



Vlaanderen
is wetenschap

17_017_2
WL rapporten

Invloed van morfologie Westerschelde bij hoge hoogwaters

Analyse waterstandsmetingen in Verdrongen Land van Saeftinghe

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Invloed van morfologie Westerschelde bij hoge hoogwaters

Analyse waterstandsmetingen in Verdrongen Land van Saeftinghe

Stark, J.; Meire, D.; Smolders, S.; Plancke, Y.

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 2022
D/2022/3241/007

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Stark, J.; Meire, D.; Smolders, S.; Plancke, Y. (2022). Invloed van morfologie Westerschelde bij hoge hoogwaters: Analyse waterstandsmetingen in Verdrongen Land van Saeftinghe. Versie 1.0. WL Rapporten, 17_017_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2022R17_017_2
Trefwoorden (3-5):	Verdrongen Land van Saeftinghe; stormtij; waterstandsmetingen		
Kennisdomeinen:	Hydraulica en sediment > Hydrodynamica > Waterstanden > In situ metingen		
Tekst (p.):	14	Bijlagen (p.):	5
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Stark, J.
------------	-----------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Meire, D.; Smolders, S.	Getekend door:Dieter Meire (Signature) Getekend op:2022-02-03 09:33:51 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed <i>Dieter Meire</i>
		Getekend door:Sven Smolders (Signatur) Getekend op:2022-01-18 18:26:23 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed <i>Sven Smolders</i>
Projectleider:	Plancke, Y.	Getekend door:Yves Plancke (Signature) Getekend op:2022-01-18 16:22:15 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed <i>Yves Plancke</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Abdelkarim Bellafkih (Sign Getekend op:2022-01-19 09:09:34 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed <i>Abdelkarim Bellafkih</i>
-----------------	---------------	---



Abstract

Dit rapport presenteert de waterstandsmetingen die in januari 2017 tijdens storm Dieter in het Verdrongen Land van Saefthinghe en het naastgelegen Sieperdaschor zijn uitgevoerd. Op basis van de metingen is een analyse uitgevoerd van de demping of amplificatie van hoogwaters over het intergetijdengebied. De verkregen resultaten zijn ook vergeleken met eerder (model)onderzoek naar getijvoortplanting en stormdemping in het Verdrongen Land van Saefthinghe door Stark *et al.* (2015, 2016).

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
1.1 Situering.....	1
1.2 Doelstelling.....	1
1.3 Leeswijzer	2
2 Studiegebied.....	3
3 Methodiek	4
3.1 Beschrijving meetcampagne	4
3.2 Bepaling demping en amplificatie	5
3.3 Getijcondities tijdens meetcampagne.....	5
4 Resultaten.....	7
4.1 Tijdreeksen waterstandsmetingen	7
4.2 Demping van hoogwaters.....	7
5 Discussie en conclusies.....	10
5.1 Vergelijking met eerder onderzoek door Stark <i>et al.</i> (2015, 2016).....	10
5.2 Aanbevelingen	11
Referenties	13
Bijlage A – Waterstandsmetingen	B1

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Locaties divers..... 4

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Het Verdrongen Land van Saeftinghe.....	3
Figuur 2 – Meetlocaties.....	5
Figuur 3 – Geobserveerd getij te Vlissingen, Baalhoek en Prosperpolder gedurende gehele meetperiode....	6
Figuur 4 – Geobserveerd getij te Vlissingen, Baalhoek en Prosperpolder tijdens storm Dieter.....	6
Figuur 5 – Waterstandsmetingen langs het Speelmansgat tijdens storm Dieter met detail tijdens hoogste hoogwater.....	8
Figuur 6 – Waterstandsmetingen in het Sieperdaschor tijdens storm Dieter met detail tijdens hoogste hoogwater.....	8
Figuur 7 – Demping of amplificatie van hoogwaterstanden langs het Speelmansgat (R5517-R5520).....	9
Figuur 8 – Demping of amplificatie van hoogwaterstanden langs het voorste deel (R5517-R5530; links), het middendeel (R5530-V1271; midden) en achterste deel (V1271-R5520; rechts) van het transect in het Speelmansgat.....	9
Figuur 9 – Demping of amplificatie van hoogwaterstanden in het Sieperdaschor (F3024-R5518).....	9
Figuur 10 – Door Stark <i>et al.</i> (2015) gemeten demping en amplificatie over verschillende transecten langs het Hondegat.....	11
Figuur 11 – Door Stark <i>et al.</i> (2016) gemodelleerde voortplanting van het hoogwater door het Speelmansgat (S1-S6), de IJskelder (Y1-Y6) en het Hondegat (H1-H6) tijdens stormtij.....	11
Figuur 12 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver R5517 langs het Speelmansgat.....	B1
Figuur 13 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver R5530 langs het Speelmansgat.....	B1
Figuur 14 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver V1271 langs het Speelmansgat.....	B2
Figuur 15 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver R5520 langs het Speelmansgat.....	B2
Figuur 16 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver G1026 langs het Speelmansgat.....	B3
Figuur 17 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver R2425 aan de landzijde van de IJskelder.....	B3
Figuur 18 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver R5519 aan de landzijde van het Hondegat.....	B4
Figuur 19 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver F3024 in het Sieperdaschor.....	B4
Figuur 20 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver F3013 in het Sieperdaschor.....	B5
Figuur 21 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver R5518 in het Sieperdaschor.....	B5

1 Inleiding

1.1 Situering

In november 2015 en in januari 2016 werden voor twee hoogwaters verhoogde hoogwaterstanden voorspeld door de permanentie van het HIC. De voorspelde verhoogde waterstanden bleven echter onder de grenswaarde voor het afkondigen van de stormtij-procedure. In beide gevallen bleken de opgetreden waardes hoger te liggen dan de voorspelling, waardoor er sprake was van stormtij in het Zeescheldebekken.

Een eerste analyse van de gebeurtenis in november 2015 (stormrapport) gebeurde onder het regulier kader van de *“Rapportering was en storm”* (PA008). Aansluitend gebeurde in project 16_016 *“Model- en data-analyse ten behoeve van betere tij-verwachtingen”* een analyse van de hoge hoogwaters in het Schelde-estuarium sinds 1981, waarbij gefocust werd op het effect van de wind (Boeckx *et al.*, 2017; Deschamps *et al.*, 2017). De analyse maakte gebruik van data en numerieke modellen. Tijdens de bespreking van de resultaten van de studie 16_016 werd het belang van de morfologie in de Westerschelde naar voor gebracht. Onderzoek door Stark *et al.* (2017) laat bijvoorbeeld het belang van de geometrie en hoogteligging van intergetijdengebieden zien voor de getijvoortplanting door het estuarium.

De rol van morfologie van intergetijdengebieden en het Verdrongen Land van Saeftinghe in het bijzonder voor de voortplanting van stormtij door de Westerschelde werd modelmatig onderzocht in Deelrapport 1 van dit onderzoeksproject (Coen *et al.*, 2017). Daarnaast tonen Temmerman *et al.* (2017) en Stark (2016) de belangrijke rol van Saeftinghe in de berging van water tijdens stormtij voor verschillende geometrische configuraties (relatieve hoogte platform Saeftinghe t.o.v. hoogwater bij storm).

1.2 Doelstelling

Een tweede doelstelling binnen deze studie was het uitvoeren van waterstandsmetingen in het Verdrongen Land van Saeftinghe bij stormtijcondities. Hiermee kan de getijvoortplanting binnen de geulen van dit intergetijdengebied in beeld gebracht worden. Eén van de belangrijkste aspecten is na te gaan wat het effect is van de intertidale geulen en het schorplatform op de getijvoortplanting en op de demping of amplificatie van de hoogwaters. Dit werd reeds bestudeerd door Stark *et al.* (2015, 2016) op basis van waterstandsmetingen in het Hondegat, o.a. tijdens de Sinterklaasstorm op 5 december 2013, en op basis van numerieke modellering.

In januari 2017 deed zich een opportuniteit voor om tijdens de storm *“Dieter”* een dergelijke meetcampagne uit te voeren. Voorliggend rapport beschrijft de resultaten van deze meetcampagne. De metingen zullen tevens toelaten om resultaten uit voorgaande studies te toetsen en de getijvoortplanting en waterberging in Saeftinghe verder te bestuderen voor de hoge hoogwaters die ten gevolge van storm Dieter werden opgemeten. De verkregen resultaten worden tenslotte vergeleken met eerder (model)onderzoek naar getijvoortplanting en stormdemping in het Verdrongen Land van Saeftinghe door Stark *et al.* (2015, 2016).

1.3 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt ingedeeld:

Hoofdstuk 2 bevat een beknopte beschrijving van het studiegebied.

In Hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de uitgevoerde meetcampagne.

Hoofdstuk 4 geeft de geobserveerde waterstandsreeksen en een analyse van de demping of amplificatie van het getij in het studiegebied op basis van de gemeten waarden.

Hoofdstuk 5 bevat de conclusies en een vergelijking van de huidige meetcampagne met een eerdere meetcampagne en modelstudie door Stark *et al.* (2015, 2016). Ook worden enkele aanbevelingen gegeven ten behoeve van toekomstige meetcampagnes.

