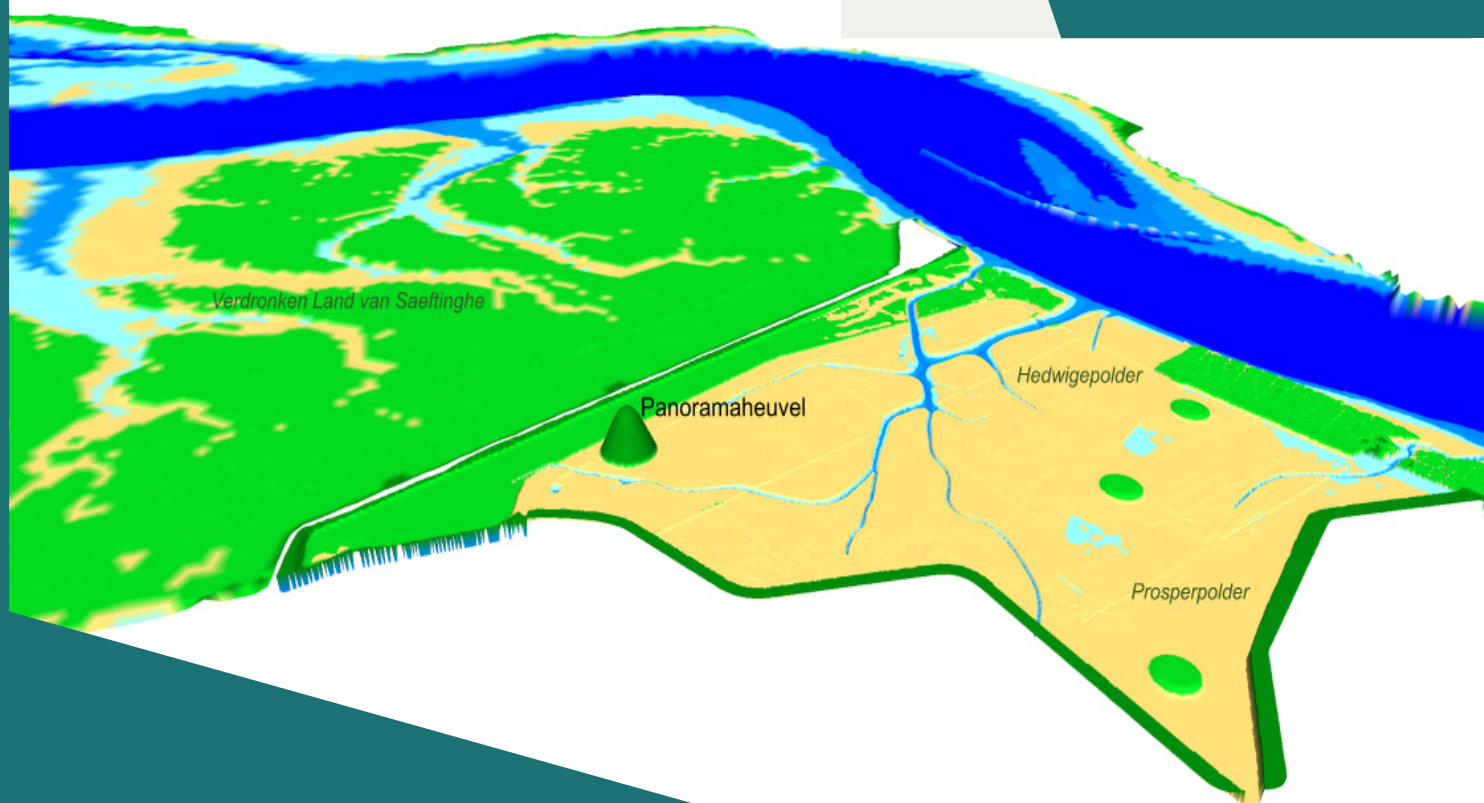




Vlaanderen
is wetenschap



19_089_1
WL rapporten

Panoramaheuvel in Hedwige-Prosperpolder

Invloed op waterbeweging in het geoptimaliseerd RIP
en morfologische interpretatie

DEPARTEMENT
**MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN**

waterbouwkundiglaboratorium.be

Panoramaheuvel in Hedwige-Prosperpolder

Invloed op waterbeweging in het geoptimaliseerd RIP
en morfologische interpretatie

Smolders, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2019
D/2019/3241/216

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Smolders, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2019). Panoramaheuvel in Hedwige-Prosperpolder: Invloed op waterbeweging in het geoptimaliseerd RIP en morfologische interpretatie. Versie 3.0. WL Rapporten, 19_089_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Tot en met de datum van vrijgave, kan overname uit en verwijzen naar deze publicatie enkel mits uitdrukkelijke en schriftelijke toestemming van de opdrachtgever of het Waterbouwkundig Laboratorium. Correcte bronvermelding is steeds noodzakelijk.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	De Vlaamse Waterweg – Afdeling Zeeschelde	Ref.:	WL2019R19_089_1
Keywords (3-5):	Hydrodynamiek; numerieke modellering; Hedwige-Prosperpolder; Panoramaheuvel		
Tekst (p.):	17	Bijlagen (p.):	15
Vertrouwelijk:	☒ Ja	Vrijgegeven vanaf:	01/10/2021
		Uitzondering:	☒ Vlaamse overheid

Auteur(s):	Smolders, S.
------------	--------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Plancke, Y.	Getekend door: Yves Plancke (Signature) Getekend op: 2019-10-01 12:23:41 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Yves Plancke</i>
Projectleider:	Smolders, S.	Getekend door: Sven Smolders (Signature) Getekend op: 2019-09-30 13:58:33 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Sven Smolders</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	Getekend door: Frank Mostaert (Signature) Getekend op: 2019-10-01 08:05:09 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Frank Mostaert</i>
-----------------	--------------	--



Abstract

In dit advies wordt een bijkomend scenario onderzocht voor de inrichting van de Hedwige-Prosperpolder, waarbij een panoramaheuvel in de NW hoek van de polder wordt aangelegd. Tegelijkertijd wordt het laatste restant van de Sieperdadijk verwijderd. Dit scenario is vergeleken met een referentietoestand van het geoptimaliseerd Rijksinpassingsplan (RIP). Er is onderzocht in hoeverre dat de waterbeweging in de hele polder door de inplanting van een panoramaheuvel en het verwijderen van een laatste stuk Sieperdadijk beïnvloed wordt.

Het inpassen van een panoramaheuvel in de NW hoek van de Hedwigepolder heeft enkel een lokaal effect op de waterbeweging in de polder. Het verwijderen van het laatste stuk Sieperdadijk heeft echter grotere invloed op de waterbeweging achteraan de polder. Meer water kan de achterkant ter hoogte van het Sieperdaschor bereiken. Hierdoor liggen de maximale stroomsnelheden langs de panoramaheuvel tijdens maximale vloed springtij veel hoger (grootteorde 0.9 m/s) in vergelijking met de referentie. In het model worden stroomsnelheden tot 1 m/s waargenomen net langs (Z en ZO) de panoramaheuvel.

In een scenario met het inpassen van een panoramaheuvel (en zonder verwijderen van het stuk Sieperdadijk) in het originele RIP door Smolders *et al.* (2019a) werden deze hoge stroomsnelheden niet waargenomen. Als eventuele mitigerende maatregelen zijn verschillende opties mogelijk:

- in het huidige scenario kan de basis van de panoramaheuvel verstevigd worden tegen erosie;
- Een andere mogelijkheid is dat bij het afgraven van het stuk Sieperdadijk ervoor gezorgd moet worden dat de komberging ter plaatse niet te groot wordt. Dit kan gerealiseerd worden door het afgraven te beperken tot de schorhoogte van het naastliggende Sieperdaschor.
- Als laatste voorgestelde optie kan ook de panoramaheuvel meer naar achteren in de polder geplaatst worden zodat er geen of weinig water achterdoor moet passeren.

De laatste twee opties kunnen bevestigd worden door bijkomend scenario onderzoek.

De impact op morfologie blijft beperkt aangezien de verschillen in waterbeweging tussen het scenario en de referentie enkel lokaal optreden en beperkt blijven in grootte. Enkel het eroderend vermogen van het water dat net langs de panoramaheuvel stroomt, blijft een aandachtspunt voor de stabiliteit van de heuvel zelf. Het achterliggend deel zal zich op gelijkaardige manier als de rest van de polder ontwikkelen; de snelheid van ophogen kan aanvankelijk licht hoger liggen.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de figuren	VI
1 Inleiding	1
2 Eenheden en referentiestelsels.....	2
3 Numerieke model	3
3.1 Referentietoestand.....	4
3.2 Scenario met panoramaheuveld	4
4 Invloed panoramaheuveld t.o.v. referentietoestand	6
4.1 Wateruitwisseling.....	6
4.2 Waterstanden.....	7
4.3 Overstromingsratio.....	9
4.4 Stroomsnelheden	10
4.4.1 Verloop van de snelheden	10
4.4.2 Maximale stroomsnelheid	14
4.5 Verwachtingen morfologie.....	15
5 Conclusie.....	16
Referenties	17
Bijlage 1 TELEMAC Steering file	B1
Bijlage 2 Waterstanden en stroomsnelheden in 20 observatiepunten	B2
Bijlage 3 Debieten	B10
Bijlage 4 map van de maximale stroomsnelheid	B12
Bijlage 5 maximale en minimale waterdiepte.....	B13
Bijlage 6 Relatieve overstromingsduur	B15

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Referentie bathymetrie van het geoptimaliseerde RIP en de 20 observatiepunten die werden geselecteerd in Vanlede <i>et al.</i> (2015) voor de evaluatie van scenario's.	4
Figuur 2 – detail topografie panoramaheugel.....	5
Figuur 3 – Referentie (Geoptimaliseerd RIP) + panoramaheugel – restant Sieperdadijk.	5
Figuur 4 – Debiet tijdens springtij over debietsraai Q 4 nabij de panoramaheugel.....	7
Figuur 5 – Verschil in maximale waterdiepte op de Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij tussen het scenario met de panoramaheugel en de referentietoestand.	8
Figuur 6 – Verschil in minimale waterdiepte op de Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij tussen het scenario met de panoramaheugel en de referentietoestand.	8
Figuur 7 – Verschil in relatieve overstromingsduur tijdens springtij tussen het scenario met de panoramaheugel en de referentietoestand.	9
Figuur 8 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij voor observatiepunt 10.....	10
Figuur 9 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij voor observatiepunt 11.....	11
Figuur 10 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij voor observatiepunt 12.....	11
Figuur 11 – Vergelijking van stroomsnelheden tijdens maximum vloed springtij achteraan de Hedwigepolder ter hoogte van locatie panoramaheugel voor de referentie van het geoptimaliseerd RIP	12
Figuur 12 – Vergelijking van stroomsnelheden tijdens maximum vloed springtij achteraan de Hedwigepolder ter hoogte van locatie panoramaheugel voor het scenario met de panoramaheugel en verwijdering van het stuk Sieperdadijk op basis van het geoptimaliseerd RIP	12
Figuur 13 – Vergelijking van stroomsnelheden tijdens maximum vloed springtij achteraan de Hedwigepolder ter hoogte van locatie panoramaheugel voor het scenario met de panoramaheugel op basis van het origineel RIP	13
Figuur 14 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij voor observatiepunt 13.....	13
Figuur 15 – Verschil in maximale stroomsnelheid tijdens springtij tussen scenario met Panoramaheugel en de referentietoestand.	14
Figuur 16 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 1.	B2
Figuur 17 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 2.	B2
Figuur 18 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 3.	B3
Figuur 19 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 4.	B3
Figuur 20 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 5.	B4
Figuur 21 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 6.	B4
Figuur 22 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 7.	B5
Figuur 23 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 8.	B5
Figuur 24 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 9.	B6
Figuur 25 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 14.	B6
Figuur 26 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 15.	B7

Figuur 27 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 16.	B7
Figuur 28 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 17.	B8
Figuur 29 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 18.	B8
Figuur 30 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 19.	B9
Figuur 31 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 20.	B9
Figuur 32 – Debiet over raai Q 1.....	B10
Figuur 33 – Debiet over raai Q 2.....	B10
Figuur 34 – Debiet over raai Q 3.....	B11
Figuur 35 – Maximale stroomsnelheid in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor de referentietoestand	B12
Figuur 36 – Maximale stroomsnelheid in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor het scenario met de panoramaheuvel.....	B12
Figuur 37 – Maximale waterdiepte in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor referentietoestand. .	B13
Figuur 38 – Maximale waterdiepte in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor scenario met panoramaheuvel.....	B13
Figuur 39 – Minimale waterdiepte in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor referentietoestand...	B14
Figuur 40 – Minimale waterdiepte in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor scenario met panoramaheuvel.....	B14
Figuur 41 – Relatieve overstromingsduur in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor referentietoestand.	B15
Figuur 42 – Relatieve overstromingsduur in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor scenario met panoramaheuvel.....	B15

1 Inleiding

Dit rapport herhaalt de resultaten van een vorig rapport (Smolders et al., 2019b) met toevoeging van een interpretatie van de hydrodynamische resultaten naar mogelijke te verwachten impact op de morfologie achteraan de polder nabij de panoramaheuvel.

Gedurende de afgelopen jaren werden de nodige studies uitgevoerd om te komen tot een voorstel van inrichting van het gebied Hedwige-Prosperpolder, dat in het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 als te ontpolderen gebied werd besloten.

De projectdoelstelling in de Hedwigepolder is de realisatie van een zo groot mogelijk, duurzaam slikken- en schorrengebied met een maximale kans op ontwikkeling van een dynamisch sedimentatie/erosie proces door middel van een éénmalige ingreep waarna het systeem de vrijheid krijgt zichzelf te ontwikkelen tot estuariene natuur.

In het kader van de toetsing van het MER door de MER-Commissie in 2013 is afgesproken dat richting het bestek voor de uitvoering van de werken gekeken wordt of er mogelijkheden zijn voor optimalisatie van het geulen- en krekensstelsel zoals aangegeven op het inrichtingsplan. Van belang daarbij is het aantal hectares bestaand beschermd schor dat vergraven moet worden.

Hiertoe werd in 2014 een onderzoeksopdracht toegekend aan het Waterbouwkundig Laboratorium waarbij het uitgangspunt was: “het realiseren van de beoogde natuurdoelen (op termijn) door maximale estuariene dynamiek en voor zover mogelijk verder minimaliseren van de afgraving van de bestaande schorren.”. Voor deze opdracht werd het inrichtingsplan (plan C49245 “Zeeschelde L.O. Hedwige en Prosperpolder Gemeente Beveren Inrichtingsplan Grondplan”, uitgegeven door Waterwegen en Zeekanaal afdeling Zeeschelde en opgenomen in het vastgesteld Rijksinpassingsplan (RIP)) als uitgangspunt genomen. Om de optimalisatie van de inrichtingsvarianten uit te voeren, werd een gedetailleerd hydrodynamisch numeriek model ontwikkeld (Maximova et al., 2014; Vanlede et al., 2015).

In het kader van de finale uitvoeringsfase van het gebied, werd het idee van een panoramaheuvel voorgesteld. Hiervoor zou grond, die vrijkomt bij de werken, hergebruikt worden. Dit biedt naast milieuwinst, mogelijkheden voor een unieke beleving: genieten van de vergezichten en het ervaren van eb en vloed. Dit idee noodzaakt echter een herziening van het Rijksinpassingsplan, waarvoor de effecten op de waterbeweging in het gebied onderzocht dienen te worden. De resultaten dienen vergeleken te worden met de waterbeweging in het eerder besloten geoptimaliseerd Rijksinpassingsplan.

Voorliggend advies gaat in op deze vraag. Op basis van een bijkomende hydrodynamische berekening met het bestaande modelinstrumentarium worden de effecten van de inpassing van deze panoramaheuvel op de waterbeweging (waterstanden, stroomsnelheden en debieten) ingeschat. Enige modelverbetering of een doorvertaling naar morfologie en ecologie zit niet in de scope van dit advies. Wel wordt kort een interpretatie gemaakt van de hydrodynamische gegevens naar te verwachten morfologische veranderingen achteraan de polder in de nabijheid van de panoramaheuvel.

2 Eenheden en referentiestelsels

Tijden zijn uitgedrukt in MET.

Dieptes, hoogtes en waterstanden zijn uitgedrukt in meter TAW (Tweede Algemene Waterpassing) tenzij anders vermeld. Dieptes en waterstanden worden positief naar boven uitgedrukt.

Als horizontaal coördinatensysteem wordt RD Parijs aangehouden.

TELEMAC simulaties worden uitgevoerd met versie v6p3r1.

3 Numerieke model

In het kader van het project “Inrichtingsplan Hedwige-Prosperpolder” werd een gedetailleerde hydrodynamisch numeriek model ontwikkeld in de TELEMAC software. Het model omvat een deel van het Schelde-estuarium met een afwaartse rand nabij Walsoorden in de Westerschelde en een opwaartse rand nabij Antwerpen in de Beneden-Zeeschelde, en de Hedwige-Prosperpolder, waar de roosterresolutie verfijnd werd (5 m resolutie). Het model is gekalibreerd voor de bestaande situatie (een dijk tussen de Schelde en de polders en dus geen stroming in het studiegebied). De tijdstap van 3 s werd gekozen op basis van de analyse van het Courant getal. De simulatieperiode (van 17/04/2009 00:00 tot 30/05/2009 03:00) werd gekozen gebaseerd op de analyse van het vergelijkbare getij voor de gevaren ADCP metingen. Voor een uitgebreide beschrijving van het model en de kalibratie worden verwezen naar (Maximova *et al.*, 2014).

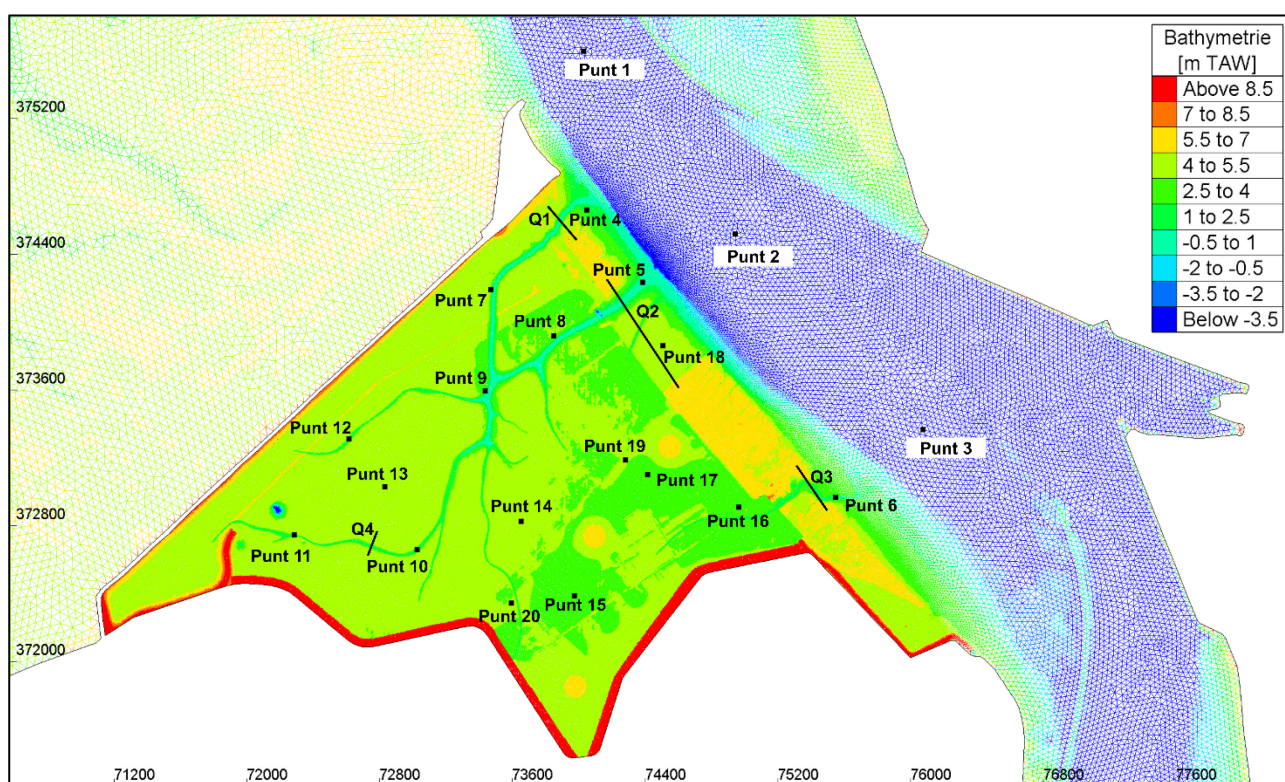
Binnen deze eerdere studie werden verschillende inrichtingsvarianten geanalyseerd waarbij een simulatieperiode gekozen werd van 17/05/2009 00:00 tot 27/05/2009 12:00 welke zowel een doottij, gemiddeld getij als een springtij omvat.

