



**Vlaanderen**  
is wetenschap

24\_018\_1  
WL rapporten

## Opmaak van een profiel voor het opwaartse deel van de Durme

DEPARTEMENT  
MOBILITEIT &  
OPENBARE  
WERKEN

[waterbouwkundiglaboratorium.be](http://waterbouwkundiglaboratorium.be)

# Opmaak van een profiel voor het opwaartse deel van de Durme

Meire, D.; Stark, J.

### 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 2024  
D/2024/3241/288

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

**Meire, D.; Stark, J.** (2024). Opmaak van een profiel voor het opwaartse deel van de Durme Versie 4.0. WL Rapporten, 24\_018\_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

### Documentidentificatie

Opdrachtgever:	dVW – afdeling Regio Centraal	Ref.:	WL2024R24_018_1
Trefwoorden (3-5):	Durme, profiel, getij, bovenafvoer		
Kennisdomeinen:	Hydraulica en sediment > Hydrodynamica > Getij > Numerieke modellering		
Tekst (p.):	30	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Meire, D.
------------	-----------

### Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Stark, J.	Getekend door: Jeroen Stark (Signature) Getekend op: 2024-11-18 11:24:07 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed   Vlaamse overheid
Projectleider:	Meire, D.	Getekend door: Dieter Meire (Signature) Getekend op: 2024-11-22 11:11:24 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed   Vlaamse overheid

### Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door: Abdelkarim Bellafkih (Sig) Getekend op: 2024-11-14 10:45:31 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed   Vlaamse overheid
-----------------	---------------	---

## Abstract

In de winter van 2023-2024 werd de alarmdrempel op de Durme te Lokeren meerdere malen overschreden, door de veelvuldige neerslag en resulterend frequente pompwerking. In dit rapport wordt een profiel voor het meest opwaartse deel van de Durme uitgewerkt dat enerzijds een betere afvoer van bovenstrooms mogelijk maakt. Anderzijds wordt ook gezocht naar een profiel dat niet te ruim is, om de sedimentimport van afwaarts (door getijwerking) niet te vergroten.



# Inhoudstafel

Abstract .....	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	V
Lijst van de figuren .....	VI
1 Probleemschets .....	1
1.1 Wateroverlast Lokeren .....	1
1.2 Voorgesteld baggerprofiel Durme .....	1
2 Bathymetrie.....	3
2.1 Tielrode tot Waasmunster Brug.....	3
2.2 Waasmunster Brug tot Lokeren .....	3
3 Waterstanden.....	4
3.1 Gemiddelde waterstanden .....	4
3.2 Periodes met verhoogde afvoer .....	6
4 Numeriek model.....	8
4.1 Modelgrid en bathymetrie .....	8
4.2 Randvoorwaarden.....	10
4.3 Kalibratie van het model.....	11
5 Opmaak scenario's .....	13
5.1 Opzet & scenario's .....	13
5.2 Resultaten .....	15
5.2.1 Simulaties tot Waasmunster-Brug.....	15
5.2.2 Simulaties tot pompgemaal Lokerenbeek.....	16
5.2.3 Simulaties tot Hof ten Reyen .....	17
5.3 Conclusies.....	18
6 Voorgesteld profiel.....	19
6.1.1 Ontwerpregels .....	19
6.1.2 Effecten op hoogwater .....	21
6.1.3 Implicaties op baggerhoeveelheden en oppervlakteverdeling .....	22
6.1.4 Effecten bij lagere debieten.....	24
6.1.5 Asymmetrische profielen.....	26
7 Conclusie en aanbeveling .....	29
8 Referenties .....	30

## Lijst van de tabellen

Tabel 1: Overzicht van de getijkarakteristieken weergegeven in Hertoghs et al. (2018) voor de periode 2011 - 2015.....	4
Tabel 2: Tijdstip en afkomst van de topo-bathymetrische data gebruikt in het Durme model, zoals weergegeven in Figuur 9 (uit Nguyen et al, 2024a) .....	9
Tabel 3: Overzicht van de verschillende scenario's.....	14
Tabel 4: Overzicht van de geschatte baggerhoeveelheden (*10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) .....	23
Tabel 5: Overzicht van geschatte baggervolumes in verschillende scenario's (getallen *10 <sup>3</sup> , in m <sup>3</sup> ).....	28

# Lijst van de figuren

Figuur 1: Verloop waterstanden 1/2022 tot en met 5/2024 ter hoogte van de dam te Lokeren en Tielrode, respectievelijk de meest opwaartse en afwaartse meetpost langsheen de getijgebonden Durme. Waakdrempel (+7,1 mTAW, oranje) en alarmdrempel (+7,3 mTAW, rood) te Lokeren zijn eveneens weergegeven. ....	1
Figuur 2: Verloop van de thalweg in langspatiefiel van de Durme, zoals voorgesteld in IMDC (2015).....	2
Figuur 3: Bodemligging van de thalweg (diepste punt) in functie van de afstand tot de monding langsheen de Durme.....	3
Figuur 4: Verloop van de gemiddelde hoogwaterstanden langsheen de Durme voor de periode 1910 - 20215	
Figuur 5: Verloop van de gemiddelde laagwaterstanden langsheen de Durme voor de periode 1910 - 2021	5
Figuur 6: Verhang [m/km] tussen Zele en Lokeren (boven) en Zele en Waasmunster Manta (onder), in relatie tot de waterhoogte te Zele. De gearceerde oranje/blauwe lijn geeft het gemiddelde verhang bij respectievelijk laag en hoogwater.....	7
Figuur 7: Getijverschil op de verschillende meetstations, in relatie tot de waterstand te Zele .....	7
Figuur 8: Ruimtelijke extensie van het grid en gridresolutie (uit Nguyen et al. (2024)) .....	8
Figuur 9: Bathymetrie voor het Durme model, legenda van de kleuren is weergegeven in Tabel 2.....	9
Figuur 10: Overzicht van de springtij-doodtijcyclus te Driegoten (09/09/2019 – 23/09/2019), die gebruikt werd voor de kalibratie van het numeriek model.....	10
Figuur 11: Aanduiding van springtij (16/09) en doortij (22/09), welke uit de beschouwde springtij- doortij cyclus werd geselecteerd voor het beschrijven van de resultaten .....	11
Figuur 12: Foutenstatistieken van het gekalibreerde Durme model voor de beschouwde kalibratieperiode	12
Figuur 13: Scenario's met verondieping van de geul (rechts) en verondieping van de geul en intergetijdengebied (links) .....	13
Figuur 14: Verloop thalweg voor de verschillende beschouwde simulaties tot Waasmunster Brug .....	15
Figuur 15: Scenario's tot Waasmunster met het effect van verondieping geul en intergetijdengebied op hoogwater voor het beschouwde springtij (links) en doortij (rechts).....	15
Figuur 16: Verloop thalweg voor de verschillende beschouwde simulaties tot Zelehoek.....	16
Figuur 17: Scenario's tot Zelehoek met het effect van verondieping geul en intergetijdengebied op hoogwater voor het beschouwde springtij (links) en doortij (rechts) .....	16
Figuur 18: Verloop thalweg voor de verschillende beschouwde simulaties tot Zelehoek en Manta .....	17
Figuur 19: Scenario's tot Zelehoek met het effect van verondieping geul en intergetijdengebied op hoogwater voor het beschouwde springtij (links) en doortij (rechts) .....	17
Figuur 20: Voorgesteld typeprofiel in opwaartse sectie van de getijgebonden Durme (uit Van Ryckegem et al., 2010).....	19
Figuur 21: Overzicht van de verschillende deelzones waarin volumes bepaald werden (verschillende achtergrondkleuren) en aanduiding van de locatie van dwarstransecten.....	20
Figuur 22: Verloop thalweg voor de huidige bathymetrie, initieel baggerprofiel (IMDC, 2015) en voorgesteld baggerprofiel .....	20

Figuur 23: Overzicht van enkele profielen op respectievelijk 800, 2200, 3200 en 5000 m van de dam te Lokeren (zie Figuur 21 voor locaties) voor zowel de huidige situatie (“model”) als voorgesteld baggerprofiel (“Scenario\_1”) ..... 21

Figuur 24: Effect van voorgesteld profiel op hoogwaterstanden bij spring (links) en doottij (rechts) ..... 22

Figuur 25: Oppervlakverdeling in klassen voor verschillende scenario’s ..... 23

Figuur 26: Hoogwaterstanden bij verschillende bovenafvoeren ter hoogte van Waasmunster Brug, Waasmunster Manta en Zele ..... 24

Figuur 27: Laagwaterstanden bij verschillende bovenafvoeren ter hoogte van Waasmunster Brug, Waasmunster Manta en Zele ..... 25

Figuur 28: Getijverschil bij verschillende bovenafvoeren ter hoogte van Waasmunster Brug, Waasmunster Manta en Zele ..... 25

Figuur 29: Dwarstransecten waarbij enkel de IGG aan de rechteroever (linkse kolom) en linkeroever (rechtse kolom) worden verdiept ..... 27

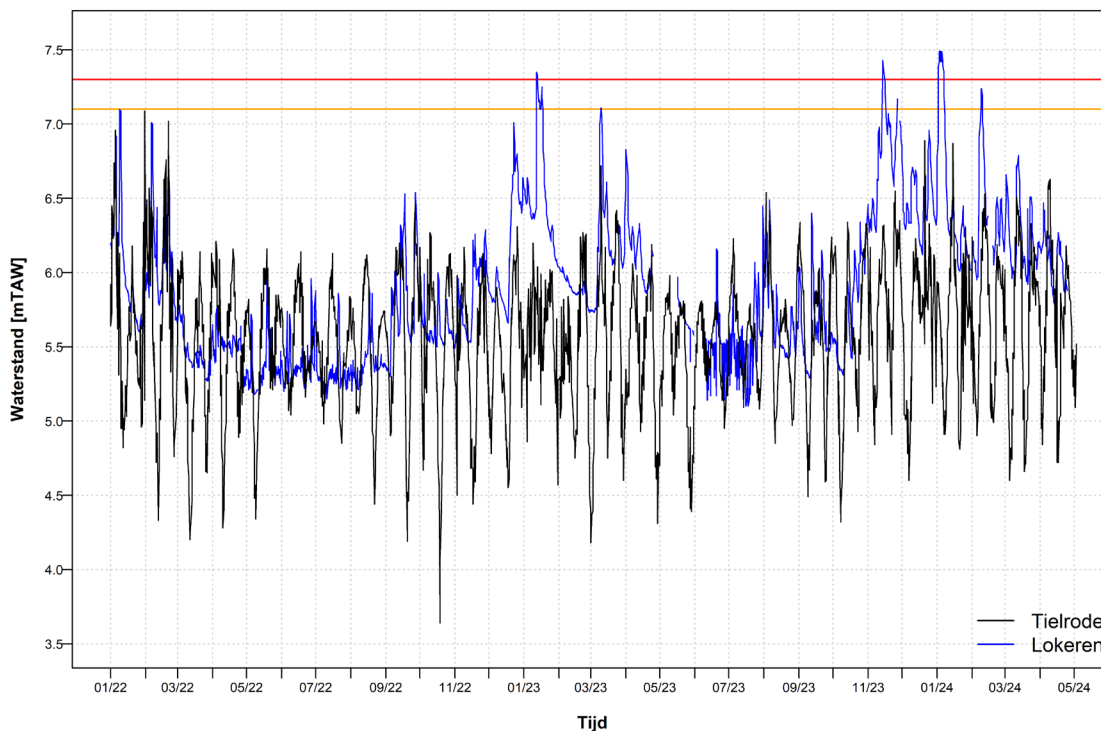
Figuur 30: Effect van asymmetrisch profiel op hoogwaterstanden bij spring (links) en doottij (rechts) ..... 28



# 1 Probleemschets

## 1.1 Wateroverlast Lokeren

Zowel in de winter van 2022 – 2023 als in de winter 2023 – 2024 werd de waakdrempel (+7,1 mTAW) en de alarmdrempel (+7,3 mTAW) overschreden te Lokeren, afwaarts de dam tussen de Bovendurme en de getijgebonden Durme (BenedenDurme). Bij dergelijke overschrijdingen van de alarmdrempel te Lokeren, overtopt de dijk t.h.v. het Molsbroek, met schade aan de dijk tot gevolg en wateroverlast te Molsbroek. Ook verder afwaarts (bv. te Zele) veroorzaakten deze hoge waterstanden problemen aan de dijken.



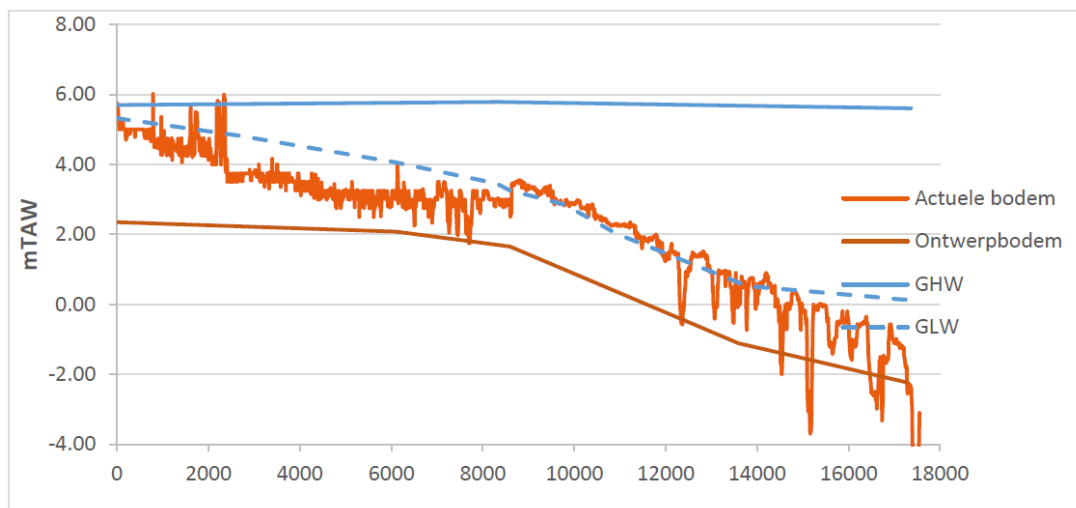
Figuur 1: Verloop waterstanden 1/2022 tot en met 5/2024 ter hoogte van de dam te Lokeren en Tielrode, respectievelijk de meest opwaartse en afwaartse meetpost langsheen de getijgebonden Durme. Waakdrempel (+7,1 mTAW, oranje) en alarmdrempel (+7,3 mTAW, rood) te Lokeren zijn eveneens weergegeven.

## 1.2 Voorgesteld baggerprofiel Durme

Door IMDC (IMDC, 2015) werd een baggerprofiel opgesteld voor de volledige getijgebonden Durme, zoals weergegeven in Figuur 2. Dit profiel werd opgesteld op basis van volgende voorafnames:

- Herstel van de mogelijkheid tot gravitaire afvoer vanuit de omringende polders
- Verbeterde afvoer van opwaarts
- Winnen van grondstoffen voor infrastructuurwerken i.h.k.v. Sigmaplan

In de periode van 2014 – 2016 werd dit profiel reeds gerealiseerd in het afwaartse deel van de Durme, van de monding tot ter hoogte van Waasmunster Brug (ca. 8000 m van Lokeren dam, zoals weergegeven in Figuur 2). Opwaarts werden deze baggerwerken nog niet uitgevoerd.



