

Monitoringprogramma Flexibel Storten Westerschelde en Monitoringprogramma Beneden-Zeeschelde

Voortgangsrapportage 2018-2019: Syntheserapport

Vlaamse Overheid
Afdeling Maritieme Toegang


RAPPORT 16 november 2021 - versie 3.0



Colofon

International Marine & Dredging Consultants

Adres: Van Immerseelstraat 66, 2018 Antwerpen, België

: + 32 3 270 92 95

Email: info@imdc.be

Website: www.imdc.be

Document Identificatie

Project	Monitoringprogramma Flexibel Storten Westerschelde en Monitoringprogramma Beneden-Zeeschelde
Titel rapport	Voortgangsrapportage 2018-2019: Syntheserapport
Opdrachtgever	Vlaamse Overheid - Afdeling Maritieme Toegang
Contactpersoon	Jürgen Suffis, +32 3 222 08 13, jurgen.suffis@mow.vlaanderen.be
Datum	16/11/2021
Projectref.	11498-015
Rapportref.	I/RA/11498/20.109/API
Besteknummer	MT/01357_15
Trefwoorden	

Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
--------	---------	-------------

Zie auteurslijst

Zie revisorenlijst

Gijsbert van Holland

Auteurs: Marco Moretto, Rob Schepper, Cleo Pandelaers, Aline Pieterse

Nazicht: A. Pieterse, D. Depreiter (GeoHydroData), F. Heinis (HWE), P. Meire (UA), G. van Holland

Copyright © IMDC 2021, Alle rechten voorbehouden. Deze publicatie of delen mogen niet worden gekopieerd, gereproduceerd of verzonden in welke vorm of op welke manier dan ook, digitaal of anderszins zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van IMDC. De inhoud van deze publicatie zal door de klant vertrouwelijk worden behandeld, tenzij anders schriftelijk overeengekomen. Verwijzing naar een deel van deze publicatie dat tot verkeerde interpretatie kan leiden, is verboden.

Classificatie

☐ niet geclassificeerd
 ☐ intern
 ☒ beperkt
 ☐ confidentieel

Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	23/10/2020	Concept tbv Overleg Flexibel Storten	Zie auteurslijst	Zie revisorenlijst	GVH
2.0	18/12/2020	Verwerking commentaren OFS	Zie auteurslijst	Zie revisorenlijst	GVH
3.0	16/11/2021	Verwerking commentaren CMW	Zie auteurslijst	Zie revisorenlijst	GVH

Samenvatting

De Voortgangsrapportage 2018-2019 brengt verslag uit over de monitoring uitgevoerd in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde in het kader van het MONEOS-T Uitvoeringsplan, aangevuld met analyse van zeehondentellingen, vogeltellingen, en benthosgegevens voor de Westerschelde. De analyse van deze gegevens laat toe de effecten van het project van de derde verruiming van de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde te evalueren en af te toetsen tegen wat in onder andere het MER als verwachting werd geformuleerd, en adviezen met betrekking tot de strategie en monitoring te formuleren.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	De opdracht	5
1.2	Achtergrond	5
1.3	Doel van de voortgangsrapportage	6
1.4	Overzicht van de voortgangsrapportage	7
2	Verwachtingen	8
2.1	Voorspelde effecten uit het MER	8
2.1.1	Ingrepen	8
2.1.2	Hydrodynamiek	8
2.1.3	Morfologie en leefomgeving	9
2.1.4	Fysicochemie en waterbodempkwaliteit	9
2.1.5	Fauna	10
3	Samenvatting data-analyse	11
3.1	Ingrepen	11
3.1.1	Westerschelde	11
3.1.2	Beneden-Zeeschelde	17
3.2	Hydrodynamiek	21
3.2.1	Meteorologie en bovenafvoer	21
3.2.2	Hoog- en laagwaterstanden	22
3.2.3	Getijslag	25
3.2.4	Golven	26
3.2.5	Stroomsnelheden	27
3.3	Morfologie en leefomgeving	29
3.3.1	Westerschelde	29
3.3.2	Beneden-Zeeschelde	46
3.3.3	Ecotooparealen	49
3.4	Fysicochemie en waterbodempkwaliteit	53
3.4.1	Concentratie zwevende stof	54
3.4.2	Lichtextinctie	58
3.4.3	Chlorofyl-a	59
3.4.4	Chloride	61
3.4.5	Kwaliteit van de waterbodem	63
3.5	Fauna	63
3.5.1	Macrozoöbenthos	63
3.5.2	Vogels	67
3.5.3	Zeehonden	74
4	Integrale discussie	77
4.1	Vooraf	77

4.2	Effecten van de verruiming	78
4.2.1	Baggerwerken	78
4.2.2	Effect op morfologie	78
4.2.3	Effect op hydrodynamiek	79
4.2.4	Wisselwerking morfologie-hydrodynamiek	80
4.3	Effecten van de stortstrategie	81
4.3.1	Stortingen	81
4.3.2	Impact op morfologie	82
4.3.3	Impact op ecologie	83
4.3.4	Storten van slib in Beneden-Zeeschelde	85
5	Adviezen	87
5.1	Advies Stortstrategie	87
5.2	Advies monitoring en verder onderzoek	87
6	Referenties	89

1 Inleiding

1.1 De opdracht

De Voortgangsrapportage 2018-2019 is opgesteld door IMDC nv in samenwerking met UA, HWE, en GeoHydroData onder deelopdracht 15 'Morfologische analyses effecten speciebergingscenario's in het Schelde estuarium' van de 'Meervoudige raamovereenkomst in kader van proces vaarwegbeheer periode 2016-2021', in opdracht van afdeling Maritieme Toegang van de Vlaamse Overheid (besteknummer MT/01357_15).

1.2 Achtergrond

In 2005 werd door de Vlaamse Regering en het Koninkrijk Nederland in een verdrag over de uitvoering van de Ontwikkelingsschets 2010 beslist dat de Schelde zou worden verdiept. De Ontwikkelingsschets 2010 omschrijft een plan voor de nodige projecten, maatregelen, en monitoringsrichtlijnen om de Schelde te doen evolueren naar een staat zoals bepaald in de Lange Termijn Visie (voor het jaar 2030). In het verdrag wordt onder andere gesteld dat zeeschepen tot een diepgang van 13,1 m op getij-onafhankelijke wijze de haven van Antwerpen dienen te kunnen bereiken.

Om dit doel te bereiken werd in 2010 de derde verruiming gerealiseerd. De eerste verdieping vond plaats in de jaren '70 van de vorige eeuw: drempels werden 3 tot 4 meter verdiept. In 1997-1998 werd een tweede verdieping uitgevoerd waardoor schepen tot 11,6 m diepgang getij-onafhankelijk konden varen.

De aanlegbaggerwerken die nodig waren in de Westerschelde om de derde verruiming uit te voeren omvatten 7,7 miljoen m³, zoals de gestelde verwachting in de milieueffectrapportage (Consortium Arcadis-Technum, 2007a). Het hierop volgende benodigde baggeronderhoud werd geraamd op een verwachte omvang van 11,7 miljoen m³ per jaar. Hierbij worden de drempels onderhouden op een gegarandeerde diepte van -14,5 m LAT. In de praktijk blijken de totale onderhoudsvolumes de afgelopen jaren iets lager te liggen dan de raming uit het milieueffectrapport.

De verwachting voor de verruiming van de Zeeschelde (hoofdzakelijk zand, uitgevoerd in 2008-2010) omvatte 6,35 Mm³ aanlegvolume, terwijl het jaarlijkse onderhoud voor zand op 2,1 Mm³ werd geraamd. Voor het slibonderhoud werd in totaal 6,8 Mm³ in beun (bulkdensiteit 1,25 ton/m³) of 1,7 Mm³ V' (referentiedensiteit 2 ton/m³) verwacht (Consortium Arcadis-Technum, 2007a). In de praktijk blijken de zandvolumes lager, en de slibvolumes hoger te liggen.

In de Ontwikkelingsschets 2010 wordt ook melding gemaakt van een flexibele stortstrategie voor de Westerschelde die inhoudt dat de stortstrategie wordt aangepast op basis van monitoring om zo de fysieke kenmerken van het systeem binnen zijn natuurlijke dynamiek te bewaren. Deze flexibele stortstrategie is ook meegenomen in de milieueffectrapportage en de hierop volgende milieuvergunningen voor de stortingen in de Westerschelde.

Het monitoringsprogramma dat in de vergunningen is vastgelegd is het MONEOS-T Uitvoeringsplan 2008-2018 (Schrijver en Plancke, 2008) en het MONEOS-T Uitvoeringsplan 2015-2022 (Schrijver en Plancke, 2015), met uitbreiding van de vogel- en zeehondentellingen voor de Westerschelde voor wat betreft de Natuurbeschermingsvergunning. Het MONEOS-T Uitvoeringsplan is gemeenschappelijk opgesteld door Nederland en Vlaanderen en beschrijft de metingen in de periode van 1 januari 2008 tot 1 januari 2023 die nodig zijn om de evaluatie van de effecten voor het

thema toegankelijkheid, zoals opgelegd in de Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium 2010, mogelijk te maken.

Het milieueffectrapport (Consortium Arcadis-Technum, 2007b) focust op verschillende stortstrategieën in de Westerschelde. De conclusie hierbij was dat de flexibele stortstrategie met de bijbehorende plaatrandstortingen, waarbij er een mogelijkheid was dat bijkomend laagdynamisch intertidaal gebied (met hoog ecologisch potentieel) gecreëerd zou worden, de meest milieuvriendelijke aanpak zou zijn. Hierdoor zouden ook de nevengeulen minder sterk belast worden door stortingen, wat strookt met het wensbeeld uit de Lange Termijn Visie van het behoud van een meergeulensysteem.

De evaluatie van de stortstrategie in de Westerschelde is gebaseerd op een aantal parameters die gedefinieerd zijn in het 'Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten – Kwaliteitsparameters'. De voorwaarden houden in dat bepaalde grenswaarden niet overschreden mogen worden zonder dat bijkomende maatregelen of onderzoek wordt opgestart. Om dit proces te bewaken en realiseren, werd binnen de werkgroep Onderzoek en Monitoring van de VNSC het Overleg Flexibel Storten opgericht als overlegplatform waaraan deskundigen van verschillende instanties deelnemen met als doel de monitoringsgegevens aan bovengenoemd protocol te toetsen, de stortstrategie bij te sturen waar en wanneer nodig, bijkomend onderzoek op te dragen aan andere projectgroepen, en hierbij de Commissie Monitoring Westerschelde in te schakelen wanneer nodig.

1.3 Doel van de voortgangsrapportage

Afdeling Maritieme Toegang dient in het kader van de derde verruiming van de Schelde een tweejaarlijks Voortgangsrapport op te stellen. Deze voorwaarde is opgenomen in de Natuurbeschermingsvergunning (kenmerk DGNR-RRE/13194161), en de milieuvergunningen afgeleverd door de provincie Antwerpen (MLAV1-2016-0304) en de provincie Oost-Vlaanderen (M03/46003/331/A/5/LDR/EM).

Uit de vergunningsaanvragen van Nederland is onderstaande tekst uit het Tracébesluit gekopieerd (Rijkswaterstaat, 2009):

“Op basis van de voortgang van de werkzaamheden, de uitkomsten van de integrale monitoring en de resultaten van studies en proefprojecten wordt onder verantwoordelijkheid van Afdeling Maritieme Toegang per 2 jaar, of zoveel eerder als vastgesteld door het ‘Baggeroverleg’, een Voortgangsrapport opgesteld.

In het Voortgangsrapport wordt op basis van de waargenomen ontwikkelingen binnen de monitoring en de resultaten van studies en proefprojecten aan de beheerder (i.c. Rijkswaterstaat) een voorstel gedaan voor eventuele aanpassing van de stortstrategie, de monitoring of het nader onderzoek.”

In de Vlaamse milieuvergunningen is sprake van een tweejaarlijkse syntheserapport.

In de praktijk zijn beide rapporten bijeen gebracht in één grensoverschrijdend Voortgangsrapport. Omdat de effecten van het project van de derde verruiming in beeld gebracht dienen te worden, betekent dit dat voor de analyse in het rapport niet uitsluitend de data van 2018-2019 beschouwd worden, maar dat de volledige periode vanaf de derde verruiming (2010) wordt meegenomen.

Alhoewel alle parameters in dit rapport gelijkwaardig worden beschouwd, is er wel degelijk een onderscheid tussen verschillende types. In het Overleg Flexibel Storten en de jaarlijkse toetsing van de toestand van de parameters, wordt in hoofdzaak naar de Kwaliteitsparameters uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten gekeken. In de voorliggende rapportage is dit ruimer opgevat. In het Overleg Flexibel Storten komt ook

enkel de Westerschelde aan bod, maar in deze rapportage wordt ook de toestand van de Beneden-Zeeschelde beschouwd.

1.4 Overzicht van de voortgangsrapportage

Het voortgangsrapport brengt verslag uit over de monitoring uitgevoerd in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde in het kader van het MONEOS-T Uitvoeringsplan, aangevuld met een analyse van zeehondentellingen, vogeltellingen, en benthosgegevens voor de Westerschelde. De genoemde gegevens en de analyse ervan laten toe een evaluatie van de effecten van het project van de derde verruiming van de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde te maken en deze effecten te toetsen tegen de doelstellingen en verwachtingen die in het MER en/of andere beoordelingskaders werden geformuleerd.

Dit voortgangsrapport volgt op vier eerdere voortgangsrapportages: Voortgangsrapport 2010-2011 (IMDC, 2013), Voortgangsrapport 2012-2013 (IMDC, 2015; IMDC et al., 2015), Voortgangsrapport 2014-2015 (IMDC, 2017a, 2017b), en Voortgangsrapport 2016-2017 (IMDC, 2019a, 2019b).

Het vijfde voortgangsrapport bestaat uit twee deelrapporten. Om een goede leesbaarheid van de voortgangsrapportage te verzekeren, is gekozen om de uitgebreide analyse van data af te scheiden van een syntheserapport waarin resultaten op beknopte wijze worden besproken, en via een integrale discussie de evaluatie van de monitoring wordt belicht.

Een eerste deelrapport is het data- en analyserapport (IMDC, 2020a). Het rapport bevat een weergave, beschrijving, en waar mogelijk een verdere analyse van de verschillende parameters die in de Voortgangsrapportage dienen te worden behandeld. De bijlagen van het rapport zijn omwille van de omvang afzonderlijk gebundeld en digitaal beschikbaar.

Dit tweede deelrapport is het **syntheserapport**. Dit is een verhandeling waarin waarnemingen en analyseresultaten worden samengevat, en vervolgens indien mogelijk in een breder kader worden geplaatst. Rekening houdend met inzichten uit recente studies gerelateerd aan het Schelde-estuarium, het evaluatiekader dat is opgezet in de T2009-rapportage (T2009 Consortium, 2013) en verder uitgebouwd in de T2015-rapportage (T2015 Consortium, 2018a), en de verwachtingen van het MER, wordt voor de verschillende parameters geëvalueerd of de toestand (significant) beïnvloed of gewijzigd is en of dit veroorzaakt kan zijn door het proces van flexibel storten of de andere ingrepen in het estuarium – voor zover dit mogelijk is op basis van de uitgevoerde analyses. Het syntheserapport omvat verder ook een advies inzake stortstrategie, monitoring, en onderzoek.

2 Verwachtingen

Voordat de monitoringsdata wordt gepresenteerd (hoofdstuk 3) en besproken (hoofdstuk 4), wordt in dit hoofdstuk teruggekoppeld naar het milieueffectenrapport: wat waren de verwachte effecten van de verruiming en het flexibel storten.

2.1 Voorspelde effecten uit het MER

In het MER van de derde verruiming (Consortium Arcadis-Technum, 2007b) zijn voorspellingen gedaan voor verschillende tijdsschalen (tijdelijke effecten, middellange en lange termijn) en voor verschillende scenario's. Deze sectie geeft een samenvatting van de verwachte effecten voor de middellange termijn (2015) en voor het uitgevoerde alternatief, met stortingen op de plaatranden. Enkel de belangrijkste effecten zijn in deze samenvatting opgenomen, voor een volledige lijst wordt verwezen naar het MER en de deelrapporten. De afwerking van het Deurganckdok, de ontpoldering van de Hedwige-Prosperpolder (verondersteld te zijn voltooid tegen 2015) en de ontwikkeling van de overige Sigmagebieden zijn in het MER tot de autonome ontwikkeling gerekend.

Voor de tweede vergunningsperiode (2015-2022) is een nieuwe Passende Beoordeling opgesteld (er is geen nieuw MER opgesteld). In deze Passende Beoordeling zijn ook bijkomende voorspellingen gedaan aan de hand van ingreep-effectketens. Voor meer informatie wordt verwezen naar het desbetreffende rapport (Arcadis, 2013).

2.1.1 Ingrepen

In de Westerschelde werd in de eerste jaren na de eerste en tweede verdieping een verhoogd baggervolume geregistreerd, gevolgd door een afname. In het MER werd gesteld dat niet kon worden voorspeld of een dergelijke afname ook na de derde verruiming zou optreden. Voor het baggervolume zand in de Westerschelde werd een toename voorspeld met een factor 1,5 tot 1,9, tot ca. 11,7 Mm³ in situ per jaar.

In de Beneden-Zeeschelde werd voorspeld dat het baggervolume zand zou toenemen met een factor 1,2, en dat het baggervolume aan slib constant zou blijven. Wel werd een herverdeling van het sedimentatievolume verwacht. De verwachte onderhoudsvolumes bedragen 2,1 Mm³ zand en 1,7 Mm³ slib per jaar.

2.1.2 Hydrodynamiek

Waterstanden

De verwachte evolutie tegen 2015 door de autonome ontwikkeling bestond uit een afname van de getijslag door de ontpoldering van Hedwige-Prosperpolder en de andere Sigmagebieden, en dit vooral in de Beneden-Zeeschelde, maar ook in de Westerschelde. Er werd ook een beperkte toename van de hoogwaterstanden voorspeld door de zeespiegelstijging, maar deze verwachte stijging zou kleiner zijn binnenin het estuarium dan aan de monding, omwille van de reductie van de getijslag.

Het voorspelde effect van de verruiming en het flexibel storten op de waterstand bedraagt overal maximaal slechts één of enkele centimeters voor de gemiddelde waterstand, hoog- en laagwaterstand, en getijslag. Deze veranderingen werden als gering beschouwd ten opzichte van de autonome ontwikkeling.

Stroomsnelheden

Op basis van simulaties werd op bepaalde locaties een afname in de maximale stroomsnelheid voorspeld met verschillen van maximaal 0,2 m/s. In de Beneden-

Zeeschelde werd een toename in de stroomsnelheden verwacht (tot 0,2 m/s) in de zone opwaarts van de verruiming.

Het MER voorspelde verder geen aanleiding tot extra geulwandverdediging en geen negatief effect op de stabiliteit van de hoogwaterkeringen, aangezien er voornamelijk een afname van de stroomsnelheden in de geul zou optreden.

2.1.3 Morfologie en leefomgeving

Morfologie, meergeulenstelsel en overschrijding stortcriterium

In de Westerschelde werd een afname van de meergeulenwerking verwacht door de autonome ontwikkeling. Door de verruiming werd een licht negatief effect op de meergeulenwerking verwacht¹ en door het flexibel storten (met name het storten in de diepe delen van de vaargeul en op de plaatranden) een licht positief effect, zodat het netto-effect als niet-significant werd beschouwd.

Analoog werd een licht negatief effect voorspeld op het stortcriterium (de maximale stortcapaciteit in de nevengeulen) door de verruiming zelf, en een licht positief effect door de aangepaste stortstrategie. Het netto-effect van de verruiming en de aangepaste stortstrategie werd daarom als niet-significant beoordeeld.

Globaal is er een afname in de kwaliteit van de fysische systeemkenmerken van het estuarium (meergeulenstelsel, kortsluitgeulen, ...) door de autonome ontwikkeling. In het MER werd slechts een geringe impact verwacht van de derde verruiming en het flexibel storten ten opzichte van de autonome ontwikkeling.

Ecotopen

In de Westerschelde werd door het storten op de plaatranden een toename verwacht in het laagdynamisch litoraal met 266 ha (+5 %) tegen 2015, waarvan 225 ha in de zoute zone en 41 ha in de brakke zone. Daarnaast werd specifiek het streefdoel gesteld om 5 jaar na de start van de verruiming 114 ha nieuw laagdynamisch ecologisch waardevol areaal gecreëerd te hebben met de plaatrandstortingen, binnen vastgelegde controlepolygoenen rond de stortzones (Plancke *et al.*, 2008).

In de Beneden-Zeeschelde werd tegen 2015 een afname in het schor met maximaal 1 hectare voorspeld, en dit voornamelijk aan het Galgeschoor. Dit werd als significant negatief effect beschouwd, en werd gecompenseerd door het creëren van nieuwe slikken en schorren bij Fort Filip. Daarnaast werd een toename in het litoraal met ca. 2 ha voorspeld in de brakke zone.

2.1.4 Fysicochemie en waterbodemkwaliteit

Slibdynamiek en doorzicht

Het MER voorspelde een zeer geringe invloed van de verruiming op de ligging van het turbiditeitsmaximum. Er werd een afname in de maximale sedimentconcentratie verwacht met minder dan 10 mg/l in 2010 en 20 mg/l in 2030.

Er werden ook geen aanwijsbare veranderingen voorspeld in het gemiddelde doorzicht voor zowel de Westerschelde als in de Beneden-Zeeschelde. Wel werd er in de zone opwaarts, van Hansweert tot Prosperpolder, een verhoging van het percentage met onvoldoende doorzicht voorspeld van circa 5 tot 10 procent.

Er werd ook een geringe impact op de aanslibbing verwacht, met een toename in de aanslibbingssnelheid op de slikken en schorren het dichtst bij de verruiming (nabij de

¹ Ten opzichte van de autonome ontwikkeling (nulalternatief) neemt de overschrijding weliswaar af, maar wordt in meer macrocellen het stortcriterium benaderd

Drempel van Frederik) tot 0,5 cm per dag (in laagdikte recent afgezet slib). In de onderhoudszones werd vooral een verschuiving van de aanslibbingsvolumes verwacht, met een afname van de aanslibbing in het Deurganckdok en de toegang tot de sluiscomplexen, en een toename in de aanslibbing op de Drempel van Frederik. Er werd geen impact verwacht op de slibdynamiek in de zones afwaarts van Hansweert en opwaarts van Schelle, en geen impact op het aanslibbingsvolume in de Westerscheldehavens.

Zoutdynamiek

De verwachte impact van de verruiming en het flexibel storten op de zoutdynamiek werd als gering beschouwd. Er werden geen aanwijsbare verschuivingen verwacht van de zout-, brak- en zoetwaterzones, gelet op de natuurlijke variatie van ruim 50 kilometer in de ligging van het zoutfront.

Milieuhygiënische kwaliteit van de baggerspecie

In het MER werd gesteld dat de baggerspecie vrij zou mogen worden verspreid in de zoute wateren, zowel in de Westerschelde als in de Beneden-Zeeschelde.

2.1.5 Fauna

In het MER werd voorspeld dat de morfologische veranderingen zich voornamelijk zouden doorvertalen via bodemdierenbiomassa naar benthivore vogels, en niet naar het ecologisch functioneren uit de Kaderrichtlijn Water-parameters, zoals fytoplankton (primaire productie), macrofyten of vissen.

Benthos

Er werd een toename in de bodemfauna met +1,9 % verwacht in de Westerschelde tegen 2015.

Vogels

Voor de Westerschelde werd er op korte tot middellange termijn (2015) een niet-significant negatief effect verwacht op de visdief *Sterna hirundo*, als gevolg van de stijging van het percentage met onvoldoende doorzicht in het oostelijk deel van de Westerschelde (zie deel slibdynamiek hierboven). De verwachte afname van vier broedparen (in het Verdrongen Land van Saeftinghe), of 0,3 % van het totale aantal, werd als niet significant bestempeld.

Ook voor drie niet-broedende watervogels werden kleine niet-significant negatieve effecten verwacht op korte tot middellange termijn (2015): de tureluur *Tringa totanus*, zwarte ruiter *Tringa erythropus* en groenpootruiter *Tringa nebularia*. De effecten zouden volgens het MER het gevolg kunnen zijn van kleine veranderingen in de waterstand en waterbeweging. Hierdoor kan aantasting van het voor deze soorten belangrijke luwe en daarom potentieel slibrijke en lang droogvallende gebied optreden. De effecten zijn begroot op 4,5–4,8 % van de totale populatie in het Natura 2000-gebied. Gezien het tijdelijk karakter van het effect (waarvan het niet helemaal zeker is dat het optreedt) en vanwege de gunstige staat van instandhouding van deze soorten, werd het effect als niet-significant beoordeeld. Daarnaast werd een toename verwacht van de bergeend, bontbekplevier, bonte strandloper, kanoet, rosse grutto, wulp en zilverplevier.

Zeehonden

Voor de zeehond werd een mogelijke toename verwacht als gevolg van de autonome ontwikkeling; er werd geen bijkomend effect verwacht door de verruiming en het flexibel storten. Mogelijk was er een negatief effect door het storten in SN51 (nabij Zimmermangeul en de platen van Valkenisse en Walsoorden), maar een effect moet uiteindelijk niet worden verwacht omdat het stortvak in functie hiervan werd aangepast.

3 Samenvatting data-analyse

3.1 Ingrepen

3.1.1 Westerschelde

3.1.1.1 Baggerwerken

Het jaarlijks **onderhoudsvolume**² van zandrijke specie in de Westerschelde bedroeg in 2018 en 2019, respectievelijk 9,3 en 9,1 Mm³ in situ. Dit was gemiddeld 0,4 Mm³ lager dan in 2016-2017 (9,6 Mm³ in situ), en vergelijkbaar met het onderhoudsvolume in de jaren daarvoor, maar nog steeds ruim onder de in het MER verwachte 11,7 Mm³ in situ (Tabel 3-1). Sinds de derde verruiming ligt het zwaartepunt van de onderhoudsbaggerwerken op de Drempel van Hansweert met een toenemend aandeel van 2,1 Mm³ in situ (23%) in 2012 tot 3,4 Mm³ in situ (35%) in 2016. Sindsdien nam het aandeel van de Drempel van Hansweert weer af tot 2,9 Mm³ (31%) in 2018 en 2,5 Mm³ in 2019 (27%). Tegelijkertijd nam het aandeel op de Overloop van Valkenisse af in de jaren 2012-2016, waardoor de baggerinspanning in de hele macrocel 5 quasi gelijk bleef. In de laatste jaren (2017-2019) zijn net als op de Drempel van Hansweert, op de Overloop van Valkenisse schommelingen zichtbaar in het aandeel van de totale onderhoudsbaggerwerken.

Het verloop van de baggerinspanningen toont verschillen tussen de verschillende macrocellen. In macrocel 1 is de baggerinspanning sterk toegenomen, van ca. 0,1 Mm³ in situ in vergunningsjaar 2 tot 0,8 Mm³ in situ in vergunningsjaar 8. In de laatste 2 vergunningsjaren (9 en 10) is het volume weer afgenomen tot 0,6 Mm³. In macrocel 4, 6 en 7 is sprake van een daling in de eerste paar jaar na de verruiming en van een stabilisatie nadien. In macrocel 3 en 5 is de vereiste inspanning eerder stabiel.