Dezelfde instellingen werden gebruikt binnen voorliggend advies. De panoramaheugel werd geïmplementeerd door een bathymetrische aanpassing aan het geoptimaliseerd Rijksinpassingsplan, dat het resultaat was van de studie van Vanlede *et al.* (2015).

3.1 Referentietoestand

Figuur 1 toont de topo-bathymetrie van de geoptimaliseerde referentietoestand in de Hedwige-Prosperpolder. Deze geoptimaliseerde referentietoestand was het resultaat van de eerdere studie door Vanlede *et al.* (2015). De figuur toont eveneens de locaties van 20 observatiepunten en 4 raaien ter evaluatie van scenario's t.o.v. de referentietoestand. In deze punten en raaien zullen in dit advies ook waterstanden, stroomsnelheden en debieten vergeleken worden tussen de geoptimaliseerde referentietoestand en het scenario met de panoramaheuvel. De 3 raaien ter hoogte van de huidige Scheldedijk werden ook in de eerdere studie opgenomen, de vierde raai (Q4) in de geul richting de panoramaheuvel werd extra toegevoegd voor dit advies.

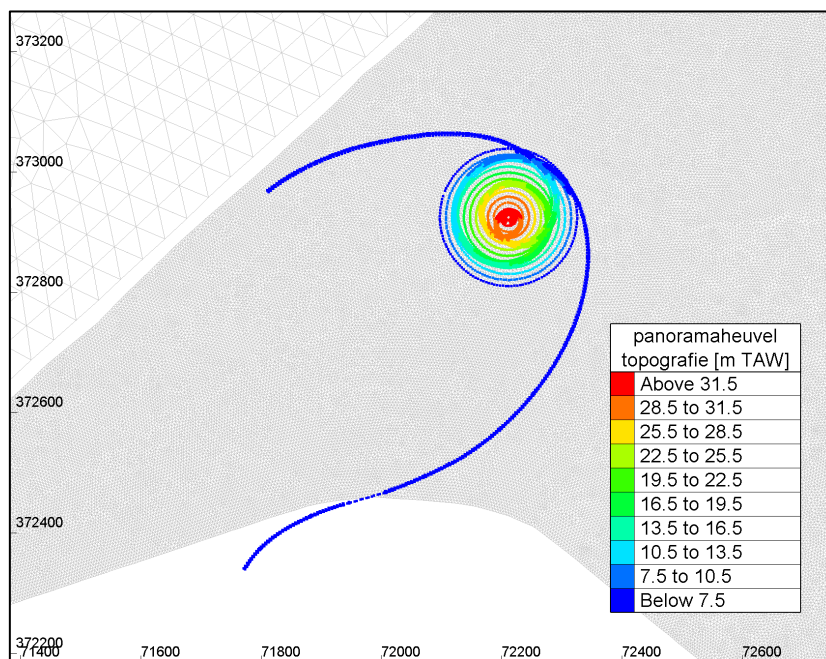
Figuur 1 – Referentie bathymetrie van het geoptimaliseerde RIP en de 20 observatiepunten die werden geselecteerd in Vanlede *et al.* (2015) voor de evaluatie van scenario's. Vier zwarte lijnen geven de raaien weer waarover debieten worden vergeleken.



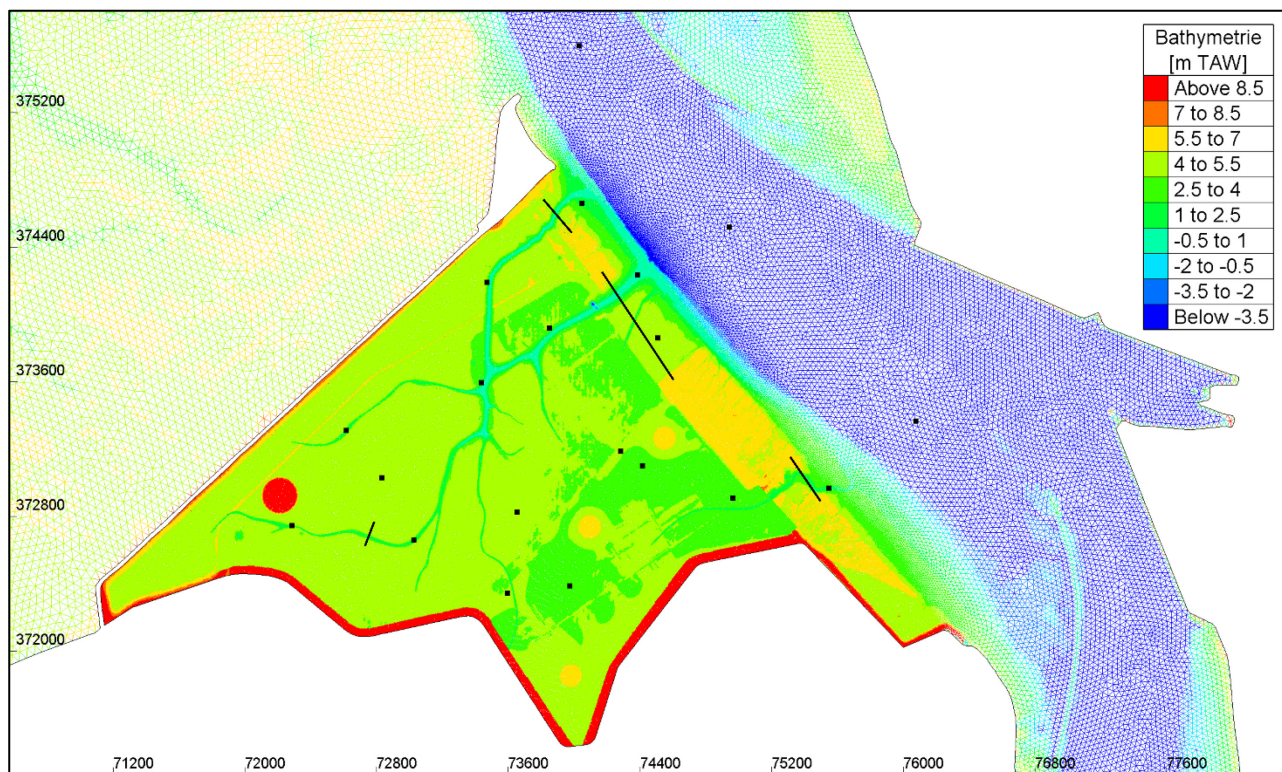
3.2 Scenario met panoramaheuvel

De panoramaheuvel situeert zich achteraan de Hedwigepolder, nabij de Leidingendam. Een detail van de aangeleverde hoogteligging is weergegeven in Figuur 2. De top van de heuvel ligt op +32 m TAW (i.e. +29,65 m NAP). Onderaan heeft de heuvel een diameter van ongeveer 230 meter. Langs twee kanten lopen (wandelpaden naar de heuvel. Aangezien de aanvoer- en wandelpaden worden aangelegd op een manier waarbij de stroming van het water niet gehinderd wordt, zijn ze niet in de bathymetrie van het scenario opgenomen. Aan de westkant is dat met een vlonder en aan de oostkant met een brug over de geul. Tevens wordt het restant van de Sieperdadijk ook verwijderd in het scenario. Figuur 3 toont verder de inplanting van de panoramaheuvel in de Hedwigepolder. In deze figuur zijn ook nog eens de locaties van de 20 observatiepunten en de vier debietsraaien weergegeven.

Figuur 2 – detail topografie panoramaheuveld



Figuur 3 – Referentie (Geoptimaliseerd RIP) + panoramaheuveld – restant Sieperdadijk.



4 Invloed panoramaheuvel t.o.v. referentietoestand

In dit advies wordt gekeken naar het verschil in waterbeweging tussen de referentiesimulatie en het scenario met de panoramaheuvel en zonder het restant van de Sieperdadijk. Aangezien de wateruitwisseling tussen de polder en de Schelde het sterkst is bij springtij, zal hierop gefocust worden. Omdat de panoramaheuvel zich achteraan de polder bevindt, worden geen grote verschillen in waterbeweging verwacht bij doottij en gemiddeld getij. De analyse van de effecten richten zich op volgende parameters:

- Wateruitwisseling tussen de polder en de Schelde op basis van debieten
- De waterstanden binnen de polder
- Het overstromingsregime binnen de polder
- De stroomsnelheden binnen de polder

De verschillende parameters zullen vergeleken worden op basis van 20 observatiepunten en de vier raaien, weergegeven in Figuur 1. Daarnaast zullen voor de hele Hedwige-Prosperpolder kaarten gemaakt worden waarbij de maximale stroomsnelheden, de maximale en minimale waterdiepte en de overstromingsduur worden vergeleken. Tenslotte trachten we op basis van deze gegevens een uitspraak te doen over de te verwachten morfologische impact van de heuvel.

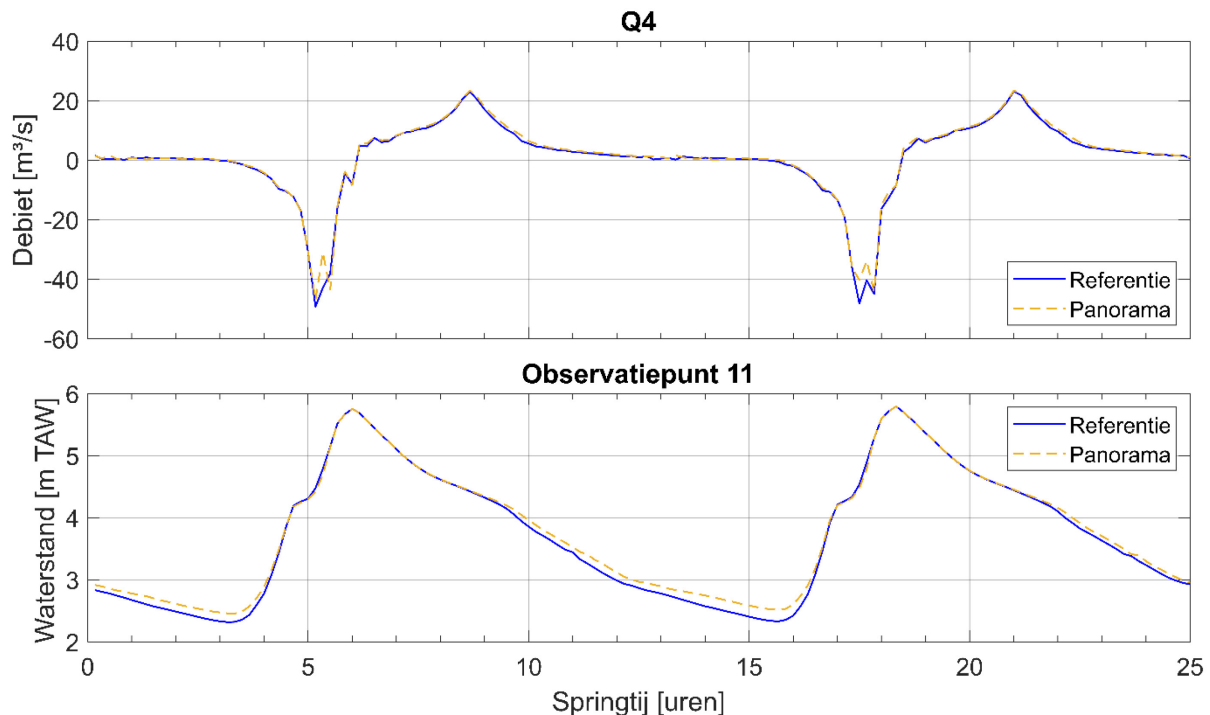
4.1 Wateruitwisseling

De debieten over debietsraaien Q1, Q2 en Q3 geven geen grote verschillen aan tussen de referentietoestand en het scenario met de panoramaheuvel. Deze resultaten zijn opgenomen in bijlage 3. Hieruit blijkt dat het toevoegen van de panoramaheuvel en wegnemen van het stuk Sieperdadijk geen grote invloed (grootteorde 0,15 % minder) heeft op de wateruitwisseling tussen de polder en Schelde.

Voor debietsraai Q4, nabij de panoramaheuvel (locatie zie Figuur 1), is er een verschil te zien tijdens maximum vloed (Figuur 4). Het debiet in het scenario met de panoramaheuvel is kleiner dan zonder de heuvel. Wellicht heeft niet zozeer de panoramaheuvel, dan wel het verwijderen van het stuk Sieperdadijk de grootste invloed hier. In observatiepunt 11 (Figuur 4) is te zien dat bij laag water de waterstand voor het scenario net iets hoger ligt. Er blijft dus meer water achter achteraan in de polder tijdens springtij. Dit water situeert zich ter hoogte van de locatie waar het stuk Sieperdadijk uit het scenario werd verwijderd en ter hoogte van het achterliggende stuk Sieperdaschor, dat nu beter bereikbaar is voor het water. De maximale waterdiepten tonen aan dat er in het scenario meer water tot achteraan de polder komt en dat het mindere debiet op raai Q4 dus ook verklaard kan worden door het feit dat er meer water achteraan de polder achterblijft tijdens springtij en dat dat dus bij een volgend springtij niet meer aangevuld wordt.

In geoptimaliseerd RIP zijn geulen slechts geulaanzet in tegenstelling tot origineel RIP waar de geulen wel de volwassen dimensies hadden. Dit verklaart hier de mindere afwatering. Wanneer de geulen zich in de loop der tijd ontwikkelen, wordt verwacht dat dit probleem zichzelf oplost.

Figuur 4 – Debiet tijdens springtij over debietsraai Q 4 nabij de panoramaheuvel.
Negatieve debieten geven het debiet tijdens vloed weer; positieve debieten geven het debiet tijdens eb weer.

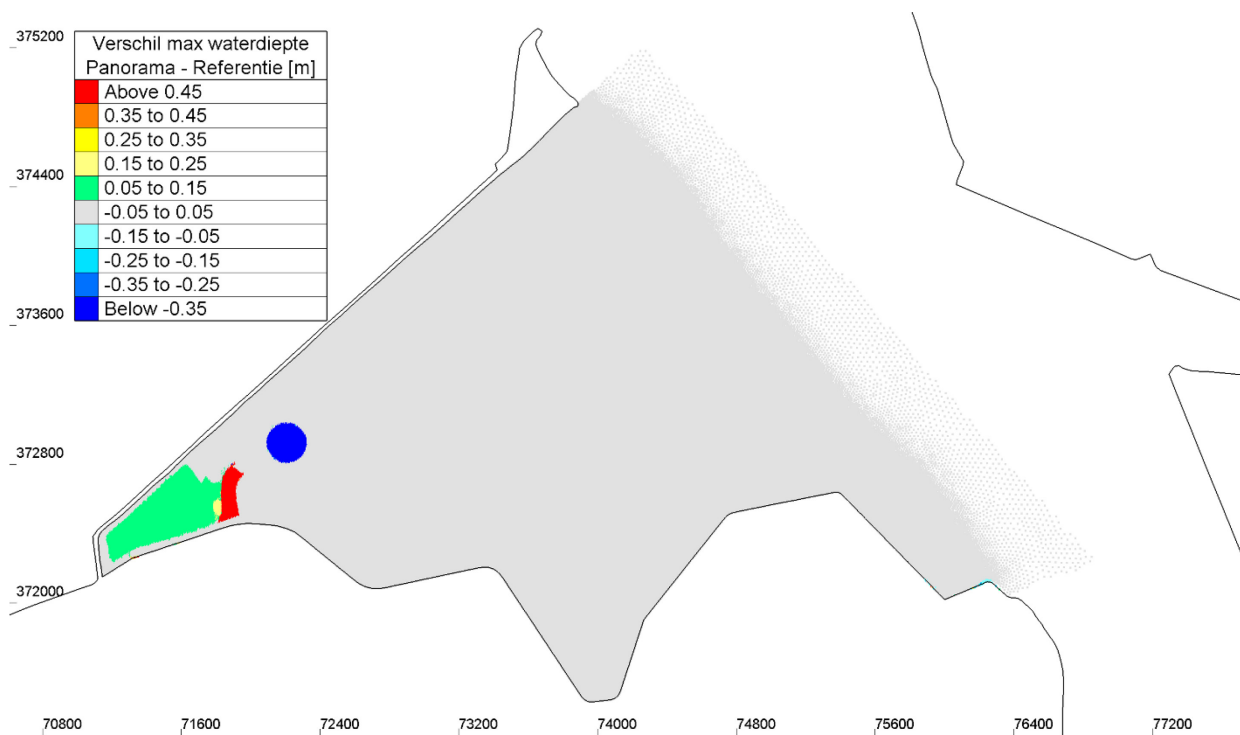


4.2 Waterstanden

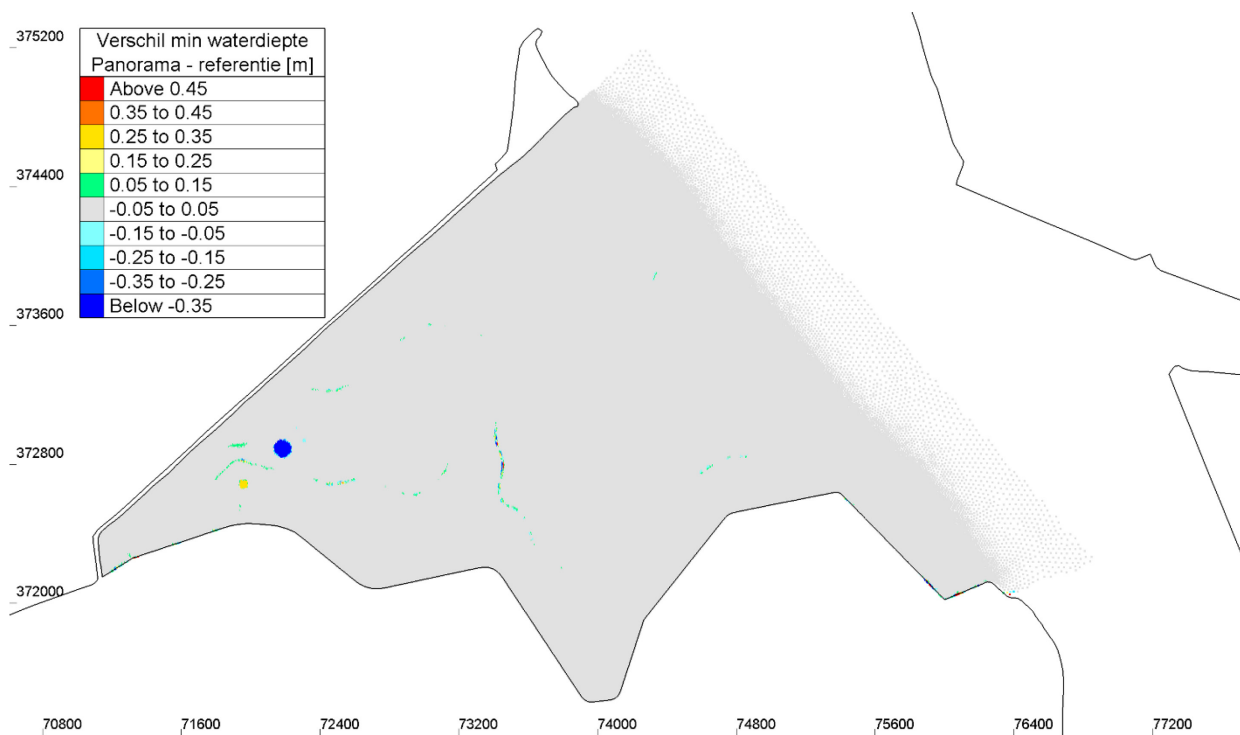
Enkel in observatiepunten 10, 11, 12 en 13 (locatie zie Figuur 1) zijn kleine verschillen in waterstanden te zien. Dit zijn ook de observatiepunten die het dichtst bij de panoramaheuvel en het stuk verwijderde Sieperdadijk liggen. De waterstanden van alle andere observatiepunten zijn opgenomen in bijlage 2. De verschillen zijn het grootst bij observatiepunt 11 dat ook het dichtst bij de panoramaheuvel en het stuk verwijderde Sieperdadijk ligt. De waterstanden liggen een beetje hoger tijdens eb in dit punt bij het scenario met de panoramaheuvel. Er blijft iets meer water achteraan de polder tijdens opeenvolgende springtijden. Dit is ook nog te zien in observatiepunt 10 (Figuur 8). Voor de andere punten (punt 12 in Figuur 10 en punt 13 in Figuur 14) blijven de verschillen minimaal.

