

ADDENDUM

# Hydraulische toetsing ontwerp Geleenbeek

CORIO GLANA HL20/21 FASE II



hydroconsult

*specialists in water management*

ADDENDUM

# Hydraulische toetsing ontwerp Geleenbeek

CORIO GLANA HL20/21 FASE II

Datum: 15 mei 2023  
Status: definitief



# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Actualisatie modelschematisatie DO.....</b>	<b>8</b>
2.1	Hoogte onderkant brugdek Parklaan 17-19.....	8
2.2	Hoogte bovenkant brugdek Parklaan Zuid .....	9
2.3	Actualiseren Kruising Engelenkamp .....	11
2.4	Actualisatie bruggen Parklaan Noord.....	14
2.5	Resultaten.....	15
<b>3</b>	<b>Alternatief ontwerp .....</b>	<b>19</b>
3.1	Kademuur .....	20
3.2	Kademuur verplaatst .....	21
3.3	Conclusies .....	22
<b>4</b>	<b>Vaste beekbodem .....</b>	<b>23</b>
4.1	Uitkomsten .....	23
4.2	Conclusies .....	30
<b>5</b>	<b>Plaatselijke verwijding brugprofiel .....</b>	<b>32</b>
5.1	Inleiding.....	32
5.2	Implementatie.....	32
5.3	Uitkomsten .....	35
5.4	Conclusies .....	36
<b>6</b>	<b>Definitief ontwerp.....</b>	<b>37</b>
6.1	Inleiding.....	37
6.2	Samenstelling definitief ontwerp .....	37
6.3	Uitkomsten .....	37
6.4	Conclusies .....	42
	.....	43
	<b>BIJLAGEN .....</b>	<b>44</b>





# 1 Inleiding

Dit document is een addendum op het rapport 'Hydraulische toetsing ontwerp Geleenbeek' van Hydroconsult, 1 mei 2021.

Het rapport beschrijft de hydraulische analyse en toetsing van het ontwerp van fase II; het tracé tussen de Agricolastraat en Voorstad in Sittard. Het project is door Waterschap Limburg aanbesteed onder zaaknummer 2019-Z7315. Ons werd toentertijd gevraagd de hydraulische toetsing van het ontwerp te verzorgen.

De aanleiding voor dit addendum op het genoemde rapport is drieledig:

1. Voor Parklaan Noord zijn er nu definitieve hoogtes beschikbaar gesteld. In verband met kabels en leidingen kunnen enkele van de bruggen langs dit tracé niet worden uitgevoerd met een onderkant brugdek zoals eerder voorzien. In de modelschematisatie van het definitief ontwerp (DO) werden verder nog enkele onvolkomenheden aangetroffen. Het betreft hier voornamelijk schematisatieskeuzes voor de dekhoogte van de bruggen in het SOBEK-model.
2. Bewoners van de Parklaan tekenden bezwaar aan tegen de voorgestelde verbreding van de beek omdat die ten koste zou gaan van hun perceeloppervlak. Daarom werd ons verzocht om een extra alternatief door te rekenen met een smaller beekprofiel met kademuur.
3. Naar aanleiding van de onderhandelingen met de bewoners van Parklaan-Zuid heeft ViForis op verzoek van het waterschap een herontwerp vervaardigd van de beek ter plaatse. Wij hebben dit herontwerp met tekeningnummer 1290-OW-T06-02-1 hydraulisch gemodelleerd en in diverse iteraties doorerekend. Op verzoek van het waterschap werd in dit herontwerp overgestapt op een vaste beekbodem. Dit omdat de specialisten geohydrologie en geotechniek erop aandrongen om de beekbodem ondoordringbaar te laten i.v.m. stabiliteit van de kademuur en de interactie met het diepere grondwater.
4. Als laatste het verzoek van het waterschap om te analyseren welk effect een aangepast beekprofiel onder de bruggen zou hebben. De aanpassing betreft een lokale verbreding van de beek onder de brug, taps verwijdend vanaf ca. 10m bovenstrooms van de brug en dan benedenstrooms weer taps toelopend naar het beekprofiel. Specifiek vraagt het waterschap of het effect in de orde grootte millimeters of centimeters ligt.

Alle vier de aspecten werken we uit in een eigen hoofdstuk.

## 2 Actualisatie modelschematisatie DO

In dit hoofdstuk bespreken we alle constatering die zijn gedaan in de SOBEK-modelschematisatie van het Definitief Ontwerp (DO) sinds publicatie van ons rapport in mei 2021:

- Hoogte onderkant brugdek Parklaan 17-19
- Hoogte bovenkant brugdekken Parklaan Zuid
- Kruising Parklaan met Engelenkamp/Wilhelminastraat

Daarnaast bespreken we de nieuwe brugdimensies zoals aan ons aangeleverd door Viforis en hoe wij die in het model hebben verwerkt.

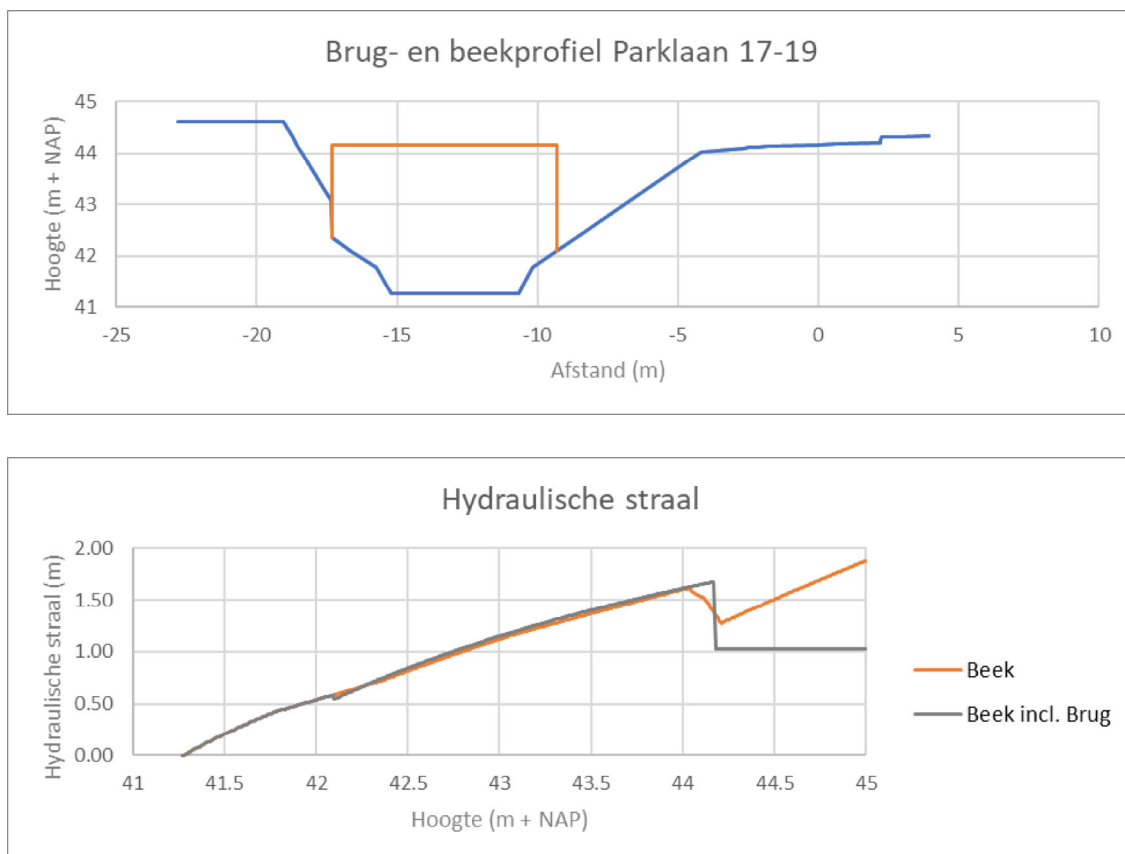
Het bovenstaande resulteert in een geactualiseerde modelschematisatie die wij integraal doorrekenen en nabewerken met alle eerder vastgestelde afvoerklassen.

### 2.1 Hoogte onderkant brugdek Parklaan 17-19

Bij het verwerken van de modelresultaten bleek dat de hoogte onderkant brugdek van Parklaan 17-19 verkeerd in het model zat.

- Geconstateerd: 44.55 m + NAP
- Moet zijn: 44.17 m + NAP

Wij hebben deze fout gecorrigeerd door een nieuwe parameterisatie van de 'extra resistance node' op te stellen. Deze vindt u in het bestand '*Afvoercapaciteit DO Parklaan 17-19 DWP13 op 44.17.xlsm*'. Onderstaand een tweetal afbeeldingen met het beek- en brugprofiel en de hydraulische kenmerken.



*Figuur 1 Gecorrigeerd brug- en beekprofiel voor Parklaan 17-19, met daaronder de hydraulische karakteristieken.*

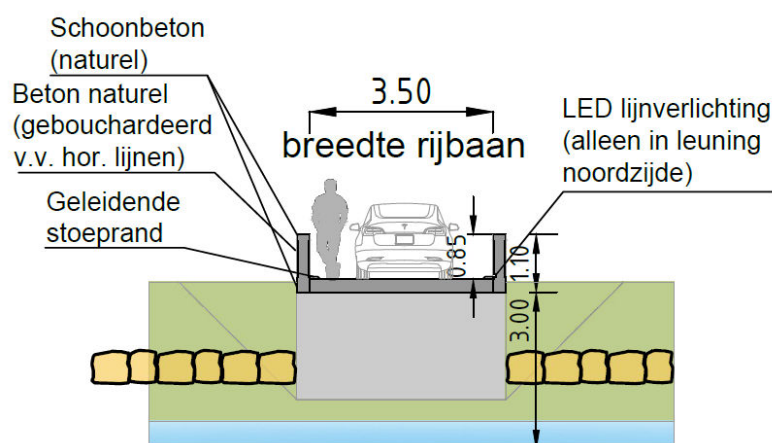
## 2.2 Hoogte bovenkant brugdek Parklaan Zuid

In het Definitief Ontwerp rekenden wij met bruggen zonder reling. Dit was een 'best case'-scenario. In deze actualisatie rekenen we het ontwerp door met inbegrip van de reling.

In de modelschematisatie wordt de bovenkant van de reling geschematiseerd in de 2D-module van het hoogteraster. Dit betekent dat de hoogte van de reling verwerkt moet worden in het onderliggende hoogteraster.

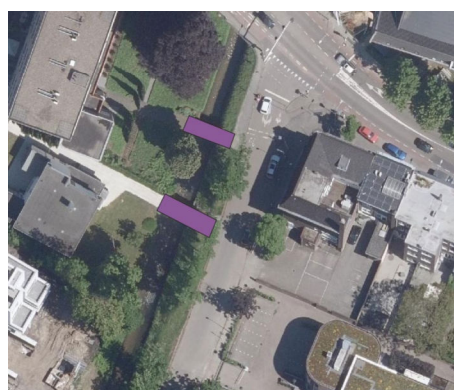
De hoogte van bovenkant reling kan werd aangegeven in de meest recente ontwerptekeningen van ViForis. Ter illustratie tonen wij onderstaand het vooraanzicht bij de brug van Parklaan 31.





Figuur 2 Vooraanzicht ontwerp brug Parklaan 31. Bron: ViForis.

Om de hoogte van de reling te kunnen verwerken in het raster voor de 2D-module hebben wij allereerst een shapefile vervaardigd met daarin de relinghoogte als attribuutwaarde. Figuur 3 toont een detail uit de shapefile met daarnaast de attribuutwaarden voor alle bruggen langs Parklaan Zuid.