---

Figuur 2: Verloop van de thalweg in langspiegel van de Durme, zoals voorgesteld in IMDC (2015).

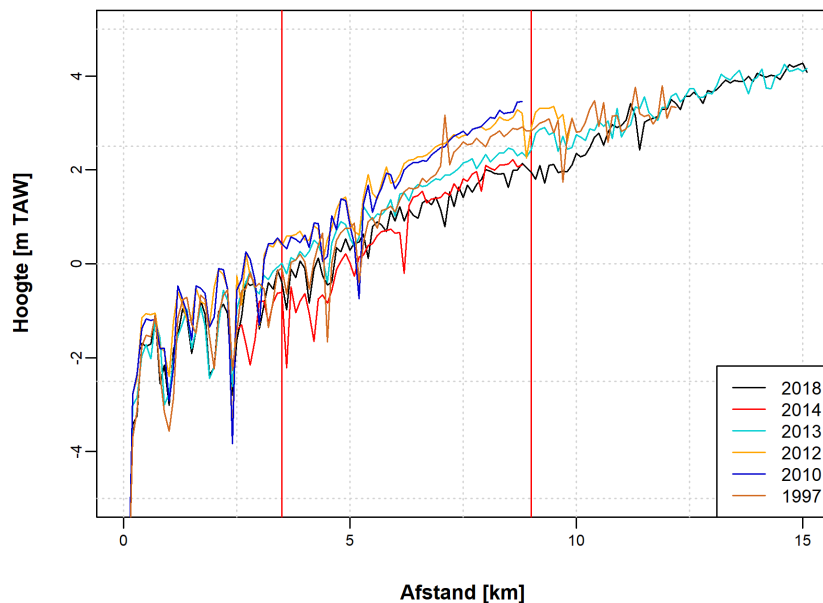
---

In dit rapport wordt een profiel opgesteld voor het opwaartse deel van de Durme, met een ruimer profiel dan actueel zodat een betere afvoer mogelijk is maar beperkter dan het profiel voorgesteld door IMDC (2015).

## 2 Bathymetrie

### 2.1 Tielrode tot Waasmunster Brug

In de periode 2013– 2015 werd een grootschalige baggercampagne uitgevoerd in het afwaarts deel van de getijgebonden Durme. De effecten hiervan zijn terug te vinden in de opgemeten laagwaters (zie hoofdstuk 3). In Figuur 3 zijn de resultaten van de baggerwerken weergegeven op het langsprofiel van de thalweg (uit Meire et al., in prep), met duidelijk verdieping (> 1m) t.o.v. de peiling van 2012.



Figuur 3: Bodemligging van de thalweg (diepste punt) in functie van de afstand tot de monding langsheen de Durme

### 2.2 Waasmunster Brug tot Lokeren

In het opwaartse deel van de Durme werden recent geen uitgebreide baggercampagne uitgevoerd. Naar aanleiding van de watersnood in 2010 werd een noodruiming uitgevoerd in maart 2011 ter hoogte van Zele. Hierbij werd over een lengte van ca. 3 km een geul uitgediept met een breedte van 7 m en een verdieping van ca. 1 m (IMDC, 2015). Tevens werd ook vegetatie verwijderd.

Naast het verwijderen van sediment wordt er regelmatig gemaaid om de afstroming van water te bevorderen. Deze werken worden voornamelijk in het winterseizoen uitgevoerd.

## 3 Waterstanden

### 3.1 Gemiddelde waterstanden

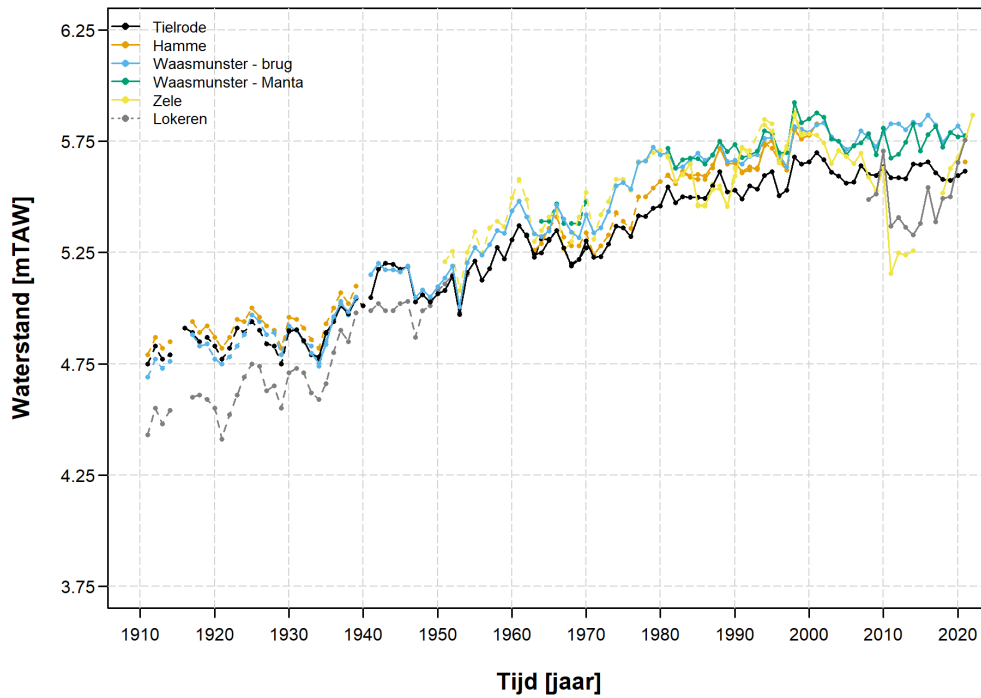
In het opwaartse deel van de getijgebonden Durme zijn op 4 locaties tijmetingen ter beschikkingen, met name afwaarts de dam te Lokeren, Zele, Waasmunster – Manta en Waasmunster – Brug. In Hertoghs et al. (2018) zijn de getijkaracteristieken voor deze stations weergegeven, die zijn samengevat in Tabel 1.

Tabel 1: Overzicht van de getijkaracteristieken weergegeven in Hertoghs et al. (2018) voor de periode 2011 - 2015

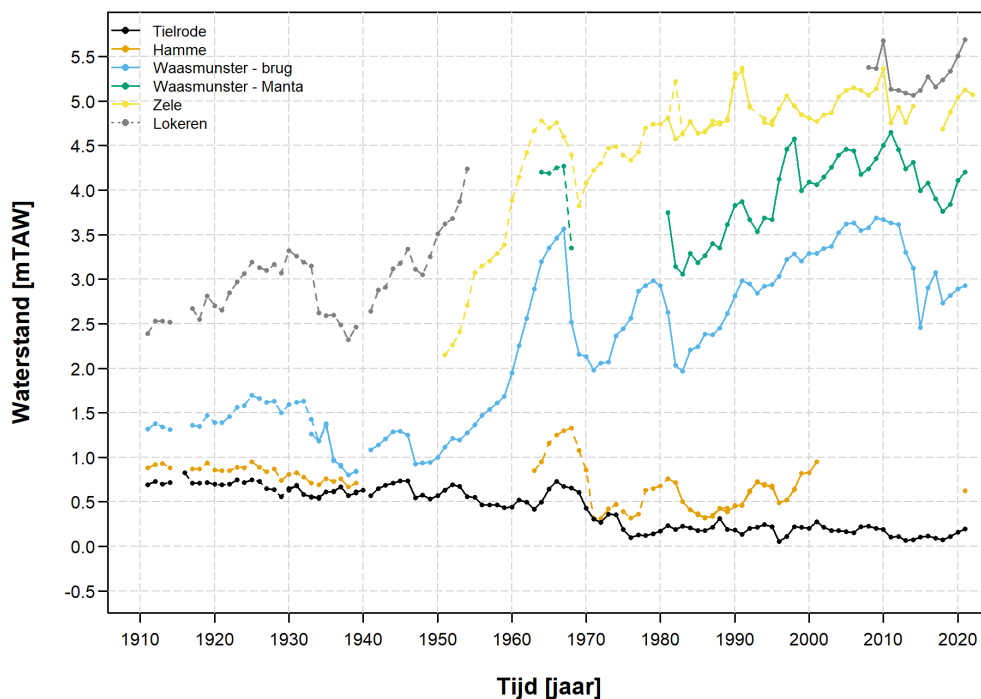
Locatie		Gemiddeld Tij			Doodtij			Springtij		
Naam	Afstand Lokeren	HW	LW	GTV	HW	LW	GTV	HW	LW	GTV
Lokeren	0,0									
Zele	3,4	5,29	4,80	0,49	5,05	4,77	0,34	5,43	4,86	0,57
Waasmunster - Manta	6,5									
Waasmunster - Brug*	9,0	5,82	3,23	2,60	5,27	3,17	2,08	6,22	3,25	2,97
Tielrode	16,9	5,61	0,09	5,52	5,08	0,35	4,74	5,98	-0,08	6,06

In Meire et al. (in prep.) wordt de evolutie van de hoogwaters en laagwaters weergegeven langsheen de Durme in de verschillende meetstations. Te Zele is de noodruiming in 2011 duidelijk zichtbaar in de hoogwaterstanden (Figuur 4), vanaf 2018 vertonen deze opnieuw een duidelijke stijging. Hetzelfde kan worden waargenomen te Lokeren. De hoogwaterstanden op beide locaties lijken nu uit te komen ronde 5,75 – 5,85 mTAW. Voor de laagwaterstanden (Figuur 5) zijn eveneens de noodruiming te Zele duidelijk waarneembaar, met opnieuw een stijgende trend vanaf ongeveer 2017 – 2018 te Lokeren en evenens te Zele (metingen enkel beschikbaar in 2018). Meer afwaarts (Waasmunster – Brug) zijn de effecten van de grote baggerwerken in het afwaartse deel van de Durme (periode 2014 – 2016) duidelijk waarneembaar. Zowel uit Hertoghs et al. (2018) als Meire et al. (in prep.) is het duidelijk dat er zeer weinig variatie is tussen doodtij, middel- en springtij in het meest opwaartse deel van de Durme (zie ook Tabel 1).





Figuur 4: Verloop van de gemiddelde hoogwaterstanden langsheen de Durme voor de periode 1910 - 2021



Figuur 5: Verloop van de gemiddelde laagwaterstanden langsheen de Durme voor de periode 1910 - 2021

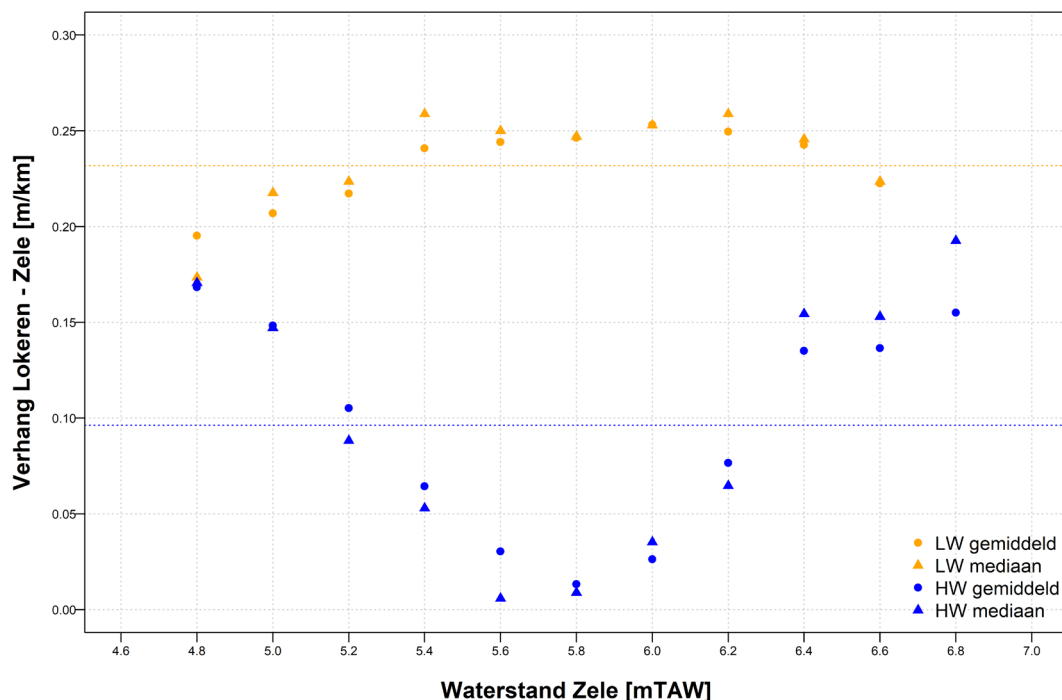
### 3.2 Periodes met verhoogde afvoer

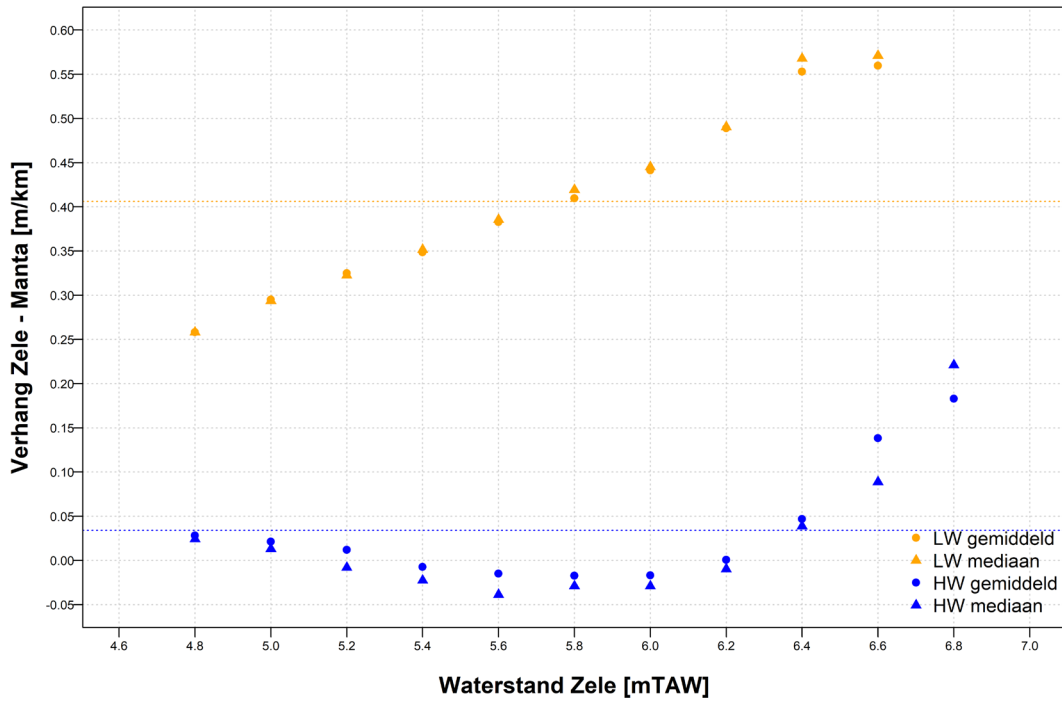
De winter van 2023 – 2024 werd gekenmerkt door veel neerslag, met overschrijding van de alarmdrempel te Lokeren (vastgesteld op +7,3 mTAW) als gevolg van een overschrijding van de waakdrempel te Zele (+6,7 mTAW). Directe metingen van de bovenafvoer aan de dam te Lokeren (of andere pompgemalen) zijn niet beschikbaar. Hier wordt een korte analyse gemaakt van de opgetreden waterstanden, en meer bepaald het opgetreden verhang [m/m], dat gedefinieerd wordt als de verhouding van de waterhoogte tussen 2 meetstations en hun onderlinge afstand.