Bijlage 5 geeft een overzicht van de maximale en minimale waterdiepte in de Hedwige-Prosperpolder voor de referentietoestand en het scenario. Hieronder worden enkel de verschilkaarten getoond. Daarbij is te zien dat het verschil in maximale waterdiepte (Figuur 5) zich beperkt tot enkel de oppervlakte van de panoramaheuvel zelf en het verwijderde stuk Sieperdadijk en achterliggend Sieperdaschor. Door het verwijderen van dat stuk dijk wordt het achterliggend stuk schor ook beter bereikbaar voor het water tijdens springtij en stijgen de waterstanden hier licht (grootteorde 5 à 10 cm). De minimale waterdiepte (Figuur 6) toont enkel een verschil op de plaats van de panoramaheuvel en in de geul die naar dit stuk van de Hedwigepolder loopt. Aangezien er iets meer water tot achteraan de polder geraakt, zal dit tijdens springtij in de huidige geoptimaliseerde RIP ervoor zorgen dat de geul naar dit gebied iets voller blijft staan (i.e. minimale waterdiepte neemt toe met 5 à 10 cm) tijdens de eb fase van het springtij.

Figuur 5 – Verschil in maximale waterdiepte op de Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij tussen het scenario met de panoramaheuvel en de referentietoestand.



Figuur 6 – Verschil in minimale waterdiepte op de Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij tussen het scenario met de panoramaheuvel en de referentietoestand.

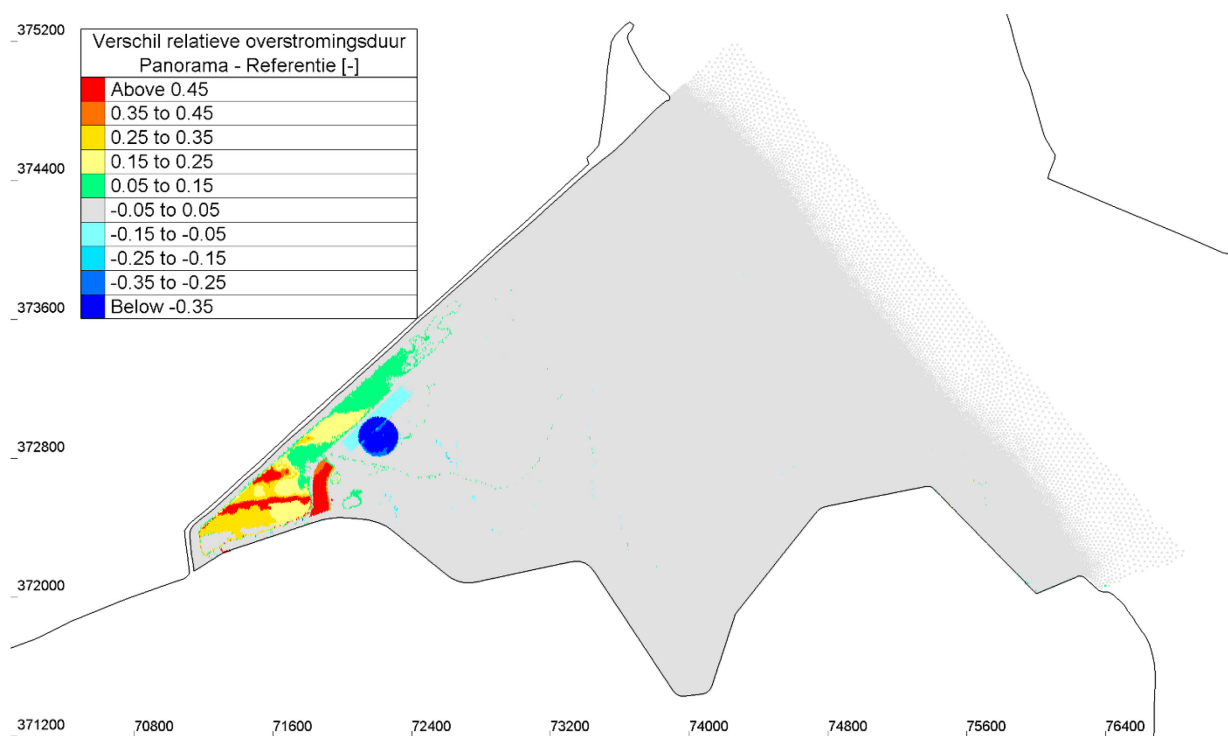


4.3 Overstromingsratio

Voor elk punt in de polder wordt de fractie van de tijd bepaald dat het onder water staat. De tijdsduur onder water wordt dan gedeeld door de totale simulatietijd zodat dit een figuur oplevert met resultaten tussen 0 en 1. Hierbij wil 0 zeggen dat dit punt nooit onder water komt te staan (dus altijd droog is) en 1 dat dit punt steeds onder water blijft staan.

De kaarten voor de referentietoestand en het scenario met de panoramaheuvel zijn weergegeven in bijlage 6. Hier wordt enkel de verschilkaart getoond in Figuur 7. Daarin is te zien dat in het gebied waar het stuk resterende Sieperdadijk werd verwijderd en een groter stuk Sieperdaschor dat erachter ligt een hogere overstromingsduur kennen in het scenario vergeleken met de referentie. Door het verwijderen van dat stuk Sieperdadijk wordt het achterliggende schor beter toegankelijk tijdens springtij. Ter hoogte van de panoramaheuvel valt de overstromingsduur terug naar 0, aangezien de heuvel boven hoogwater uitsteekt.

Figuur 7 – Verschil in relatieve overstromingsduur tijdens springtij tussen het scenario met de panoramaheuvel en de referentietoestand.



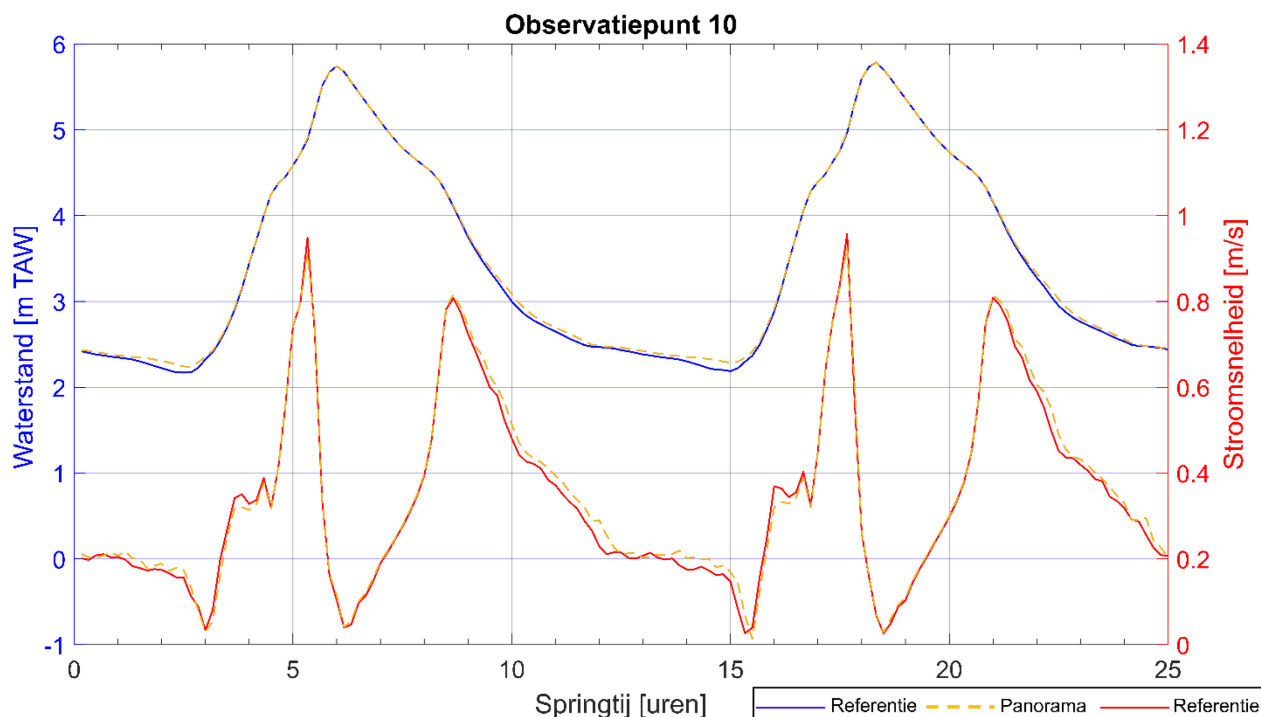
4.4 Stroomsnelheden

4.4.1 Verloop van de snelheden

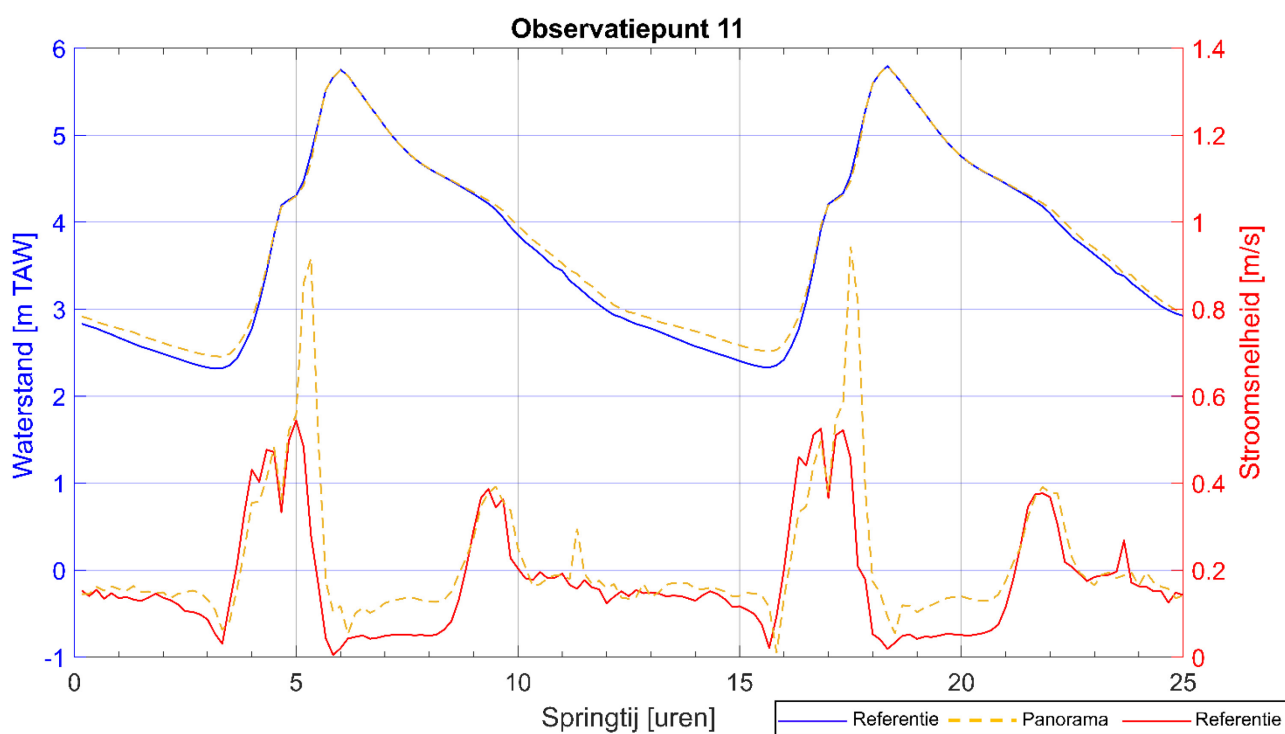
Evenals bij de waterstanden, zijn er enkel in observatiepunten 10, 11, 12 en 13 (Figuur 1) kleine verschillen in stroomsnelheden te zien. Dit zijn ook de observatiepunten die het dichtst bij de panoramaheuvel en het stuk verwijderde Sieperdadijk liggen. De stroomsnelheden van alle andere observatiepunten zijn opgenomen in bijlage 2. De verschillen zijn het grootst bij observatiepunt 11 dat ook het dichtst bij de panoramaheuvel en stuk Sieperdadijk ligt. De stroomsnelheden in observatiepunt 11 voor het scenario met de panoramaheuvel verdubbelen bijna tijdens maximum vloed tijdens springtij en vallen hiermee in dezelfde grootte-orde (~ 100 cm/s) als de nabijgelegen punten. Deze verdubbeling vindt plaats wanneer het water reeds boven de geulrand komt en wordt veroorzaakt door water dat over de polder stroomt en van het NO komt. Figuur 11 en Figuur 12 geven het verschil in stroomsnelheden tijdens maximale vloed springtij weer voor de referentie en het scenario van het geoptimaliseerde RIP, respectievelijk. Hierin is goed te zien dat de panoramaheuvel ervoor zorgt dat het water dat uit het ZO over het polderoppervlak komt gestroomd, langsheen de heuvel wordt geleid. Door het gebrek aan plaats, wordt meer water langs een kleinere sectie gevoerd, wat resulteert in hogere stroomsnelheden. Echter, die stroomsnelheden waren lager in het scenario waarbij de panoramaheuvel werd ingepland in het origineel RIP zoals te zien is in Figuur 13. Dit doet vermoeden dat het verwijderen van het stuk Sieperdadijk ervoor zorgt dat er meer komberging is achteraan de polder, zodat ook meer water zich naar het achterste deel van de polder verplaatst. In het scenario met de panoramaheuvel in het originele RIP staat dit stuk dijk nog in het scenario (Smolders *et al.*, 2019a) en liggen de stroomsnelheden langsheen de panoramaheuvel lager.

Voor de andere punten (punt 10 in Figuur 8; punt 12 in Figuur 10 en punt 13 in Figuur 14) blijven de verschillen minimaal.

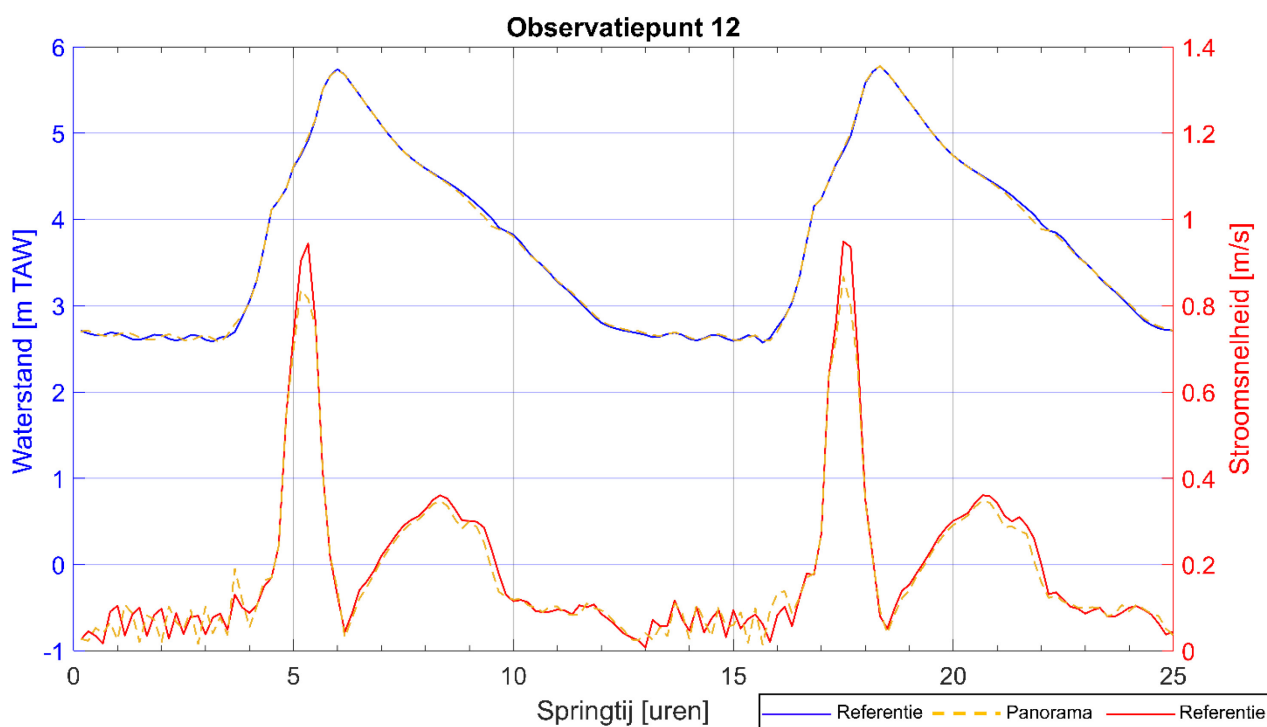
Figuur 8 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij voor observatiepunt 10.



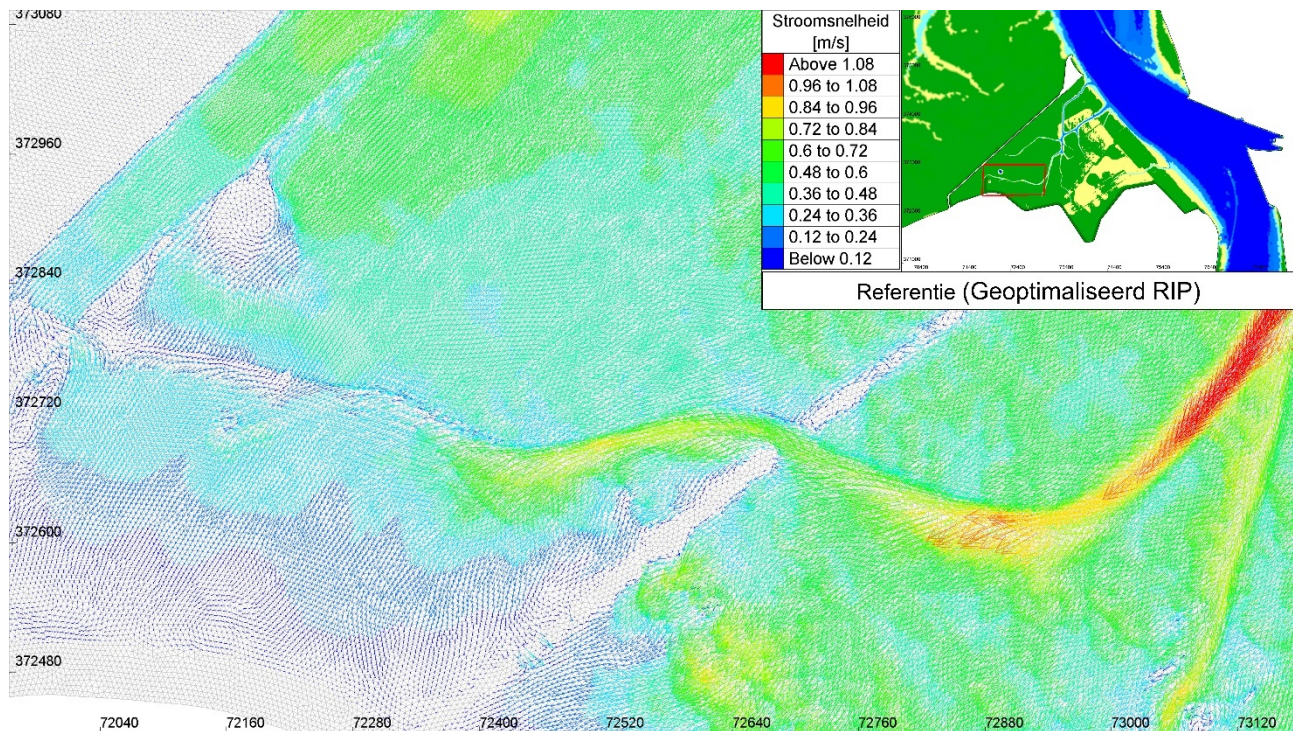
Figuur 9 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij voor observatiepunt 11.



