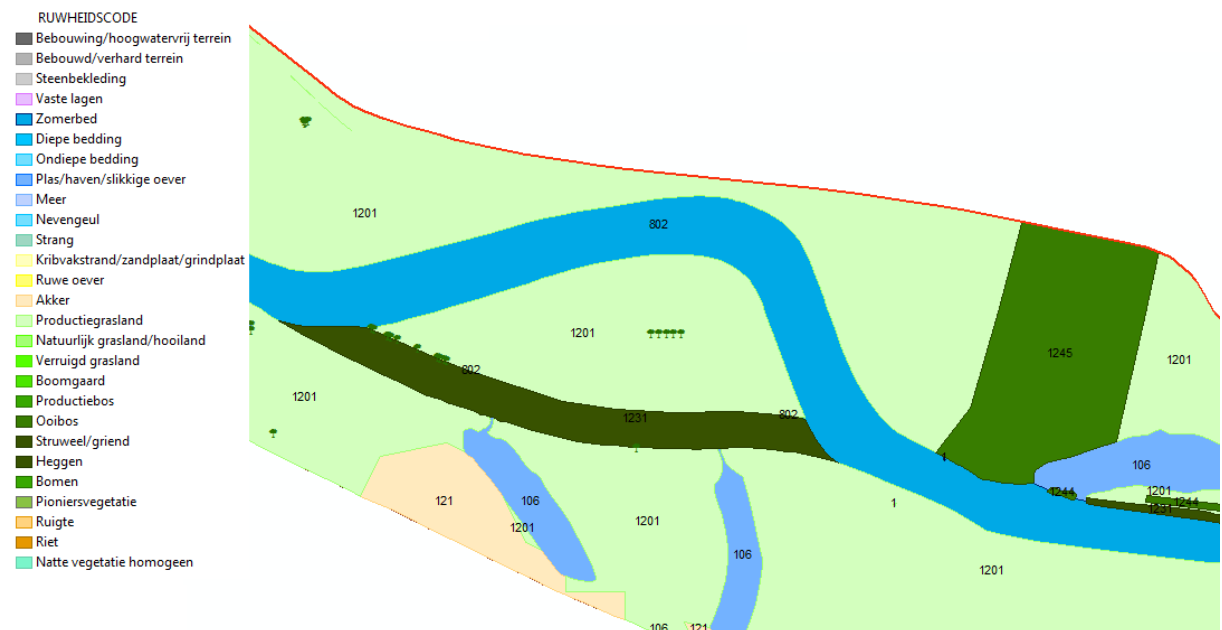
Als vervolg op de resultaten van Variant 1 zijn in een tweede stap de volgende definitieve aanpassingen aan de maatregelen geïdentificeerd en in het model doorgevoerd:

- 1 De uiterwaardvergraving aan Duitse zijde van 1 m is in het DTM geïmplementeerd,
- 2 Het oppervlak van het dwarsprofiel van de meander is gelijk gesteld aan het profiel van de huidige Vecht,
- 3 De hoogte van de vaste stuw is op 9,5 m+NAP vastgelegd,
- 4 De oude Vecht ter hoogte van de meander is tot 9,2 m+NAP opgevuld, en
- 5 de ruwheidswaarden voor de oude Vecht is gelijk gesteld aan die van de zachthoutoiboszone ter plaatse van de uiterwaardvergraving

Figuur 4.8 toont het DTM met de relevante bodemhoogtes. Figuur 4.9 laat de ruwheden voor deze uiteindelijke variant zien.



Figuur 4.8: DTM voor Variant 2



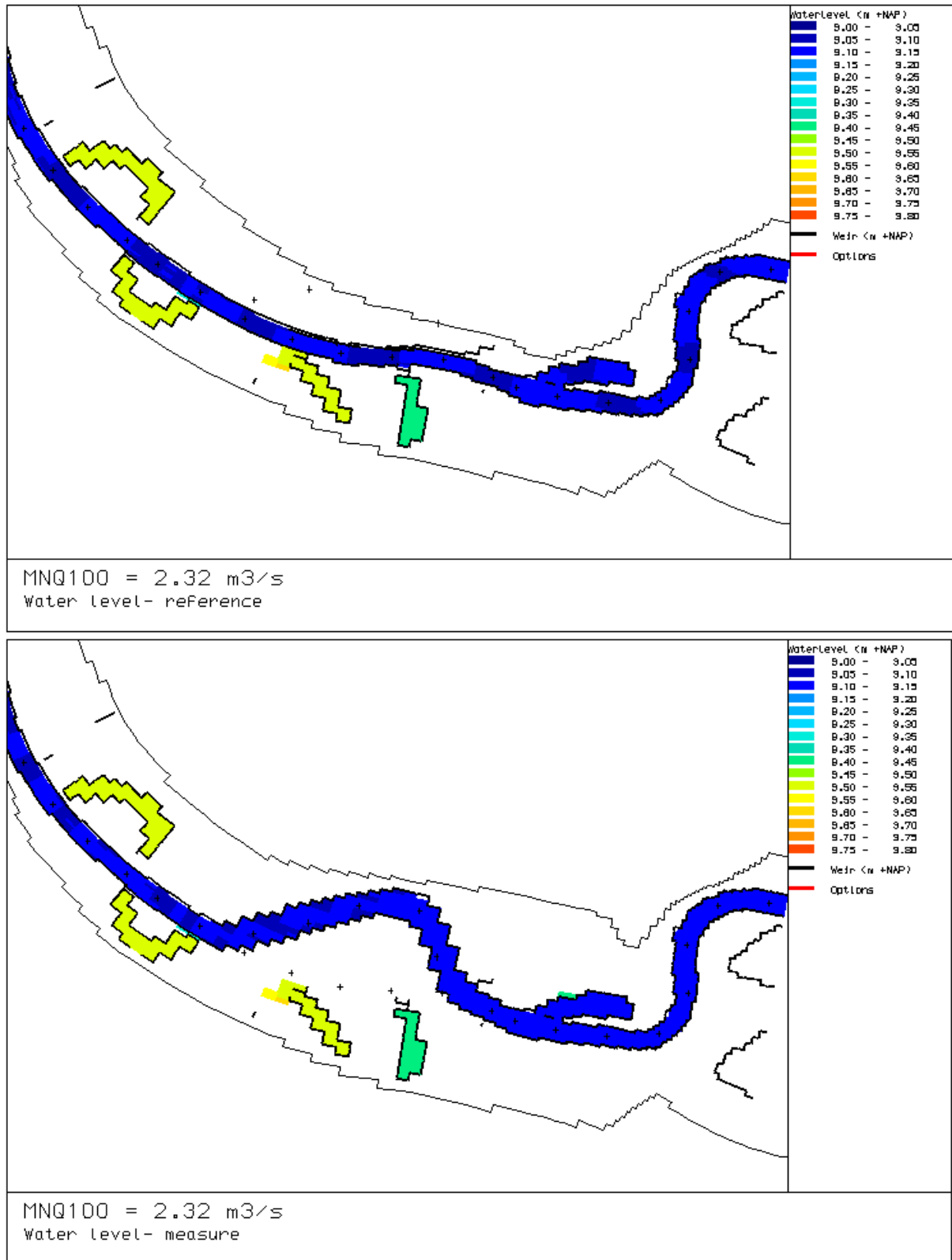
Figuur 4.9: Ruwheden voor Variant 2

Het model is in overeenstemming met bovenstaande beschrijving aangepast en voor deze variant en de huidige situatie zijn de volgende afvoersituaties stationair beschouwd