In Figuur 6 is het verhang weergegeven tussen enerzijds Zele en Lokeren dam (boven) en anderzijds Zele en Waasmunster Manta (onder) en dit in relatie tot de waterstand te Zele. Deze waterstand werd geselecteerd als proxy voor de bovenafvoer, aangezien hier geen metingen voor zijn. De waterstanden te Zele werden gegroepeerd per klassen van 20 cm. Voor de laagwaters is het verhang quasi onafhankelijk van de waterhoogte te Zele. Voor de hoogwaters daalt het verhang eerst (tussen +4,8 m TAW en +5,8 m TAW te Zele), doordat het getij (hoogwatergolf) bij de laagste waarden niet tot Lokeren doordringt, en naarmate deze hoogwatergolf hoger wordt, dringt die wel door tot Lokeren (met een beperkt verhang tot gevolg). Bij hogere waterstanden te Zele neemt het verhang weer toe, door het optreden van steeds hogere bovenafvoeren.

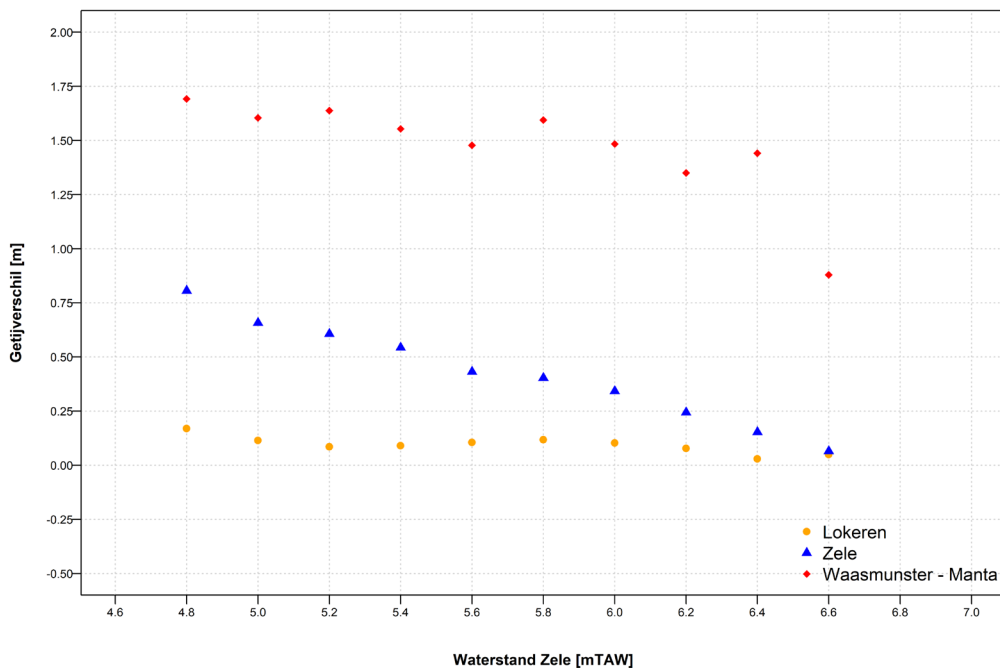
In Figuur 6 (onder) zien we een lineaire stijging van het verhang bij de laagwaterstanden, tussen Zele en Waasmunster Manta. Voor normale getijden is er een beperkte demping van het hoogwater tussen Manta en Zele (negatief verhang). Bij de hogere waterstanden, gedomineerd door bovenafvoer, stijgt het verhang zeer snel en is deze gelijkaardig als het verhang in de meest opwaartse zone (tussen Zele en Lokeren).

In Figuur 7 is het getijverschil weergegeven op de verschillende meetlocaties. Te Lokeren is dit steeds zeer beperkt, onafhankelijk van de waterstand. Te Zele neemt het getijverschil sterk af bij hogere waterstanden. Ook te Waasmunster – Manta neemt het getijverschil af, al is het effect hier veel kleiner.





Figuur 6: Verhang [m/km] tussen Zele en Lokeren (boven) en Zele en Waasmunster Manta (onder), in relatie tot de waterhoogte te Zele. De gearceerde oranje/blauwe lijn geeft het gemiddelde verhang bij respectievelijk laag en hoogwater



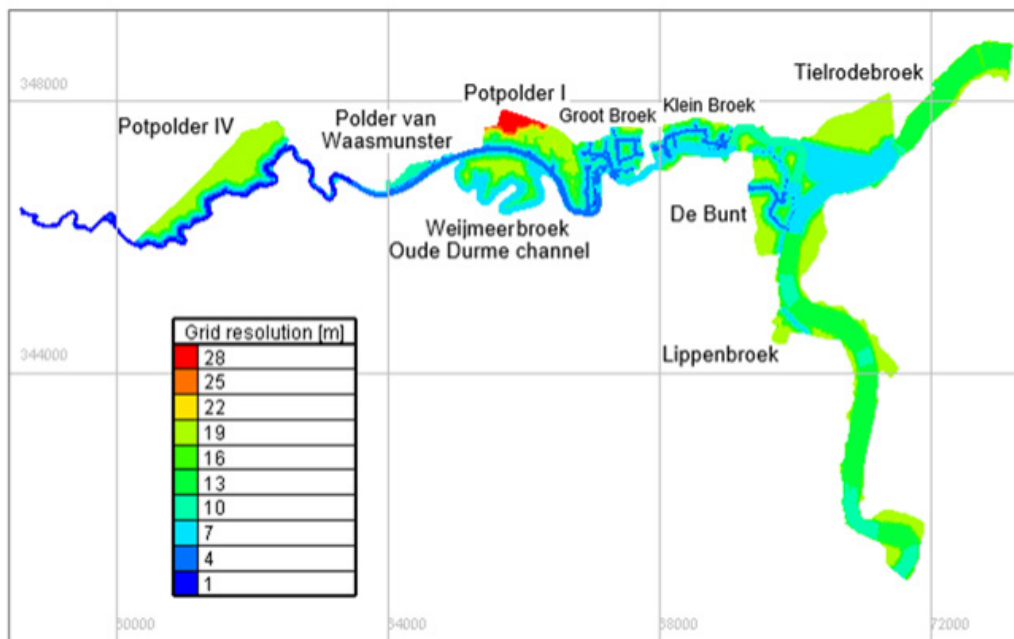
Figuur 7: Getijverschil op de verschillende meetstations, in relatie tot de waterstand te Zele

## 4 Numeriek model

In project 19\_016 “Een geïntegreerde aanpak voor de Durme” werd een 2D hydrodynamisch model opgesteld in de Telemac software. Een overzicht van de kalibratie van het model is te vinden in Nguyen et al. (2024). De toepassing ervan op het effect van Sigmagebieden langsheen de Durme en het effect van het flushen van de bovenafvoer is respectievelijk te vinden in Meire et al. (2024) en Nguyen et al. (2024b). Hieronder worden de belangrijkste karakteristieken van het model weergegeven, relevant voor dit project, welke zijn overgenomen uit Nguyen et al. (2024)

### 4.1 Modelgrid en bathymetrie

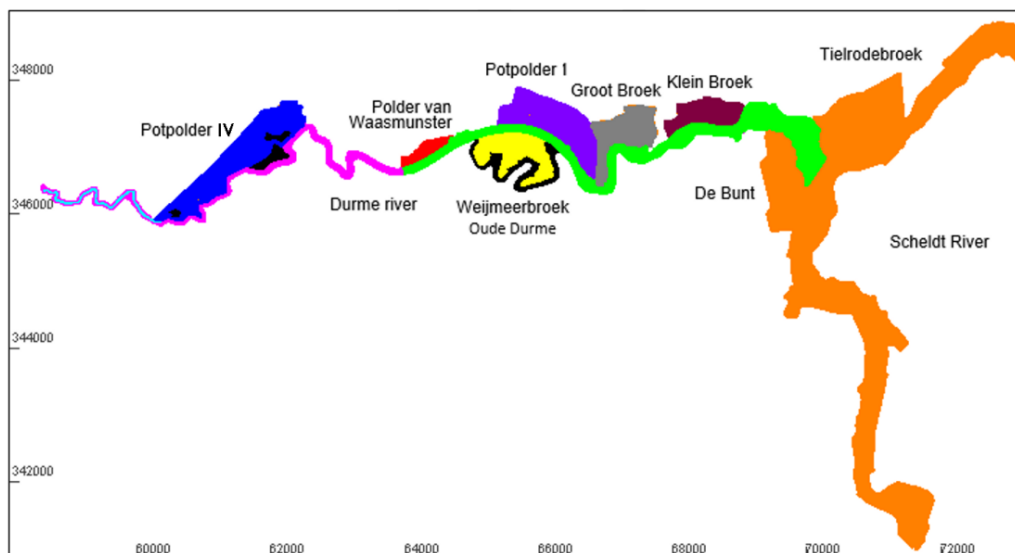
In Figuur 8 zijn de ruimtelijke omvang van het grid en de gridresolutie weergegeven. Bij de opmaak van het model werd erop gelet om de resolutie in de Durmegeul voldoende hoog te houden zodat hoogtevariaties in de geul nauwkeurig in het model kunnen worden geïmplementeerd. In het opwaartse deel van de Durme bedraagt de resolutie ca. 1 m in de geul zelf.



Figuur 8: Ruimtelijke extensie van het grid en gridresolutie (uit Nguyen et al. (2024))

De bathymetrie in het model kent verschillende databronnen. In het opwaartse deel van de Durme werden profielen opgemeten in 2018. De opmetingen van het afwaartse deel van de Durme, tussen Waasmunster Brug en Tielrode zijn uitgevoerd in 2020. De topo-bathymetrie in de Zeeschelde is opgemeten in 2019.





Figuur 9: Bathymetrie voor het Durme model, legenda van de kleuren is weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Tijdstip en afkomst van de topo-bathymetrische data gebruikt in het Durme model, zoals weergegeven in Figuur 9 (uit Nguyen et al, 2024a)

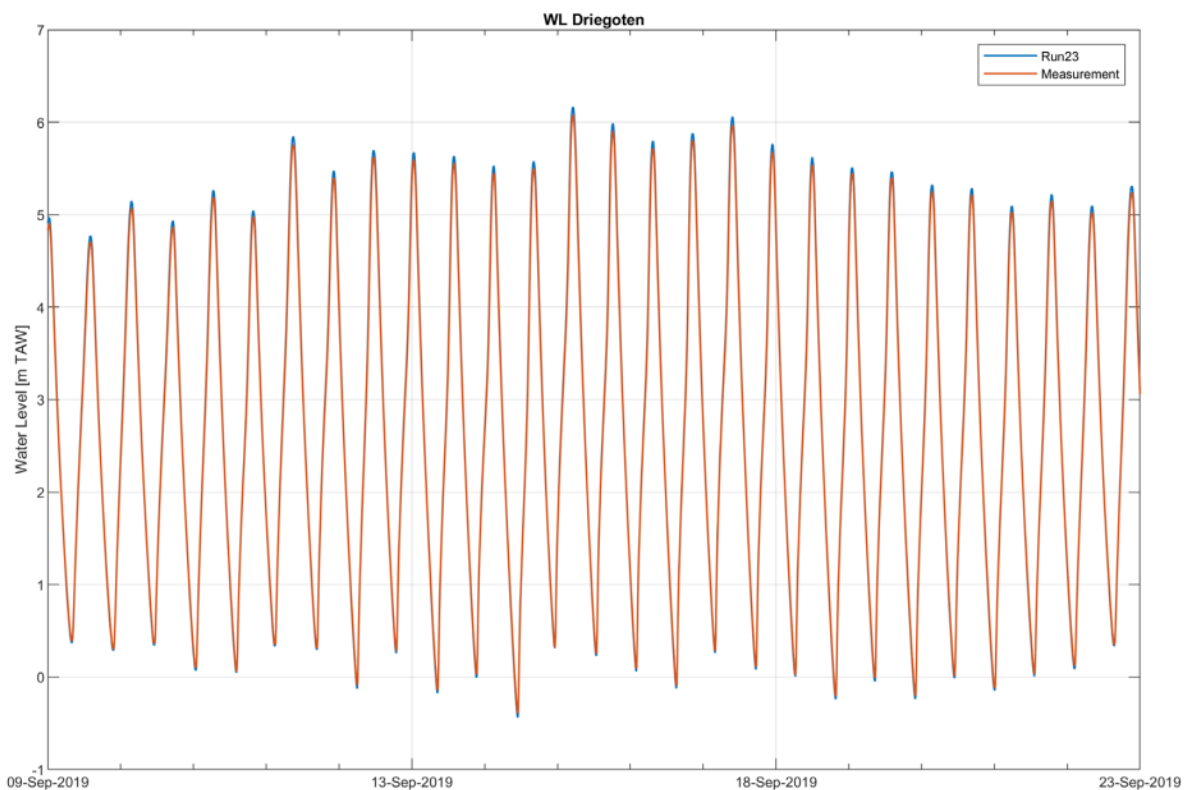
Locatie (kleur verwijst naar Figuur 9)	Jaar	Databron	Data file
Scheldt + de Bunt + Tielrodebroek	2019		boz_dtm_taw_mt_2019_1m_mean_RD_negativeDepth
Durme river afwaarts	2020		dhm_2020_negativeDepth
Durme river opwaarts	2018		dhm_2018_RD_TAW_ook_opwaarts_negativeDepth
Durme river opwaarts, geul	2018	DVW	raster_171218 (interpolated from transect measurements)
Klein Broek		IMDC	D3_KleinBroek_Mesh15_09_RD_mTAW.xyz
Groot Broek		IMDC	D4_GrootBroek_Mesh15_09_RD_mTAW.xyz
Potpolder I	2019		Lidar_2019_Potpolder_1_RD_TAW_negativeDepth
Polder van Waasmunster	2019		Lidar_2019_Polder_van_Waasmunster_RD_TAW_negativeDepth
Weijmeerbroek	2019		Lidar_2019>Weijmeerbroek_RD_TAW_negativeDepth
Potpolder IV	2019		Lidar_2019_Potpolder_4_RD_TAW_volledig_negativeDepth