2 Studiegebied

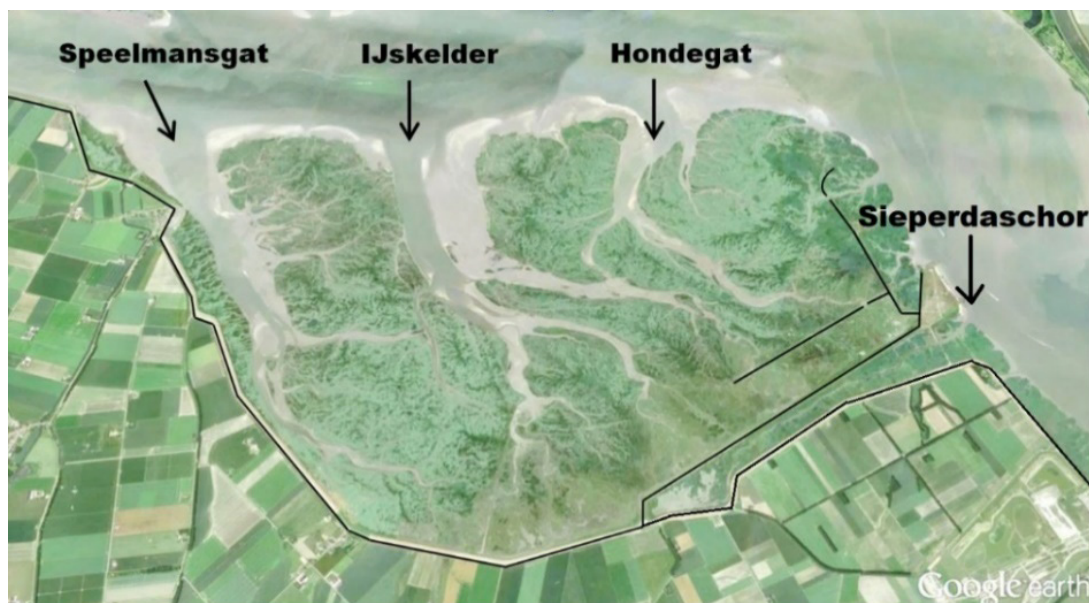
Naar aanleiding van storm Dieter op 13 en 14 januari 2017 werden door het Waterbouwkundig Laboratorium divers uitgezet in het Verdrongen Land van Saeftinghe en het Sieperdaschor met als doel de getijvoortplanting in de verschillende intertidale geulen (Speelmansgat, Ijskelder, Hondegat, Sieperdaschor; zie Figuur 1) op te meten.

Verdrongen Land van Saeftinghe

Het Verdrongen Land van Saeftinghe is met een oppervlakte van ong. 3000 ha het grootste intergetijdengebied langs het Schelde-estuarium en zelfs het grootste brakwater schor in noordwest Europa (Dijkema *et al.*, 1984). Het gebied wordt aan de westzijde en zuidzijde omsloten door dijken, terwijl het getij via drie grote geulen langs de noordkant vanuit de hoofdgeul van de Schelde het gebied binnenstroomt (i.e., Speelmansgat in het westen, Ijskelder in het midden en Hondegat in het oostelijk deel; Figuur 1). Aan de oostkant van het gebied bevinden zich overigens twee dammen, die wel door intertidale geulen doorbroken zijn. Ongeveer twee derde van het Verdrongen Land van Saeftinghe is begroeid en één derde bestaat uit geulen en onbegroeide platen (Stark *et al.*, 2015). De hoogteligging van het gebied verschilt tussen de lager gelegen onbegroeide geulen en platen enerzijds en het hoger gelegen schorplatform anderzijds. Op basis van een analyse van LIDAR-data uit 2010 door Stark *et al.* (2016) is de gemiddelde hoogte van het schorplatform 5,32 m TAW of en daarmee iets hoger dan het gemiddeld hoogwaterniveau van de nabijgelegen tijpost Bath van 5,08 m TAW (Dillingh, 2013).

Sieperdaschor

Het Sieperdaschor is een relatief klein en langgerekt schor dat ten zuiden van het Verdrongen Land van Saeftinghe gelegen is (Figuur 1). Het door dijken omringde gebied is slechts 200-400 m breed, maar wel bijna 4 km lang. Het getij stroomt aan de oostkant binnen door één hoofdgeul die het gehele gebied doorkruist.



Figuur 1 – Het Verdrongen Land van Saeftinghe.

3 Methodiek

3.1 Beschrijving meetcampagne

Op 13/01/2017 werden door het Waterbouwkundig Laboratorium drukmeters (gewone divers en CTD divers) geplaatst op verschillende locaties in het Verdrongen Land van Saeftinghe en het naastgelegen Sieperdaschor. De drukmeters worden gebruikt om de waterhoogte boven de sensor te bepalen in de veronderstelling van een hydrostatische drukverdeling. Er wordt ook een correctie toegepast voor variaties in de luchtdruk door een luchtdrukmeter in de nabijheid van het studiegebied te hangen. Deze divers hebben van 13/01/2017 tot en met 30/01/2017 in het gebied gestaan waardoor er een meetreeks over een volledige springtij-doodtij-cyclus is verkregen. Figuur 2 toont de locaties van de divers en Tabel 1 geeft een overzicht van de exacte coördinaten en hoogteligging van de verschillende divers. De exacte hoogteligging werd bepaald aan de hand van een RTK-meting.

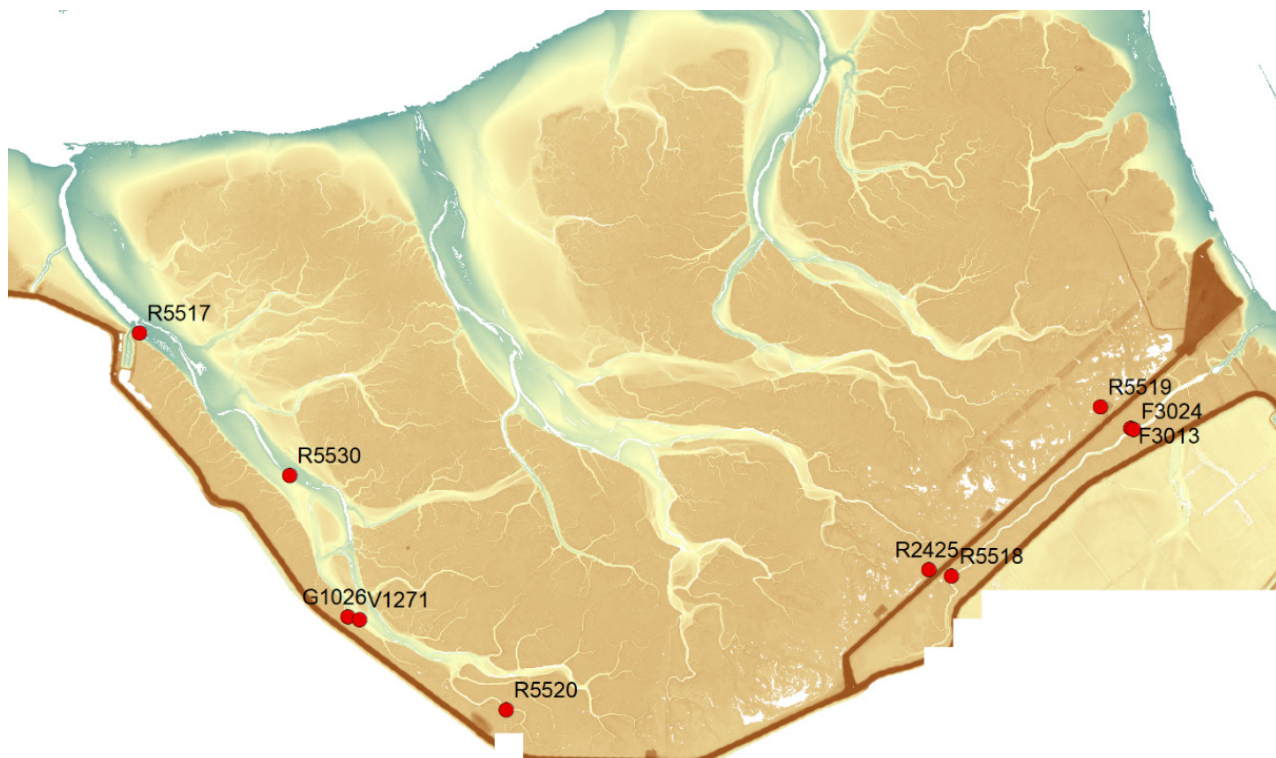
Divers R5517 – R5530 – V1271 – R5520 zijn in volgorde van voor- naar achterkant schor langs de meest westelijke geul het Speelmansgat geplaatst. Diver G1026 bevindt zich op het schorplatform nabij V1271.

Divers R2425 en R5519 bevinden zich op het schorplatform langs de dijk aan de landzijde van resp. de hoofdgeulen IJskelder en het Hondegat.

Tot slot zijn divers F3024 (geul) en R5518 (platform) aan de voorkant en achterkant van de geul door het Sieperdaschor geplaatst. Diver F3013 is op het schorplatform naast diver F3024 geplaatst.

Tabel 1 – Locaties divers.

Diver ID	Geul	x-coördinaat [m RD]	y-coördinaat [m RD]	z diver [m TAW]
R5517	<i>Speelmansgat</i>	66184	374655	1,02
R5530	<i>Speelmansgat</i>	67235	373661	2,00
G1026	<i>Speelmansgat</i>	67642	372670	5,29
V1271	<i>Speelmansgat</i>	67720	372652	2,74
R5520	<i>Speelmansgat</i>	68748	372025	3,81
R2425	<i>IJskelder</i>	71695	372998	5,28
R5519	<i>Hondegat</i>	72890	374135	5,44
F3024	<i>Sieperdaschor</i>	73123	373978	3,36
F3013	<i>Sieperdaschor</i>	73100	373985	5,46
R5518	<i>Sieperdaschor</i>	71854	372957	5,29



Figuur 2 – Meetlocaties.

3.2 Bepaling demping en amplificatie

De waterstandsmetingen worden gebruikt om de demping of amplificatie van het hoogwaterniveau door het schorregebied te bepalen. Met name de waterstandsmetingen langs het Sieperdaschor (F3024 – R5518) en langs het Speelmansgat (R5517 – R5530 – V1271 – R5520) kunnen hiervoor worden gebruikt. Speciale aandacht gaat uit naar de voortplanting van de hoogwatergolf tijdens de stormtijden van 13/01/2017 en 14/01/2017.