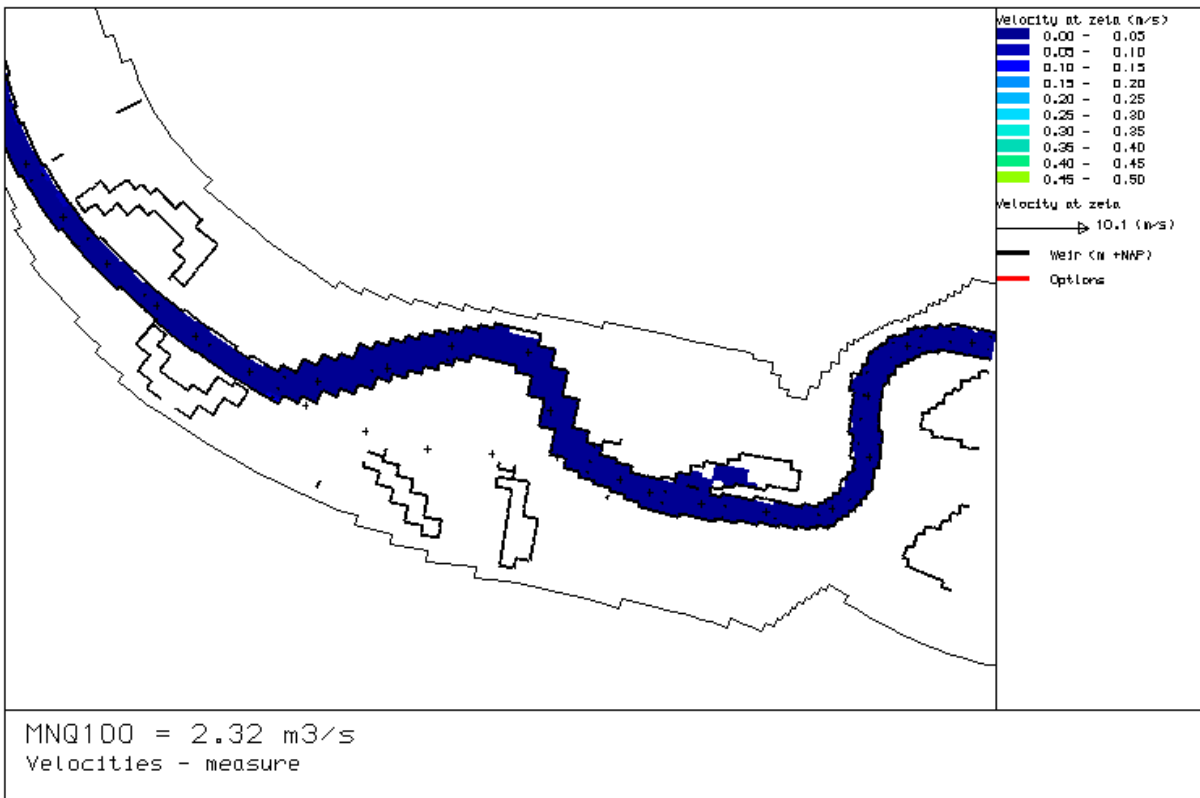
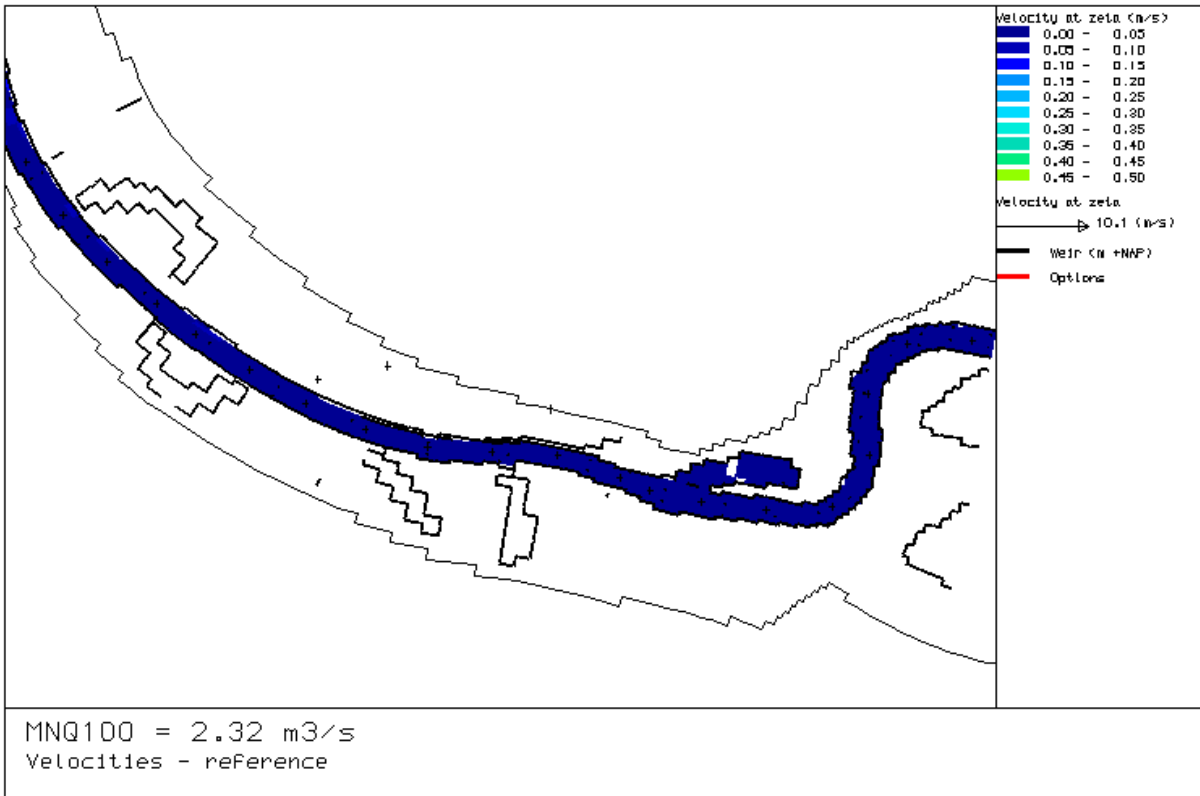
- $MNQ = 2,32 \text{ m}^3/\text{s}$
- $MQ = 17,9 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{bv} = 105,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (bv = Bordvoll = geulvullend)
- $Q_{häufig} = 235,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (häufig = vaak)
- $HQ100 = 292 \text{ m}^3/\text{s}$

De resultaten van de berekeningen in termen van waterstanden en stroomsnelheden zijn in de volgende figuren gepresenteerd. De figuren met waterstandsverschillen en stroomsnelheidsverschillen zijn opgenomen in Bijlage A.

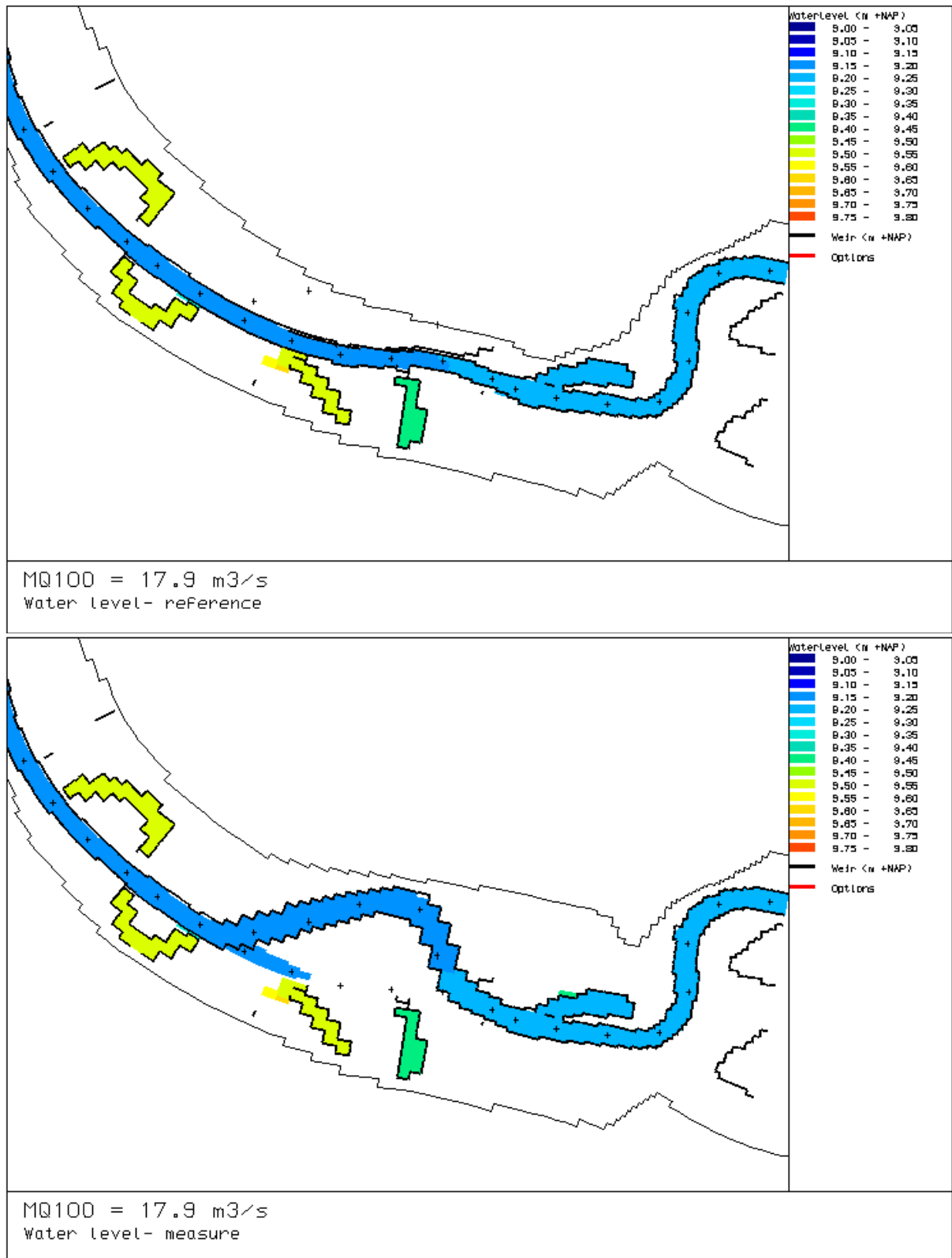
Voor MNQ (Figuur 4.10 en Figuur 4.11) en MQ (Figuur 4.12 en Figuur 4.13) overstroomde de uiterwaarden niet en zijn veranderingen van de stroomsnelheden en waterstanden (Figuur A.1 en Figuur A.2) nauwelijks zichtbaar.