## 4.2 Randvoorwaarden

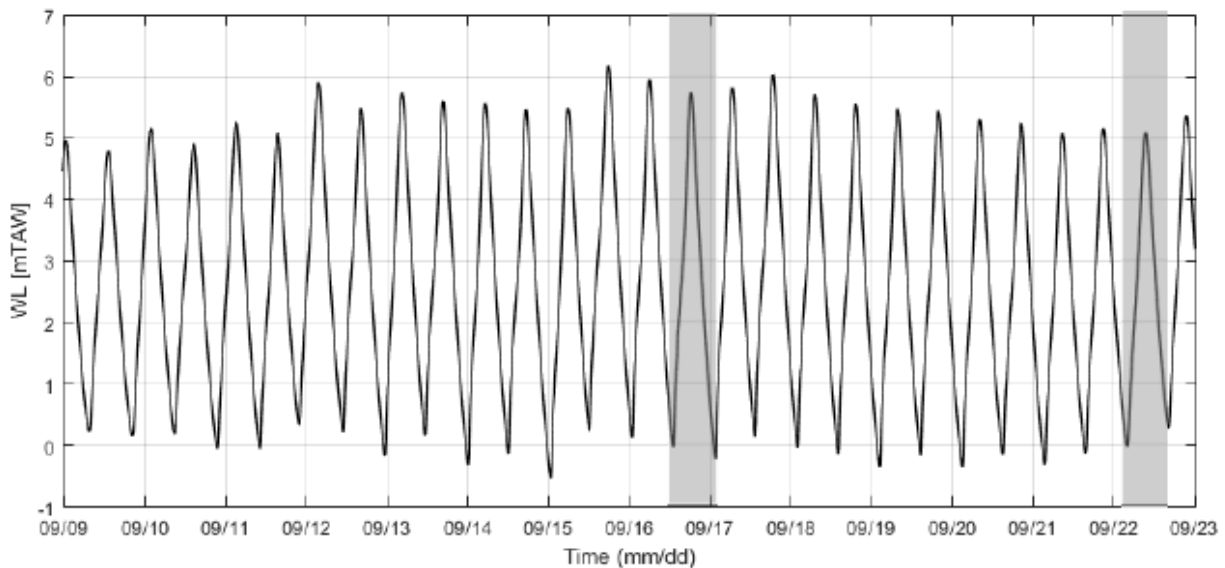
In de Zeeschelde wordt het model aangedreven met behulp van opgemeten waterstanden, zowel aan de opwaartse zijde (St. Amands) als afwaarts (Temse). Opwaarts aan de Durme wordt een debiet opgelegd. Het opwaarts debiet bestaat uit:

- Dam Lokeren – Bovendurme
- Vijzelgemaal Ledebek
- RWZI Lokeren

Aangezien hier geen metingen beschikbaar zijn voor de afvoer via de Bovendurme en Ledebek, wordt gewerkt met dagdebieten van het RWZI Lokeren. Voor de kalibratie werd een periode geselecteerd met weinig neerslag, zodat het effect van de bovenafvoer op de waterstanden in deze kalibratieperiode beperkt is. De geselecteerde springtij – doottij periode, van 9 september 2019 tot 23 september 2019, is weergegeven in Figuur 10. In de resultaten (hoofdstuk 5.2) wordt specifiek gekeken naar een springtij (16/09) en een doottij (22/09) voor het beschrijven van de effecten van de verschillende scenario's.



Figuur 10: Overzicht van de springtij-doottijcyclus te Driegoten (09/09/2019 – 23/09/2019), die gebruikt werd voor de kalibratie van het numeriek model.

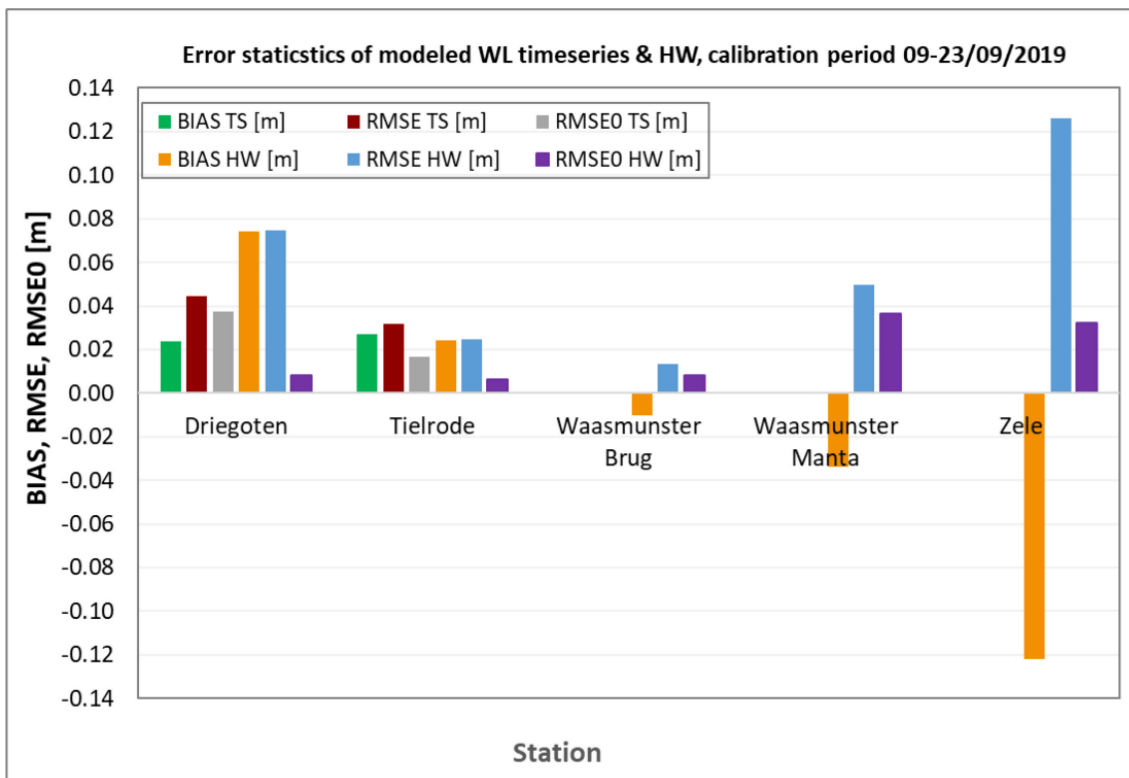


Figuur 11: Aanduiding van springtij (16/09) en doortij (22/09), welke uit de beschouwde springtij- doortij cyclus werd geselecteerd voor het beschrijven van de resultaten

### 4.3 Kalibratie van het model

Bij de kalibratie van het model werd geopteerd om de ruwheid in het model constant te houden, vanwege de beperkte set van kalibratiedata. Voor de kalibratie van het model werd gebruik gemaakt van de opgemeten waterstanden te Driegoten, Tielrode, Waasmunster – Brug, Waasmunster – Manta en Zele. Eveneens waren in de beschouwde kalibratie enkele snelheidsmetingen beschouwd (13 u meting te Weert (Zeeschelde) en Tielrode (monding Durme)).

Uiteindelijk worden kalibratiestatistieken bekomen, zoals weergegeven in Figuur 12. Hierbij is het duidelijk dat de foutenstatistieken toenemen naarmate men zich meer opwaarts in de Durme beweegt. De bias te Zele bedraagt ca. 12 cm over de beschouwde periode. In het kader van deze studie dient opgemerkt te worden dat het model gekalibreerd werd voor een droge periode, m.a.w. voor lagere afvoeren en bijgevolg lagere waterstanden.



Figuur 12: Foutenstatistieken van het gekalibreerde Durme model voor de beschouwde kalibratieperiode

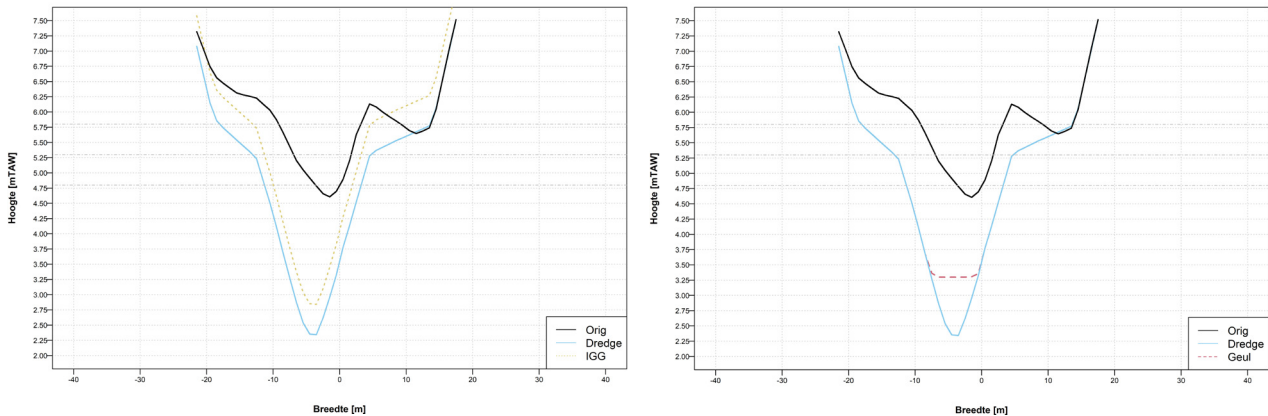


## 5 Opmaak scenario's

### 5.1 Opzet & scenario's

Zoals aangehaald in hoofdstuk 1 wordt een baggerprofiel beoogd waarbij bovenafvoer beter kan worden afgevoerd, maar welke minder ruim is dan deze die eerst werd voorgesteld, zoals in IMDC (2015).

In eerste fase wordt m.b.v. enkele verkennende scenario's nagegaan wat het effect is van het verondiepen van de geul en intergetijdengebied (t.o.v. het volledige gebaggerde profiel) en de lengte waarover gewerkt wordt (Figuur 13). Een samenvatting van deze scenario's is terug te vinden in Tabel 3. Hierbij worden scenario's gerund met hoge bovenafvoer (20 m<sup>3</sup>/s), op basis van de theoretische pompcapaciteit, die constant wordt gehouden over de volledige simulatieperiode. Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit een theoretische benadering is, aangezien geen metingen beschikbaar zijn.



Figuur 13: Scenario's met verondieping van de geul (rechts) en verondieping van de geul en intergetijdengebied (links)

De resultaten die hier besproken worden zijn de hoogwaterprofielen voor een beschouwd springtij (16/09) en een specifiek doortij (22/09), zoals aangeduid in Figuur 11. Deze representatie werd overgenomen uit Nguyen et al. (2024b).

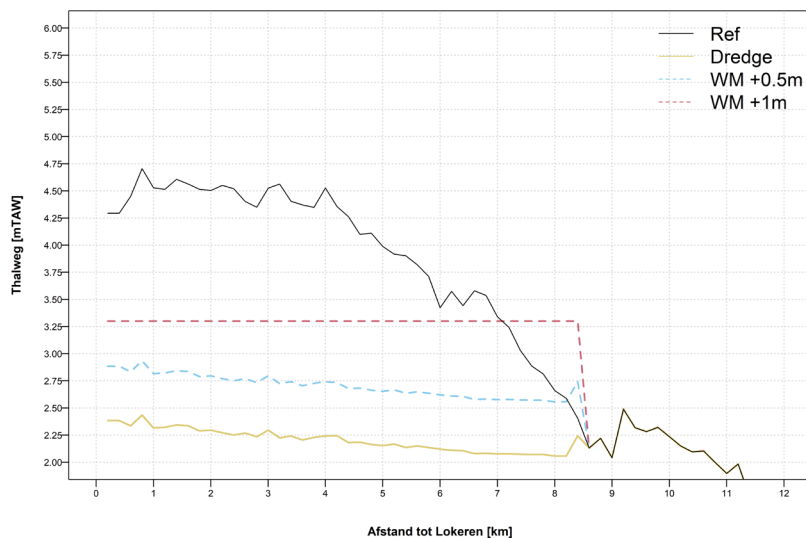
Tabel 3: Overzicht van de verschillende scenario's

Naam scenario	Opzet	Lengte	Resultaten besproken in sectie:
Ref	Bathymetrie model 2019, "toestand 2019"	volledige Durme	5.2.1 e.v.
Dredge	Afwaarts WM Brug identiek als "Ref", opwaarts initieel baggerprofiel	Lokeren – WM Brug	5.2.1 e.v.
WM_ch_0.5	Verondieping van initieel baggerprofiel met 0,5 m, enkel in geul	Lokeren – WM Brug	5.2.1.
WM_all_0.5	Verondieping van initieel baggerprofiel met 0,5 m, zowel geul als IGG	Lokeren – WM Brug	5.2.1.
WM_ch_1	Verondieping van initieel baggerprofiel met 1 m, enkel in geul	Lokeren – WM Brug	5.2.1.
Ze_ch_0.5	Verondieping van initieel baggerprofiel met 0,5 m, enkel in geul	Lokeren – Lokerenbeek (km 5)	5.2.2
Ze_ch_1.0	Verondieping van initieel baggerprofiel met 1 m, enkel in geul	Lokeren – Lokerenbeek (km 5)	5.2.2
Ze_ch_1.5	Verondieping van initieel baggerprofiel met 1,5 m, enkel in geul	Lokeren – Lokerenbeek (km 5)	5.2.2
Ze_all_0.5	Verondieping van initieel baggerprofiel met 1,5 m, zowel geul als IGG	Lokeren – Lokerenbeek (km 5)	5.2.2
Zepl_ch_1.0	Verondieping van initieel baggerprofiel met 1 m, enkel in geul	Lokeren – Hof ten Reyen (km 5,6)	5.2.3
Zepl_ch_1.5	Verondieping van initieel baggerprofiel met 1,5 m, enkel in geul	Lokeren – Hof ten Reyen (km 5,6)	5.2.3

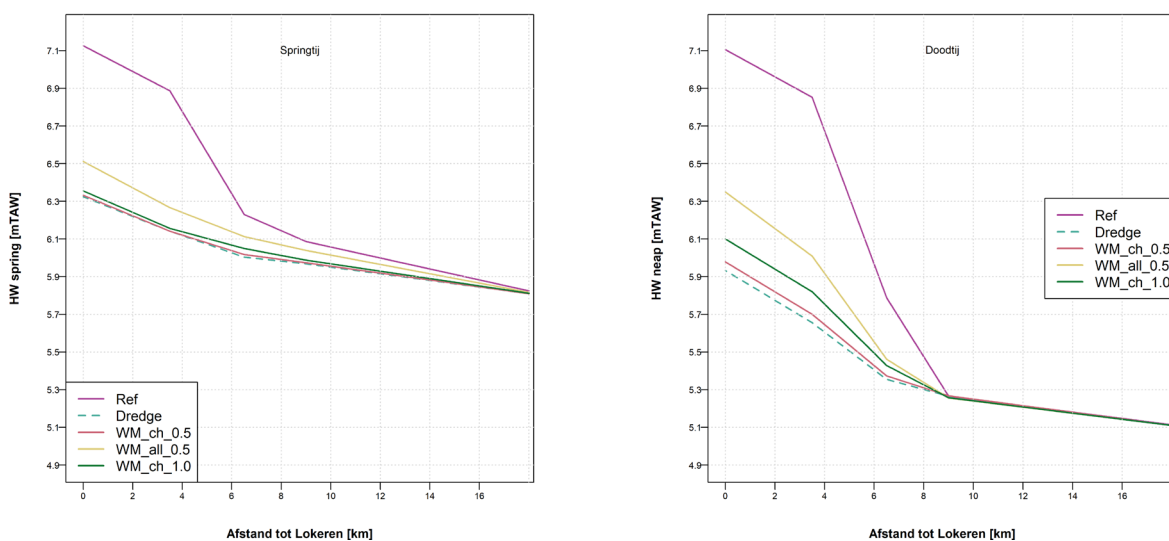
## 5.2 Resultaten

### 5.2.1 Simulaties tot Waasmunster-Brug

In Figuur 15 is het verloop van de thalweg weergegeven voor de referentiesimulatie ("Ref"), het initiële baggerprofiel ("Dredge") en de verondiepingen die hierop werden gedefinieerd (zie Tabel 3). In Figuur 15 is het effect van deze verschillende scenario's weergegeven voor het hoogwaterverloop bij een springtij (links) en doottij (rechts). Voor alle scenario's kan een zeer significante verlaging van het hoogwaterprofiel t.o.v. de referentie worden waargenomen. Algemeen kan wel gesteld worden dat het verondiepen van de geul (zowel met 0,5 als 1 m) t.o.v. het diepte profiel een eerder beperkt effect heeft op het verloop van de hoogwaterstanden, zeker in het geval van springtij. Wanneer echter ook de IGG worden opgehoogd (0,5 m) is het effect veel groter.