Conform bestaande wetenschappelijke literatuur (e.g. Glass *et al.*, 2018; Krauss *et al.*, 2009; Stark *et al.*, 2015) wordt de demping of amplificatie van de hoogwaterstanden (i.e., $\partial HWL \cdot \partial x^{-1}$) uitgedrukt in cm/km. De afstand tussen de meetpunten wordt hemelsbreed (i.e., in rechte lijn) bepaald. Deze afstand tussen de meetlocaties in het Speelmansgat bedraagt respectievelijk 1450 m voor het voorste deeltransect, 1120 m voor het middelste deeltransect en 1200 m voor het achterste deeltransect. De hemelsbrede afstand tussen de meetlocaties in het Sieperdaschor bedraagt 1630 m.

Voor de locaties op het schorplatform kan de demping of amplificatie alleen worden bepaald voor getijden waarvoor de desbetreffende diver daadwerkelijk onder getijinvloed staat (i.e., de stormtijden en enkele springtijden).

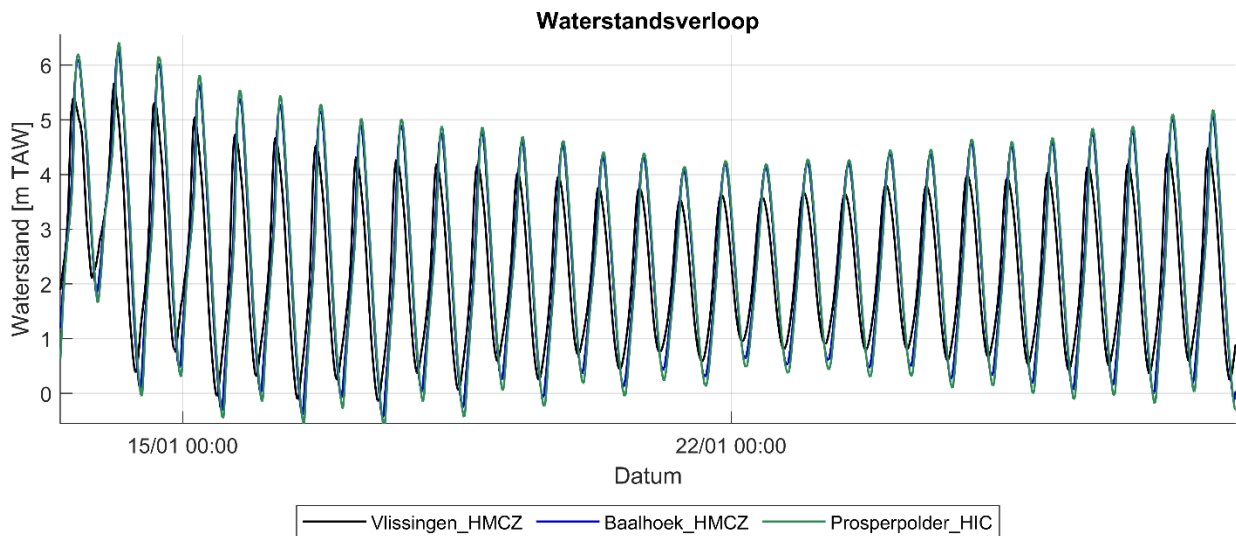
3.3 Getijcondities tijdens meetcampagne

Figuur 3 toont het geobserveerde waterstandsverloop in Vlissingen, Baalhoek (i.e., net afwaarts van het Verdrongen Land van Saeftinghe) en Prosperpolder (i.e., net opwaarts van de ingang van het Sieperdaschor) gedurende de meetperiode. De geobserveerde hoogwaterniveaus tijdens de meetperiode in Baalhoek variëren tussen 4,09 m TAW bij doortij en 6,27 m TAW bij het hoogste stormtij. Voor meetpost Prosperpolder variëren de hoogwaterniveaus tussen 4,14 en 6,41 m TAW.

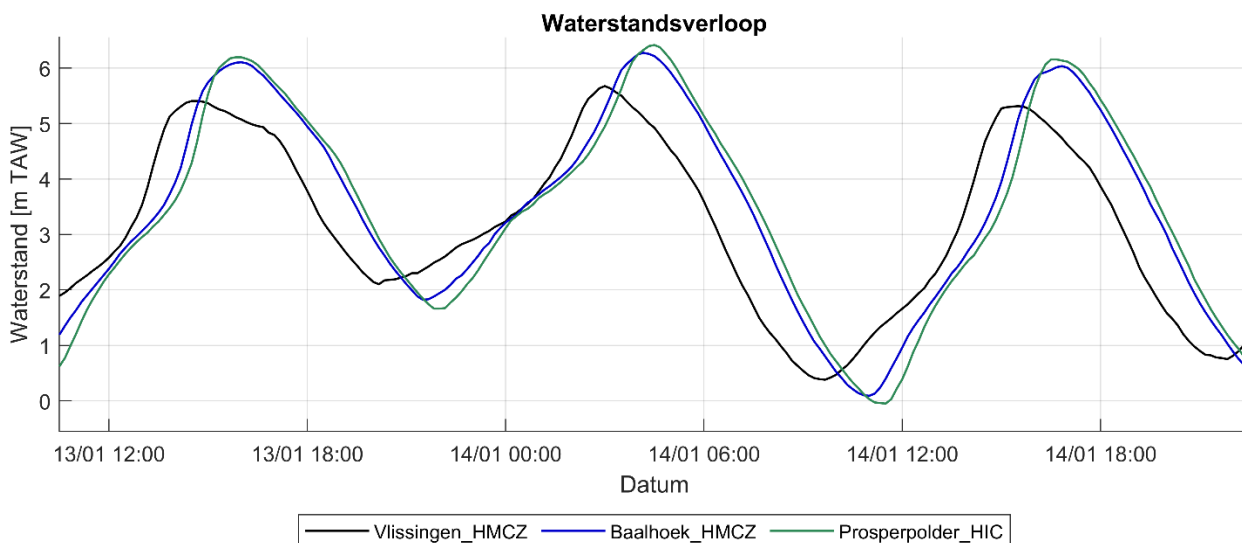
Figuur 4 geeft aanvullend het gemeten waterstandsverloop in het estuarium tijdens de drie getijden met stormopzet door storm Dieter op 13 en 14 januari 2017 weer:

- De hoogwaterstanden te Vlissingen waren resp. 5,40 m TAW, 5,67 m TAW en 5,31 m TAW.
- Voor tijpost Baalhoek, net afwaarts van Saeftinghe, hadden de stormtijen een hoogwaterstand van 6,10, 6,27 en 6,04 m TAW.
- Tot slot waren de hoogwaters met stormopzet te Prosperpolder vlakbij het Sieperdaschor resp. 6,19, 6,41 en 6,15 m TAW.

De hoogste hoogwaterstanden tijdens het hoogste stormtij waren daarmee ongeveer 0,9 m hoger dan bij een gemiddeld springtij (i.e., 4,77 m TAW in Vlissingen en 5,62 m TAW in Prosperpolder).



Figuur 3 – Geobserveerd getij te Vlissingen, Baalhoek en Prosperpolder gedurende gehele meetperiode.



Figuur 4 – Geobserveerd getij te Vlissingen, Baalhoek en Prosperpolder tijdens storm Dieter.

4 Resultaten

4.1 Tijdreeksen waterstandsmetingen

De volledige tijdreeksen van waterstanden die tijdens de meetcampagne werden geobserveerd in het Verdrongen Land van Saefthinghe en het Sieperdaschor zijn opgenomen in *Bijlage A – Waterstandsmetingen*. De desbetreffende figuren tonen de tijdreeksen voor een volledige springtij-doodtij cyclus. Uit deze tijdreeksen blijkt duidelijk dat de divers op het schorplatform enkel bij de stormtij en een enkel springtij overspoeld raken. De divers die in de geulen zijn geplaatst zijn zowel bij springtij als bij doortij overspoeld.

4.2 Demping van hoogwaters

Figuur 5 en Figuur 6 geven het gemeten waterstandsverloop langs het Speelmansgat (R5517 – R5530 – V1271 – R5520) en het Sieperdaschor (F3013/F3024 – R5518) weer voor de drie stormtijden op 13 en 14 januari 2017. Waar de hoogwaterniveaus langs het Speelmansgat vrijwel gelijkaardig zijn of zelfs iets toenemen in landwaartse richting, is in het Sieperdaschor voor de drie stormtijden duidelijk sprake van een demping van de hoogwaterstanden. Om dit beter te illustreren is voor elk getij in de meetreeks de demping of amplificatie van het hoogwaterniveau in cm/km tussen twee meetlocaties bepaald.

