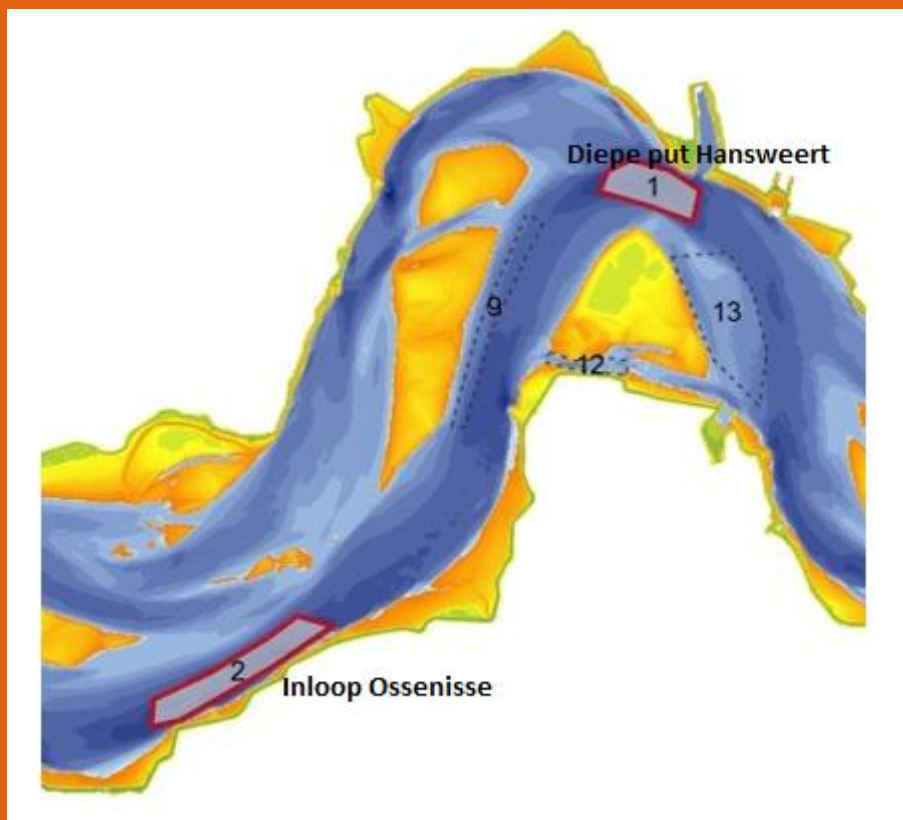


NUT EN NOODZAAK HERHALING PROEFSTORTINGEN WESTERSCHELDE

Afdeling Maritieme Toegang

3 JULI 2018



Inhoudsopgave

1	INLEIDING	1
2	LEERPUNTEN PROEFSTORTINGEN TOT NU TOE	3
2.1	Put van Hansweert	3
2.2	Inloop van Ossensisse	5
2.3	De belangrijkste kennislacune bij diepe putten	7
3	NUT EN NOODZAAK VERVOLG PROEFSTORTINGEN	11
3.1	Kennisleemtes	11
3.2	Aangepaste monitoring en analyse herhaalde proefstortingen	11
3.2.1	Aanpassingen aan de monitoring	11
3.2.2	Analyse van de resultaten	12
4	CONCLUSIES	15
5	REFERENTIES	17
BIJLAGEN		
	BIJLAGE A VERSLAG	19
	BIJLAGE B HAVENTJE GRIETE	23
	COLOFON	27

1 INLEIDING

Binnen de vergunde periode van 1 januari 2016 tot uiterlijk 31 maart 2018 zijn in opdracht van de Vlaamse overheid proefstortingen uitgevoerd in de Westerschelde. De resultaten van de monitoring zijn beschouwd in het licht van de geformuleerde doelstellingen voor de proefstellingen. Daarbij is vastgesteld dat nog niet voor alle doelstellingen een eenduidig antwoord kan worden gegeven en dat bijkomende kennisvragen zijn ontstaan. Met aanvullende proefstortingen en de bijbehorende monitoring zijn deze kennisleemtes te vullen. Het uitvoeren van nieuwe proefstortingen ('herhalen' van de proefstortingen) betekent dat er opnieuw vergunning moeten worden verkregen. Voor het verkrijgen van die vergunningen moet duidelijk worden gemaakt waarom deze herhaling noodzakelijk is. In dit document worden het nut en de noodzaak van de herhaalde proefstortingen duidelijk gemaakt. Daartoe wordt een beknopt overzicht gepresenteerd van de uitgevoerde proefstortingen, de locaties en de uitgevoerde analyses. Daarna worden op basis van de reeds uitgevoerde analyses de leemtes in kennis naar voren gebracht. Beargumenteerd wordt hoe de herhaling van proefstortingen deze leemtes in kennis zal vullen.

In eerder uitgevoerde studies (Arcadis, 2015a en b) zijn verschillende locaties in de Westerschelde bestudeerd waar mogelijke proefstortingen plaats konden vinden. Na de definitieve selectie zijn vijf locaties geselecteerd, waarvoor vergunningen zijn verkregen voor het uitvoeren van proefstortingen. Van de vijf vergunde locaties zijn bij het Gat van Borssele en op Ossensisse geen proefstortingen uitgevoerd, omdat de eerste in de praktijk onbereikbaar bleek voor het baggerschip en op de tweede de morfologische ontwikkelingen de situatie dusdanig hebben gewijzigd dat de effectiviteit van de proefstorting niet meer gegarandeerd is. Voor twee van de drie locaties die wel zijn gebruikt voor het uitvoeren van proefstortingen Suikerplaat, Inloop van Ossensisse en de diepe put van Hansweert wordt een herhaling van de proefstortingen voorgesteld. Voor Suikerplaat is eind 2017 begin 2018 uiteindelijk 72% van het vergunde volume gestort. Hiermee vervalt de noodzaak om ook voor deze locatie een herhaling aan te vragen. Een overzicht van de volumes die in de huidige proefstortingen reeds gestort zijn voor deze drie locaties is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Stortgegevens voor de drie proefstort locaties

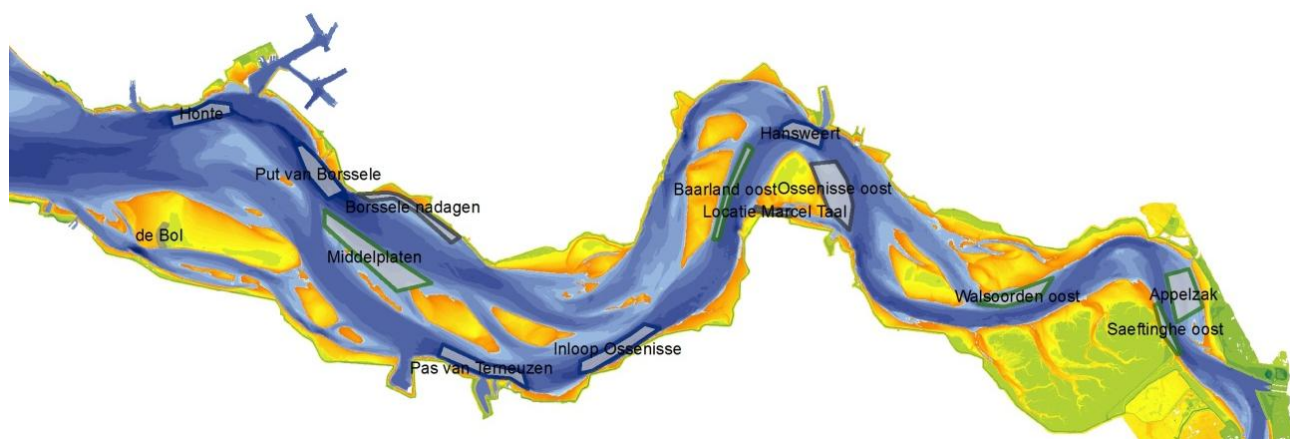
Proefstort locatie	Vergund volume	Gestort volume
Suikerplaat	1 miljoen m ³ (in totaal)	0,7 miljoen m ³
Inloop van Ossensisse	2 miljoen m ³	2 miljoen m ³
Put van Hansweert	2 miljoen m ³	2 miljoen m ³

De proefstortingen zijn de afgelopen twee jaar uitgevoerd. De stortlocatie zijn en worden voor, tijdens en na de proefstorten gemonitord (Schrijver & Plancke, 2015). De resultaten van de monitoring zijn opgenomen in maandrapporten Flexibel Storten (onder andere IMDC 2017a en b). De monitoringsresultaten zijn gebruikt om de ontwikkelingen van de proefstortingen te analyseren. Met computermodellen is een Delft3D model opgesteld waarmee verschillende stortstrategieën doorgerekend zijn. De uitkomsten van de eerste analyses zijn op 24 november 2017 besproken in een expertbijeenkomst, die als onderbouwing heeft gediend voor dit document (het verslag van deze bijeenkomst is opgenomen als bijlage bij deze notitie). De gepresenteerde (model)resultaten in dit document betreffen daarom *voorlopige resultaten*. De resultaten van de data-analyses en de modellen zullende komende maanden worden gerapporteerd door Deltares en het Waterbouwkundig Laboratorium. Dit betreft geen specifiek onderzoek naar de proefstortingen, maar een analyse hebben van de aanzanding ter hoogte van de drempel van Hansweert en onderzoek naar het morfologisch gedrag van stortingen in diepe delen.

Ter onderbouwing van de nut en noodzaak van de herhaling proefstortingen in de Westerschelde worden in hoofdstuk 2 de twee proefstortlocaties beschreven. Voor elke locatie worden de oorspronkelijke doelen herhaald en de (voorlopige) conclusies uiteengezet. De vragen die de resultaten oproepen worden vervolgens in hoofdstuk 3 uitgewerkt, waarna de uitgevoerde analyses en gewenste analyse strategieën gepresenteerd worden. Dit document eindigt met een hoofdstuk Conclusies, waarin een overzicht gepresenteerd wordt van de argumenten die onderbouwen waarom de proefstortingen herhaald dienen te worden.

2 LEERPUNTEN PROEFSTORTINGEN TOT NU TOE

In dit hoofdstuk worden de leerpunten ten behoeve van de proefstortingen tot nu toe besproken. In het rapport Verkenning proefstortzones Westerschelde: Eerste inschatting haalbaarheid (ARCADIS, 2015a) zijn voor iedere proefstortlocatie een locatiebeschrijving en de korte termijn doelstellingen beschreven. Voor de locaties Put van Hansweert en Inloop van Ossenisse worden in dit hoofdstuk de leerdoelen kort herhaald en geëvalueerd.