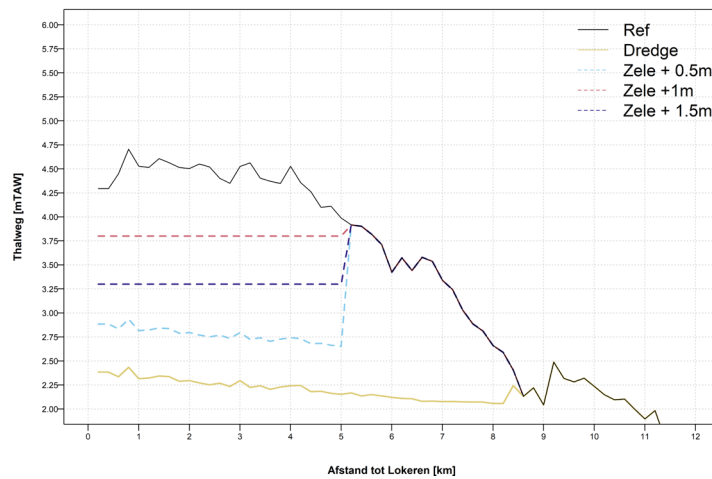
Figuur 14: Verloop thalweg voor de verschillende beschouwde simulaties tot Waasmunster Brug



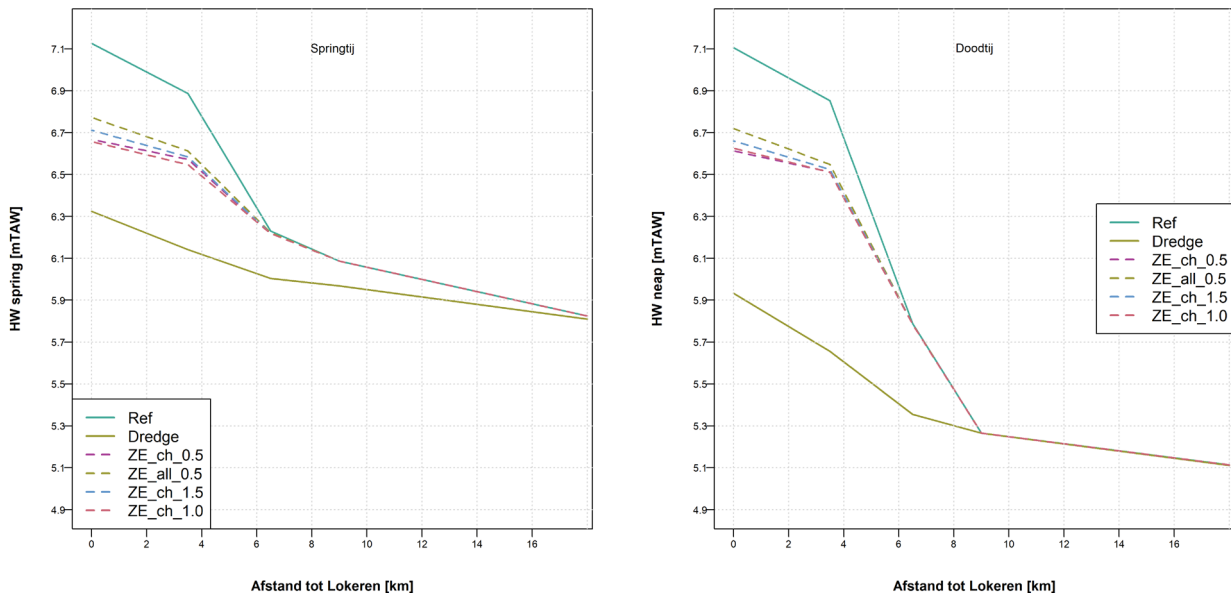
Figuur 15: Scenario's tot Waasmunster met het effect van verondieping geul en intergetijdengebied op hoogwater voor het beschouwde springtij (links) en doottij (rechts)

### 5.2.2 Simulaties tot pompemaal Lokerenbeek

In Figuur 16 is het verloop van de thalweg weergegeven voor de referentiesimulatie (“Ref”), het initiële baggerprofiel (“Dredge”) en de verondiepingen die hierop werden gedefinieerd. Aangezien het profiel lager is dan de locatie waar aangesloten op de bestaande situatie wordt een soort van “zandvang” verloop van de thalweg bekomen, dieper op- dan afwaarts. In Figuur 17 is het effect van deze verschillende scenario’s weergegeven voor het hoogwaterverloop bij een springtij (links) en doottij (rechts). Voor alle scenario’s kan een verlaging van de hoogwaterprofielen worden waargenomen, al is deze verlaging duidelijk kleiner vergeleken met de scenario’s tot Waasmunster (sectie 5.2.1). Opnieuw kan worden vastgesteld dat een beperkte verhoging van de intergetijdengebieden (0,5 m) een groter effect heeft dan het verondiepen van alleen de geul.



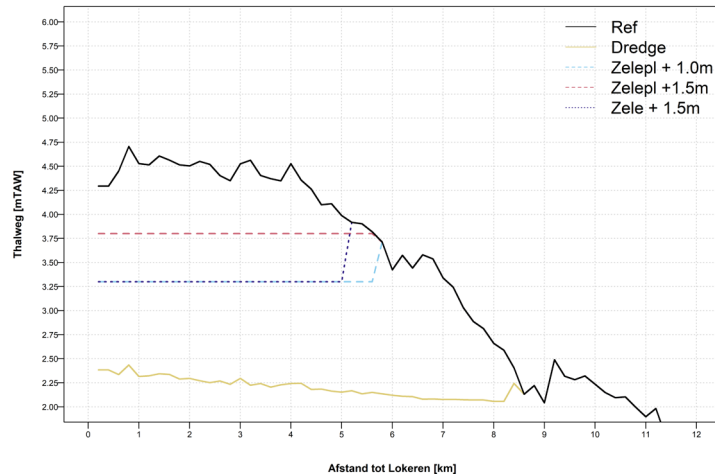
Figuur 16: Verloop thalweg voor de verschillende beschouwde simulaties tot Zelehoek



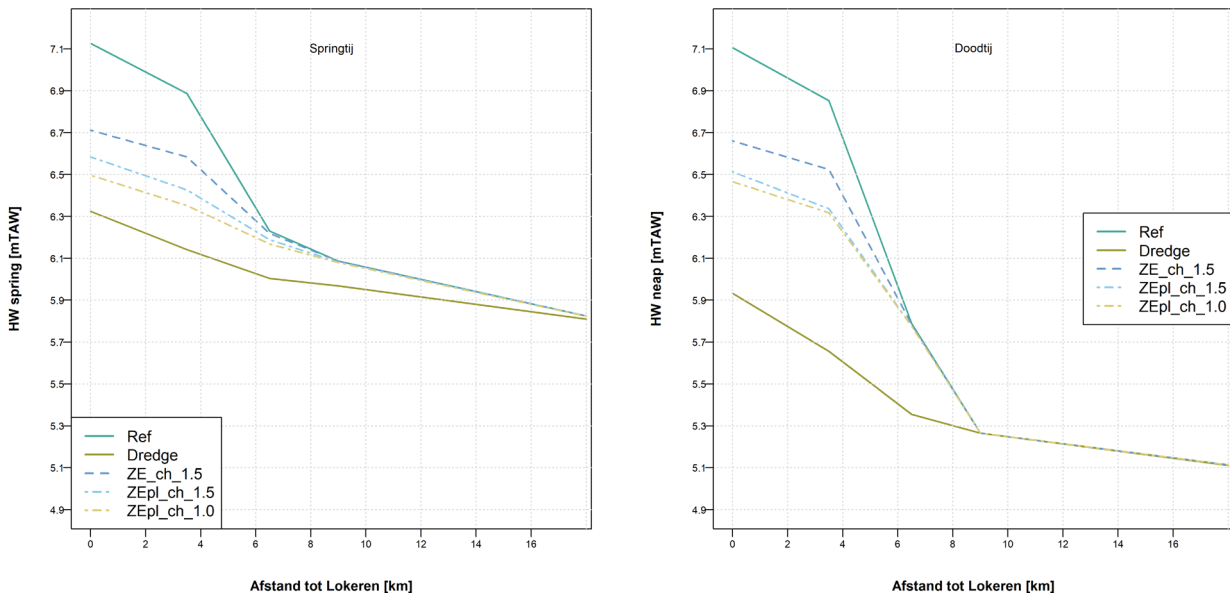
Figuur 17: Scenario’s tot Zelehoek met het effect van verondieping geul en intergetijdengebied op hoogwater voor het beschouwde springtij (links) en doottij (rechts)

### 5.2.3 Simulaties tot Hof ten Reyen

In Figuur 18 is het verloop van de thalweg weergegeven voor de referentiesimulatie ("Ref"), het initiële baggerprofiel ("Dredge") en de verondiepingen die hierop werden gedefinieerd. In Figuur 19 is het effect van deze verschillende scenario's weergegeven voor het hoogwaterverloop bij een springtij (links) en doottij (rechts). Ondanks het feit dat hier de geul slechts enkele honderden meters extra gebaggerd is in stroomafwaartse richting (t.o.v. de scenario's in 5.2.2), kan toch een relatief groot effect hiervan wordt bekomen op de waterstanden.



Figuur 18: Verloop thalweg voor de verschillende beschouwde simulaties tot Zelehoek en Manta



Figuur 19: Scenario's tot Zelehoek met het effect van verondieping geul en intergetijdengebied op hoogwater voor het beschouwde springtij (links) en doottij (rechts)

## 5.3 Conclusies

Uit de simulaties die hierboven besproken werden blijkt enerzijds dat het effect van het verondiepen van de geul (t.o.v. het initieel baggerprofiel) een eerder beperkt effect resulteert. Anderzijds lijkt een volledige verhoging van het profiel, dus zowel het verondiepen van geul als intergetijdengebieden, tot een groter effect te resulteren.

Anderzijds blijkt het effect van de longitudinale extensie van de baggerwerken ook belangrijk. Simulaties met verdieping tot Hof ten Reyen hebben een duidelijk groter effect dan deze tot ter hoogte van het pompgemaal te Lokerenbeek. Er wordt dan ook voor geadviseerd de baggerwerken tot Hof ten Reyen door te trekken.

## 6 Voorgesteld profiel

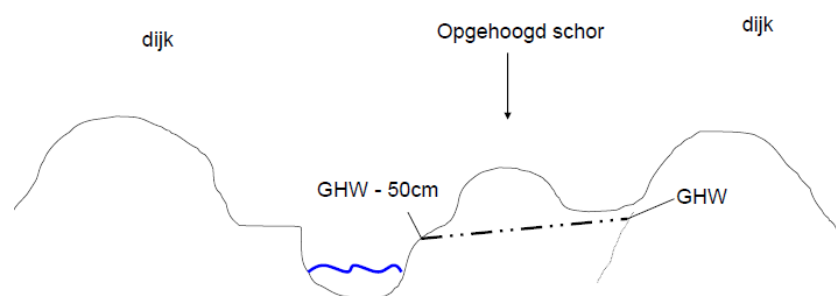
### 6.1.1 Ontwerpregels

Op basis van de verkennende simulaties in hoofdstuk 5 wordt hier een nieuw baggerprofiel voorgesteld, voor het meest opwaartse deel van de getijgebonden Durme. De volgende ontwerpregels werden hierbij gehanteerd:

- De **locatie van de thalweg** behoudt zijn huidige locatie, met uitzondering van enkele scherpe bochten, die iets meer richting binnenbocht werden verschoven
- **Hoogte thalweg** ter hoogte van Lokeren dam: +4,05 mTAW ter hoogte van Lokeren, met verhang van 0.004 % (gelijkaardig initieel baggerprofiel)
- **Breedte thalweg** werd vastgelegd op 3m
- **Isolijn van +4,8 mTAW** wordt gecentreerd rond de thalweg, met totale breedte van 8m, gebaseerd op 10/4 helling bij grootste diepte
- **Isolijn van +5,3 mTAW** (hoogte gemiddeld hoogwater) werd op zelfde locatie vastgelegd als origineel baggerprofiel, geen verhang toegepast in lengterichting
- **Isolijn van +5,8 mTAW** werd op zelfde locatie vastgelegd als origineel baggerprofiel, geen verhang toegepast in lengterichting

Daarnaast werd het profiel enkel aangepast binnen de polygoon “onderkant talud”, zoals deze werd opgeleverd door DVW, samen met de metingen van 2018. Deze wordt ook weergegeven in de voorgestelde transecten in Figuur 23.