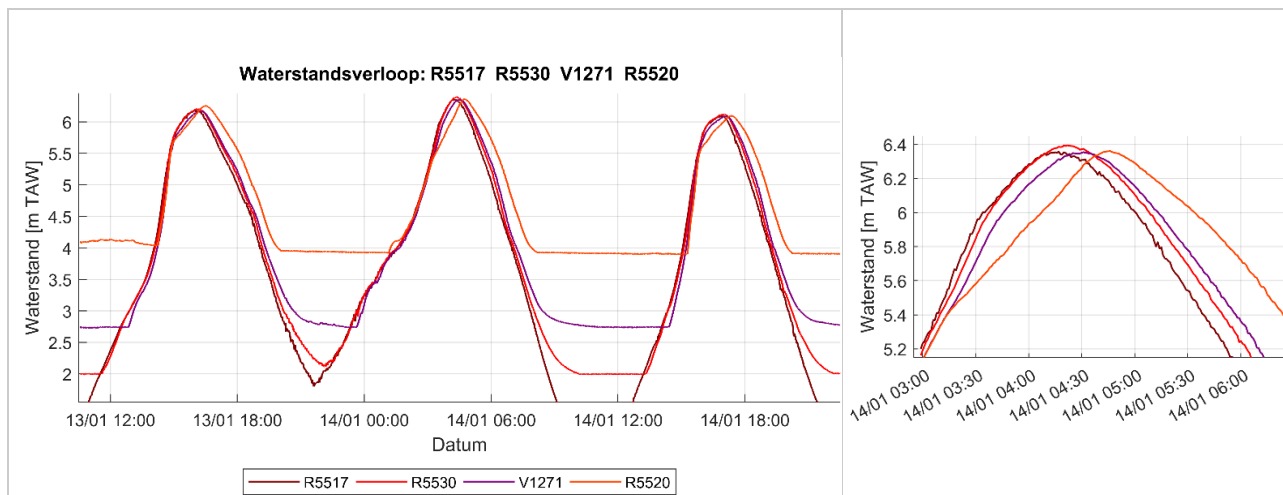
Speelmansgat

Figuur 7 toont de demping of amplificatie in cm/km voor elk getij over het gehele Speelmansgat. In Figuur 8 is het transect langs het Speelmansgat opgesplitst in drie delen op basis van de meetlocaties in Figuur 2. Langs het Speelmansgat als geheel is ongeacht het hoogwaterniveau nooit sprake van demping. De amplificatie van hoogwaters in deze geul varieert tussen 0-4 cm/km (i.e., tot +14 cm over het hele transect). Voor de hoogste hoogwaters (bij stormtij) is de amplificatie in het algemeen kleiner dan bij lagere hoogwaters (doodtij). Er zijn wel ruimtelijke verschillen tussen het voorste deel, het middendeel en het meest landwaartse deel van het Speelmansgat. In het voorste deel, waar de geul het breedst is en de omvang van het omliggend schorplatform relatief klein, is er steeds sprake van amplificatie tot maximaal 4 cm/km. In het middendeel, waar de geul versmalt en meandert, is daarentegen wel sprake van demping van het hoogwaterniveau. Deze demping is met 0-2 cm/km relatief klein voor de lagere hoogwaters, maar neemt wel iets toe tot 2-4 cm/km voor springtij of stormtij. Er lijkt sprake van een sprong rond 5,2 m TAW, waarboven de demping toeneemt (Figuur 7). Dit is waarschijnlijk een gevolg van het overspoelen van het schorplatform. Het achterste deel van het Speelmansgat, waar de geulen eveneens smaller zijn en het omringend schorplatform relatief breed, laat een grote variatie zien met een amplificatie tot maximaal 10 cm/km voor de lagere getijden. Bij deze lagere getijden raakt het schorplatform niet onderspoeld en blijft de getijvoortplanting beperkt tot de intertidale geulen. Voor de hogere getijden is de amplificatie van de hoogwaters over het achterste transect weer vrij zwak.

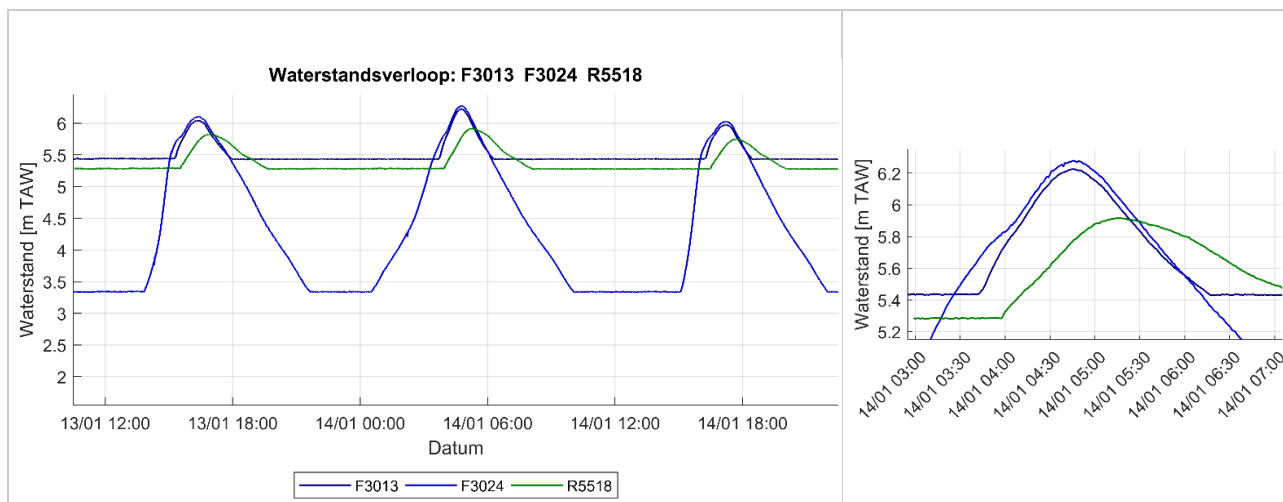
Sieperdaschor

In het Sieperdaschor kon slechts voor enkele hoge getijden de demping of amplificatie van hoogwaters bepaald worden vanwege de hoge ligging op het schorplatform van het meest westelijk gelegen meetpunt R5518. Figuur 9 geeft de demping weer van vier hoge hoogwaters die in het Sieperdaschor werd waargenomen. In alle gevallen is sprake van een zeer sterke reductie van het hoogwaterniveau, variërend van 0,23 m of 14 cm/km bij een springtij van 5,67 m TAW tot 0,36 m of 22 cm/km voor het hoogste stormtij van 6,28 m TAW. De demping neemt hier dus toe voor hogere hoogwaters.

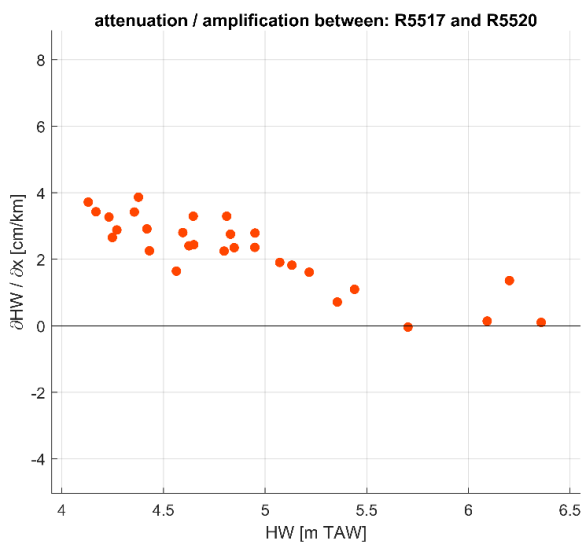
Er is ook sprake van een afname van de hoogwaterstand tussen de meetpost Prosperpolder (i.e., 6,41 m TAW) en de eerste meetlocatie in het Sieperdaschor (i.e., 6,28 m TAW). Deze afname van 0,13 m komt overeen met een $\partial HWL \cdot \partial x^{-1}$ van ongeveer 10 cm/km als enkel de afstand van 1300 m tussen de meetlocatie in het Sieperdaschor en de schorrand langs de Schelde in rekening wordt gebracht. De tijpost Prosperpolder ligt in werkelijkheid ruim één kilometer opwaarts van het Sieperdaschor. Een nauwkeurige $\partial HWL \cdot \partial x^{-1}$ voor het voorste deel van het Sieperdaschor valt op basis van de beschikbare gegevens daarom niet te bepalen.



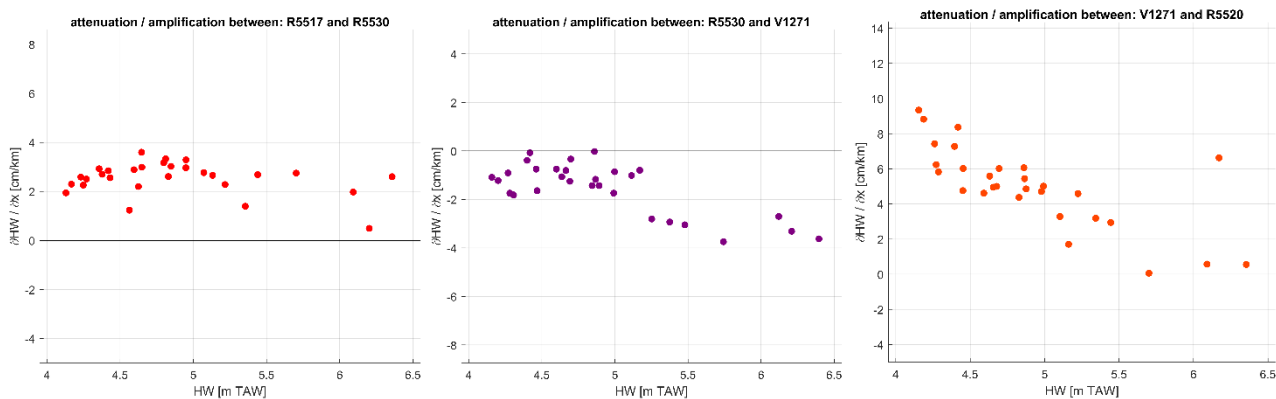
Figuur 5 – Waterstandsmetingen langs het Speelmansgat tijdens storm Dieter met detail tijdens hoogste hoogwater.



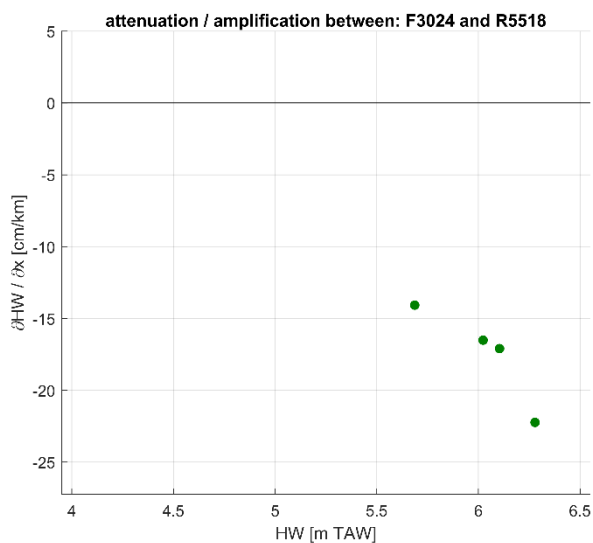
Figuur 6 – Waterstandsmetingen in het Sieperdaschor tijdens storm Dieter met detail tijdens hoogste hoogwater.