Ook op langere termijn zijn bepaalde trends zichtbaar (Figuur 3-1). Het gemiddelde gebaggerde volume is sinds de derde verruiming hoger (9,26 Mm³ in situ, 2011-2019) dan het gemiddelde baggervolume dat na de tweede verruiming gerealiseerd is (6,82 Mm³ in situ, 2000-2009). Een afname van de baggerinspanning zoals die werd waargenomen na de tweede verruiming, is niet opgetreden na de derde verruiming. Vóór de tweede verruiming fluctueerden de baggerinspanningen sterker en lagen deze meestal tussen de 6 en 10 Mm³ in situ, terwijl het gemiddelde baggervolume 8,23 Mm³ in situ was (1980-1996).

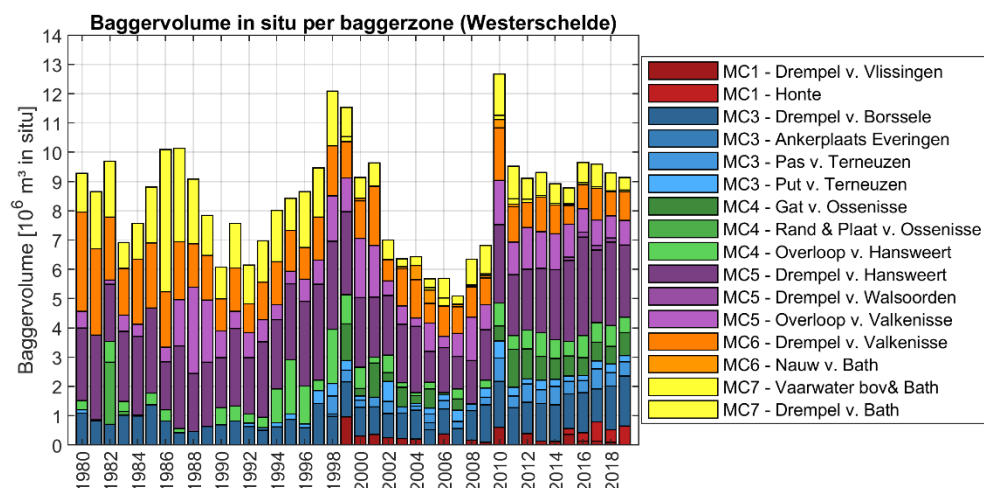
Tabel 3-1: Baggervolumes (in situ en beun Mm³) in vergelijking met in de MER verwachte onderhoudsinspanning. VJ = Vergunningsjaar³. VJ 1 bevat ook de aanleg van 7,7 Mm³.

	Eerste vergunningsperiode				Tweede vergunningsperiode						
	VJ1	VJ2	VJ3	VJ4	VJ5	VJ6	VJ7	VJ8	VJ9	VJ10	MER
Mm ³ in situ	13,2	10,1	8,8	9,3	9,1	8,9	9,3	9,9	9,4	9,2	11,7
Mm ³ in beun	14,8	11,3	9,8	10,4	10,2	10,0	10,5	11,1	10,5	10,3	

²De bagger- en storthoeveelheden zijn in de baggerstatistiek (databank met baggergegevens) uitgedrukt in m³ in beun voor zand en in m³ equivalent (of gereduceerd) volume (V') voor slib. In dit rapport wordt gewerkt met in-situ volumes, waarbij de volgende omrekening gebruikt wordt: $V_{\text{beun}} / V_{\text{in situ}} = 1,12$. De zandvolumes voor de Beneden-Zeeschelde zijn steeds uitgedrukt in beun m³.

Het equivalent volume V' is het volume slib omgerekend naar een densiteit van 2 ton per m³ op basis van het waargenomen beunvolume en de beunmassa. Dit zijn eveneens de eenheden die gebruikt worden in de rapportages in het kader van diverse vergunningen.

³ Een vergunningsjaar begint op 12 februari en eindigt op 11 februari van het daaropvolgende kalenderjaar. Het eerste vergunningsjaar begon op 12 februari 2010.



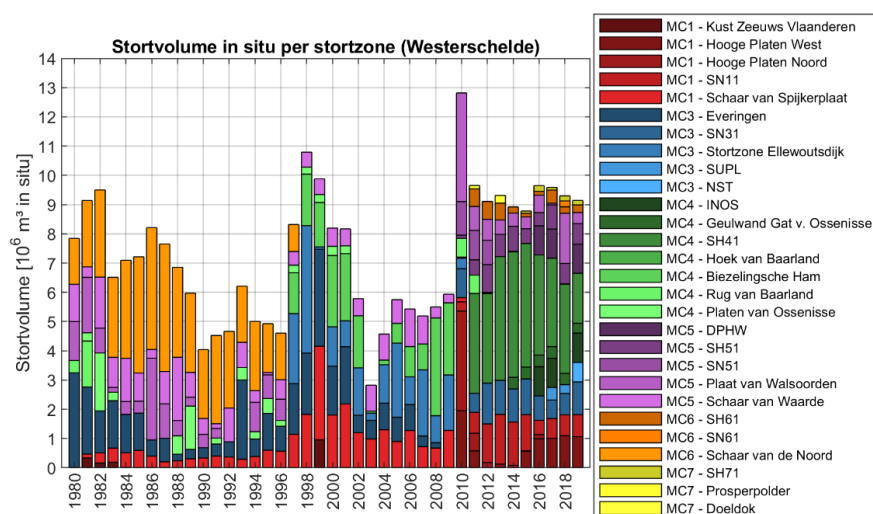
Figuur 3-1: Baggervolume (uitgedrukt in situ m^3) in de Westerschelde sinds 1980. De locaties worden op kaart weergegeven in sectie 2.1 van het data- en analyserapport (IMDC, 2020a).

3.1.1.2 Stortingen

Stortingen binnen de reguliere stortvergunning

In de vergunningsjaren 7, 8 en 10 is minder in de 'reguliere' stortvakken gestort dan in andere jaren, en meer in de proefstortvakken (Figuur 3-2). In de vergunningsjaren 2 tot 9 werd in de 'reguliere' hoofdgeulstortvakken 4 tot 6 Mm^3 per jaar gestort, terwijl dit in het afgelopen vergunningsjaar 10 slechts ca. 3 Mm^3 was. De nevengeulstortvakken zijn iets minder intensief benut door de jaren heen: van circa 2,4 tot 3,3 Mm^3 in vergunningsjaren 2 tot 6 tegenover 1,3 tot 1,6 Mm^3 in vergunningsjaren 7 tot 10. De plaatranden zijn juist frequenter ingezet met als doel de gerealiseerde winst aan laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal in stand te houden.

Op langere termijn blijkt dat na de derde verruiming, de nadruk van de stortingen meer in macrocel 4 ligt, ten opzichte van de stortactiviteiten na de tweede verruiming toen dit macrocel 3 was (Figuur 3-2⁴).



Figuur 3-2: Stortvolume (uitgedrukt in situ m^3) in de Westerschelde sinds 1980.

⁴ De Diepe Put van Hansweert (DPHW) is in deze figuur ondergebracht in macrocel 5, maar formeel ligt deze tussen macrocel 4 en 5 in.

De vergunde hoeveelheid (Tabel 3-2 en Tabel 3-3) werd in geen enkele stortzone overschreden. Als bijkomende voorwaarde zijn de maximale storthoeveelheden in de nevengeulen ook per jaar beperkt; ook dit criterium is nooit overschreden.

Er worden ook stortingen uitgevoerd waarvan de volumes buiten de reguliere vergunningstabellen worden geregistreerd maar wel in rekening worden gebracht bij het totale onderhoud, namelijk proefstortingen, stortingen in het kader van de geulwandverdediging en toepassing van gebaggerde specie ten behoeve van de bouw Nieuwe Sluis Terneuzen (zie volgende secties).

Tabel 3-2: Maximaal vergunde stortcapaciteit (in m³ in situ) voor de eerste vergunningsperiode (2010-2015).

Macrocel	Hoofdgeul	Nevengeul	Plaatrand(en)	Totaal	Jaarlijks maximum nevengeul
1	0	5 500 000	8 200 000	13 700 000	3 000 000
3	0	6 000 000	0	6 000 000	3 200 000
4	15 500 000	2 000 000	5 000 000	22 500 000	2 400 000
5	3 500 000	7 000 000	6 500 000	17 000 000	3 800 000
6	3 500 000	1 500 000	0	5 000 000	1 000 000
7	2 000 000	0	0	2 000 000	0
Totaal	24 500 000	22 000 000	19 700 000	66 200 000	13 400 000

Tabel 3-3: Maximaal vergunde stortcapaciteit (in m³ in situ) voor de tweede vergunningsperiode (2015-2022).

Macrocel	Hoofdgeul	Nevengeul	Plaatrand(en)	Totaal	Jaarlijks maximum nevengeul
1	0	7 700 000	7 100 000	14 800 000	3 000 000
3	0	8 400 000	0	8 400 000	3 200 000
4	21 700 000	2 800 000	3 400 000	27 900 000	2 400 000
5	4 900 000	9 800 000	6 300 000	21 000 000	3 800 000
6	4 900 000	2 100 000	0	7 000 000	1 000 000
7	2 800 000	0	0	2 800 000	0
Totaal	34 300 000	30 800 000	16 800 000	81 900 000	13 400 000

Proefstortingen

In 2016 heeft Maritieme Toegang een vergunning verkregen voor het uitvoeren van stortproeven die inzicht geven in het gedrag van mogelijke toekomstige stortzones. Hieraan voorafgaand zijn 14 proefstortlocaties gedefinieerd (Arcadis, 2015a), waarvan er na trechtering 5 zijn meegenomen in het vergunningstraject (Arcadis, 2015b). Uiteindelijk zijn in 2016 en 2017 drie verschillende proefstortlocaties ingezet: Suikerplaat, Inloop van Ossensisse (INOS) en Diepe Put Hansweert (DPHW). De inzet van Suikerplaat is gericht op het bijdragen tot de vergroting van de ecologische kwaliteit, terwijl de diepe delen gericht zijn op de ontlasting van de bestaande stortzones en het realiseren van een reductie van de getijslag.

In 2016, 2017, en 2019 is jaarlijks in de diepe zones (INOS, DPHW) telkens één miljoen m³ sediment gestort. In 2017 is op de Suikerplaat 424 000 m³ gestort en in 2018 was dit 298 000 m³.

Stortingen in het kader van de geulwandverdediging Gat van Ossensisse

Sinds februari 2014 worden er op regelmatige basis geulwandstortingen uitgevoerd ter hoogte van de geulwand langs het Gat van Ossensisse, op vraag van en onder de vergunning van Rijkswaterstaat Zee en Delta. De cijfers worden mee opgenomen in de rapportage in het kader van Flexibel Storten en zijn ook weergegeven in Figuur 3-2. De zone waarin gestort wordt overlapt in grote mate met het zuidelijk deel van stortzone SH41. Per vergunningsjaar mag maximaal 400 000 m³ worden gestort, en deze limiet wordt ook elk jaar bereikt, in overeenstemming met de Natuurtoets als onderdeel van de vergunning op grond van de wet Natuurbescherming.

Nieuwe Sluis Terneuzen

In 2019 is er circa 668 000 m³ zand vanuit de Westerschelde, afkomstig van de onderhoudsbaggerwerken, ten behoeve van de bouw van de Nieuwe Sluis Terneuzen door Sassevaart toegepast binnen dit sluisproject. Ter compensatie van deze uit het systeem gehaalde specie, worden er ook stortingen in de Westerschelde gedaan met zand dat vrijkomt bij de bagger- en graafwerken voor de aanleg van de Nieuwe Sluis Terneuzen. Aanvullend aan deze zandstortingen zijn ook andere (milieu-hygiënisch geschikte) grondsoorten uit het sluisproject gestort in de Westerschelde. Deze specie wordt gestort ter hoogte van de Pas van Terneuzen en de Inloop van Ossensisse. Morfologische effecten binnen deze stortzones worden opgevolgd in kwartaal- en jaarrapportages (bijv. (IMDC, 2019c)).

Tabel 3-4: Samenvatting gestorte in-situ volumes (in m³) voor de eerste vergunningsperiode (2010-2015), binnen de reguliere vergunningen voor het onderhoud van de hoofdvaargeul.

12-02-2010 tot en met 11-02-2015				
Macrocel	Hoofdgeul	Nevengeul	Plaatrand(en)	Totaal
1	--	5 382 188	6 932 439	12 314 628
3	--	5 463 487	--	5 463 487
4	15 467 710	0	1 305 019	16 772 728
5	3 207 079	2 984 518	6 200 722	12 392 319
6	1 997 428	0	--	1 997 428
7	0	--	--	0
Totaal	20 672 216	13 830 193	14 438 180	48 940 589

Tabel 3-5: Samenvatting gestorte in-situ volumes (in m³) voor de eerste vijf jaar (2015-2020) van de tweede vergunningsperiode, binnen de reguliere vergunningen voor het onderhoud van de hoofdvaargeul.

12-02-2015 tot en met 11-02-2016 (jaar 6)				
Macrocel	Hoofdgeul	Nevengeul	Plaatrand(en)	Totaal
1	--	1 112 663	666 315	1 778 978
3	--	1 254 603	--	1 254 603
4	4 066 931	0	0	4 066 931
5	594 883	0	604 390	1 199 273
6	139 494	0	--	139 494
7	94 624	--	--	94 624
Totaal	4 895 932	2 367 266	1 270 705	8 533 904

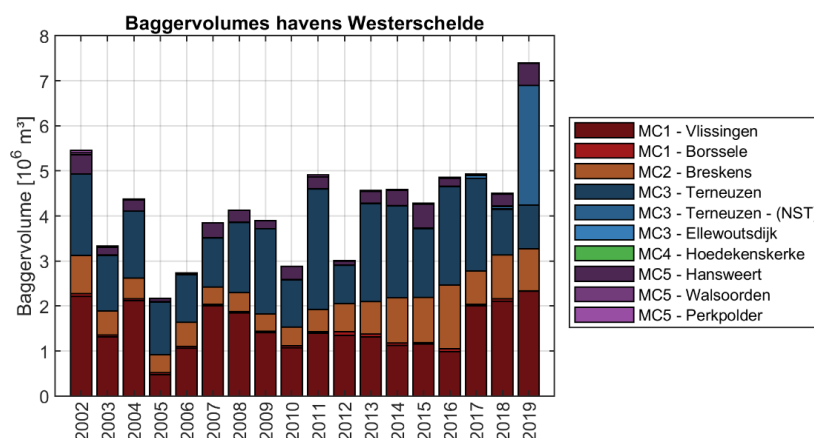
12-02-2016 tot en met 11-02-2017 (jaar 7)				
1	--	486 969	1 051 828	1 538 797
3	--	770 911	--	770 911
4	3 478 085	0	0	3 478 085
5	444 980	0	399 271	844 251
6	149 055	0	--	149 055
7	177 449	--	--	177 449
Totaal	4 249 570	1 257 879	1 451 099	6 958 548
12-02-2017 tot en met 11-02-2018 (jaar 8)				
1	--	860 999	1 029 731	1 890 730
3	--	647 505	--	647 505
4	3 136 772	0	0	3 136 772
5	739 729	0	158 342	898 071
6	420 016	0	--	420 016
7	91 833	--	--	91 833
Totaal	4 388 351	1 508 504	1 188 073	7 084 929
12-02-2018 tot en met 11-02-2019 (jaar 9)				
1	--	596 963	1 077 117	1 674 079
3	--	818 431	--	818 431
4	3 051 587	0	0	3 051 587
5	788 431	0	1 680 169	2 468 600
6	300 729	204 513	--	505 242
7	172 797	--	--	172 797
Totaal	4 313 545	1 619 906	2 757 286	8 690 737
12-02-2019 tot en met 11-02-2020 (jaar 10)				
1	--	709 637	1 115 452	1 825 088
3	--	929 686	--	929 686
4	1 981 638	0	0	1 981 638
5	684 404	0	309 482	993 887
6	204 296	0	--	204 296
7	179 751	--	--	179 751
Totaal	3 050 090	1 639 322	1 424 934	6 114 346

3.1.1.3 Havenonderhoud

Naast het reguliere onderhoud van de vaargeul, vindt ook onderhoud van de havens plaats. Het sediment dat er gebaggerd wordt is een mengsel van slib en zand en wordt geklept in specifieke vakken in de Westerschelde, binnen dezelfde macrocel als waar de haven zich bevindt. Het onderhoudsvolume (Figuur 3-3) varieert van 2002 tot 2018 tussen ca. 2 en 5 Mm³. Van 2013 tot en met 2018 is het totaal volume vrij stabiel met 4,5 à 5 miljoen m³.

De grootste havens, Terneuzen en Vlissingen, zijn samen verantwoordelijk voor 60 tot 85% van dit volume. De stortingen vanuit de haven van Breskens zijn vrij stabiel, met uitzondering van het jaar 2016, en leveren de derde grootste bijdrage met ca. 10 tot 30% (in 2016). De overige havens (Hansweert, Borssele, Walsoorden, ...) hebben een beperkt aandeel in deze sedimentstroom. Het totale baggervolume vanuit de havens ligt in 2019 hoger (ca. 7 Mm³), dan in eerdere jaren. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de

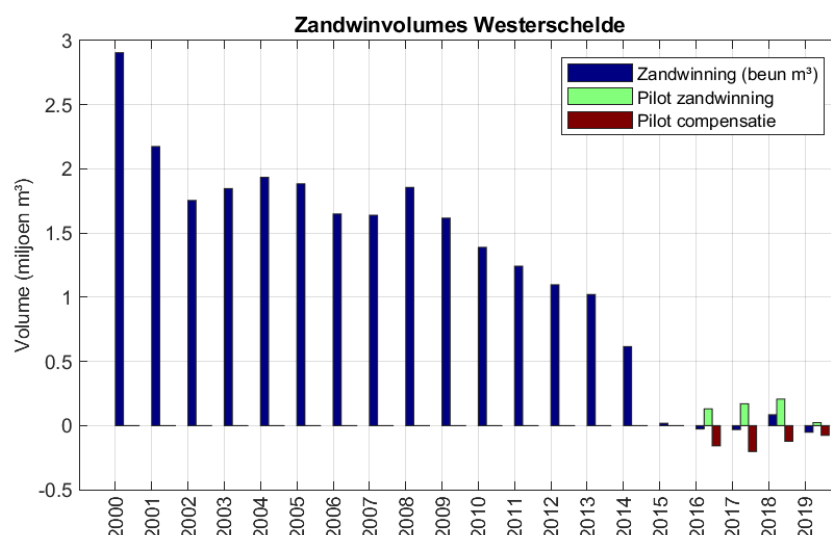
werkzaamheden bij de Nieuwe Sluis Terneuzen, die in 2019 goed zijn voor 36% van de sedimentstroom vanuit de havens naar de Westerschelde.



Figuur 3-3: Evolutie en verdeling havenstortvolumes Westerschelde (mengsel zand/slib; geen informatie over sedimentsamentelling beschikbaar).

3.1.1.4 Zandwinning

Na stopzetting van de zandwinning in de Westerschelde vanaf 2015, is een zandruilproef (pilot) gestart waarbij de zandvolumes die worden gewonnen in het oosten van de Westerschelde, worden gecompenseerd met Noordzeezand dat ter hoogte van de Suikerplaat (in het westen) wordt gestort. De bruto volumes zijn beduidend kleiner (niet hoger dan 210 000 m³ in 2016 tot en met 2019) dan de historische zandwinvolumes. In Figuur 3-4 zijn de volumes met betrekking tot de zandwinning in de Westerschelde opgenomen tot en met april 2019.



Figuur 3-4: Ontwikkeling van de zandwinvolumes in de Westerschelde vanaf 2000. Na beëindiging van de zandwinning in 2015 is een zandruilproef ('Pilot') gestart: de bruto en netto volumes worden getoond in de grafiek. De data van 2019 is slechts tot april.

3.1.2 Beneden-Zeeschelde

Bij het baggeren in de Beneden-Zeeschelde wordt er een onderscheid gemaakt tussen 'slib' en 'zand', omdat dit de bestemming van het gebaggerde sediment bepaalt: zand wordt gestort op andere locaties dan slib. In de praktijk is de gebaggerde specie echter meestal een mengsel van slib en zand, waar de verhouding tussen de twee componenten onder meer afhankelijk is van de locatie van de drempel en de lokale hydrodynamische parameters. Dit kan resulteren in meer zandige- of slibdrempels. Tabel 3-6 geeft een overzicht.

Tabel 3-6: Uitgevoerde baggerhoeveelheden voor het jaarlijks onderhoud (en aanleg voor zand) in de Beneden-Zeeschelde [m³ in beun voor zand en m³ V' voor slib].

Soort specie	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	MER
Zand onderhoud	1,4	1,5	0,9	2,3	1,4	1,9	2,0	1,2	1,3	1,0	1,3	1,7	2,4
Zand aanleg	1,1	1,8	3,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Slib	1,9	2,2	2,9	4,8	3,4	3,1	3,0	2,4	2,5	2,8	3,4	2,4	1,7

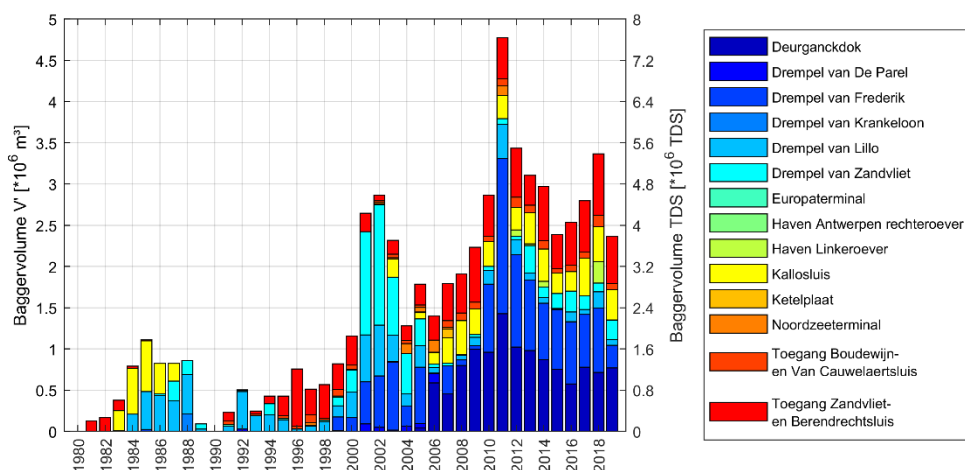
3.1.2.1 Slib: Bagger- en stortvolumes

Het slibonderhoud situeert zich sinds de derde verruiming voornamelijk in het Deurganckdok en op de Drempel van Frederik (net afwaarts van Deurganckdok). Daarnaast zijn de sluistoegangen ook onderhevig aan onderhoud: voornamelijk de toegang tot de Zandvliet- en Berendrechtshuis en de Kalloshuis. In totaal werd in 2018 en 2019 voor respectievelijk 3,4 en 2,4 miljoen m³ V' gebaggerd (Figuur 3-5). Het gebaggerde volume steeg van 2015 tot 2018, maar in 2019 is er een daling zichtbaar. Het slibonderhoud ligt sinds de derde verruiming beduidend hoger dan daarvoor (tot 2008 werd niet meer dan 2 miljoen m³ V' gebaggerd, met uitzondering van de baggerwerken aan de Drempel van Zandvliet in 2001-2003 die eerder aanleg dan onderhoud betreffen). Op nog langere termijn is duidelijk een toename zichtbaar, waarbij twee locaties een duidelijke rol spelen: vanaf 2006 wordt het onderhoud voor Deurganckdok zichtbaar. Dit onderhoud piekt in 2011 omdat in dat jaar het onderhoudspeil werd verlaagd. Sindsdien schommelt het onderhoud er tussen de 0,5 en 1 Mm³ V'.

De Drempel van Frederik kent een sterker (slibrijk) onderhoud na 2010 dan daarvoor, aangezien deze drempel ook verdiept is. Voor de Drempel van Frederik is het interventiepeil in 2003-2004 verlaagd van 13,00 m naar 13,30 m GLLWS (Gemiddelde Laagste LaagWaterstand bij Springtij). Vanaf eind 2009 is het baggerpeil verder verlaagd naar 14,5 m LAT (Laagste Astronomisch Tij).

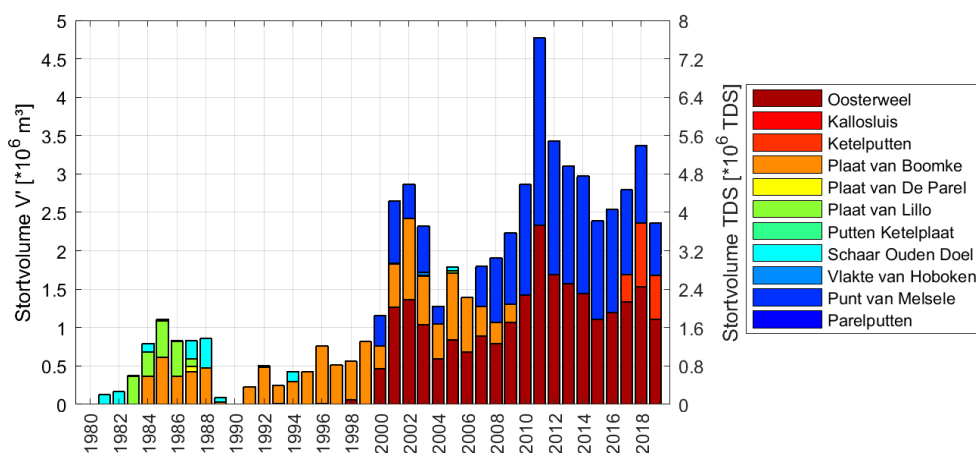
Ook aan de sluistoegang van Zandvliet-Berendrecht zijn de aanslibbingsvolumes toegenomen. Er dient ook opgemerkt te worden dat het onderhoud in de sluistoegangen ook uit *sweepbeam* (slibslepen) bestaat (niet weergegeven).

In het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007c) werd enerzijds weergegeven dat er door de verruiming meer slib zou gaan sedimenteren aan de Drempel van Frederik en minder in het Deurganckdok (zie 2.1.1). Er werd ook aangegeven dat het totale aanslibbingsvolume niet significant zou toenemen door de verruiming (er was sprake van een herverdeling, met afname in toegangsgeulen). Anderzijds werd een afname van de aanslibbing verwacht op beide plaatsen door de autonome ontwikkeling tegen 2030. De toegenomen aanslibbing ter hoogte van de Drempel van Frederik blijkt inderdaad op te treden, maar de baggerwerken van slib in het Deurganckdok zijn slechts weinig afgenomen. De aanslibbing en de hieruit volgende onderhoudsvolumes vallen daarmee hoger uit dan in het MER werd voorzien (Tabel 3-6).



Figuur 3-5: Onderhoud slib in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2019. De baggerlocaties worden op kaart weergegeven in sectie 2.1 van het data- en analyserapport (IMDC, 2020a).