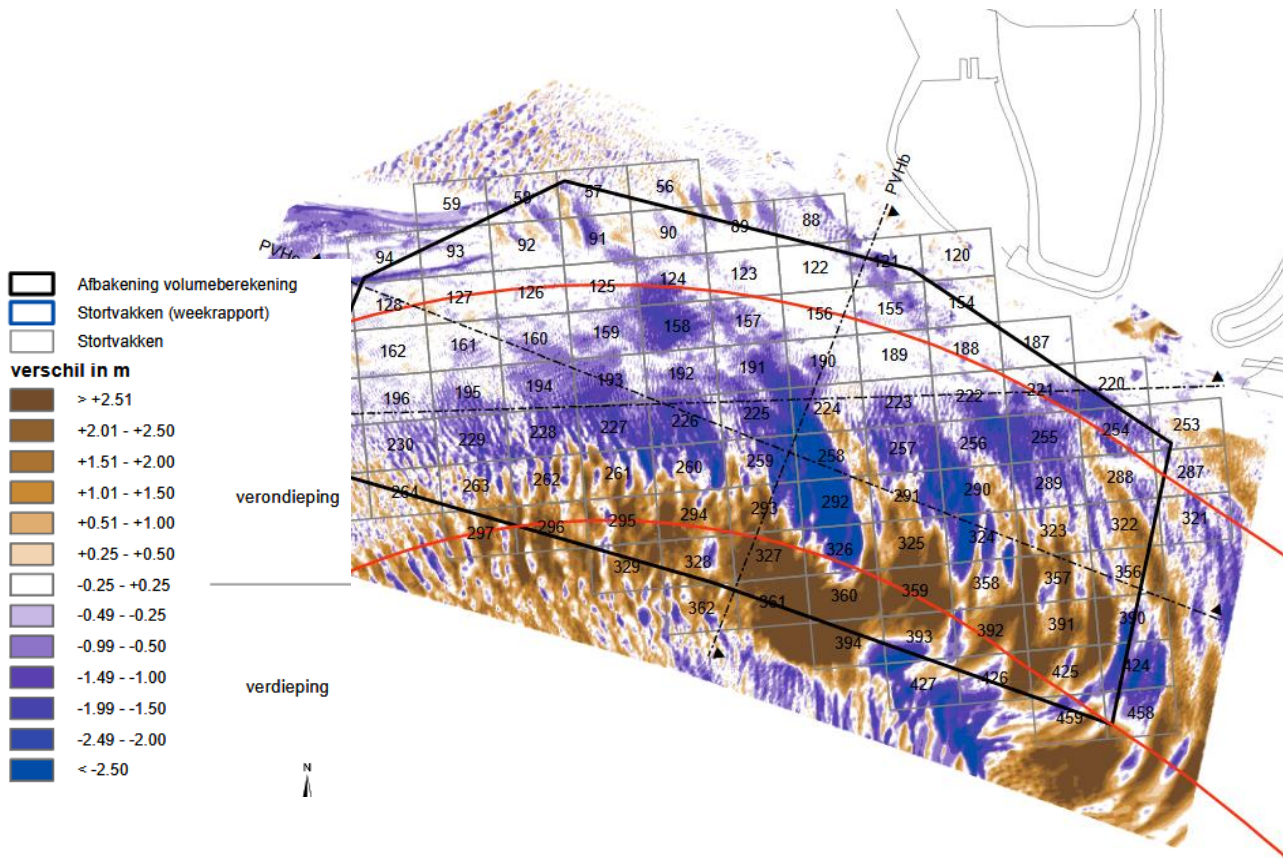


Figuur 1 Kansrijke proefstortlocaties in de Westerschelde zoals beoogd in (Arcadis, 2015a)

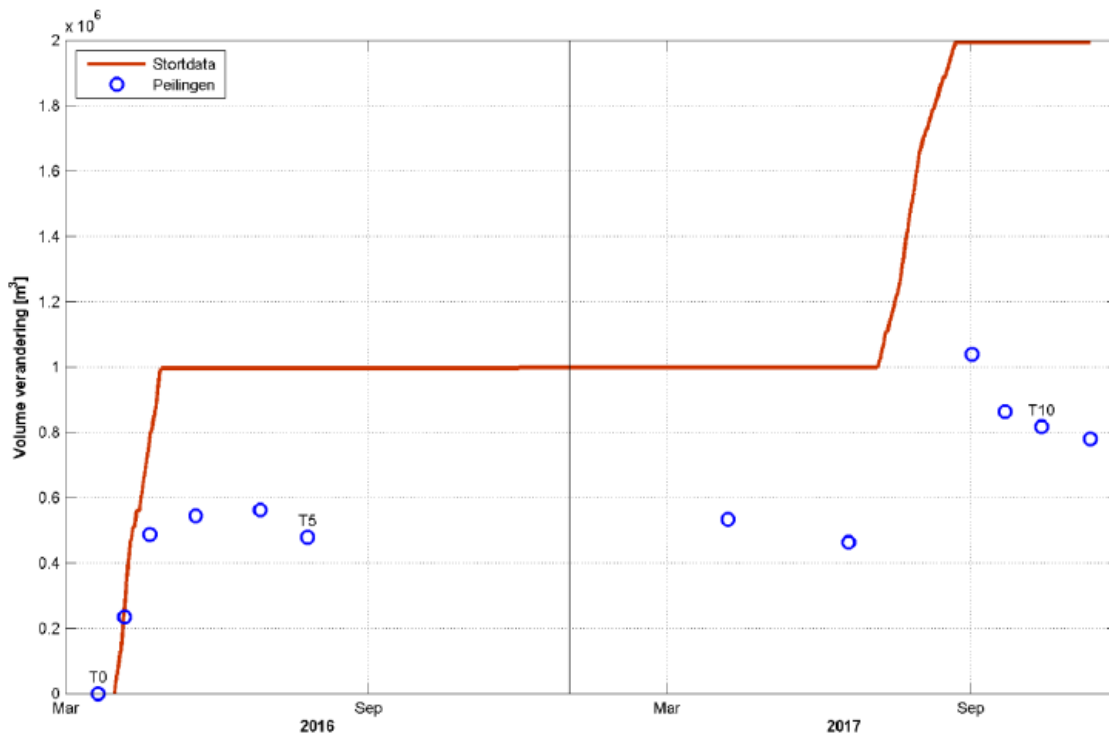
2.1 Put van Hansweert

Het proefstorten van baggerspecie in de Put van Hansweert heeft de doelstelling om te onderzoeken of baggerspecie uit de Westerschelde op deze locatie duurzaam kan worden geborgen om zo de afname van het stortvolume in het oostelijke deel te beperken. Om deze doelstellingen te kunnen beoordelen is voor, tijdens en na aanleg de bathymetrie tweewekelijks gemeten met behulp van multibeam echo sounders in een zone rond de stortlocatie. Op basis van deze gegevens is de stabiliteit van de gestorte specie op de locatie gevolgd. Tijdens de proefstorting zijn dertien-uursmetingen van de stroomsnelheden uitgevoerd en metingen aan de sedimentconcentraties in de waterkolom, om inzicht te geven in de sedimentverspreiding tijdens het storten (Plancke et al., 2017).

Uit de analyse komt naar voren dat van de baggerspecie die in de Put van Hansweert gestort is na beide stortingen ongeveer 45% 'verdwijnt' (Figuur 3). Onder verdwijnen wordt verstaan dat het volume niet in de rekenpolygoon (zie Figuur 2) wordt teruggevonden, in de eerste meting na het afronden van de stortingen. Het sediment dat 'verdwijnt' uit put van Hansweert migreert naar de binnenbocht, waar (versnelde) sedimentatie optreedt. Het sediment dat wel op de bodem van de diepe put terecht is gekomen erodeert na het aanbrengen. Deze erosie verloopt veel trager dan het verdwijnen van de bovengenoemde 45% en neemt (zoals theoretisch verwacht) exponentieel af in de tijd. Dwarsdoorsneden laten zien dat het gestorte sediment erodeert tot op het niveau van wat waarschijnlijk een harde (niet erodeerbare) laag is. Deze laag is waarschijnlijk de top van formatie van Oosterhout (Arcadis, 2007, profiel B3.31, op basis van Gruijters et al., 2004). De 55% sediment die niet initieel is verdwenen blijft tijdens de meetperiode aanwezig binnen het rekenpolygoon.



Figuur 2 Verschilkaart Put van Hansweert tussen twee opnames na het uitvoeren van de proefstorting (T5: 5 juli 2016 en T6 7 april 2017 (IMDC. (2017a)

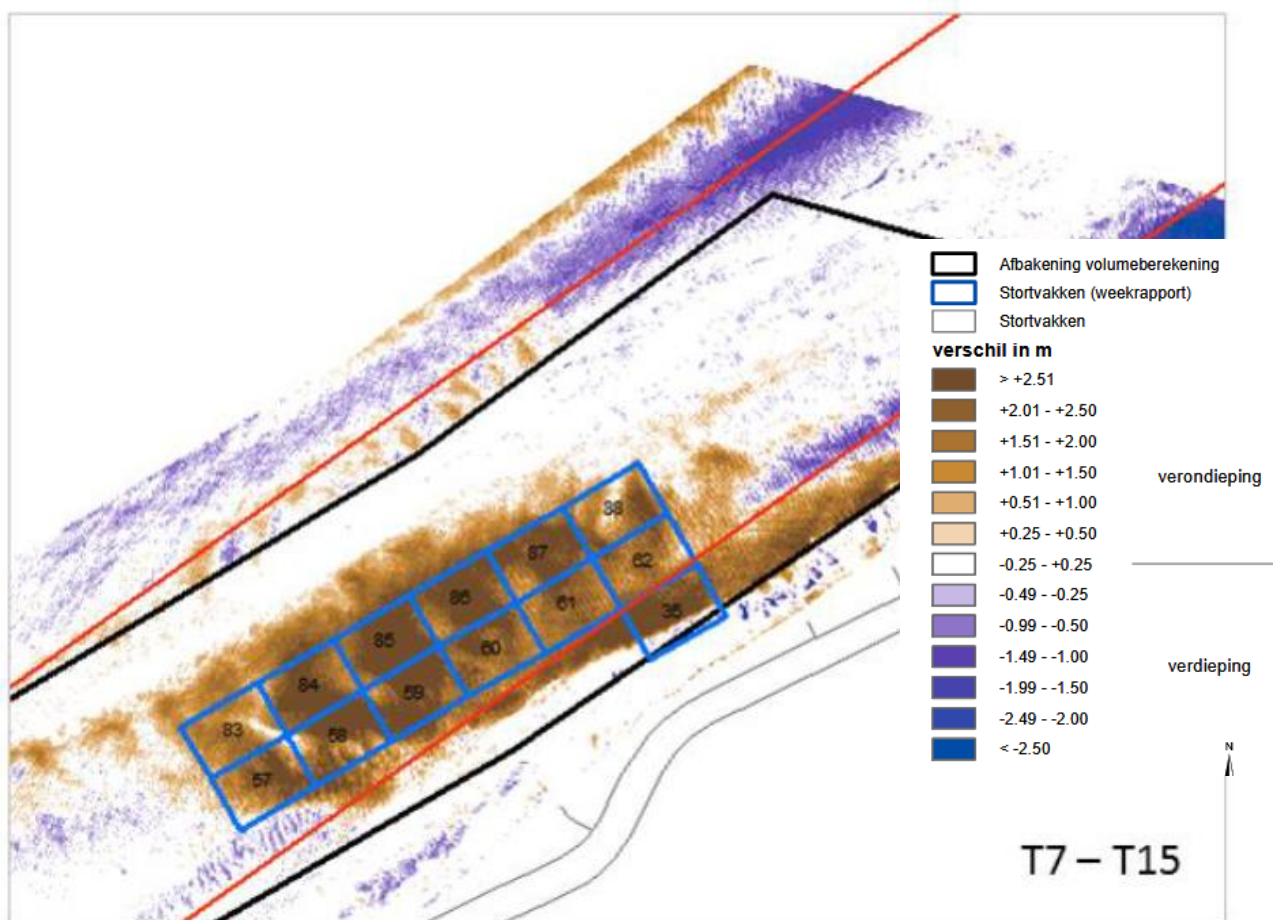


Figuur 3 Grafiek met de volumeontwikkeling van de gestorte baggerspecie in de Put van Hansweert. De rode lijn geeft het gestorte volume weer en de blauwe rondjes het waargenomen op de bodem IMDC. (2017b)