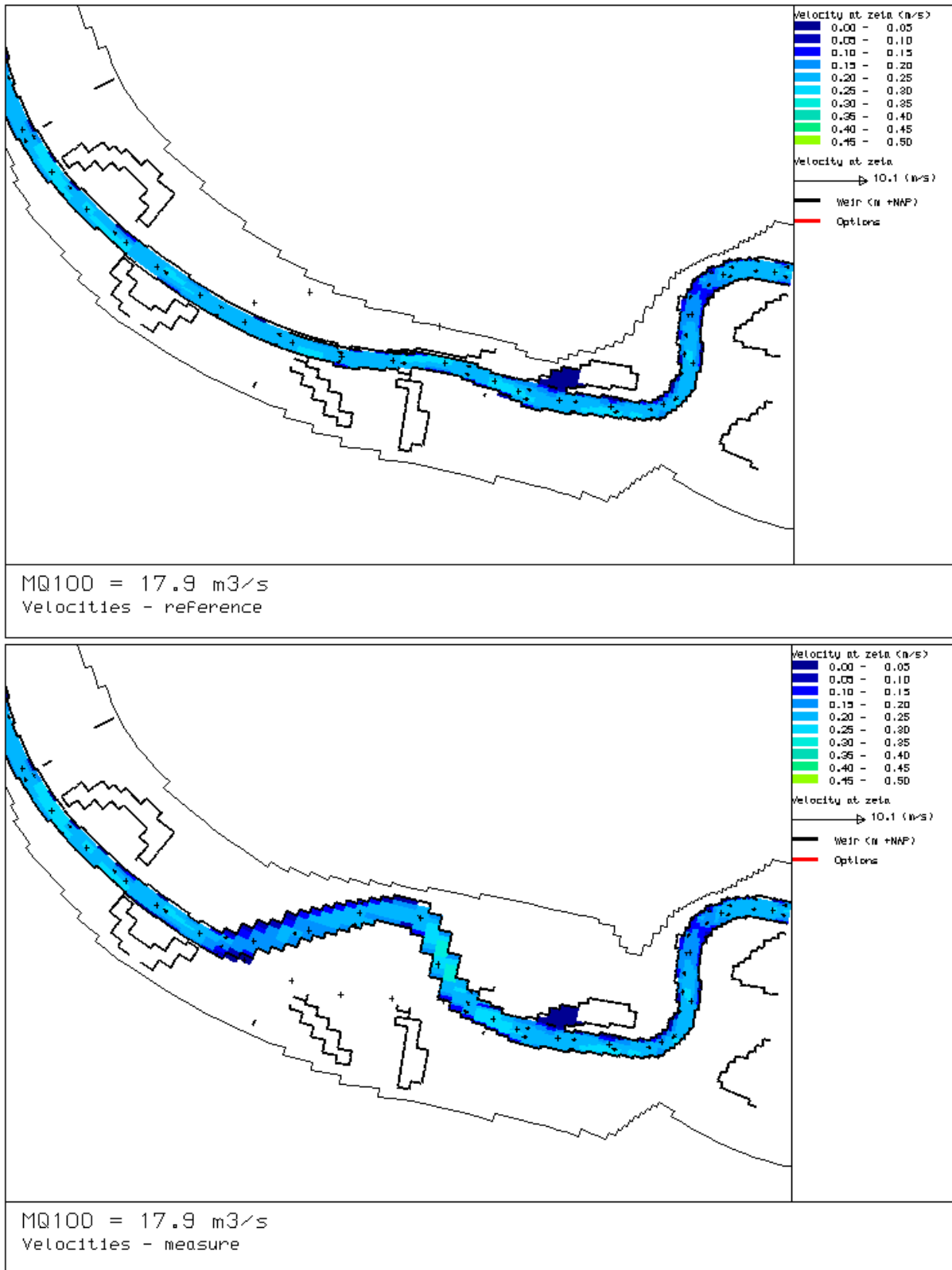
Figuur 4.10: 2D-waterstanden voor de huidige situatie en Variant 2, MNQ



Figuur 4.11: 2D-stroomsnelheden voor de huidige situatie en Variant 2, MNQ



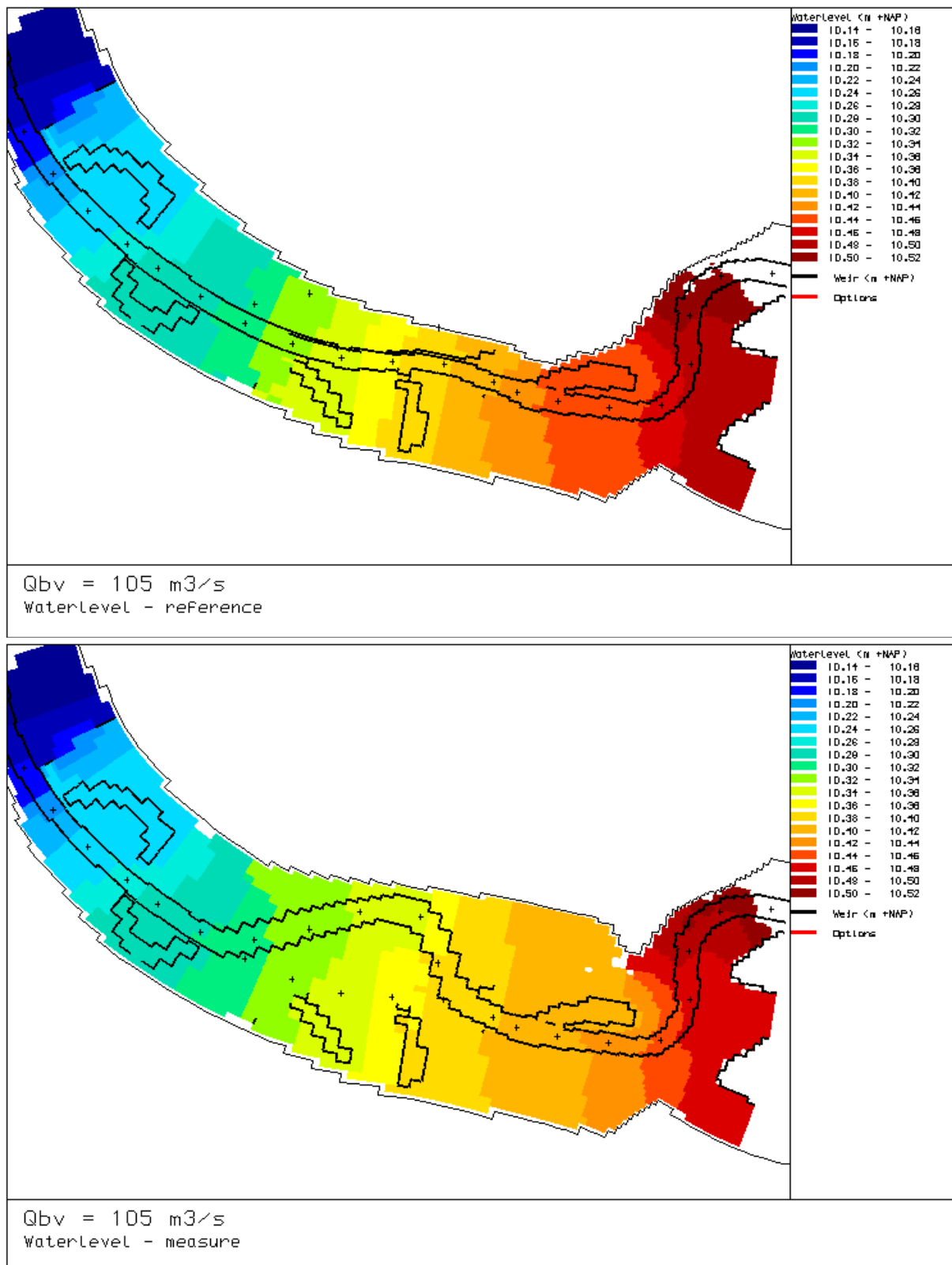
Figuur 4.12: 2D-waterstanden voor de huidige situatie en Variant 2, MQ



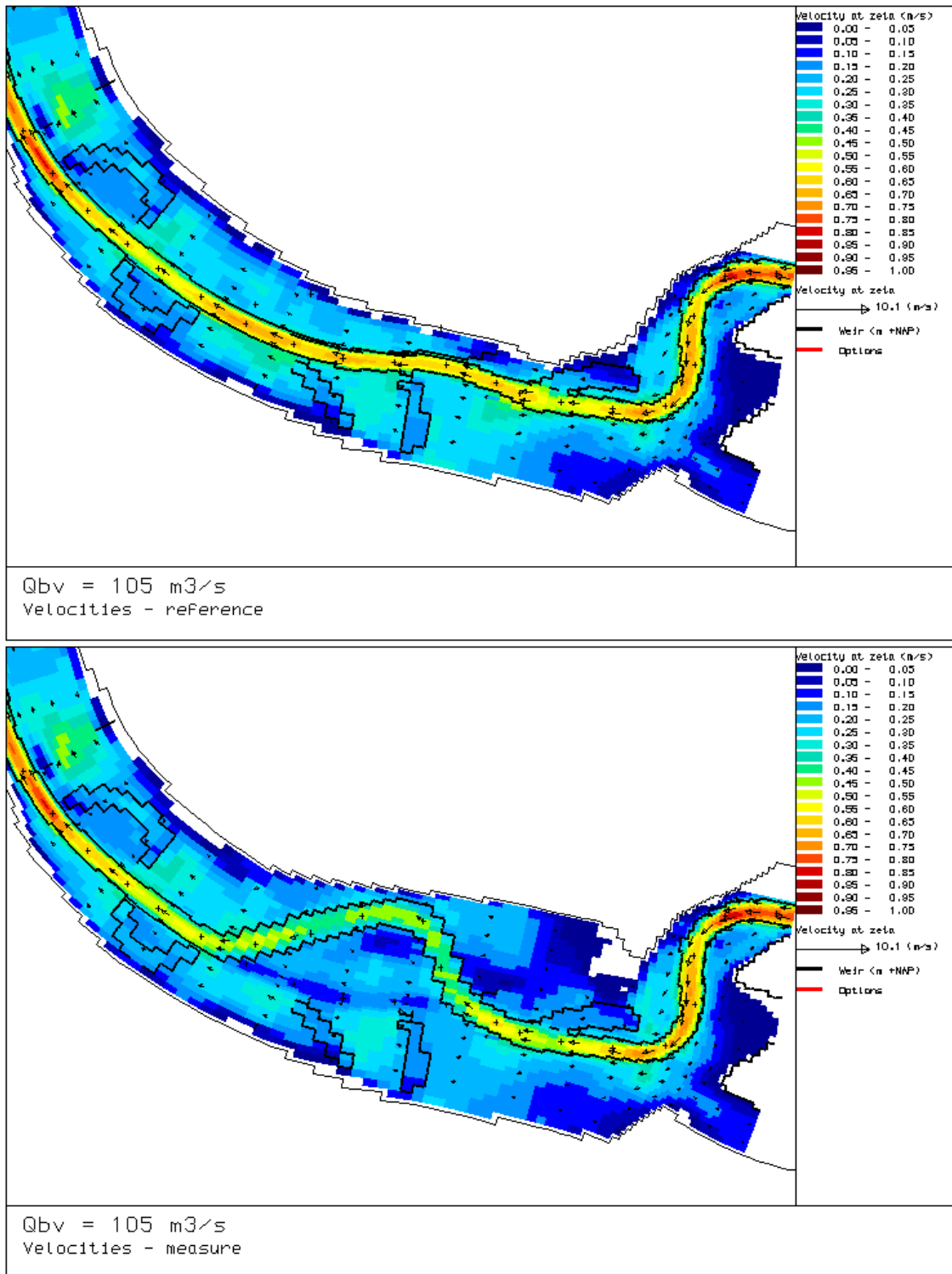
Figuur 4.13: 2D-stroomsnelheden voor de huidige situatie en Variant 2, MQ

Bij Q_{bv} (Figuur 4.14 en Figuur 4.15) zijn de uiterwaarden tussen de dijken al volledig overstroomd. Aan de Duitse zijde nemen de waterstanden met de maatregelen af ten opzichte van de huidige situatie. De stroomsnelheden in de hoofdgeul nemen af door het toegenomen doorstroomoppervlak. Door de nieuwe meander stroomt bij deze afvoer een

aanzienlijk deel van de afvoer, resulterend in hogere snelheden. In de oude Vecht nemen door de hogere ruwheid en verkleining van het doorstroomoppervlak de snelheden sterk af (Figuur A.3).