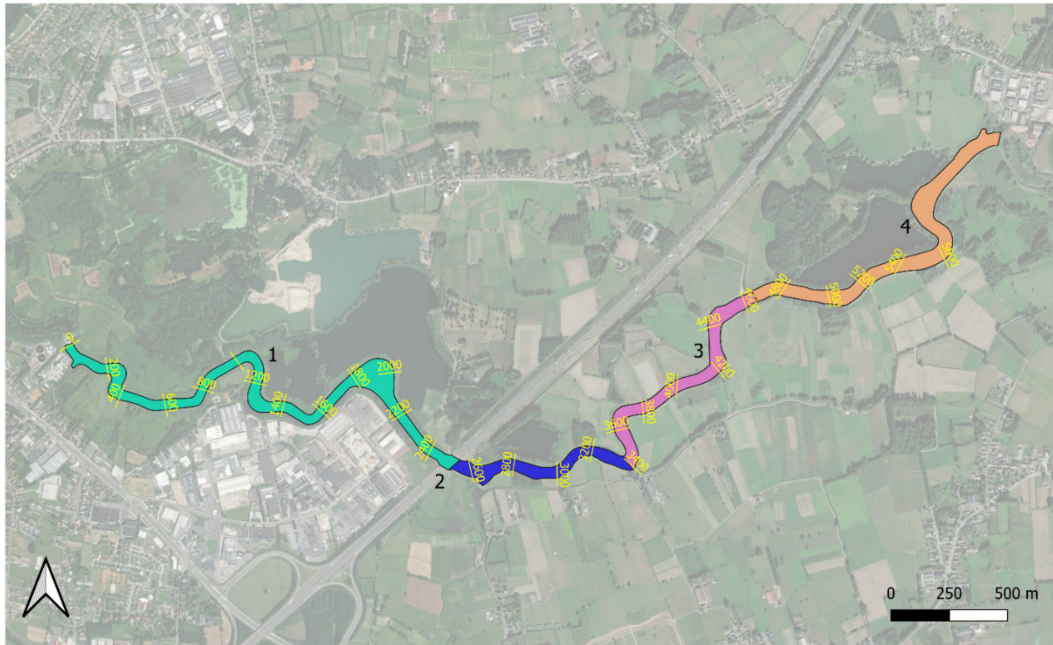
Op basis van de uitgangspunten voor het voorgestelde baggerprofiel wordt rekening gehouden met enerzijds de bevindingen uit de scenario’s (zie hoofdstuk 6) en anderzijds werd ook het profiel zoals voorgesteld in Van Ryckegem et al. (2010) vastgehouden (zie Figuur 20). Dit profiel werd eveneens gebruikt voor het opstellen van het initiële baggerprofiel (IMDC, 2015).



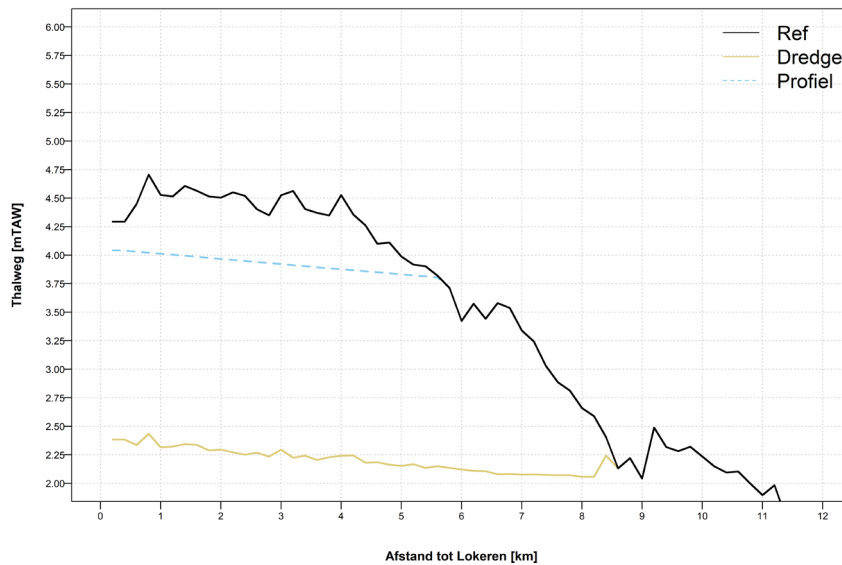
Figuur 20: Voorgesteld typeprofiel in opwaartse sectie van de getijgebonden Durme (uit Van Ryckegem et al., 2010)

In Figuur 21 zijn de verschillende zones van het studiegebied weergegeven en ook de locatie van de verschillende dwarstransecten. In Figuur 22 wordt eveneens de hoogteligging van de thalweg weergegeven van het voorgestelde profiel in de beschouwde zone, naast de huidige opmeting en het initieel baggerprofiel.

In Figuur 22 zijn verschillende dwarstransecten weergegeven, met zowel de huidige ligging als de ligging van het voorgestelde profiel. Eveneens is op elk profiel de locatie van de “onderkant talud”, zowel voor linkeroever als rechteroever weergegeven. Buiten deze polygoon werd het profiel niet aangepast t.o.v. het huidige profiel.

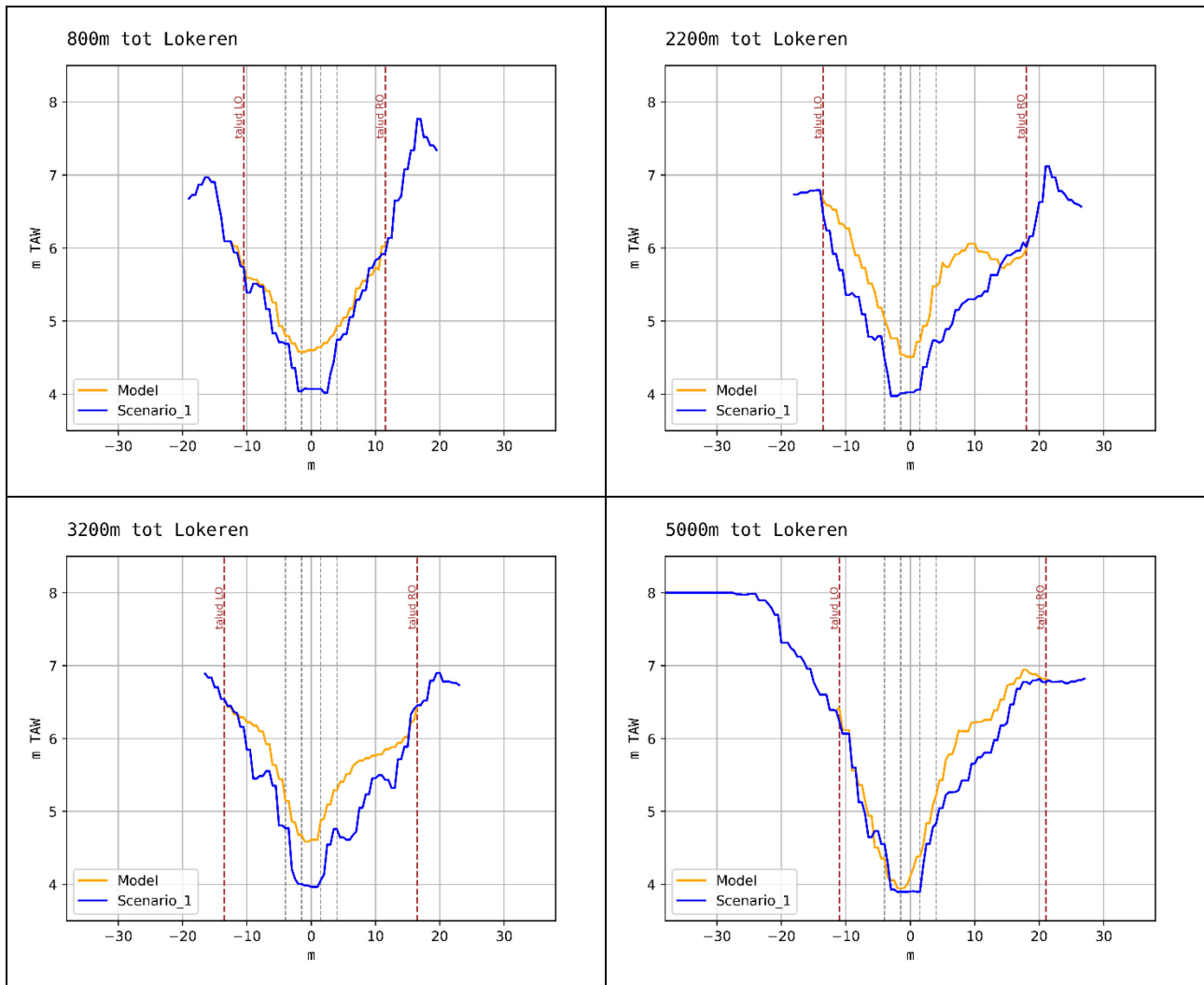


Figuur 21: Overzicht van de verschillende deelzones waarin volumes bepaald werden (verschillende achtergrondkleuren) en aanduiding van de locatie van dwarstransecten



Figuur 22: Verloop thalweg voor de huidige bathymetrie, initieel baggerprofiel (IMDC, 2015) en voorgesteld baggerprofiel

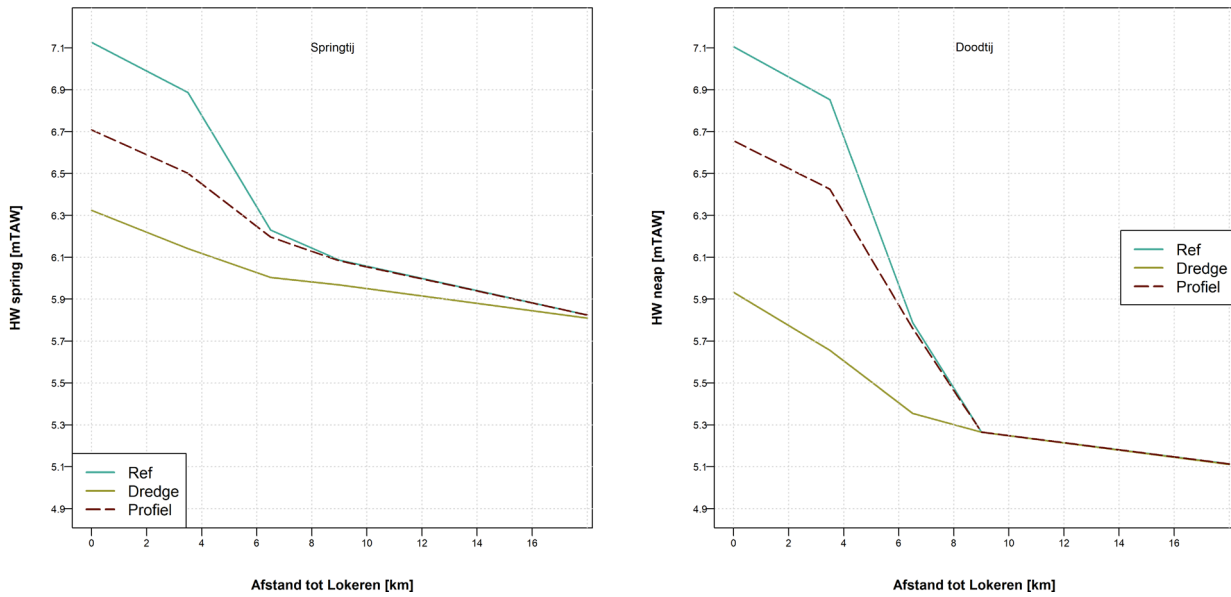




Figuur 23: Overzicht van enkele profielen op respectievelijk 800, 2200, 3200 en 5000 m van de dam te Lokeren (zie Figuur 21 voor locaties) voor zowel de huidige situatie ("model") als voorgesteld baggerprofiel ("Scenario\_1")

### 6.1.2 Effecten op hoogwater

In Figuur 24 is het langsverloop van de hoogwaterstanden weergegeven voor de beschouwde profielen, voor het specifieke spring & doortijd dat werd beschouwd. Op basis van deze profielen wordt een verlaging van de hoogwaterstanden bekomen van ca. 40 cm, zowel te Lokeren als te Zele. De helling van het wateroppervlak in het meest opwaartse deel is onafhankelijk van de situatie, in alle modelberekeningen.



Figuur 24: Effect van voorgesteld profiel op hoogwaterstanden bij spring (links) en dootij (rechts)

### 6.1.3 Implicaties op baggerhoeveelheden en oppervlakteverdeling

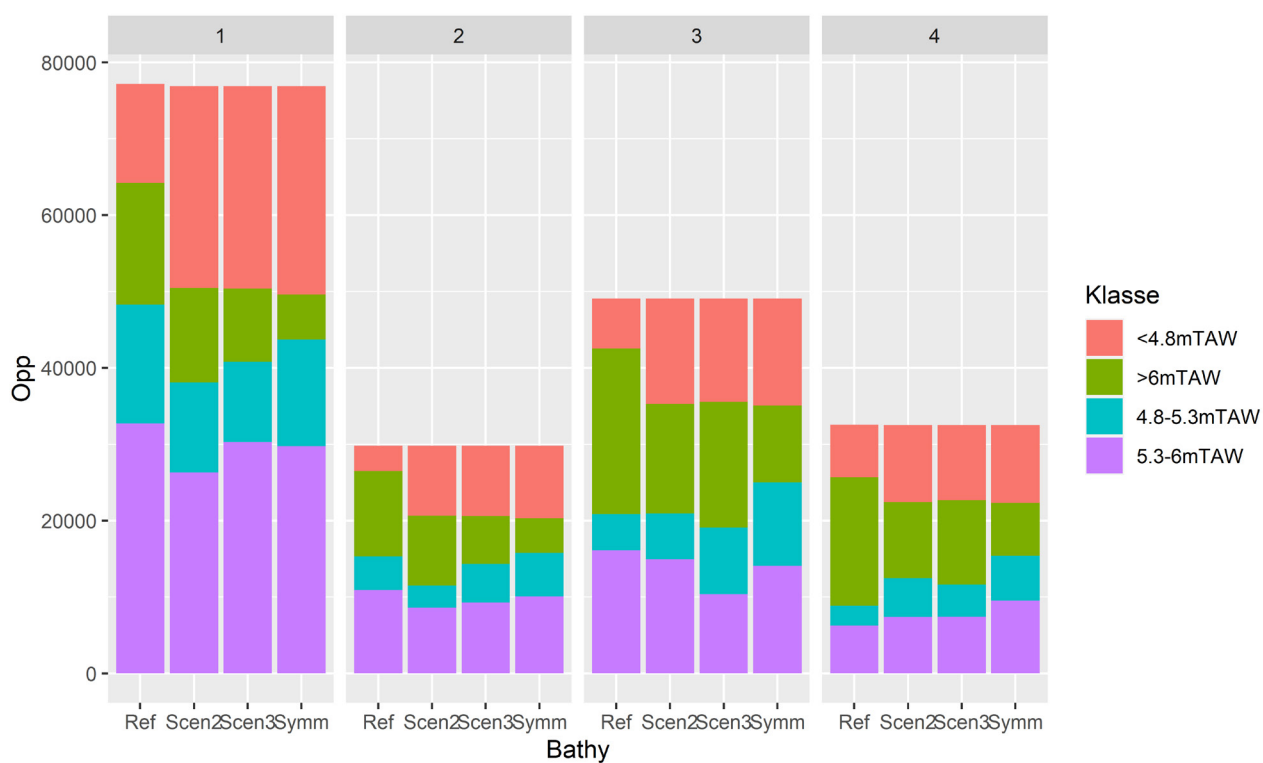
De beschouwde zone werd opgesplitst in een aantal zones, zoals weergegeven in Figuur 21. Voor deze verschillende zones werden de baggerhoeveelheden bepaald, net zoals de grootte van het oppervlak gelegen tussen volgende hoogtes:

- < 4.8 mTAW (LW)
- 4.8 mTAW < x < 5.3 mTAW
- 5.3mTAW < x < 6.0 mTAW
- > 6mTAW

Deze hoogtes werden geselecteerd als zijnde onder de laagwaterlijn (+4,8 mTAW), tussen laag en gemiddeld hoog water (+5,3 mTAW), tussen gemiddeld hoogwater en maximaal +hoogwater (+6 m TAW), en hoger. De geschatte baggerhoeveelheden zijn weergegeven in Tabel 4. In IMDC (2015) wordt de baggerinspanning tussen km 0 en km 6 op ca.  $230 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  geschat. Het huidige baggerprofiel loopt niet over deze 6 km, slechts 5,6 km, maar vraagt een veel kleinere baggerinspanning.