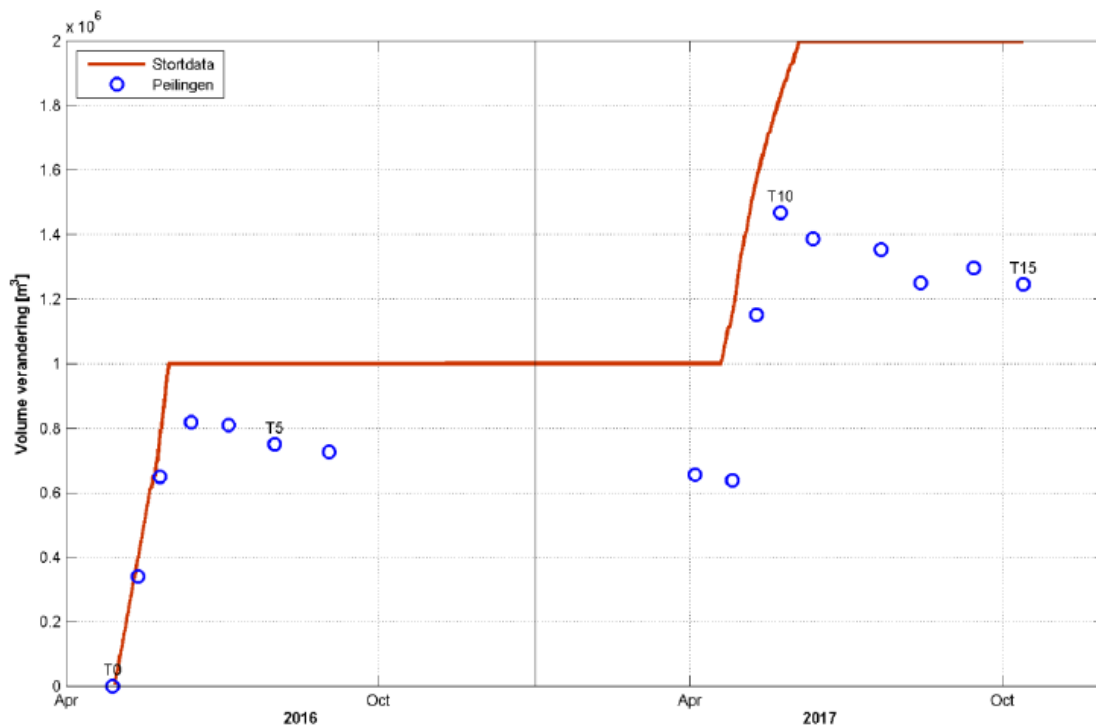
Sedimentatie is voornamelijk te zien in de binnenbocht (zie Figuur 2), wat tevens het sedimentatiegebied is als er geen sediment gestort wordt in de geul. Aan de zuidzijde van de geul heeft een 'zettingvloeiing' plaatsgevonden. Het sediment is tot in het stortgebied gestroomd en daarna weer geërodeerd.

2.2 Inloop van Ossenissee

Het proefgewijs storten van baggerspecie bij de Inloop van Ossenissee heeft de doelstelling om te onderzoeken of baggerspecie uit de Westerschelde op deze locatie duurzaam kan worden geborgen om zo de bestaande stortlocaties te ontlasten. Om deze doelstellingen te kunnen beoordelen zijn dezelfde metingen uitgevoerd met de multibeam echo sounders als voor de Put van Hansweert (zie paragraaf 2.1 en Figuur 4).



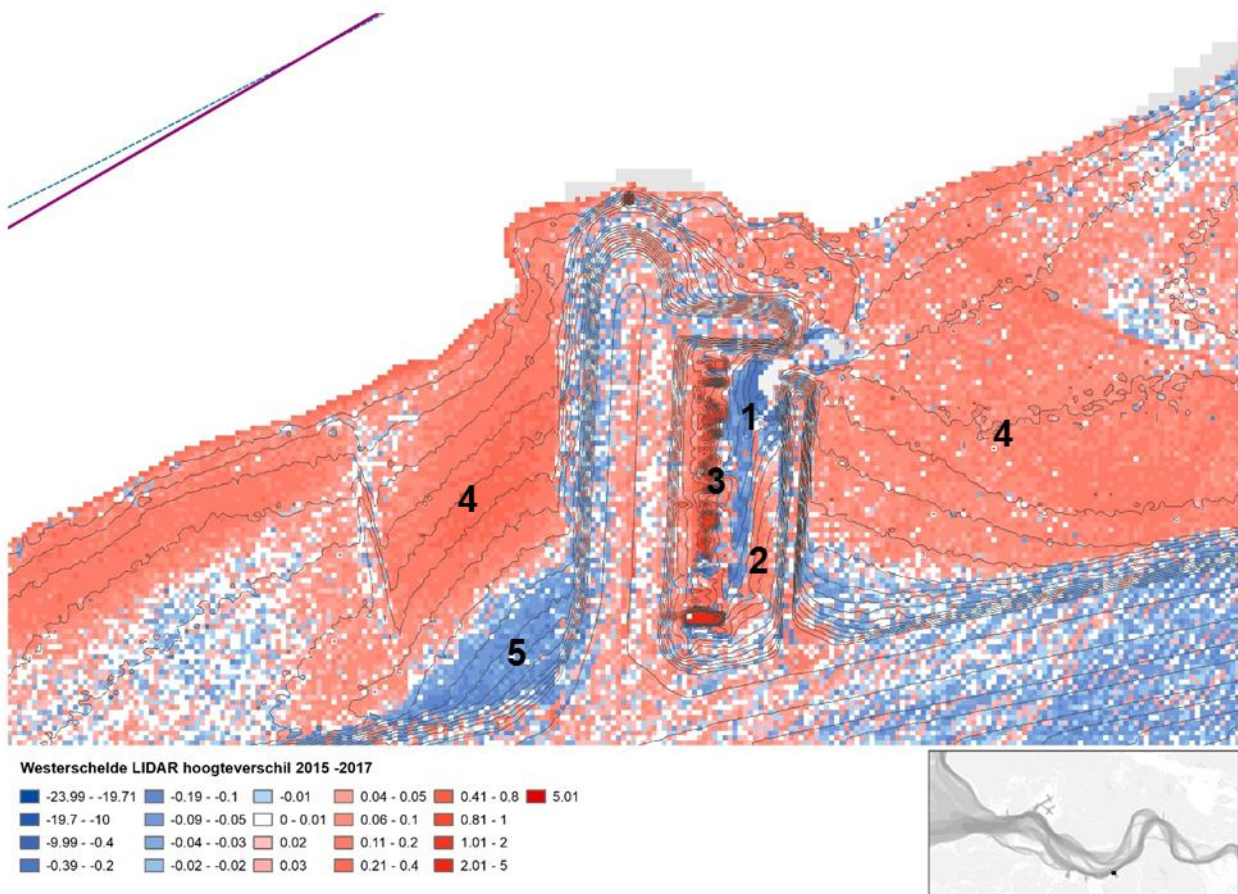
Figuur 4 Verschilkaart Inloop van Ossenissee tussen twee opnames na het uitvoeren van de proefstorting (T7: 4 april 2017 en T15 13 oktober 2017 (IMDC. (2017b)



Figuur 5 Grafiek met de volumeontwikkeling van de gestorte baggerspecie in de Inloop van Ossensisse. De rode lijn geeft het gestorte volume weer en de blauwe rondjes het waargenomen op de bodem. IMDC. (2017b)

Bij de proefstortingen in de Inloop van Ossensisse is de hoeveelheid sediment die na de storting niet kan worden teruggevonden in de omliggende polygoon, oftewel 'verdwijnt', kleiner (ongeveer 25%, zie Figuur 5). Bij de reguliere stortingen in de SH41 (overloop van Hansweert) is het percentage dat 'verdwijnt' hoger en vergelijkbaar met het percentage bij de Put van Hansweert.

Een van de aspecten die bij de proefstortingen bij de Inloop van Ossensisse is beschouwd, is de sedimentatie in het nabijgelegen haventje van Griete. Op voorhand is vastgesteld dat geen gevolgen verwacht worden op de sedimentatie in het haventje al gevolg van de proefstortingen. De hoogte van het haventje wordt ieder ingemeten, als onderdeel van de LIDAR hoogtemetingen van de droogvallende platen (onderdeel van de vaklodgingen door RWS). Figuur 6 toont het verschil in hoogte van de opname van 2015 en 2017. De kaarten van de hoogteligging en de verschil 2015-2016 en 2016-2017 zijn opgenomen in Bijlage B. In de kaart is zichtbaar dat binnen de haven sprake is van een zone met een lager bodem (1 in Figuur 6) en een gebied met een iets hoger bodem (2 in Figuur 6). Ook in de verschilkaarten van de opeenvolgende jaren in Bijlage B is zichtbaar dat zowel sprake is van verlaging, als van verhoging in deze delen van de haven. Gebied 3 in Figuur 6 laat een verhoging zien, maar dit is waarschijnlijk het gevolg van verschillen in de aanwezigheid van schepen in de haven, deze schepen liggen aan deze kant van de haven en zijn herkenbaar in de LIDAR hoogtekaart van 2017. Buiten de haven laat de verschilkaart een hoogtetoeename zien op delen van het slik (4 in Figuur 6) en een afname van hoogte in de hoge hoek tussen dik en havendam (5 in Figuur 6). De gedetailleerde hoogtemetingen geven geen aanleiding om te veronderstellen dat, anders dan verwacht, de sedimentatie in het haventje van Griete is veranderd als gevolg van de proefstortingen.



Figuur 6 Verskil in de hoogte tussen de hoogtemeting (LIDAR) uit 2015 en 2017 van het haventje van Griete, met aangrenzende slik (data: Rijkswaterstaat)

2.3 De belangrijkste kennislacune bij diepe putten

In beide diepe putten is sprake van snelle migratie van het gestorte sediment uit de rekenpolygoon, dat wil zeggen dat een deel van de gestorte specie niet wordt aangetroffen in de eerste lading na het uitvoeren van de proefstortingen. Dit 'verdwijnen' van sediment is niet te wijten aan foutieve inschatting beun/in-situ volumes: de gemeten dichtheden in de beun van de baggerschepen zijn hiervoor te hoog. Het sediment is niet echt verdwenen, maar snel (in een tijdsbestek van weken) getransporteerd vanaf de stortlocatie tot buiten de polygoon die wordt geanalyseerd. Een plausibele verklaring voor het verschil in het 'verdwijnen' van het gestorte sediment tijdens de periode van storten tussen de twee diepe putten is niet gevonden. Modelleren van de waargenomen veranderingen laten vergelijkbare patronen zien in de erosie en sedimentatie van de proefstortingen, maar zijn nog niet in staat om de ontwikkelingen kwantitatief te simuleren.

Het 'verdwijnen' van baggerspecie in de periode tijdens en direct na de aanleg is geen nieuw fenomeen of informatie. Bij alle stortingen treedt dit op, zoals bijvoorbeeld gerapporteerd in een wetenschappelijke publicatie over de stortingen in de Westerschelde¹. Ook in de voortgangsrapportages van de projectgroep Flexibel storten² is zichtbaar dat altijd een verschil optreedt tussen het gestorte volume, zoals bepaald in de beun van de baggerschepen en bepaald op de bodem van de verspreidingslocatie. De omvang van de initiële verschillen tussen het aangebrachte en het op de bodem gemeten sediment ligt tussen de 27 en 52%. Voor het 'verdwijnen' zijn verschillende -elkaar aanvullende- verklaringen.

¹ Lanckriet, T, D. Depreiter & Gijsbert van Holland (, 2017,) Equilibrium-Type Response Model for the Sediment Volume of Dredging and Disposal Areas Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 143(5)

² <http://www.vnsc.eu/publicaties/publicaties-flexibel-storten/>

Bij de eerste verklaring hoort een korte uitleg over het proces van storten en de wijze van analyse. Het storten van de baggerspecie vindt steeds per scheepslading plaats. Het uitvoeren van de gehele (proef)storting neemt daarom enkele weken in beslag. In de analyse wordt deze periode teruggebracht tot één moment en vanaf dat moment wordt de afname berekend. In werkelijkheid begint het transport van het sediment al als de eerste scheepslading baggerspecie is gelost. Bodemliggingsgegevens om gedurende het storten vast te stellen hoeveel sediment dan al in beweging is zijn schaars of ontbreken geheel.

De tweede verklaring heeft betrekking op de berekening van de volumes die worden aangebracht. In de baggerschepen wordt namelijk een mengsel van zand en water vervoerd en dat mengsel neemt een groter volume in dan wanneer het zand op de bodem van de Westerschelde ligt. Voor het omrekenen van het volume in het baggerschip (beunkuubs of V_{hopper}) naar het volume op de bodem van de Westerschelde (profielkuubs of $V_{\text{in-situ}}$) wordt een vaste omrekenfactor gehanteerd:

Profielkuubs = Beunkuubs/omrekenfactor

De waarde die voor deze omrekenfactor wordt gehanteerd is 1,12 bij de Westerschelde. Als in werkelijkheid sprake zou zijn van een grotere factor, dan zijn de volumes op de bodem kleiner dan tot nu toe wordt berekend.