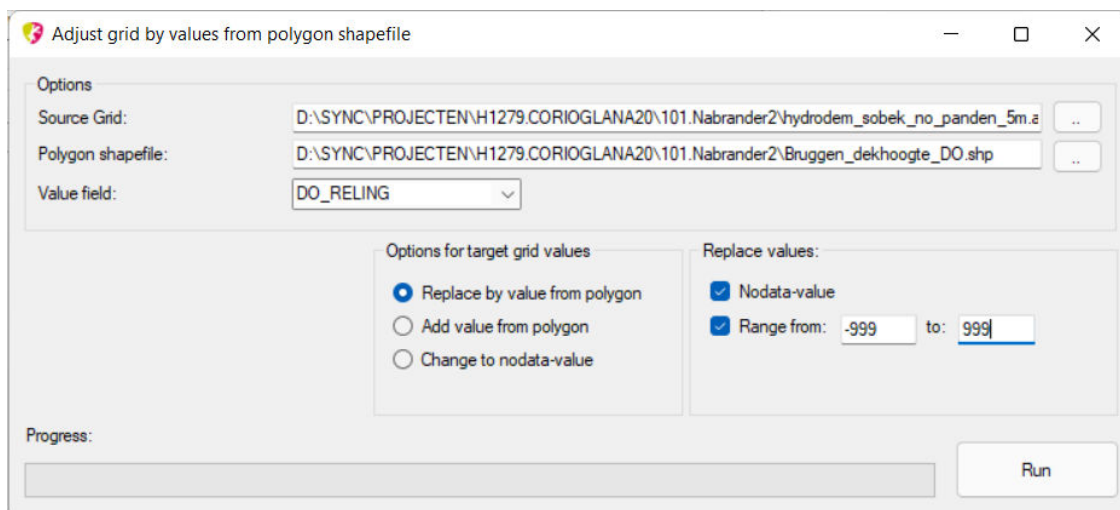


Adres	DO_RELING	DO_BRUGDEK	DO_BRUGOND
Parklaan13	45,150	44,250	44,150
Parklaan15	45,190	44,190	44,090
Parklaan17_19	45,370	44,540	44,440
Parklaan25	45,420	44,320	44,220
Parklaan27	45,300	44,400	44,300
Parklaan29	45,470	44,470	44,370
Parklaan31	45,560	44,560	44,460
Parklaan33	45,720	44,620	44,520

Figuur 3 Detail uit de shapefile met ligging en relinghoogte bruggen.

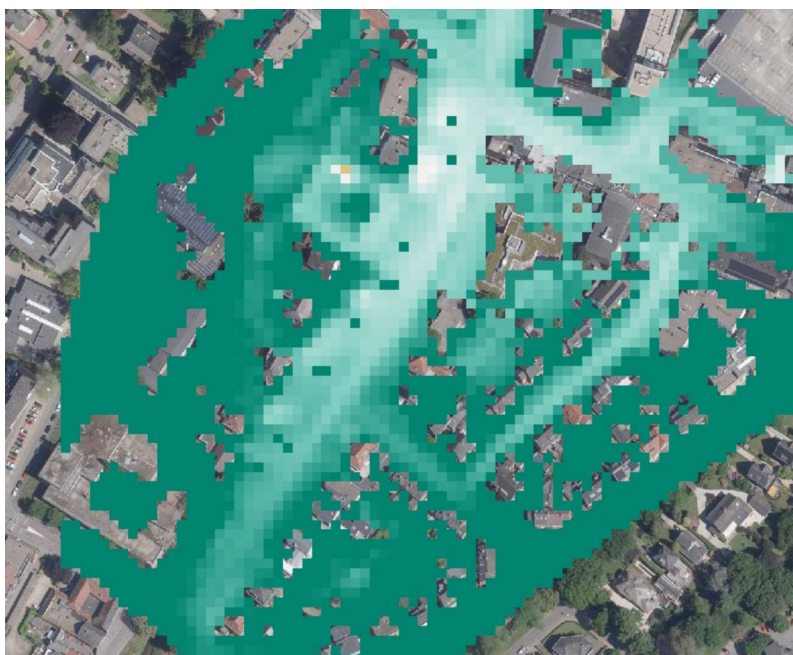
De shapefile vindt u onder de naam *Bruggen\_dekhoogte\_DO.shp*. Het aangepaste hoogteraster is *hydrodem\_sobek\_no\_panden\_5m\_DO\_reling.asc* genoemd.

De genoemde hoogten hebben wij gestempeld op het hoogteraster met behulp van onze software HydroToolbox.



*Figuur 4 Instellingen van HydroToolbox voor het inbranden van de reling-hoogtes in het raster.*

In de onderstaande afbeelding zijn de verhoogde rastercellen te herkennen aan de donkergroene (clusters van) pixels:



*Figuur 5 Het aangepaste hoogteraster na implementatie van de reling-hoogte.*

## 2.3 Actualiseren Kruising Engelenkamp

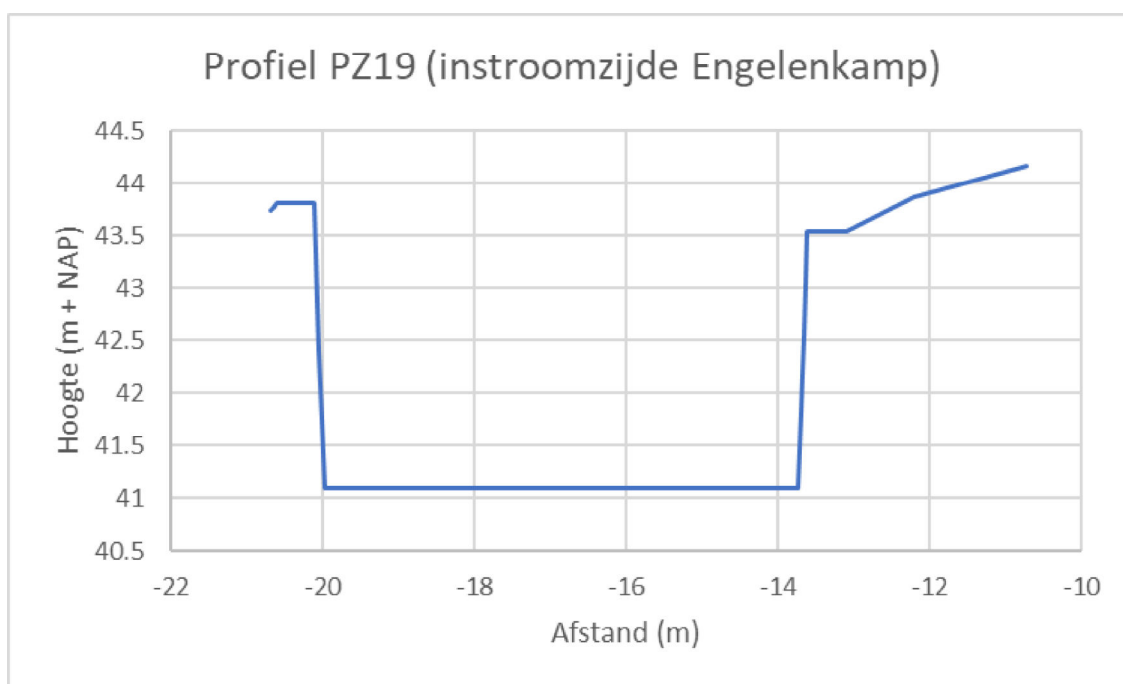
Voor de kruising van de Parklaan met de Engelenkamp/Wilhelminastraat zijn definitieve afmetingen beschikbaar gesteld. Wij herberekenen de parameterwaarden voor de extra-resistance-nodes op basis van deze finale dimensies.

Voor de kruising berekenen we de waarden met inbegrip van de sliblaag die wordt voorzien.

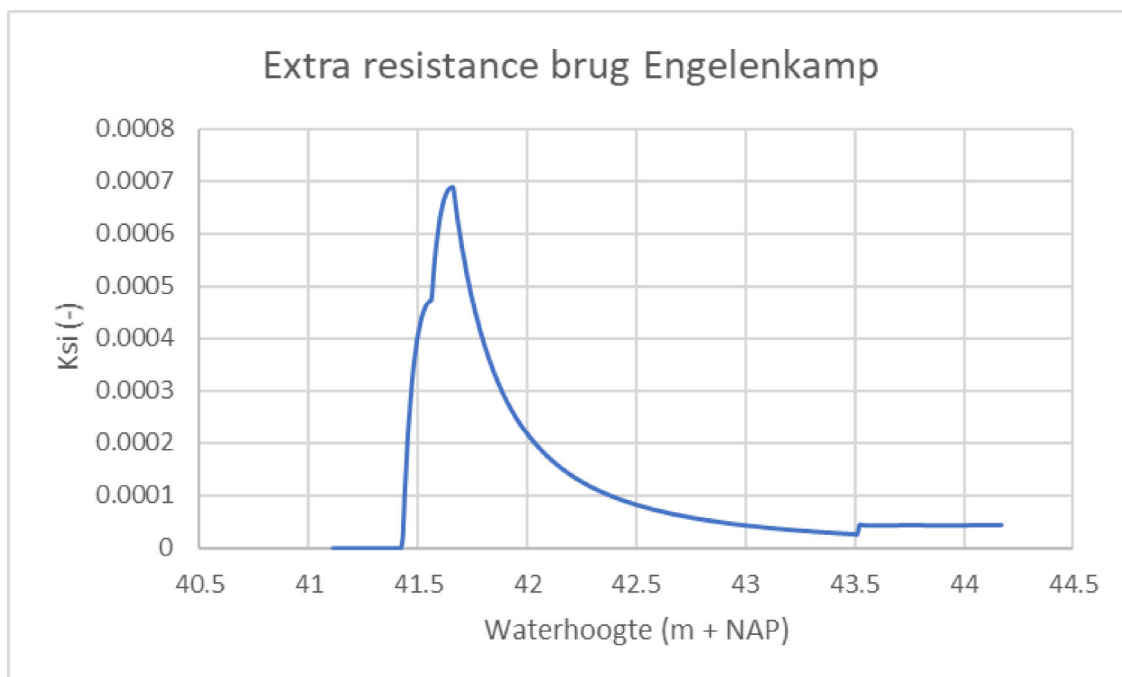
*Tabel 1 Dimensies brug kruising Parklaan en Engelenkamp/Wilhelminastraat.*

Parameter	Was	Wordt
Harde beekbodem (m + NAP)	40.76	40.75
Beekbodem incl. sliblaag (m + NAP)	41.06	41.05
Hoogte onderkant brugdek (m + NAP)	43.26	43.51
Hoogte bovenkant brugdek (m + NAP)	44.35 – 44.43	44.37
Lengte (m)	22.5	22.5

Omdat het beekprofiel aan instroomzijde ook enigszins is aangepast nemen we ook dit nieuwe profiel (PZ19; ontvangen 28-2-2022) mee in de berekening.



*Figuur 6 Definitief ontwerp beekprofiel instroomzijde Engelenkamp.*



*Figuur 7 De waarde voor weerstandsparameter ksi als functie van de waterhoogte zoals berekend voor brug Engelenkamp.*

De volledige berekening van deze weerstandswaarde is terug te vinden in het bestand *Extra\_Resistance Engelenkamp DO 20220301.xlsm*.

Een ander relevant hydraulisch aspect van deze brug is de hoogte bovenkant dek. In de SOBEK-modelschematisatie wordt deze aangebracht in het hoogteraster. We hebben geen wijzigingen in het hoogteraster aangebracht omdat de waarden uit AHN al in het hoogteraster zitten en deze waarden al rond de gevraagde 44.37 m + NAP liggen.

Tot slot zat het laatste dwarsprofiel vóór de ingang van de Engelenkamp nog niet in de modelschematisatie van het DO verwerkt. Dit lossen we op door het profiel wat in het kader van de variant met kademuur werd aangeleverd (PZ19) toe te voegen aan de modelschematisatie van het DO. Om de vergelijking met de andere varianten zuiver te houden verplaatsen we ook het eerste profiel bovenstrooms hiervan naar dezelfde locatie als het laatste profiel uit de varianten:

- Voorlaatste profiel op afstand 673.57 m van de tak
- Laatste profiel op afstand 687.40 m van de tak

## 2.4 Actualisatie bruggen Parklaan Noord

Als gevolg van kabels en leidingen die door enkele van de beoogde bruggen lopen kon niet overal worden vastgehouden aan het oorspronkelijke DO. Daarom zijn ook voor de beoogde bruggen langs Parklaan Noord definitieve waarden vastgesteld.