Tabel 4: Overzicht van de geschatte baggerhoeveelheden (\*10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>)

	Voorgesteld profiel	Initieel profiel (IMDC, 2015)
Zone 1	28	
Zone 2	13,5	
Zone 3	31	
Zone 4	13	
<b>Totaal</b>	<b>85</b>	<b>233</b>

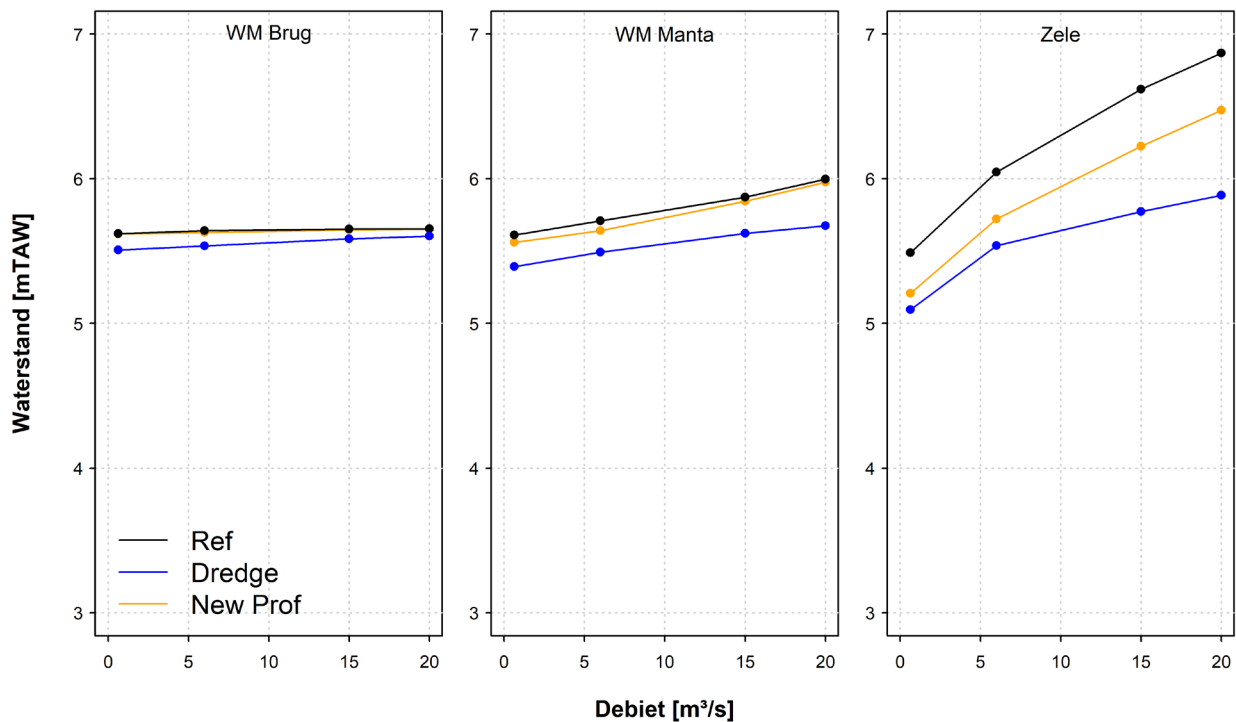


Figuur 25: Oppervlakverdeling in klassen voor verschillende scenario's

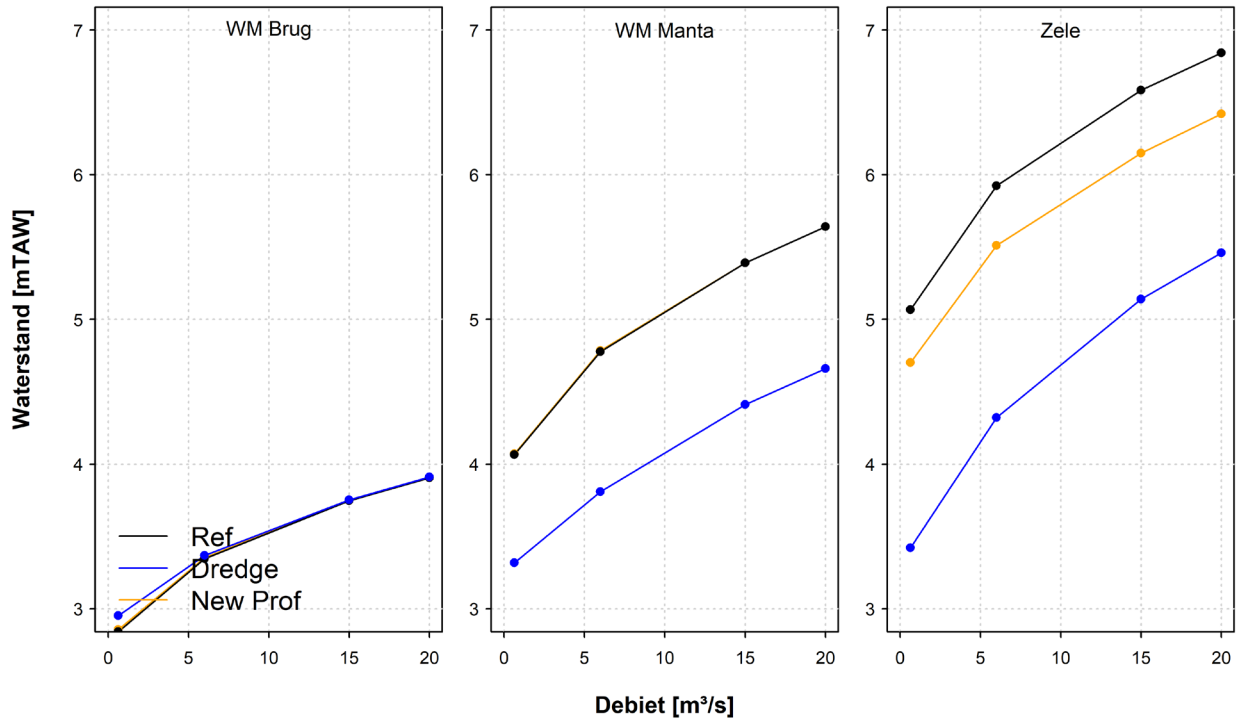
In Figuur 25 is de verdeling van de oppervlaktes in de verschillende zones weergegeven. In elke zone is er evident een toename van het oppervlak < 4.8 mTAW door een verdieping van de geul. De grootste daling zit in de zone > 6mTAW. Aangezien deze zone ecologisch minder relevant is, kan dit als positief worden ervaren

#### 6.1.4 Effecten bij lagere debieten

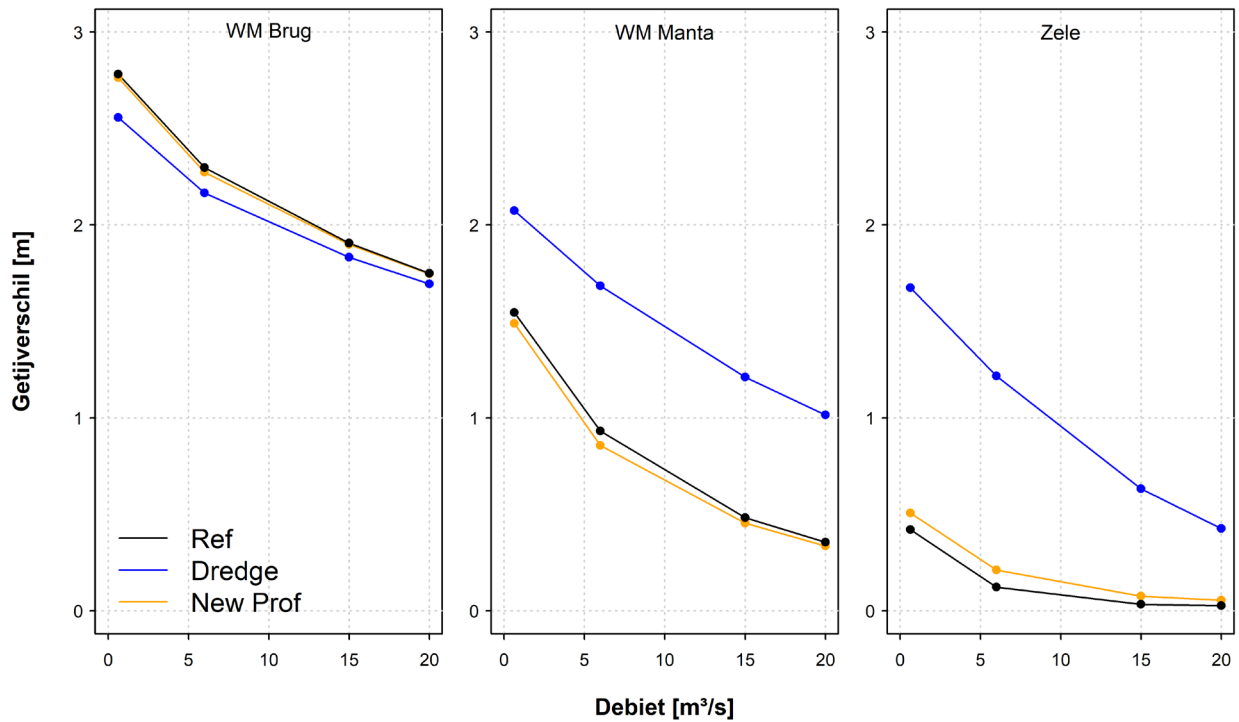
Naast de profielen bij hoge waterafvoeren, wordt voor dit profiel ook de situatie bekeken bij normale (lage) afvoeren. Additionele simulaties werden uitgevoerd bij 0,64 m<sup>3</sup>/s (gemiddelde dagafvoer RWZI), 6 m<sup>3</sup>/s en 15 m<sup>3</sup>/s. In Figuur 26 en Figuur 27 zijn respectievelijk de hoog- en laagwaterstanden weergegeven ter hoogte van Waasmunster-Brug, Waasmunster-Manta en Zele. In Figuur 28 is eveneens het getijverschil weergegeven. T.o.v. de huidige situatie wordt geen verschil waargenomen te Waasmunster-Brug en Manta (deze zijn ook afwaarts van de veranderingen in het profiel gelegen). Ter hoogte van Zele wordt zowel een verlaging van de hoogwaters en laagwaters waargenomen, die sterk gelijkaardig is. Dit resulteert evident in een gelijkaardig getijverschil als vandaag de dag, wat als positief wordt beschouwd aangezien een verhoging van de getijslag bij aanvang een versnelde sedimentatie kan teweegbrengen.



Figuur 26: Hoogwaterstanden bij verschillende bovenafvoeren ter hoogte van Waasmunster Brug, Waasmunster Manta en Zele



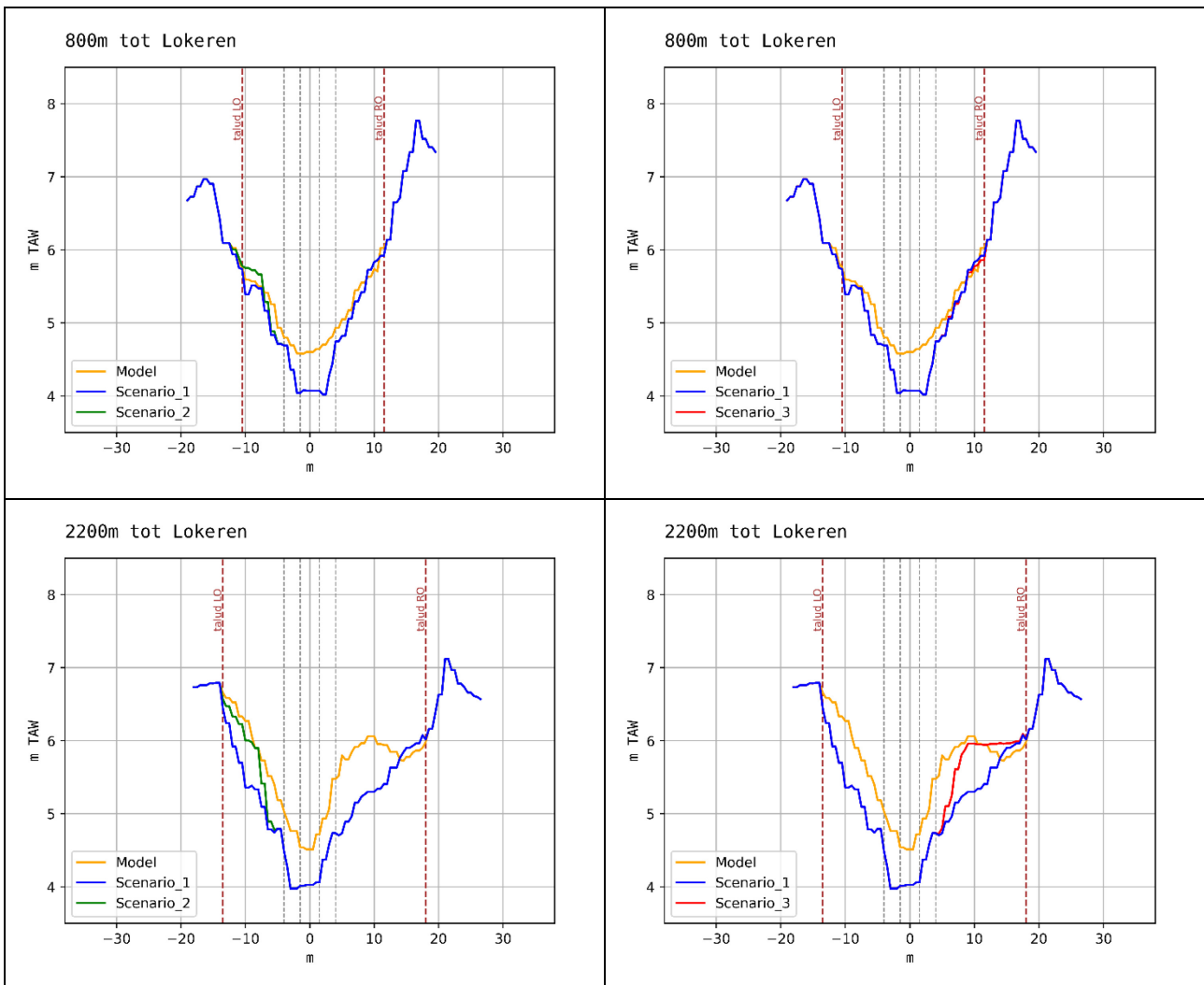
Figuur 27: Laagwaterstanden bij verschillende bovenafvoeren ter hoogte van Waasmunster Brug, Waasmunster Manta en Zele