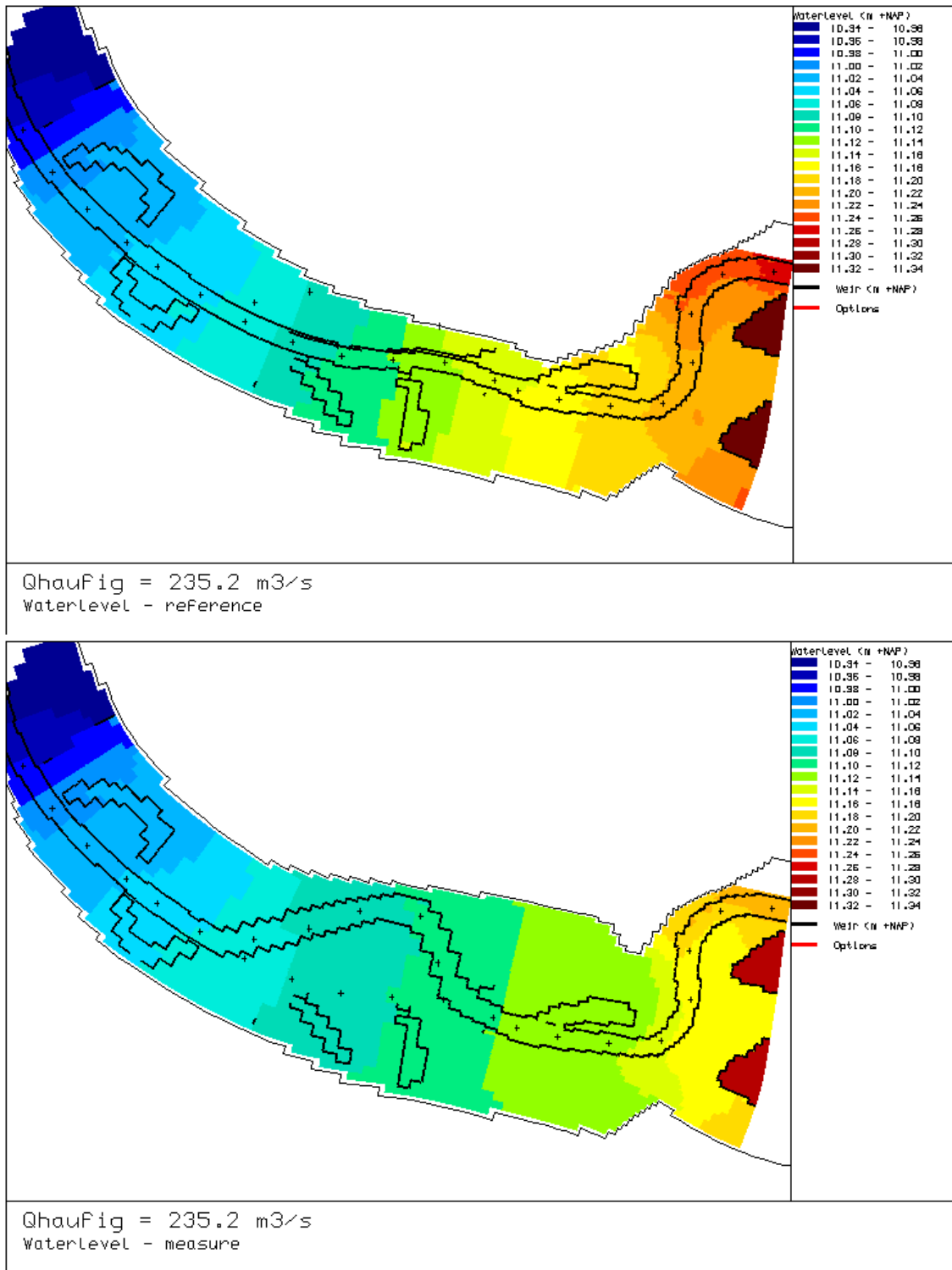


Figuur 4.14: 2D-waterstanden voor de huidige situatie en Variant 2, Qbv

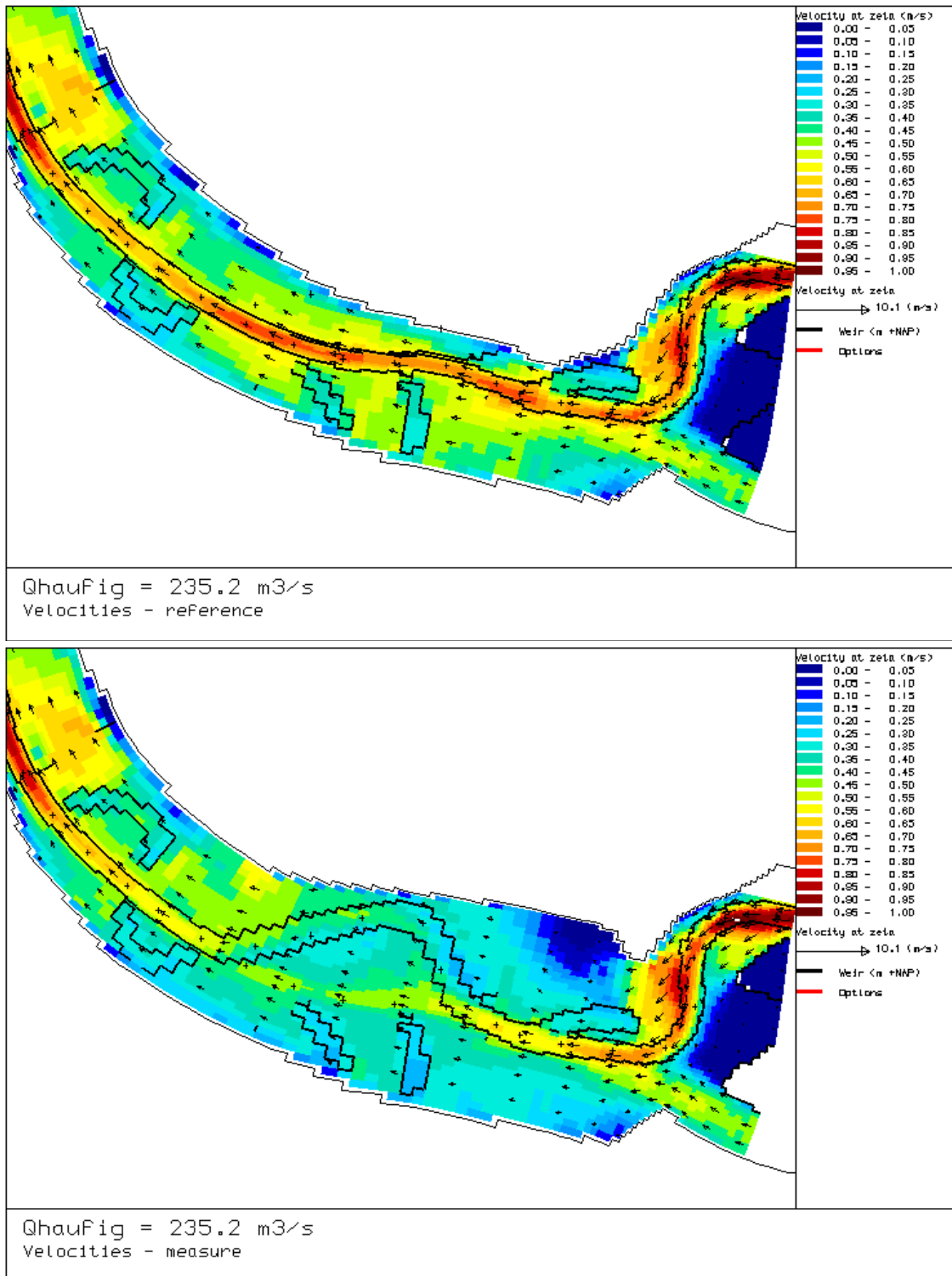


Figuur 4.15: 2D-stroomsnelheden voor de huidige situatie en Variant 2, Q_{bv}

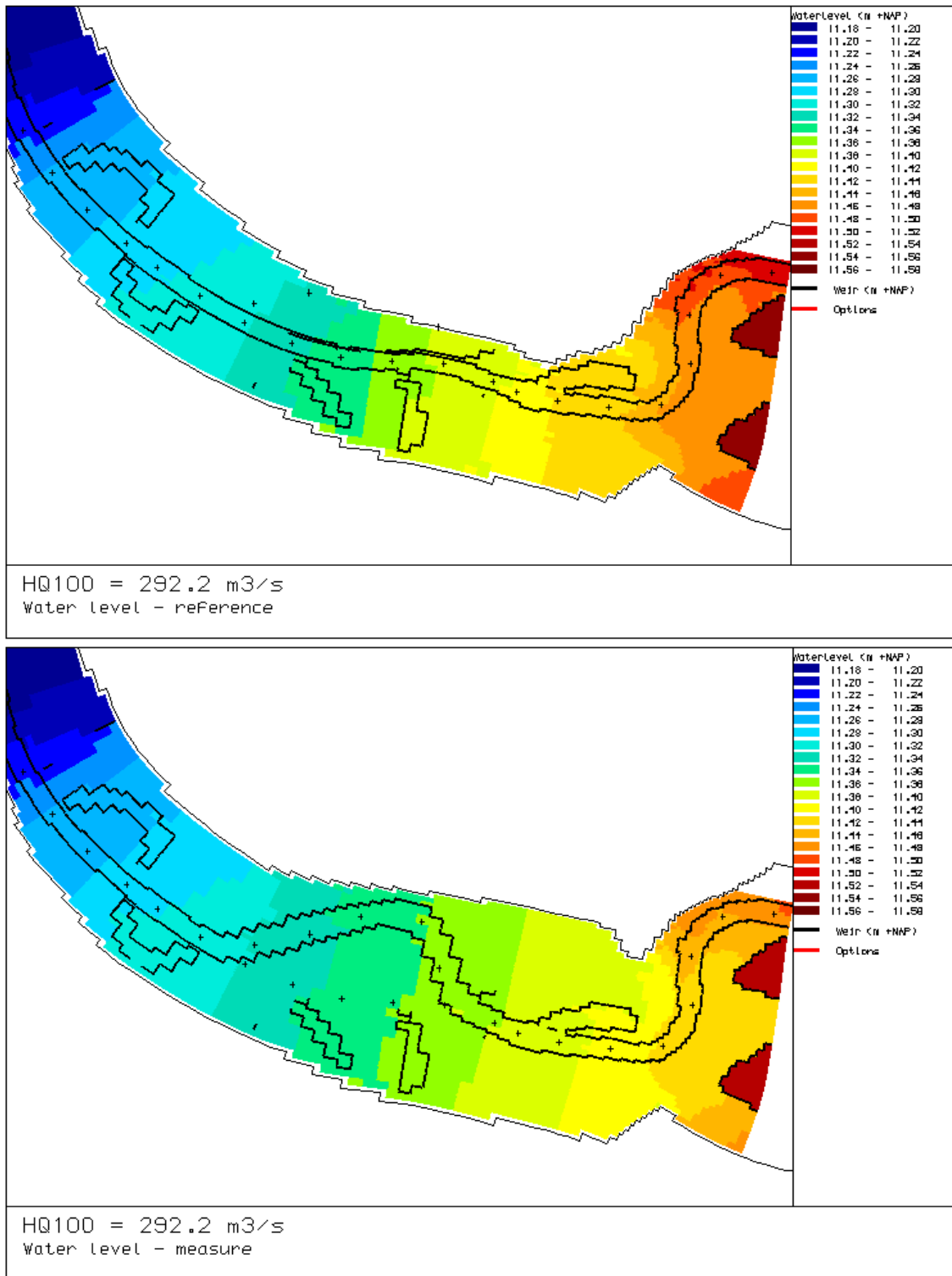
De resultaten voor Q_{bv} zijn ook geldig voor $Q_{h\ddot{a}ufig}$ (Figuur 4.16 en Figuur 4.17, alsook Figuur A.4) en HQ_{100} (Figuur 4.18 en Figuur 4.19, alsook Figuur A.5), waarbij in de laatste twee situaties natuurlijk de waterstanden en stroomsnelheden hoger zijn. Het traject met uiterwaardverlaging en hogere ruwheden voert daarbij duidelijk minder water af dan het zuidelijke deel van de sectie.



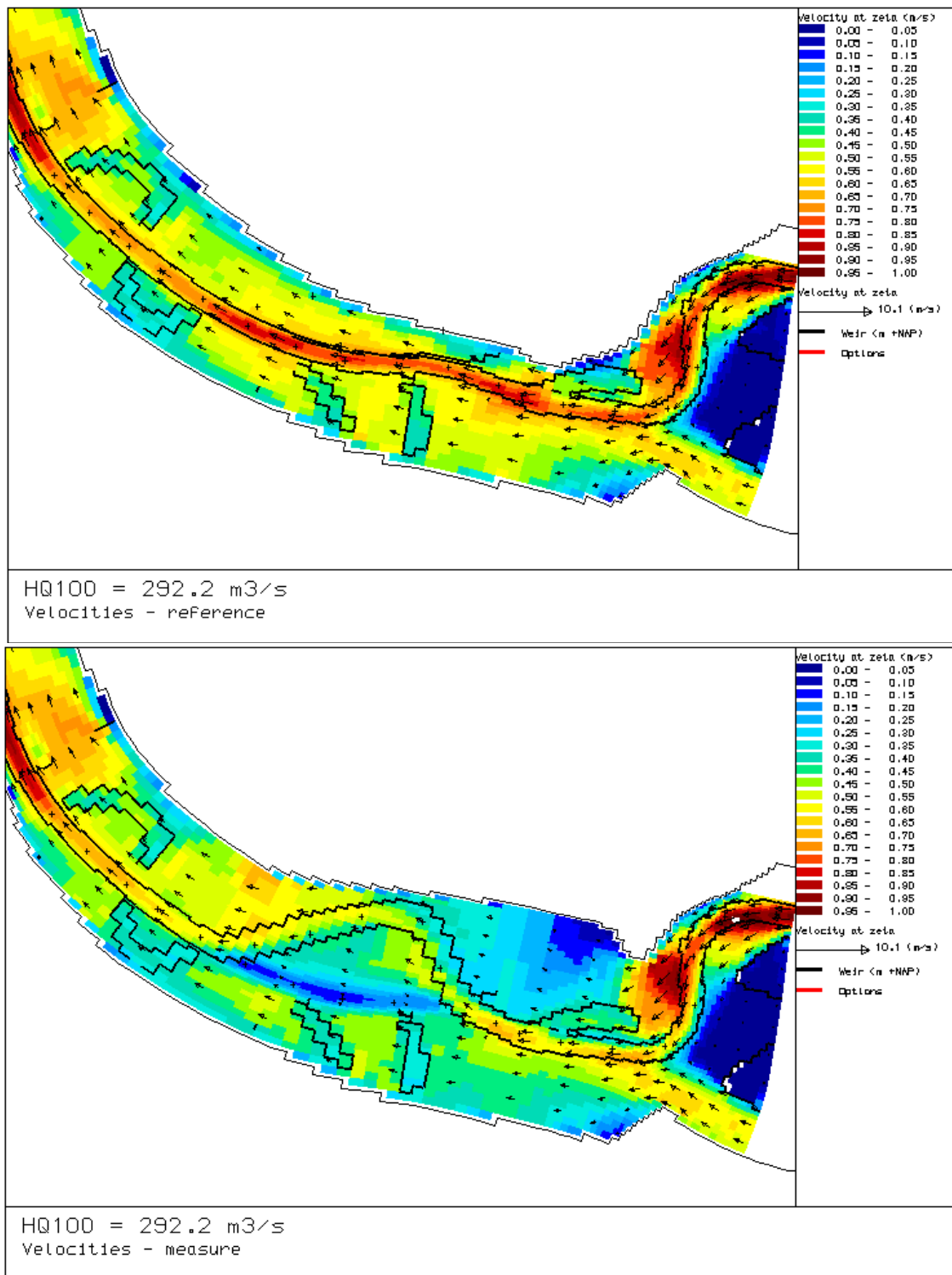