Figuur 7 – Damping of amplificatie van hoogwaterstanden langs het Speelmansgat (R5517-R5520).



Figuur 8 – Damping of amplificatie van hoogwaterstanden langs het voorste deel (R5517-R5530; links), het middendeel (R5530-V1271; midden) en achterste deel (V1271-R5520; rechts) van het transect in het Speelmansgat.



Figuur 9 – Damping of amplificatie van hoogwaterstanden in het Sieperdaschor (F3024-R5518).

5 Discussie en conclusies

In dit rapport zijn waterstandsmetingen gepresenteerd en geanalyseerd die tijdens storm Dieter (januari 2017) door het Waterbouwkundig Laboratorium in het Verdrongen Land van Saeftinghe (Speelmansgat) en het Sieperdaschor werden uitgevoerd. Afhankelijk van het hoogwaterniveau en het specifieke (deel)transect varieert de gemeten demping of amplificatie in het Speelmansgat (Verdrongen Land van Saeftinghe) tussen de +10 cm/km (amplificatie) en -4 cm/km (demping). In het naastgelegen Sieperdaschor wordt voor de hoogste hoogwaters een demping tot maximaal -22 cm/km gemeten. De gevonden waarden vallen daarmee binnen de range van demping of amplificatie die in eerdere studies naar de demping van hoogwaters en stormtijden in intergetijdengebieden werd geobserveerd (e.g. Glass *et al.*, 2018; Krauss *et al.*, 2009; Stark *et al.*, 2015). De verschillen in demping en amplificatie tussen het Speelmansgat en het Sieperdaschor kunnen verklaard worden aan de hand van de geometrie van beide geulen. Het Speelmansgat is een brede geul omringd door een relatief smal schorplatform, terwijl de geul in het Sieperdaschor juist erg smal is. Eerder modelonderzoek door Stark *et al.*, (2016) liet zien dat de verhouding tussen geulbreedte en schorplatform en de verhouding tussen watervolume dat door de geulen stroomt ten opzichte van het watervolume dat over het platform voortbeweegt goede indicatoren zijn voor de mate van demping of amplificatie.

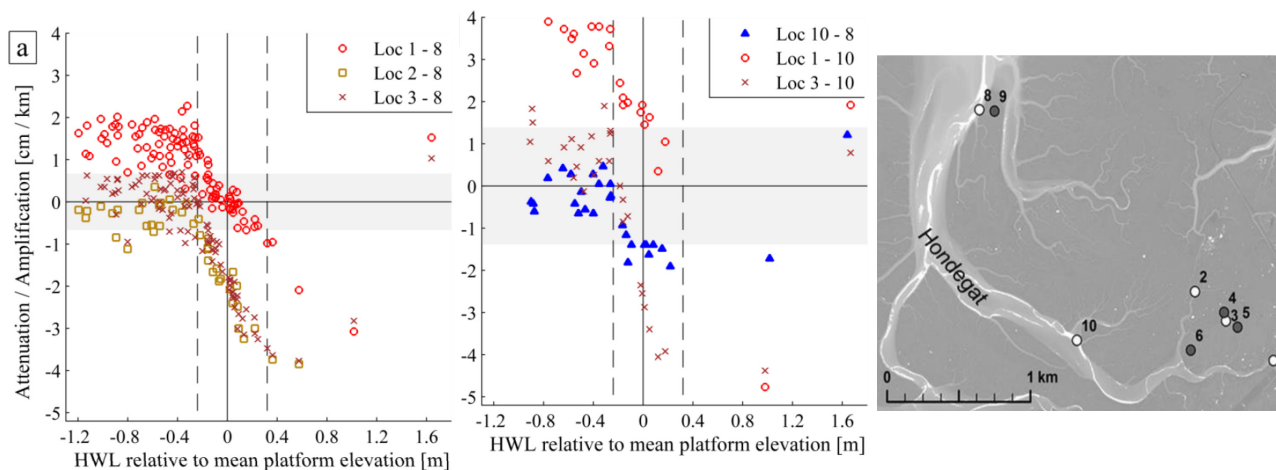
Hoewel er voor een aantal hoogwaters en transecten amplificatie van het hoogwaterniveau langs de intertidale geulen werd geobserveerd, dient te worden opgemerkt dat de aanwezigheid van het intergetijdengebied als geheel wel zorgt voor een demping van de hoogwaterniveaus langs het estuarium. Modelonderzoek door o.a. Smolders *et al.* (2015), Stark (2016) en Coen *et al.* (2017) in Deelrapport 1 van de huidige studie laat zien dat de aanwezigheid van het Verdrongen Land van Saeftinghe de hoogwaterniveaus in het Schelde-estuarium lokaal tot enkele tientallen centimeters kan verminderen. Intergetijdengebieden hebben dus wel degelijk een positieve invloed op de bescherming tegen overstromingen langs het Schelde-estuarium.

5.1 Vergelijking met eerder onderzoek door Stark *et al.* (2015, 2016).

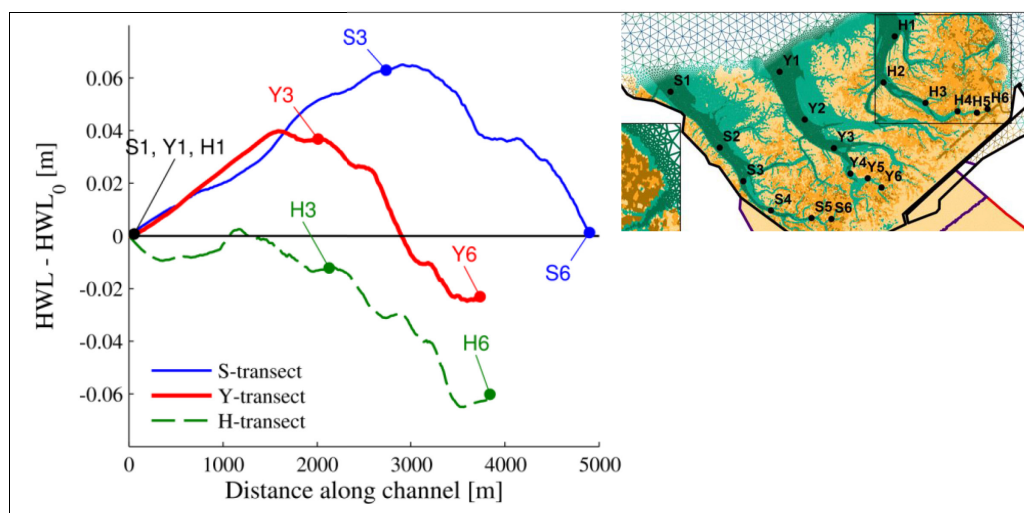
Door Stark *et al.* (2015) werden eerder waterstandsmetingen uitgevoerd in het Verdrongen Land van Saeftinghe met als doel de getijvoortplanting en de demping van hoogwaters te analyseren. Deze meetcampagne werd uitgevoerd in het Hondegat (Figuur 10) en bevat eveneens een stormtij (i.e., tijdens de Sinterklaasstorm op 5 december 2013; Meire *et al.*, 2014). Uit deze meetcampagnes in het Hondegat volgden gelijkaardige waarden voor de demping of amplificatie van hoogwaters als in deze studie: een demping van hoogwaters door de geulen tot maximaal 4 á 5 cm/km. Voor lagere getijden waarbij de getijvoortplanting tot de intertidale geulen beperkt blijft, was in het Hondegat overigens juist sprake van een amplificatie tot maximaal +4 cm/km over de volledige geul. De variatie in de demping of amplificatie tussen verschillende hoogwaters was, net als in de huidige meetcampagne in het Speelmansgat, groter voor transecten waarin de geulen smaller zijn (i.e., landwaartse deel van de geul) dan voor transecten met een brede intertidale geul (i.e., voorste deel van het gebied). De sterkste demping werd gevonden voor hoge springtijden en lagere stormtijden met een hoogwaterniveau tot ca. 1,0 m boven het schorplatform, terwijl voor het hoogste stormtij sprake was van amplificatie. Modelonderzoek door Stark *et al.* (2016) toont aan dat deze amplificatie het gevolg is van reflectie tegen de achterliggende dijk.

In datzelfde modelonderzoek werd voor de Sinterklaasstorm in 2013 de voortplanting van de hoogwatergolf voor een stormtij met een hoogwaterniveau van ongeveer 6,3 m TAW door de drie intertidale hoofdgeulen Speelmansgat, IJskelder en Hondegat gesimuleerd met een Telemac-2D model van Saeftinghe (Figuur 11). Dit gesimuleerd stormtij heeft dus een gelijkaardige hoogte als storm Dieter in 2017. De gemodelleerde hoogwaters nemen toe over de voorste delen van het Speelmansgat en de IJskelder, waarna er weer sprake is van demping over het landwaartse deel van de geulen. Daardoor is er per saldo over de volledige

transecten nauwelijks sprake van een verschil in hoogwaterniveau tussen de voor- en achterkant van de geul. Deze modelresultaten worden bevestigd door de in dit rapport gepresenteerde meetcampagne, waarin er sprake is van amplificatie in het brede voorste deel van het Speelmansgat en demping in het smallere middenstuk van deze geul (Figuur 8).



Figuur 10 – Door Stark *et al.* (2015) gemeten demping en amplificatie over verschillende transecten langs het Hondegat.



Figuur 11 – Door Stark *et al.* (2016) gemodelleerde voortplanting van het hoogwater door het Speelmansgat (S1-S6), de IJskelder (Y1-Y6) en het Hondegat (H1-H6) tijdens stormtij.

5.2 Aanbevelingen

Voor toekomstige waterstandsmetingen in intergetijdengebieden wordt aanbevolen om de locaties van de divers te baseren op de geometrie en topografie van het gebied. Door (deel)transecten te kiezen waarvoor specifieke geometrische kenmerken zoals de geulbreedte, het geulvolume en de schorplatformbreedte middels GIS-analyse zijn bepaald, kunnen de gemeten waarden voor demping en amplificatie worden gelinkt aan dergelijke geometrische kenmerken.