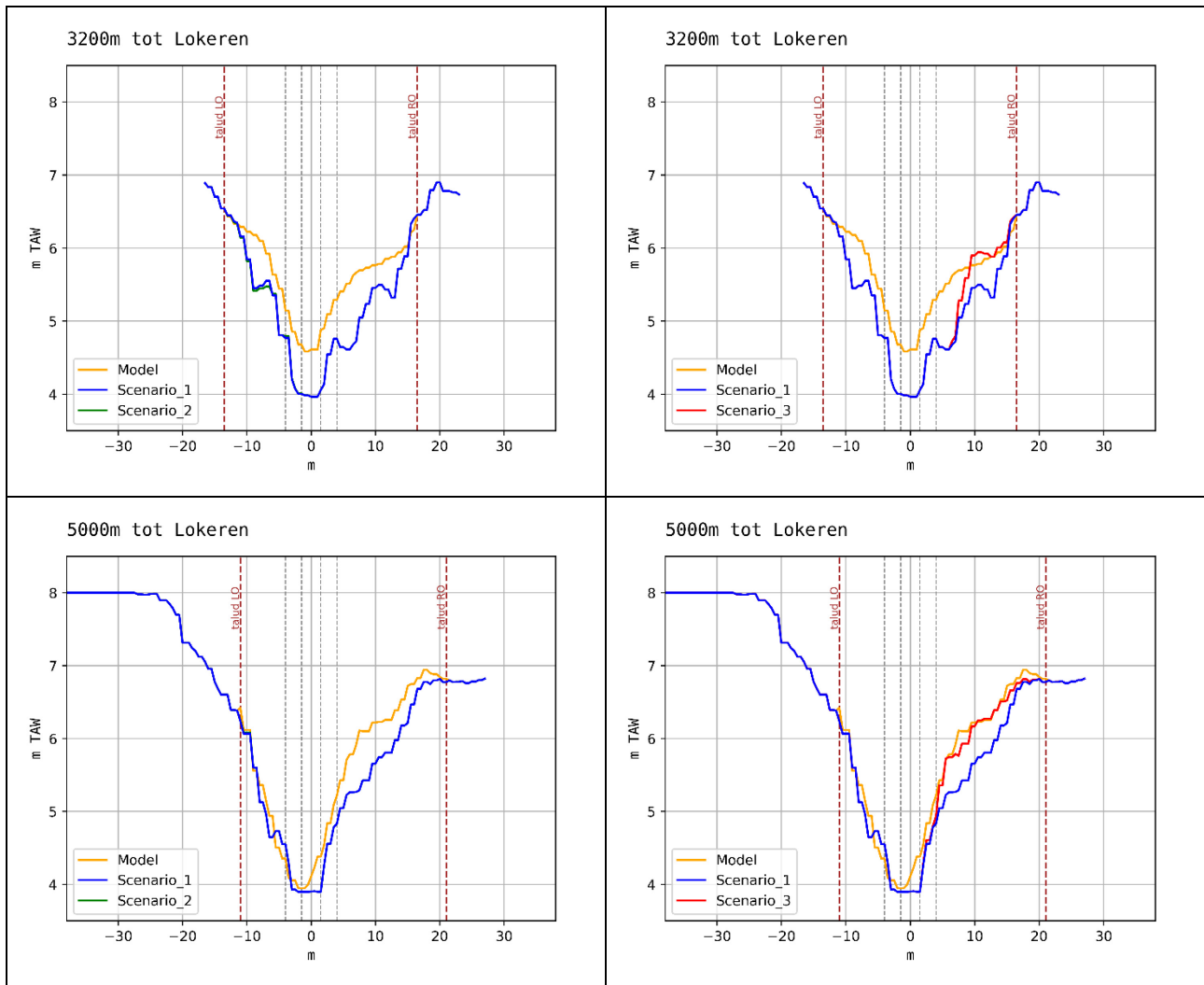


Figuur 28: Getijverschil bij verschillende bovenafvoeren ter hoogte van Waasmunster Brug, Waasmunster Manta en Zele

### 6.1.5 Asymmetrische profielen

De ontwerpregels voor het opstellen van een bathymetrie, zoals weergegeven in sectie 6.1.1, werden tot nu symmetrisch geïmplementeerd t.o.v. de locatie van de thalweg. Hieropvolgend wordt nagegaan wat het effect is van het toepassen van deze regels aan 1 zijde van de geul, aangezien de werken vanop de kant dienen uitgevoerd te worden. In beide scenario's blijft de geul dus volledig behouden zoals in voorgaand, symmetrisch profiel, maar het intergetijdengebied wordt slecht aan 1 zijde afgegraven, respectievelijk aan de linker- of rechteroever. In Figuur 29 zijn enkele dwarstransecten voor beide scenario's weergegeven.

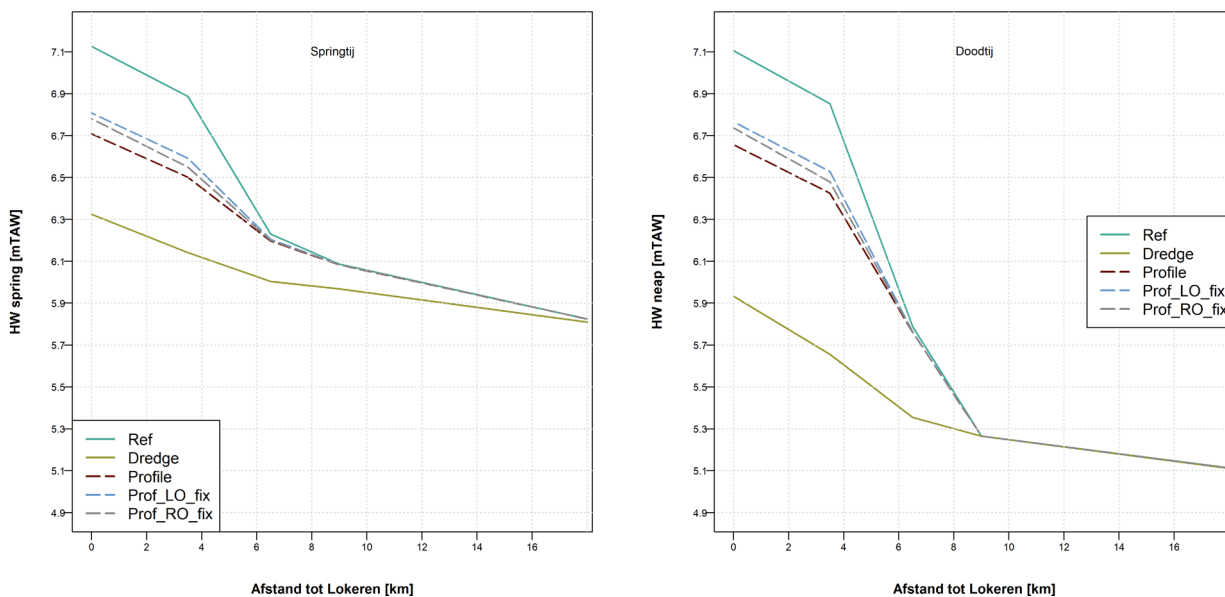




Figuur 29: Dwarstransecten waarbij enkel de IGG aan de rechteroever (linkse kolom) en linkeroever (rechtse kolom) worden verdiept

In Figuur 30 is het langsverloop van de hoogwaterstanden weergegeven voor de situatie waarbij een symmetrisch baggerprofiel wordt toegepast, vs. een profiel waarbij respectievelijk IGG op linker- of rechteroever wordt behouden. In beide asymmetrische gevallen ligt het berekende profiel iets hoger dan het symmetrisch profiel, ca. 5 tot maximaal 10 cm ter hoogte van Zele. Het verschil tussen beide scenario's is beperkt tot enkele centimeters. Deze iets hogere waarden kunnen verwacht worden aangezien de dwarsdoorsnede in een asymmetrisch geval gemiddeld iets kleiner is.

In Tabel 5 zijn de geschatte baggervolumes weergegeven voor de verschillende scenario's. Wanneer een asymmetrisch profiel wordt toegepast, dient ongeveer 25 tot 30 % minder gebaggerd te worden. De geschatte baggervolumes tussen beide asymmetrische scenario's zijn quasi gelijk, al kan dit per zone nog wel sterk variëren.



Figuur 30: Effect van asymmetrisch profiel op hoogwaterstanden bij spring (links) en doortij (rechts)

Tabel 5: Overzicht van geschatte baggervolumes in verschillende scenario's (getallen \*10<sup>3</sup>, in m<sup>3</sup>)

	Symmetrisch profiel	Asymmetrisch profiel LO fix	Asymmetrisch profiel RO fix
Zone 1	28	20,5	22
Zone 2	13,5	8,5	11,8
Zone 3	31	24	18,5
Zone 4	13	9,5	8
Totaal	85	62,5	60



## 7 Conclusie en aanbeveling

Onder normale omstandigheden is het verhang in de zone tussen de dam te Lokeren en Zele enerzijds en Zele en Waasmunster Manta gelijkaardig. Aangezien geen metingen beschikbaar zijn van de bovenafvoer op de Durme, wordt de waterstand te Zele als een proxy gebruikt. Het verhang in het meest opwaartse deel lijkt weinig te variëren in functie van een stijgende waterstand. Bij de hoogste waterstanden dient wel opgemerkt te worden dat een overtopping van de dijk te Molsbroek optreedt, met uiteraard invloed op dit verhang. Voor de zone tussen Zele en Waasmunster Manta wordt een stijgend verhang waargenomen in functie van de waterstand te Zele. Voor laagwaters is dit lineair, voor hoogwaters neemt deze sterk toe bij de hoogste waterstanden, en is deze van dezelfde grootte orde als in de zone Lokeren – Zele.

Met behulp van een 2D numeriek model van de Durme (Nguyen et al., 2024), binnen de Telemac software, werden verschillende scenario's doorgerekend om de belangrijkste parameters die de opstuwung veroorzaken bij hoge bovenafvoer te identificeren. Er wordt een constante hoge bovenafvoer opgelegd aangezien geen meetreeksen beschikbaar zijn. Uit de simulaties blijkt enerzijds dat het verondiepen van de geul (t.o.v. het initieel baggerprofiel) in een eerder beperkt effect resulteert. Anderzijds lijkt een volledige verhoging van het profiel, dus zowel het verondiepen van geul als intergetijdengebieden, tot een groter effect te resulteren. Daarnaast blijkt het effect van de longitudinale extensie van de baggerwerken ook belangrijk. Simulaties met verdieping tot Hof ten Reyen hebben een duidelijk groter effect dan deze tot ter hoogte van het pompgemaal te Lokerenbeek.

Op basis van deze simulaties wordt een baggerprofiel opgesteld. Er wordt hierbij geselecteerd de baggerwerken tot Hof ten Reyen door te trekken (km 5,6 van de dam te Lokeren). T.o.v. het initieel baggerprofiel (IMDC, 2015) wordt vooral de diepte van de geul losgelaten, die hier was bepaald op basis van de randvoorwaarde dat gravitaire afvoer van de omgeving mogelijk moest zijn. Voor het bekomen van het voorgestelde baggerprofiel zou ca.  $85 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  volume moeten gebaggerd worden. Indien slechts aan 1 zijde intergetijdengebied wordt verlaagd, kan dit volume met ca. 25 tot 30 % worden verlaagd. Dit is nog steeds een aanzienlijke baggerinspanning, maar toch veel minder dan de te verwachten inspanning voor het initiële baggerprofiel in IMDC (2015).

Het toepassen van dit baggerprofiel zou leiden tot een aanzienlijke daling van de hoogwaterstanden (ca. 40 cm t.o.v. de referentiesimulatie te Zele). Door de grote modelonzekerheid en beperkte beschikbare data dient het aanbeveling om de effecten nog te verifiëren met een 1D hydrodynamische berekening, welke frequenter wordt ingezet voor wassen en stormen i.h.k.v. het Sigmaplan. Het huidige profiel werd enkel getoetst voor hogere bovenafvoeren, stormsituaties werden niet beschouwd.

De Durme wordt gekenmerkt door sterke sedimentatie. In het voorgestelde baggerprofiel verlagen zowel de hoog- als laagwaterstanden onder normale (beperkte) bovenafvoer. Hierdoor zou het getijverschil nagenoeg gelijk blijven t.o.v. de huidige situatie in tegenstelling tot een ruimer baggerprofiel, waar het getijverschil initieel zou toenemen. Toch kan ook hier sedimentatie optreden. Het dient aanbeveling om na het uitvoeren van de werken de evolutie van het bodemprofiel goed op te volgen. Een mogelijke beheersmaatregel om de sedimentatie te beperken kan zijn om de (beschikbare) bovenafvoer te concentreren tijdens bepaalde momenten van het getij ("flushen"). De effecten hiervan zijn omwille van de complexiteit (gedrag sedimentdeeltjes, invloed hydrodynamica) moeilijk te voorspellen en dienen best gemonitord te worden.

## 8 Referenties

IMDC (2015) Rivierherstelplan Durmevallei. I/RA/11385/13.030/RAD

Nguyen, D.; Vanlede, J.; Meire, D. (2024a). Een geïntegreerde aanpak voor de Durme: Set-up and calibration of a detailed Durme model. Version 4.0. *FH reports, 19\_016\_3*. Flanders Hydraulics: Antwerp. VII, 54 + 15 p. app. pp.

Meire, D.; Nguyen, D.; Stark, J.; Vanlede, J. (2024). Een geïntegreerde aanpak voor de Durme: sub report 6. Scenarios intertidal areas. Version 4.0. *FH reports, 19\_016\_6*. Flanders Hydraulics: Antwerp. VI, 49 + 6 p. app. pp. <https://dx.doi.org/10.48607/237>

Nguyen, D.; Stark, J.; Meire, D. (2024b). Een geïntegreerde aanpak voor de Durme: sub report 7. The effect of upstream discharge and flushing. Version 4.0. *FH reports, 19\_016\_7*. Flanders Hydraulics: Antwerp. VI, 38 20

Van Ryckegem, G.; Dillen, J.; Van Braeckel, A.; Mertens, W.; Van den Bergh, E. (2010) Advies betreffende het type dwarsprofiel voor schorherstel langs de Durme. INBO.A.2010.224.

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](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

[www.waterbouwkundiglaboratorium.be](http://www.waterbouwkundiglaboratorium.be)