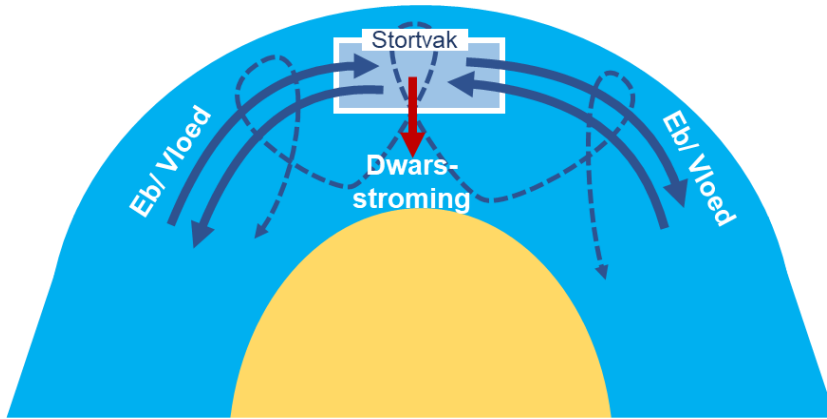
De derde verklaring heeft betrekking op het optreden van verliezen tijdens het storten, op een tijdschaal van tijdschaal minuten/uren. Bij het storten worden de bodemdeuren van het baggerschip geopend en stroomt het zand water mengsel naar de bodem. Het zand-watermengsel heeft een veel hogere dichtheid dan het omringende Westerschelde water en mengt slechts beperkt met het omringende water. Het overgrote deel van het zand zal met deze hoge-dichtheidsstroom naar de bodem van de Westerschelde stromen en daar worden afgezet. Desalniettemin kan zand tijdens dit proces worden meegevoerd door het Westerschelde water en afhankelijk van de stroming in de Westerschelde worden weggevoerd van het stortvak. Een deel van het zand gaat dan al in suspensie tijdens het storten. De uitgevoerde metingen tijdens de stortingen in de Diepe put van Hansweert laten een transport van 3,5% van het gestorte sediment zien (Plancke et al., 2017). Het transport nabij de bodem is bij deze metingen niet bepaald, zodat de werkelijke verliezen tijdens het storten groter zullen zijn. Het is minder waarschijnlijk dat de hoge-dichtheidsstroom langs de bodem doorloopt tot buiten het stortvak.

Als laatste is opgemerkt dat de baggerspecie die op de bodem is aangebracht andere eigenschappen heeft dan het zand dat van nature op de bodem ligt. Het gestorte sediment is bijvoorbeeld minder geconsolideerd (de zandkorrels liggen minder dicht op elkaar gepakt) en daardoor kan het makkelijker worden geërodeerd. En de bovenlaag van het zand dat al op de bodem van de Westerschelde aanwezig is, is door de hydrodynamische processen al uitgesorteerd. De overgebleven grovere korrels zijn daardoor moeilijker te transporteren (dit wordt wel *armouring effect* genoemd). De zandtransporten uit het verspreidingsvak tijdens het aanbrengen en kort daarna zijn daardoor waarschijnlijk groter dan de zandtransporten die daarna optreden. Over de invloed van verschillen in sedimentsamenstelling van natuurlijk en gestort materiaal (i.e. voor en na het storten) is geen uitspraak te doen zonder aanvullende meetgegevens.

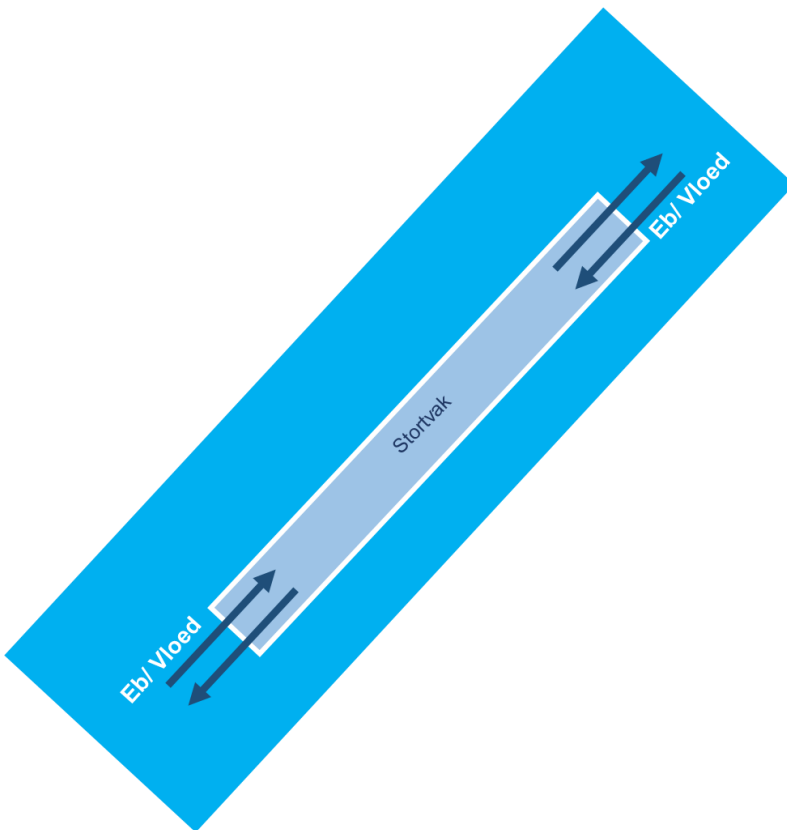
Het is ook mogelijk dat het moment van storten gedurende het getij (eb, vloed) een rol speelt. Per proefstortvak is er een groot aantal vaartochten uitgevoerd (~200 per proefstorting) waardoor een deel van de stortingen plaatsvond op een moment met grote eb en vloed snelheden.

Deze verklaringen zijn van toepassing op alle verspreidingslocaties. De verklaringen geven slechts beperkt inzicht in de verschillen in 'verdwynpercentages' tussen de verschillende verspreidingslocaties, deze verklaringen hebben betrekking op alle locaties. Een plausibele verklaring dient ook recht te doen aan het verschil in de percentages voor de verschillende locaties.

Het belangrijke verschil tussen de beide diepe locaties is de aanwezigheid van de sterke gekromde geulbocht bij de Put van Hansweert en de veel flauwere geulbocht bij de Inloop van Ossenis. Een alternatieve verklaring voor het optreden van de verschillen in 'verdwynpercentages' tussen de twee locaties is het optreden van bochtstromingen bij de locatie Put van Hansweert. Bij de locatie Inloop van Ossenis is bochtstromingen mogelijk minder groot. De bochtstroming bij de Put van Hansweert resulteert er in dat de transporten van het zand niet alleen in de lengterichting uit en in het vak lopen, maar ook in dwarsrichting (zie de schematische weergave in Figuur 7). In het vrij rechte deel van de geul bij de Inloop van Ossenis is de bijdrage van de bochtstroming beperkt (zie de schematische weergave in Figuur 8).



Figuur 7 Schematische weergave van de stroming in de omgeving van de Put van Hansweert, met een sterke kromming van de geul



Figuur 8 Schematische weergave van de stroming in de omgeving van de Inloop van Ossensisse, met vrij recht deel van geul

3 NUT EN NOODZAAK VERVOLG PROEFSTORTINGEN

Vanuit de doelstellingen en de bevindingen omtrent het effect van de proefstortingen zijn enkele kennisleemtes gedefinieerd. Aan de hand van deze leemtes wordt in paragraaf 3.2 uiteengezet wat de vervolgstappen kunnen zijn om deze leemtes op te vullen.

3.1 Kennisleemtes

Put van Hansweert en Inloop van Ossenis

De belangrijkste kennisleemte die naar voren is gekomen in de huidige analyse is de vraag waarom het verschil tussen het gestorte volume en op de bodem gemeten volume groter is bij de Put van Hansweert dan bij de Inloop van Ossenis. De daarmee samenhangende vraag is: Waar wordt het gestorte sediment naar toe getransporteerd dat kort na de stortcampagne niet in het stortvak wordt teruggevonden? En wat verklaart het verschil in het verdwenen percentage sediment tussen de stortvakken? Voor het toepassen van diepe putten in een reguliere stortstrategie is daarbij ook de vraag van belang of een deel van dit sediment in die tijdsperiode op nabije baggerlocaties ('drempels') wordt afgezet?

Verder is een belangrijke vraag welke stortcapaciteit de diepe putten hebben bij het gebruik als een regulier vergunde verspreidingsstrategie?

3.2 Aangepaste monitoring en analyse herhaalde proefstortingen

De monitoringresultaten tot nu toe geven veel inzicht in de ontwikkelingen van de proefstortingen en de achterliggende fysische processen. In combinatie met modellering van de fysische processen (waterbeweging, sedimenttransport en morfologische veranderingen) heeft al een uitgebreide analyse plaatsgevonden.

Om meer grip te krijgen op het 'verdwijnen' van sediment bij de diepe putten zijn verschillende aanvullende activiteiten nodig. Enkele aanpassingen in de monitoring worden geadviseerd:

- Vergroten van de ruimtelijke dekking van de multibeamlodingen bij de Put van Hansweert;
- Eerder starten met multibeamlodingen: tijdens en direct na het storten.
- Metingen van de stroomsnelheid.
- Bepaling van de korrelgrootteverdeling/ sedimentsamenstelling van het gestorte sediment.
- Monitoring rond de stortingen in de Diepe put van Hansweert in relatie tot het baggeren op de drempel.

Hieronder worden de aanbevolen aanpassingen toegelicht.

3.2.1 Aanpassingen aan de monitoring

Vergroten van de omvang van de multibeamlodingen bij de Put van Hansweert

Met de monitoring van de bodemligging van de Put van Hansweert, zoals die tot nu toe is uitgevoerd, vallen enkele gebieden buiten het monitoringbereik. Mogelijk komt een deel van het gestorte sediment terecht in deze gebieden en dit is een mogelijke verklaring voor het 'verdwijnen' van sediment. Daarom wordt aanbevolen om het monitoringbereik aan te vullen met de drempel van Hansweert, de overloop van Ossenis, het noordelijke deel van het Middellgat en de havenkom van Hansweert. Dit kan mogelijk door de bestaande beheerlodingen van deze gebieden in de analyses te betrekken. Om de toegevoegde waarde hiervan vast te stellen kan een (snelle) analyse van de bestaande gegevens van deze gebieden worden uitgevoerd. Het is mogelijk dat de morfologische veranderingen die ook zonder de proefstortingen in deze gebieden optreden, de potentiële aanvoer vanaf de proefstort geheel overschaduwden. In dat geval is een uitbreiding van de monitoring van de bodemligging niet mogelijk.

Multibeamlodingen tijdens en direct na het storten

De proefstortperiodes omvatten voor de proefstortlocaties in de diepe putten enkele maanden. De

bodemligging is binnen twee weken na het beëindigen van het storten ingemeten. Dit interval van maximaal twee weken is best lang, omdat de grootste veranderingen zich voordoen in de periode direct na aanbrengen. Het uitvoeren van 2 of 3 peilingen met meetinterval van ruwweg 3 dagen tijdens de stortcampagne kan hierbij veel aanvullende informatie opleveren. Voorgesteld wordt tenminste een wekelijkse peiling tijdens de stortingen, met eenmaal drie keer een peiling in één week (bijvoorbeeld ma-wo-vr) bij de een springtij-week tijdens de stortperiode. De essentie is dat de frequentie van de lodingen wordt afgestemd op de intensiteit van het storten zodat de hoogteveranderingen door de stortingen binnen meetnauwkeurigheid van de multibeamlodingen vallen. De bathymetrische metingen van de eindsituatie zal binnen maximaal twee dagen na het storten uitgevoerd moeten worden. Deze hoogfrequente metingen kunnen een deel van de metingen met een tussenperiode van 2 weken vervangen, deze informatie is beschikbaar bij de reeds uitgevoerde proefstortingen.