Bovendien is het belangrijk om per geulsectie minstens twee meetlocaties te installeren. In de huidige meetcampagne konden de metingen aan het landwaartse uiteinde van het Hondegat en de Ijskelder bijvoorbeeld niet worden gebruikt voor het bepalen van demping of amplificatie van de hoogwatergolf.

Een andere opzet zou een meer gebiedsdekkende configuratie van de meetlocaties kunnen zijn. Op die manier kan een ruimtelijk (tweedimensionaal) beeld van het hoogwaterniveau in het intergetijdengebied worden verkregen en kan bijvoorbeeld het bergingsvolume boven het schorplatform in meer detail worden bepaald.

Als de waterstandsmetingen ook dienen voor de validatie van numerieke modellen moeten de locaties in de intertidale geulen worden gekozen naar gelang de resolutie van het modelrooster. Enkel metingen in geulen die adequaat in de modelbathymetrie zijn geïmplementeerd kunnen voor validatiedoeleinden worden gebruikt. De resolutie van de veelgebruikte Scheldemodellen Delft3D-NeVla (e.g. Chu *et al.*, 2020; Hartsuiker & van Banning, 2004; Vanlede *et al.*, 2009) of Scaldis in Telemac (e.g. Smolders *et al.*, 2016; Vanlede *et al.*, 2020) is ter hoogte van het Verdrongen Land van Saeftinghe en het Sieperdaschor echter te grof om de getijvoortplanting door de intertidale geulen adequaat te kunnen simuleren.

Referenties

- Boeckx, L.; D’Haeseleer, E.; Meire, D.; Nossent, J.; Vanderkimpfen, P.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2017). Model-en data-analyse ten behoeve van betere tij-verwachtingen: deelrapport 1. Data-analyse. Versie 2.0. *WL Rapporten*, 16_016_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. IX, 37 + 18 p. appendices pp.
- Chu, K.; Vanlede, J.; Mostaert, F.** (2020). Baseline Zuidwestelijke Delta: Final calibration of model waquaschelde_nevlaj07_5. Version 1.. *FHR reports*, 13_041_3. Flanders Hydraulics Research: Antwerp. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=322119>
- Coen, L.; Plancke, Y.; Boeckx, L.; Mostaert, F.** (2017). Invloed van morfologie Westerschelde bij hoge hoogwaters: Deelrapport 1 – Modelscenario’s., Versie 4.0. *17_017_1*. *WL Rapporten*: Antwerpen
- Deschamps, M.; Coen, L.; Chu, K.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2017). Model-en data-analyse ten behoeve van betere tij-verwachtingen: deelrapport 3. Model-analyse. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 16_016_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. VII, 18 pp.
- Dijkema, K.S.; Beeftink, W.G.; Doody, J.P.; Gehu, J.M.; Heydemann, B.; Rivas Martinez, M.** (1984). Salt marshes in Europe (K. S. Dijkema, Ed.). *Salt marshes Eur*. European committee for the conservation of nature and natural resources: Strasbourg. 177 pp.
- Dillingh, D.** (2013). Kenmerkende waarden kustwateren en grote rivieren: Delft. ISBN 1207509000. 87 pp.
- Glass, E.M.; Garzon, J.L.; Lawler, S.; Paquier, E.; Ferreira, C.M.** (2018). Potential of marshes to attenuate storm surge water level in the Chesapeake Bay. *Limnol. Oceanogr.* 63(2): 951–967. doi:10.1002/lno.10682
- Hartsuiker, G.; van Banning, G.K.F.M.** (2004). 2Dh Nevla-Scheldemodel (SCALWEST 2000 met verbeterde Belgische roosterschematisatie): bouw en afregeling stromingsmodel. Waterbouwkundig Laboratorium/Alkyon: Borgerhout
- Krauss, K.W.; Doyle, T.W.; Doyle, T.J.; Swarzenski, C.M.; From, A.S.; Day, R.H.; Conner, W.H.** (2009). Water level observations in mangrove swamps during two hurricanes in Florida. *Wetlands*. ISBN 0277-5212 29(1): 142–149. doi:10.1672/07-232.1
- Meire, P.; Dauwe, W.; Maris, T.; Peeters, P.; Deschamps, M.; Rutten, J.; Temmerman, S.; Ministry, F.; Albert, K.** (2014). The recent ‘Saint Nicholas’ storm surge in the Scheldt estuary: the Sigma plan proves its efficiency. *ECSA Bull.* 62: 19–23
- Smolders, S.; Maximova, T.; Vanlede, J.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2016). Integraal plan Bovenzeeschede: Subreport 1. SCALDIS: a 3D Hydrodynamic model for the Scheldt Estuary. *WL Rapporten*, 13_131. Flanders Hydraulics Research: Antwerp
- Smolders, S.; Plancke, Y.; Ides, S.; Meire, P.; Temmerman, S.** (2015). Role of intertidal wetlands for tidal and storm tide attenuation along a confined estuary: A model study. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* ISBN 1561-8633 15(7): 1659–1675. doi:10.5194/nhess-15-1659-2015
- Stark, J.** (2016). Effects of intertidal ecosystems on estuarine hydrodynamics and flood wave attenuation: a multi-scale study. University of Antwerp. 166 pp.

Stark, J.; Plancke, Y.; Ides, S.; Meire, P.; Temmerman, S. (2016). Coastal flood protection by a combined nature-based and engineering approach: Modeling the effects of marsh geometry and surrounding dikes. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 175. doi:10.1016/j.ecss.2016.03.027

Stark, J.; Smolders, S.; Meire, P.; Temmerman, S. (2017). Impact of intertidal area characteristics on estuarine tidal hydrodynamics: A modelling study for the Scheldt Estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 198: 138–155. Available at: <https://hdl.handle.net/10.1016/j.ecss.2017.09.004>

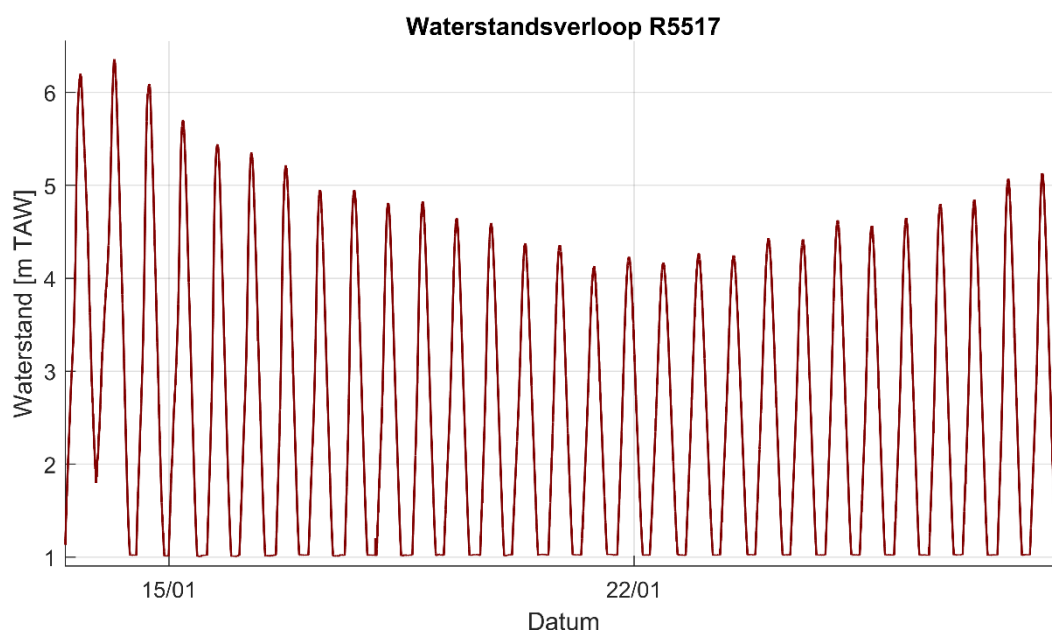
Stark, J.; Van Oyen, T.; Meire, P.; Temmerman, S. (2015). Observations of tidal and storm surge attenuation in a large tidal marsh. *Limnol. Oceanogr.* 60(4): 1371–1381. doi:10.1002/lno.10104

Temmerman, S.; Stark, J.; Smolders, S.; Meire, P. (2017). Towards nature-based solutions for estuarine problems? Insights from observations and modelling for the Scheldt estuary, *in:* (2017). *Schelde-Ems workshop 2017*. Flanders Hydraulics Research. pp.20

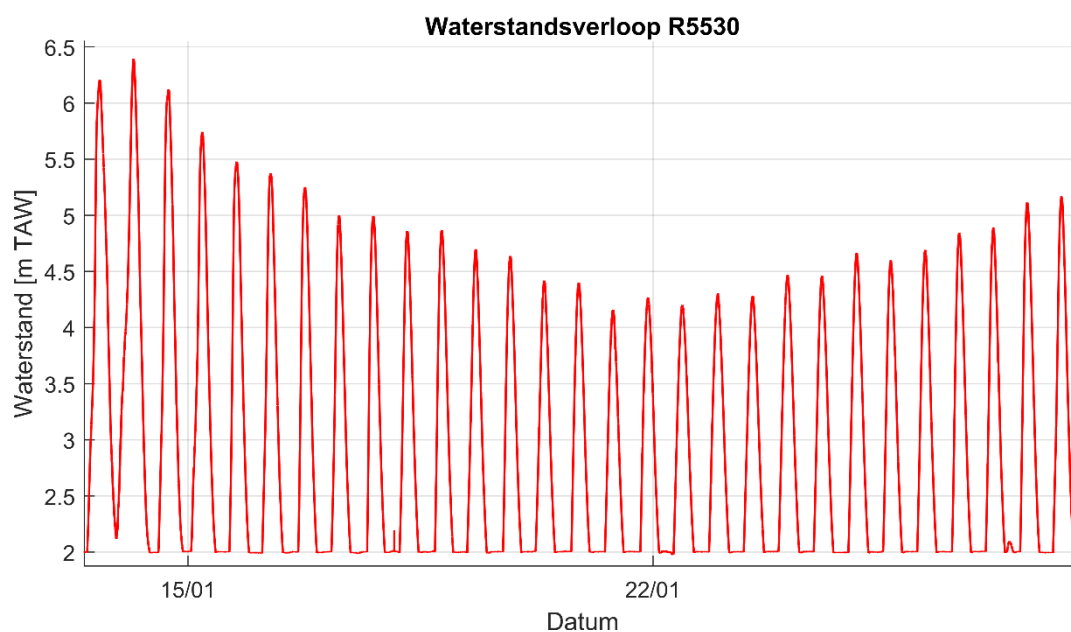
Vanlede, J.; Chu, K.; Smolders, S.; Decrop, B.; Mostaert, F. (2020). Update SCALDIS 2019: a 3D hydrodynamic model of the Scheldt Estuary: calibration report. Version 3.. *FHR reports*, PA016_1. Flanders Hydraulics Research: Antwerp. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=334271>