*Tabel 2 Geactualiseerde dimensionering van de bruggen langs Parklaan Noord. Bron: Viforis.*

	Harde Beekbodem	Beekbodem incl. 30cm sediment	Onderkant brugdek of koker	Bovenkant brugdek	Verticale profielbreedte	Doorstroomhoogte tussen beekbodem en onderkant brug
1ste brug benedenstrooms	40.69	40.99	43.50	44.30	6.00	2.51
2de brug benedenstrooms	40.63	40.93	43.47	44.17	6.00	2.54
Brug Parklaan 7	40.59	40.89	43.87	44.17	6.00	2.98
Brug Casa Mia	40.55	40.85	44.03	44.33	6.00	3.18

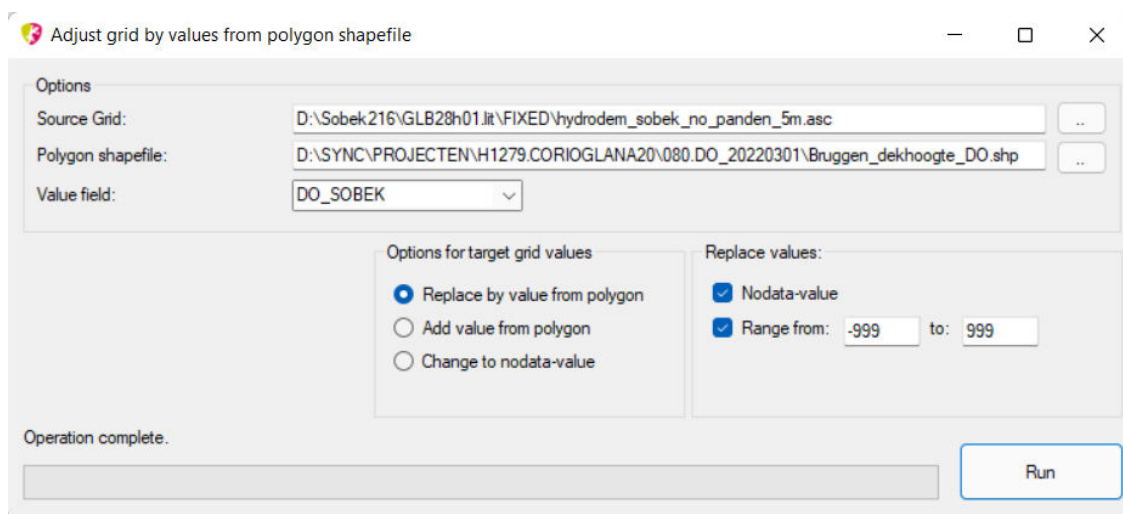
De gegevens uit Tabel 2 hebben wij verwerkt in de parameterisatie van de 'extra-resistance-knopen' in het SOBEK-model. De Excel-macro's waarmee we deze parameterwaarden hebben afgeleid zijn te vinden in de meegeleverde bestanden:

- Extra\_Resistance Parklaan Noord 1e benedenstrooms DO 20220301.xlsm
- Extra\_Resistance Parklaan Noord 2e benedenstrooms DO 20220301.xlsm
- Extra\_Resistance Parklaan Noord Parklaan 7 DO 20220301.xlsm
- Extra\_Resistance Parklaan Noord Casa Mia DO 20220301.xlsm

Omdat het brugdek mogelijk ook kan overstromen hebben wij de hoogtewaarden in het hoogteraster van de 2D-module van SOBEK verwerkt. Navraag leerde dat alleen de brug bij Casa Mia wordt uitgerust met open leuning en dat de overige drie bruggen een dichte leuning krijgen. Daarom hebben wij in het hoogteraster voor de eerste drie bruggen bovenkant brugdek + 1 m opgelegd en voor de laatste brug bovenkant brugdek. De op te leggen hoogtewaarde liggen vast in het bestand *Bruggen\_dekhoogte\_DO.shp* in de kolom *DO\_SOBK*. Figuur 8 toont de gehanteerde

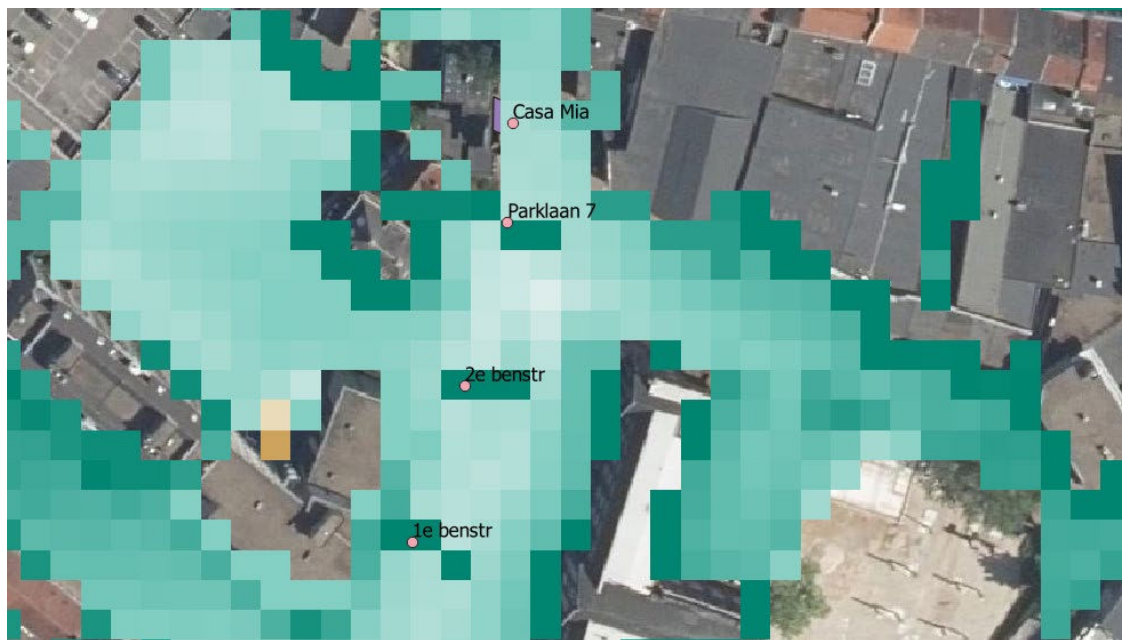


instellingen in het programma HydroToolbox om dit aangepaste hoogteraster te vervaardigen.



*Figuur 8 Instellingen van HydroToolbox voor het opdrukken van de brughogtes aan het hoogtemodel.*

Figuur 9 laat zien dat de cellen onderliggend de drie bruggen met dichte reling in het hoogteraster na deze bewerking inderdaad een hogere waarde (donkergroen) hebben gekregen.



*Figuur 9 Hoogteraster na opdrukken brughogtes Parklaan Noord.*

## 2.5 Resultaten

Het actualiseren van het Definitief Ontwerp met de bovengenoemde punten resulteert bij 48 m<sup>3</sup>/s in een stijging van de waterhoogtes langs Parklaan Zuid

met tot ca. 11 cm. Langs Parklaan Noord zien we in het bovenstroomse deel een kleine peilstijging met tot 6 cm en verder benedenstrooms juist een daling met tot 4 cm.

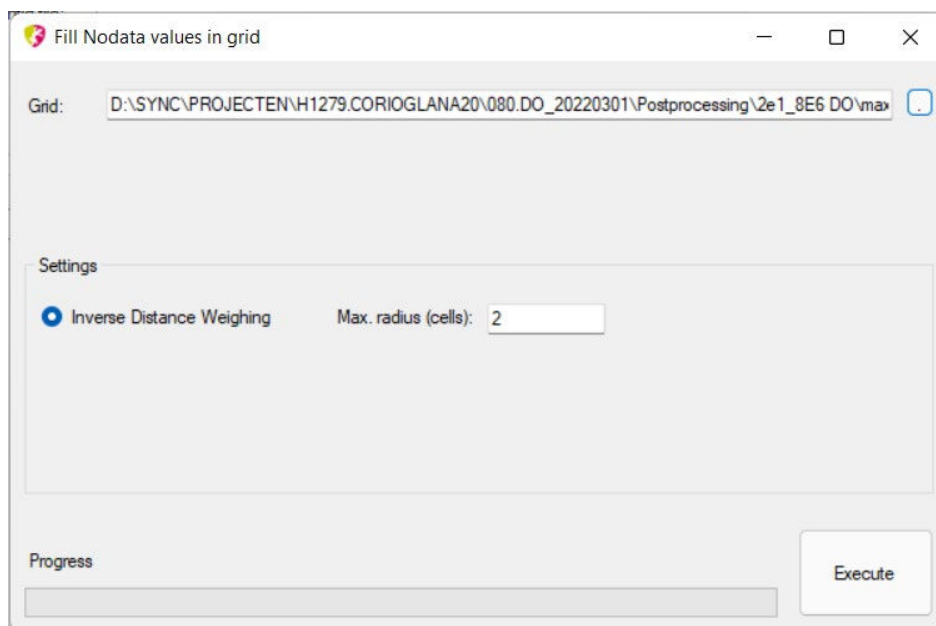
Figuur 10 toont de genoemde verschillen langs beide tracés, uitgedrukt in meters.



*Figuur 10 Effect (m) van de actualisatie op de waterhoogte bij 48 m<sup>3</sup>/s.*

Om van de berekende waterhoogtes te komen tot een toetsing aan de dorpelhoogtes volgen we de onderstaande stappen met ons programma HydroToolbox (voorheen Sobek Utilities geheten):

1. Extrapoleren van de gesimuleerde waterhoogtes met een buffer van 2 cellen (ca 10 m):

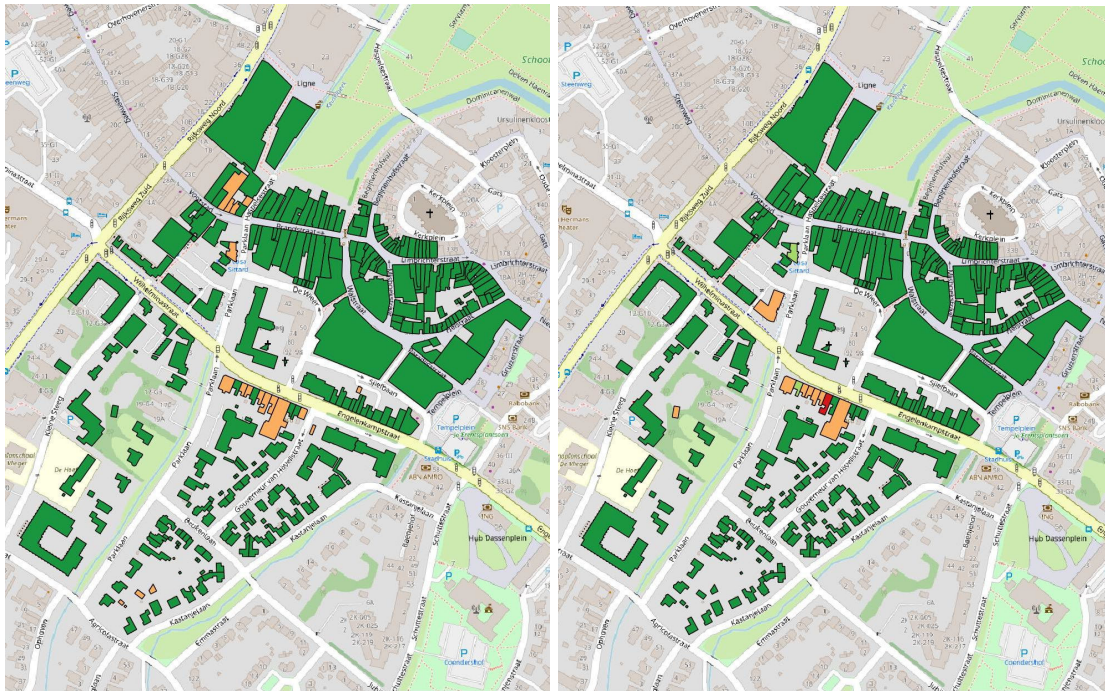


*Figuur 11 Instellingen van HydroToolbox voor het opvullen van nodata-values in het raster met maximale waterhoogtes*

2. Voor ieder pand de gemiddelde maximale waterhoogte opvragen uit alle onderliggende cellen uit het in de vorige stap gegenereerde raster. Deze waarden wegschrijven naar de attribuuttabel van de shapefile met panden:
3. In QGIS de dorpeloverschrijding berekenen en stylen. N.B.: u vindt het styling-bestand onder de naam *Styling\_dorpelfaal.qml* bij de meegeleverde gegevens. Het bestand met dorpeloverschrijdingen heet *bgt\_panden\_drempelhoogtes.shp*.

Uit deze nabewerking volgt dat 9 panden bij de gesimuleerde afvoer van 48 m<sup>3</sup>/s te maken krijgen met een overschrijding van de dorpel. Figuur 12 toont deze faalkaart voor zowel het oorspronkelijke Definitief Ontwerp (2e1\_8E6) als het geactualiseerde.





*Figuur 12 Panden die falen voor de toets aan dorpelhoogtes onder het Definitief ontwerp. Links het oorspronkelijke Definitief Ontwerp; rechts het geactualiseerde.*

De resultaten laten zien dat er onder het geactualiseerde ontwerp niet meer panden falen maar dat het in enkele gevallen wel andere panden betreft. Zo is te zien dat de benedenstrooms gelegen panden meer worden gevrijwaard. Dit schrijven we toe aan de opstuwende werking van de bruggen langs Parklaan Noord. De falende panden langs de Engelenkamp worden wel iets zwaarder getroffen. Voor het roodgekleurde pand geldt een dorpeloverschrijding van 28.5 cm.