Aanvullende metingen

Metingen van de stroomsnelheden, de sedimentconcentraties in de waterkolom en metingen aan de korrelgroottes van het gestorte sediment op de bodem (in aanvulling op de gegevens uit de beun van de baggerschepen) zijn gewenst om betere uitspraken te doen over de fysische processen.

Aanvullende dertien-uursmetingen van de stroomsnelheden zijn zeer gewenst, zowel voor de Put van Hansweert als voor de Inloop van Ossenissee. Stromingsmetingen geven inzicht in de verschillen tussen de stromingspatronen op de beide proefstortlocaties, met inbegrip van de verschillen in de bochtstroming (Plancke et al., 2017).

Metingen van sedimentconcentratie: ADCP-metingen tijdens de vorige proefstortcampagne lieten een beperkte verhoging van de sedimentconcentratie zien. ADCP-metingen meten echter de 1e meter boven de bodem en vallen weg bij hoge sedimentconcentraties, en missen dus een cruciaal deel van het beeld. In-situ metingen met andere technieken, bv. de SiltProfiler (in combinatie met ADCP-metingen) zouden uitsluitend kunnen geven over de maximale toename van de sedimentconcentratie.

Voor het bepalen van de korrelgroottes dient de bodem te worden bemonsterd met een bodemhapper of boxcorer.

Bovenstaande aanbevelingen zijn echter eenvoudiger op te schrijven dan uit te voeren: Zeker de Put van Hansweert, maar ook de Inloop van Ossenissee zijn lastige plekken om varende metingen uit te voeren, vanwege het intensieve scheepvaartverkeer. Het uitvoeren van varende ADCP-metingen is mogelijk gebleken. Bij een dergelijke meting is de ADCP direct onder het schip gemonteerd, zodat het meetschip kan uitwijken voor de ander scheepvaart. Bij het uitvoeren van metingen met bodemhapper, boxcorer of SiltProfiler hangen deze instrumenten onder het meetschip aan een kabel. Dat maakt het uitwijken voor andere scheepvaart lastig. De praktische haalbaarheid van deze aanbeveling moet derhalve worden vastgesteld, met een nadruk op veilig werken.

Een alternatieve methode voor het metingen van de concentraties zwevend sediment is het toepassen van een meetframe dat op de bodem wordt geplaatst. Meetframes zijn echter niet praktisch toepasbaar op deze locaties, vanwege de noodzakelijke betonning van het frame, die niet in de vaarweg mag liggen (hinder scheepvaart) en vanwege het storten en de grote autonome morfologische dynamiek (kans op begraven meetframe).

Timing van de stortingen in de Diepe put van Hansweert

Misschien is het mogelijk om wekelijkse peilingen uit te voeren als er niet gebaggerd wordt bij de Drempel van Hansweert, in de periode voor, tijdens en na stortingen in de Diepe put van Hansweert, gedurende een periode van tenminste 4 weken (op voorwaarde dat voldoende baggerspecie van andere locaties beschikbaar is). Op deze wijze is het misschien mogelijk om het transport vanuit de Put van Hansweert naar de drempel nauwkeuriger te bepalen. De praktische mogelijkheid hiervan dient te worden verkend met AMT en de baggeraar.

3.2.2 Analyse van de resultaten

De huidige analyse bestond uit het bestuderen van het bodemprofielontwikkeling, een volume analyse voor de baggervolumes in het stortvak en het uitwerken van het stromingsbeeld. Ook zijn de stromingen gemodelleerd met een computermodel van de waterbeweging (in Delft3D) en zijn de morfologische

veranderingen berekend. Op basis van de tot nu toe uitgevoerde analyses zijn aanbevelingen opgesteld voor de analyse van de gegevens van de proefstortingen, die hieronder zijn opgenomen:

Ruimere polygoon rond het stortvak

De voorheen genoemde volumeverschillen zijn gevonden door voor elke beschikbare profielmeting te berekenen wat het volume sediment in een rekenpolygoon was. Hierbij is voornamelijk gekeken naar de netto veranderingen binnen de stortvakken. Om meer inzicht te krijgen in de verplaatsing van het sediment zou bij de toekomstige analyse meer aandacht gegeven moeten worden aan de bruto veranderingen binnen de stortvakken en, indien gemeten, op korte afstand net buiten de stortpolygoon. Het is zeker zinvol om de morfologische veranderingen in een groter gebied in beeld te brengen. Het is mogelijk ook zinvol om de sedimentbalans over een groter gebied op te maken, met de verwachting dat dan minder sediment 'verdwijnt' uit het studiegebied.

Analyse van de migratie van bodemvormen

Parallel aan het analyseren van de bruto veranderingen zou een analyse van de migratie van grootschalige bodemvormen (geautomatiseerd, of handmatig) inzicht bieden in de richtingen van de bodemtransporten én aanwijzingen geven voor de omvang daarvan. Hoewel een groot deel (hiervoor is 80% genoemd) van het transport in de Westerschelde in suspensie plaatsvindt, kan de analyse van bodemvormen toegevoegde waarde leveren voor het inzicht in de bodemtransporten.

Modellering van de waterbeweging, het sedimenttransport en de morfologische veranderingen

In het Delft3D model zijn vier verschillende strategieën doorgerekend waarin diepe putten en/of plaatrandstortingen zijn gecombineerd. Elke strategie is met drie verschillende modellen doorgerekend (regulier, met ingespeelde bodem en met multifracties). Deze benadering geeft inzicht in de onderlinge verschillen tussen de strategieën en een bandbreedte rond de voorspellingen. In deze scenario's geeft storten in de diepe putten een beperkte toename in het baggerbezwaar. De berekeningen laten vergelijkbare grootschalige patronen zien van de morfologische impact voor alle drie de modelleringopzetten (i.e. met 'normale bathymetrie', 'ingespeelde putten' of 'multi-fractie met ingespeelde putten'). Dit geeft enig vertrouwen in de robuustheid van de resultaten. Een belangrijke conclusie betreft het gebruik van de modellen op macrocelschaal: stort je in macrocel 3, dan blijft het overgrote deel van het sediment in desbetreffende macrocel liggen voor een tijdschaal van jaren tot decaden. Het berekende effect van de stortingen op de hydrodynamica is klein, er is geen aanwijzing dat er sprake is van een effect op de getijslag.

De modelberekeningen van de stortstrategieën zijn vanuit praktische overwegingen gemaakt met een 2DH model, waardoor het nodig is om met een meer gedetailleerd lokaal model (voor de Put van Hansweert) te controleren wat de invloed van 3D stroming is. De analyse van de gemeten stroming in de diepe putten en de gedetailleerde modellering daarvan laat zien dat de profielen overeenkomen met dat van estuariene circulatie. Voor het reproduceren van de waterbeweging is daarom een 3D benadering met zoet/zout nodig. Echter dit leverde in de voorlopige resultaten van het gedetailleerde model geen betere voorspelling van de morfologische ontwikkeling van de Put van Hansweert. De 2DH modellering geeft dus een morfologische voorspelling weer die iets beter aansluit bij de verwachte morfologische ontwikkelingen. De modelopzet en resultaten van de detailmodellering (3D) dient daarom eerst beter bekeken te worden en te worden vergeleken met aanvullende metingen. Tot nu toe is alleen de Put van Hansweert doorgerekend met het 3D detailmodel. Modellering van de Inloop van Ossensisse met het model en vergelijking met meetgegevens is gewenst om de generieke toepasbaarheid van de modelresultaten te kunnen evalueren.

Een belangrijke vraag voor de modelsimulaties is hoe het 'verdwijnen' van het gestorte sediment in de simulaties dient te worden geïmplementeerd. In de modelsimulaties met het Delft3D model wordt opgelegd dat alle gestorte sediment lokaal in het stortvak op de bodem wordt neergelegd. Mogelijk is het realistischer om de specie over een groter gebied te verspreiden in de modelsimulaties. Dit kan alleen worden uitgezocht met aanvullende proefstortingen met veldmetingen en modelsimulaties.

4 CONCLUSIES

De proefstortingen op de Put van Hansweert, Inloop van Ossenisse zijn succesvol uitgevoerd en gemonitord. De inzichten die zijn opgedaan bij deze proefstortingen zijn zeer bruikbaar, maar geven ook aanleiding tot een aantal kennisvragen. Deze kennisvragen kunnen worden beantwoord met een herhaling van de proefstortingen op deze locaties, in combinatie met een aangepast monitoringsprogramma. De belangrijkste kennisvraag heeft betrekking op het 'verdwijnen' van het gestorte sediment tijdens en direct na de het storten. Hoogfrequente metingen van de bodemligging tijdens het storten en kort na het storten, in combinatie met aanvullende metingen van de waterbeweging en zo mogelijk sedimentconcentraties en korrelgroottes zijn bruikbaar om deze kennisvraag te beantwoorden.

5 REFERENTIES

- Arcadis (2007) Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde; Achtergronddocument Morfologische ontwikkelingen Westerschelde; Fenomenologisch onderzoek naar de ontwikkelingen op meso-schaal; Arcadis-rapport.
- Arcadis (2015a) Verkenningen proefstortzones Westerschelde: eerste inschatting haalbaarheid. Arcadis Rotterdam.
- Arcadis (2015b) Passende beoordeling en natuurtoets gebruik proefstortlocaties vaargeulonderhoud Westerschelde. Arcadisrapport met kenmerk 78481713:A – Definitief. Arcadis Rotterdam.
- Gruijters, S.H.L., J. Schokker & J.G. Veldkamp (2004) Kartering moeilijk erodeerbare lagen in het Schelde-estuarium. TNO-rapport 03-213-B1208. NITG-TNO.
- IMDC. (2017a). Maandrapport Flexibel Storten april-mei 2017.
- IMDC. (2017b). Maandrapport Flexibel Storten oktober-november 2017.
- Plancke, Y.; Claeys, S.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2017). Overleg Flexibel Storten: Deelrapport 23 – Stroming- en sedimentmeting ter hoogte van de diepe put van Hansweert. Versie 3.0. WL Rapporten, 00_031_23. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.
- Schellekens, T (2018). Factual Data rapport Plaatrandstudie Suikerplaat 2017. Project Smart sediment. eCoast Marine research.
- Schrijver M., Plancke Y. (2015). Monitoringprogramma proefstortlocaties /WL2015R00_031_19. Rijkswaterstaat Zee en Delta, Middelburg, Waterbouwkundig Laboratorium, Borgerhout.
- Vis, H. (2016). Eerstelijnsrapportage monitoring zandspiering Suikerplaat, voorjaar 2016. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2015_30, 9 pag.

BIJLAGE A VERSLAG

OVERLEGNAAM

Kennissessie storten diepe put (vnlk Hansweert)

DATUM NOTULEN VERZONDEN

27-11-2017

DATUM VERGADERING

24-11-2017

NAAM

ONZE REFERENTIE

079829982 B

LOCATIE

Deltares, Delft
Vision

DEELNEMERS

M. Taal, J. van der Werf, B. Huisman, R. Schrijvershof, Z.B. Wang, G.J. Liek, J. Cleveringa, S. van Til, M. Schrijver, Y. Plancke (deelname via Skype tot 12 uur), T. Lanckriet

Introductie

Begin 2018 verlopen de vergunningen voor de proefstortingen in de Westerschelde. Voor het uitvoeren van aanvullende proefstortingen zijn nieuwe vergunningen nodig. Ter onderbouwing van de vergunningaanvragen zal moeten worden verduidelijkt waarom deze nodig zijn. Dat betekent dat duidelijk zal moeten worden gemaakt op welke onderzoeksvragen de reeds uitgevoerde proefstortingen antwoord hebben gegeven, welke vragen nog niet beantwoord zijn en op welke wijze de aanvullende proefstortingen er voor gaan zorgen dat deze vragen alsnog beantwoord zullen worden.

Tijdens deze kennissessie is de stand van zaken rond de diepe putten (met name de diepe put van Hansweert) besproken.