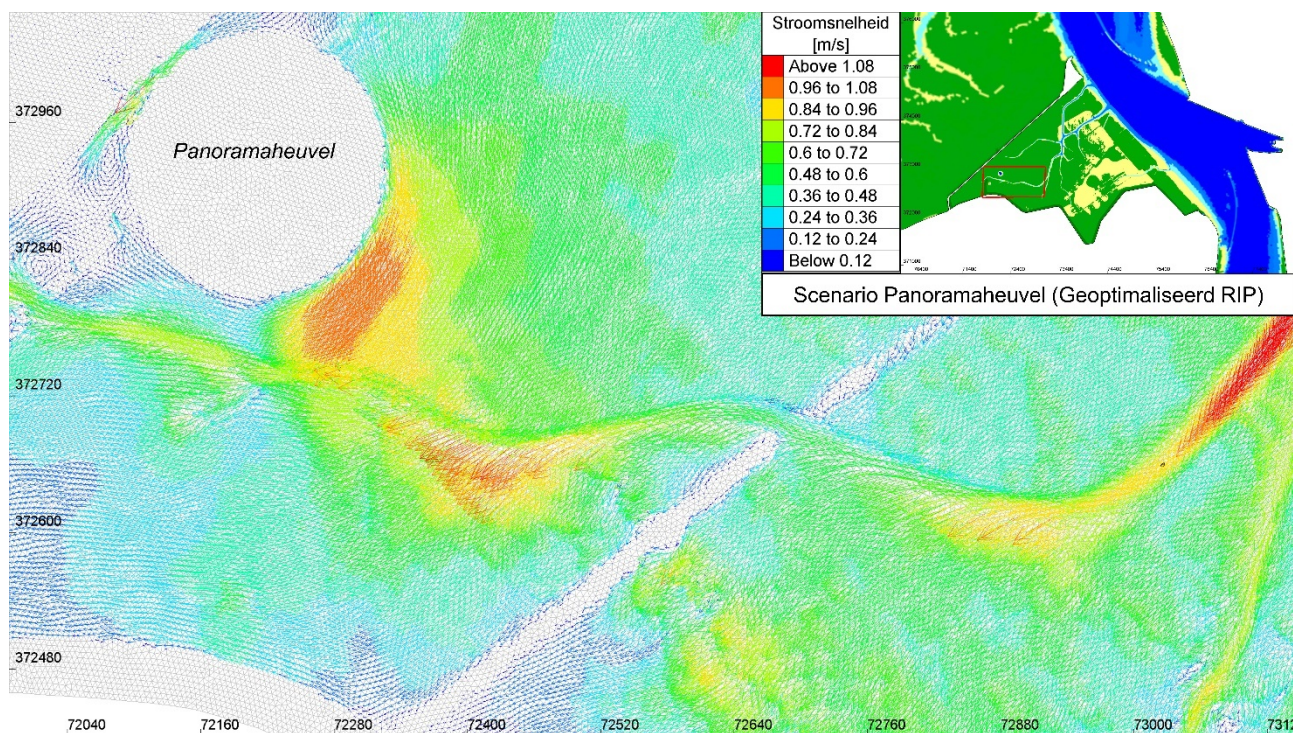
Figuur 10 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij voor observatiepunt 12.



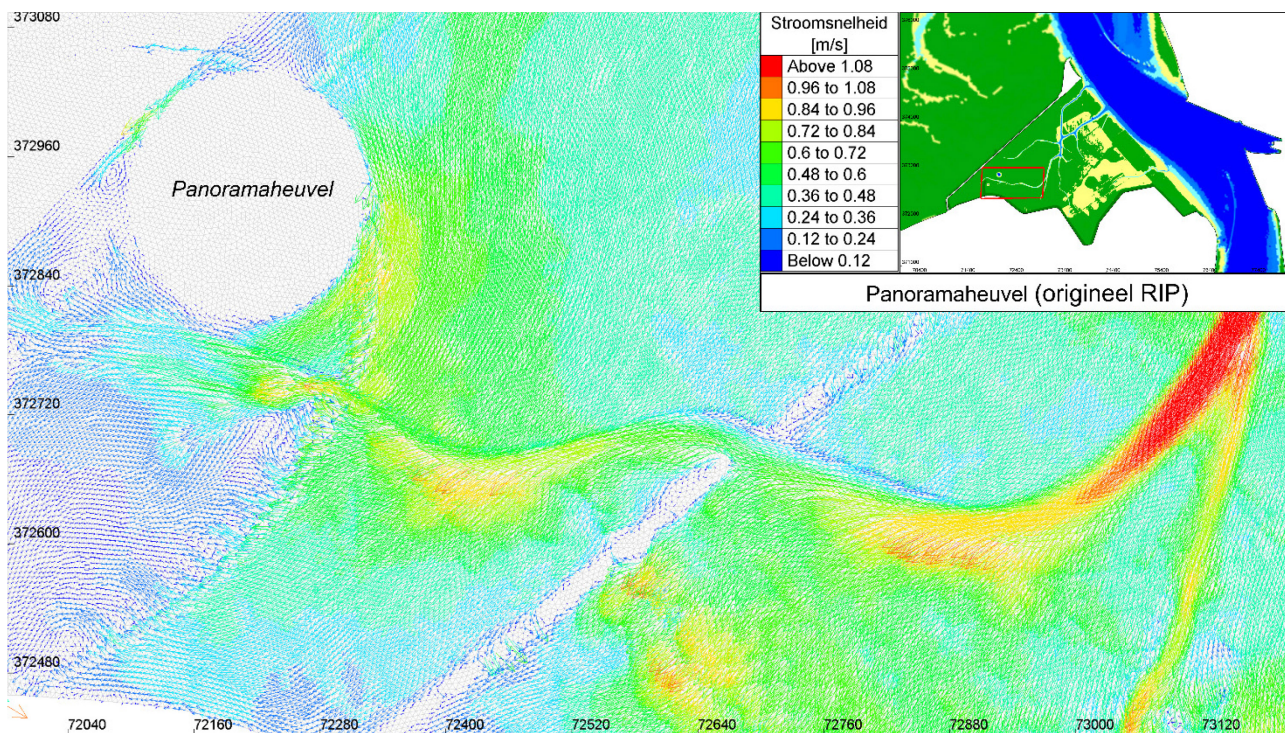
Figuur 11 – Vergelijking van stroomsnelheden tijdens maximum vloed springtij achteraan de Hedwigepolder ter hoogte van locatie panoramaheuvel voor de referentie van het geoptimaliseerd RIP



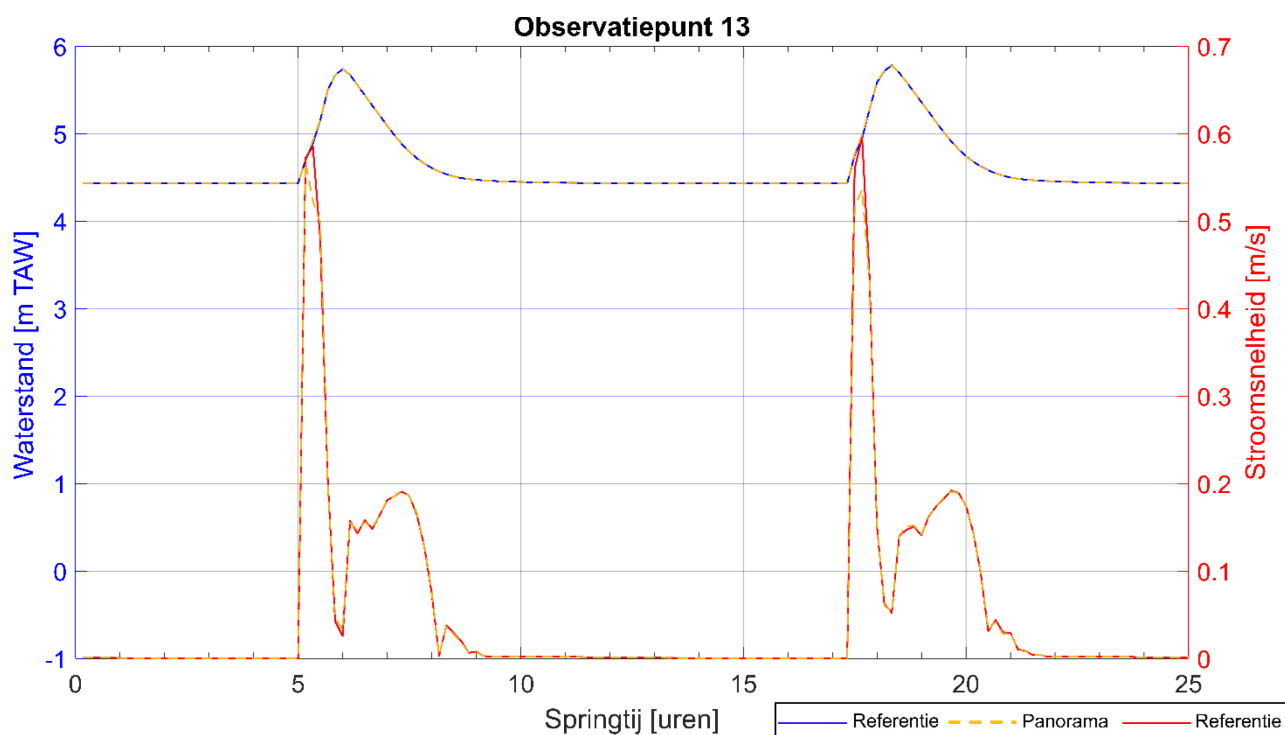
Figuur 12 – Vergelijking van stroomsnelheden tijdens maximum vloed springtij achteraan de Hedwigepolder ter hoogte van locatie panoramaheuvel voor het scenario met de panoramaheuvel en verwijdering van het stuk Sieperdadijk op basis van het geoptimaliseerd RIP



Figuur 13 – Vergelijking van stroomsnelheden tijdens maximum vloed springtij achteraan de Hedwigepolder ter hoogte van locatie panoramaheuveld voor het scenario met de panoramaheuveld op basis van het origineel RIP



Figuur 14 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij voor observatiepunt 13.

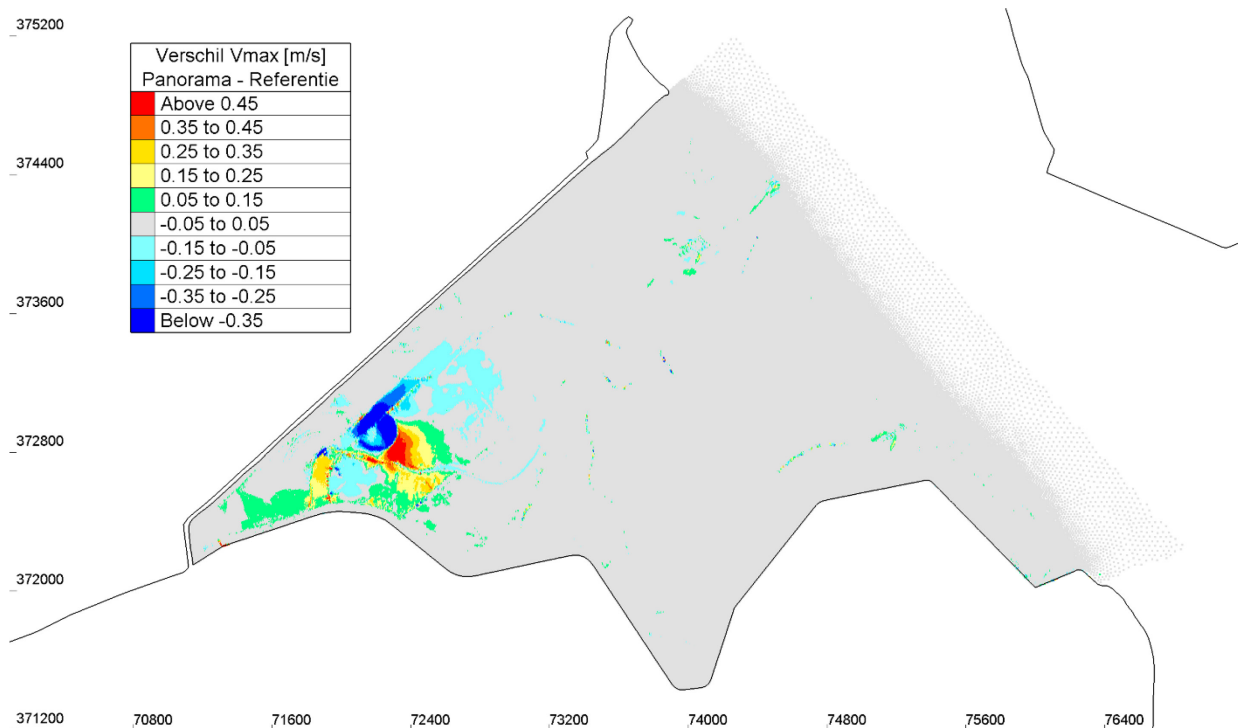


4.4.2 Maximale stroomsnelheid

De kaarten met de maximale stroomsnelheid tijdens springtij voor de referentietoestand en het scenario met de panoramaheuvel zijn terug te vinden in bijlage 4. Hier wordt enkel een verschilkaart (Figuur 15) weergegeven. Daarop is duidelijk te zien dat het verschil zich beperkt tot de directe omgeving van de panoramaheuvel. Er is een sterke stijging van de maximale stroomsnelheid ten ZO van de panoramaheuvel. Dit werd ook reeds aangehaald in de vorige sectie. Hier worden stroomsnelheden van ca. 100 cm/s gehaald. In het NO en ZW (direct naast de panoramaheuvel, zien we een daling in de maximale stroomsnelheid. Uiteraard is er op de plaats van de heuvel zelf geen stroomsnelheid meer en dit uit zich op de verschilkaart als een daling in maximale stroomsnelheid.

De grote stroomsnelheden ten Z en ZO van de panoramaheuvel, kunnen voor lokale erosie zorgen aan de basis van de panoramaheuvel.

Figuur 15 – Verschil in maximale stroomsnelheid tijdens springtij tussen scenario met Panoramaheuvel en de referentietoestand.



4.5 Verwachtingen morfologie

Aangezien het toevoegen van de panoramaheuvel en wegnemen van het stuk Sieperdadijk geen grote invloed (grootteorde 0,15 % minder) hebben op de wateruitwisseling tussen de polder en Schelde, verwachten we ook geen grote verschillen¹ in de totale hoeveelheid sediment dat de polder binnenkomt. Dus op de sedimentbalans op de schaal van de volledige polder worden geen grote verschillen verwacht.

Verder blijft er lokaal rond de panoramaheuvel iets meer water achteraan de polder tijdens opeenvolgende springtijden. Dit is te zien aan de waterstanden in observatiepunt 10 (Figuur 8). In stilstaand water kan al het sediment uitzakken. Verwacht wordt dat de zone achter de panoramaheuvel sneller zal sedimenteren, doch dat dit op de ontwikkeling van de volledige polder geen noemenswaardige invloed zal hebben. Zolang er meer water naar het deel achter de panoramaheuvel blijft aangevoerd worden en dit water daar ook langer stil blijft staan, zal dit gebied sneller ophoger dan de referentie. Wanneer dit deel dan ophooft, zal er minder water hiernaartoe gaan en zal de sedimentatiesnelheid afnemen en gelijkaardige waarden aannemen zoals die in de referentie verwacht worden. Er wordt met andere woorden steeds naar een evenwicht gezocht door het systeem.

Omdat er dus meer water naar het deel van de verwijderde Sieperdadijk en achterliggend deel stroomt, liggen de stroomsnelheden langsheen de panoramaheuvel en de toevoerende kreek iets hoger dan vergeleken met de referentie (Figuur 12 versus Figuur 13). Deze snelheden zullen ervoor zorgen dat hier minder sediment zal neerslaan of dat er zelfs sediment lokaal zal eroderen. Dit proces zal doorgaan totdat het achterliggende deel zodanig opgehoogd is, dat er niet meer water naar dit deel stroomt dan in de referentie het geval is. In het proces van de ophoging van dat achterliggend deel, zullen ook de stroomsnelheden naast de heuvel en in de toevoerende kreek steeds afnemen totdat deze weer overeenkomen met de referentie.

De processen (en de snelheid ervan) die hier beschreven worden, zijn afhankelijk van de hoeveelheid sediment dat door het water tot achteraan de polder wordt gebracht.

Gezien de beperkte verschillen in waterbeweging tussen scenario en referentie, worden ook morfologisch geen grote verschillen verwacht. Enkel het eroderend vermogen van het water dat net langs de panoramaheuvel stroomt, blijft een aandachtspunt voor de stabiliteit van de heuvel zelf. Het achterliggend deel zal zich op gelijkaardige manier als de rest van de polder ontwikkelen; de snelheid van ophogen kan aanvankelijk licht hoger liggen.

¹ De totale hoeveelheid sediment wordt uitgedrukt als een concentratie sediment in de waterkolom maal het aantal liter dat de polder binnenstroomt. Als we deze concentratie in deze denkoefening constant houden voor het scenario met en zonder panoramaheuvel, zal de totale hoeveelheid sediment dus evenredig verminderen met de hoeveelheid water dat de polder binnenstroomt: m.a.w. een vermindering van 0,15 %.

5 Conclusie

Het voorzien van een panoramaheuvel (en verwijderen van een stuk Sieperdadijk) in de Hedwigepolder noodzaakt een herziening van het Rijksinpassingsplan, waarvoor de effecten op de waterbeweging in en de morfologische ontwikkelingen van het gebied onderzocht dienen te worden. Met het bestaande modelinstrumentarium werden deze effecten ingeschat.

Het inpassen van een panoramaheuvel in de NW hoek van de Hedwigepolder heeft enkel een lokaal effect op de waterbeweging in de polder. Het is echter het verwijderen van het laatste stuk Sieperdadijk dat grotere invloed heeft op de waterbeweging achteraan de polder. Meer water kan de achterkant ter hoogte van het Sieperdaschor bereiken. Tijdens gemiddeld tij en springtij liggen de waterstanden hier een 10 tot 15 cm hoger in vergelijking met de referentie. Dit zorgt voor een langere overstromingsduur en hogere stroomsnelheden. Deze effecten zijn op zich niet negatief.

Verder werd het wandelpad naar de panoramaheuvel niet in het model opgenomen omdat ervan werd uitgegaan dat aan de westkant dit als een soort vlonderpad gebouwd zal worden (zoals bv in Bergenmeersen) zodat het water er vrij onderdoor kan stromen. Evenals aan de oostkant waar er een brug over de geul zal worden aangelegd. In die hoedanigheid veroorzaakt het dan geen veranderingen in waterbeweging en werd het dus niet in het beproefde scenario opgenomen.

Enig aandachtspunt voor de panoramaheuvel zijn de maximale stroomsnelheden langs de heuvel tijdens maximale vloed springtij. In het model worden stroomsnelheden rond de 1 m/s waargenomen net langs (Z en ZO) de panoramaheuvel, wat van dezelfde grootte-orde is als de nabijgelegen punten. Dit kan lokaal voor erosie zorgen. Deze hogere stroomsnelheden worden vermoedelijk veroorzaakt door de verhoogde komberging achteraan de polder door het verwijderen van het stuk Sieperdadijk. Deze conclusie wordt getrokken omdat in een scenario met het inpassen van een panoramaheuvel (en zonder verwijderen van het stuk Sieperdadijk) in het originele RIP door Smolders *et al.* (2019a) dergelijke hoge stroomsnelheden niet werden waargenomen.

Gezien de beperkte verschillen in waterbeweging tussen scenario en referentie, worden ook morfologisch geen grote verschillen verwacht. Enkel het eroderend vermogen van het water dat net langs de panoramaheuvel stroomt, blijft een aandachtspunt voor de stabiliteit van de heuvel zelf. Het achterliggend deel zal zich op gelijkaardige manier als de rest van de polder ontwikkelen; de snelheid van ophogen kan aanvankelijk licht hoger liggen.

Als mitigerende maatregelen zijn verschillende oplossingen mogelijk: in het huidige scenario kan de basis van de panoramaheuvel verstevigd worden tegen erosie. Als alternatief kan er eventueel nog voor gekozen worden om een extra geul te graven ten oosten van de heuvel, om het water in deze nieuwe geul te concentreren en de stroomsnelheden langs de panoramaheuvel te reduceren. Bij het afgraven van het stuk Sieperdadijk kan ervoor gezorgd worden dat de komberging achteraan niet te groot wordt door het afgraven te beperken tot schorhoogte van het naastliggende Sieperdaschor. Als laatste kan ook de panoramaheuvel meer naar achteren in de polder geplaatst worden zodat er geen of weinig water achterdoor moet passeren. Dergelijke maatregelen kunnen bevestigd worden door bijkomend scenario onderzoek.