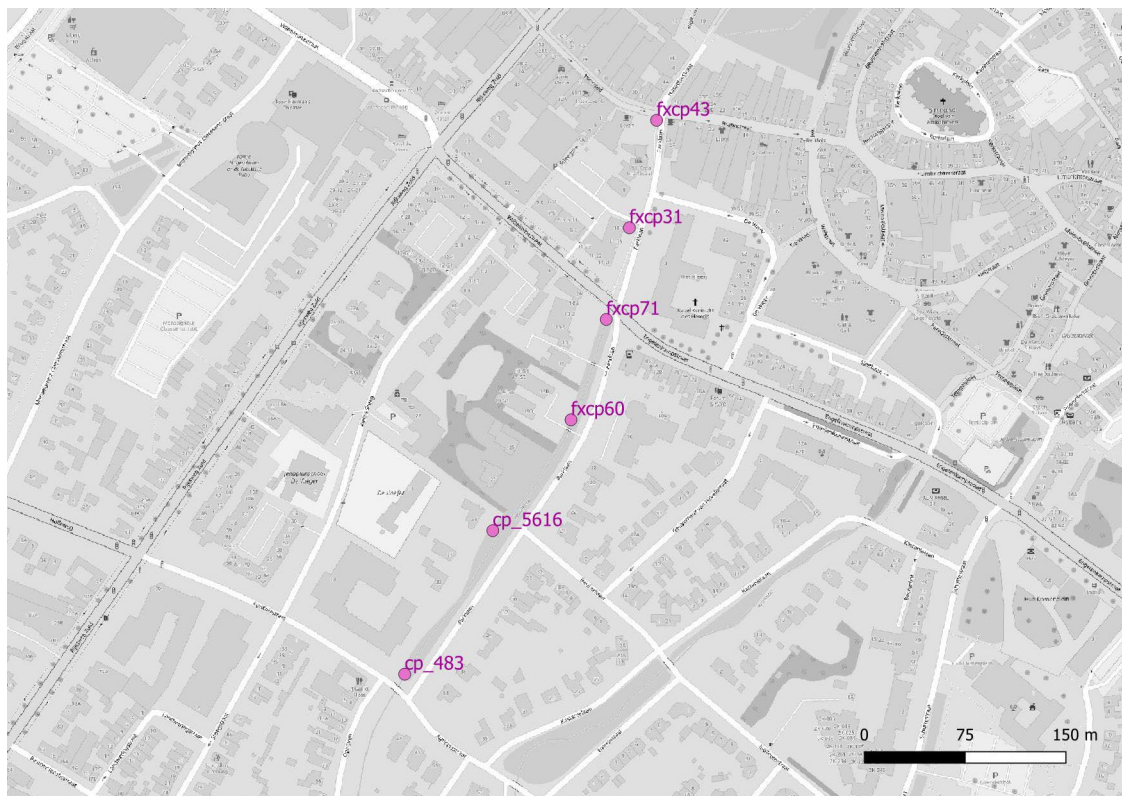
### 3 Alternatief ontwerp

Hier bespreken we twee varianten die wij hebben doorgerekend om tegemoet te komen aan de wens van bewoners. Het gaat om twee varianten waarbij aan de zijde van de perceeleigenaars een verticale kademuur wordt geïmplementeerd.

Van Fivoris ontvingen wij ontwerptekeningen voor de eerste variant. Het gaat om een twintigtal nieuwe dwarsprofielen die geïmplementeerd moesten worden in de SOBEK-modelschematisatie. De tweede variant betreft een verdere verbreding van de beek door de beoogde kademuur een meter verder landinwaarts te plaatsen. Deze variant hebben wij zelf tot stand gebracht door de ontwerptekeningen van de eerste variant aan te passen.

We vergelijken de uitkomsten van deze varianten met die van het geactualiseerde Definitief Ontwerp door het verschil in waterhoogte te rapporteren.

We doen dit voor alle zeven afvoerclassen en zes beoordelingslocaties. Als beoordelingslocaties hebben wij gekozen voor zogenoemde rekenpunten uit het SOBEK-model. Figuur 13 toont ze.



*Figuur 13 Beoordelingslocaties voor de resultaten van de varianten met kademuur.*



### 3.1 Kademuur

Om de aangeleverde dwarsprofielen op de juiste locatie in het model te kunnen plaatsen hebben wij de ontwerptekening van Viforis gegeorefereerd in GIS, een shapefile voor de profiellocaties aangemaakt en ter plaatse van ieder dwarsprofiel een punt geplaatst:



*Figuur 14 Locatie nieuwe dwarsprofielen, ontwerpvariant met kademuur.*

Wij hebben het bronbestand met profielinformatie vervolgens geschikt gemaakt voor het SOBEK-model door alle dubbele coördinaatparen te verwijderen en met kleine aanpassingen te zorgen dat alle Y-waarden oplopend zijn. U vindt het de ons aangepaste profielen in het bestand *DWARSPROFIELEN 2022-03-01.xlsm*. In overleg met de opdrachtgever kozen wij voor een ruwheid volgens Strickler van 20 voor de bodem en 25 voor het talud en de kademuur. Deze waarden zijn in overeenstemming met de eerdere keuzes in het Definitief Ontwerp.

De volgende stap was om alle bestaande profielen tussen de Agricolastraat en de Engelenkamp uit de modelschematisatie van het geactualiseerde Definitief Ontwerp te verwijderen en de nieuwe profielen te importeren. Dit kon door de shapefile te importeren. De attributwaarden voor de dwarsprofielen kenden we achter de schermen toe aan de bronbestanden van SOBEK. U vindt de relevante bestandsfragmenten in de volgende bestanden:

- PROFILE.DAT snippet
- PROFILE.DEF snippet
- FRICTION.DAT snippet

Tabel 3 toont de uitkomsten van deze variant in centimeters verandering ten opzichte van het geactualiseerde Definitief Ontwerp (DO). Positieve waarden betekenen een hogere waterhoogte; negatieve een lagere dan in het DO. Stijgingen met 2 cm of meer markeren we rood.

*Tabel 3 Resultaten van de variant met kademuur, uitgedrukt in cm ten opzichte van het resultaat van het geactualiseerde Definitief Ontwerp.*

	cp_483	cp_5616	fxcp60	fxcp71	fxcp31	fxcp43
700 l/s	-0.5	-0.1	0.5	0.0	0.0	0.0
1.2 m3/s	-0.6	-0.1	0.4	0.0	0.0	0.0
2 m3/s	-0.7	-0.1	0.4	0.0	0.0	0.0
2.5 m3/s	-1.2	-0.5	0.3	0.0	0.0	0.0
8	-3.0	-1.6	0.2	0.0	0.0	0.0
20	1.5	1.2	1.2	-0.2	0.0	0.0
32	4.6	3.0	0.6	-0.4	0.0	0.0
48	2.0	0.8	0.0	0.0	Numeriek instabiel	Numeriek instabiel

### 3.2 Kademuur verplaatst

Om eventuele nadelige effecten van de variant met kademuur voor te zijn bouwden wij ook een variant waarbij de kademuur een meter verder landinwaarts werd geplaatst. Dit hebben wij in SOBEK geschematiseerd door handmatig in elk van de twintig dwarsprofielen de kade een meter terug te plaatsen en deze aanpassing ook in het ruwheidsbestand door te voeren.

*Tabel 4 Resultaten van de variant waarbij de kademuur een meter verder landinwaarts is geplaatst, uitgedrukt in cm ten opzichte van het resultaat van het geactualiseerde Definitief Ontwerp.*

	cp_483	cp_5616	fxcp60	fxcp71	fxcp31	fxcp43
700 l/s	-0.5	-0.1	0.4	-0.3	0.0	0.0

1.2 m3/s	-0.6	-0.1	0.2	-0.3	0.0	0.0
2 m3/s	-0.8	-0.3	0.0	-0.3	0.0	0.0
2.5 m3/s	-1.7	-1.0	-0.2	-0.3	0.0	0.0
8	-6.5	-4.8	-2.8	-0.4	0.0	0.0
20	-5.0	-4.4	-4.1	-0.8	0.0	0.0
32	-3.2	-4.1	-6.1	-1.3	0.0	0.0
48	-0.5	-1.0	-2.5	-1.2	Numeriek instabiel	Numeriek instabiel

### 3.3 Conclusies

We concluderen dat het ontwerp met de kademuur zeer vergelijkbare waterhoogtes geeft als het geactualiseerde DO. Bovenstrooms zien we bij de grote afvoeren (32 en 48 m3/s) wel een stijging van de waterhoogte met enkele centimeters. Bij lagere afvoeren zien we bovenstrooms juist een daling met enkele centimeters.

De variant waarbij de kademuur een meter verder landinwaarts wordt geplaatst resulteert in overwegend lagere waterstanden; tot 6.5 cm. Bij de grootste afvoerklasse blijft de verbetering evenwel beperkt tot maximaal 2.5 cm.

## 4 Vaste beekbodem

In het DO was gerekend een ruwe beekbodem (Strickler 20) en een deels gemaaid talud (Strickler 25). Uitgangspunt daarbij was dat de tractor met arm ca. 5m vanaf de weg kan bereiken.

Echter moeten we uitgaan van een vaste beekbodem. Dit omdat de specialisten geohydrologie en geotechniek in verband met de stabiliteit van de kademuur en de interactie met het diepere grondwater erop aandrongen om de beekbodem ondoordringbaar te laten.

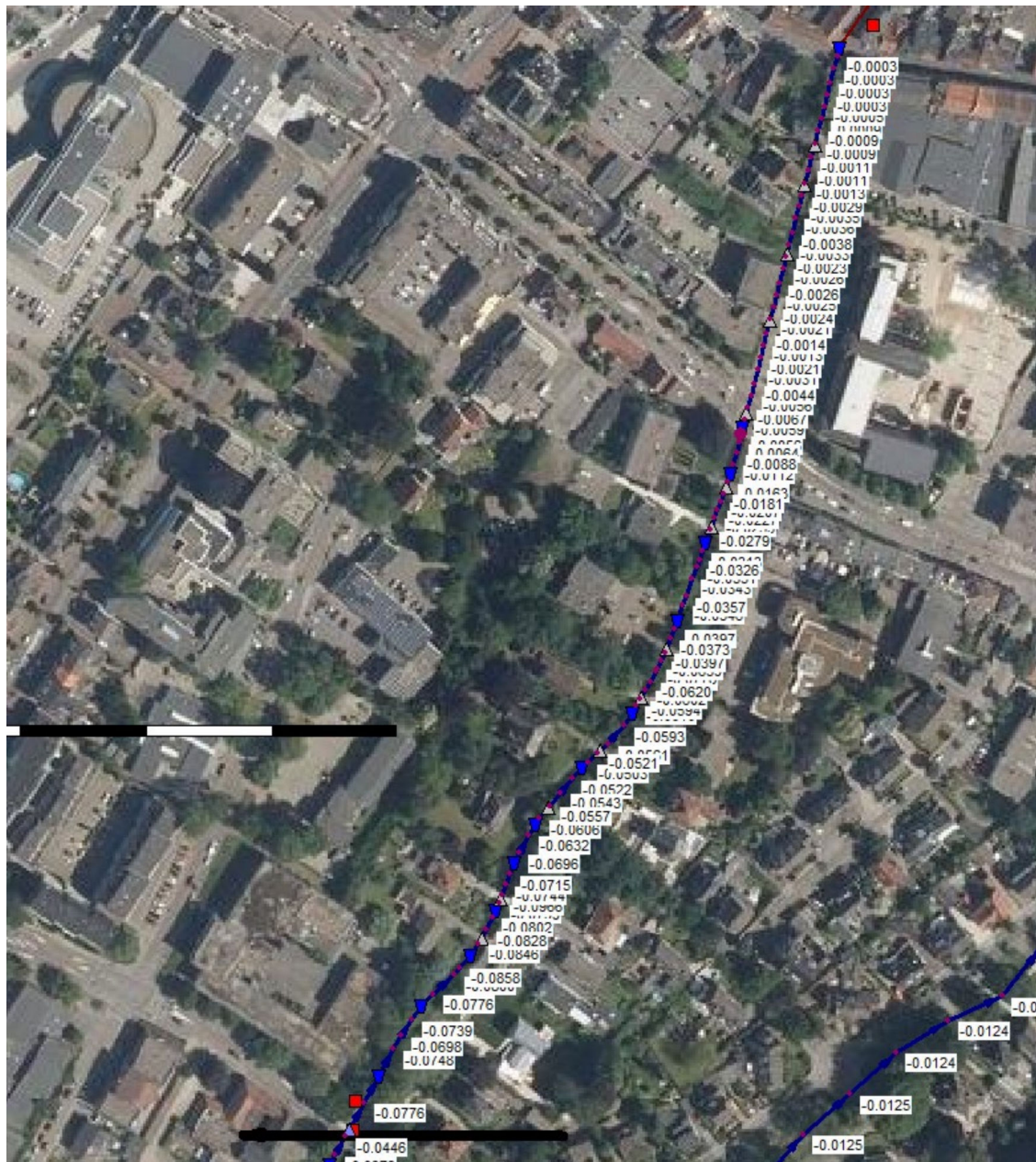
Wij hebben twee varianten doorgerekend:

1. Implementatie herontwerp met ruwe beekbodem (Strickler 20) en onderhouden talud (Strickler 25)
2. Implementatie herontwerp met gladde beekbodem (Strickler 33) en onderhouden talud (Strickler 25)

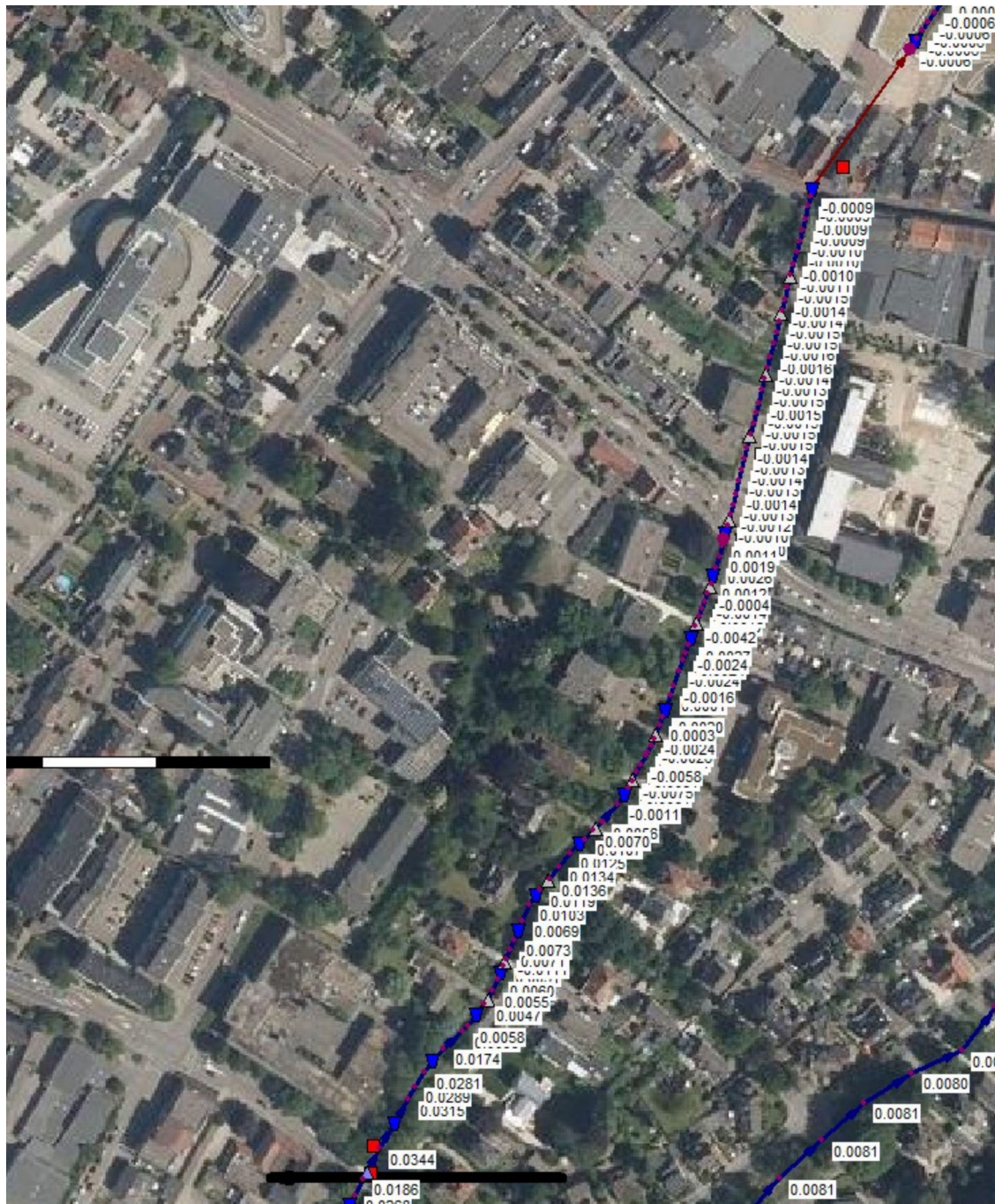
### 4.1 Uitkomsten

Onderstaand tonen we de verschillen (m) ten opzichte van het Definitief Ontwerp bij een afvoer van  $48 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T=100$ ). Bovenste afbeelding ten opzichte van de variant met gladde beekbodem; onderste ten opzichte van de variant met ruwe beekbodem.





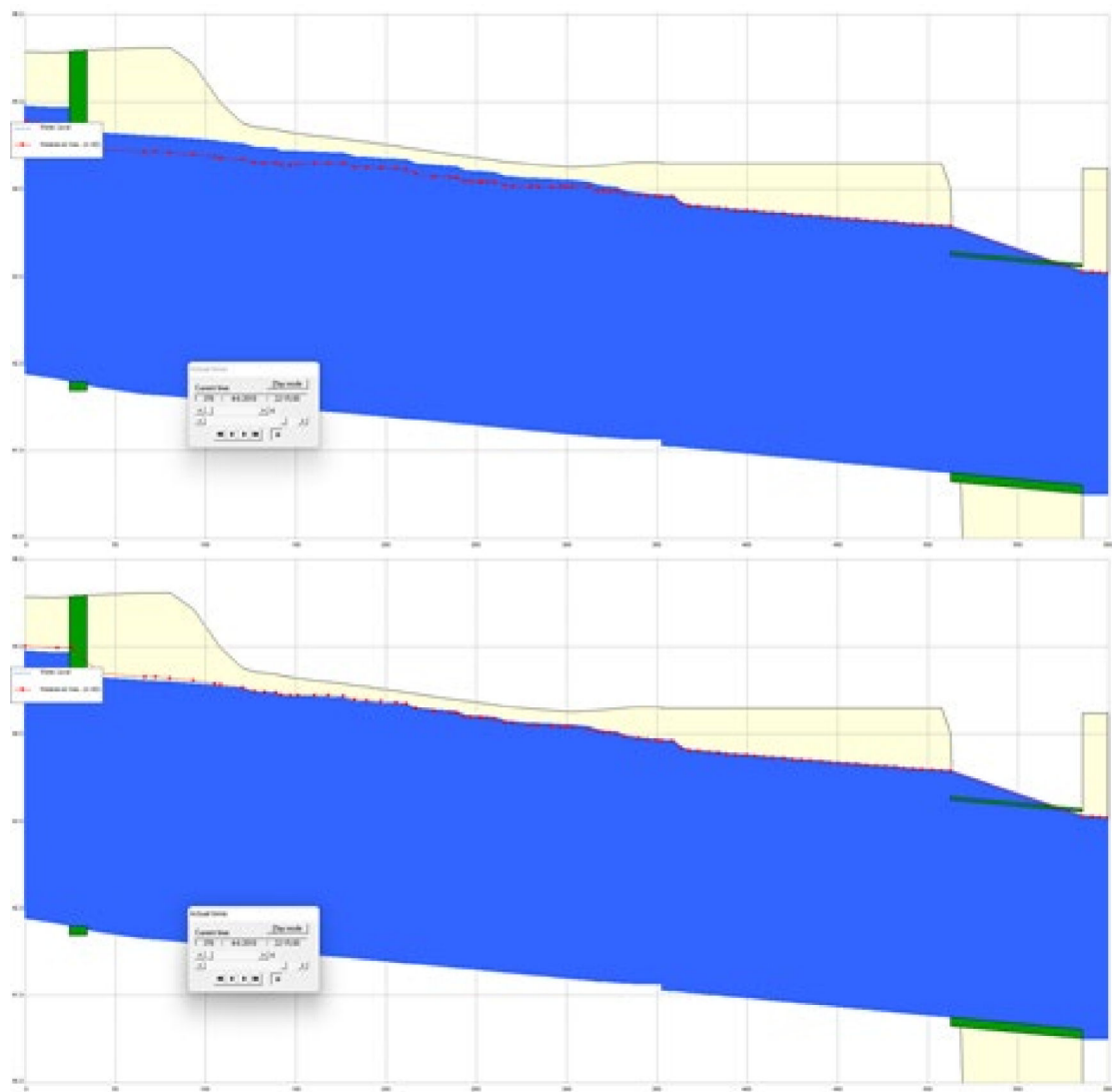




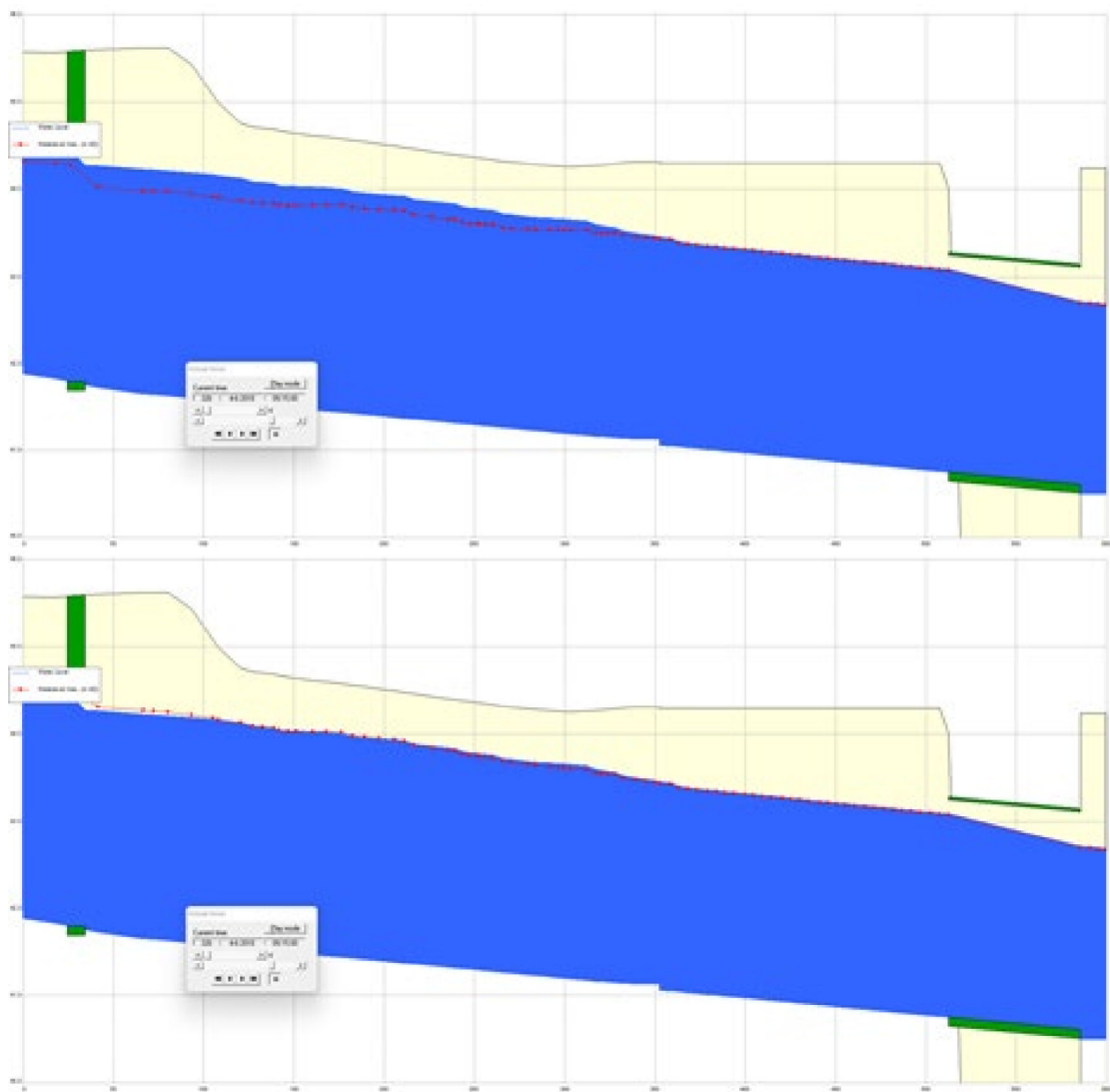
Onderstaand tonen we twee langsprofielen. Het blauwe vlak is de referentiesimulatie; de rode lijn is de nieuwe simulatie. Boven is telkens de gladde beekbodem; Onder is telkens de ruwe beekbodem.

T=100 (48 m<sup>3</sup>/s).