De agenda van de bijeenkomst was als volgt:

1. Toelichting kennisbehoefte / context vanuit vergunningsaanvraag verlengen proefstorting (Jelmer)
2. Stand van zaken data-analyse (Thijs)
3. Stand van zaken modellering (Bas en Reinier)
4. Kennisleemten, wat te monitoren en hoe te analyseren?
5. Consequenties voor eventueel uit te voeren modelmatige scenariostudies (voor toekomstige stortstrategie)

Wat is geleerd van de proefstortingen tot nu toe?

Diepe putten

Van de baggerspecie die in de Put van Hansweert is gestort 'verdwijnt' na beide stortingen ongeveer 45%. Onder verdwijnen wordt verstaan dat het volume niet in de rekenpolygoon wordt teruggevonden, direct na afronding van de stortingen.

Na het aanbrengen erodeert het sediment dat wel op de bodem van de diepe put terecht is gekomen. Deze erosie verloopt veel trager dan het verdwijnen van de bovengenoemde 45% en neemt (zoals theoretisch verwacht) exponentieel af in de tijd (i.e. als een verkleind integratiepolygoon wordt gebruikt)..

Dwarsdoorsneden laten zien dat het gestorte sediment wordt geërodeerd tot op het niveau van wat waarschijnlijk een harde (niet erodeerbare) laag is. De 55% sediment die niet initieel is verdwenen blijft tijdens de meetperiode aanwezig binnen het rekenpolygoon.

Sedimentatie is voornamelijk te zien in de binnenbocht. Dit is ook het sedimentatiegebied als er geen sediment gestort wordt in de geul.

Aan de zuidzijde van de geul heeft een 'zettingsvloeiing' plaatsgevonden ('plaatval' is hier niet de juiste aanduiding, omdat de geulhelling niet tot aan het intergetijdebereik reikt). Het sediment is tot in het stortgebied gestroomd en daarna weer geërodeerd.

Bij de proefstortingen in de Inloop van Ossenissee is de hoeveelheid sediment die na de storting niet kan worden teruggevonden in de omliggende polygoon, oftewel 'verdwijnt', kleiner (ongeveer 25%). Bij de reguliere stortingen in de SH41 (overloop van Hansweert) is het percentage dat 'verdwijnt' hoger en vergelijkbaar met het percentage bij de Put van Hansweert.

Een plausibele verklaring voor het 'verdwijnen' van het gestorte sediment tijdens de periode van storten wordt niet gevonden. Een plausibele verklaring dient namelijk ook recht te doen aan het verschil in de percentages voor de verschillende locaties. Het uitspoelen van (met name) de fijnere fracties van het sediment tijdens het storten³ als gevolg van grote stroomsnelheden wordt als mogelijkheid genoemd, maar hierover zijn de meningen verdeeld. Andere mechanismen die worden genoemd zijn:

Dichtheidsstromingen langs de bodem direct na het storten;

Het door hydrodynamische processen uitsorteren van de bovenlaag van het gestorte sediment (i.e. armouring effecten).

Mogelijk speelt het moment van storten gedurende het getij (eb, vloed) een rol. Er is een groot aantal vaartochten uitgevoerd (~200 per proefstorting) waardoor een deel van de stortingen plaats vond op een moment met grote eb en vloed snelheden.

Over de invloed van verschillen in sedimentsamenstelling van natuurlijk en gestort materiaal (i.e. voor en na het storten) is geen uitspraak te doen, zonder aanvullende meetgegevens.

Een verschil tussen de beide diepe locaties is de aanwezigheid van de sterke gekromde geulbocht bij de Put van Hansweert en de veel flauwere geulbocht bij de Inloop van Ossenissee.

Om meer grip te krijgen op het 'verdwijnen' van sediment zijn verschillende aanvullende activiteiten besproken.

Bij de analyse zou meer aandacht gegeven moeten worden aan de bruto veranderingen binnen de stortvakken en, indien ingemeten, op korte afstand net buiten de stortpolygoon. Ook een analyse op het niveau van de stortvakken is gewenst. Verder is besproken of het zinvol kan zijn de sedimentbalans over een groter gebied te maken. Over welke afstanden vinden we het sediment binnen het tijdsvak van een stortcampagne wel terug in een controlevak? Vraag hierbij is echter of er, gezien de grote natuurlijke morfologische dynamiek, op enige afstand van de storting nog iets terug te vinden valt van het 'relatief kleine' zandvolume van de proefstorting.

Analyse van de migratie van de grootschalige bodemvormen (geautomatiseerd, of handmatig) biedt inzicht in de richtingen van de bodemtransporten (i.e. bed load) én aanwijzingen voor de omvang daarvan. Omdat een groot deel (hiervoor is 80% genoemd) van het transport in de Westerschelde in suspensie plaats vindt is de toegevoegde waarde van de analyse van bodemvormen relatief beperkt.

Suikerplaat

De omvang van de stortingen bij de Suikerplaat is beperkt gebleven (ordegrootte 100.000 m³), vanwege de beschikbaarheid van baggerspecie van de aangewezen baggerlocaties. De aangebrachte specie lijkt grotendeels aanwezig te blijven. Dat geldt ook voor het Noordzeezand (ordegrootte 300.000 m³) dat aan de westzijde van het proefstortvak is aangebracht vanwege de zandruilproef. De omvang van de proefstortingen is nog te beperkt om uitspraken over de morfologische ontwikkelingen te doen.

Waar zijn nog kennisleemtes die met aanvullende proefstortingen, inclusief bijbehorende monitoring, kunnen worden gevuld?

Diepe putten

De belangrijkste kennisleemte is de vraag waarom verschil tussen het gestorte volume en op de bodem gemeten volume zo groot is bij de Put van Hansweert;

³ Het proces van het uitspoelen van de fijnere fracties tijdens storten wordt wel 'stripping' genoemd.

Daarmee samenhangende vraag is: Waar blijft het gestorte sediment dat tijdens de duur van een stortcampagne niet in het stortvak wordt teruggevonden? Een subvraag daarbij is: Wordt een deel van dit sediment in die tijdsperiode (al) op nabije baggerlocaties ('drempels') afgezet.

Een andere vraag is welke stortcapaciteit de diepe putten hebben bij het gebruik in een regulier vergunde verspreidingsstrategie.

Het advies is om bij nieuwe proefstortingen nog meer gericht te monitoren tijdens het storten. Dat betekent meer coördinatie tussen de stortingen en metingen. De huidige monitoring is gericht op het uitvoeren van een bathymetrische meting binnen twee weken na het aanbrengen. Dit zou maximaal twee dagen moeten worden. Om meer informatie te verkrijgen is het aan te bevelen om de frequentie van de lokale bathymetrische metingen (ter plaatse van de proefstorting) op te verhogen. Verder is het gewenst om het monitoringbereik aan te vullen met de drempel van Hansweert, de overloop van Ossenissee, het noordelijke deel van het Middellandse Zeegebied en de havenkom van Hansweert. Dit kan mogelijk ook door de bestaande beheermonitoring van deze locaties in de analyses te betrekken. Om de zin hiervan vast te stellen is een snelle analyse van de gegevens wenselijk, het is namelijk goed mogelijk dat de morfologisch veranderingen in deze aangrenzende gebieden de aanvoer vanaf de proefstort geheel overschaduwen.

Misschien is het mogelijk om de stortingen uit te voeren als er niet gebaggerd wordt bij de Drempel van Hansweert (op voorwaarde dat voldoende baggerspecie van andere locaties beschikbaar is). Dat past bij de strategie waarin je Drempel van Hansweert nauwkeurig meet op een eventuele respons vanuit Put van Hansweert.

Vastgesteld is dat de Put van Hansweert een lastige plek is voor het uitvoeren van varend metingen, vanwege het intensieve scheepvaartverkeer. Dat maakt het lastig om gewenste metingen (bijvoorbeeld bodemhappen/boxcores, direct na het aanbrengen van de stortingen) uit te voeren. Het verdient echter aanbeveling naar de mogelijkheden te informeren (het kost slechts een paar minuten). Meetframes zijn niet bruikbaar op deze locatie, mede vanwege het storten én de hoge morfologische dynamiek. Aanvullende dertien-uursmetingen van de stroomsnelheden zijn mogelijk en zeer gewenst, zowel voor de Put van Hansweert als voor de Inloop van Ossenissee. Stromingsmetingen geven inzicht in de verschillen tussen de stroompatronen op de beide proefstort locaties, met inbegrip van de verschillen in de bochtstroming.

Suikerplaat

Voor de Suikerplaat geldt dat de huidige omvang van de proefstorting nog te beperkt is om daar conclusies aan te verbinden. Het alsnog uitvoeren van de proefstortingen met de gewenste omvang wordt zinvol geacht om inzicht te krijgen in de mogelijkheid om in dit gebied de ecologische waarden te vergroten en om vast te stellen hoeveel sediment wordt getransporteerd in de richting van de ankergebieden ten noorden van de Suikerplaat. De monitoring dient hierop te worden afgestemd.

Aandachtspunt is dat dan nogmaals gekeken moet worden naar de baggergebieden waaruit geput mag worden voor deze locatie, om te zien of dit verruimd kan worden. Anders blijft de beschikbaarheid van sediment een beperkende factor voor deze proefstortlocatie. De ecologische monitoring van de locatie en de ruime omgeving is belangrijk vanwege de wens om op deze locatie ecologisch waardevol habitat te laten ontstaan. Bemonstering bovenlaag van het sediment en de ecologie door het uitvoeren van circa 30 boxcores is voorzien voor begin 2018.

Scenariostudies met numerieke modellen

In het Delft 3D model zijn vier verschillende strategieën doorgerekend waarin diepe putten en/of plaatrandstortingen zijn gecombineerd. Elke strategie is met drie verschillende modellen doorgerekend (regulier, met ingespeelde bodem en met multifracties. Deze benadering geeft inzicht in de onderlinge verschillen tussen de strategieën en een bandbreedte rond de voorspellingen. In deze scenario's geeft storten in de diepe putten een beperkte toename in het baggerbezwaar ($O(\text{miljoen m}^3)$). De berekeningen laten vergelijkbare grootschalige patronen zien van de morfologische impact voor alle drie de modelleringopzetten (i.e. met 'normale bathymetrie', 'ingespeelde putten' of 'multi-fractie met ingespeelde putten'). Dit geeft enig vertrouwen in de robuustheid van de resultaten. Een belangrijke conclusie betreft het gebruik van de modellen op macroschaal: stort je in macrocel 3, dan blijft het overgrote deel van het sediment in desbetreffende macrocel liggen voor een tijdschaal van jaren tot decaden. Het berekende effect van de stortingen op de hydrodynamica is klein, er is geen aanwijzing dat er sprake is van een effect op de getijslag.

De model berekeningen van de stortstrategieën zijn echter vanuit praktische overwegingen gemaakt met een 2DH model, waardoor het nodig is om met een meer gedetailleerd lokaal model (voor de Put van

Hansweert) te checken wat de invloed van 3D stroming zou kunnen zijn. Tevens blijft de vraag open hoe de '55%' van het sediment dat bij de proefstortingen niet op de bodem beland worden meegenomen, aangezien het Delft3D model aanneemt dat alle gestorte sediment lokaal op de bodem wordt neergelegd. Ten behoeve hiervan dient meer kennis vergaard te worden over de proefstortingen (middels veldwerk).

De gedetailleerde analyse van de modelresultaten (dwarsdoorsnedes Put ontwikkeling met gedetailleerd model voor de Put van Hansweert) is aanleiding tot discussie over resultaten welke een initiële vervorming van de Put van Hansweert richting het oosten laten zien én invulling van de put aan de zijde van de binnenbocht (i.e. onderwater vooroever van de Plaat van Ossensisse Oost). De multifractiebenadering (en ook de 3D modellering) laat een andere ontwikkeling zien dan in het 2DH model en wat verwacht wordt op basis van kennis van het systeem. De mening van de groep hierover is dat hier nog niet te veel aandacht aan moet worden besteed zolang de simulaties nog niet definitief zijn (eerst controleren of alles netjes wordt meegenomen).