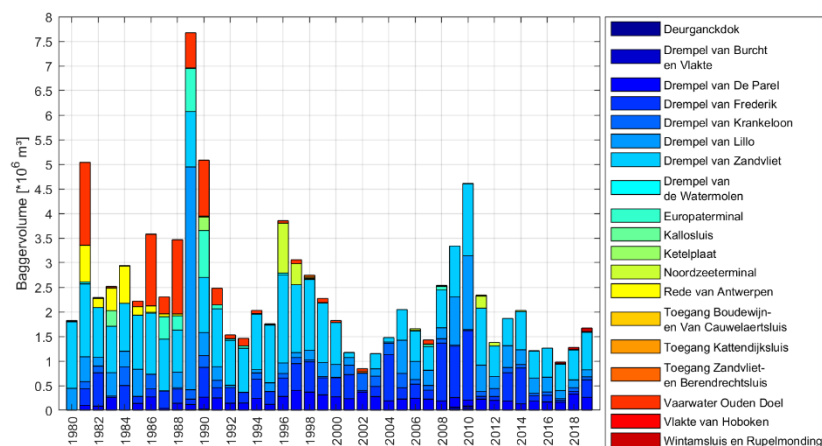
Het gebaggerde slib werd tussen 2010 en 2016 uitsluitend gestort op de stortlocaties Oosterweel en Punt van Melsele (Figuur 3-6). In 2017 is een nieuwe bagger- en stortvergunning voor de Beneden-Zeeschelde in voege getreden. De stortstrategie omvat nu ook de mogelijkheid om slib te storten in de putten ter hoogte van de Ketelplaat, gelegen ter hoogte van de toegang tot de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluizen. Deze stortlocatie is afwaarts van de andere stortzones gelegen. Er werd in 2017 tot 2019 ca. 1,8 Mm³ V' gestort.



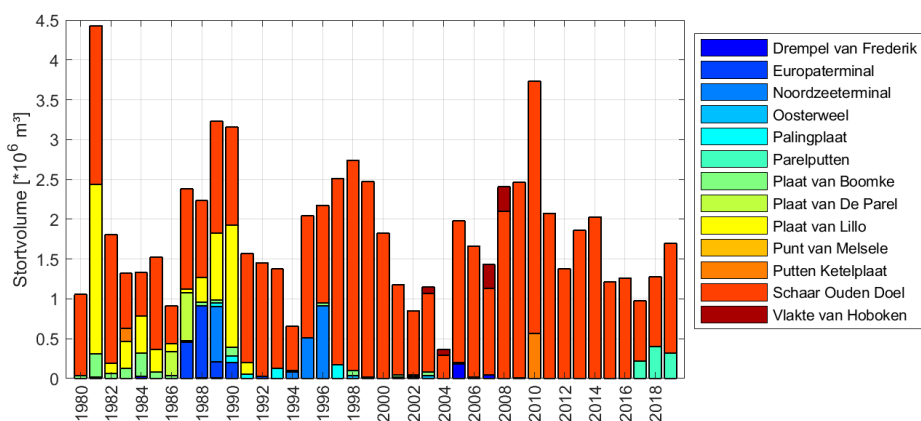
Figuur 3-6: Stortvolume slib in m³ V' per stortlocatie van 1980 tot 2019.

3.1.2.2 Zand: Bagger- en stortvolumes en zandwinning

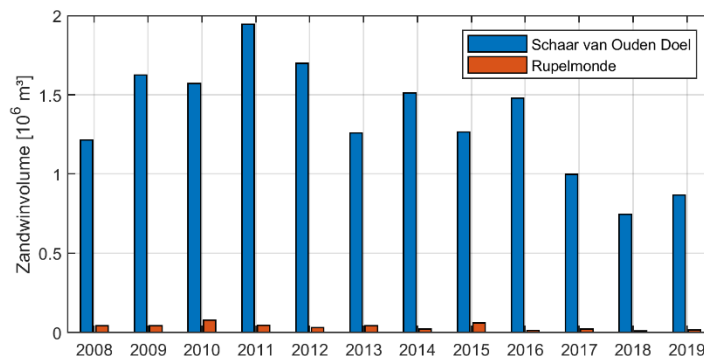
Het gebaggerde zand wordt vrijwel uitsluitend gestort in de Schaar van Ouden Doel, maar onder de nieuwe stortvergunning wordt sinds 2017 ook zand gestort in de Parelputten. Er werd daar tussen 2017 en 2019 0,9 Mm³, oftewel 24% van het totaal, gestort. Het zand dat wordt gestort in de Schaar van Ouden Doel wordt ook teruggewonnen (zandwinning). Met de toepassing van de nieuwe stortstrategie in de Beneden-Zeeschelde is het toegestane volume voor zandwinning met één derde verlaagd vanaf 1 juli 2017, en als gevolg hiervan ligt het zandwinvolume in 2017 tot 2019 lager dan in de voorgaande jaren (Figuur 3-9). Daarnaast wordt ook nog een kleine hoeveelheid zand gewonnen nabij de Rupelmonding. Verder opwaarts in de Boven-Zeeschelde wordt ook aan zandwinning gedaan; echter valt dit buiten het bereik van deze voortgangsrapportage.



Figuur 3-7: Onderhoud zand (m³ in beun) in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2019.



Figuur 3-8: Stortvolume zand (m³ in beun) per stortlocatie van 1980 tot 2019.



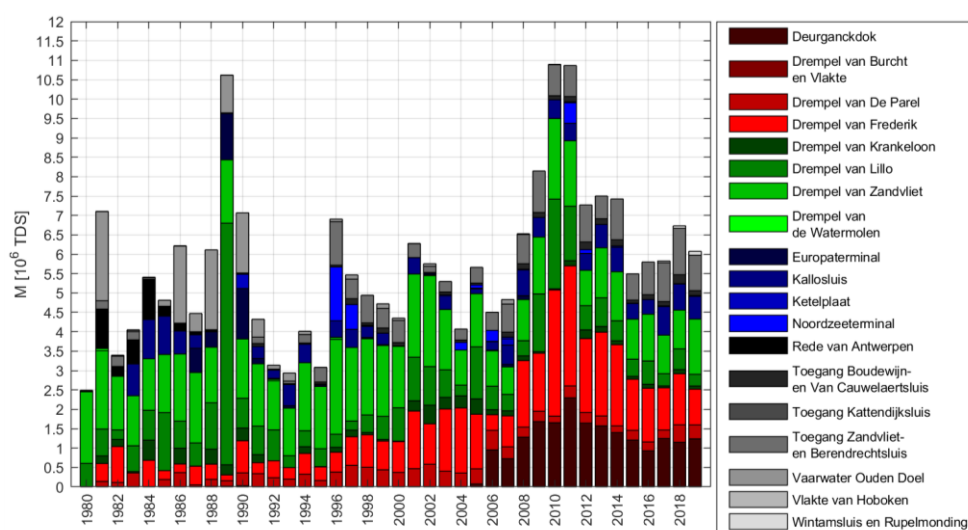
Figuur 3-9: Overzicht van de hoeveelheid gewonnen zand in de Beneden-Zeeschelde (Schaar van Ouden Doel en Rupelmonde) tussen 2008 en 2019 [m³].

3.1.2.3 Totaalvolume zand en slib

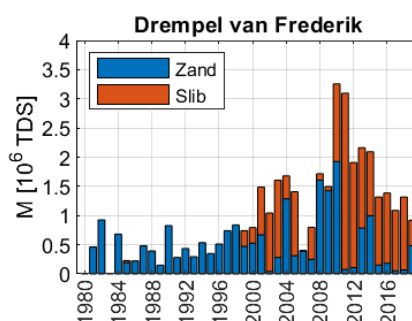
Omwillen van de variërende beundensiteit kunnen baggervolumes zand en slib niet eenvoudigweg bij elkaar worden opgeteld, maar er kan wel een schatting worden gemaakt van het totale baggervolume door de volumes om te zetten naar massa's (in TDS), op basis van een aangenomen densiteit (zie datarapport). Door de onzekerheid op de beundensiteiten moeten de resulterende totaalvolumes, weergegeven in Figuur 3-10, niet worden geïnterpreteerd als exacte cijfers, maar worden gebruikt om trends weer te geven.

Doorheen de tijd is het totale onderhoudsvolume toegenomen. Zelfs indien jaren met grote volumes niet in aanmerking worden genomen, is duidelijk dat het totaal onderhoud in de jaren '80 en '90 kleiner was dan 6 miljoen TDS en af en toe onder 4 miljoen TDS. Sinds de tweede verruiming lag het onderhoud niet meer lager dan 4 miljoen TDS en meestal onder 6 miljoen TDS. Sinds de derde verruiming is het minimum hoger dan 5,5 miljoen TDS en de eerste jaren na de verruiming zelfs meer dan 7 miljoen TDS. De laatste 2 jaren is het onderhoud licht toegenomen ten opzichte van de jaren 2015-2017, maar ligt nog onder het onderhoudsvolume in de jaren kort na de derde verruiming.

Per drempel beschouwd, blijkt dat een toename van het totaal verklaard kan worden door toenames ter hoogte van Deurganckdok (in feite een nieuwe locatie), de Drempel van Frederik (een stijgende trend is zichtbaar vanaf 1996, die ook is gelinkt aan de verlagingen van het interventiepeil (zie sectie 3.1.2.1), en de sluistoegangen (deels ook vanaf de tweede verruiming). Na de derde verruiming is er op een aantal locaties (na een piek) ook een afname zichtbaar (Drempel van Frederik en Drempel van Lillo). Op de Drempel van Frederik werd tot ca. 1998 uitsluitend zand gebaggerd; nadien wordt verhoudingsgewijs steeds meer slib gebaggerd.



Figuur 3-10: Totaal (aanleg- en) onderhoudsvolume (zand + slib) in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2019. De baggerlocaties worden op kaart weergegeven in sectie 2.1 van het data- en analyserapport (IMDC, 2020a).



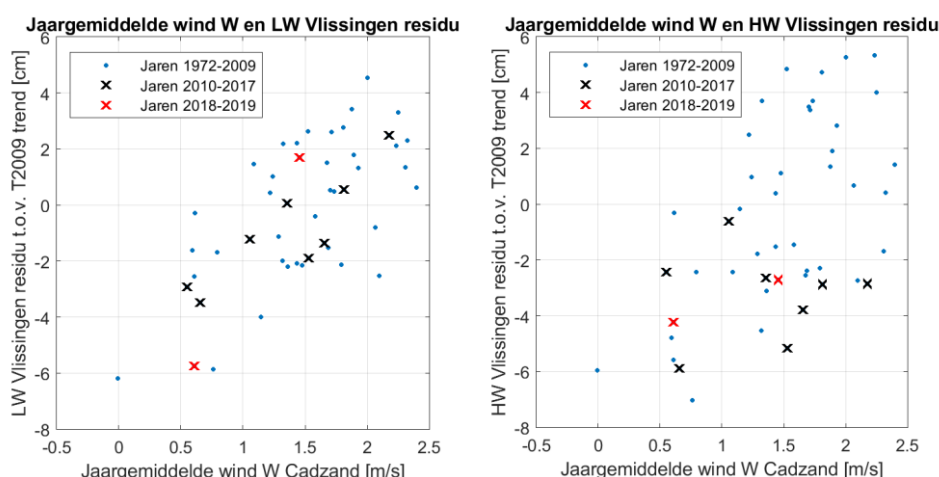
Figuur 3-11: Totaal (aanleg- en) onderhoudsvolume (zand + slib) op de Drempel van Frederik van 1980 tot 2019.

3.2 Hydrodynamiek

3.2.1 Meteorologie en bovenafvoer

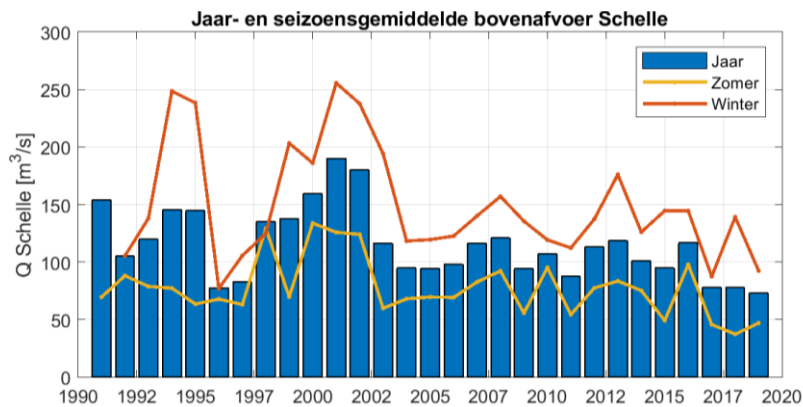
De meteorologische condities, voornamelijk neerslag en wind, hebben een rechtstreeks effect op onder andere waterstanden, stroomsnelheden, en golfcondities in de Schelde, en daardoor ook (indirect) op de andere aspecten zoals morfologie, zout, en het functioneren van het ecosysteem. De neerslag beïnvloedt de rivierafvoer en zit dus impliciet inbegrepen in deze parameter.

De jaargemiddelde windcomponent in west-oost-richting in Cadzand is gebruikt als verklarende parameter voor de windopzet in de Westerschelde, en in het bijzonder in het mondingsgebied. De wind in Cadzand vertoont een significante correlatie met de residuen van hoog- en laagwaterstanden in Vlissingen ten opzichte van de T2009-trend (Figuur 3-12). Een deel van de jaarlijkse variatie in de waterstanden in de Westerschelde kan dus verklaard worden door de windcondities gedurende dat jaar. De T2015 rapportage liet ook zien dat windopzet een verklarende parameter is voor de waterstanden in de Westerschelde, en daarnaast dat dit ook het geval is voor de Beneden-Zeeschelde (T2015 Consortium, 2018a).



Figuur 3-12: Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde windsnelheid gemeten te Cadzand tegenover het residu t.o.v. de T2009 trend van de laagwater (links) en hoogwater (rechts) in Vlissingen.

De bovenafvoer in Schelle is het belangrijkste afvoerdebiet voor de Beneden-Zeeschelde en Westerschelde (Figuur 3-13). Het afvoerdebiet ligt hoger tijdens de wintermaanden dan tijdens de zomermaanden, en dit bepaalt grotendeels de seizoensmatige variatie van onder andere zout- en sedimentconcentraties. Daarnaast heeft de jaargemiddelde afvoer in Schelle een significante correlatie met de residuen van hoog- en laagwaters in de opwaartse getijstations, zoals Antwerpen. Dit werd ook reeds geconstateerd in eerdere rapporten (T2009 Consortium, 2013; Vandenbruwaene *et al.*, 2016; IMDC, 2017a; T2015 Consortium, 2018a). Jaren met lage neerslag worden gekenmerkt door een overeenkomstige lage bovenafvoer. Deze trend is ook duidelijk zichtbaar voor 2018, waarin de jaargemiddelde neerslag de laagste sinds 2000 was, en de bovenafvoer op het niveau lag van de bovenafvoer in 1996. In 2019 lag het afvoerdebiet nog lager, het laagste sinds 1991. In 2019 waren zowel het zomer- als het wintergemiddelde laag, maar toch met name het wintergemiddelde, dat vergelijkbaar was met 2017. De jaargemiddelde neerslag was in 2019 echter wel hoger dan het jaar 2017. Daarnaast valt op dat 2018 wordt gekenmerkt door een relatief hoge winterafvoer en zeer lage zomerafvoer.

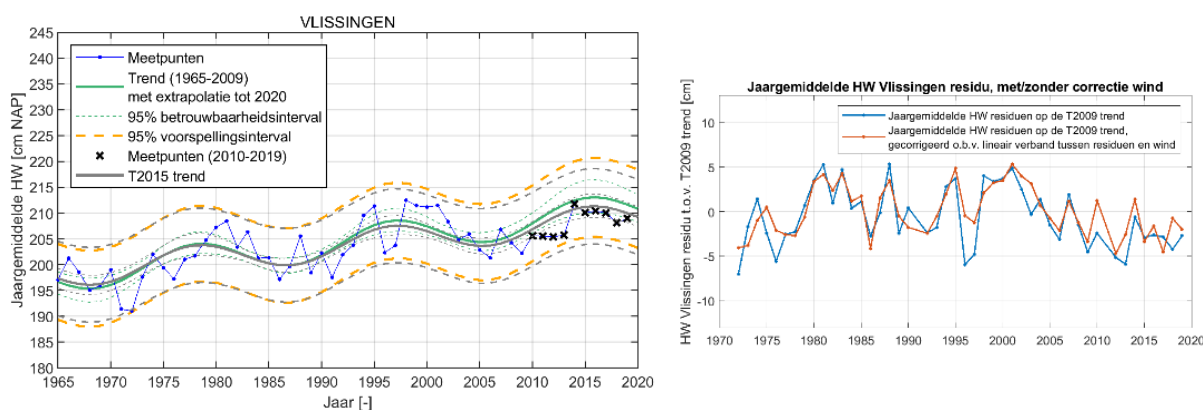


Figuur 3-13: Jaar- en seizoensgemiddelde bovenafvoer in Schelle.

3.2.2 Hoog- en laagwaterstanden

De evolutie van de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden, en getijslag voor de verschillende getijstations in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde werd geanalyseerd aan de hand van de trend opgesteld in het T2009 rapport (geëxtrapoleerd tot 2020) en zijn 95 %-voorspellingsinterval. Daarnaast worden de jaargemiddelde waterstanden en getijslag van de recente jaren ook vergeleken met de T2015-trend, die voornamelijk voor de stations in de Beneden-Zeeschelde verschilt van de T2009-trend. Afwijkingen van de gemeten hoog- en laagwaterstanden ten opzichte van de verwachte trend werden statistisch getest door middel van de OLS-CUSUM monitoring test volgens Zeileis *et al.* (2005)⁵. Deze methode wordt verder toegelicht in Bijlage B van het analyserapport (IMDC, 2020a). De analyse werd in het analyserapport uitgevoerd voor negen getijstations; in deze samenvatting worden slechts enkele stations weergegeven.

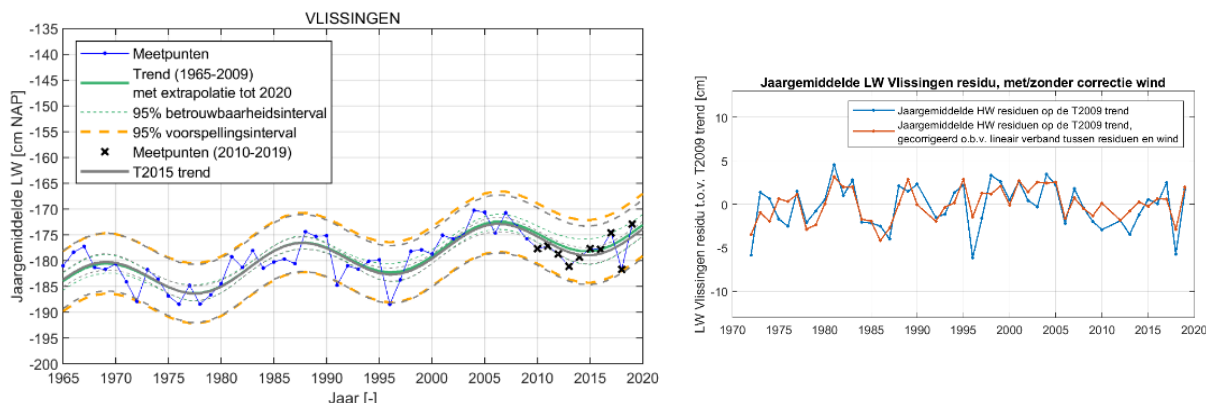
De jaargemiddelde hoogwaters bij **Vlissingen** voor 2018 en 2019 zijn min of meer constant onderling, maar zijn gedaald in vergelijking met 2017, en liggen net onder de verwachte trend, binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval (links, Figuur 3-14). De T2015-trendlijn ligt iets lager dan de T2009-trend, en de recente jaargemiddelde hoogwaterstanden liggen daar beperkt onder.



Figuur 3-14: Links: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Vlissingen, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval. Rechts: Jaargemiddeld HW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor windopzet.

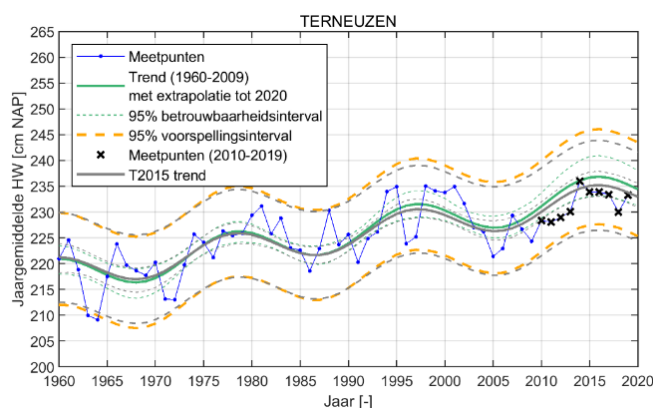
⁵ Voor de (eventuele) impact van de derde verzuiming en het flexibel storten wordt de situatie tot 2009 beschouwd als de referentiesituatie (de To). Voor de trendbreukanalyse wordt daarom steeds vergeleken met de trends uit het T2009-rapport.

Het jaargemiddelde laagwater vertoont in 2018 een daling ten opzichte van 2017 (links, Figuur 3-15), tegen de T2009 en T2015 trendlijn in, gevolgd door een verhoging in 2019 wat overeenstemt met de stijgende fase van de nodale getijcyclus. Een vergelijkbare daling (tussen 2017 en 2018) is te zien in het jaar 1996, een jaar dat ook gekenmerkt werd door een groot aantal dagen met dominerende wind uit het oosten.



Figuur 3-15: Links: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterwaterstand te Vlissingen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval. Rechts: Jaargemiddeld LW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor windopzet.

Variaties in de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden bij Vlissingen kunnen gedeeltelijk verklaard worden door windopzet buiten het estuarium (sectie 3.2.1, IMDC, 2017; T2015 Consortium, 2018). De residuen van de hoog- en laagwaterstanden ten opzichte van de T2009 trend vertonen na correctie op basis van het lineaire verband met de jaargemiddelde windsnelheid in Cadzand minder temporele variabiliteit, en liggen in de periode 2009-2019 over het algemeen dicht bij 0 (rechts, Figuur 3-14 en Figuur 3-15). Er kan dus geconcludeerd worden dat afwijkingen in de hoog- en laagwaterstanden ten opzichte van de trend in deze periode deels het gevolg zijn van de windopzet buiten het estuarium.

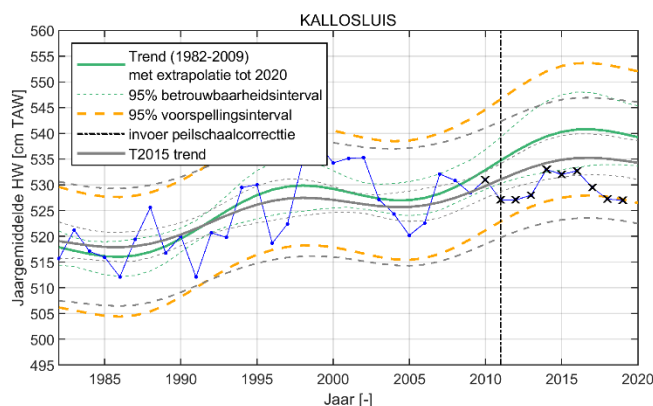


Figuur 3-16: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Terneuzen, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.

Het jaargemiddeld hoogwater bij **Terneuzen** laat in 2018 een daling zien ten opzichte van de voorgaande jaren (Figuur 3-16). De afname in 2018 wordt gevolgd door een toename in 2019. Na deze toename ligt het jaargemiddeld hoogwater, gemeten in 2019, nog wel lager dan de gemeten waarde in 2017, wat overeenkomt met de dalende trend van de nodale getijcyclus. De waarden liggen in 2019 binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval en binnen de 95 %-voorspellingsinterval in 2018. De T2015-trendlijn van de hoogwaterstanden bij Terneuzen ligt iets onder de T2009-trendlijn, en de recente jaren liggen dichterbij deze trendlijn. Het jaargemiddeld laagwater lag sinds 2014 steeds boven de regressielijn, maar is in 2018 gedaald tot een waarde die net onder de T2009 en T2015

trendlijn, en binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval, ligt. Deze daling werd gevolgd door een stijging in 2019, overeenkomstig met de stijgende trend van de nodale getijcyclus.

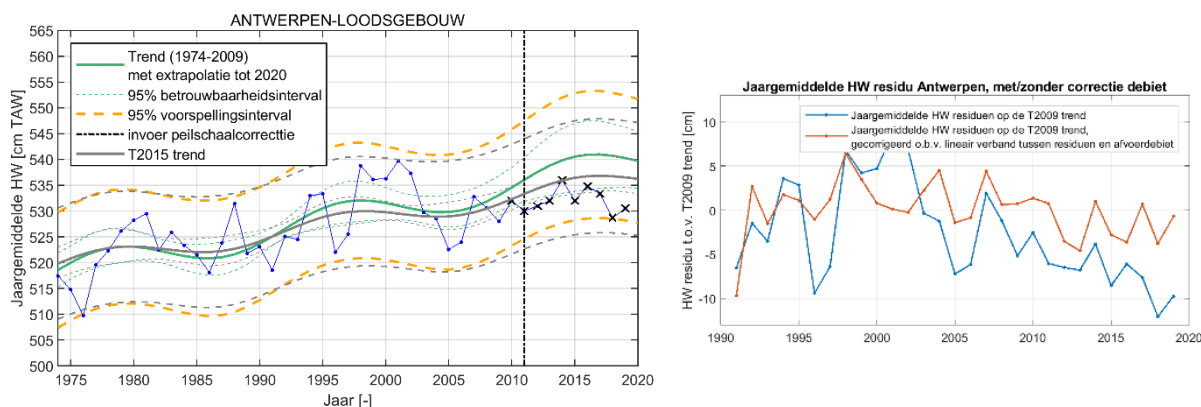
Het jaargemiddeld hoogwater bij **Kallosluis** is tussen 2018 en 2019 vrij constant gebleven, maar afgenomen ten opzichte van 2017 (Figuur 3-17). De waarden van het jaargemiddelde hoogwater liggen sinds 2009 onder de verwachte trend, vergelijkbaar met de waarden bij **Prosperpolder**. Voor Kallosluis liggen de waarden echter net buiten het 95 %-voorspellingsinterval. De T2015-trend is sterk lager dan de T2009-trend, hoewel de waarden van 2010-2019 ook nog allemaal onder deze trendlijn liggen. De jaargemiddelde laagwaters bij Kallosluis namen sinds 2013 toe en lagen in 2017 boven de verwachte trend. Maar in 2018 werd er een daling gerapporteerd, die net binnen het 95 %-voorspellingsinterval ligt, gevolgd door een stijging in 2019 waardoor de waarde net onder de verwachte trendlijn ligt. Ook bij de jaargemiddelde laagwaterstanden van Kallosluis ligt de T2015-trendlijn lager dan de T2009-trend. De mate waarin de hoog- en laagwaterstanden bij Kallosluis onder de verwachte T2009-trend liggen wordt in grote mate veroorzaakt door de peilschaalcorrectie van -4,9 cm die in 2011 werd doorgevoerd. De in 2011 ingevoerde peilschaalcorrectie zorgt ervoor dat de jaargemiddelde hoogwaterstanden dusdanig onder de verwachte trend liggen dat de OLS-CUSUM-test een trendbreuk constateert. Zonder de peilschaalcorrectie van 2011 is er echter geen sprake van een trendbreuk.



Figuur 3-17: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Kallosluis, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.

Het jaargemiddelde hoogwater bij **Antwerpen** nam in 2018 af waarna het in 2019 weer toenam (links, Figuur 3-18). De waarden in zowel 2018 als 2019 liggen binnen het 95 %-voorspellingsinterval, maar onder de verwachte T2009-trend (reeds sinds 2008), en dit geldt ook voor de T2015-trend, hoewel deze lager ligt. Het jaargemiddeld laagwater bij Antwerpen nam af in 2018 en steeg in 2019.