Figuur 4.16: 2D-waterstanden voor de huidige situatie en Variant 2, Q_{haufig}



Figuur 4.17: 2D-stroomsnelheden voor de huidige situatie en Variant 2, Q_{haufig}

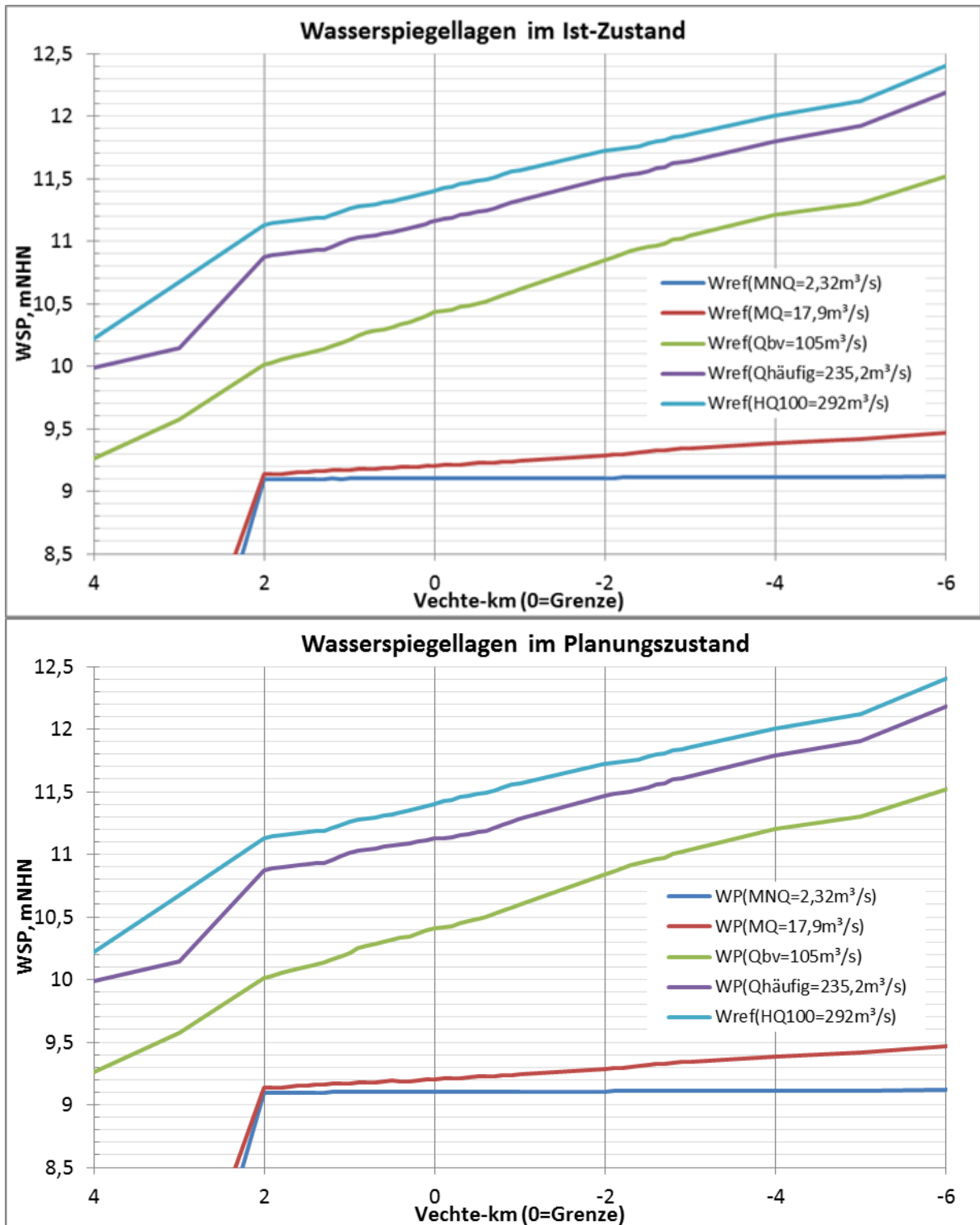


Figuur 4.18: 2D-waterstanden voor de huidige situatie en Variant 2, HQ100



Figuur 4.19: 2D-stroomsnelheden voor de huidige situatie en Variant 2, HQ100

Figuur 4.20 toont de verhanglijnen voor de huidige situatie en Variant 2. De verhanglijnen voor MNQ en MQ worden sterk door de sturing bij stuw de Haandrik beïnvloed. Bij MNQ is het verhang bovenstrooms van de stuw over een lang traject nihil. Bij MQ is de waterstand op de grens slechts 5 cm hoger dan het stuwpeil. Voor de overige afvoerscenario's is de stuw deels of geheel geopend met ongestuwde (vrij afstromende) stromingscondities.