Referenties

Maximova, T.; Vanlede, J.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Inrichtingsplan Hedwige-Prosperpolder: deelrapport 1. Numeriek 2D model. *WL Rapporten*, 13_166. Flanders Hydraulics Research: Antwerp

Smolders, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2019a). Panoramaheuvel in Hedwige-Prosperpolder: Invloed op waterbeweging in het geoptimaliseerd RIP en morfologische interpretatie. *WL Rapporten*, 19_006_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Smolders, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2019b). Panoramaheuvel in Hedwige-Prosperpolder: Invloed op waterbeweging in het geoptimaliseerd RIP en morfologische interpretatie. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 19_006_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Vanlede, J.; Maximova, T.; Vandenbruwaene, W.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Inrichtingsplan Hedwige-Prosperpolder: deelrapport 2. Resultaten van het hydrodynamisch model. *WL Rapporten*, 13_166. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Bijlage 1 TELEMAC Steering file

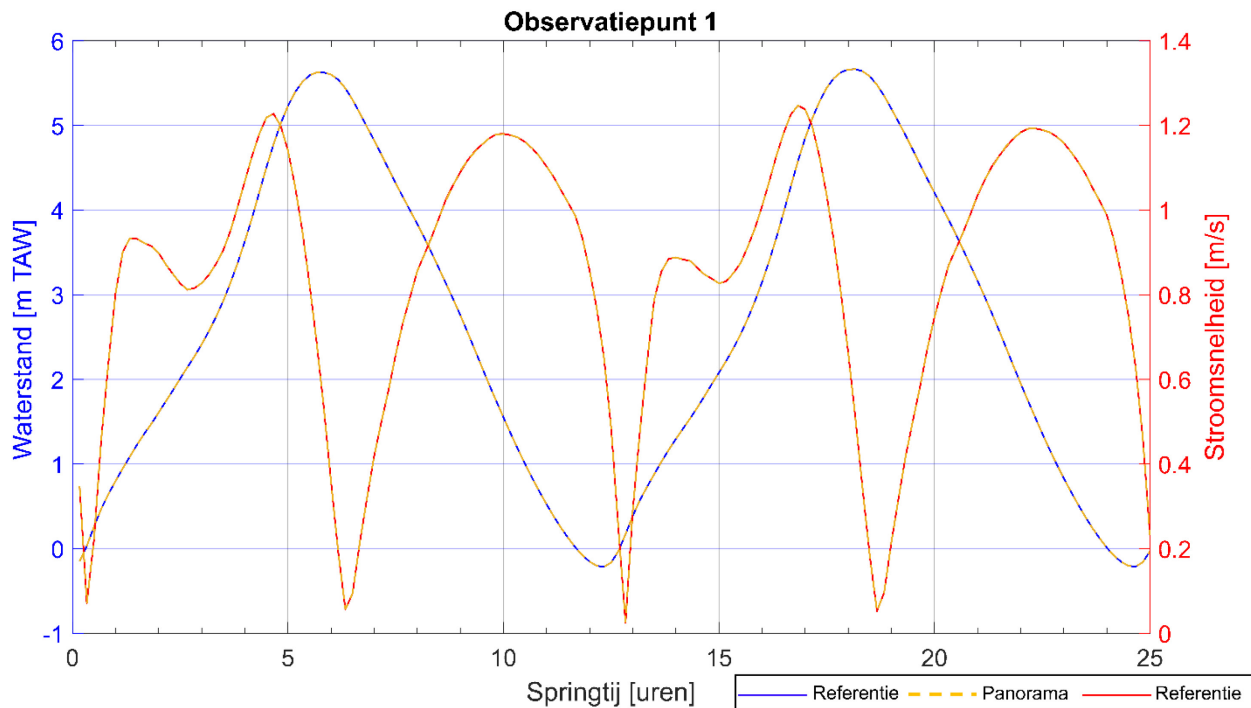
```

/-----
/ EQUATIONS
/-----
FRICTION COEFFICIENT =0.021
LAW OF BOTTOM FRICTION =4
/-----
/ EQUATIONS, BOUNDARY CONDITIONS
/-----
VELOCITY PROFILES      =1;1
PRESCRIBED FLOWRATES   =0;0
PRESCRIBED ELEVATIONS  =0;0
OPTION FOR LIQUID BOUNDARIES =1;1
/-----
/ EQUATIONS, INITIAL CONDITIONS
/-----
INITIAL ELEVATION =3
INITIAL CONDITIONS ='CONSTANT ELEVATION'
/-----
/ INPUT-OUTPUT, FILES
/-----
LIQUID BOUNDARIES FILE ='simHPP_0.liq'
GEOMETRY FILE          ='simHPP5_panorama.slf'
STEERING FILE          ='simHPP_5'
BOUNDARY CONDITIONS FILE ='simHPP_0.conlim'
RESULTS FILE           ='res_simHPP5_panorama'
/-----
/ INPUT-OUTPUT, GRAPHICS AND LISTING
/-----
LISTING PRINTOUT PERIOD    =40
VARIABLES FOR GRAPHIC PRINTOUTS =U,V,B,H,S
MASS-BALANCE              =true
GRAPHIC PRINTOUT PERIOD    =400
/-----
/ NUMERICAL PARAMETERS
/-----
CONTINUITY CORRECTION      =true
ORIGINAL HOUR OF TIME      =00;00;00
PARALLEL PROCESSORS        =48
NUMBER OF TIME STEPS       =604800 / 10.5 dagen bij tijdstap 1.5
FREE SURFACE GRADIENT COMPATIBILITY =0.9
TREATMENT OF THE LINEAR SYSTEM =2
TIME STEP                  =1.5
/-----
/ NUMERICAL PARAMETERS
/-----
ORIGINAL DATE OF TIME      =2009;05;17
/-----
/ NUMERICAL PARAMETERS, SOLVER
/-----
SOLVER OPTION =5
SOLVER        =7

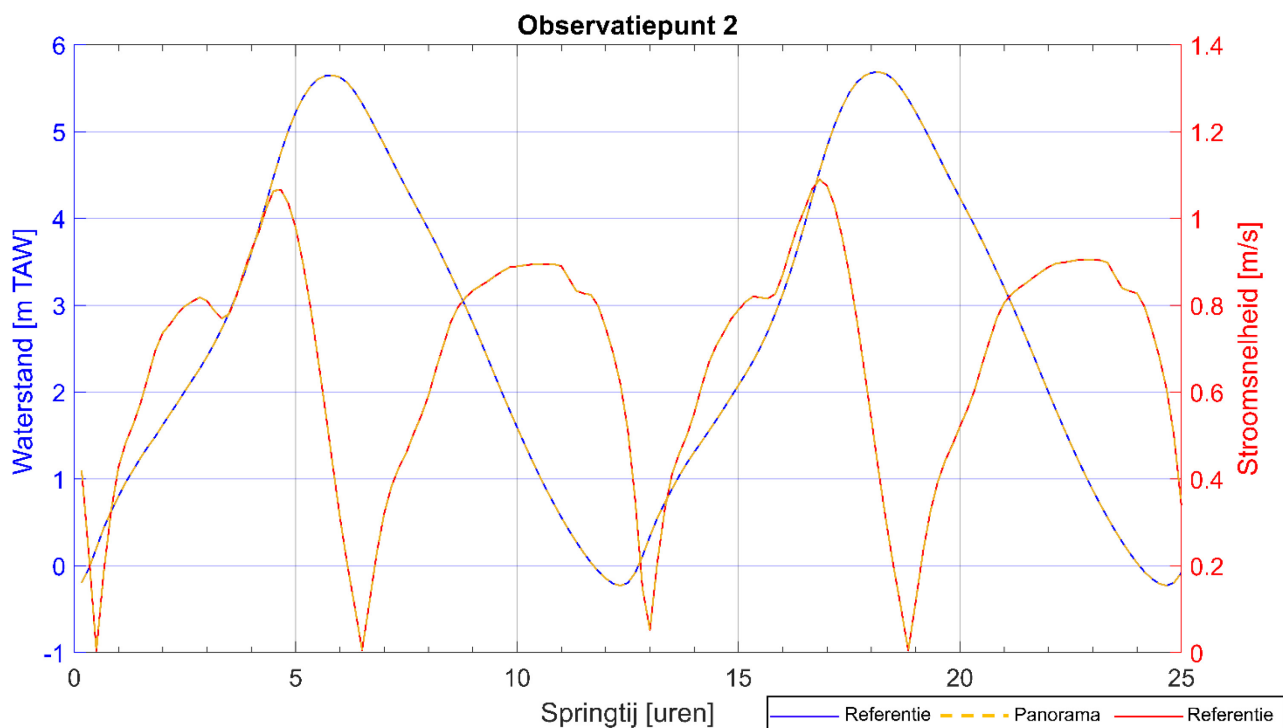
```

Bijlage 2 Waterstanden en stroomsnelheden in 20 observatiepunten

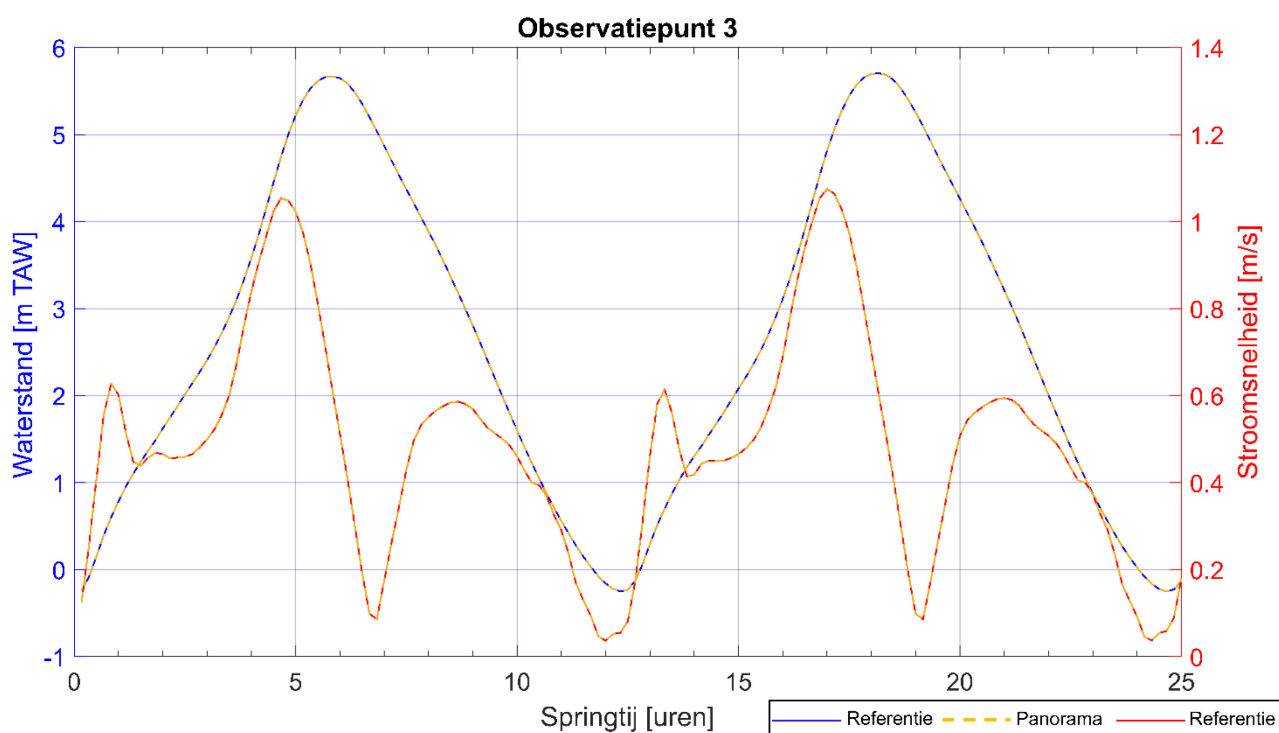
Figuur 16 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 1.



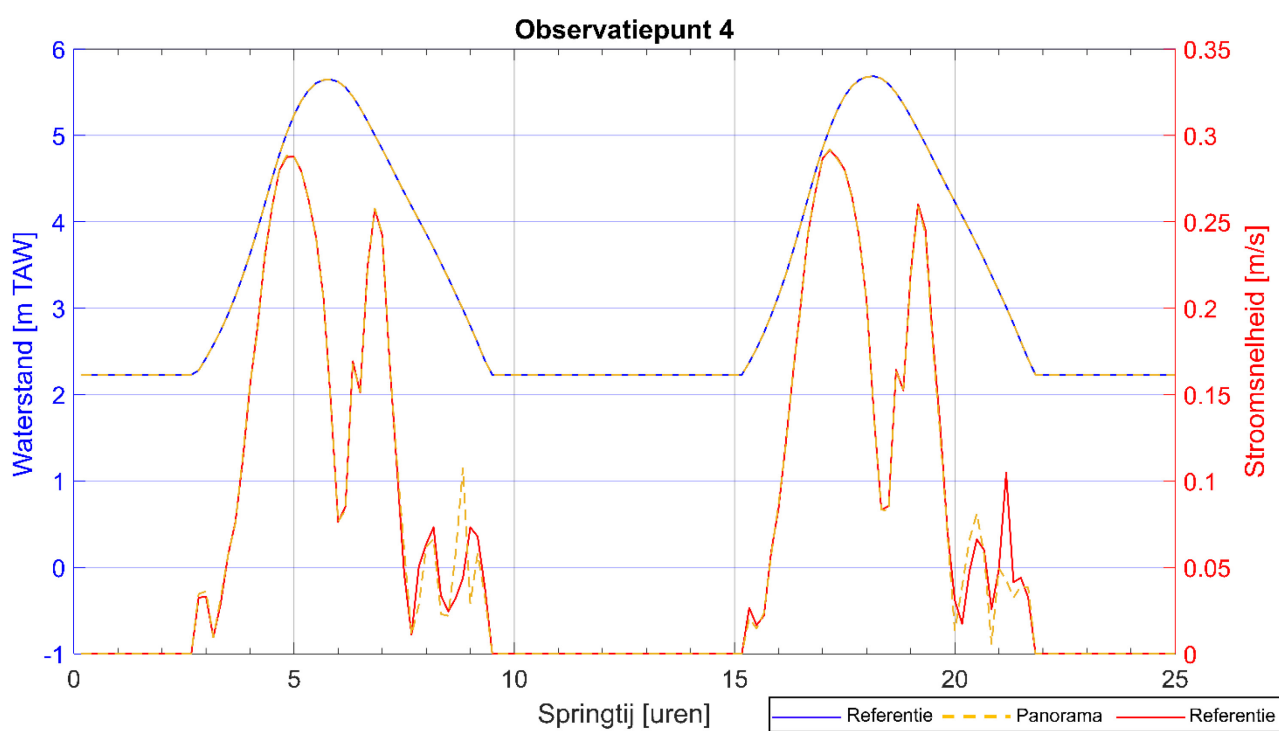
Figuur 17 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 2.



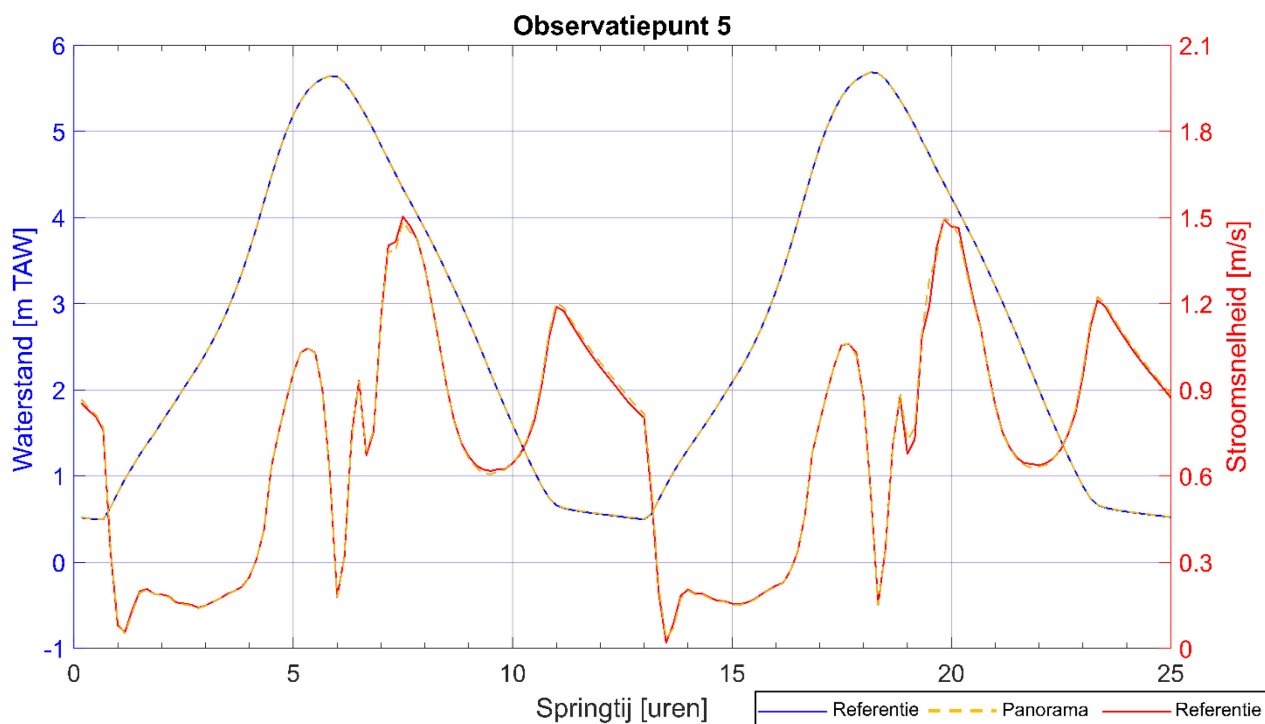
Figuur 18 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 3.



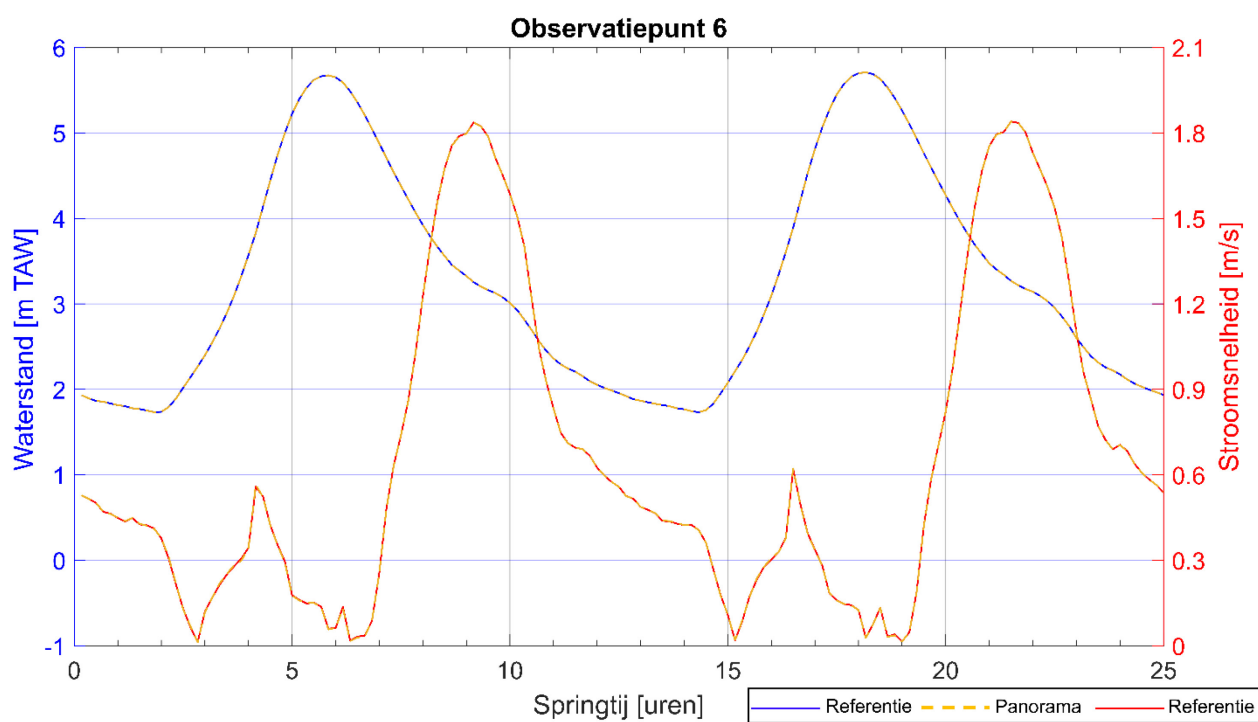
Figuur 19 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 4.