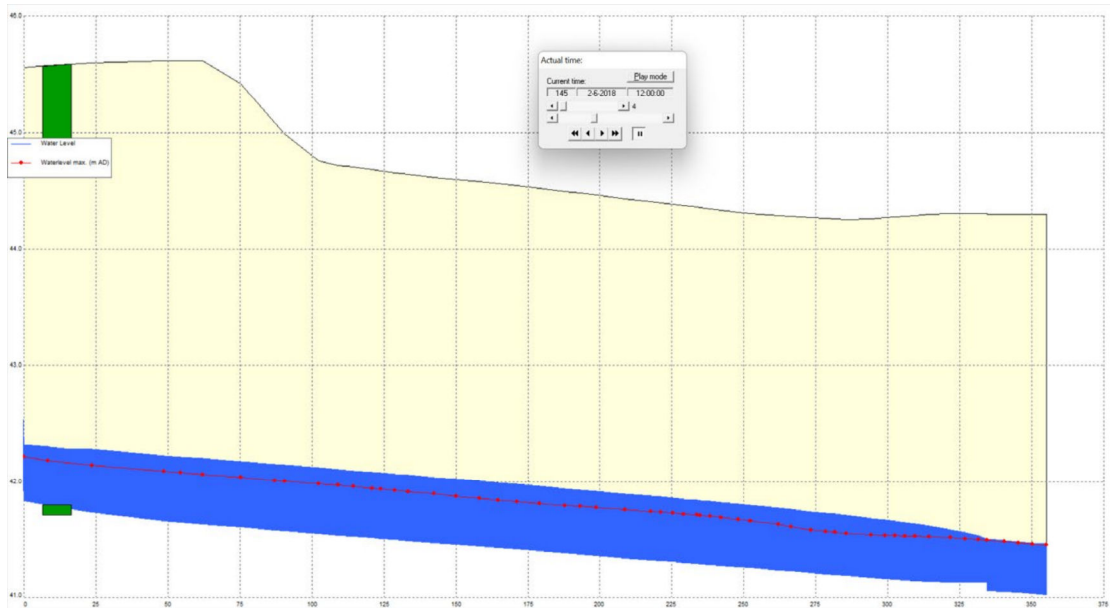


32 m<sup>3</sup>/s:

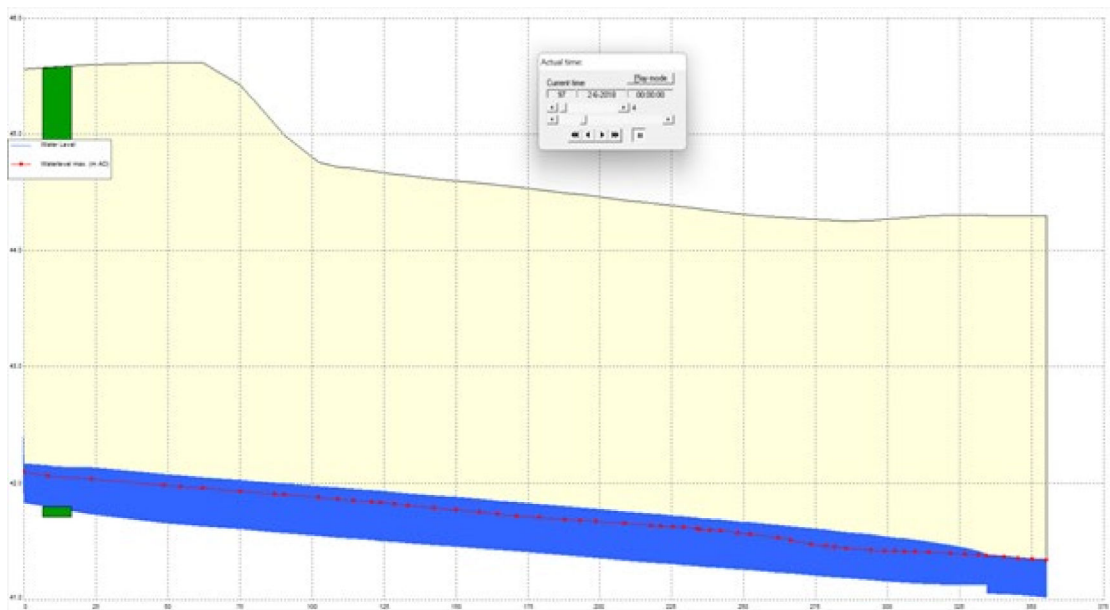


Voor het herontwerp met gladde bodem geven wij onderstaand ook de langprofielen bij resp. 2 m<sup>3</sup>/s, 1.2 m<sup>3</sup>/s en 700 l/s.

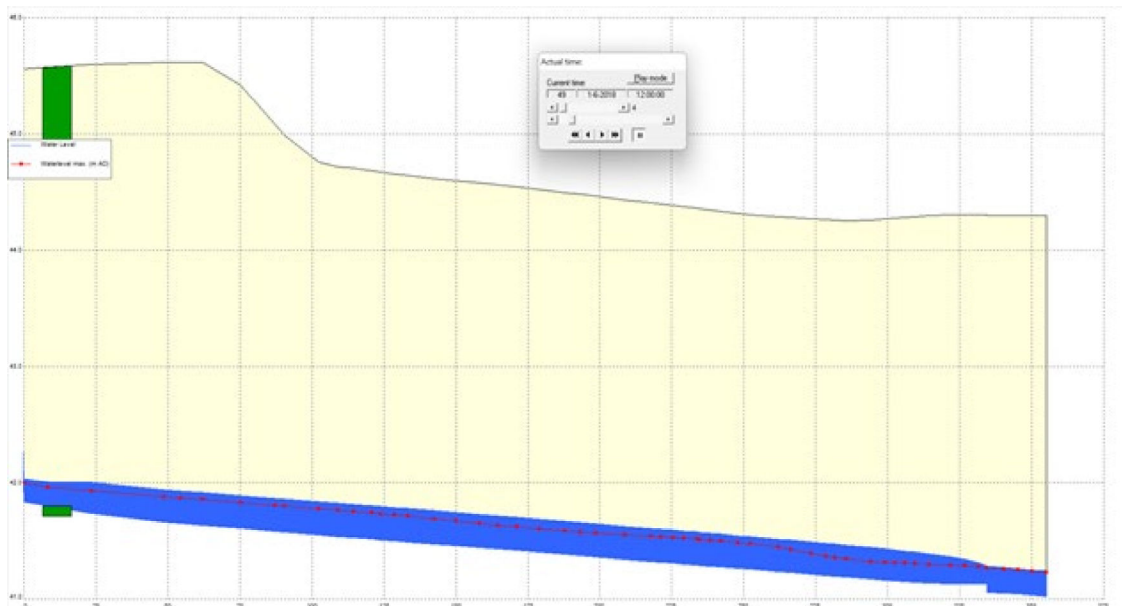




Figuur 15 Langsprofiel Parklaan-Zuid bij een afvoer van 2 m<sup>3</sup>/s. Blauw = Definitief Ontwerp; rood = herontwerp met gladde beekbodem.



Figuur 16 Langsprofiel Parklaan-Zuid bij een afvoer van 1.2 m<sup>3</sup>/s. Blauw = Definitief Ontwerp; rood = herontwerp met gladde beekbodem.



Figuur 17 Langsprofiel Parklaan-Zuid bij een afvoer van 700 l/s. Blauw = Definitief Ontwerp; rood = herontwerp met gladde beekbodem.

## 4.2 Conclusies

Het herontwerp voldoet net niet wanneer zou worden gewerkt met de oorspronkelijk beoogde ruwe beekbodem. Onder alle grote afvoerclassen neemt de waterhoogte in de regio net benedenstrooms Agricolastraat met enkele centimeters toe.

Echter binnen het voortschrijdende kader, namelijk de noodzaak voor een harde beekbodem, zoals ingegeven door geotechniek en geohydrologie, wordt de beekbodem veel gladder. Onze analyse wijst uit dat dit een fors positief effect heeft op de gesimuleerde hoogwaterstanden. Overall langs Parklaan-Zuid komt de waterhoogte lager uit dan in het Definitief Ontwerp. Bij  $T=100$  tot ca. 8 cm en bij lagere afvoerclassen zelfs meer.

Bij lage afvoeren neemt, zoals verwacht kan worden, de waterdiepte af in de variant met gladde beekbodem. In kentallen:

Tabel 5 Waterdieptes bij geringe afvoer.

Afvoerklasse	Waterdiepte oorspronkelijk DO	Waterdiepte herontwerp met gladde bodem
700 l/s	22 cm	18 cm
1.2 m <sup>3</sup> /s	40 cm	28 cm

2.0 m <sup>3</sup> /s	55 cm	38 cm
-----------------------	-------	-------

Uitgaande van een verharde en dus relatief gladde beekbodem voldoet het nieuwe ontwerp zoals aangeleverd door ViForis.

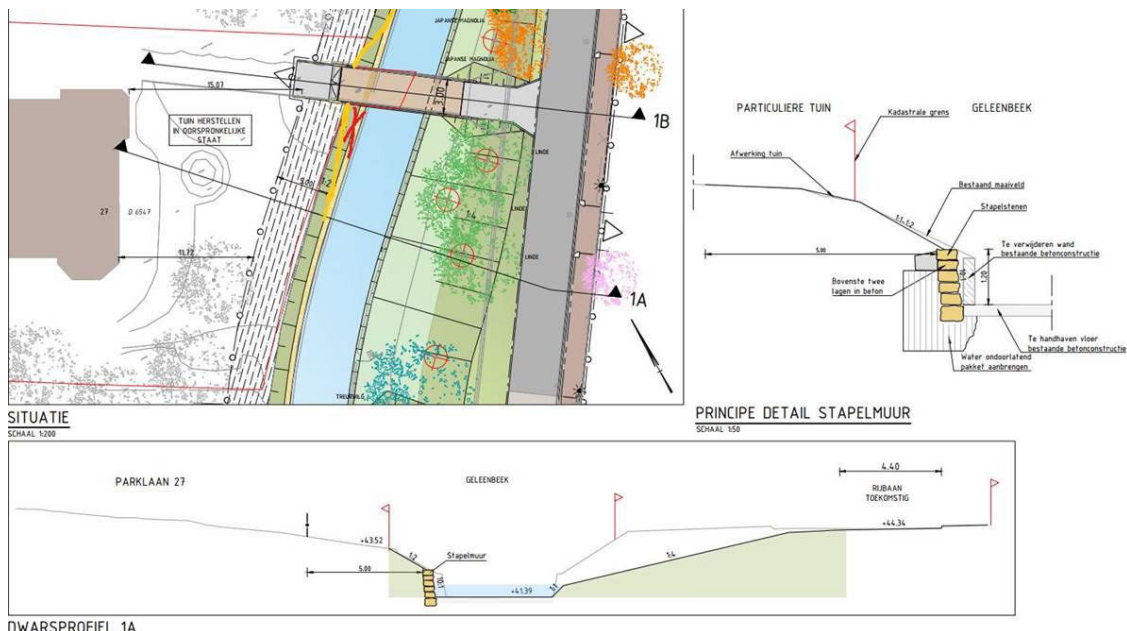
Vanuit ecologisch oogpunt wordt bij de lage afvoerlassen niet geheel voldaan aan de minimaal gewenste waterdiepte.

# 5 Plaatselijke verwijding brugprofiel

## 5.1 Inleiding

Op onderstaande tekening is door het waterschap aangegeven hoe men de profielen onder de bruggen aangepast zouden willen zien.

De vraag is om in te schatten of hoeveel waterverlaging dit oplevert. De stapelmuur moet net voor en na de brug oplopen tot de insteek van het talud. Onder de brug wordt dan een betonnen/stenen talud gemaakt.



Figuur 18 Voorgestelde aanpassing aan het beekprofiel onder en net voor en na iedere brug (gele lijn).