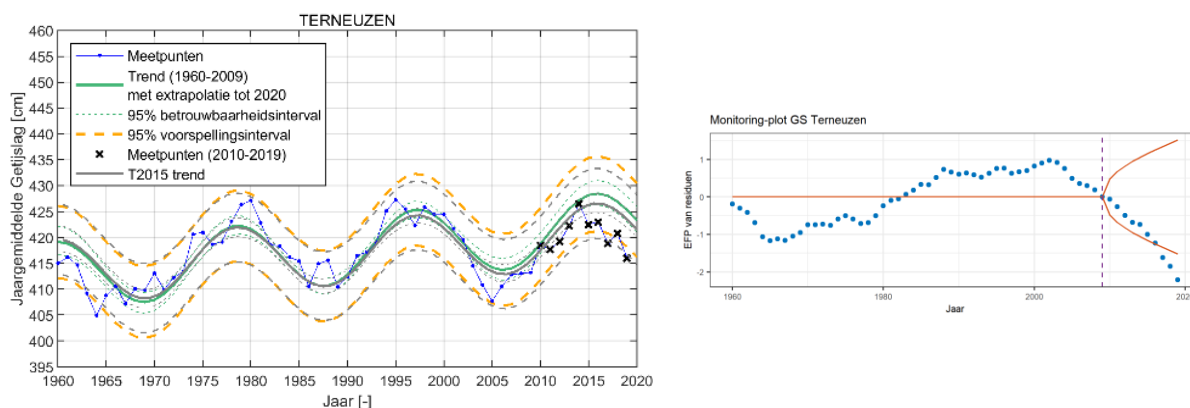
Ook de laagwaterstanden bij Antwerpen liggen sinds 2008 onder de verwachte T2009-trendlijn, maar ten opzichte van de T2015-trend variëren de laagwaterstanden hier rondom. Bij Antwerpen, zoals ook bij Kallosluis, zijn de grenzen van de OLS-CUSUM-test doorbroken. Ook hier worden de cumulatieve residuen ten opzichte van de trend beïnvloed door de peilschaalcorrectie (van -3,0 cm) in 2011 is doorgevoerd, waardoor de controlegrenzen sneller werden gepasseerd. Zonder deze peilschaalcorrectie is van een trendbreuk echter nog geen sprake volgens de OLS-CUSUM-test. Variaties in de waterstanden bij Antwerpen (en andere opwaartse stations) kunnen deels verklaard worden door verschillen in de bovenafvoer (sectie 3.2.1, (T2009 Consortium, 2013; Vandenbruwaene *et al.*, 2016; T2015 Consortium, 2018a; IMDC, 2019b, 2020a). De residuen ten opzichte van de T2009-trend vertonen minder temporele variatie na correctie op basis van de bovenafvoer en liggen dicht bij de 0, voornamelijk bij de hoogwaters (rechts, Figuur 3-18).



Figuur 3-18: Links: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Antwerpen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval. Rechts: Jaargemiddeld HW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor bovenafvoer bij Schelde.

3.2.3 Getijslag

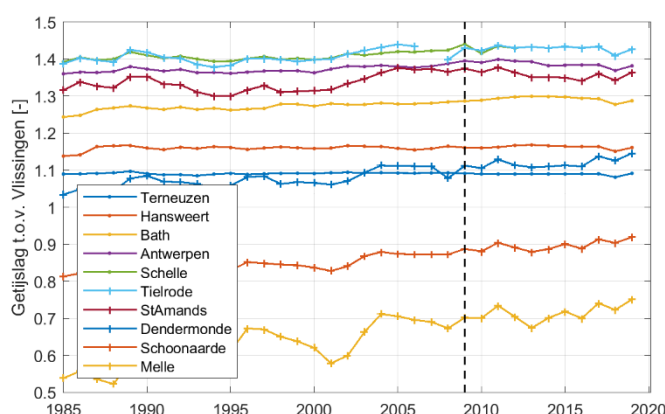
De temporele variatie van de getijslag is gerelateerd aan de 18,6-jarige nodale getij cyclus, en een lineaire helling component welke varieert over de verschillende stations. Voor een gedetailleerde beschrijving van de componenten wordt doorverwezen naar het data- en analyserapport (IMDC, 2020a). In de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde nam de absolute getijslag in 2018 toe ten opzichte van 2017 gevolgd door een daling in 2019 bij alle getijstations. Bij Hansweert, Bath, Prosperpolder, en Antwerpen liggen de waardes binnen het 95 %-voorspellingsinterval van zowel de T2009 als de T2015-trend. Bij Vlissingen, Terneuzen, en Kallosluis lagen de meest recente waarden buiten het 95 %-voorspellingsinterval. De OLS-CUSUM-waarden liggen voor Terneuzen sinds 2017 buiten de controlegrens (Figuur 3-19). De trendbreuk is dus in 2017 vastgesteld, en werd veroorzaakt doordat de jaargemiddelde laagwaterstanden sinds 2014 hoger waren dan de T2009 trend, terwijl de hoogwaterstanden reeds sinds 2003 vrijwel continu onder de T2009 trend lagen. Dit resulteerde in 2017 in de doorbraak van de controlegrens. Bij de overige getijstations wordt op dit moment nog geen trendbreuk vastgesteld. Buiten de monding van de Westerschelde, bij Cadzand en Westkapelle, wordt geen duidelijke afname van de absolute getijslag waargenomen, en liggen de waardes dichtbij de verwachte trend.



Figuur 3-19: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Terneuzen (links). Cumulatieve som van de residuen op de (geëxtrapolerde) T2009 trend te Terneuzen. Blauwe punten geven het empirisch fluctuatieproces weer, rode lijnen geven de 95 %-controlegrenzen weer (rechts).

De relatieve getijslag in de Westerschelde, van Terneuzen tot Bath, bleef redelijk constant sinds 2005 met een klein dipje in 2018 (Figuur 3-20). Opwaarts hiervan, in de

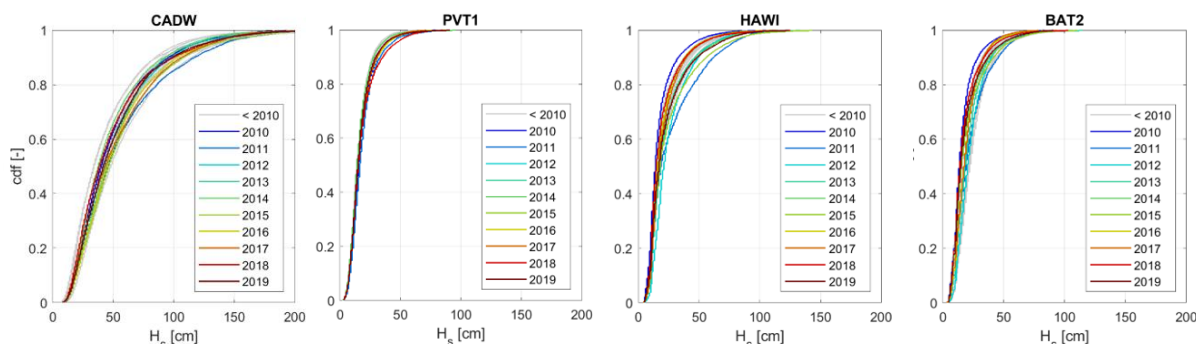
Beneden-Zeeschelde, was de relatieve getijslag maximaal rond 2009-2011, en is er sindsdien sprake van een afname. Dit was het geval van Antwerpen tot Schelle. Bij Tielrode, opwaarts van Schelle, was de relatieve getijslag reeds in 2005 maximaal en zijn de waardes in recente jaren vrij constant. Verder opwaarts in de Boven-Zeeschelde is nog steeds sprake van een stijgende trend en is er ook meer variatie in de relatieve getijslag. De getijstations Sint-Amands tot Melle laten allen een toename in de relatieve getijslag zien tussen 2018 en 2019, met de sterkste toename bij Melle, nadat deze gedaald was tussen 2017 en 2018. Een mogelijke verklarende factor voor de stijging van de getijslag bij de opwaartse getijstations is de lage bovenafvoer in recente jaren. Bij lage bovenafvoer kan het getij makkelijker indringen met hogere getijverschillen in de opwaartse delen tot gevolg. Meerdere recente jaren werden gekenmerkt door een lage bovenafvoer en vertonen hier inderdaad een hoge relatieve getijslag voor de opwaartse getijstations. De stijging in relatieve getijslag is echter minder uitgesproken over recente jaren in vergelijking met de periode 2000-2009. Deze resultaten komen overeen met de bevindingen in eerdere rapporten (IMDC, 2017a; T2015 Consortium, 2018a).



Figuur 3-20: Evolutie van de jaargemiddelde getijslag ten opzichte van Vlissingen per station in het estuarium (1985-2019) met aanduiding van het jaar 2009 (gestippelde verticale lijn).

3.2.4 Golven

De golfhoogte bij de monding van de Westerschelde, bij Cadzand, Wielingen, en Deurloo, was in 2018 en 2019 vergelijkbaar met eerdere jaren. De cumulatieve distributiefunctie voor deze jaren ligt binnen de bestaande verdeling. Bij meetstation Honte was voor 2018 niet voldoende data beschikbaar om de analyse uit te voeren, maar viel het jaar 2019 binnen de verdeling van de eerder vertoonde jaren. De golfmetingen van 2019 lag bij Pas van Terneuzen binnen de verdeling, daarentegen waren de golven in 2018 de hoogste die gerapporteerd zijn voor het station. Bij Hansweert lagen de cumulatieve distributiefuncties van 2018 en 2019 respectievelijk bij de onder- en bovengrens van de bestaande verdeling. Bij Bath lagen beide distributiefuncties aan de ondergrens van de bestaande verdeling, wat aangeeft dat de golven op deze locaties relatief klein waren. Wat betreft het jaar 2018 kan dit verklaard worden door de lage gemiddelde windsnelheid tijdens dit jaar in Cadzand (sectie 4.1 in analyserapport). Bij Lillo zijn slechts voor de jaren sinds 2016 gegevens beschikbaar, en lagen de cumulatieve distributiefuncties dicht tegen elkaar, wat aangeeft dat de verschillen in golfhoogte voor dit station klein zijn. Stations Cadzand, Pas van Terneuzen, Hansweert en Bath zijn weergegeven in Figuur 3-21, voor de overige stations wordt er verwezen naar het analyserapport (IMDC, 2020a). In het analyserapport worden de locaties van de besproken stations weergegeven in Hoofdstuk 2, in Figuren 2-5 en 2-7.



Figuur 3-21: Empirische cumulatieve waarschijnlijkheidsverdeling van de significante golfhoogte van de verschillende meetlocaties langs de Westerschelde.

3.2.5 Stroomsnelheden

Westerschelde

Op de plaatranden werden stroomsnelheidsmetingen uitgevoerd om na te gaan of er nieuw laagdynamisch (= lagere stroomsnelheden) gebied is gecreëerd of in wording is. Hierbij zijn de meest recente meetwaarden vergeleken met de voorgaande metingen en voornamelijk met de referentie To meting uitgevoerd vóór de stortingen, of de eerste meting die bij een specifieke raai werd uitgevoerd.

De afgelopen twee jaar zijn bij de plaatrandgebieden enkel op de **Plaats van Walsoorden** metingen uitgevoerd. De figuren van deze stroomsnelheidsmetingen zijn opgenomen in sectie 5.3 van het data-analyserapport (IMDC, 2020a). Hierbij werd voor de diepste punten van de raaien (raai 1 en 3) een afname van de maximale eb- en vloodsnelheden geobserveerd. De hoger gelegen punten van de raaien lieten echter een toename van stroomsnelheid zien. Hieruit kon geconcludeerd worden dat langs deze plaatrand de diepere delen laagdynamischer zijn geworden terwijl de ondiepere delen juist hoogdynamischer worden wat dus als waarschuwing geïnterpreteerd kan worden.

Op de overige plaatranden zijn de afgelopen jaren geen nieuwe metingen verricht en deze zijn in het huidige rapport buiten beschouwing gelaten.

Beneden-Zeeschelde

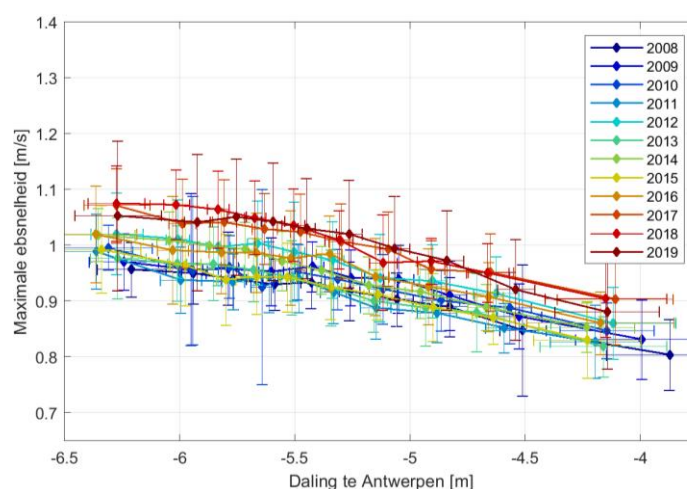
De stroomsnelheden in de Beneden-Zeeschelde zijn gemeten bij Oosterweel en Lillo en vergeleken met de waterstanddalingen- en stijgingen bij Antwerpen en Liefkenshoek respectievelijk. Voor de stroomsnelheden werden enkel de 95^{ste} percentiel van de eb- en vloodsnelheden gedurende de periode van respectievelijk daling en stijging bepaald.

De gerapporteerde ebsnelheden te Oosterweel lagen in 2018 hoger dan tijdens eerdere meetjaren (met uitzondering van 2017) voor alle waterstanddalingen (Figuur 3-22). Deze ebsnelheden werden in het jaar 2019 overtroffen, tussen de -5.25 m en -4.75 m waterstanddaling. Een gelijkaardig beeld werd waargenomen in **Lillo** (Figuur 3-23), waar de ebsnelheden voor de jaren 2018 en 2019 hoger lagen dan de jaren voordien. Wel wordt opgemerkt dat voor Lillo slechts 4 jaar data beschikbaar is. Voor Oosterweel liggen de gerapporteerde vloodsnelheden voor 2018 en 2019 lager dan de waarden gemeten in 2017 over de hele waterstandstijging. In tegenstelling met Oosterweel liggen de vloodsnelheidsmetingen in Lillo voor 2018 en 2019 hoger dan eerdere jaren. Volgens het MER werden er na de derde verruiming geen veranderingen in stroomsnelheden verwacht nabij Oosterweel. Er zijn verschillende mogelijke verklaringen voor de recente stijging in ebsnelheden in beide stations:

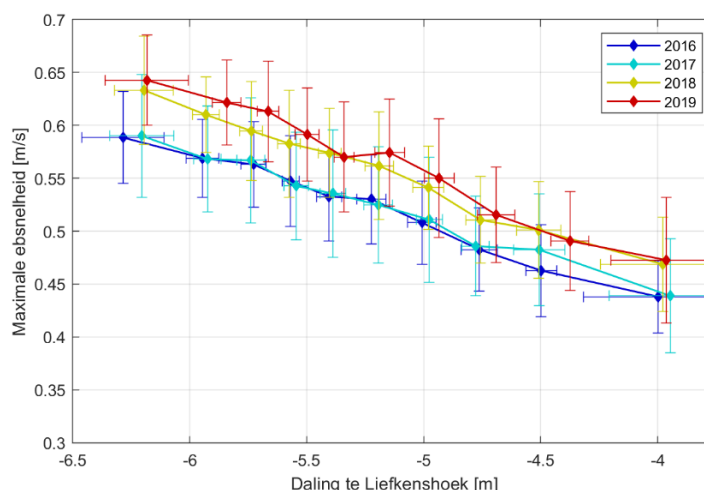
- Doordat het verticaal getij (de getijslag) toeneemt in de bovenstroomse gebieden (Figuur 3-20) neemt het horizontaal getij (debieten en stroomsnelheden) toe in de benedenstroomse gebieden, omdat er een groter watervolume naar opwaarts moet

worden verplaatst. Dit effect treedt effectief op (het verticaal getij opwaarts is daadwerkelijk toegenomen), maar is waarschijnlijk niet de hoofdverklaring voor de evolutie van de stroomsnelheden in Oosterweel en Lillo, omdat hier vooral een abrupte wijziging wordt waargenomen vanaf 2017. Daarnaast zou dit fenomeen een gelijkaardige wijziging in de eb- en de vloedstroomingen moeten teweegbrengen, en dit is niet het geval in de metingen.

- Een wijziging van het bodempeil in de onmiddellijke nabijheid van de sensoren (minder dan 50 m afstand). Een vergelijking van de bodempeilingen tussen 2017-2018 en 2018-2019 geven echter slechts beperkte bodemwijzigingen aan rond de sensorlocaties (tussen 0 en 1.00 m, op een totale waterdiepte van ca. 7 m), dus dit is waarschijnlijk niet de correcte verklaring.
- Bathymetrische veranderingen in de ruimere lokale omgeving van de sensoren (enkele kilometer afstand), waardoor de sensoren anders aangestroomd wordt door de eb- en/of de vloedstroming. De verschilkaarten (Bijlage E van het analyserapport) geven inderdaad bathymetrische wijzigingen aan in de ruimere omgeving van de sensoren. Met behulp van een numeriek stromingsmodel (met de bathymetrie van vóór 2017 en van 2019) zou kunnen worden nagegaan of dit inderdaad een impact heeft op de lokale stroming ter hoogte van de sensoren bij Oosterweel en Lillo.



Figuur 3-22: Maximale ebsnelheid (95^{ste} percentiel waarde) te Oosterweel, bovenste meettoestel, tegenover de daling in waterpeil te Antwerpen. De data van 2017-2019 zijn gedownsampled naar 10 minuten om overeen te komen met eerdere jaren.



Figuur 3-23: Maximale ebsnelheid (95^{ste} percentiel waarde) te Lillo, bovenste meettoestel, tegenover de daling in waterpeil te Liefkenshoek. De data van 2017-2019 zijn gedownsampled naar 10 minuten om overeen te komen met eerdere jaren.

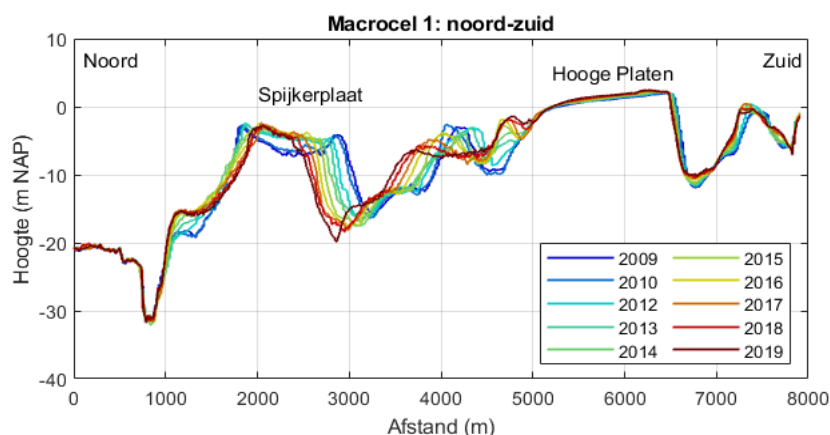
3.3 Morfologie en leefomgeving

Overzichtskaarten van de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde worden weergegeven in Figuur 3-34 en Figuur 3-53. Voor een uitgebreide beschrijving van de veranderingen per locatie en de bijhorende detailkaarten wordt naar het analyserapport verwezen.

3.3.1 Westerschelde

3.3.1.1 Macrocel 1

In **macrocel 1** is sprake van verruiming van de hoofdgeul, terwijl het totale sedimentvolume van de Hooge Platen toeneemt, voornamelijk door een verhoging van de plaat zoals de diepteverschilkaart aantoonst tussen 2009 en 2019 (Bijlage D van analyserapport). Het Vaarwater langs Hoofdplaat, ten zuiden van de Hooge Platen in **mesocel 2**, ondervindt op lange termijn sedimentatie. Aan de noord- en westzijde van de Hooge Platen bevinden zich plaatrandstortzones waar stortingen zijn uitgevoerd en verondiepingen zijn gerealiseerd.



Figuur 3-24: Noord-zuid transect macrocel 1, van Sloehaven door de Suikerplaat en Hooge Platen tot Vaarwater langs Hoofdplaat. De locatie wordt weergegeven in Figuur 3-34.

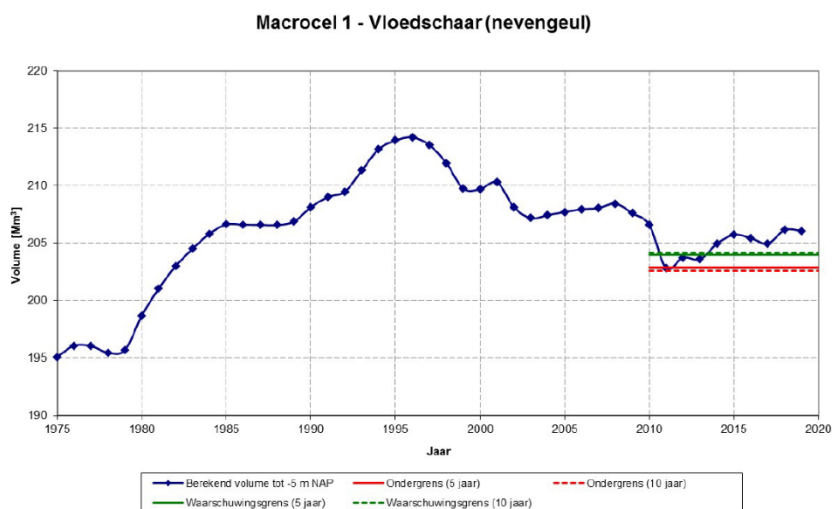
De nevengeul van macrocel 1 en de Spijkerplaat bewegen richting het noorden, waardoor de nevengeul aan ruimte wint (Figuur 3-24). Aan de zuidkant van de nevengeul ontwikkelt zich een vloedschaar langs de noordzijde van de Hooge Platen; dit is waarschijnlijk gelinkt aan een cyclisch gedrag van de nevengeul (de Schaar van de Spijkerplaat) over een periode van ca. 25 jaar (Plancke *et al.*, 2017). Tegelijkertijd wordt in het westen van de nevengeul gestort, waardoor lokaal verondieping plaatsvindt. De zuidrand van de Hooge Platen erodeert door de noordelijke migratie van het Vaarwater langs Hoofdplaat, waardoor de plaatrand steiler wordt (Figuur 3-24).

Watervolume

Van 2010 tot 2011 was een sterke afname van het watervolume⁶ van de nevengeul in **macrocel 1** zichtbaar die te wijten was aan de initiële plaatrandstortingen (IMDC, 2013). Sinds 2014 ligt het watervolume van de nevengeul in macrocel 1 weer boven de waarschuwingsgrens (Figuur 3-25). Deze trendverandering kan (deels) verklaard worden door de afnemende plaatrandstortingen ter plaatse van HPW en HPN (zie verder), en erosie van eerder gestort materiaal. Ook de uitruiming van de nevengeul, met de

⁶ Het watervolume in de nevengeulen is één van de toetsparameters uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten (Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie, 2008, 2014; Schrijver, 2010). De kantelindex, de waarschuwingsgrens en de resultaten worden beschreven in Schrijver, 2020.

noordwaartse migratie van de Spijkerplaat, draagt hiertoe bij. De afgelopen twee jaar (2018-2019) is er een lichte toename van het volume zichtbaar en wordt de eerder beschreven stijgende trend dus verdergezet nadat er een daling gemeten was tussen 2016-2017. De laatste debietmeting (2019) in het Vaarwater langs Hoofdplaat laat zien dat het procentueel volume voor zowel vloed als eb vrijwel gelijk is gebleven ten opzichte van 2014. Hiervoor was er sprake van een daling van het procentueel debiet die werd toegeschreven aan aanhoudende sedimentatie in het Vaarwater langs Hoofdplaat. Het gelijkblijven van het volume sinds 2014 zou er op kunnen wijzen dat deze sedimentatie is gestopt.



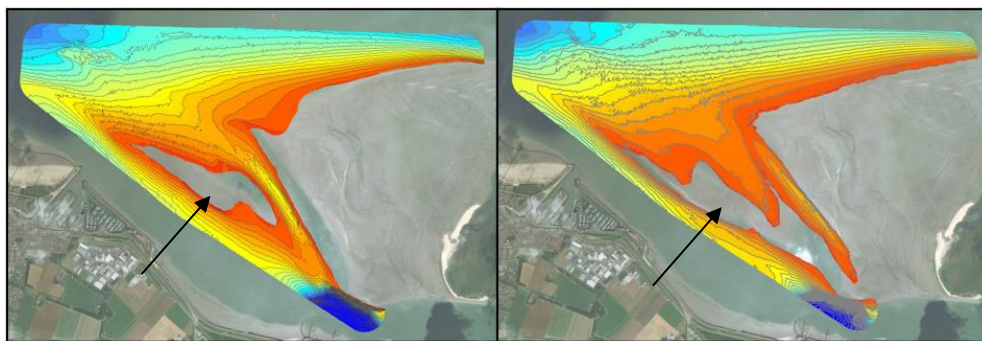
Figuur 3-25: Netto volume nevengeul macrocel 1 (Schrijver, 2020). De rode lijn geeft de ondergrens aan en de groene lijn is de waarschuwingsgrens.

Hooge Platen West

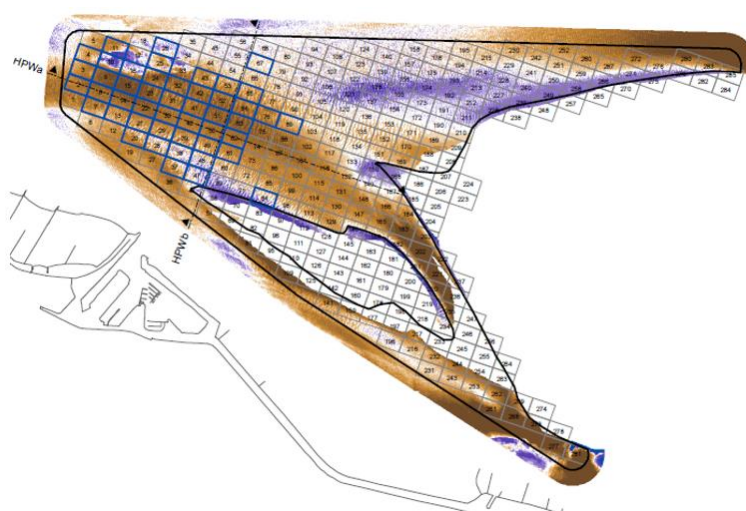
De plaatrandstortingen op Hooge Platen West (Figuur 3-26) zijn uitgevoerd aan de diepe punt van de stortzone, zoals te zien is aan de blauwe vakken in het noordwestelijke deel in Figuur 3-27. De initiële plaatrandstorting van 2010 bedroeg 2 Mm³ en werd in 2011 en 2013 aangevuld met ca. 0,5 Mm³ resp. 0,1 Mm³. Recenter, vanaf midden 2015 wordt weer regelmatig gestort (1,1 Mm³ voor zowel 2018 als 2019). De totale storthoeveelheid tussen februari 2010 en februari 2020 bedraagt 7,44 Mm³.

Netto is 43% van het gestorte materiaal bij de Hooge Platen West ter plekke gebleven ten opzichte van het begin van de verruiming. Van de stortingen uitgevoerd in de tweede vergunningsperiode is slechts 30% blijven liggen. Vijf jaar na de start van de tweede vergunningsperiode ligt deze waarde dus onder de vastgelegde waarde in het protocol (40% na 5 jaar).