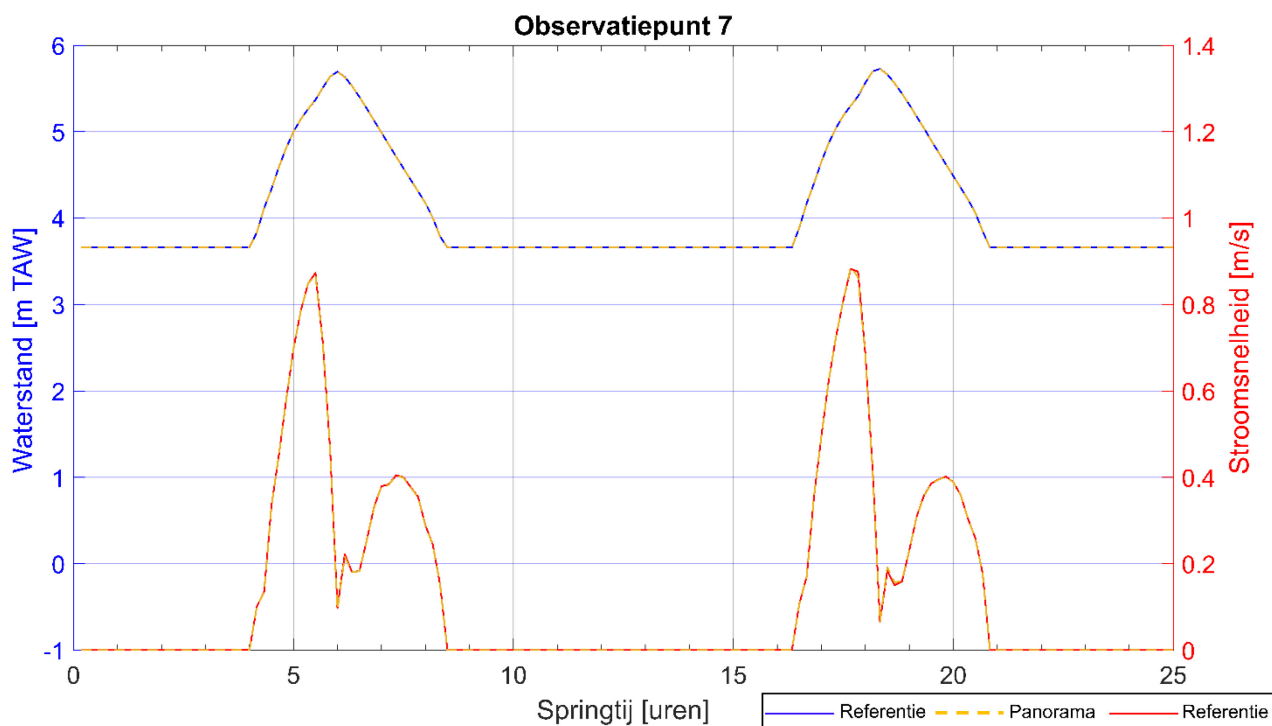
Figuur 20 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 5.



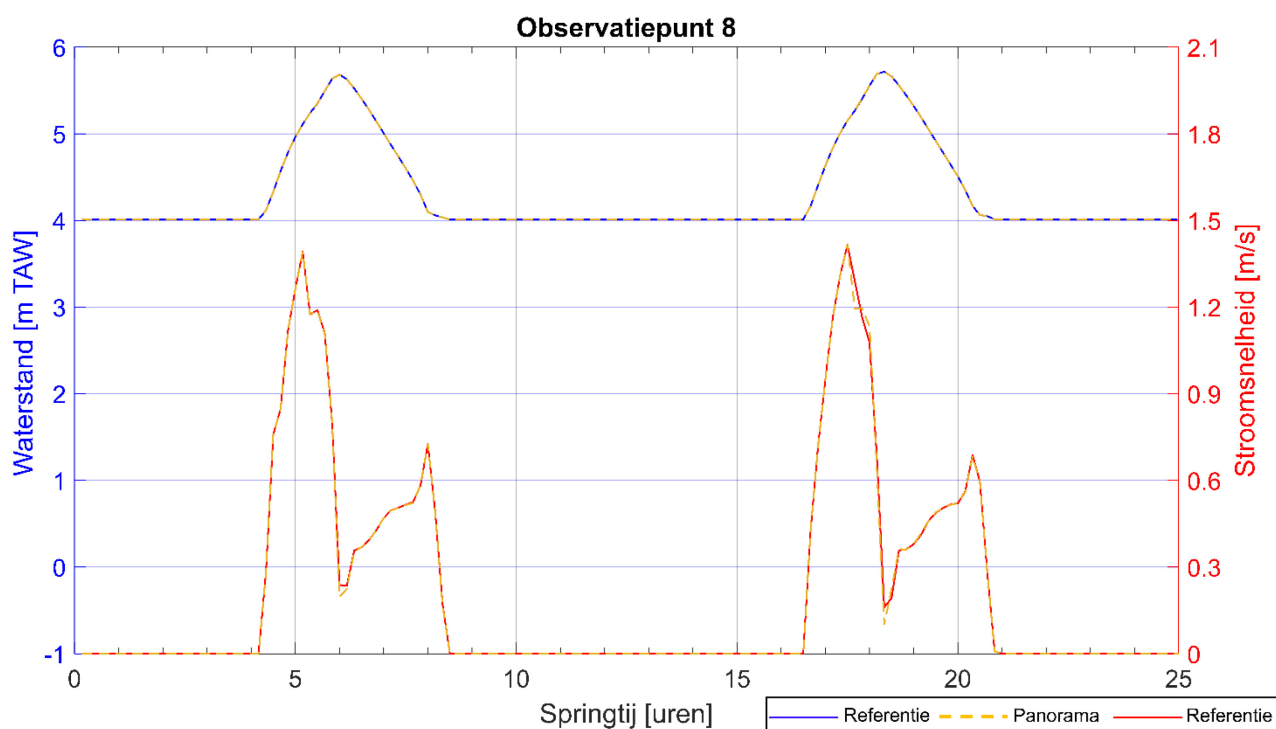
Figuur 21 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 6.



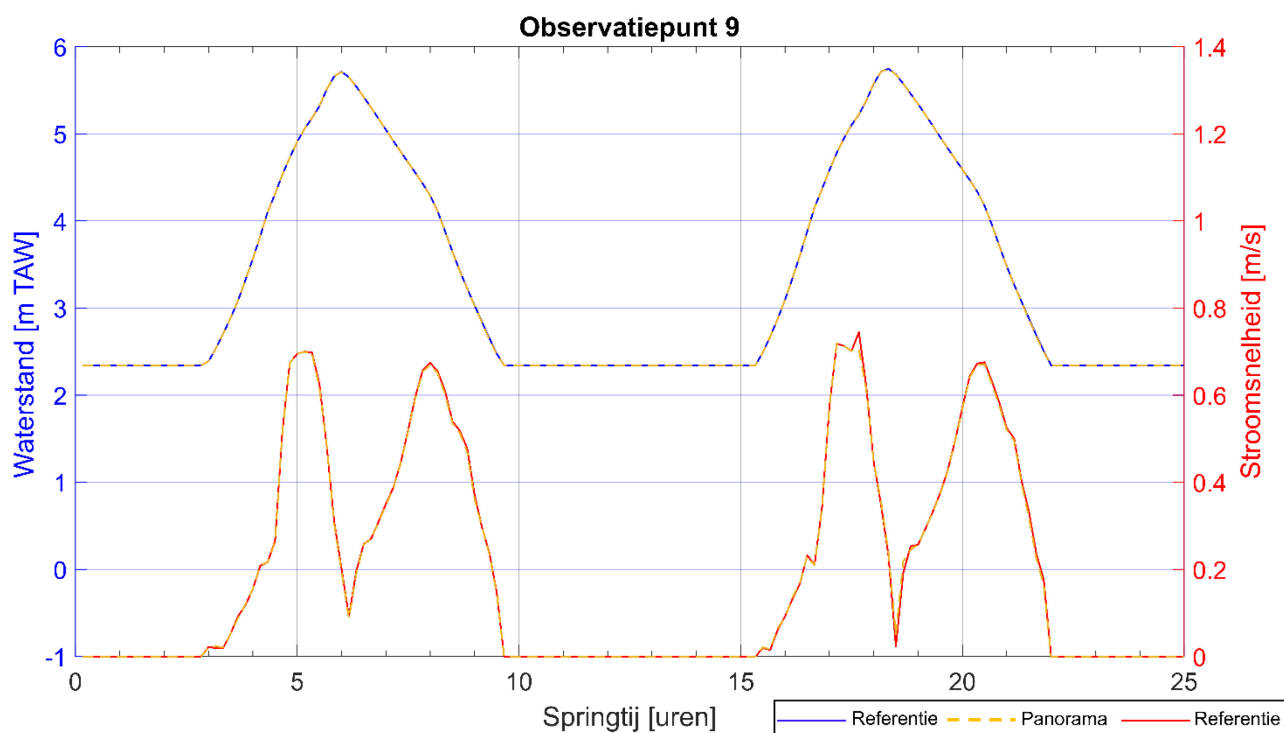
Figuur 22 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 7.



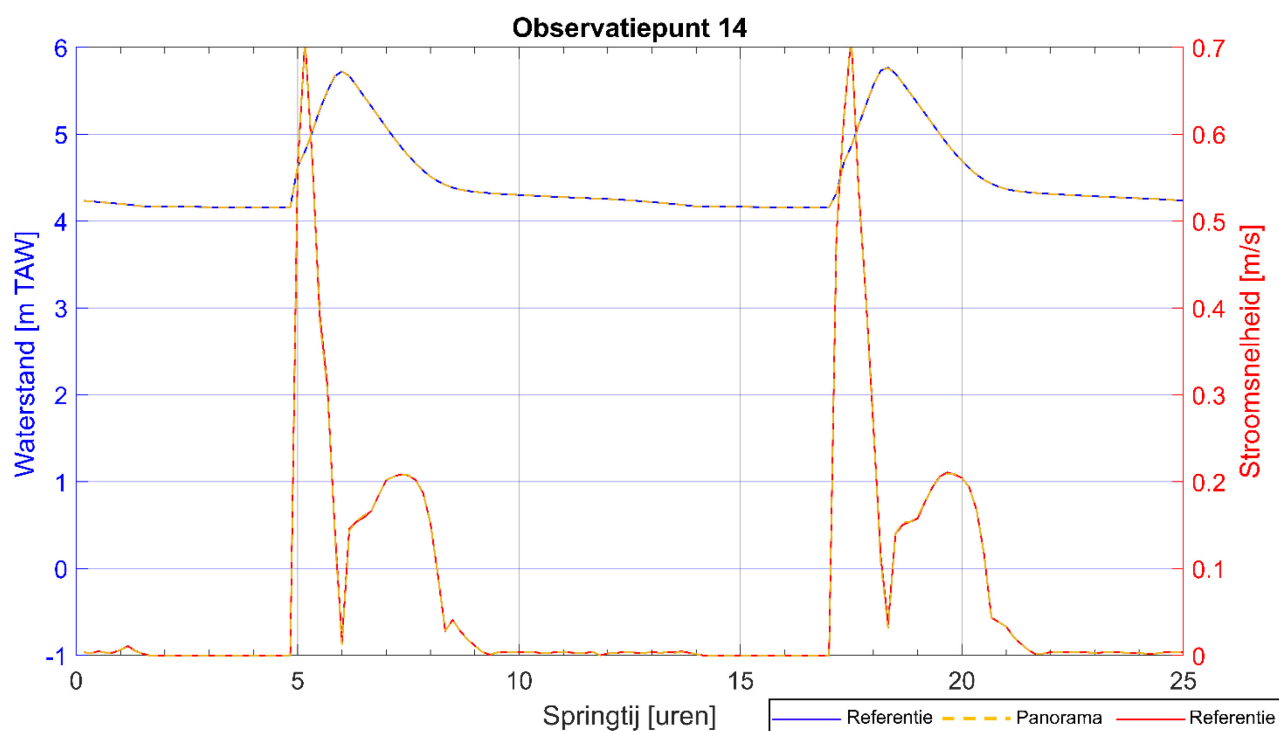
Figuur 23 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 8.



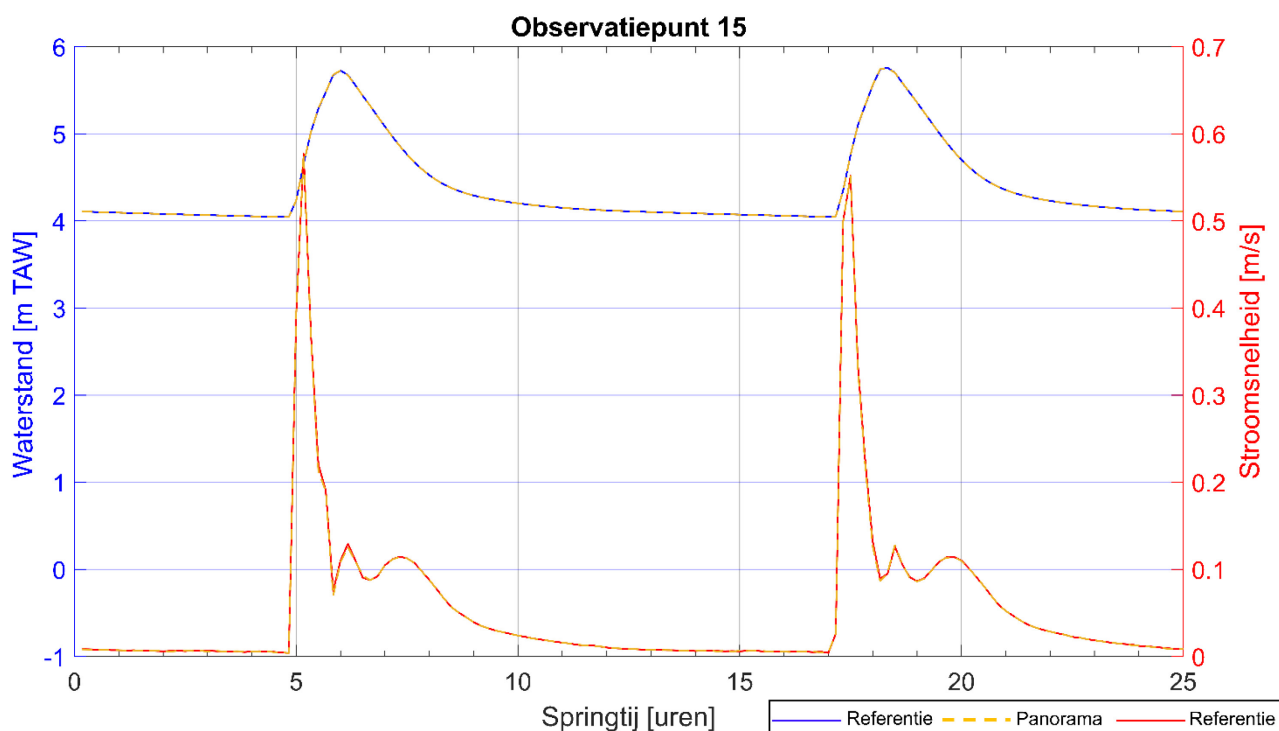
Figuur 24 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 9.



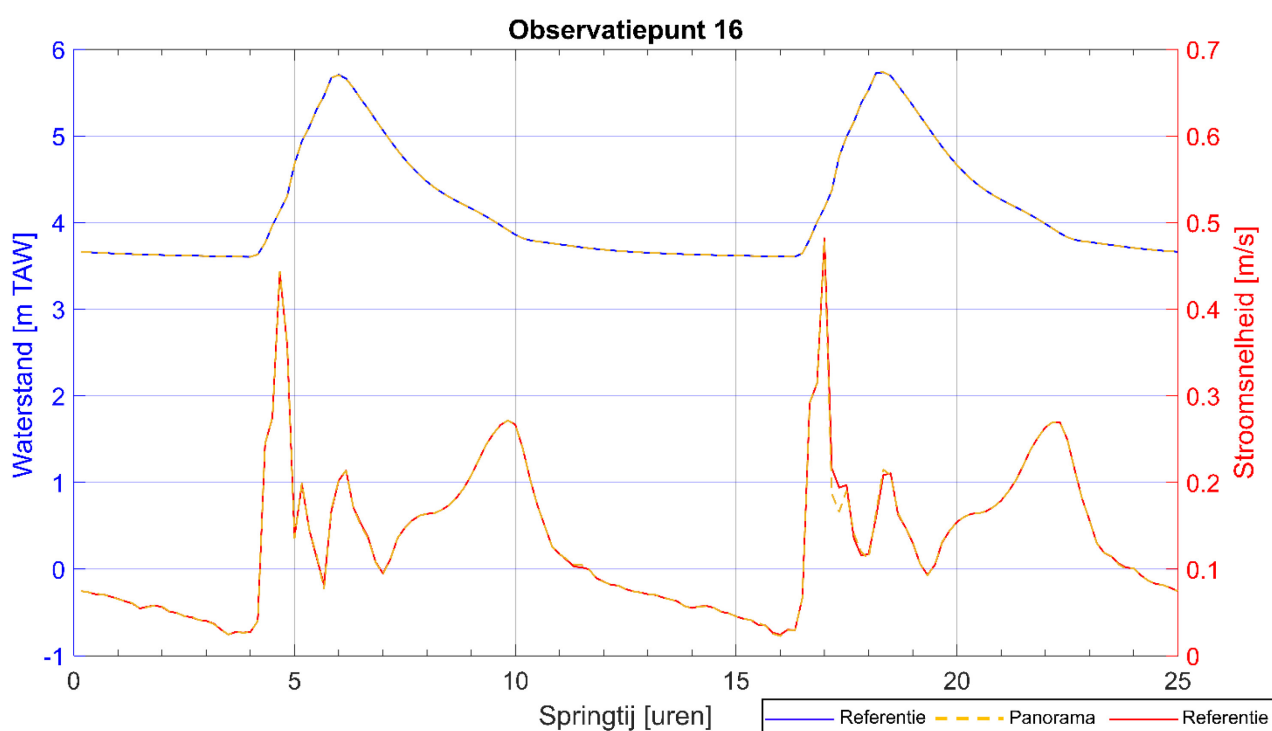
Figuur 25 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 14.



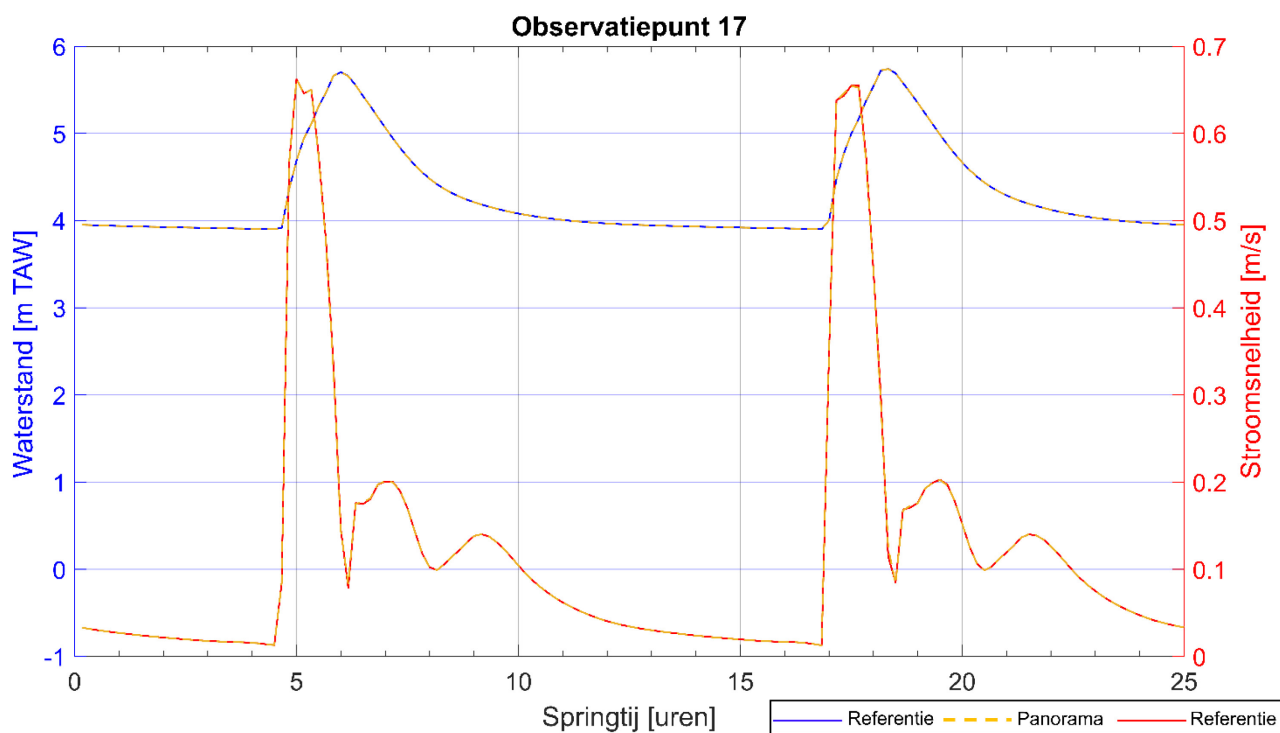
Figuur 26 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 15.