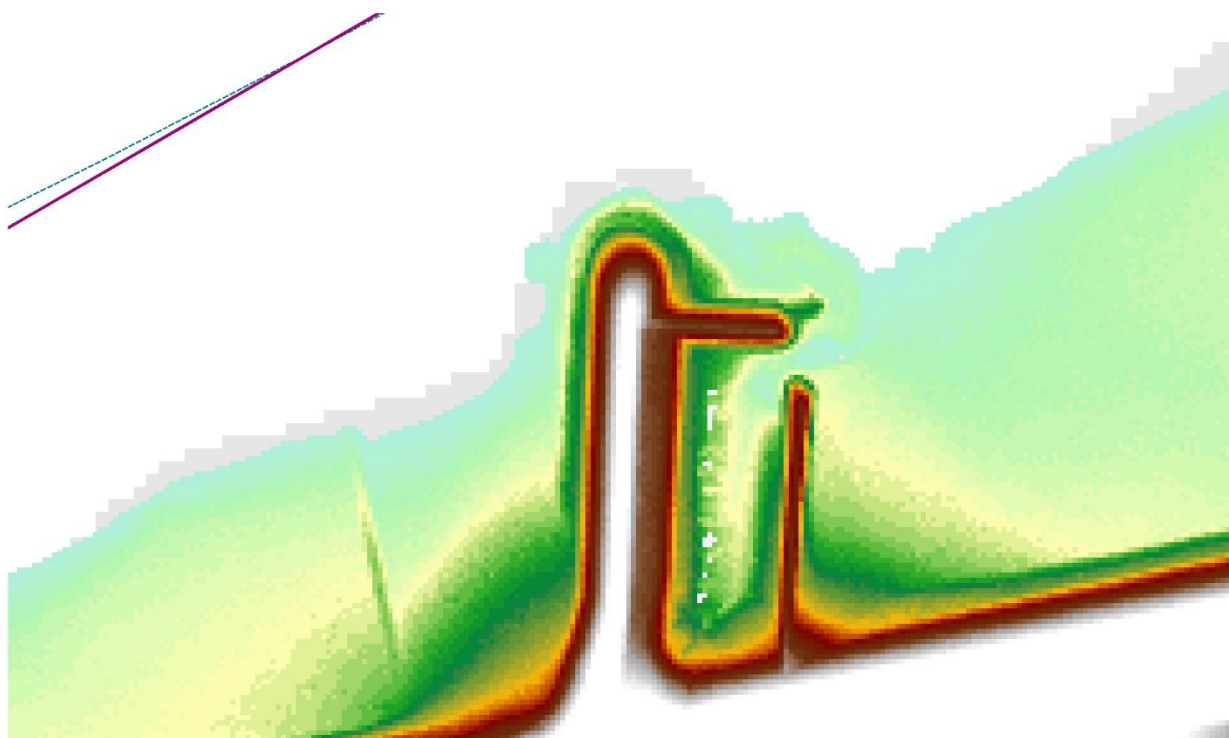
De analyse van de gemeten stroming in de diepe putten en de gedetailleerde modellering daarvan laat zien dat de profielen overeenkomen met dat van estuariene circulatie. Voor het reproduceren van de waterbeweging is dus een 3D benadering met zoet/zout nodig, maar dit leverde in de voorlopige resultaten van het gedetailleerde model geen betere voorspelling van de morfologische ontwikkeling van de Put van Hansweert. De 2DH modellering geeft dus een morfologische voorspelling die iets beter aansluit bij de verwachte morfologische ontwikkelingen. De mening van de experts is echter dat er eerst beter naar de modelopzet én resultaten van de detailmodellering moet worden gekeken voordat er een uitspraak kan worden gedaan met betrekking tot de invloed van 2DH en 3D modellering. Het huidige voorlopige detailmodel is mogelijk nog niet goed afgeregeld. Nu is alleen de Put van Hansweert doorgerekend, vanwege de mogelijkheden van het toegepaste detailmodel. Modellering van de andere locaties (in ieder geval Inloop van Ossensisse) is gewenst om uitspraken te kunnen doen over generieke toepasbaarheid van de modelresultaten.

Toepassing van de morfologische modellering voor de Suikerplaat locatie is gewenst, ook om het vertrouwen in de morfologische modeluitkomsten te vergroten.

Aanvullend

Vanuit het SMARTSediments project is aanvullende ecologische informatie van en rond de Suikerplaat proefstorting gewenst. Op deze wijze kunnen uitspraken worden gedaan over de ecosysteemwaarden die worden geleverd door slim sedimentbeheer.

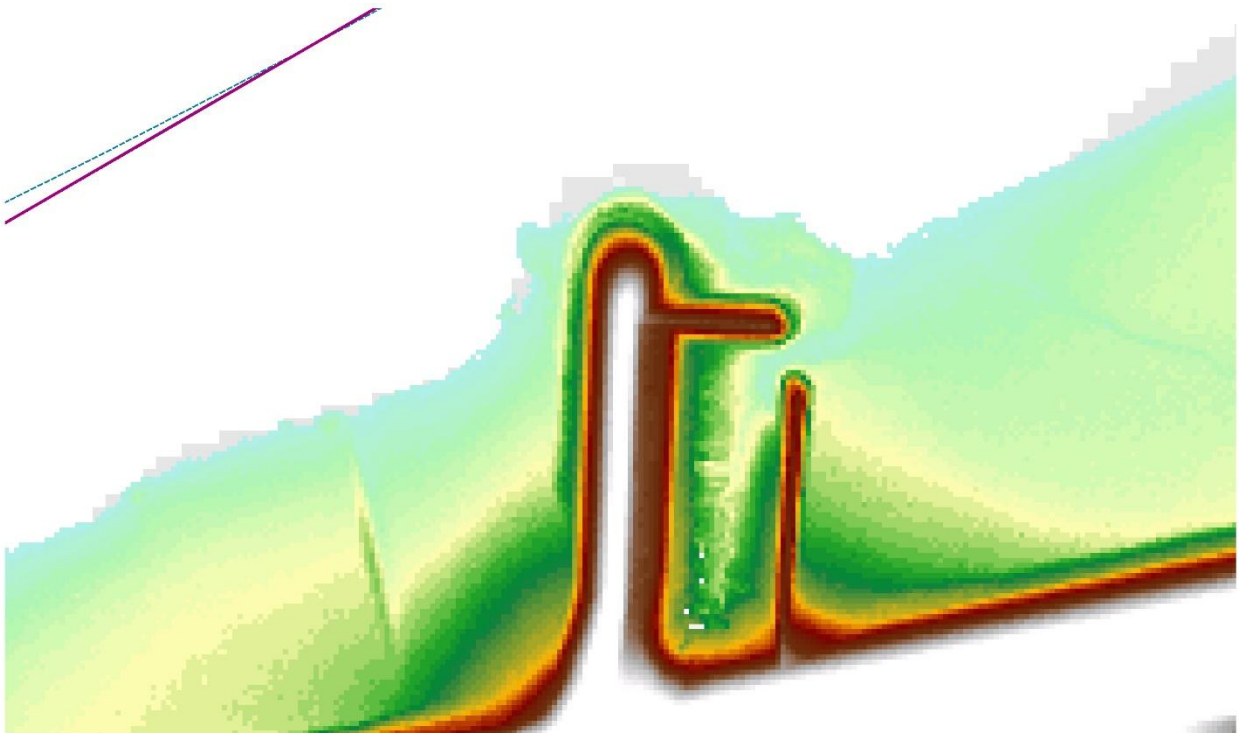
BIJLAGE B HAVENTJE GRIETE



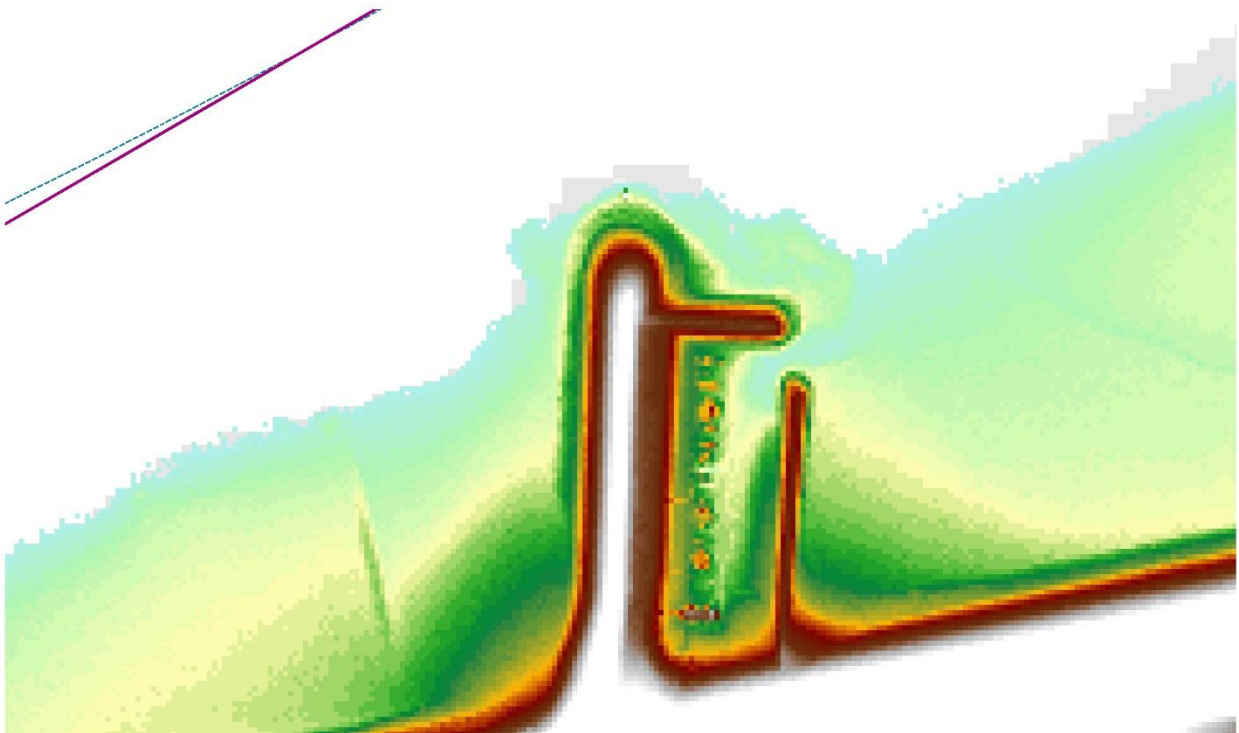
Westerschelde hoogte LIDAR in m NAP (bron: Rijkswaterstaat)

-1.95 - -1.9	-0.799 - -0.7	0.401 - 0.5	1.61 - 1.7	2.81 - 2.9	4.01 - 4.1
-1.89 - -1.8	-0.699 - -0.6	0.501 - 0.6	1.71 - 1.8	2.91 - 3	4.11 - 4.2
-1.79 - -1.7	-0.599 - -0.5	0.601 - 0.7	1.81 - 1.9	3.01 - 3.1	4.21 - 4.3
-1.69 - -1.6	-0.499 - -0.4	0.701 - 0.8	1.91 - 2	3.11 - 3.2	4.31 - 4.4
-1.59 - -1.5	-0.399 - -0.3	0.801 - 0.9	2.01 - 2.1	3.21 - 3.3	4.41 - 4.5
-1.49 - -1.4	-0.299 - -0.2	0.901 - 1	2.11 - 2.2	3.31 - 3.4	4.51 - 4.6
-1.39 - -1.3	-0.199 - -0.1	1.01 - 1.1	2.21 - 2.3	3.41 - 3.5	4.61 - 4.7
-1.29 - -1.2	-0.099 - 0	1.11 - 1.2	2.31 - 2.4	3.51 - 3.6	4.71 - 4.8
-1.19 - -1.1	0.001 - 0.1	1.21 - 1.3	2.41 - 2.5	3.61 - 3.7	4.81 - 4.9
-1.09 - -1	0.101 - 0.2	1.31 - 1.4	2.51 - 2.6	3.71 - 3.8	4.91 - 5
-0.99 - -0.9	0.201 - 0.3	1.41 - 1.5	2.61 - 2.7	3.81 - 3.9	
-0.899 - -0.8	0.301 - 0.4	1.51 - 1.6	2.71 - 2.8	3.91 - 4	