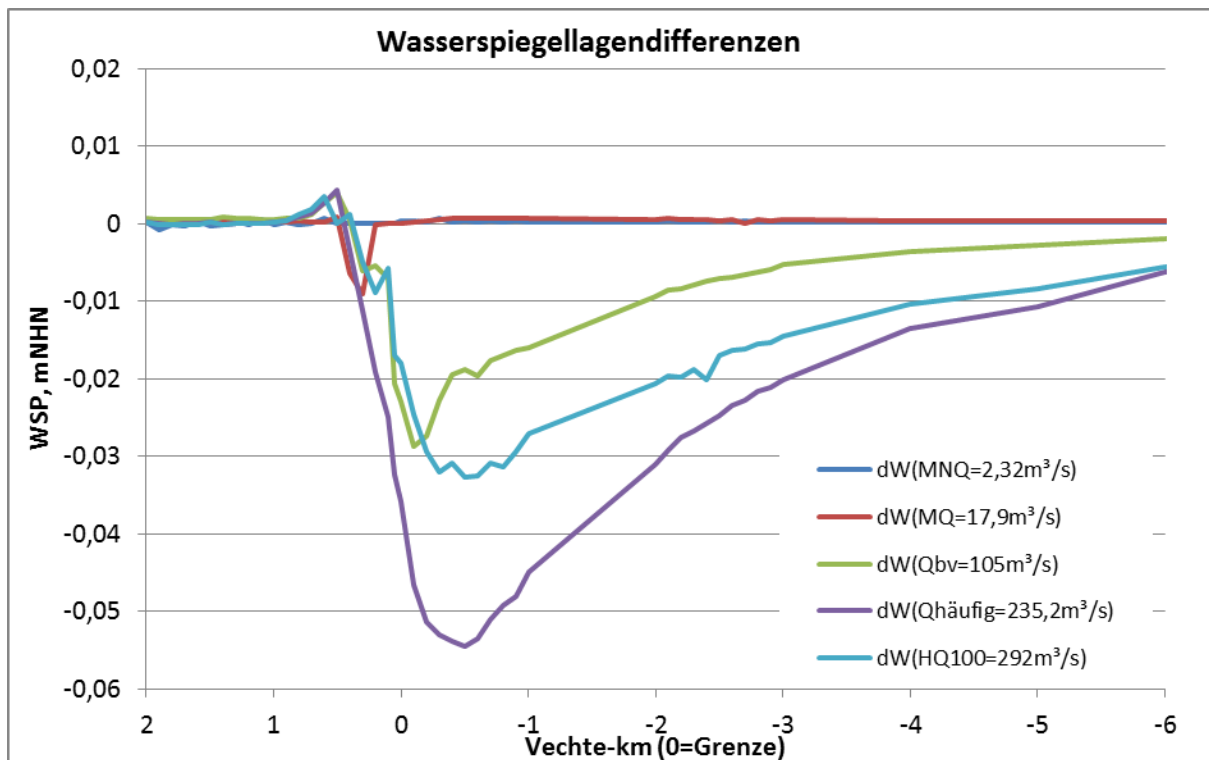


Figuur 4.20: Verhanglijnen voor de huidige situatie (boven) en Variant 2 (onder)

De waterstandsverschillen in Figuur 4.21 laten zien dat de verschillen in berekende waterstanden tussen huidige situatie en Variant 2 voor MNQ en MQ zeer klein zijn, bij de vaste stuw maximaal 1 cm groot zijn en daarmee binnen de modelnauwkeurigheid vallen.

Voor hogere afvoeren neemt de maximale waterstandsverandering toe en bereikt een waarde van ca 5,5 cm bij HQ100 bovenstrooms van de nieuwe meander. Het

waterstandseffect werkt door tot buiten het getoonde bereik, maar is 6 km bovenstrooms van de maatregel al afgenomen tot minder dan 1 cm.



Figuur 4.21: Waterstandsverschillen voor Variant 2 ten opzichte van de huidige situatie

Over het geheel hebben de maatregelen een positief effect op de hoogwaterbescherming, door verlaging van de hoogwaterstanden. Bij lage afvoeren hebben de maatregelen nauwelijks effect op de waterstanden.

Vanaf Qbv (105 m³/s) overstroomden de uiterwaarden tussen de dijken bijna volledig, waarbij in het traject van de uiterwaardverlaging overstroming van de geplande zachthoutoiboszone te verwachten is.

De reeds in de huidige situatie geringe stroomsnelheden nemen verder af in het bereik van de maatregelen. Hierdoor kan aanzanding optreden, hetgeen door periodieke peiling van het rivierbed getoetst moet worden. Deze monitoring wordt ook aanbevolen met het oog op de verwijdering van de oeverbescherming aan Duitse zijde, vooral na bedvormende hoogwaters.

In de meander is een oeverbescherming noodzakelijk om te voorkomen dat de meandergeul zich verplaatste en te dicht bij de dijk zou kunnen komen te liggen.

Om de gewenste zachthoutoibos-ontwikkeling en de ontwikkeling van morfo-dynamiek te volgen, wordt ontwerp en uitvoering van een monitoringprogramma zinvol geacht.

5 Samenvatting

In het project zijn voor geplande maatregelen in het Duits-Nederlandse grensgebied van de Vecht bij Laar hydrodynamische berekeningen uitgevoerd. Doel was om het ontwerp te optimaliseren en de effecten ervan op de stromingsomstandigheden bij verschillende afvoerniveaus te bepalen.

De maatregelen betreffen een dijkeruglegging, uitgraven van een nieuwe meander, een uiterwaardvergraving, en introductie van doodhout. De maatregelen zijn zowel met een 1D Sobek-RE model als met een 2D WAQUA model onderzocht. Daaruit bleek, dat de effecten betrouwbaarder met het 2D model konden worden bepaald.

Met behulp van het WAQUA-model kon het ontwerp van de maatregelen in 2 stappen worden geoptimaliseerd, met een verbetering tot gevolg op het gebied van hoogwaterbescherming alsmede de ecologische en morfologische ontwikkeling.

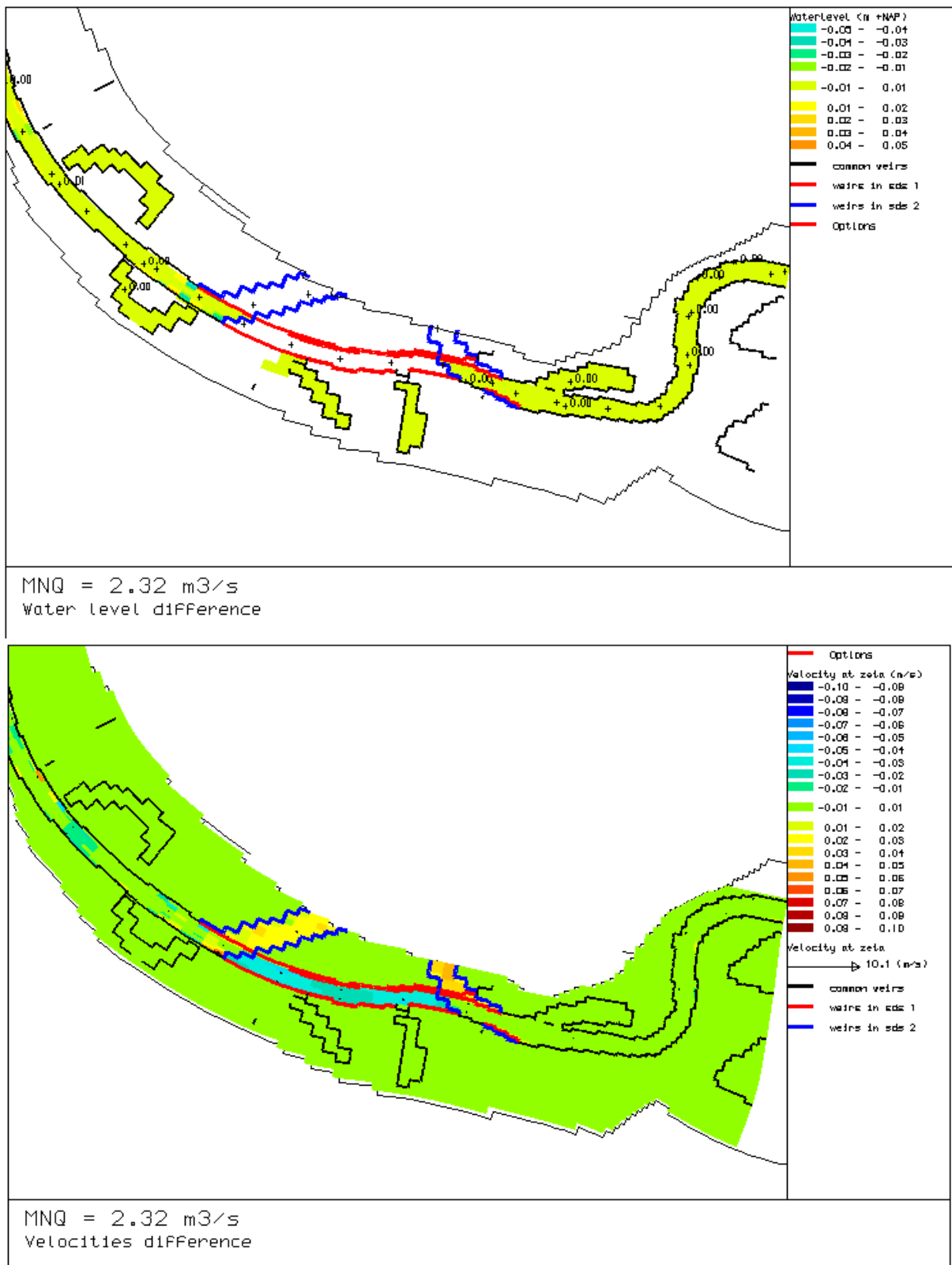
De effecten van de maatregelen op de waterstanden zijn weliswaar gering, maar de stromingscondities wijzigen aanzienlijk. Door de vergroting van het beschikbare doorstroomprofiel als gevolg van de dijkeruglegging nemen de stroomsnelheden lokaal af.