Onder invloed van de vloedstroom is dit sediment grotendeels in oostelijke en zuidoostelijke richting gemigreerd. Hierdoor is voor de plaatpunt een verondieping gerealiseerd. Tegelijk is de vorm van het kleine Plaatje van Breskens sterk gewijzigd en opgehoogd, terwijl een vloedgeultje naar het oosten is gemigreerd en is opgehoogd. De zone van het Plaatje van Breskens is te hoog gelegen voor de maandelijkse multibeamopname. Jaarlijks wordt echter een ruimere zone rondom de plaatrandstortzone gepeild, waarbij de multibeamopname tot een iets hoger niveau plaatsvindt. Deze grote peilingen geven voor HPW het inzicht dat een deel van de gestorte specie bij het Plaatje van Breskens is gesedimenteerd, wat doorgaans leidt tot hogere stabiliteitswaarden van het gestort materiaal bij de grote peilingen. De plaatrandstortingen bij HPW hebben er dus onder andere voor gezorgd dat het Plaatje van Breskens wat groter is geworden.



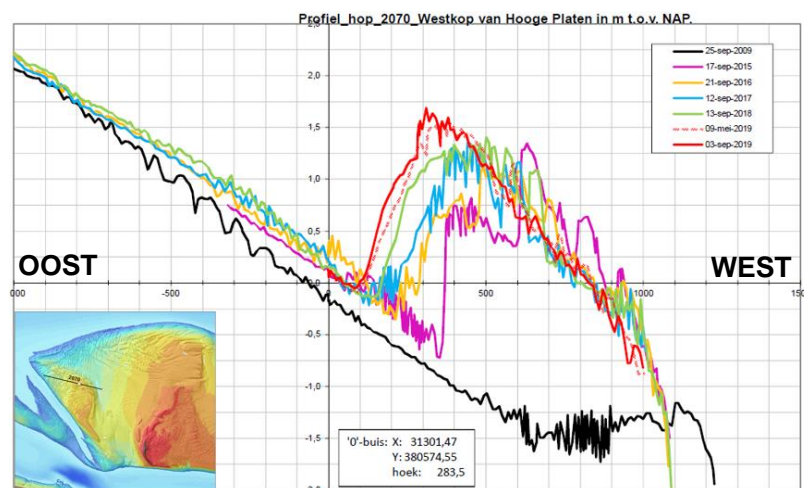
Figuur 3-26: Bathymetrie ter hoogte van plaatrandstortvak Hooge Platen West in februari 2010 (links) en februari 2020 (rechts). De pijl geeft het Plaatje van Breskens aan.



Figuur 3-27: Verschilkaart plaatrandstortvak Hooge Platen West van februari 2010 tot februari 2020. De blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.

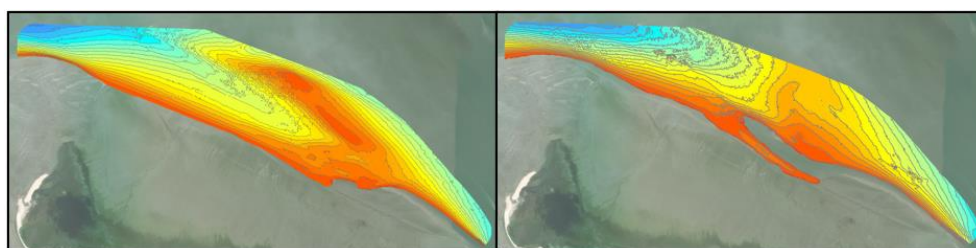
De RTK profielen van de oost-west raai op Hooge Platen West laten zien dat er sinds de plaatrandstortingen in 2010 sprake is van een algemene verhoging van het bodempeil (Figuur 3-28). Er heeft zich een zandrug ontwikkeld die zich oostwaarts (links in Figuur 3-28) en opwaarts (2019 metingen liggen het hoogst) beweegt, en hierachter heeft zich een laagdynamische zone gevormd. De grootste verandering in hoogte heeft hierbij plaatsgevonden van 2009-2013, maar ook van 2013-2019 is dit proces nog altijd gaande, zoals gezien kan worden tussen de twee opeenvolgende metingen in 2019 (rode lijnen, Figuur 3-28). Het sediment van de plaatrandstortingen is dus waarschijnlijk hoger op de plaat terecht gekomen.

Dit beeld van grote hoogteveranderingen wordt bevestigd door de RTK hoogtemeetpunten, besproken in het analyserapport (IMDC, 2020a) in sectie 6.3 (voor alle platen). Op meetpunt 932 is er sprake van sedimentatie en is de hoogteverandering groter dan wenselijk. Daarentegen ligt bij meetpunt 931 de hoogteverandering door erosie nog binnen de norm (die tussen de 2 en 10 cm/jaar ligt, afhankelijk van droogvalduur). De erosie die gemeten wordt bij meetpunt 931 is vermoedelijk veroorzaakt door het bewegen van de zandgolf in oostelijke richting en een laagte die zich aan de voet daarvan vormt.



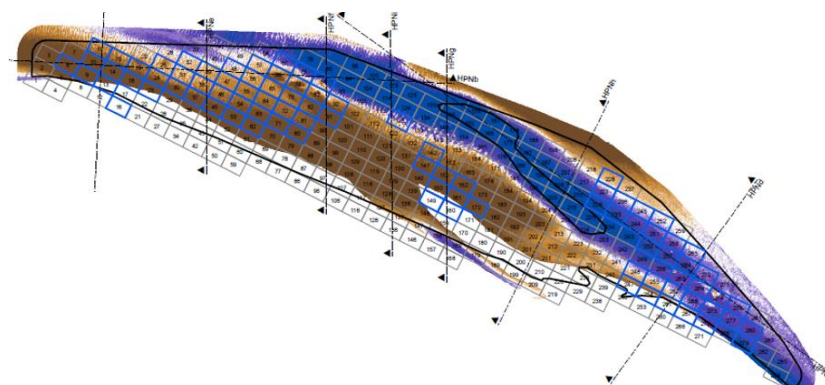
Figuur 3-28: RTK-raai 2070 op de Hooge Platen West (Jentink et al., 2020).

Hooge Platen Noord



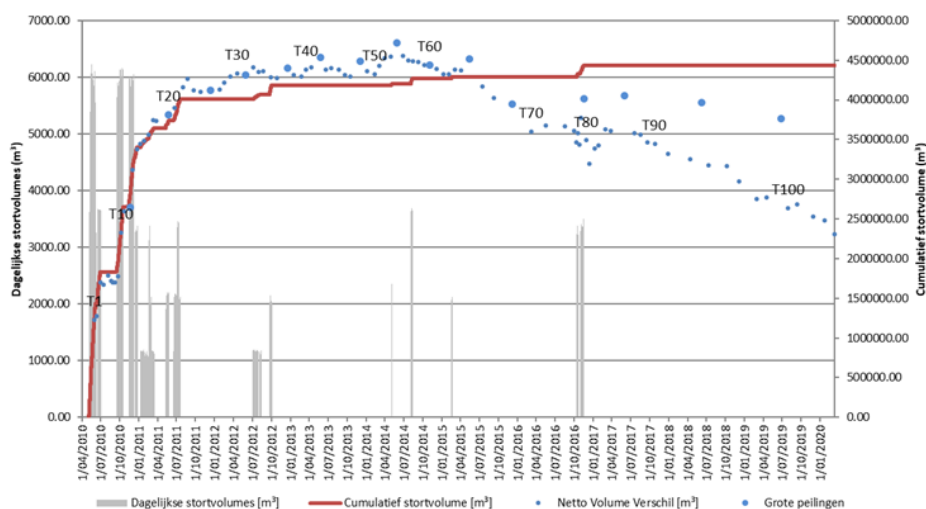
Figuur 3-29: Bathymetrie ter hoogte van plaatrandstortvak Hooge Platen Noord in april 2010 (links) en januari 2020 (rechts).

De plaatrandstortingen in de stortzone Hooge Platen Noord (Figuur 3-29) zijn voor het grootste deel uitgevoerd in een periode van anderhalf jaar na de start van de verruiming. In totaal is vanaf de verruiming 4,43 Mm³ sediment in dit stortvak gestort. Over de afgelopen 2 jaar is in deze stortzone niet meer gestort. Bij de aanleg is in het noordwestelijk en het zuidoostelijk gebied (blauwe rechthoeken, Figuur 3-30) een zand tong gerealiseerd met als doel hiertussen een luw, laagdynamisch gebied te creëren waarbinnen sedimentatie zou optreden. Deze sedimentatie is ook effectief opgetreden (Figuur 3-30), onder meer door verspreiding van het sediment van de westelijke zand tong onder invloed van de vloedstroom. Deze sedimentatie en verhoging van de plaatrand is voornamelijk in de eerste jaren na de verruiming gerealiseerd en blijft de laatste jaren grotendeels stabiel (overige plaatrandlodingen zie (IMDC, 2020a)).



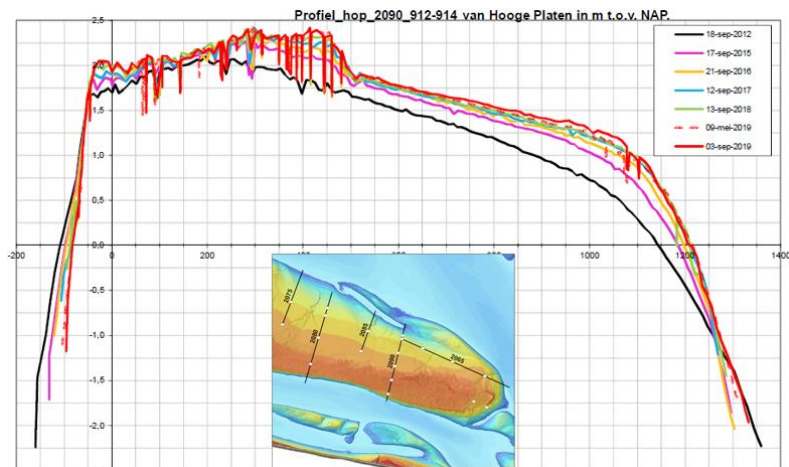
Figuur 3-30: Verschilkaart Hooge Platen Noord tussen april 2010 en januari 2020. Blauwe rechthoekjes zijn de gebruikte stortvakken.

Netto is 56% van het sinds de aanvang van de stortingen gestorte materiaal op de Hooge Platen Noord nog in de plaatrandstortzone aanwezig in januari 2020 (Figuur 3-31). Door de geringe hoeveelheid stortingen uitgevoerd in de tweede vergunningsperiode, overstijgt het erosievolume het stortvolume en is de stabiliteit van deze stortingen schijnbaar negatief. Het criterium van stabiliteit van de tweede vergunningsperiode (40% na 5 jaar) wordt strikt genomen dus niet gehaald.



Figuur 3-31: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van To) voor Hooge Platen Noord.

De recente RTK raaien over de gehele plaat laten zien dat de gehele plaat hoger is geworden, en daarbij steiler (Figuur 3-32). Het steiler worden van de plaatrand is met name goed zichtbaar bij raai 2090 (centraal gelegen op de plaat), waar de plaat hoger is geworden, maar alle RTK metingen van 2012 tot 2018 elkaar onder de laagwaterlijn kruisen. Echter, is deze trend minder uitgesproken over de twee meest recente metingen (2019), waar sedimentatie werd waargenomen onder de laagwaterlijn en het profiel onder de waterlijn dus minder steil werd. Het intergetijdengebied van de plaat neemt af door deze versteiling. Op basis van een meer diepgaande analyse (IMDC en Arcadis, 2013, 2014) werd besloten dat de areaalafnames van het intergetijdengebied te verwachten waren op basis van de langetermijntontwikkeling, maar lokaal (ten oosten van de Bol) mogelijk versterkt worden door de stortingen in de nabijheid (Plancke *et al.*, 2017). Uit voorzorg werd door het Overleg Flexibel Storten beslist om in het westelijk deel van plaatrandstortvak HPN niet meer te storten (Projectgroep Flexibel Storten, 2017). Sinds 2017 wordt in de gehele stortzone Hooge Platen Noord niet meer gestort.



Figuur 3-32: RTK-raai 2090 op de Hooge Platen Noord (Jentink *et al.*, 2020).

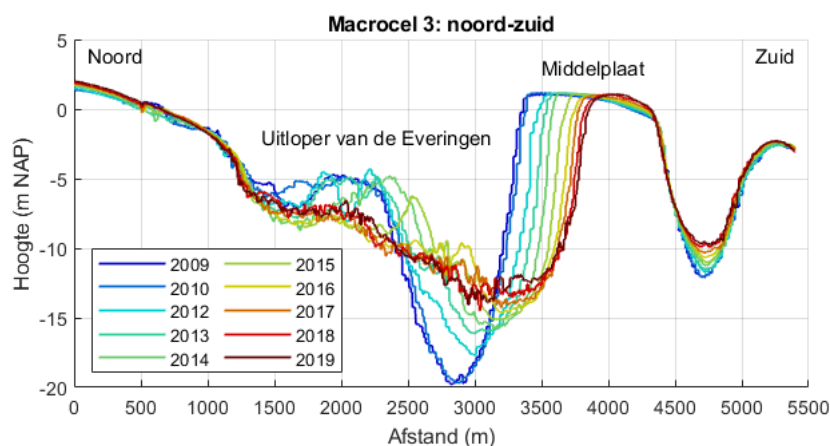
Op het centrale deel van de Hooge Platen blijkt deze ontwikkeling ook uit de RTK meetpunten, waar de bodemhoogte sinds 2009 vrijwel continu toeneemt. In recente jaren wordt bij meerdere punten een vertraging in de ophoging, of zelfs beperkte afname in hoogte waargenomen. Het schor breidt zich hier uit, en op enkele punten wordt in 2019 voor het eerst schorvegetatie aangetroffen. Een vergelijkbare ontwikkeling is zichtbaar naar het westen, met continue toename in hoogte, die in recente jaren afneemt. Ook hier wordt bij enkele punten in 2019 voor het eerst schor waargenomen. Vrijwel alle punten op de Hooge Platen Noord worden slibrijker, met de hoogste lutumgehaltes centraal-zuidelijk op de plaat, en een afname in lutumgehalte naar het noorden en oosten.

Slikken en schorren

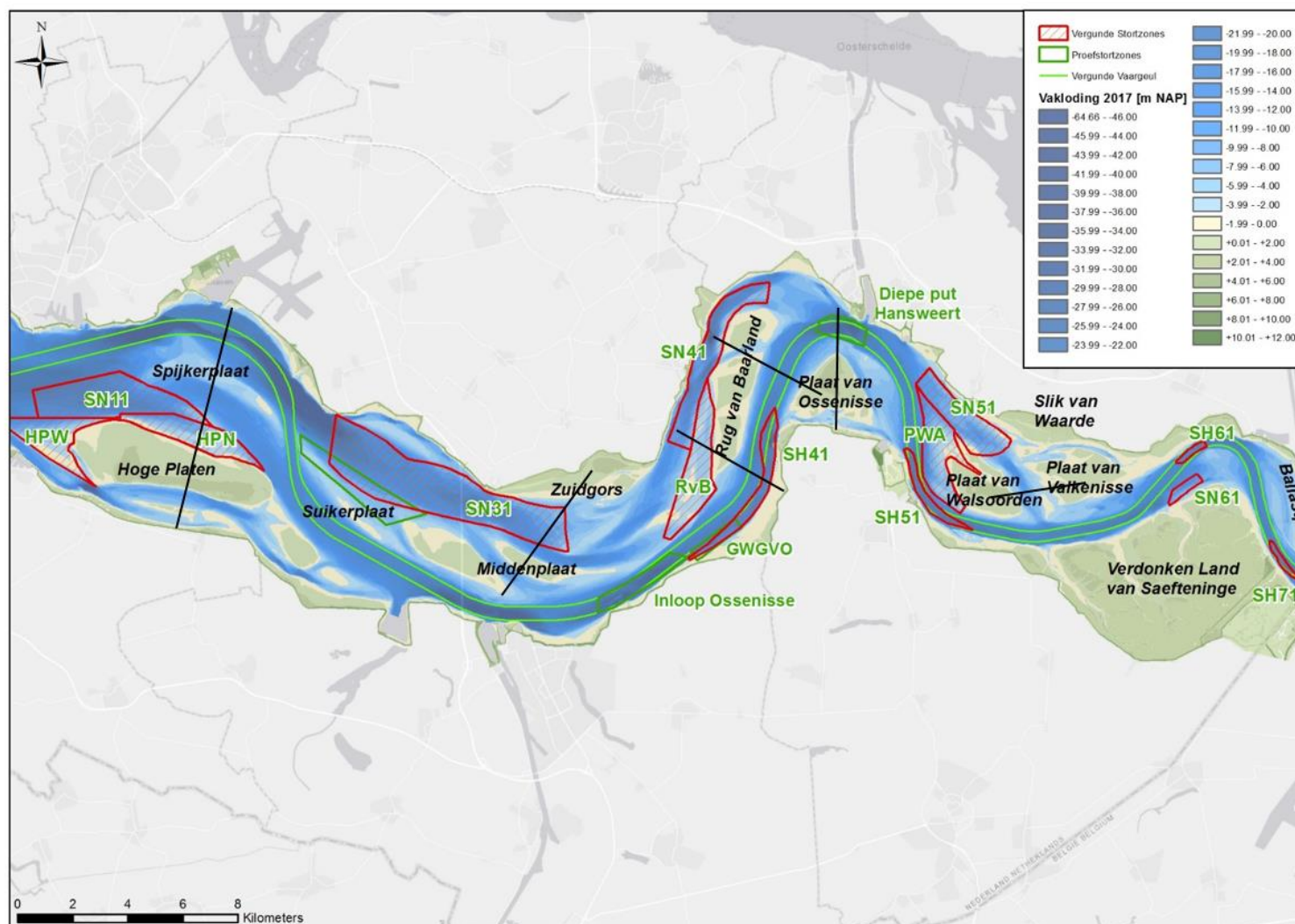
- **Rammekenshoek** (bij Vlissingen): Er is lichte erosie van het slik, in het voorland is er sprake van erosie aan een drempel, die daarnaast ook een terugschrijdende trend vertoont. Het schor erodeert licht, de schorrand is daarentegen stabiel.
- **Paulinapolder**: Erosie op het westelijk deel van het slik tot 2012 en vanaf 2016. Het centrale deel vertoonde lichte sedimentatie van 2000 tot 2016, maar is sinds 2017 stabiel.

3.3.1.2 Macrocel 3

In **macrocel 3** vindt het grootste deel van de dynamiek sinds 2009 plaats in de nevengeul Everingen. De nevengeul is verdiept in het westen, terwijl sterke verondieping plaatsvindt in het oosten, waar intensief is gestort tot 2015. In het oostelijk deel is een sterke drempeldynamiek aanwezig die een quasi-cyclisch patroon vertoont dat de configuratie of ligging van de geulen bepaalt (LTV-consortium, 2014). Door de beweging van de geulen tussen de platen naar het zuidwesten beweegt de oostelijke Middelplaat naar het zuidwesten en erodeert deze aan de noordoostkant (Figuur 3-33). De oppervlakte van de Middelplaat is de afgelopen decennia afgenomen, wat zich sinds 2009 nog altijd doorzet en ook in recentere jaren het geval was. Meer centraal zijn de westelijke Middelplaat en de Suikerplaat redelijk stabiel gebleven, met lichte erosie aan de westrand van de Suikerplaat (zie verder voor meer informatie over het effect van de stortingen op de Suikerplaat). De hoofdgeul van macrocel 3 is niet erg dynamisch, mede door het onderhoudsbaggeren. Door bagger- en stortactiviteiten verdiept de Pas van Terneuzen ten opzichte van Everingen, en sinds 2015 is de Pas van Terneuzen de belangrijkste geul gedurende de ebfase (T2015 Consortium, 2018a).



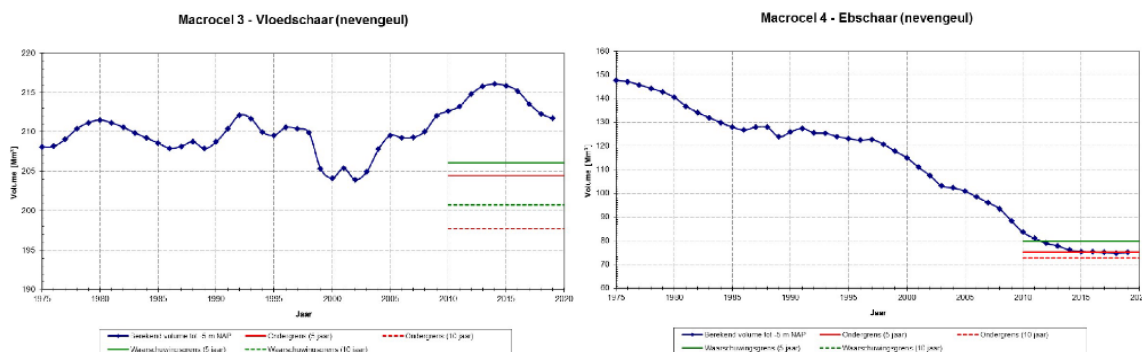
Figuur 3-33: Noordoost-zuidwest transect macrocel 3, van Plaat van Baarland door de Uitloper van Everingen tot Middelplaat. De locatie wordt weergegeven in Figuur 3-34.



Figuur 3-34: Overzichtkaart Westerschelde met aanduiding van de ligging van de transecten.

Watervolume

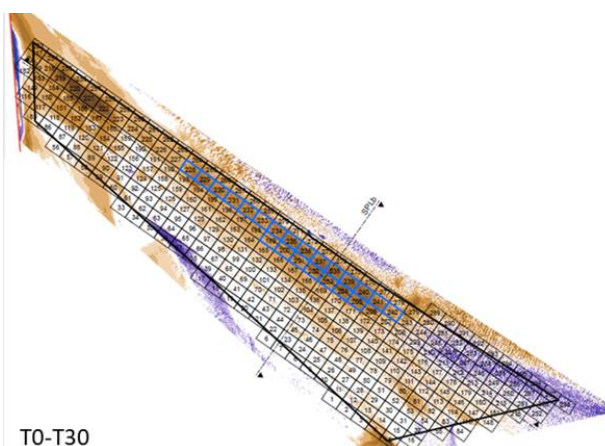
Het watervolume in de nevengeul van **macrocel 3** nam tot 2014 toe, waarna de stijgende trend is veranderd naar een dalende trend van 2014 tot 2019 (Figuur 3-35, links). De daling in de laatste 2 jaar (2018-2019) is wel minder uitgesproken dan de daling gemeten in 2016 en 2017. Aangezien er geen sprake is van een afname in stortintensiteit in het nevengeulstortvak, is kennelijk meer van het gestorte sediment geërodeerd. Het watervolume bevindt zich nog wel ver boven de vijfjarige waarschuwingsgrens (Figuur 3-35).



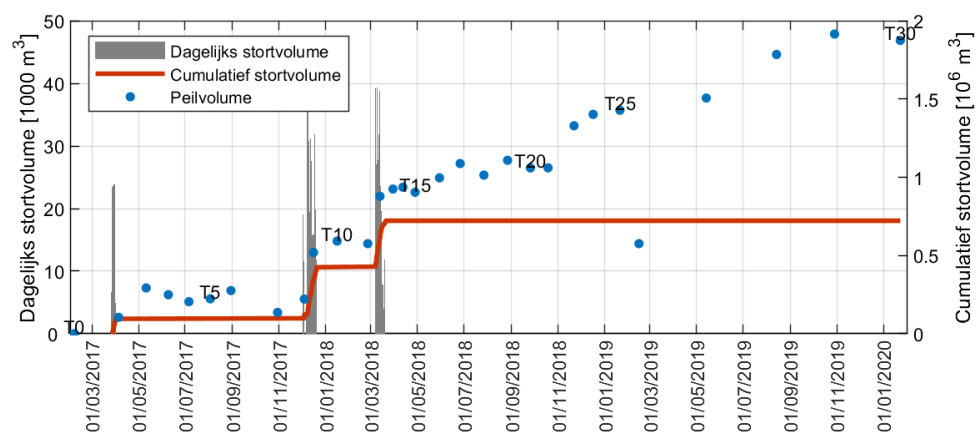
Figuur 3-35: Netto volume nevengeul macrocel 3 (links) en 4 (rechts) (Schrijver, 2020). De rode lijn geeft de ondergrens aan en de groene lijn is de waarschuwingsgrens.

Suikerplaat

Op de Suikerplaat zijn proefstortingen in drie periodes uitgevoerd: een eerste campagne in maart-april 2017 (94 800 m³), een tweede in december 2017 (330 000 m³), en een derde in maart 2018 (300 000 m³). Tussen T11 (25/02/2018) en T13 (30/03/2018) is de volumetoename in de proefstortzone ca. 350 000 m³ en ligt de stabiliteit van de stortingen dus boven de 100%. Ook na afloop van de derde proefstortcampagne neemt het peilvolume in de zone toe (Figuur 3-37). Dit wordt veroorzaakt door zeezandstortingen aan de noordwestpunt van de Suikerplaat en stortingen in de aangrenzende nevengeulstortzone SN31, waar vanaf juni 2018 tot begin 2020 ca. 1,1 Mm³ werd gestort in of direct aangrenzend aan de proefstortzone. Het gestorte zand is in hoge mate stabiel.



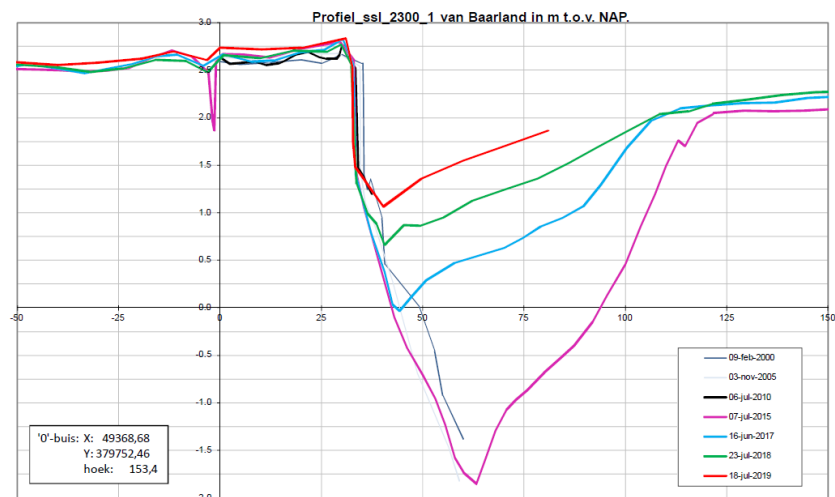
Figuur 3-36: Morfologische veranderingen op de proefstortzone Suikerplaat. Verschilkaart T0-T30, de blauwe vakken geven de gebruikte stortvakken aan.



Figuur 3-37: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van de beginsituatie) voor de complete stortzone aan de Suikerplaat. Stortingen met zeezand aan de noordwestpunt van de Suikerplaat, en stortingen in het aangrenzende stortvak SN31 hebben ook invloed op het peilvolume.