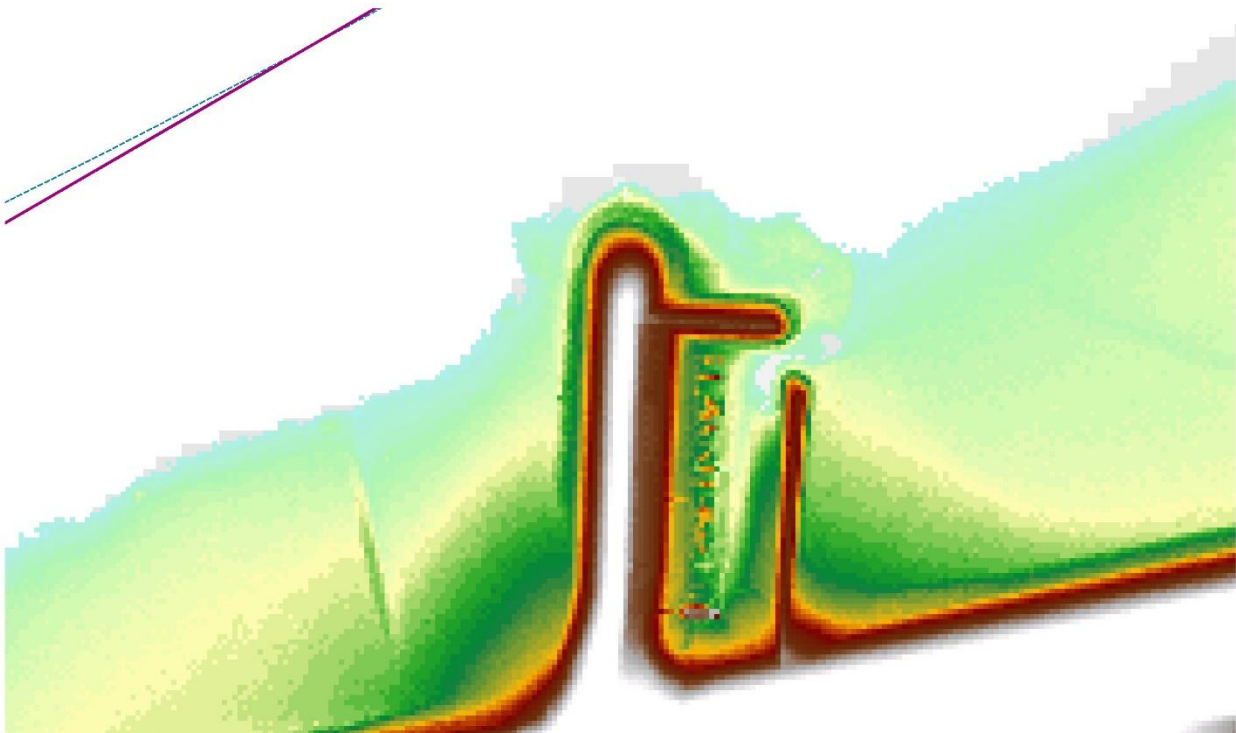
Figuur 9 Hoogtemeting (LIDAR) uit 2013 van het haventje van Griete, met aangrenzende slik (data: Rijkswaterstaat)



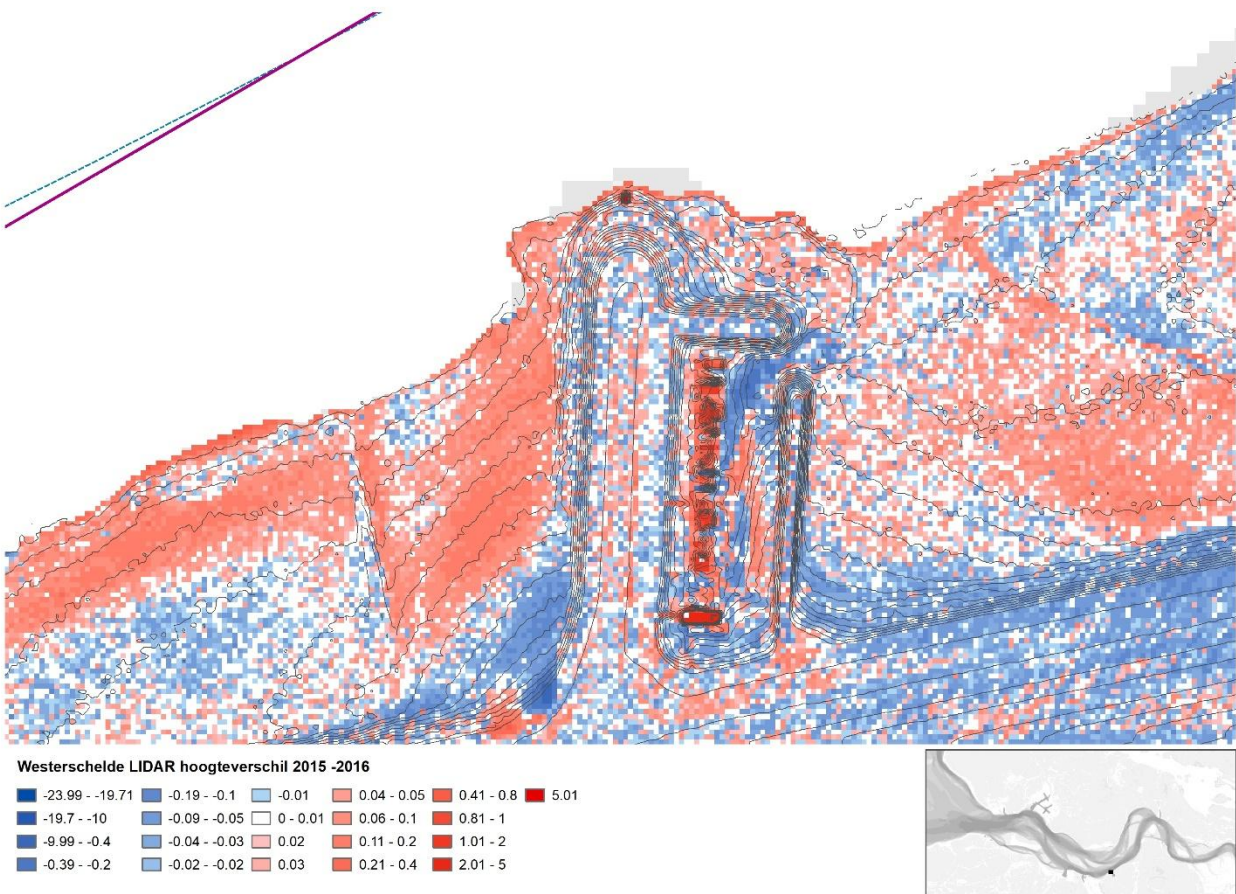
Figuur 10 Hoogtemeting (LIDAR) uit 2015 van het haventje van Griete, met aangrenzende slik (data: Rijkswaterstaat)



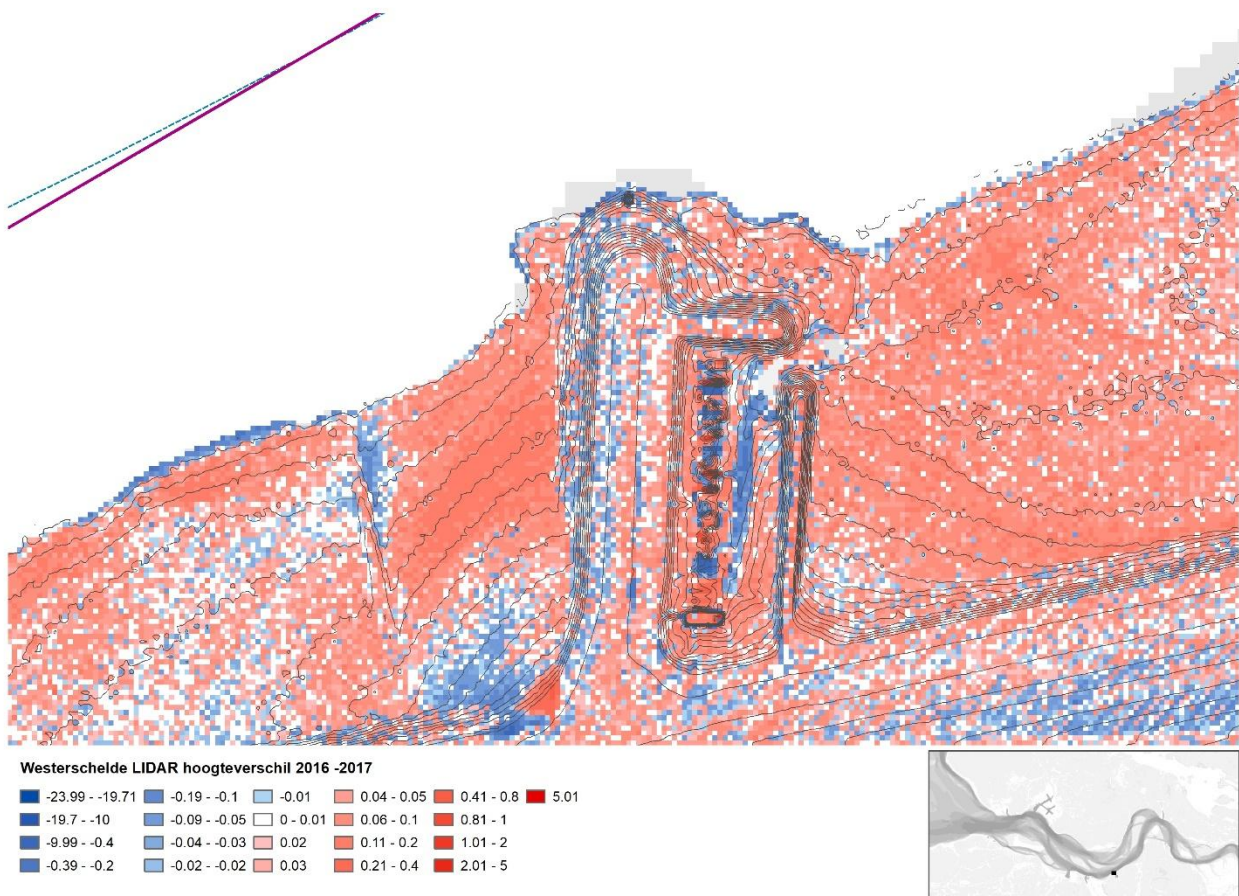
Figuur 11 Hoogtemeting (LIDAR) uit 2016 van het haventje van Griete, met aangrenzende slik (data: Rijkswaterstaat)



Figuur 12 Hoogtemeting (LIDAR) uit 2017 van het haventje van Griete, met aangrenzende slik (data: Rijkswaterstaat)



Figuur 13 Verschil in de hoogte tussen de hoogtemeting (LIDAR) uit 2015 en 2016 van het haventje van Griete, met aangrenzende slik (data: Rijkswaterstaat)



Figuur 14 Verschil in de hoogte tussen de hoogtemeting (LIDAR) uit 2016 en 2017 van het haventje van Griete, met aangrenzende slik (data: Rijkswaterstaat)

COLOFON

NUT EN NOODZAAK HERHALING PROEFSTORTINGEN WESTERSCHELDE

KLANT

Afdeling Maritieme Toegang

AUTEUR

Sjoerd van Til, Msc

ONZE REFERENTIE

079829982 B

DATUM

3 juli 2018

STATUS

Concept

GECONTROLEERD DOOR

VRIJGEGEVEN DOOR

Jelmer Cleveringa

Miriam de Boer

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 137
8000 AC Zwolle
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com