## 5.2 Implementatie

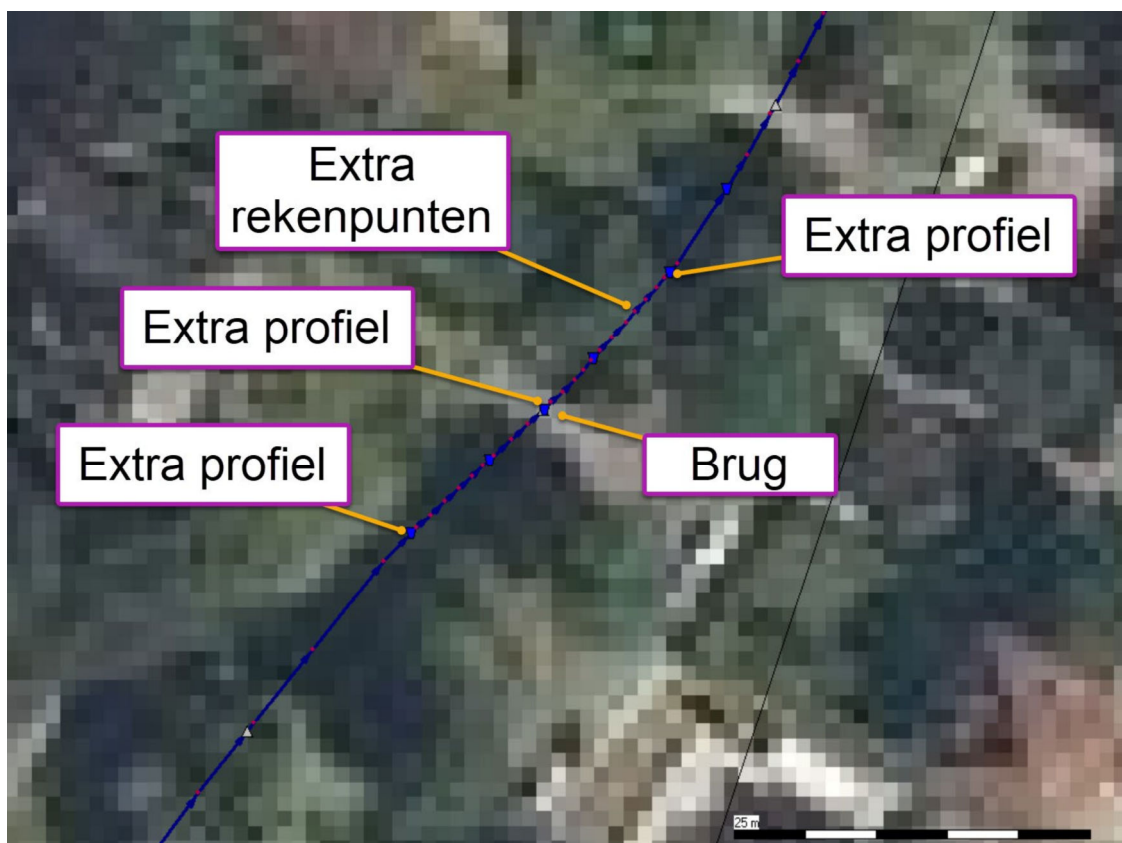
Voor deze analyse hebben wij één brug genomen, te weten: Parklaan 25.

Dit behelsde de volgende activiteiten:

- Gerekend zonder 2D;
- Rekenrooster ter hoogte van de brug verfijnd tot 1 m resolutie

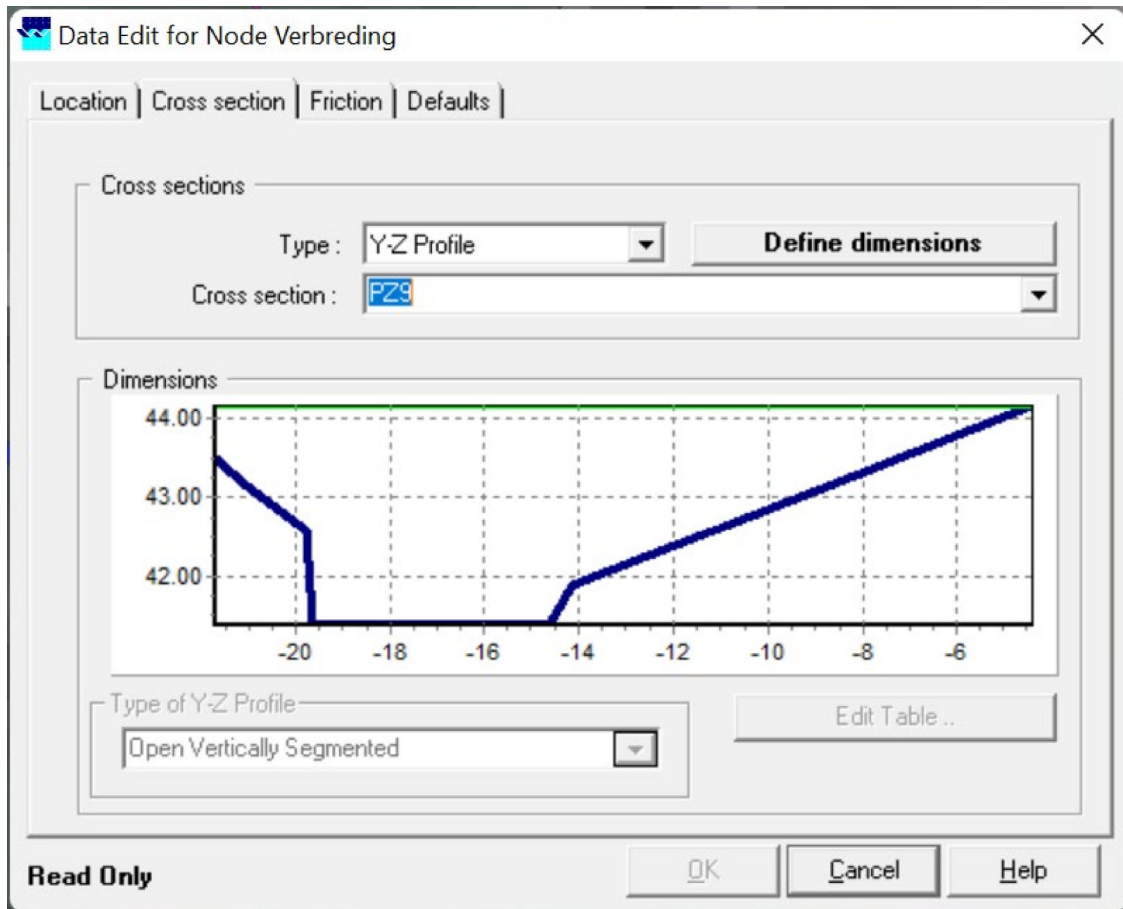


- Extra dwarsprofielen toegevoegd. Eén vlak voor de verbreding en één vlak na de vernauwing. Dit om het lokale effect goed te kunnen schematiseren;
- Een extra profiel toegevoegd ter hoogte van de brug; inclusief de gevraagde verbreding (1.5 m);
- Interpolaties van de bodemhoogtes van bovengenoemde profielen om een glad verloop te blijven garanderen;
- Een referentiecassus doorgerekend en een met verbreed profiel ter hoogte van de brug.

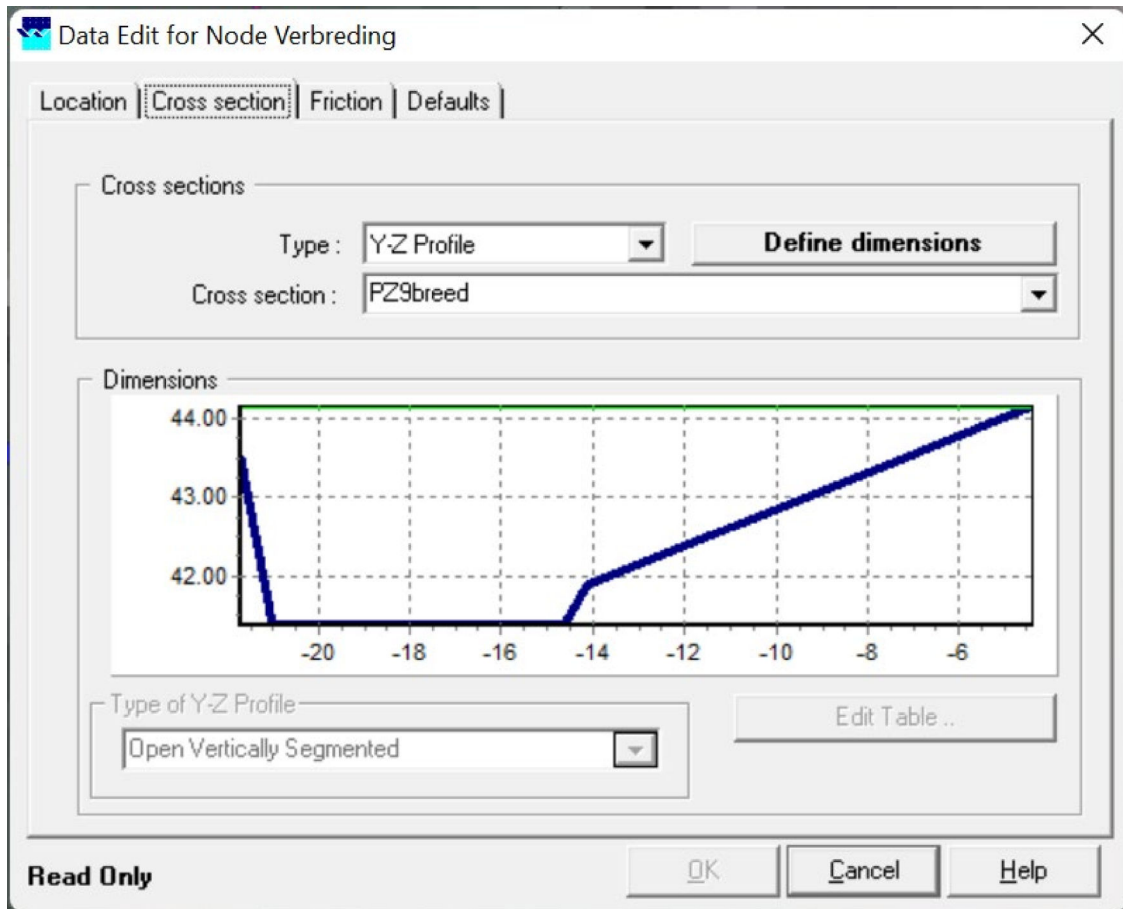


*Figuur 19 Implementatie van de maatregel in de modelschematisatie.*

Onderstaand tonen wij het dwarsprofiel resp. voor en na de verbreding.



*Figuur 20 Dwarsprofiel Parkaan 25 vóór de beoogde verbreding.*

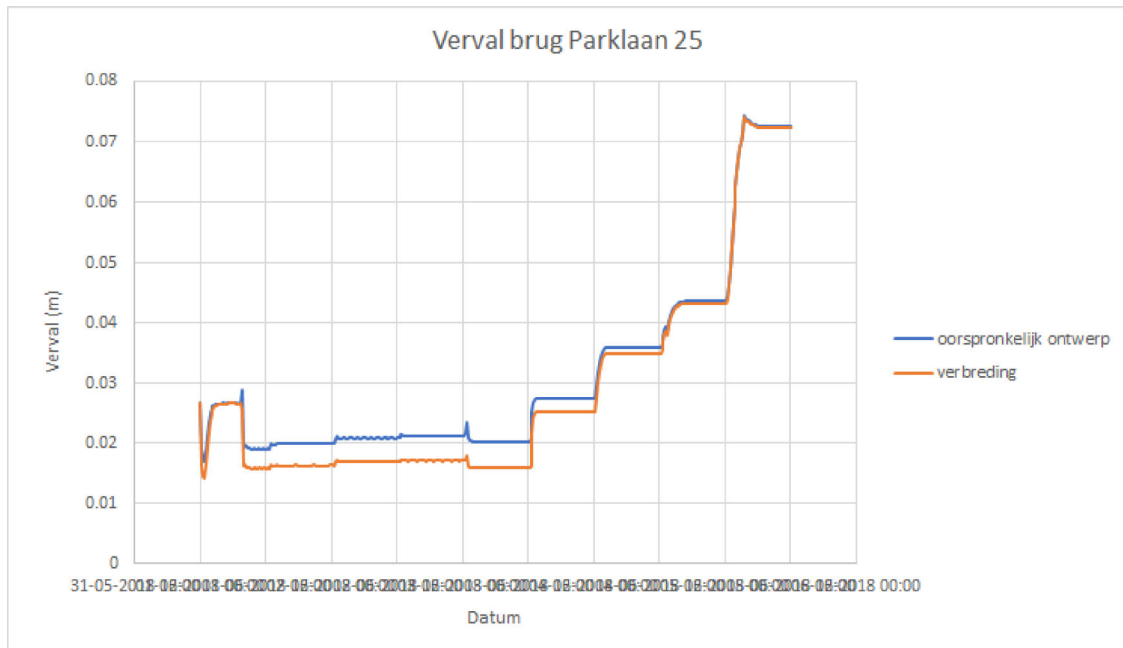


Figuur 21 Dwarsprofiel Parkaan 25 na de beoogde verbreding.

### 5.3 Uitkomsten

Wij hebben het verval over deze brug (= waterhoogte 5m bovenstrooms - waterhoogte 5m benedenstrooms) geplot als functie van de tijd.