Slikken en schorren

- **Zuidgors:** Sedimentatie van het slik, waarbij een plateau wordt gevormd rond de +1,75 m NAP. Aan de westkant was tot 2015 sprake van erosie aan de rand van het slik. Tussen 2015 en 2017 vond hier daarentegen weer sedimentatie plaats. Van 2018 tot 2019 erodeerde het lagere deel van het profiel weer, wat in een steilere slikrand resulteert;
- **Baarland** (ten oosten van Zuidgors): Tussen 2015-2019 vindt er sterke sedimentatie van de geul plaats en daarmee is er een ophoging van het slik te zien (Figuur 3-38);

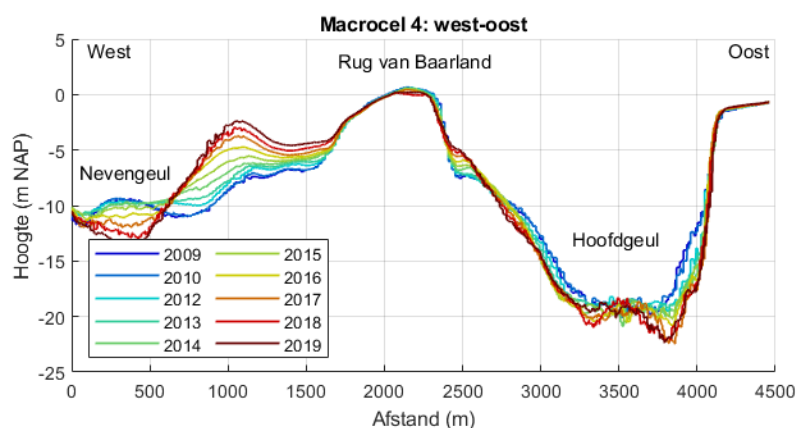


Figuur 3-38: Schor-slikprofiel 2300 van Baarland (Jentink et al., 2020).

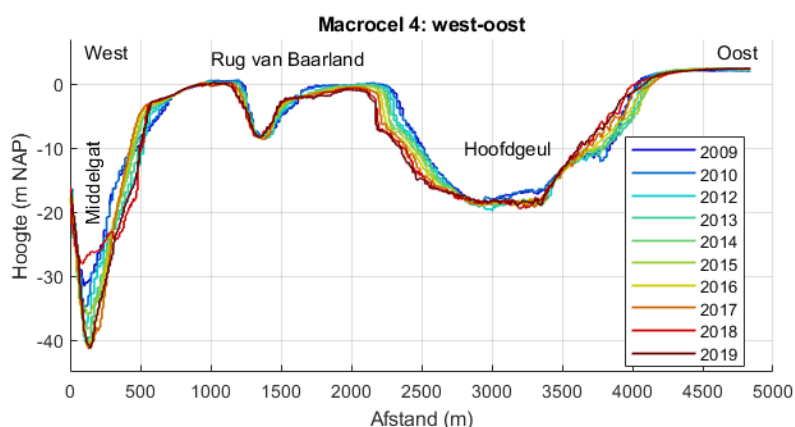
3.3.1.3 Macrocel 4

In **macrocel 4** heeft midden jaren '80 een functiewissel van de hoofd- en nevengeul plaatsgevonden, met een sterke afname in watervolume in de nevengeul als gevolg. Sindsdien is sprake van erosie in de hoofdgeul en sterke sedimentatie in de nevengeul (Figuur 3-39). Het zuidelijke deel van de Rug van Baarland wordt minder hoog, terwijl de noordelijke delen hoger zijn geworden. De oostrand van de Rug van Baarland (Figuur 3-40) en de rand van de Plaat van Ossensisse eroderen (Figuur 3-41). In verband met de

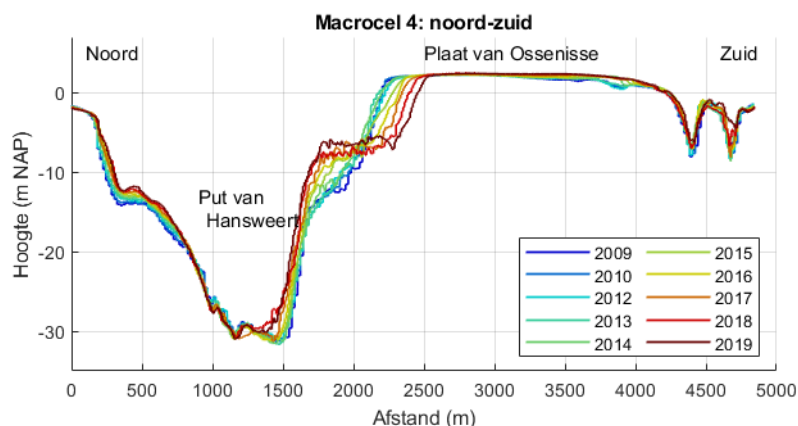
sterke autonome sedimentatie in de nevengeul en op de plaatrand (Figuur 3-39) wordt in het nevengeulstortvak SN41 en in de plaatrandstortzone sinds 2012 niet meer gestort. In het Middelgat nabij Biezelingse Ham is sprake van een sterke erosie-sedimentatie dynamiek, wat ook op de 2019-2018 en 2018-2017 verschilkaarten opvalt. De sterke lokale verschillen die op de verschilkaarten zichtbaar zijn, kunnen veroorzaakt zijn door een plaatval in het jaar 2018. In 2018 is er een duidelijke erosie te zien van de hoger gelegen plaatrand en sterke sedimentatie in de geul. In de hoofdgeul van macrocel 4 is het belangrijkste stortvak sinds de derde verruiming, stortvak SH41, gelegen. Hier werd sinds de derde verruiming 30 Mm³ sediment gestort. Slechts 15 tot 20 % van de gestorte sedimenten worden nog in het gebied aangetroffen, wat wordt veroorzaakt door de hoogdynamische omstandigheden rond de Nol van Ossensisse (voor ligging zie kaart in sectie 6.1.1 van het data- en analyserapport (IMDC, 2020a)). Ten noorden van de Nol van Ossensisse, voor het schor en slik bij Knuitershoek, langs de Plaat van Ossensisse en in de Schaar van Ossensisse vindt sedimentatie plaats die mogelijk het gevolg is van deze stortingen. Bij de Put van Hansweert is sprake van een complexe sedimentatiedynamiek door het samenkomen van de hoofdgeul en nevengeul. Recent komt er netto sedimentatie voor langs de binnenbocht bij de Plaat van Ossensisse (Figuur 3-41), die mogelijk gedeeltelijk wordt veroorzaakt door de stortingen nabij de Nol van Ossensisse en de proefstortingen in de Put van Hansweert zelf.



Figuur 3-39: West-oost transect macrocel 4 door het zuidelijke deel van de Rug van Baarland. De locatie wordt weergegeven in Figuur 3-34.



Figuur 3-40: West-oost transect macrocel 4 van Middelgat door het noordelijke deel van de Rug van Baarland tot de Plaat van Ossensisse. De locatie wordt weergegeven in Figuur 3-34.



Figuur 3-41: Noord-zuid transect macrocel 4 van Put van Hansweert naar de Plaat van Ossensisse. De locatie wordt weergegeven in Figuur 3-34.

Watervolume

De reeds lange tijd aanwezige sedimenterende trend in de nevengeul van **macrocel 4** (Middelgat) zette zich door tot 2014. Hierna is van 2014 tot 2019 de dalende trend afgezwakt en ligt het volume de laatste 4 jaar rond de 5-jarige ondergrens (Figuur 3-35, rechts). Het watervolume voldeed in 2017 al net niet meer aan het opgelegde criterium, wat nog steeds het geval is voor zowel 2018 en 2019. Dit zal ook zo blijven, tenzij de dalende trend wordt omgekeerd. De daling van de sedimentatiesnelheid ter hoogte van het Middelgat wordt mogelijk deels verklaard door het stopzetten van de stortingen sinds 2012, en mogelijk omdat de stortingen aan de oostzijde van macrocel 3 zijn afgenomen.

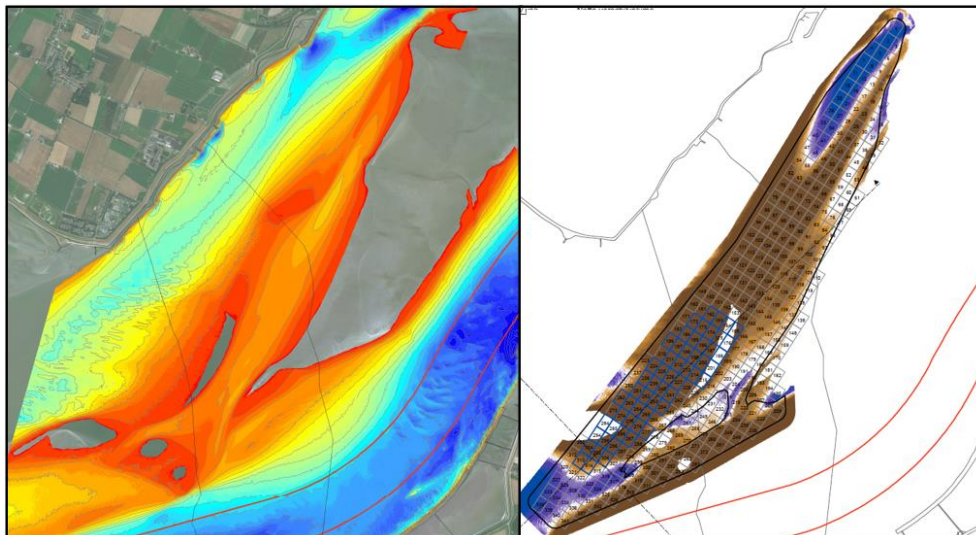
Rug van Baarland

Het plaatrandstortvak Rug van Baarland is gelegen langs het Middelgat. Het werd enkel in de eerste twee vergunningsjaren als stortvak ingezet, in verband met bezorgdheid over de autonome sedimentatie die in het Middelgat zou leiden tot een te sterke afname van het nevengeulvolume. In deze zone is sprake van sterke autonome aangroei, waardoor er niet van “stabiliteit van de stortingen” gesproken kan worden.

De monitoring van de plaatrand wordt wel in de maandelijkse rapportage voor het Overleg Flexibel Storten opgenomen, en laat zien dat sinds het beëindigen van de stortingen, de sedimentatie binnen het stortvak verder is doorgegaan: in de zone is 1,3 Mm³ sediment gestort, en 12,6 Mm³ sedimentatie opgetreden tot mei 2019, het moment van de laatste peiling. De sedimentatie is het sterkst in de diepe delen, aan de zijde van de nevengeul (Figuur 3-42). Dichter naar de plaatrand is de sedimentatie zeer beperkt of zelfs afwezig. Lokaal is erosie zichtbaar, langs het Gat van Ossensisse en aan de buitenzijde van de noordelijke zand tong. De ontwikkeling wordt vooral gestuurd door de migratie van zandbanken vanuit het drempelgebied van de Everingen naar de zuidelijke delen van het Middelgat, om zo aansluiting te vinden tegen de Rug van Baarland.

Op de plaat zelf vindt zowel erosie als sedimentatie plaats, zoals te zien is in de RTK raaien. De meest zuidelijke raai vertoont erosie in het westen en sedimentatie in het oosten. Verder naar het noorden, in de zuidelijke helft van de plaat, vindt erosie van de oostelijke plaatrand plaats door de Overloop van Hansweert. Halverwege de noordelijke helft van de plaat vertoont de oostelijke plaatrand sedimentatie ten opzichte van het jaar 2017. Over het algemeen is de steilheid niet sterk veranderd aangezien sedimentatie heeft plaatsgevonden over de gehele helling. Wel vertoont de specifieke raai sinds 2010 een sterke ophoging en uitbreiding van de westelijke plaatrand, die over de laatste jaren naar het oosten migreert. Langs de meest noordelijke raai is erosie te zien aan zowel de

oostelijke als westelijke plaatrand, wat uiteindelijk leidt tot een versmalling van de plaat en steilere plaatranden.



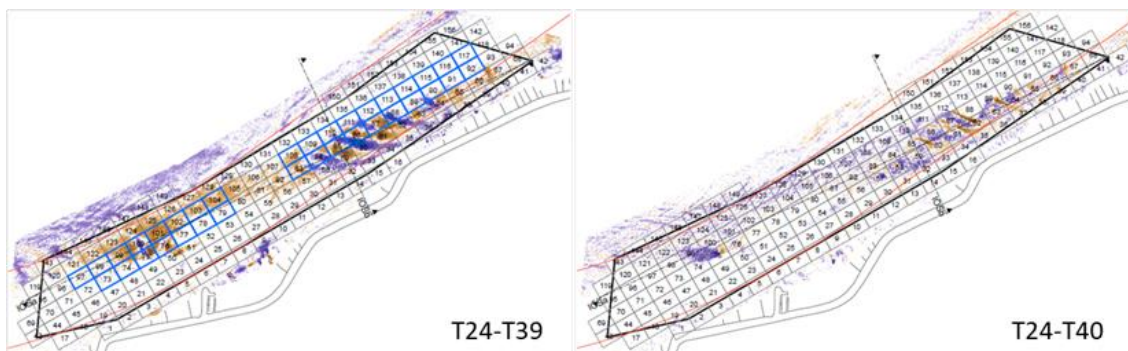
Figuur 3-42: Bathymetrie van plaatrandstortvak Rug van Baarland (mei 2019) en de verschilkaart met 2010. Blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.

De RTK meetpunten ondersteunen dit gevarieerde beeld. Sedimentatie overheerst op de plaat, maar aan de zuidooststrand vind erosie plaats. Op het zuidelijk gedeelte van de plaat vindt zowel erosie als sedimentatie plaats, met de grootste recente veranderingen bij meetpunten 808 en 813 waar respectievelijk een afname van 10 cm en toename van 8 cm per jaar gemeten werd. In het noordelijk gedeelte van de plaat vindt overheersend sedimentatie plaats. De meetpunten op de Rug van Baarland liggen voornamelijk binnen een laagdynamisch milieu, hoewel de zuidelijke helft van de plaat gedeeltelijk hoogdynamisch is.

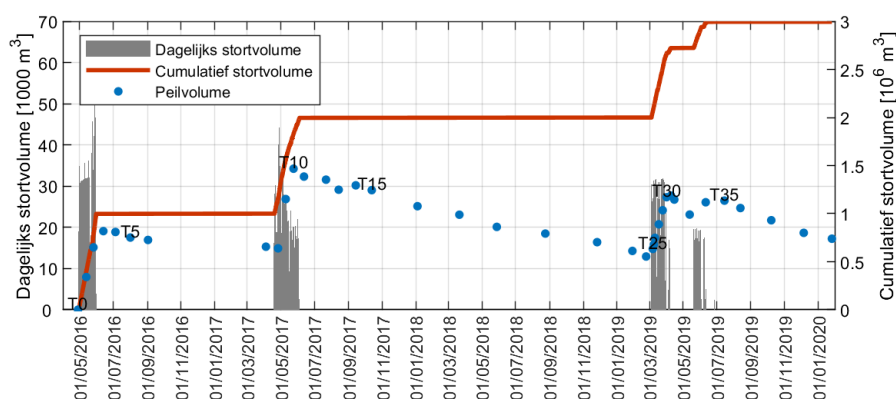
Inloop van Ossensisse

Bij de Inloop Ossensisse zijn drie proefstortcampagnes uitgevoerd van ca. 1 Mm³ sediment. De initiële stabiliteit na de eerste stortcampagne van april-mei 2016 (peiling T2, 26/05/2016) bedroeg 82 %, bij peiling T7 (4/04/2017), was nog 66% van het aangebrachte volume in de stortzone aanwezig. De tweede campagne vond plaats in april-juni 2017, nadien vonden hier geen stortactiviteiten plaats en trad erosie op. De stabiliteit ten opzichte van T0 (28/04/2016) voor de peiling van januari 2018 (T16) bedroeg 54 %. Het gestorte sediment migreert hoofdzakelijk in opwaartse richting, zoals ook vooraf werd verwacht (IMDC, 2017c).

De derde stortcampagne werd uitgevoerd van maart tot juni 2019. Hierbij werd in het westelijke deel van de stortzone 1 Mm³ sediment aangebracht. Daarnaast werd bij de Inloop van Ossensisse in het kader van de Nieuwe Sluis Terneuzen ca. 187 000 m³ gestort van juni tot oktober 2019, in het oostelijke deel van de zone. Ook deze sedimenten bewegen hoofdzakelijk in oostelijke, opwaartse richting (Figuur 3-43). Over het algemeen is sprake van een snelle afname van het gestorte volume. Na afloop van de derde stortcampagne was de stabiliteit ten opzichte van T24 (23/02/2019) 51%. Begin 2020 was deze stabiliteit reeds afgenomen tot 16%. De stabiliteit ten opzichte van T0 (28/04/2016) voor de peiling in begin 2020 (T39) bedroeg 23%.



Figuur 3-43: Morfologische veranderingen bij de proefstortzone Inloop van Ossenis. De blauwe vakken geven de gebruikte stortvakken aan.



Figuur 3-44: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van de beginsituatie) voor de proefstortzone aan de Inloop van Ossenis.

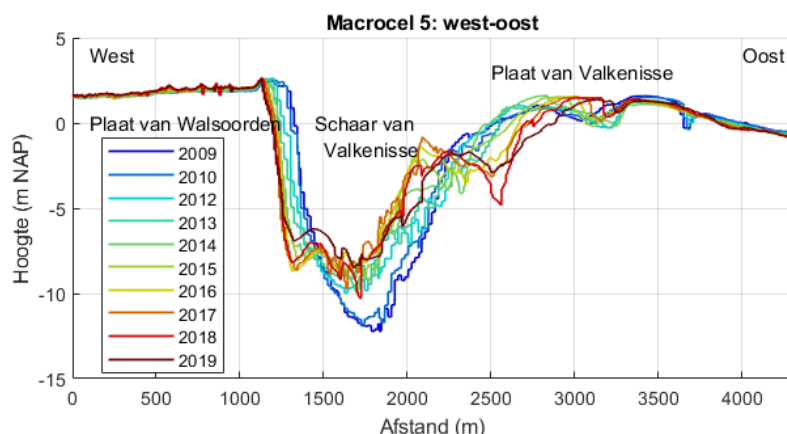
Slikken en schorren

- **Platen van Hulst:** De schorrand blijft stabiel, terwijl het gehele slik verlaagt.
- **Biezelingse Ham:** Lichte sedimentatie van het slik, terwijl de schorrand iets is teruggetrokken tussen 2000 en 2010 maar is de laatste jaren stabiel.
- **Knuutershoek (Ossenis):** Het slik tussen +0,25 m en +1,5 m NAP erodeerde tot 2012, maar tussen 2015 en 2019 heeft het slik zich uitgebreid. Op het hogere en lagere slik is wel nog altijd sprake van erosie. Het schor sedimenteert licht.

3.3.1.4 Macrocel 5

In **macrocel 5** is sprake van een beperkte ophoging van de Plaat van Walsoorden, terwijl een sterke geometrische verandering plaatsvindt. De Schaar van Valkenisse ontwikkelt hier een meander waarbij de bocht zich naar buiten beweegt, waardoor de Plaat van Walsoorden aan de oostkant erodeert op de plek waar de Schaar van Valkenisse en de Overloop van Valkenisse samenkomen (Figuur 3-45). Aan de andere kant van de Schaar van Valkenisse ontstaat hierdoor ruimte voor de Plaat van Valkenisse die aangroeit naar het zuidwesten (Figuur 3-45). De Plaat van Walsoorden groeit naar het noordoosten aan door de oostelijke verplaatsing van de Schaar van Waarde. Aan de noordwestkant van de Plaat van Walsoorden worden plaatrandstortingen uitgevoerd en hier is een grote zone van verondieping zichtbaar. Na de plaatval die zich in 2014 voordeed aan de zuidwestrand (IMDC, 2017a; T2015 Consortium, 2018a), heeft de plaatrand zich inmiddels weer hersteld. De hoofdgeul is grotendeels dieper en ruimer geworden door de

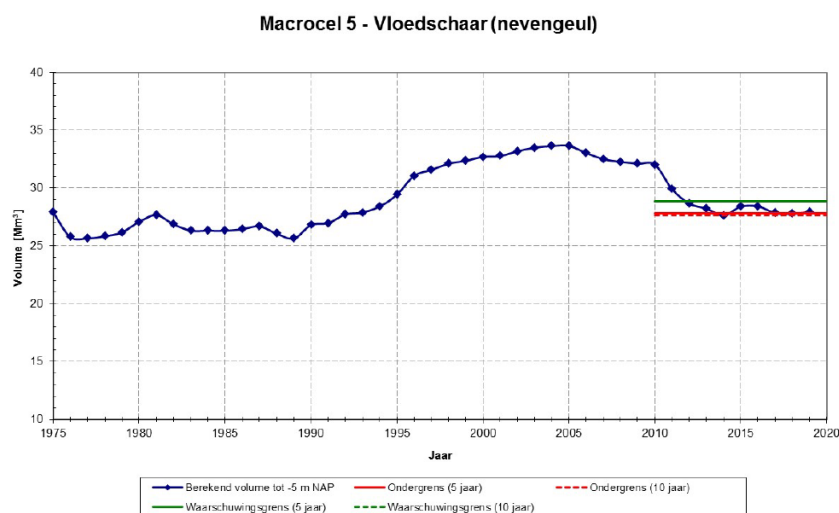
baggerwerken. Bij het oude hoofd van Walsoorden, een strekdam waar eerder erosie plaatsvond, wordt gestort en is lokaal sprake van verondieping.



Figuur 3-45: West-oost transect macrocel 4 van de Plaat van Walsoorden naar de Plaat van Valkenisse. De exacte locatie wordt weergegeven in het analyserapport.

Watervolume

Het watervolume in de nevengeul van **macrocel 5** nam af van 2010 tot 2014 en liet hierna een toename zien tot 2016 (Figuur 3-46), wellicht door het stopzetten van de stortingen in de nevengeul (SN51). Na een daling van 2016 naar 2017, is het volume in 2018 en 2019 vrij stabiel gebleven en ligt het net boven de 5-jarige ondergrens.



Figuur 3-46: Netto volume nevengeul macrocel 5 (Schrijver, 2020). De rode lijn geeft de ondergrens aan en de groene lijn is de waarschuwingsgrens.

Plaat van Walsoorden

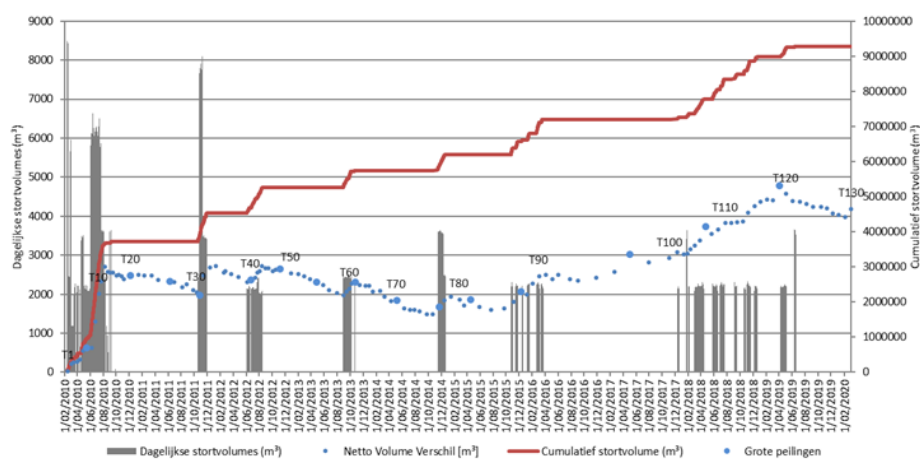
In 2010 is een grote megaduin aangelegd aan de westelijke plaatpunt van de Plaat van Walsoorden (bijna 4 Mm³). Tussen 2011 en 2017 zijn jaarlijks bijkomende stortingen uitgevoerd van ca. 0,5 Mm³, waardoor tot en met het achtste vergunningsjaar in totaal bijna 7,4 Mm³ sediment is gestort. Maar in het negende vergunningsjaar is het stortvolume toegenomen tot 1,7 Mm³. In het tiende vergunningsjaar is het stortvolume weer gedaald tot 0,3 Mm³ wat het totaal stortvolume brengt op 9,4 Mm³ over de beschouwde periode. Onder invloed van de vloedstroom is het gestorte sediment dichter naar de plaatrand gebracht (Figuur 3-47). Na de initiële stortingen vonden ook verder zuidwaarts stortingen plaats om sediment in de richting van de zuidelijke

vloedschaar te laten migreren. De verschilkaart in Figuur 3-47 laat duidelijk zien hoe de noordwestkant van de Plaat van Walsoorden is aangegroeid tussen 2010 en 2020.



Figuur 3-47: Bathymetrie van plaatrandstortvak Plaat van Walsoorden in februari 2010 (links) en februari 2020 (midden) en de verschilkaart (rechts). Blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.

Netto ligt 47% van het gestorte materiaal op de Plaat van Walsoorden in februari 2020 nog in de plaatrandstortzone. In de tweede vergunningsperiode is 80% van het materiaal blijven liggen. In deze recentere periode is dus sprake van een hogere stabiliteit, mogelijk deels veroorzaakt door autonome sedimentatie, in tegenstelling tot de meer erosieve trend die in eerdere jaren werd waargenomen.



Figuur 3-48: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van To) voor Plaat van Walsoorden.

De RTK raai die op de westpunt gelegen is laat ook zien dat de punt van de plaat zelf, opwaarts van de storting, ophoging vertoont ten opzichte van de situatie in 2010. Het intergetijdenareaal op de plaatpunt neemt hierdoor verder toe, aangezien de plaat minder steil is geworden.

De centraal gelegen RTK raai op de plaat laat zien dat er beperkte ophoging is van de plaat. De raai toont sinds 2000 een terugwijkende zuidelijke plaatrand. Dit werd in 2014-2015 ook sterk beïnvloed door het uitwaaiierend effect van een plaatval van eind 2013 (IMDC, 2017a). Nadat er in 2016 nog erosie plaatsvond langs de zuidelijke plaatrand, was er in 2017 sprake van lichte sedimentatie. De plaatrand is in 2018 vrij stabiel gebleven (lichte sedimentatie), gevolgd door sterke erosie in 2019, die voornamelijk plaatsvond onder de 0 m NAP lijn, wat resulteerde in een vergelijkbaar plaatprofiel als in 2016. De

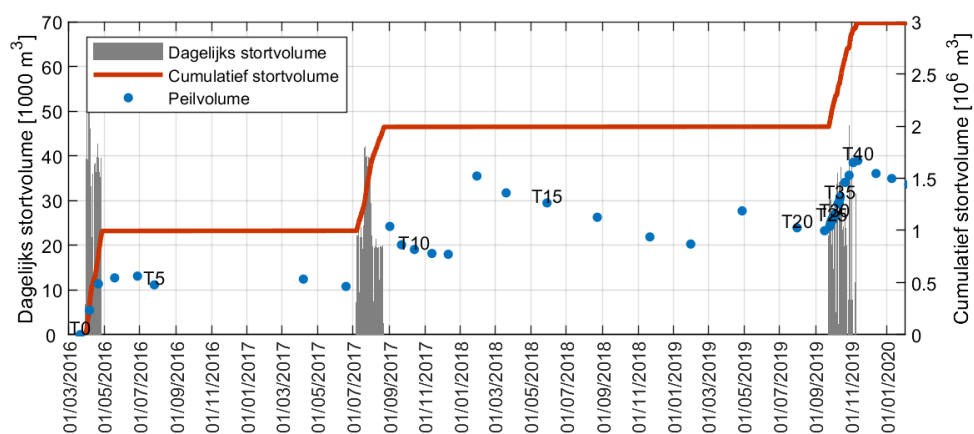
noordelijke plaatrand wordt steiler, met lichte sedimentatie bovenin en erosie onderin het profiel. De vloedschaar is ten opzichte van 2000 verbreed en ten opzichte van 2010 voornamelijk naar het zuiden verplaatst. Maar in vergelijking met 2017 is de vloedschaar smaller geworden en minder diep geworden. De zandtong ten noorden van de vloedschaar wordt breder maar is verlaagd ten opzichte van 2017 en bouwt met name naar het noordoosten uit.