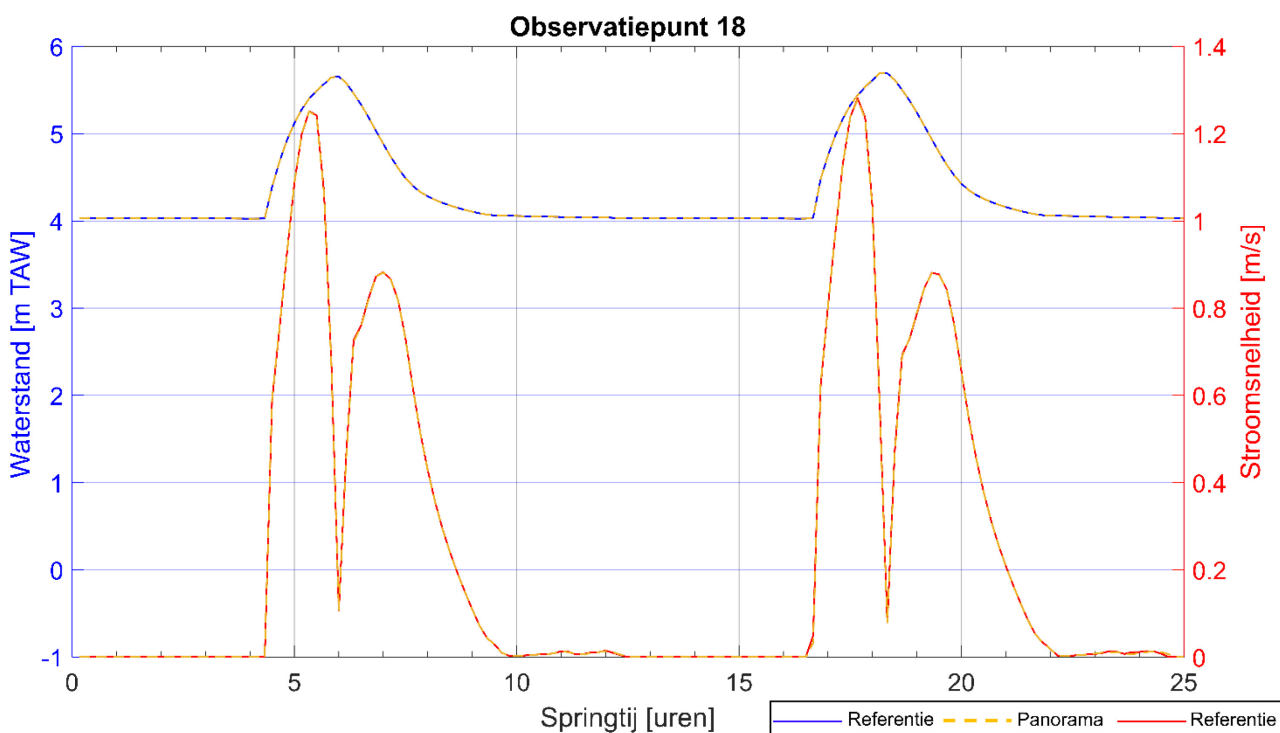
Figuur 27 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 16.



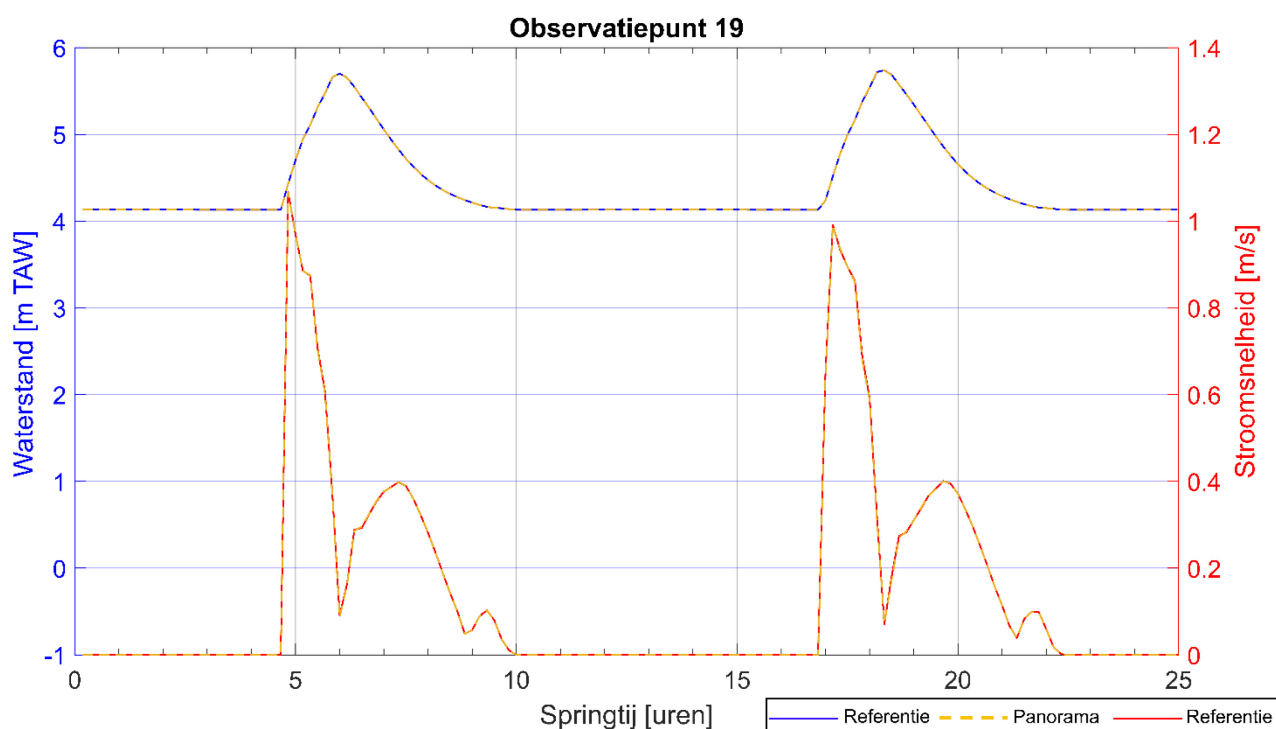
Figuur 28 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 17.



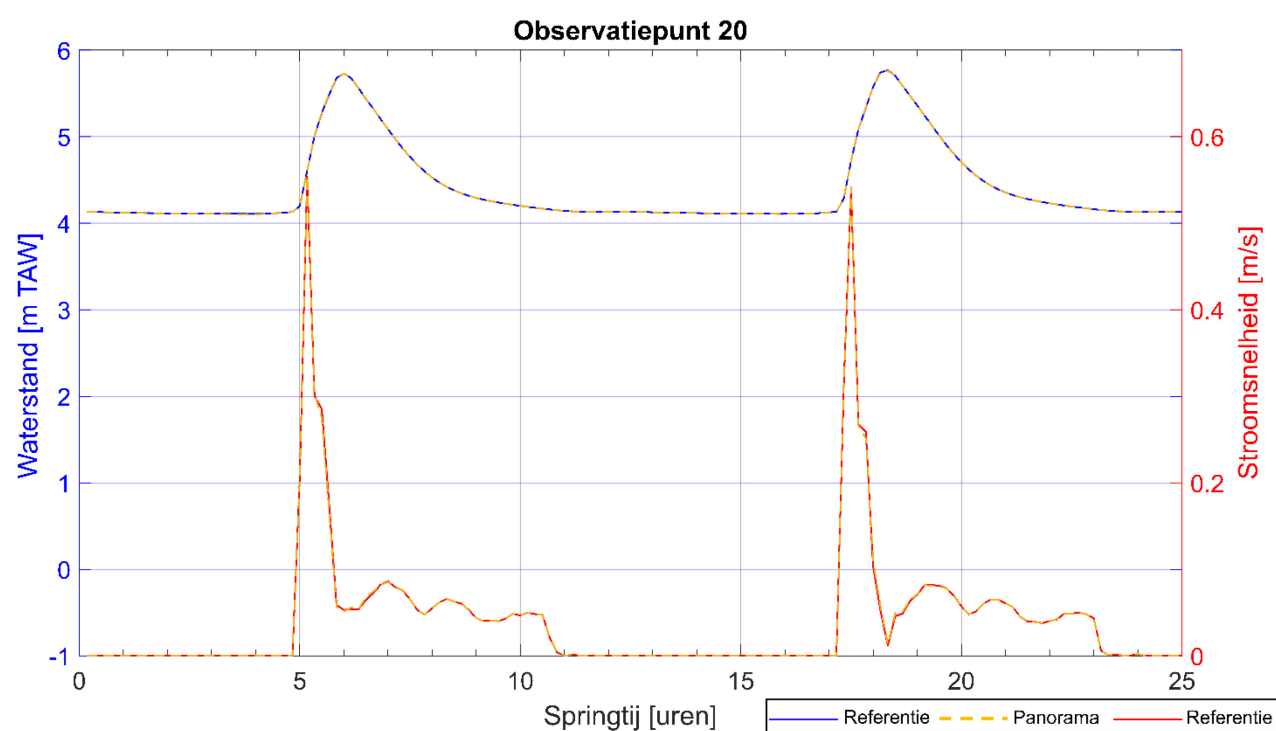
Figuur 29 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 18.



Figuur 30 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 19.



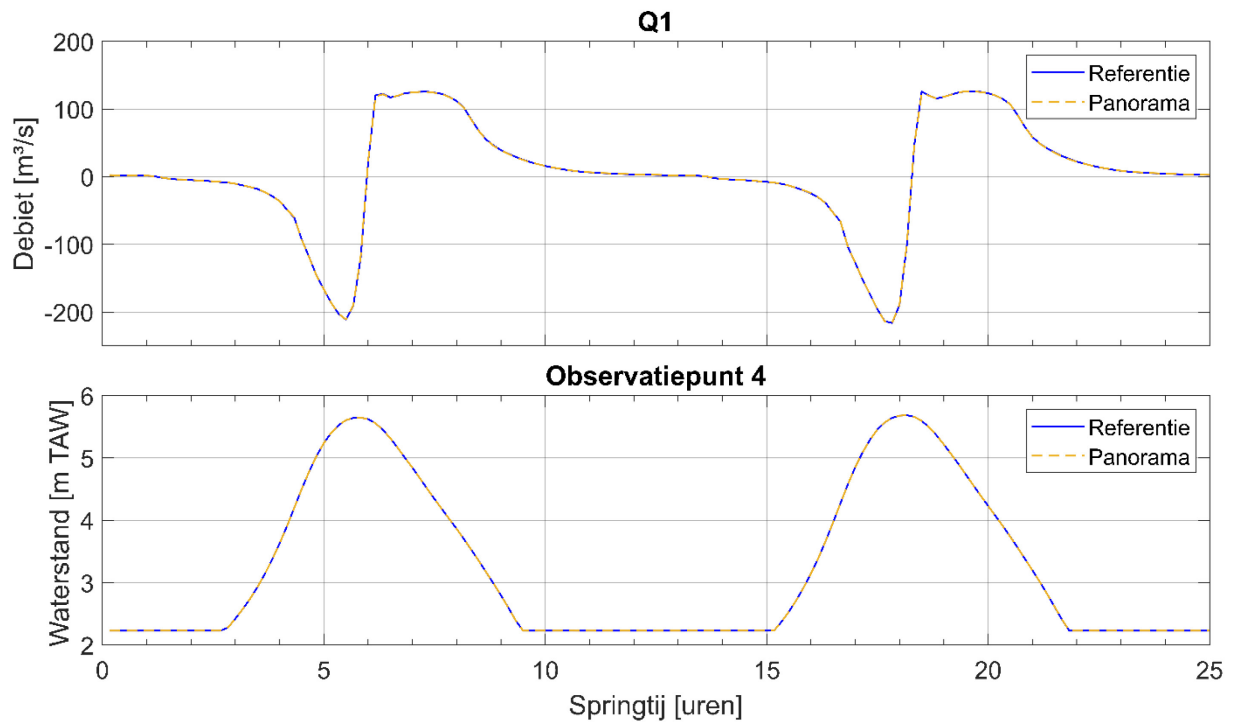
Figuur 31 – Waterstanden en stroomsnelheden tijdens springtij in observatiepunt 20.



Bijlage 3 Debieten

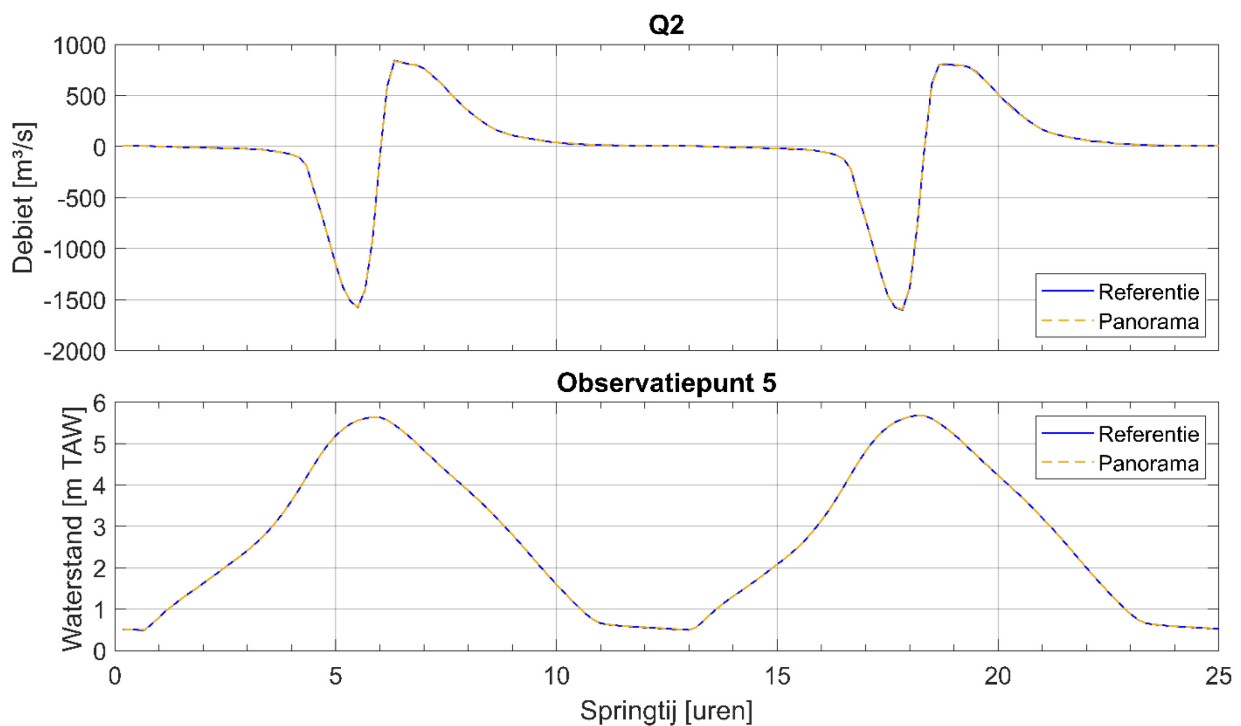
Figuur 32 – Debiet over raai Q 1.

Negatief debiet tijdens vloed, positief tijdens eb. De waterstanden van observatiepunt 4 zijn ter informatie ook weergegeven.



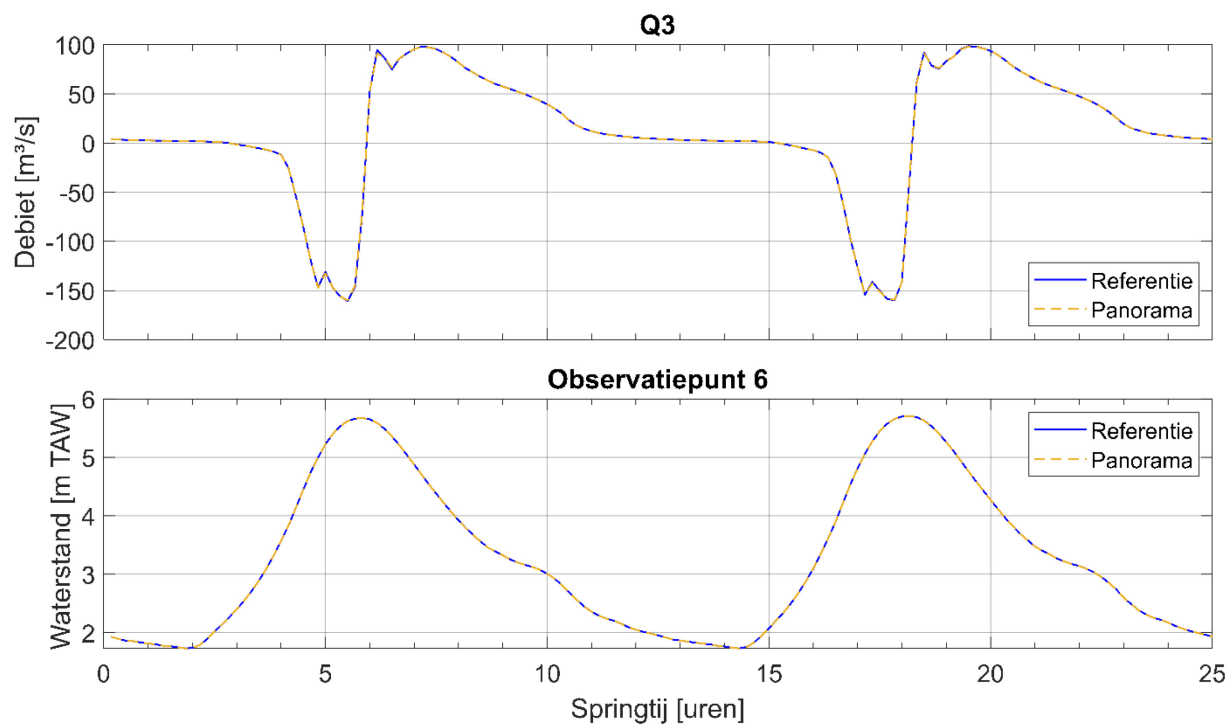
Figuur 33 – Debiet over raai Q 2.

Negatief debiet tijdens vloed, positief tijdens eb. De waterstanden van observatiepunt 5 zijn ter informatie ook weergegeven.



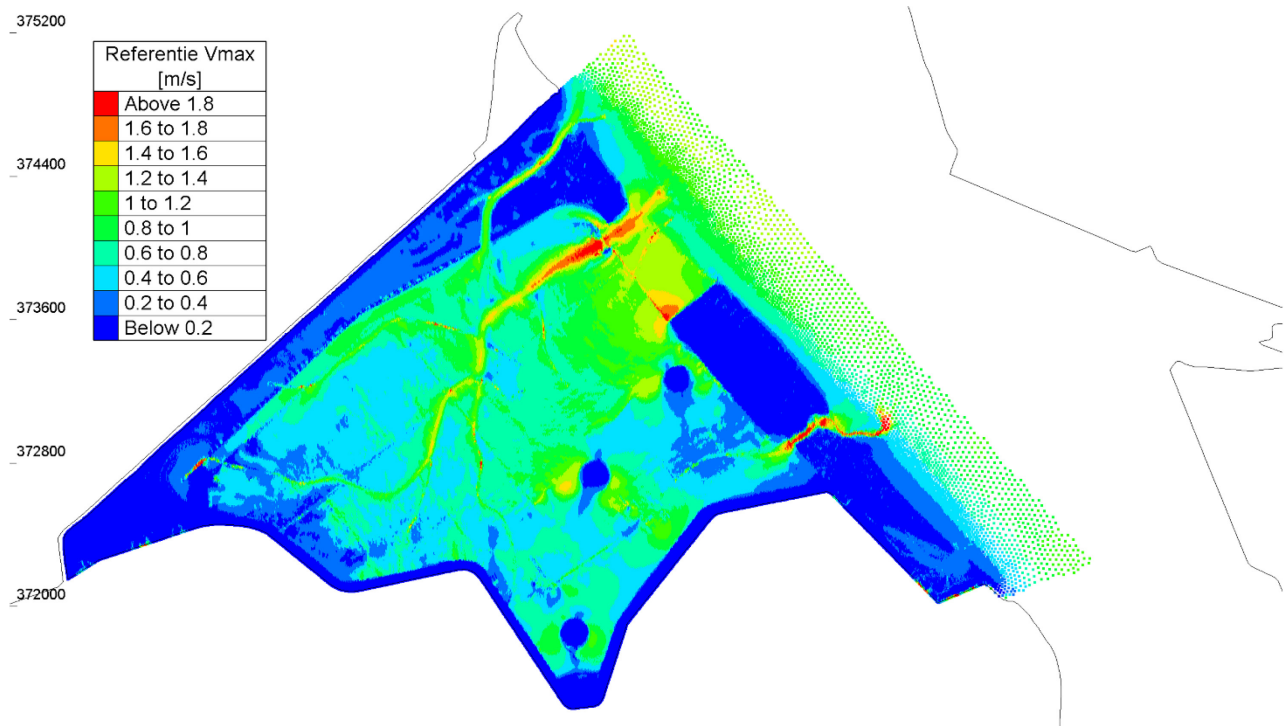
Figuur 34 – Debiet over raai Q 3.

Negatief debiet tijdens vloed, positief tijdens eb. De waterstanden van observatiepunt 6 zijn ter informatie ook weergegeven.