De grafiek bevat alle afvoerclassen, oplopend van 700 l/s naar 1200 l/s, 2 m<sup>3</sup>/s, 2.5 m<sup>3</sup>/s, 8 m<sup>3</sup>/s, 20 m<sup>3</sup>/s, 32 m<sup>3</sup>/s, 40 m<sup>3</sup>/s naar 48 m<sup>3</sup>/s.



Figuur 22 Effect van de beoogde verbreding op het verval over de brug bij Parklaan 25, voor diverse afvoerclassen.

## 5.4 Conclusies

De verbreding heeft vooral effect bij de lagere afvoerclassen. In alle gevallen blijft het effect echter ruim onder de 1 cm. Bij afvoeren tot 8 m<sup>3</sup>/s bedraagt de verlaging ca. 4 mm. Bij afvoeren groter dan 32 m<sup>3</sup>/s is het effect vrijwel nihil.

Op basis van deze conclusies is besloten dat er vooralsnog geen wijzigingen worden doorgevoerd aan het profiel onder de brug. Het ontwerp van ViForis blijft daarmee in stand.

## 6 Definitief ontwerp

### 6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk bespreken we de samenstelling en uitkomsten van het definitieve ontwerp, zoals vastgesteld op basis van de actualisatie van het oorspronkelijke DO uit 2021 (hoofdstuk 2) en de onderzochte aanvullende ingrepen (hoofdstukken 3 t/m 5).

### 6.2 Samenstelling definitief ontwerp

Het definitief ontwerp stellen we vast als een samenstelling van:

1. Het DO zoals beschreven in ons rapport van 1 mei 2021, variant 2e1\_8E6;
2. De actualisatie van dit DO zoals beschreven in hoofdstuk 2 van dit addendum;
3. Implementatie van een kademuur, zoals beschreven in hoofdstuk 3;
4. Implementatie van de gladde beekbodem zoals beschreven in hoofdstuk 4.

De plaatselijke verwijdingen van het brugprofiel (hoofdstuk 5) vormen geen onderdeel van het definitief ontwerp omdat het effect op de waterhoogtes te klein blijkt te zijn.

### 6.3 Uitkomsten

We presenteren de modeluitkomsten in de vorm van waterhoogtes en stroomsnelheden op specifieke observatiepunten langs de Parklaan en voor iedere doorgerekende afvoerklasse. In Figuur 23 tonen we de observatiepunten. De afvoerklassen zijn:

- 700 l/s
- 1,2 m<sup>3</sup>/2
- 2,0 m<sup>3</sup>/s
- 2.5 m<sup>3</sup>/s
- 8 m<sup>3</sup>/s (ca. T=1)
- 20 m<sup>3</sup>/s (ca. T=10)
- 32 m<sup>3</sup>/s
- 40 m<sup>3</sup>/s
- 48 m<sup>3</sup>/s (ca. T=100)





Figuur 23 Observatiepunten ten behoeve van het beoordelen van de resultaten.

In Tabel 6 en Tabel 7 tonen we de waterhoogtes die horen bij respectievelijk de referentiesituatie en het Definitief ontwerp.

Tabel 6 Waterhoogtes bij de referentiesituatie.

Debiet-klasse (m <sup>3</sup> /s)	Agricolastraat ben.	Beukenlaan bov.	Beukenlaan ben.	Engelenkamp bov.	Engelenkamp ben.	Voorstad bov.
0,7	41,93	41,68	41,65	41,20	n/a	n/a
1,2	42,05	41,79	41,76	41,27	n/a	n/a
2,0	42,18	41,93	41,87	41,37	n/a	n/a
2,5	42,26	41,99	41,95	41,43	n/a	n/a
8,0	42,86	42,52	42,48	41,90	n/a	n/a
20	44,16	44,03	43,32	42,71	n/a	n/a
32	44,91	44,71	44,36	43,44	n/a	n/a
40	45,18	45,01	44,88	44,15	n/a	n/a
48	45,40	45,27	45,20	44,88	n/a	n/a

Tabel 7 Waterhoogtes bij het definitief ontwerp.

Debiet- klasse (m <sup>3</sup> /s)	Agricolastraat ben.	Beukenlaan bov.	Beukenlaan ben.	Engelenkamp bov.	Engelenkamp ben.	Voorstad bov.
0,7	41,92	41,63	41,61	41,26	41,23	40,90
1,2	42,01	41,74	41,71	41,37	41,32	40,97
2,0	42,14	41,86	41,83	41,49	41,47	41,08
2,5	42,20	41,92	41,83	41,59	41,54	41,15
8,0	42,68	42,41	42,38	42,09	42,03	41,62
20	43,40	43,19	43,16	42,83	42,76	42,41
32	44,07	43,90	43,86	43,44	43,36	43,08
40	44,56	44,42	44,37	43,93	43,80	43,57
48	45,10	44,95	44,91	44,63	44,54	44,12

Onderstaande Figuur 24 en Figuur 25 tonen het overstromingsbereik bij een afvoer van 48 m<sup>3</sup>/s (ca. T=100) in respectievelijk de referentiesituatie en het definitief ontwerp.

Figuur 24 Overstromingsbereik in de referentiesituatie, bij een afvoer van 48 m<sup>3</sup>/s.

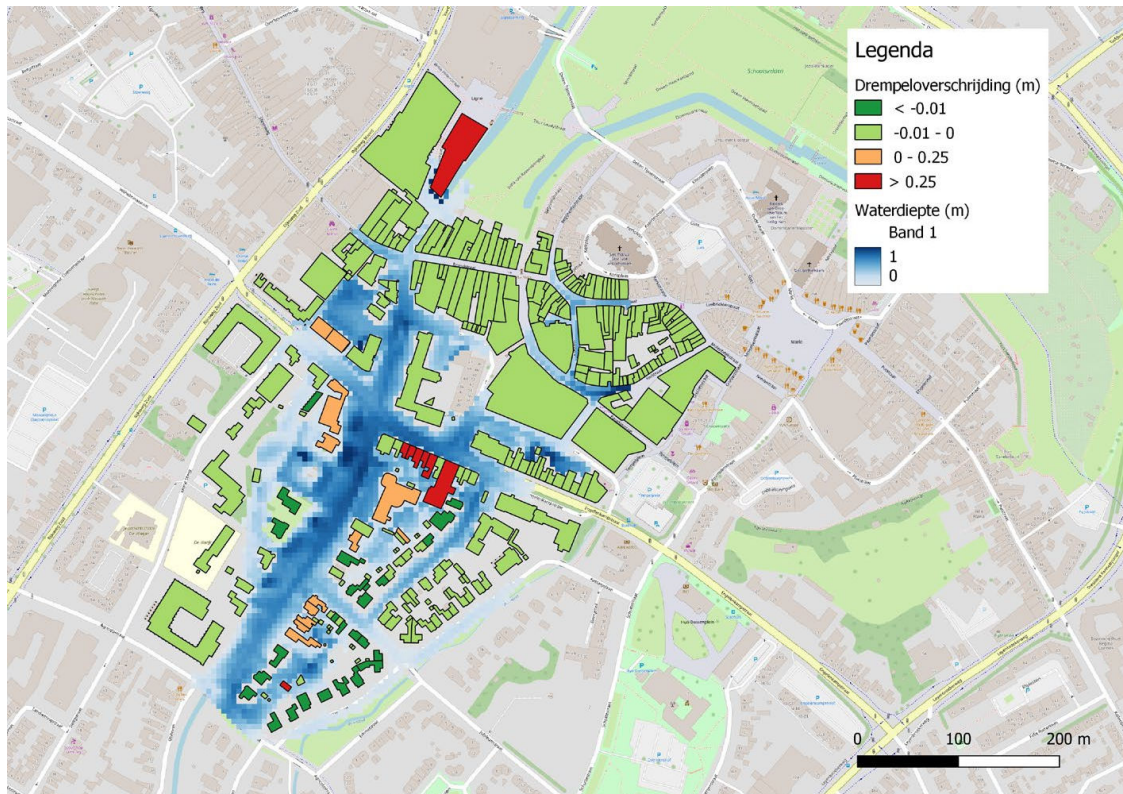




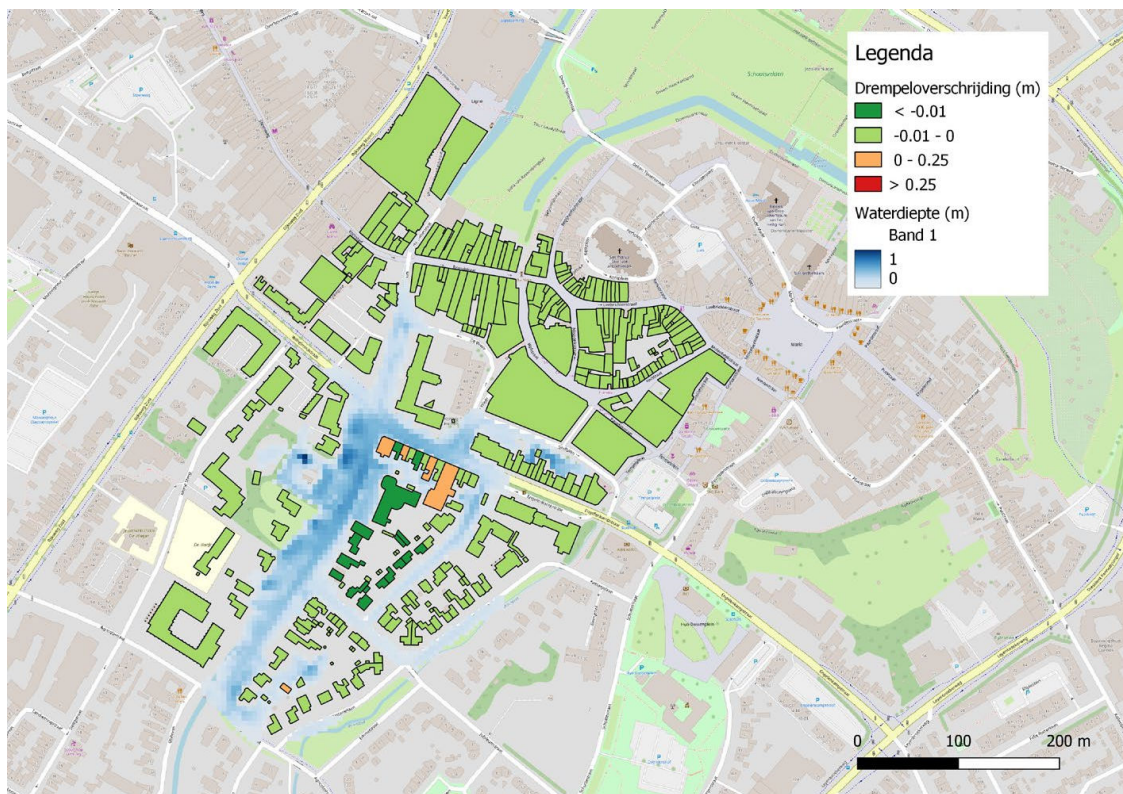
*Figuur 25 Overstromingsbereik in het definitief ontwerp, bij een afvoer van 48 m<sup>3</sup>/s.*

Wanneer we de berekende waterhoogtes bij 48 m<sup>3</sup>/s toetsen aan de dorpelhoogtes van de gebouwen, ontstaat het volgende beeld:





Figuur 26 Uitkomst van toetsing van de referentiesituatie aan de dorpelhoogtes.



Figuur 27 Uitkomst van toetsing van het definitief ontwerp aan de dorpelhoogtes.

## 6.4 Conclusies

Het definitief ontwerp zorgt voor een forse verlaging van de waterhoogtes bij grote afvoeren, met een bijbehorende reductie van het overstromingsbereik.

Het ontwerp kan echter niet voorkomen dat bij enkele gebouwen bij een afvoer van  $48 \text{ m}^3/\text{s}$  (ca.  $T=100$ ) een kleine overschrijding van de dorpelhoogte tot maximaal 25 cm zal blijven optreden.

Dat gezegd hebbende loopt het aantal gebouwen dat niet beschermd is tegen een dergelijke afvoer terug van 20 naar nog slechts 5.



A close-up photograph of two white water lilies in full bloom, their petals layered and delicate. The centers are a vibrant yellow, densely packed with stamens. The flowers are set against a backdrop of large, green lily pads on a dark pond. The lighting is soft, highlighting the texture of the petals. In the bottom right corner, there is a dark, curved graphic element.

## BIJLAGEN

# BIJLAGEN

Dit addendum heeft geen bijlagen.



hydroconsult©

Lulofstraat 55, unit 47  
2521 AL Den Haag  
The Netherlands  
+31 (0)6 17 682 689

[www.hydroconsult.nl](http://www.hydroconsult.nl)