Aan de oostelijke plaatpunt vindt erosie plaats door het uitbochten van de nevengeul, waardoor de oostelijke raai sinds 2016 niet meer op de plaat gelegen is en niet meer wordt opgemeten. Ter vervanging wordt sinds 2016 een andere raai opgemeten die iets meer naar het westen ligt. In 2018 en 2019 is de erosie, die in eerdere rapportageperiodes reeds werd opgemerkt, verdergezet op zowel de noordelijke en zuidelijke plaatrand. De erosie aan de noordkant is minder uitgesproken in vergelijking met de erosie aan de zuidkant, waar de plaatrand steiler is geworden (hoogteligging van de plaat is stabiel gebleven tussen 2016-2019) en het intergetijdengebied/oppervlak van de plaat neemt af door deze versteiling.

De RTK meetpunten geven de evoluties ook op langere termijn weer. De erosie aan de oostelijke punt treedt op vanaf 2012, waardoor de oorspronkelijke meetpunten 501-506 niet meer op de plaat liggen. Meer naar het westen is vooral aan de zuidkant sterke erosie te zien, die sterker is dan eerdere jaren. Aan de noordwestelijke plaatpunt is sprake van sterke sedimentatie. Op het centrale deel van de Plaat van Walsoorden vindt ook vooral sterke sedimentatie plaats, behalve de zuidelijke en noordelijke plaatrand waar sterke erosie plaatsvindt. Op de noordelijke zandtong vindt sedimentatie plaats.

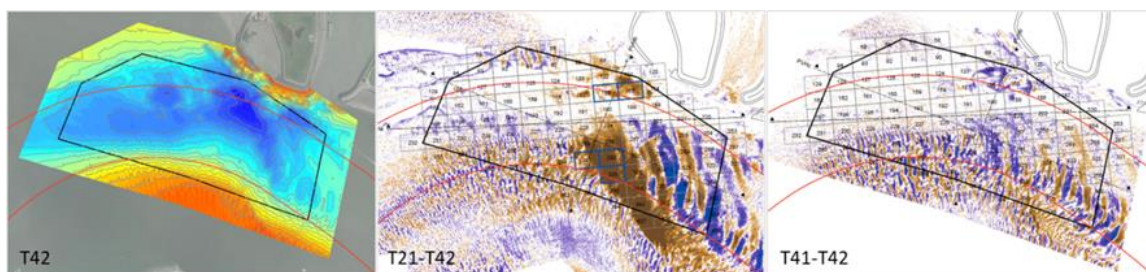
Put van Hansweert

In maart-april 2016, juli-augustus 2017, en september-oktober 2019, werden drie proefstortcampagnes uitgevoerd in de diepe Put van Hansweert, waarbij telkens ca. 1 Mm³ sediment werd gestort (Deltares en IMDC, 2018; IMDC, 2018, 2020b, 2020c). Tijdens de derde stortcampagne werd in de eerste periode van stortingen met hoge frequentie (dagelijks) gepeild. Dit liet toe om de ontwikkeling van de stabiliteit van de gestorte specie op korte termijn te volgen. De specie die in de diepste zone van de Put van Hansweert werd gestort verplaatste vrijwel direct buiten de gebruikte stortvakken, terwijl bij de ondiepere stortvakken aan de binnenbocht meer sediment aanwezig bleef op de korte termijn. Tijdens de stortingen lag de stabiliteit ten opzichte van T21 (16/09/2019) over het algemeen tussen de 60 en 70%. Na afloop van de stortingen nam de stabiliteit af, en deze lag in begin 2020 op 50% ten opzichte van T21. De stabiliteit van de drie stortcampagnes samen was begin 2020 ook 50%.



Figuur 3-49: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van de beginsituatie) voor de proefstortzone aan de Put van Hansweert.

Uit de peilingen kan worden geconcludeerd dat het sediment dat in de Put van Hansweert wordt gestort, grotendeels terechtkomt op de zuidrand van de put, in de binnenbocht (Figuur 3-50). Aan de binnenbocht vinden regelmatig zettingsvloeiingen plaats, waarbij het sediment vanuit de binnenbocht terug de diepe put in vloeit. Ongeveer 30% van de stortingen verplaatst zich tijdens of zeer snel na de stortingen, en de andere 70% verplaatst zich over een tijdsspanne van ca. 1 jaar. Op de bodem van de diepe put zelf blijft ter hoogte van de stortlocatie na 1 jaar nagenoeg geen sediment aanwezig. Een deel van dit sediment wordt tijdens het kleppen meegevoerd door de turbulente stroming en bereikt dus nooit de bodem, en deels erodeert het sediment vermoedelijk zeer snel in de eerste uren nadat het op de bodem is afgezet, bijvoorbeeld omdat de bodem waarop gestort wordt uit moeilijk erodeerbaar sediment (klei- of veenlaag) bestaat.



Figuur 3-50: Morfologische veranderingen in de proefstortzone Put van Hansweert.

Slikken en schorren

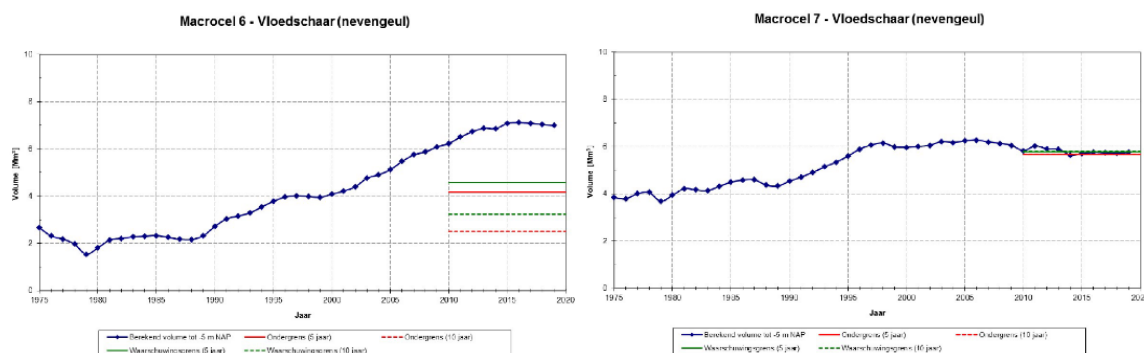
Slikken van Waarde: Het centrale deel van het slik bij Waarde sedimenteert en bouwt naar het zuiden uit, maar recent heeft er ter hoogte van de slikrand erosie plaatsgevonden, waardoor de helling steiler wordt. In het westen is het profiel over de laatste jaren redelijk stabiel gebleven. Ten opzichte van 2017 heeft er vooral sterke sedimentatie van het slik plaatsgevonden onder de 0 m NAP lijn. Hier vond tussen 2010 en 2014 een sterke terugtrekking van de schorrand plaats door de verlegging van een geul, maar deze is sindsdien stabiel. Aan de oostkant is het slikprofiel sinds 2015 stabiel, maar over de periode 2017-2019 is er wel een lichte afname te zien in hoogte, en de schorrand is hier al sinds 2000 grotendeels stabiel;

3.3.1.5 Macrocel 6 en 7

In **macrocel 6 en 7** is de hoofdgeul sinds 2009 verdiept, voornamelijk door verdiepingsbaggerwerken in 2009 en 2010. Bij stortzone SH61 is daarentegen sprake van verondieping in de hoofdgeul. De Plaat van Saeftinghe en het oosten van het schor- en slikgebied Land van Saeftinghe eroderen. Tussen 2017 en 2019 is de erosie van de Plaat van Saeftinghe vooral doorgegaan aan de noordkant van de plaat. De erosie aan de oostkant van het Land van Saeftinghe wordt beïnvloed door scheepsgolven (Meire *et al.*, 2019). De migratie van de Ballastplaat in oostelijke richting wordt nog steeds verder gezet, aangezien de westelijke rand van de plaat erodeert terwijl er sedimentatie plaatsvindt in de Appelzak.

Watervolume

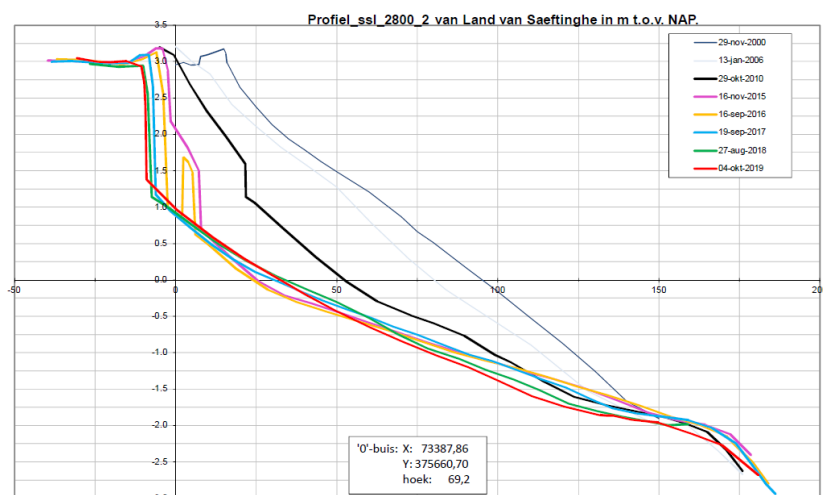
De nevengeul van **macrocel 6** heeft een stijgende trend in watervolume tot 2015, wat correspondeert met de erosie van de Schaar van de Noord. Sinds 2015 daalt het volume in de nevengeul lichtjes (Figuur 3-51, links). Het watervolume ligt ver boven de waarschuwingsgrens en voldoet ruim aan de criteria. Het watervolume in de nevengeul van **macrocel 7** is vrijwel constant en varieert tussen de waarschuwingsgrens en ondergrens (Figuur 3-51, rechts).



Figuur 3-51: Netto volume nevengeul macrocel 6 (links) en macrocel 7 (rechts) (Schrijver, 2020). De rode lijn geeft de ondergrens aan en de groene lijn is de waarschuwingsgrens.

Slikken en schorren

- **Slikken bij Bath:** Er is sprake van een traag terugschrijden van de schorrand, die de laatste jaren niet door lijkt te zetten en stabiel blijft. De voet van de schorrand is opgehoogd ten opzichte van 2017 door sedimentatie rond de +2 m NAP lijn. Tegelijkertijd is het slik licht gesedimenteerd sinds 2010, maar ook dit blijft de laatste jaren redelijk stabiel met kleine verschillen zoals een lichte ophoging rond de +1 m NAP lijn en erosie onder de 0 m NAP lijn;
- **Appelzak:** De schorrand blijft stabiel. Ook het slikprofiel is stabiel, maar er vindt lichte erosie plaats tussen +1,5 m NAP en -1 m NAP;
- **Oostelijke rand Saeftinghe:** Aan de oostelijke schorrand van het Land van Saeftinghe vindt sterke erosie plaats (Figuur 3-52). De helling van het slik wordt steiler, waardoor de oppervlakte van het slik afneemt. De schorrand zelf schrijdt ook terug en op meerdere plaatsen heeft zich aan de schorrand een verticale klif gevormd.



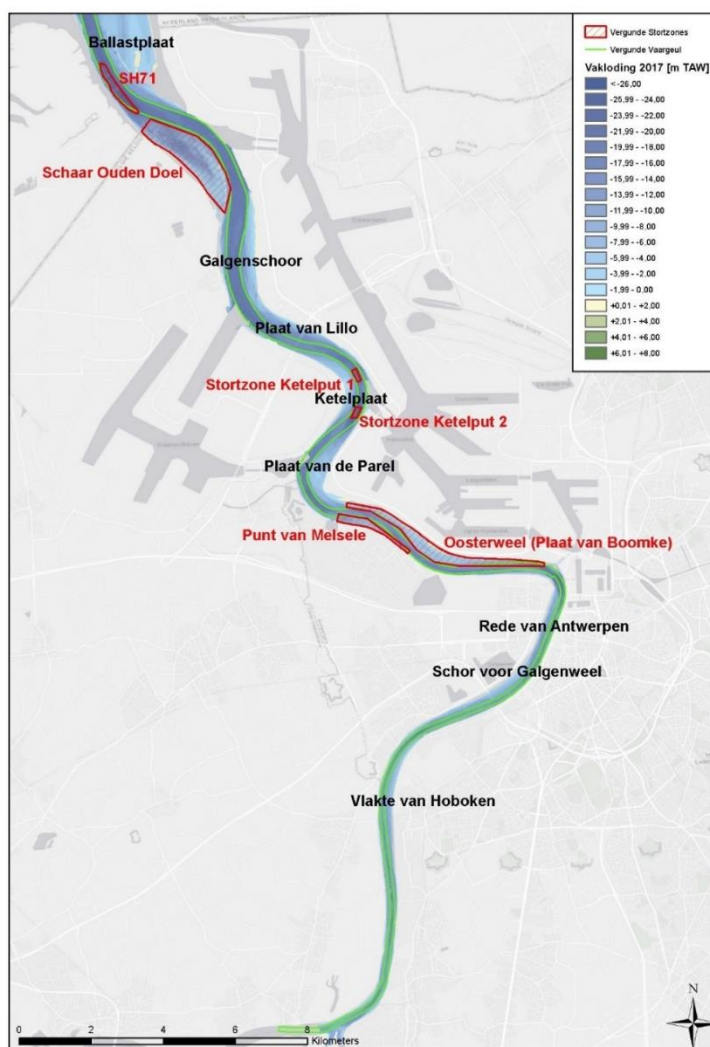
Figuur 3-52: Schor-slikprofiel 2800 van Land van Saeftinghe (Jentink et al., 2020).

3.3.2 Beneden-Zeeschelde

In het gebied **tussen Saeftinghe en Doel** heeft sterke verdieping van de vaargeul plaatsgevonden, onder andere door de aanlegbaggerwerken. Dit is het geval bij de Drempel van Zandvliet en de Drempel van Frederik, maar ook tussen de twee drempels. Van 2017 tot 2018 was op de Drempel van Zandvliet voornamelijk sprake van verdieping, terwijl op de Drempel van Frederik voornamelijk sedimentatie werd waargenomen. Tussen 2018 en 2019 vond er aan de noordkant van de Drempel van Zandvliet

sedimentatie plaats, en kende de zuidwestkant een verdieping. De zandwinningszone van Schaar van Ouden Doel is erg dynamisch door de stortings- en zandwinningsactiviteiten. De rand van het Paardenschor sedimenteert sterk aan de noordwestelijke helft, terwijl er sprake is van erosie aan de zuidelijke helft. Aan de zuidelijke rand van het Groot Buitenschor zet de sedimentatie zich nog altijd voort, terwijl er erosie plaatsvindt aan de strekdam ten noorden hiervan.

In de periode van 2009 tot 2019 is de vaargeul **tussen Doel en Fort Filip**, tussen de Drempel van Frederik en de Drempel van Lillo, sterk verdiept, onder andere door de verruiming van de vaargeul. Van 2017 tot 2018 laat deze zone daarentegen sedimentatie zien, voornamelijk aan de binnenbocht ten zuiden van de Plaat van Lillo. In de periode 2018-2019 was over het algemeen meer sprake van verdieping, vooral langs de binnenbocht bij Lillo werd in deze periode verdieping waargenomen. Langs de vaargeul aan de linkeroever ten noorden van het Deurganckdok is op lange termijn sprake van sedimentatie. Dit is ook het geval aan de zuidoostkant van de Drempel van Lillo en de noordkant van de Ketelplaat. Het centrale deel van het Galgeschoor erodeert, terwijl de zuidkant sedimenteert, dit patroon heeft zich in 2017-2019 voortgezet. Bij de Ketelplaat en de twee diepe putten is er een complex patroon van erosie en sedimentatie, dat veroorzaakt kan zijn door periodieke plaatvallen, waarbij tussen 2017-2019 sterke sedimentatie heeft plaatsgevonden in de binnenbocht, net buiten de vaargeul, ten noordoosten van de Ketelplaat.



Figuur 3-53: Overzichtskartaal Beneden-Zeeschelde.

Bij de Drempel van Krankeloon en de Drempel van Oosterweel, **tussen Fort Filip en Oosterweel**, wordt zowel verdieping als verondieping waargenomen. De afgelopen jaren is hier op verschillende plekken dan weer sprake van verdieping en dan weer van verondieping. Tussen 2009 en 2019 is er op de Plaat van de Parel voornamelijk erosie waargenomen. De Plaat van Krankeloon is de afgelopen jaren relatief stabiel. Ten opzichte van 2009 heeft bij de Plaat van Krankeloon erosie plaatsgevonden. Bij de Plaat van Boomke (Oosterweel), was tussen 2017-2018 verondieping te zien en lichte erosie tussen 2018-2019.

Bij de **Rede van Antwerpen** is de vaargeul redelijk stabiel, de verschilkaart van 2009-2019 is weinig veranderd ten opzichte van die van 2009-2017, met slechts lichte verdieping en verondieping. In de binnenbocht van de vaargeul, rond de Palingplaat, heeft er tussen 2017-2018 voornamelijk sedimentatie plaatsgevonden en tussen 2018-2019 erosie. Ten zuiden van de Palingplaat en voor het Galgenweel is daarentegen sprake van sedimentatie. Ter hoogte van Burcht vindt erosie in de buitenbocht en sedimentatie in de binnenbocht plaats. De laatste twee jaar is de buitenbocht stabiel gebleven en heeft er in de binnenbocht voornamelijk sedimentatie plaatsgevonden, die vooral uitgesproken was in het jaar 2018-2019.

In de meest opwaartse zone van de Beneden-Zeeschelde, **tussen Burcht en Rupelmonde**, is de vaargeul redelijk stabiel. De grootste veranderingen in de vaargeul worden waargenomen bij KBR III en de Rupelmonding, en kunnen worden toegeschreven aan de migratie van bodemvormen. In de binnenbocht bij Hoboken wordt daarnaast verondieping waargenomen, die in 2018-2019 verder is toegenomen.

Slikken en schorren

De ontwikkelingen van de schorren en slikken op de lange termijn kunnen als volgt worden samengevat, van afwaarts naar opwaarts. In de Beneden-Zeeschelde (Van Braeckel *et al.*, 2019):

- **Groot Buitenschoor:** Het gebied is vrij stabiel over de periode 2011-2019. Het hoge slik is stabiel, terwijl het lagere deel zich terugtrekt, waardoor de overgang van hoog naar laag slik steiler wordt. De geulen die door de raaien lopen laten veel variatie zien over de jaren maar zijn uiteindelijk in 2019 bijna volledig verdwenen;
- **Schor Ouden Doel:** De schorklif is sinds 2012 stabiel en het slik sedimenteert over het gehele profiel. Maar sinds 2017 is er sprake van erosie over het gehele profiel;
- **Paardenschor:** Het schor, hoog, en middelhoog slik sedimenteren sinds 2009. In 2019 treedt er echter erosie op, meer specifiek op het hoog slik in het ontpolderingsgebied. Het slikprofiel is hiermee steeds steiler geworden, aangezien de sedimentatie enkel boven de 0 m TAW plaatsvindt;
- **Galgeschor:** Zowel de positie als de hoogte van de schorrand zijn stabiel. Het lage slik erodeert gestaag en recent is ook op het middelhoog slik lichte erosie zichtbaar. Naar het zuiden was sprake van sedimentatie op het middelhoog slik van 2011 tot 2015, waarna dit omsloeg naar een eroderende trend, maar de laatste jaren bleef het profiel stabiel;
- **Ketenisse:** Het slik vertoont lichte, systematische erosie. Het schor nabij de schorrand erodeert, maar hoger op het schor vindt sedimentatie plaats. Nadat het slik sterk erodeerde, is het tussen 2015 en 2019 opnieuw aangegroeid en werd er in 2019 tegen de laagwaterlijn een sterke uitbreiding (ontstaan van een plaat) vastgesteld;
- **Lillo-Haven:** Het slik sedimenteert, maar de sedimentatiesnelheid is sinds 2015 afgenomen tot een vrijwel stabiel profiel in 2018, maar in het voorbije jaar nam dit weer toe. Het middelhoge slik is het afgelopen jaar geërodeerd;

- **Lillo-Potpolder:** Het middelhoog en hoog slik sedimenteerde sterk tussen 2008-2017, de overgang van hoog naar laag slik wordt hierdoor steiler. Bij de overgang van middelhoog naar laag slik erodeert het profiel sinds 2012. In de lage slikzone is door erosie een harde veenlaag aan de oppervlakte gekomen, die aan de laagwaterlijn erodeert, maar sinds 2018 bleef het slik stabiel;
- **Galgenweel:** Er was sterke sedimentatie op het volledige slik van 2012 tot 2014. De sedimenterende trend zette zich voort tot 2016, maar hierna, van 2016 tot 2019, vindt erosie plaats van het hoog en middelhoog slik, terwijl het laag slik sedimenteert;
- **Hobokense polder:** Het hoog en middelhoog slik bij Hoboken vertoont het laatste jaar voornamelijk erosie, waarbij er sinds 2018 kliffen vormen in het profiel, nadat tussen 2016 en 2017 juist sprake was van sedimentatie. Het schor is van 2008 tot 2016 sterk gesedimenteerd en blijft de laatste jaren stabiel, maar in 2019 vertoont het schor erosie met klifvorming als gevolg.

3.3.3 Ecotooparealen

Voor de Westerschelde in het algemeen en de plaatrandstortzones in het bijzonder is het areaal laagdynamisch ecologisch waardevol gebied een toetsparameter uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten.

Westerschelde

Het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten laat niet toe dat het volledige areaal laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal in de gehele Westerschelde afneemt. Het laagdynamisch areaal in de gehele Westerschelde is tussen 2010 en 2018 met ca. 310 ha toegenomen (Tabel 3-7) en voldoet dus aan het protocol. Hierbij wordt opgemerkt dat het totaal areaal in de Westerschelde vanaf 2016 groter is door de ontpoldering van Perkpolder. Dit gebied wordt volledig geclassificeerd als laagdynamisch (sub)litoraal. Ten opzichte van 2016 was er in 2018 een vrij sterke toename van ca. 250 ha laagdynamisch areaal in het litoraal. Ruimtelijk gezien vond de toename van het laagdynamisch middenlitoraal voornamelijk plaats in het oosten van de Westerschelde, terwijl dit areaal in het westen eerder afnam. Voor het laagdynamisch laaglitoraal was deze ruimtelijke trend niet zichtbaar, dit areaal nam verspreid over de gehele Westerschelde licht toe.

Tabel 3-7: Ecotopenontwikkeling in de periode 1996-2018 voor de Westerschelde (in ha).

Ecotoop	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016	2018
Overig	72	77	73	71	85	88	87	87	84	83
Hard substraat steen	132	144	151	169	166	168	168	180	173	162
Hard substraat veen/klei	208	176	104	101	119	123	129	137	113	109
Hoogdynamisch sublitoraal	19 283	19 369	19 483	19 355	19 303	19 134	19 158	19 158	19 138	19 020
Laagdynamisch sublitoraal	418	496	560	628	693	728	744	723	750	802
Hoogdynamisch litoraal	3 882	3 743	3 451	3 646	3 316	3 302	3 292	3 143	3 283	3 062
Laagdynamisch laaglitoraal	261	358	409	310	326	317	301	304	341	425
Laagdynamisch middenlitoraal	2 671	2 696	2 882	2 674	2 866	2 957	2 982	3 050	2 940	3 061
Laagdynamisch hooglitoraal	693	560	562	468	592	610	525	563	550	612
Hoogdynamisch supralitoraal	79	35	63	65	70	53	50	47	30	42
Laagdynamisch supralitoraal	246	195	171	116	167	155	131	159	135	179
Pionierzone (potentieel schor)	141	212	192	408	211	191	237	178	201	138

Ecotoop	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016	2018
Schor	2 672	2 697	2 657	2 749	2 842	2 932	2 953	3 029	3 067	3 127
Totaal	30 758	30 758	30 758	30 758	30 758	30 758	30 758	30 758	30 805	30 823
Totaal Laag	4 044	4 110	4 412	4 080	4 477	4 612	4 553	4 640	4 581	4 900

Op de plaatranden wordt als gewenste ontwikkeling een geleidelijke toename van de oppervlakte laagdynamisch gebied met 114 hectare verwacht binnen de toetspolygonen, 5 jaar na de start van de werkzaamheden. Na deze 5 jaar is het doel het behouden van deze oppervlakte, onder meer door aanvullende stortingen met onderhoudsspecie. De To waarde wordt bepaald op basis van de ecotopenkaart van 2010.

Op **Hooge Platen West** is het totaal waardevol laagdynamisch areaal in 2018 vrijwel gelijk gebleven, net als in 2016 is er nog slechts 1 ha laagdynamisch areaal aanwezig (Tabel 3-8). Ten opzichte van 2010 was er in 2011 een sterke toename van laagdynamisch areaal, maar sindsdien is er steeds sprake van een afname. Ten opzichte van 2016 wordt nu geen laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal waargenomen, maar wel laagdynamisch fijnzandig middelhoog en hoog litoraal. De zone met laagdynamisch areaal lag tussen 2008 en 2018 echter steeds grotendeels buiten de rekenpolygoon, en is doorheen de tijd nog verder zuidoostwaarts (buiten de polygoon) verplaatst. Dit laagdynamisch areaal aan de westzijde van de Hooge Platen buiten de polygoon is over deze periode licht toegenomen.

Op **Hooge Platen Noord** is het totaal waardevol laagdynamisch areaal ten opzichte van de referentiesituatie in 2010 toegenomen (271 ha in 2018 en 259 ha in 2010, Tabel 3-8). Ten opzichte van 2011 is echter sprake van een lichte daling in het totaal areaal. Het grootste aandeel laagdynamisch areaal op Hooge Platen Noord behoort tot het middelhoog litoraal, waarbij in 2018 de verdeling tussen fijnzandig en slibrijk areaal ongeveer half/half is. Tot 2015 was het middelhoog litoraal in belangrijke mate fijnzandig, dit is sindsdien dus slibrijker geworden. Tussen 2016 en 2018 is wel een lichte toename in fijnzandig middelhoog litoraal zichtbaar, en een afname van het slibrijke middelhoog litoraal. Het laagdynamisch laag litoraal is vrijwel volledig verdwenen bij Hooge Platen Noord, maar er is wel een toename zichtbaar van het laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal. Het laagdynamisch hoog litoraal neemt in 2018 verder toe.

Het totaal waardevol laagdynamisch areaal op de **Plaat van Walsoorden** is hoger in 2018 dan de referentiesituatie van 2010 (114 ha in 2018 en 67 ha in 2010, Tabel 3-8). Het laagdynamisch areaal steeg het meest tussen 2010 en 2011, en neemt sindsdien gestaag toe tot 2018. Het is niet onwaarschijnlijk dat de plaatrandstortingen hebben bijgedragen aan het omkeren van de voorafgaande trend van afnemend laagdynamisch areaal. Het ondiepe sublitoraal en laag litoraal waren tot 2015 slechts in zeer geringe mate aanwezig. In 2016 en 2018 nam het areaal sublitoraal weer af, maar van 2015 tot 2016 nam het laagdynamisch laag litoraal toe, en dit bleef gelijk tot 2018. De algemene toename van het laagdynamisch areaal wordt voornamelijk veroorzaakt door de toename van het laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal, dat met 39 ha is toegenomen sinds 2010. Het laagdynamisch hooglitoraal is vrijwel gelijk gebleven tussen 2010 en 2018.