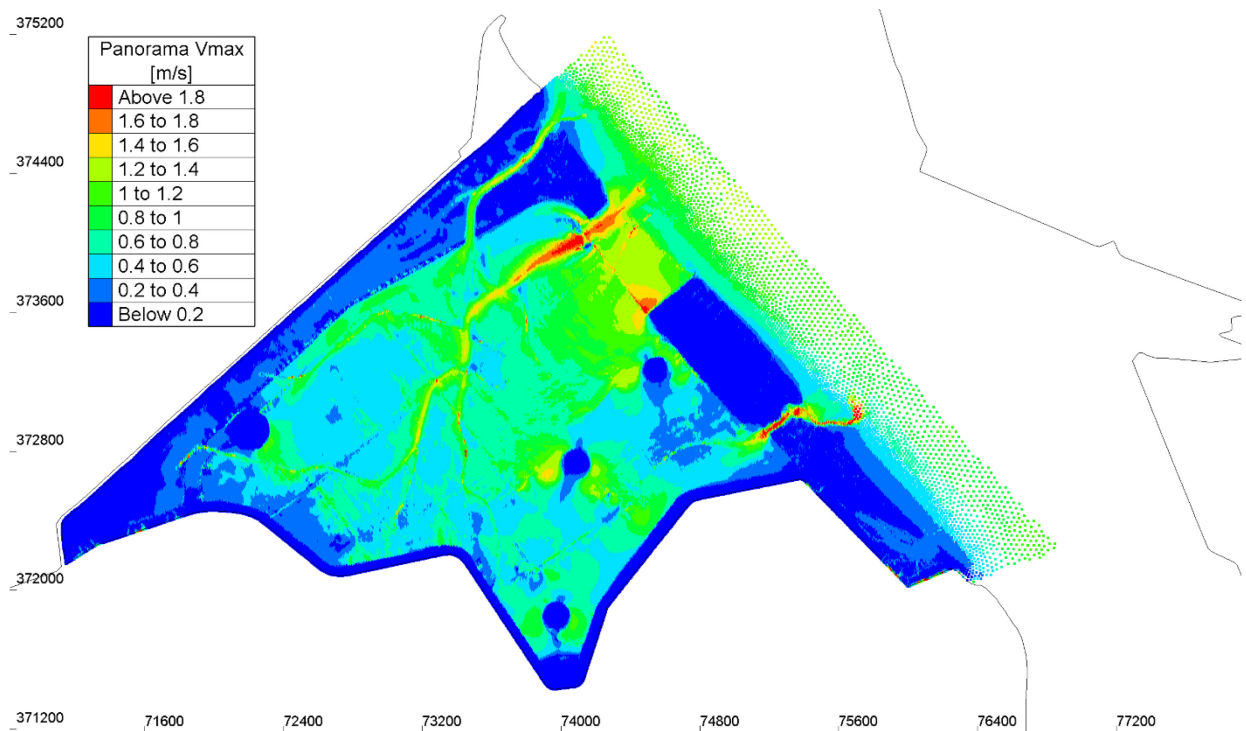


Bijlage 4 map van de maximale stroomsnelheid

Figuur 35 – Maximale stroomsnelheid in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor de referentietoestand

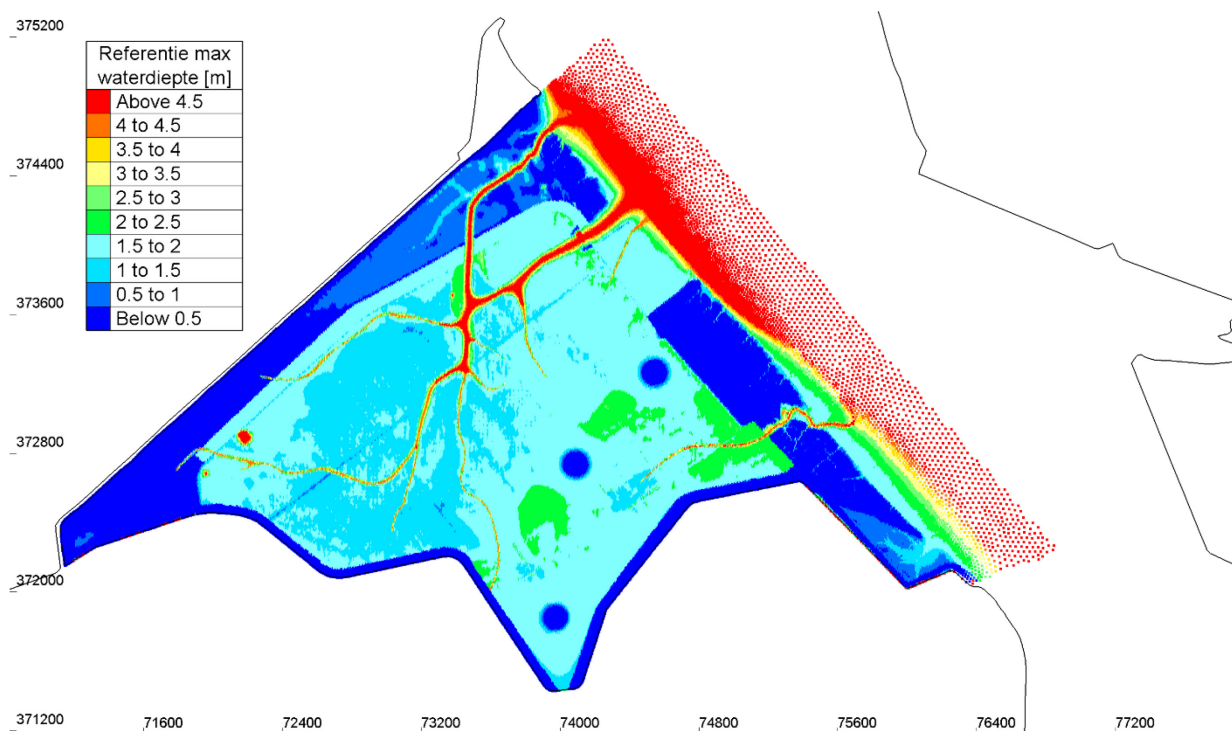


Figuur 36 – Maximale stroomsnelheid in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor het scenario met de panoramaheuvel.

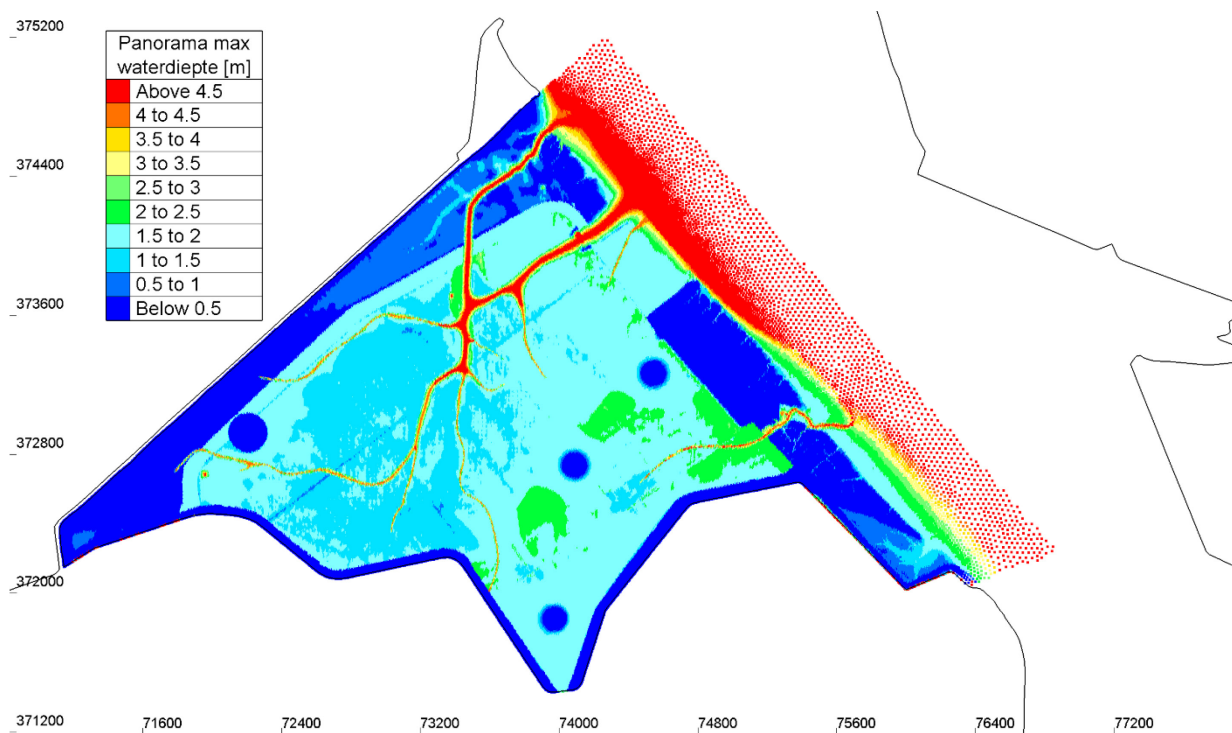


Bijlage 5 maximale en minimale waterdiepte

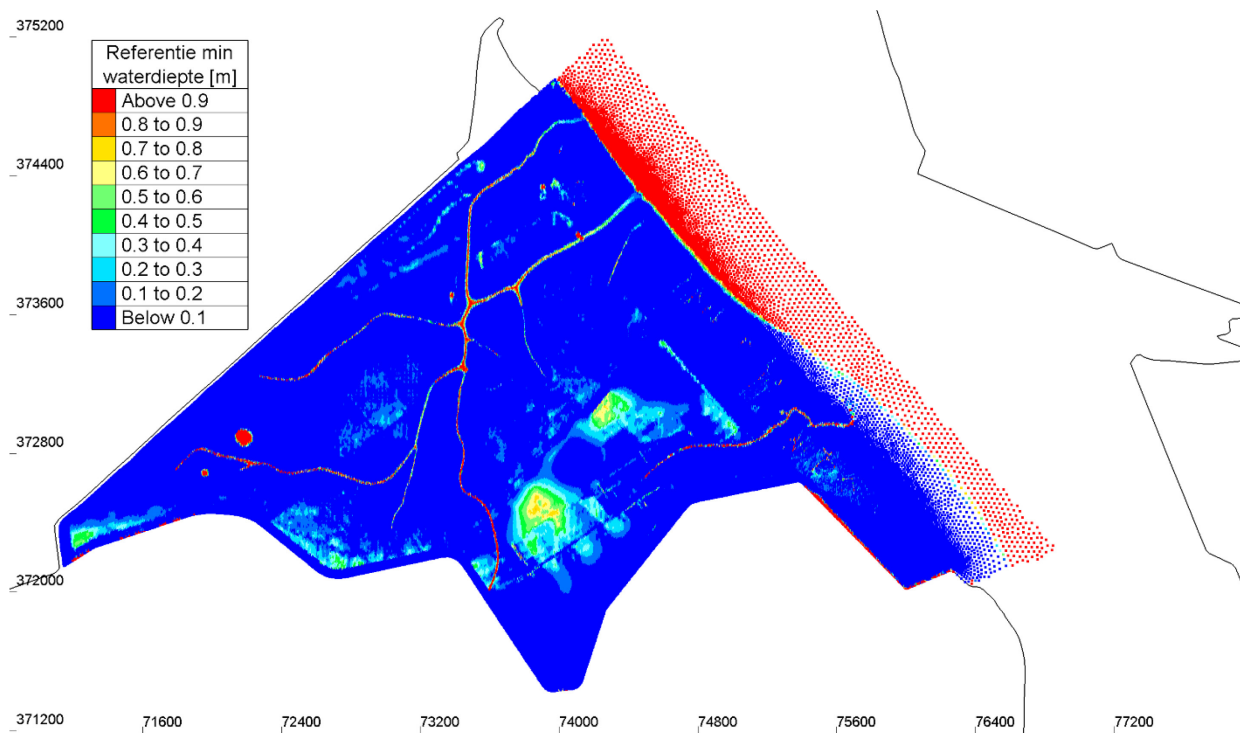
Figuur 37 – Maximale waterdiepte in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor referentietoestand.



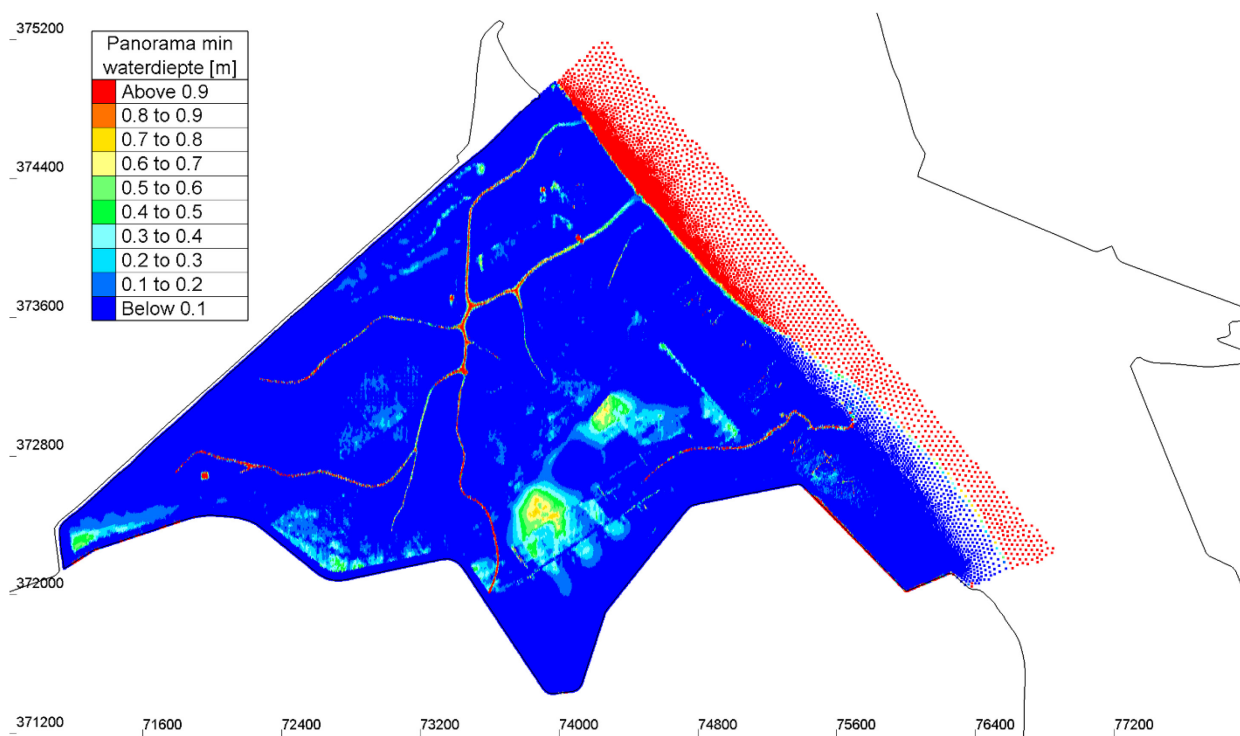
Figuur 38 – Maximale waterdiepte in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor scenario met panoramaheuvel.



Figuur 39 – Minimale waterdiepte in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor referentietoestand.

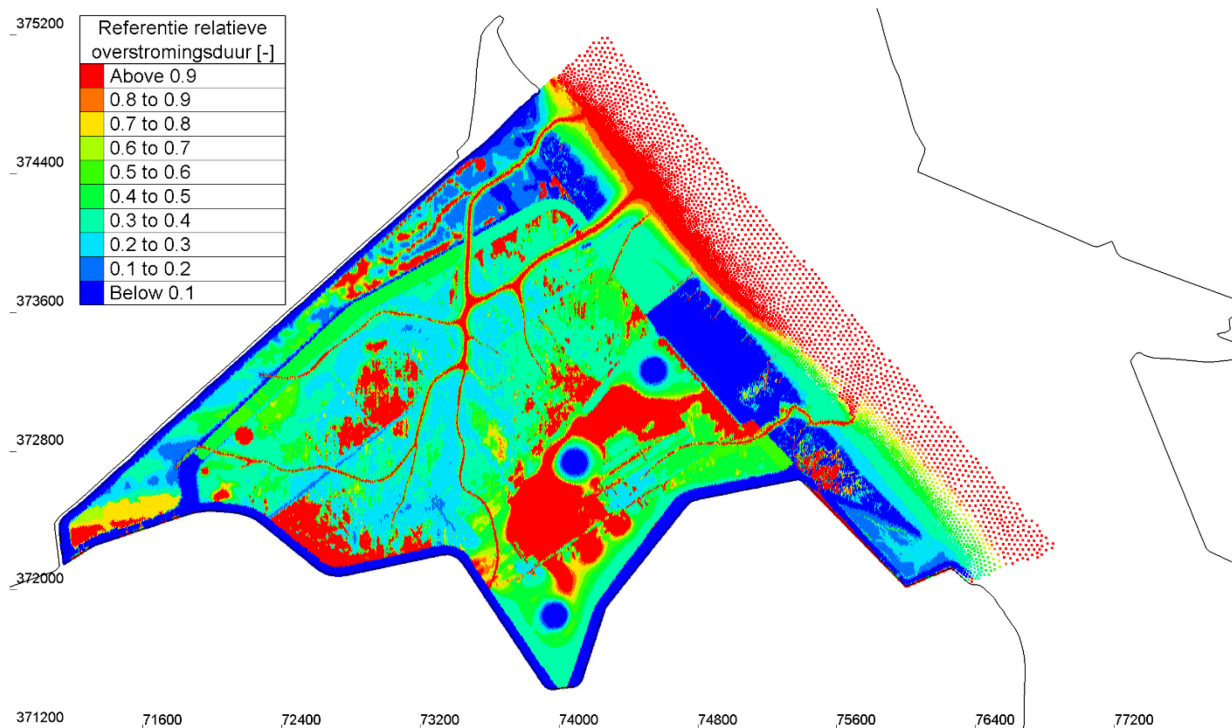


Figuur 40 – Minimale waterdiepte in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor scenario met panoramaheuvel.

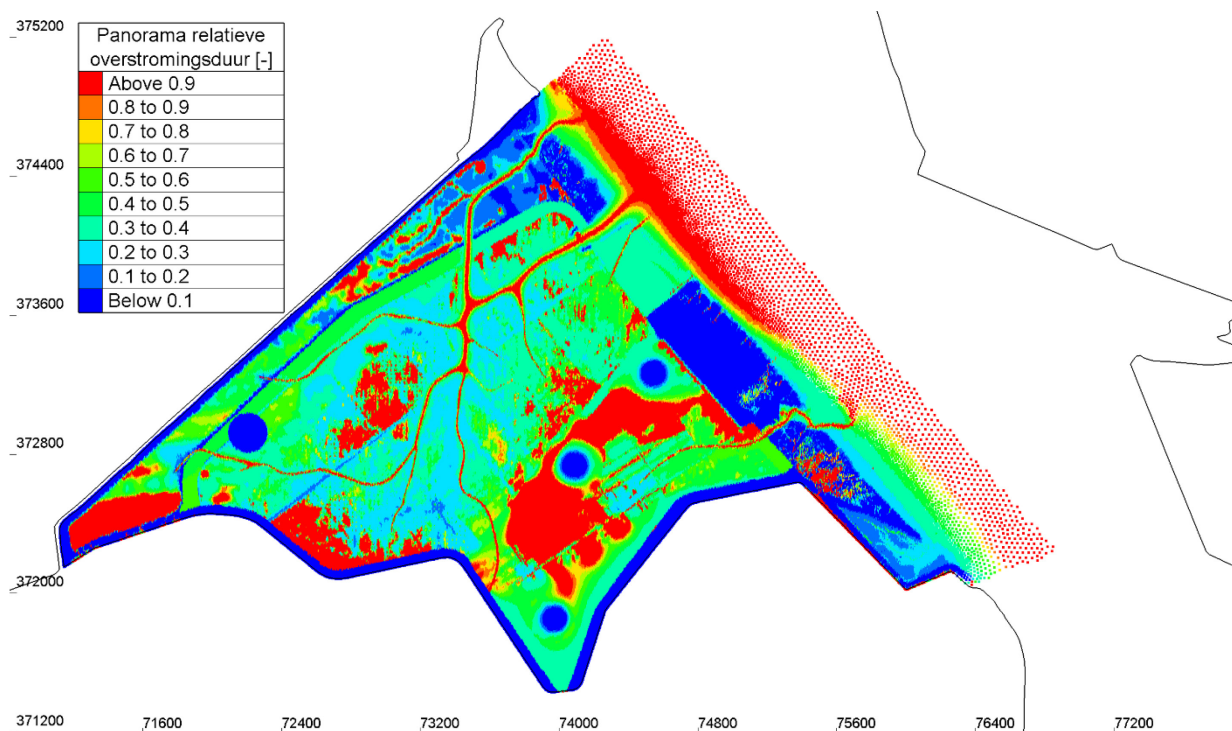


Bijlage 6 Relatieve overstromingsduur

Figuur 41 – Relatieve overstromingsduur in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor referentietoestand.



Figuur 42 – Relatieve overstromingsduur in Hedwige-Prosperpolder tijdens springtij voor scenario met panoramaheuvel.



DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be