In het kader van de uitvoering van de maatregelen wordt aanbevolen om een monitoringprogramma op te stellen en uit te voeren, waarmee de morfologische en ecologische ontwikkelingen kunnen worden gevolgd.

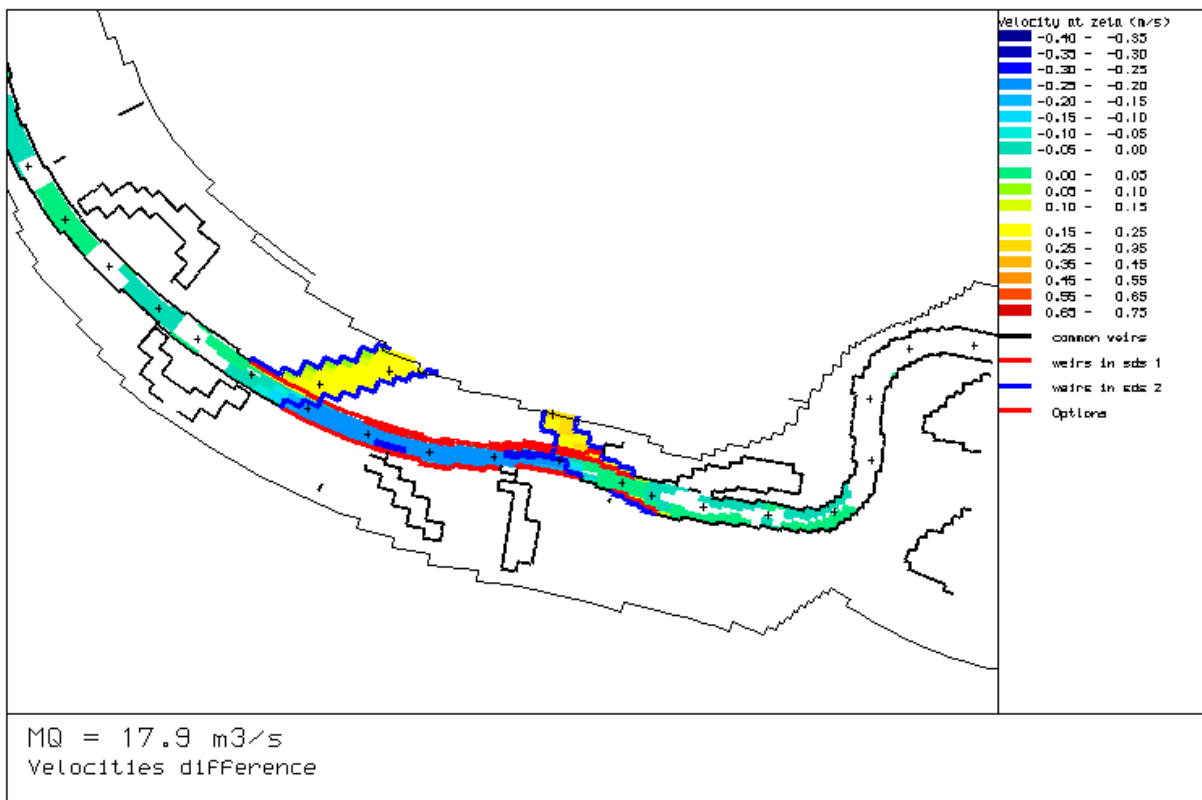
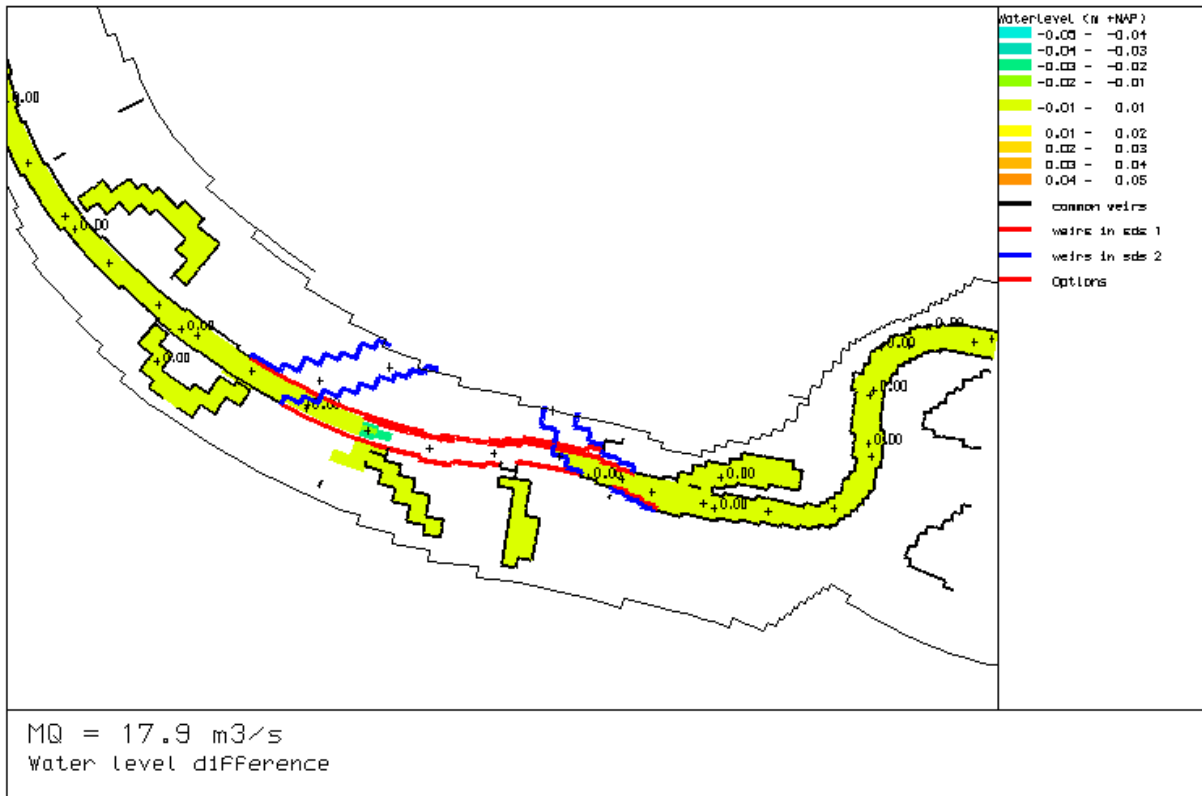
Alle rekenresultaten, alsmede de aangepaste Baseline-data en modellen zijn de opdrachtgever ter beschikking gesteld.

Aken, juli 2014

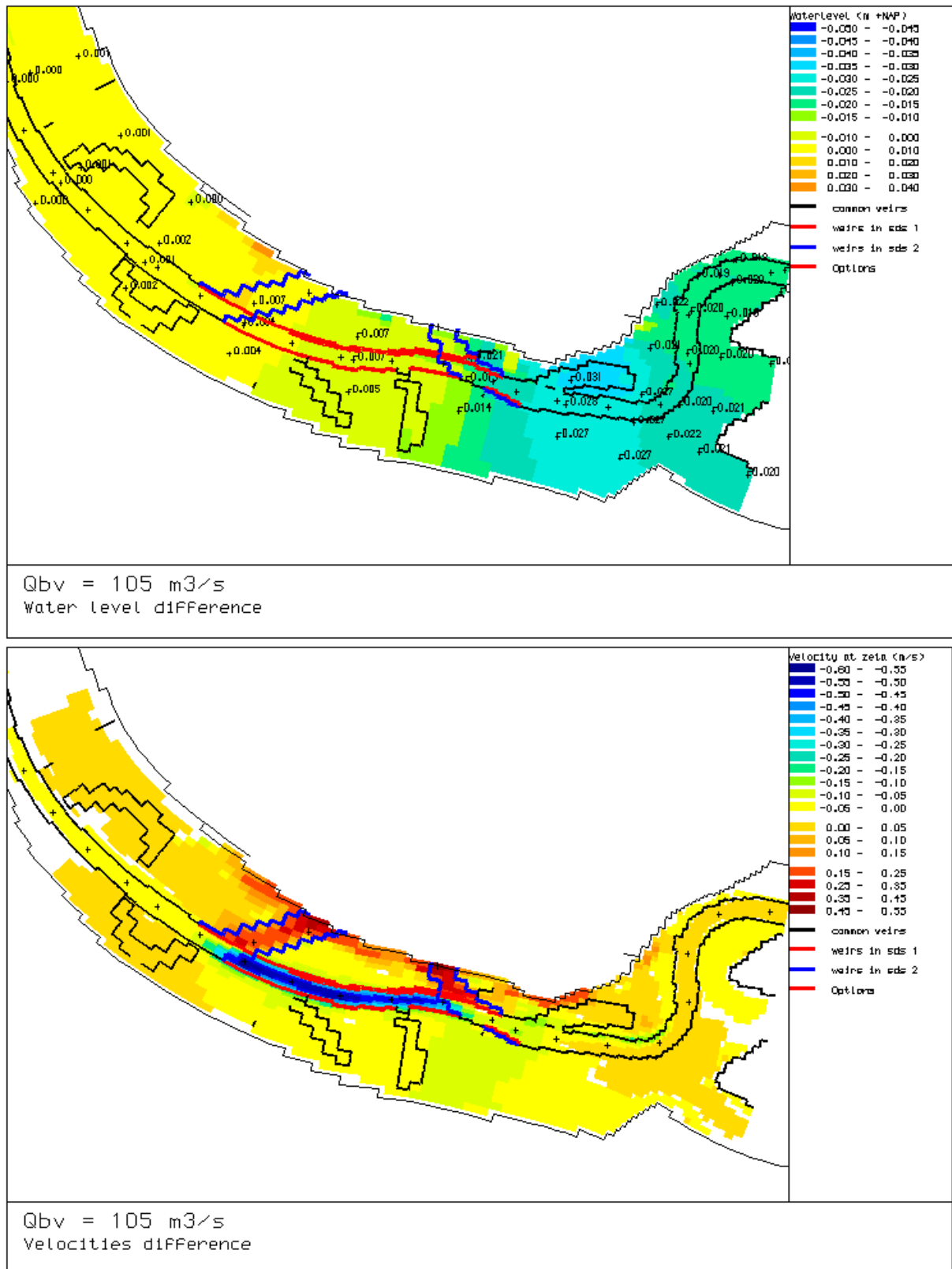
Bijlage A: Waterstands- en stroomsnelheidsverschillen voor Variant 2