Vanlede, J.; De Clercq, B.; Decrop, B.; Ides, S.; van Holland, G.; De Mulder, T.; Mostaert, F. (2009). Verbetering randvoorwaardenmodel: deelrapport 2. Afregelen van het 2D Scheldemodel. *WL Rapporten*, 753_09. Waterbouwkundig Laboratorium/IMDC: Antwerpen

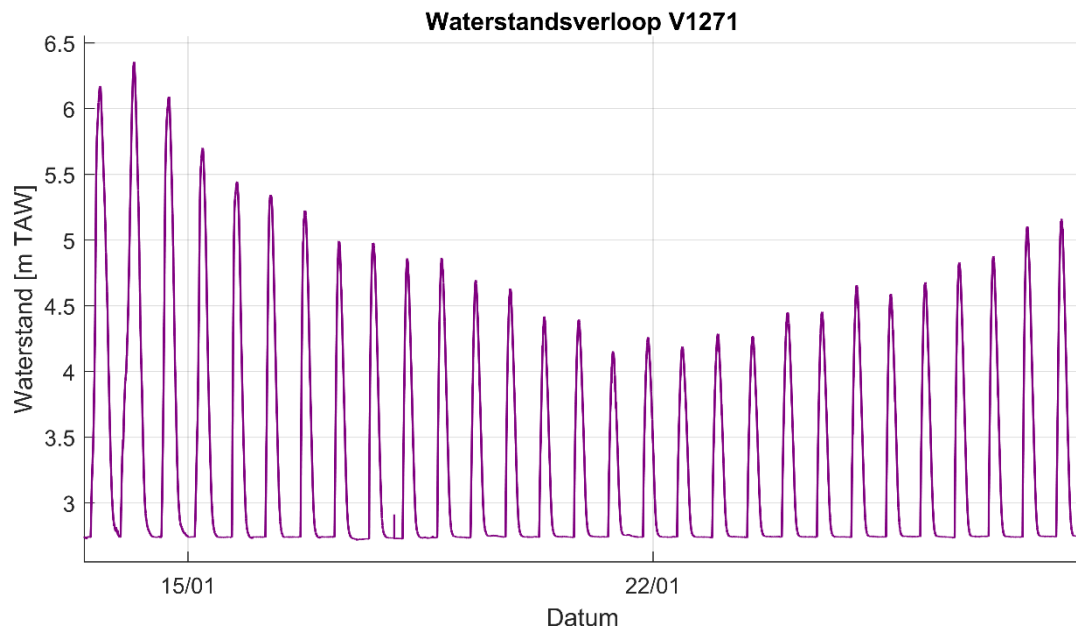
Bijlage A – Waterstandsmetingen



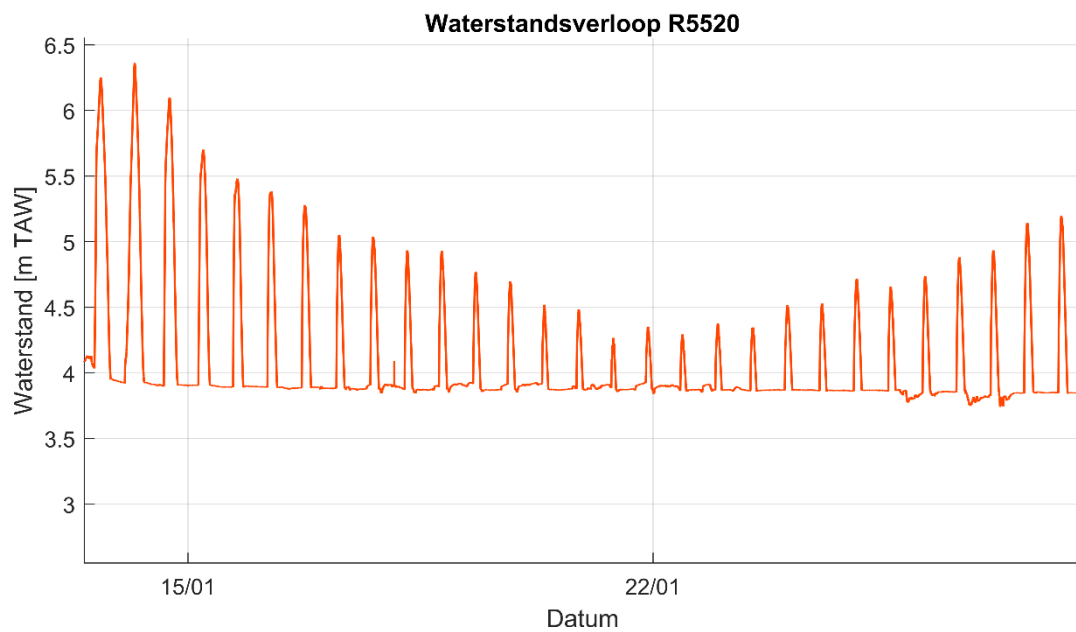
Figuur 12 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver R5517 langs het Speelmansgat.



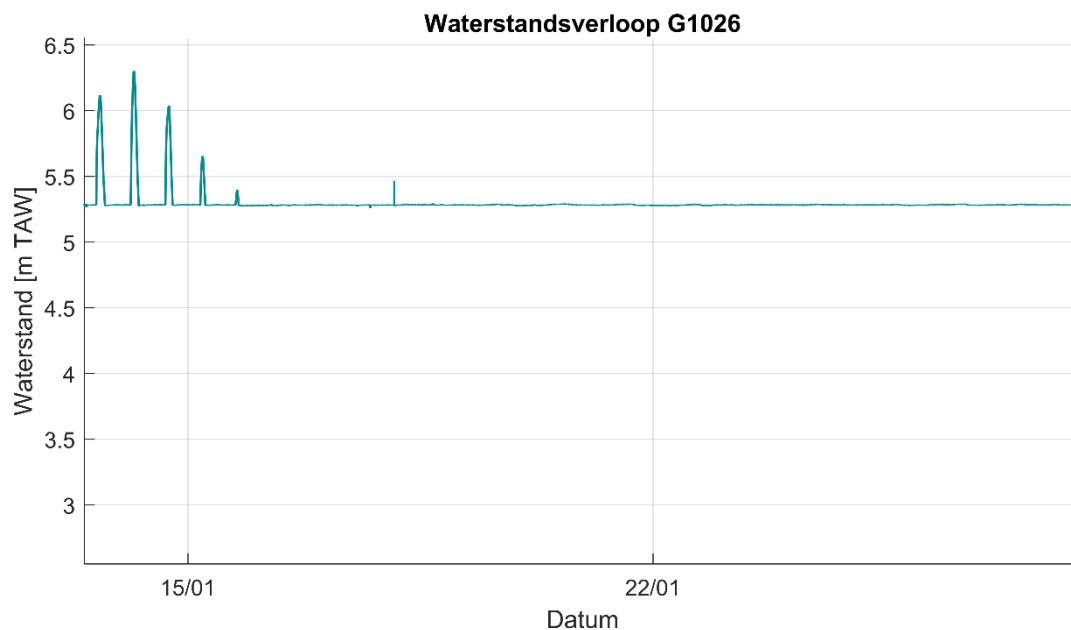
Figuur 13 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver R5530 langs het Speelmansgat.



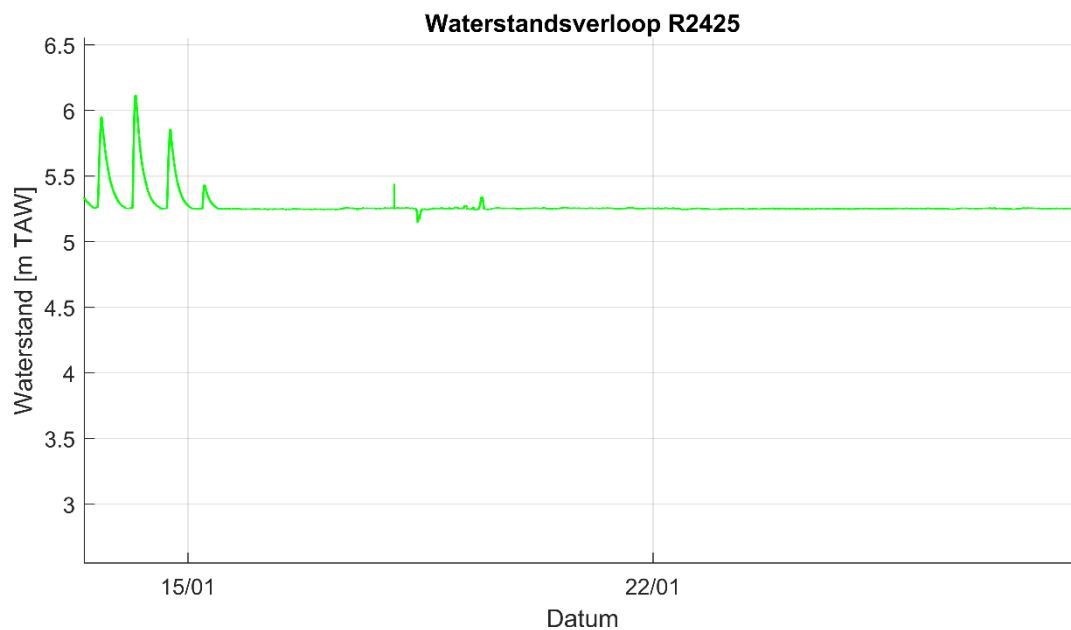
Figuur 14 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver V1271 langs het Speelmansgat.