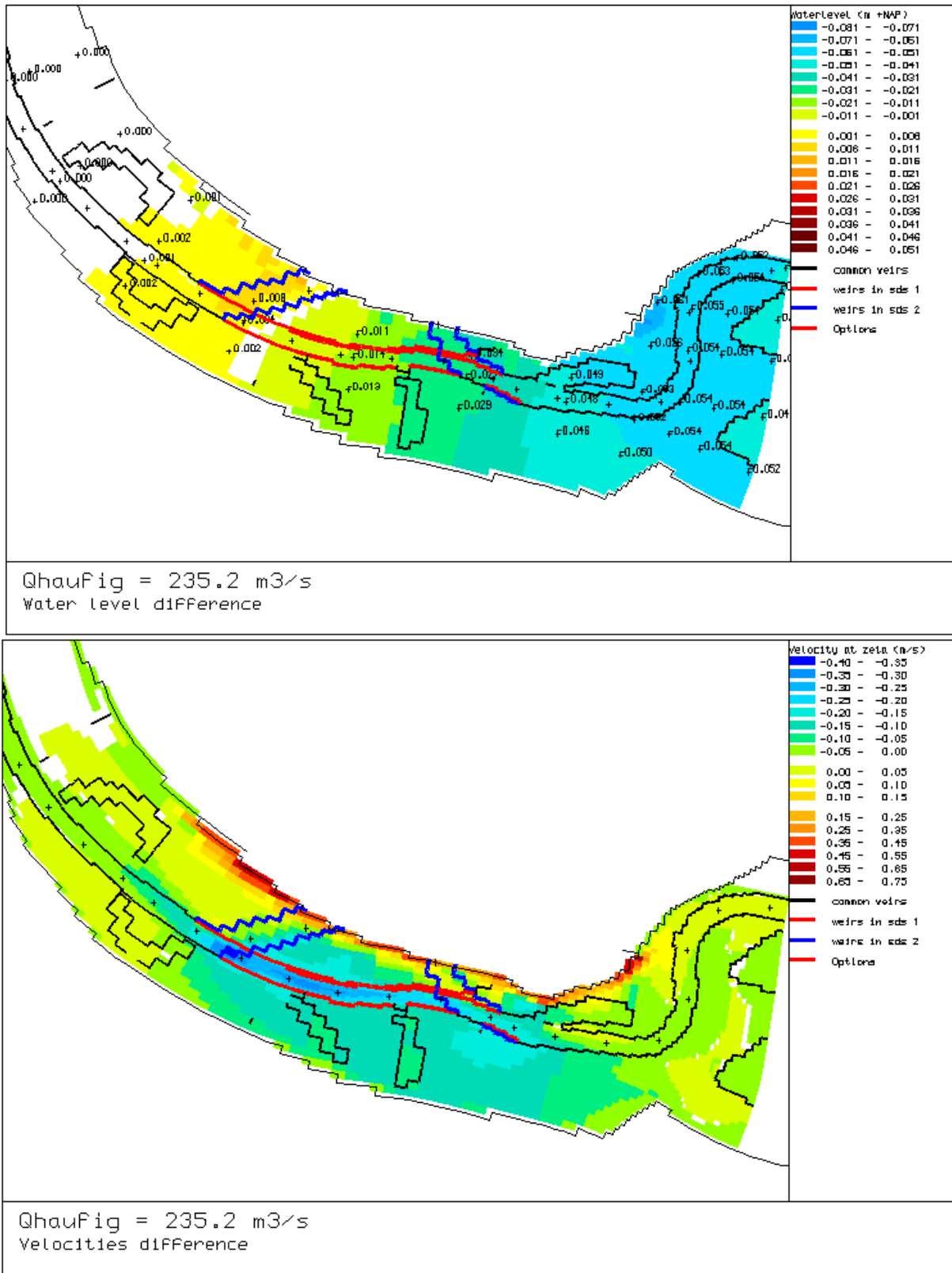
Figuur A.1: Veranderingen van de waterstanden (boven) en stroomsnelheden (onder) voor MNQ



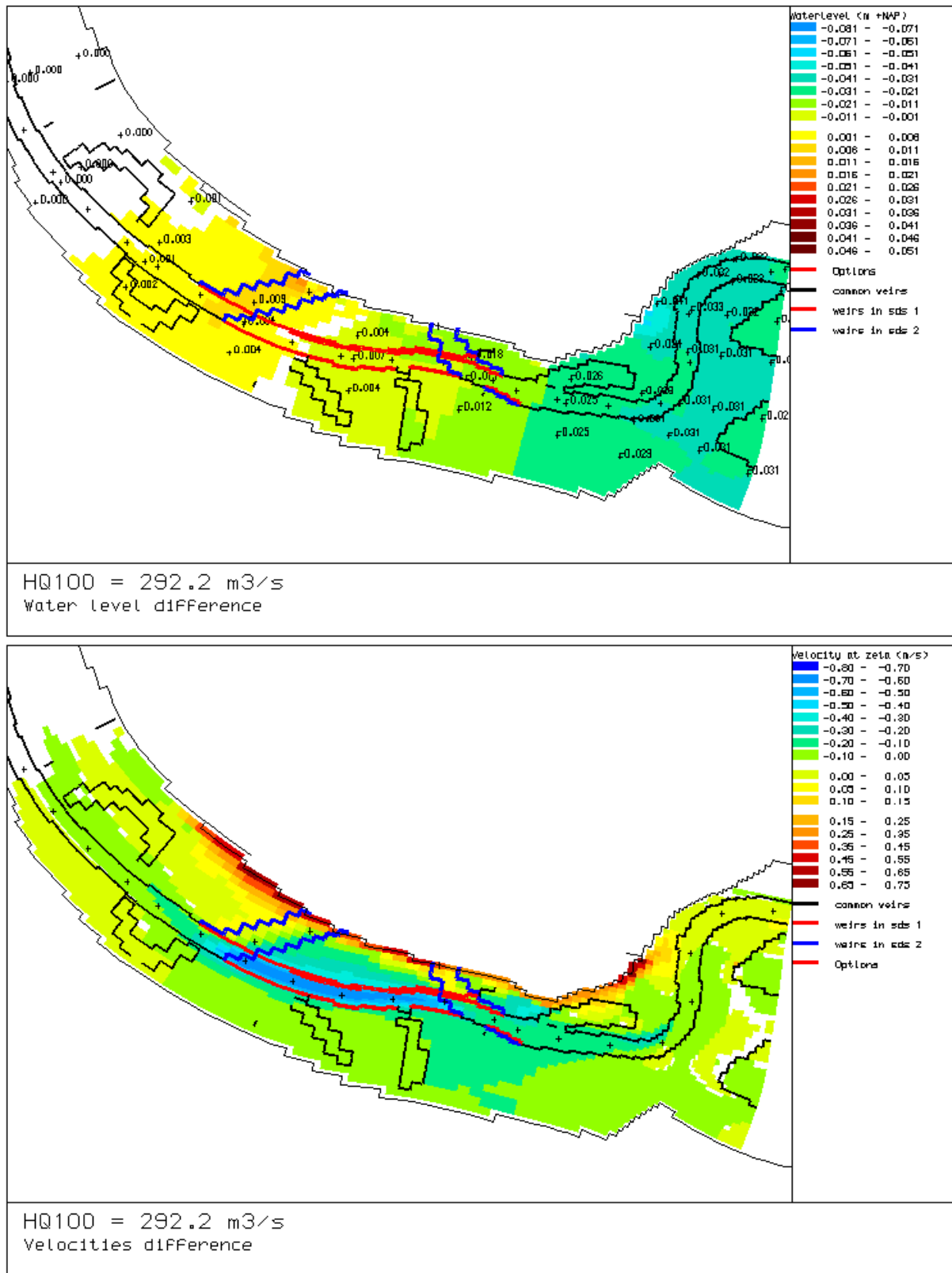
Figuur A.2: Veranderingen van de waterstanden (boven) en stroomsnelheden (onder) voor MQ



Figuur A.3: Veranderingen van de waterstanden (boven) en stroomsnelheden (onder) voor Q_{bv}



Figuur A.4: Veranderingen van de waterstanden (boven) en stroomsnelheden (onder) voor Q_{haufig}



Figuur A.5: Veranderingen van de waterstanden (boven) en stroomsnelheden (onder) voor HQ_{100}