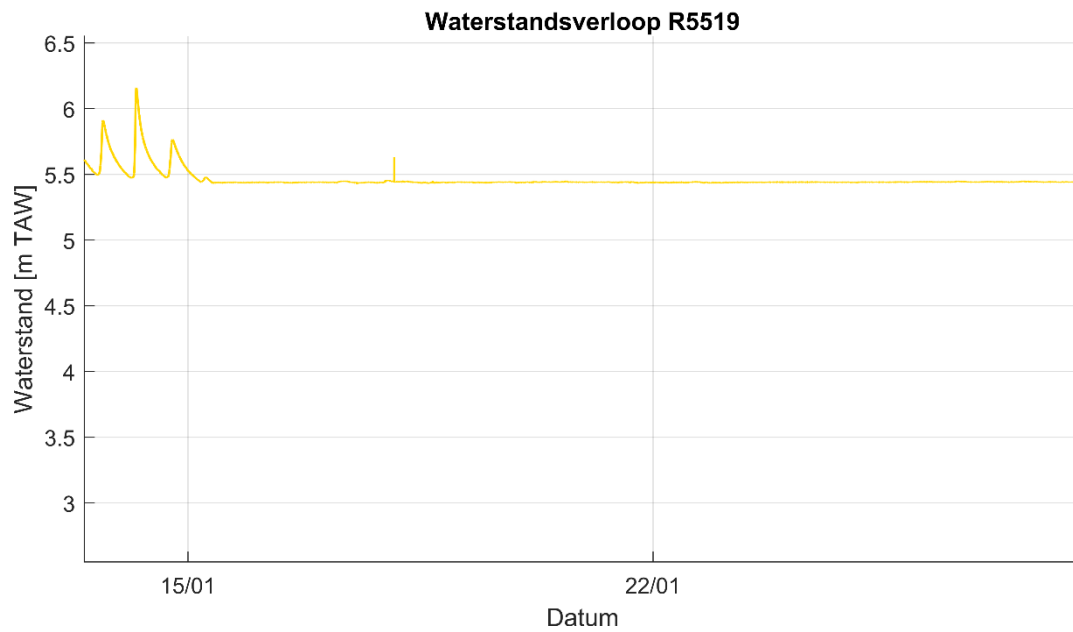
Figuur 15 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver R5520 langs het Speelmansgat.



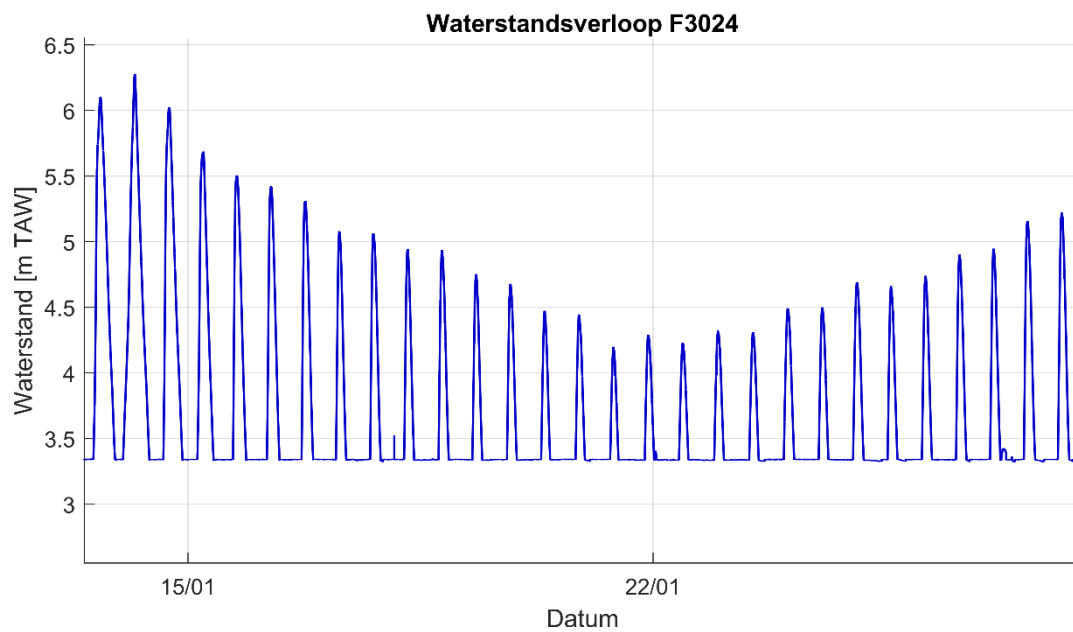
Figuur 16 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver G1026 langs het Speelmansgat.



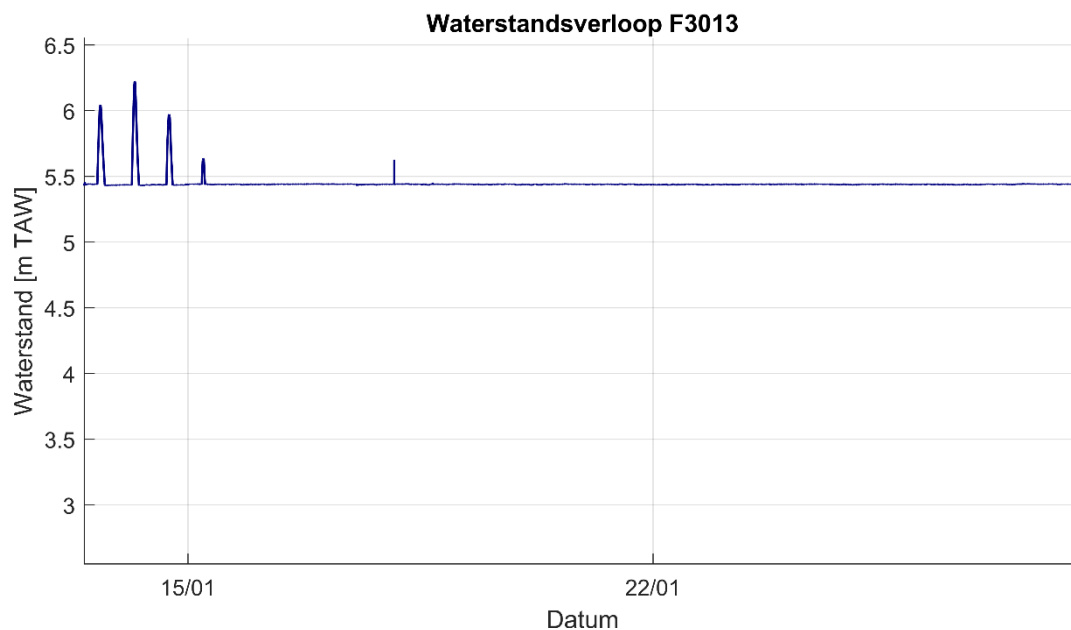
Figuur 17 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver R2425 aan de landzijde van de IJskelder.



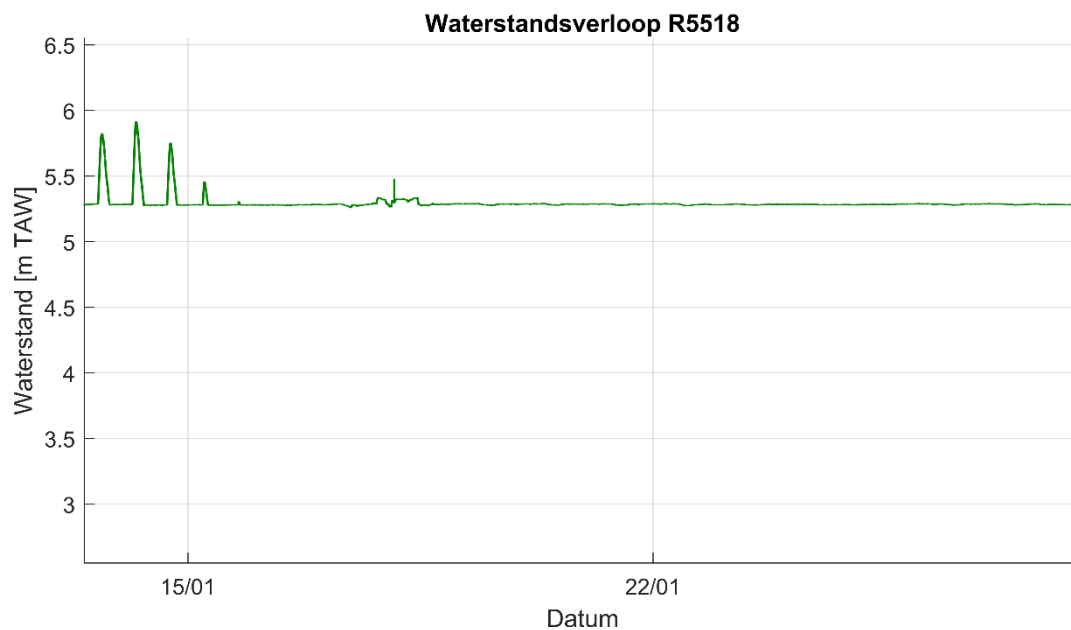
Figuur 18 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver R5519 aan de landzijde van het Hondegat.



Figuur 19 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver F3024 in het Sieperdaschor.



Figuur 20 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver F3013 in het Sieperdaschor.



Figuur 21 – Volledige tijdreeks van waterstandsmetingen voor diver R5518 in het Sieperdaschor.

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