Ter hoogte van de **Rug van Baarland** neemt het totaal waardevol laagdynamisch areaal sterk toe sinds 2001, nadat het was afgenomen ten opzichte van 1996 (Tabel 3-8). Ook sinds 2010 stijgt het laagdynamisch areaal fors ten opzichte van de referentiesituatie in 2010 (177 ha in 2018 en 60 ha in 2010). De toename van het fijnzandig middelhoog litoraal was grotendeels verantwoordelijk voor de toename tussen 2010 en 2015. Tussen 2015 en 2018 is echter een afname in het fijnzandig middelhoog litoraal zichtbaar. In deze periode wordt een sterke toename waargenomen in het laagdynamisch ondiepe sublitoraal en fijnzandig laag litoraal. Ten opzichte van 2010 is in 2018 een toename zichtbaar in alle

typen laagdynamisch gebied, afgezien van het hoog litoraal, dat reeds zeer beperkt aanwezig was, en in 2018 niet meer wordt waargenomen.

Tabel 3-8: Waardevol laagdynamisch areaal op de plaatranden (opp. in ha) binnen de toetspolygoenen.

HPW	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016	2018
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	-	-	-	-	-	-	1	0	-	-
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	-	17	28	3	0	9	4	0	-	-
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	-	15	16	3	12	30	19	11	-	0
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	0	32	43	6	12	39	24	11	1	1
HPN	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016	2018
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	1	4	3	-	1	2	1	1	1	3
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	0	25	27	14	14	21	30	21	3	1
Laagdynamisch slibrijk laag litoraal	7	3	2	1	1	5	0	0	-	-
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	29	67	170	129	193	186	159	170	90	95
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	163	117	28	80	27	48	73	87	124	111
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	6	7	7	12	23	23	14	30	34	50
Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal	2	0	14	-	-	0	2	1	4	13
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	208	224	252	236	259	286	280	309	256	271
PWA	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016	2018
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	-	-	1	-	0	0	0	6	2	1
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	-	-	-	-	-	-	2	1	5	5
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	35	26	24	40	34	50	54	53	65	73
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	-	8	18	-	-	-	1	0	-	2
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	65	43	34	40	33	41	35	38	34	31
Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal	0	10	21	-	-	-	0	4	-	0
Laagdynamisch zacht substraat supralitoraal	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	100	87	97	80	67	91	92	103	106	114
RVB	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016	2018
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	2	5	6	32	31	48	45	48	73	95
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	2	1	-	0	0	1	2	10	9	23
Laagdynamisch slibrijk laag litoraal	0	1	1	-	0	0	-	-	-	1
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	39	11	40	10	27	40	51	75	53	54
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	14	1	1	-	0	-	-	-	-	4
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	-	-	-	-	1	1	0	-	-	-
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	58	19	48	41	60	90	98	132	135	177

De ontwikkeling van het laagdynamisch areaal ter hoogte van de plaatrandstortzones is positief ten opzichte van de referentiesituatie in 2010. In het eerste en tweede jaar na de start van de verruiming werd volgens het MER nog geen toename verwacht. Streefdoel was om 5 jaar na de start van de verruiming 114 ha nieuw laagdynamisch ecologisch waardevol areaal gecreëerd te hebben met de plaatrandstortingen.

Met een toename van meer dan 150 ha werd dit streefdoel in 2015 ruim gehaald. In 2016 was er sprake van een afname van laagdynamisch areaal, voornamelijk veroorzaakt door de afname op de Hooge Platen ten opzichte van 2015, waarbij het laagdynamisch areaal net onder het streefdoel lag. In 2018 is het laagdynamisch areaal op de plaatranden opnieuw toegenomen tot een stijging van 165 ha ten opzichte van 2010 (Figuur 3-54). De stijging ten opzichte van 2016 kan toegeschreven worden aan alle beschouwde plaatranden, afgezien van Hooge Platen West, waar het areaal vrijwel gelijk bleef. Wel wordt de gehele toename in grote mate veroorzaakt door de grotendeels autonome toename op de Rug van Baarland (+117 ha). De ontwikkeling van het laagdynamisch areaal van de Hooge Platen voldoet strikt genomen niet aan de verwachte toename, maar dit wordt voornamelijk veroorzaakt door verplaatsing van het laagdynamisch areaal buiten de rekenpolygoon op de Hooge Platen West. In (Plancke *et al.*, 2009) werd reeds voorspeld dat de bovengrens van de verwachte toename van het laagdynamisch areaal voor Hooge Platen aan de hoge kant zou liggen.



Figuur 3-54: Evolutie van het waargenomen laagdynamisch areaal ten opzichte van 2010 (To) vs de verwachte toename op de plaatranden volgens het Protocol Flexibel Storten.

Beneden-Zeeschelde

De ontwikkeling van de ecotooparealen in de Beneden-Zeeschelde zijn weergegeven in Tabel 3-9. Tussen 2010 en 2018 is een toename zichtbaar van het middelhoog en hoog slik zacht substraat (+10,4 ha en +19,5 ha resp.), terwijl het laag slik zacht substraat vrijwel gelijk bleef (-0,9 ha). Ook het laag slik hard natuurlijk en hard antropogeen zijn toegenomen in oppervlakte, met respectievelijk 9,2 ha en 6,2 ha. De sterkste toename wordt waargenomen in het areaal schor, dat eerder tussen 2014 en 2015 sterk toenam, en tussen 2016 en 2018 zeer sterk toenam, met 113,2 ha. In totaal nam het areaal schor tussen 2010 en 2018 toe met 151,1 ha. Het areaal hoog supralitoraal is tussen 2010 en 2018 toegenomen met 16,2 ha. De grootste afname in areaal is zichtbaar in het matig diep areaal, die met 22,6 ha is verminderd. Het ondiep subtidaal nam in deze periode toe met 19,1 ha. Het diep subtidaal nam tussen 2015 en 2016 met ca. 20 ha af, maar in 2018 was dit weer toegenomen. Ten opzichte van 2010 is het areaal diep subtidaal over de jaren verder vrijwel gelijk gebleven.

Bij deze veranderingen dient opgemerkt te worden dat de totale oppervlakte van het buitendijkse gebied sinds 2010 is toegenomen door ontpolderingen en dijkverleggingen met natuurontwikkeling als doel (Van Braeckel *et al.*, 2019). Specifiek is recent in 2017 de GGG van Kruibeke geopend, met een toename in totaal areaal, en specifiek het areaal schor als gevolg. Wanneer enkel de enge planimetrie van de Beneden-Zeeschelde wordt

beschouwd (zonder ontpolderingen en dijkverleggingen), dan is in de ecotopenarealen zichtbaar dat het areaal laag slik afneemt, terwijl het middelhoog tot hoog slik in areaal toeneemt. De slikhelling wordt dus steiler, terwijl de geul verruimt (Van Braeckel *et al.*, 2019).

De turnover cijfers van de ecotopenklassen (zie analyserapport) laten zien dat de ecotopen vooral overgaan naar aangrenzende hoogteklassen binnen de ecotopen (bijv. van matig diep subtidaal naar diep subtidaal). Bij het laag slik zacht substraat valt op dat er ook veel verandering plaatsvindt naar ecologisch minder interessante zones, zoals ondiep subtidaal, en laag slik hard natuurlijk en antropogeen. Daarnaast blijkt dat schor voornamelijk gevormd wordt vanaf potentiële pionierzone, terwijl schor vaker omgezet wordt naar hoog supralitoraal areaal.

Tabel 3-9: Evolutie van ecotopen in de Beneden-Zeeschelde tussen 2010 en 2018 (in ha).

	Ecotoop	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2018
Subtidaal	diep subtidaal	1 965	1 967	1 963	1 966	1 966	1 945	1969
	matig diep subtidaal	396	396	390	385	382	379	373
	ondiep subtidaal	242	251	249	239	250	251	261
Zacht substraat	laag slik zacht substraat	147	150	143	144	141	135	146
	middelhoog slik zacht substraat	211	194	215	223	219	217	221
	hoog slik zacht substraat	36	47	54	56	59	56	55
Natuurlijk hard substraat	laag slik hard natuurlijk	14	15	21	19	18	22	23
	middelhoog slik hard natuurlijk	4	3	2	3	2	3	3
	hoog slik hard natuurlijk	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
	supralitoraal hard natuurlijk						0,0	0,0
Antropogeen hard substraat	laag slik hard antropogeen	16	20	21	20	21	20	22
	middelhoog slik hard antropogeen	49	47	48	50	49	48	48
	hoog slik hard antropogeen	11	11	9	10	10	10	9
	supralitoraal hard antropogeen	14	14	17	14	17	14	15
	hoog supralitoraal hard antropogeen						0,4	0,0
Supralitoraal	potentiële pionierzone	23	19	17	19	20	20	25
	schor	216	223	227	225	258	263	376
	getijdenplas	0,0	0,0	0,0	0,0	1	1	5
	hoog supralitoraal*	9	10	18	21	21	22	25
	antropogeen	1	1	1	1	2	2	2
Totaal		3 350	3 368	3 394	3 394	3 434	3 407	3 580

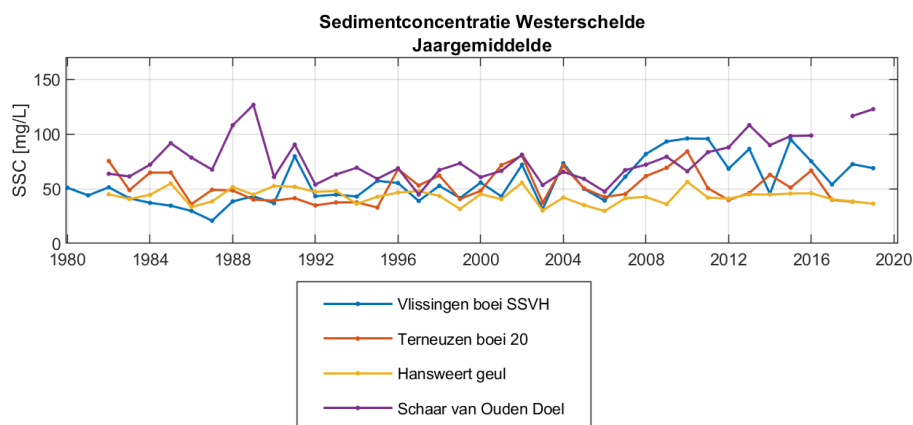
3.4 Fysicochemie en waterbodemkwaliteit

De fysicochemische toestand van het Scheldewater omvat parameters zoals het gehalte aan sediment in suspensie, het zoutgehalte, en het doorzicht. Samen met de waterbodemkwaliteit vormen deze parameters de link tussen de hydrodynamiek en sedimentdynamiek enerzijds, en de ecologische processen anderzijds. Ook het gehalte aan chlorofyl-a, dat een maat is voor de biomassa van fytoplankton, wordt in dit deel besproken. De meetlocaties van de verschillende parameters worden weergegeven op een kaart in sectie 2.4 van het data- en analyserapport (IMDC, 2020a). Merk op dat de periodieke metingen in de Westerschelde tijdens laagwater op een diepte van 1 m onder het wateroppervlak worden uitgevoerd, terwijl de staalnames in de Beneden-Zeeschelde getijonafhankelijk worden uitgevoerd. Hierdoor kunnen er discontinuïteiten ontstaan

tussen de waarden van de meetlocaties bij de Belgisch-Nederlandse grens. Eventuele stijgende of dalende trends in de jaargemiddelden zijn nagegaan met de Mann-Kendall-test met een significantieniveau van 0,05 (Helsel en Hirsch, 2002). Wanneer in de onderstaande tekst wordt gesproken over een (stijgende of dalende) trend dan refereert dit aan de Mann-Kendall trendanalyse die is uitgevoerd. Merk op dat bij deze trendanalyse geen correctie voor autocorrelatie werd uitgevoerd. Daarnaast werden eventuele wijzigingen in het gedrag van een bepaalde parameter nagegaan aan de hand van een trendbreukanalyse voor meerdere trendbreuken, geïmplementeerd in het 'strucchange'-pakket (Zeileis et al., 2003) in het statistisch rekenprogramma R. Bijlage K van het data- en analyserapport geeft meer uitleg over de statistische methoden die zijn gebruikt voor de trend- en trendbreukanalyse.

3.4.1 Concentratie zwevende stof

Periodieke metingen van de sedimentconcentratie worden in de Westerschelde uitgevoerd tijdens laagwater op een diepte van 1 m onder het wateroppervlak. Er is een toenemende trend in sedimentconcentratie zichtbaar bij Vlissingen en Schaar van Ouden Doel, waarbij de meest recente trendwijziging zich heeft voorgedaan in respectievelijk 2008 en 2003 voor deze locaties (Figuur 3-55); deze stijging werd ook opgemerkt in het T2015-rapport (T2015 Consortium, 2018b). Waar bij Schaar van Ouden Doel de toenemende trend in de laatste jaren (2018-2019) lijkt voort te zetten, is bij Vlissingen een meer afwisselend patroon zichtbaar. Bij Terneuzen en Hansweert wordt geen significante langetermijntrend waargenomen. De laatste jaren (2018 en 2019) laten de jaargemiddelde sedimentconcentraties een gevarieerd beeld zien ten opzichte van voorgaande jaren. Bij Terneuzen en Hansweert zijn de jaargemiddelde sedimentconcentraties gedaald. Bij Vlissingen oscilleren de jaargemiddelde concentraties, terwijl bij Schaar van Ouden Doel sprake is van een toename.

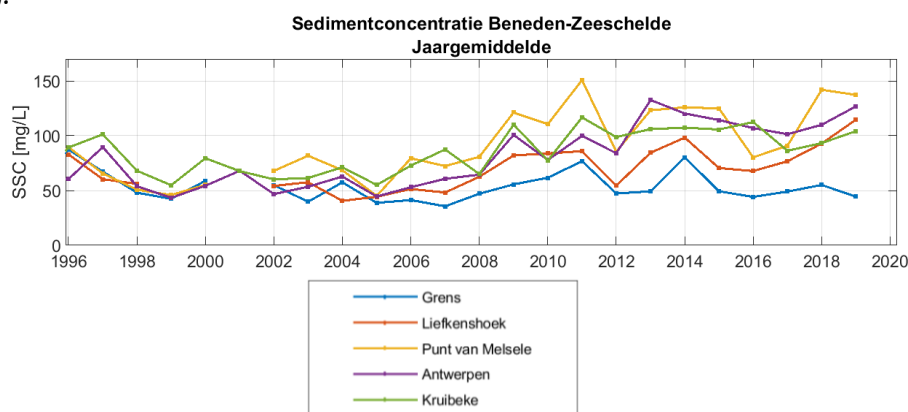


Figuur 3-55: Jaargemiddelde van periodieke metingen sedimentconcentratie in de Westerschelde

In de Beneden-Zeeschelde zijn er drie onafhankelijke datasets van sedimentconcentratie:

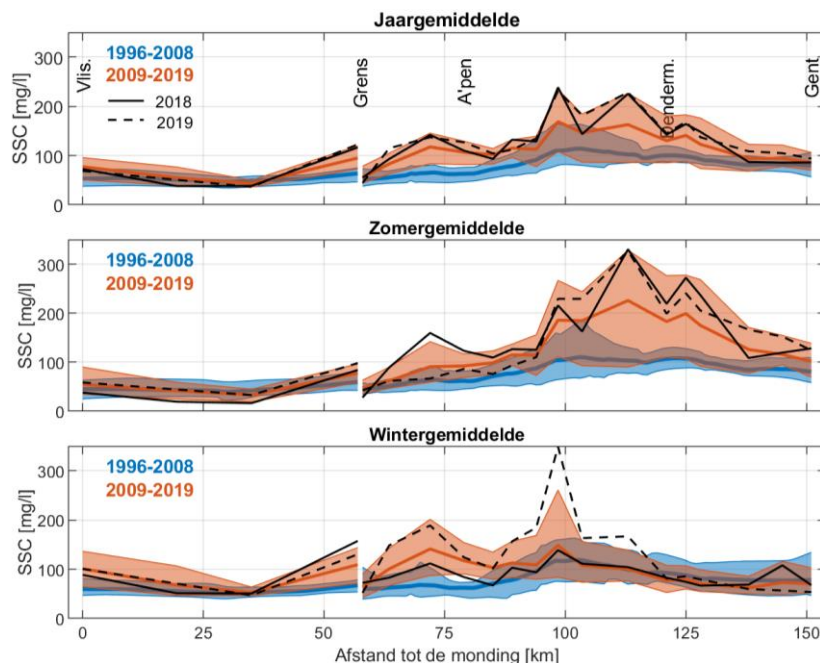
- De getijonafhankelijke metingen uit het OMES-meetprogramma van oppervlaktetalen. Van deze dataset werd een kwaliteitscontrole uitgevoerd door Universiteit Antwerpen (Cox et al., 2016);
- De getijonafhankelijke metingen uit het OMES-meetprogramma van staalnames in de waterkolom (dieptetalen);
- Continue turbiditeitsmetingen met behulp van multiparametertoestellen, die via kalibratierelaties worden omgezet naar sedimentconcentratie.

Er is sprake van een toenemende trend in sedimentconcentratie bij Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, en Kruibeke, waarbij een wijziging in de trend wordt vastgesteld in 2008-2009 (Figuur 3-56). Ook in het T2015-rapport werd een toename in de sedimentconcentratie waargenomen in deze zone (T2015 Consortium, 2018b). Hoewel er op deze locaties over het algemeen in de periode 2013-2016 een afname werd waargenomen, namen de jaargemiddelde sedimentconcentraties sindsdien weer toe. Bij meetlocatie Grens wordt er geen significante trend waargenomen. Hier worden wel variaties met toe- en afnames in jaargemiddelde sedimentconcentraties opgemeten, maar geen trend op langere termijn. Dit is opmerkelijk omdat de dichtbijgelegen meetlocatie Schaar van Ouden Doel in de Westerschelde wel een toename vertoont van sedimentconcentratie op langere termijn. Dit verschil zou verklaard kunnen worden door de verschillende randvoorwaarden bij de metingen in de Westerschelde (getijafhankelijk) en de Beneden-Zeeschelde (getij-onafhankelijk). Op alle locaties was het wintergemiddelde maximaal in 2015, gevolgd door een afname in 2016. Voor alle locaties (behalve Grens) lijken de wintergemiddelde waarden weer naar een maximum te groeien in 2019 (niet weergegeven). De zomergemiddelde sedimentconcentraties bij Punt van Melsele, Antwerpen, en Kruibeke zijn na een stijging in 2018 weer gedaald in 2019.



Figuur 3-56: Jaargemiddelde van periodieke metingen suspensiegehalte in de Beneden-Zeeschelde.

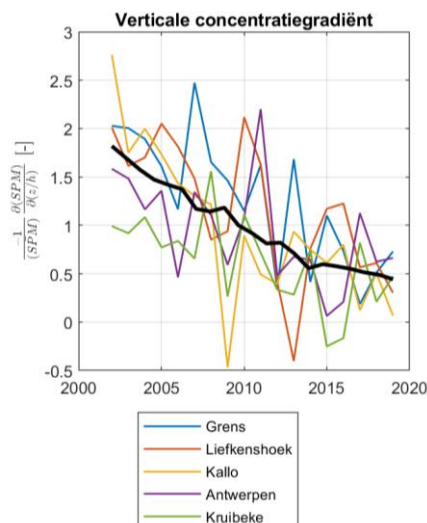
Een analyse van de metingen over het gehele Schelde-estuarium, inclusief de Boven-Zeeschelde, laat zien dat er een duidelijk verschil is tussen de locatie van het turbiditeitsmaximum in de zomer en de winter (Figuur 3-57).



Figuur 3-57: Langsverdeling van sedimentconcentraties in het gehele Schelde-estuarium (naar Cox *et al.*, 2015). De brede, gekleurde lijn geeft het gemiddelde weer, gekleurde gebieden geven het 10e en 90ste percentiel van de jaargemiddelden aan over de beschouwde periode. De zwarte doorgetrokken en gestippelde lijn geven de waarden van respectievelijk 2018 en 2019 weer.

In de winter is deze piek tweeledig, waarbij één piek verder afwaarts is verplaatst ten opzichte van de periode 1996-2008, voorbij Antwerpen, en het tweede turbiditeitsmaximum zich voordoet rond Temse, 100 km opwaarts van Vlissingen. Deze piek was reeds zichtbaar in de data van 2009 tot 2017, maar wordt nog versterkt door de in 2019 gemeten sedimentconcentraties. In de zomer ligt het turbiditeitsmaximum daarentegen verder opwaarts ten opzichte van de periode 1996-2008, tussen 100 en 125 km van de monding. De zomergemiddelde sedimentconcentraties van 2018 en 2019 in de Boven-Zeeschelde waren bij de hoogste waarden gemeten tussen 2009 en 2019. Ook de jaargemiddelde sedimentconcentraties van 2018 en 2019 in de Beneden-Zeeschelde waren hoog ten opzichte van eerdere jaren. Het onderscheid tussen de periode voor en na 2009 is gebaseerd op de vergelijking van de processen voor en na de derde verruiming (naar Cox *et al.* 2015).

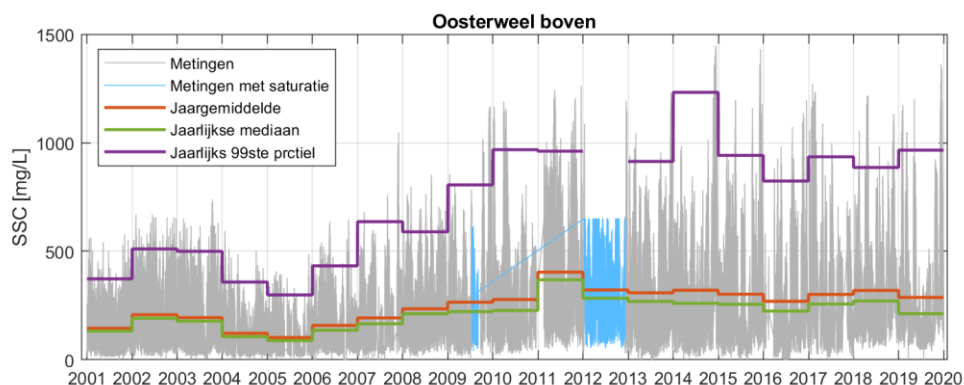
Op basis van de dieptestalen van sedimentconcentratie kan de verticale concentratiegradiënt worden bepaald. Deze (genormaliseerde) gradiënt wordt berekend als $\frac{-1}{SSC} \frac{\partial(SSC)}{\partial(z/h)}$ waarbij z/h de relatieve hoogte boven de bodem van de staalname is en SSC de sedimentconcentratie. De jaargemiddelde verticale concentratiegradiënt is afgenomen over de periode 2002-2019 (zwarte lijn, Figuur 3-58). Dit betekent dat het sediment meer uniform verdeeld is over de waterkolom, wat voornamelijk wordt veroorzaakt door een toename in de bovenste helft van de waterkolom. Vanaf 2014 lijkt de afname van de gemiddelde gradiënt minder sterk te zijn, waarbij de waarde rond de 0,5 schommelt.



Figuur 3-58: Jaargemiddelde verticale concentratiegradiënt op basis van de dieptestalen. De brede zwarte lijn geeft een lopend gemiddelde weer door alle meetlocaties.

Continue metingen van turbiditeit werden tot 2015 uitgevoerd op de locaties Oosterweel, Boei84, en Driegoten in de Beneden-Zeeschelde met behulp van multiparametertoestellen. De locatie Boei 84 is in oktober 2015 vervangen door meetpaal Lillo. Meetstation Driegoten is per januari 2016 ook buiten werking gesteld en is sinds december 2017 vervangen door station Weert. Het meetstation bij Kruibeke is eind 2015 in werking gesteld. Enkel de continue metingen bij Oosterweel worden hier getoond (Figuur 3-59), voor de overige locaties wordt verwezen naar het data- en analyserapport (IMDC, 2020a).

Meetpunt Oosterweel ligt tussen de locaties Punt van Melsele en Antwerpen waar periodieke metingen in de Beneden-Zeeschelde worden uitgevoerd, en in de nabijheid van de stortzones voor slib te Oosterweel en Punt van Melsele in de Beneden-Zeeschelde. Een multivariate regressie-analyse heeft aangetoond dat de sedimentconcentratie in Oosterweel een sterke correlatie vertoont met de stortingen van slib in de nabijgelegen stortzones (IMDC, 2016). De jaarlijkse stortvolumes piekten in 2011, gevolgd door een afname tot 2015, met vervolgens een toename naar 2018, en een afname in 2019. De jaargemiddelde sedimentconcentratie laat niet dezelfde mate van veranderingen zien, maar het patroon is wel grotendeels vergelijkbaar.



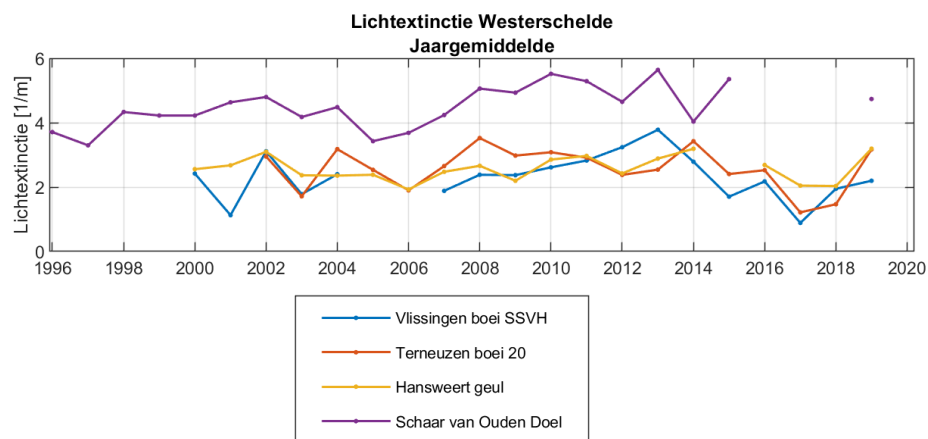
Figuur 3-59: Continue metingen sedimentconcentratie Oosterweel. Metingen in blauw werden uitgevoerd met het Seaguard-500 toestel.

3.4.2 Lichtextinctie

De lichtextinctie geeft aan hoe diep het zonlicht binnendringt in het Scheldewater. Dit wordt beïnvloed door onder andere het gehalte aan sediment in suspensie en aan biomassa, en is een belangrijke limiterende factor voor de primaire productie in het Schelde-estuarium.

De lichtpenetratie wordt hier gekwantificeerd aan de hand van de lichtextinctiecoëfficiënt k_d (in 1/m). Deze is gerelateerd aan de eufotische diepte Z_{eu} (in m), volgens: $Z_{eu} = -\ln(0,01)/k_d$.

De lichtextinctiecoëfficiënt en de eufotische diepte zijn omgekeerd proportioneel: hoe groter de lichtextinctiecoëfficiënt, hoe kleiner de eufotische diepte, oftewel hoe minder licht in de waterkolom binnendringt. De lichtextinctiecoëfficiënt wordt op dezelfde tijdstippen gemeten als de sedimentconcentratie: tijdens laagwater in de Westerschelde, en getijonafhankelijk in de Beneden-Zeeschelde. Dit verschil in meetmethode verklaart eventuele verschillen tussen de metingen bij meetpunt Schaar van Ouden Doel en Grens, die dichtbij elkaar liggen.

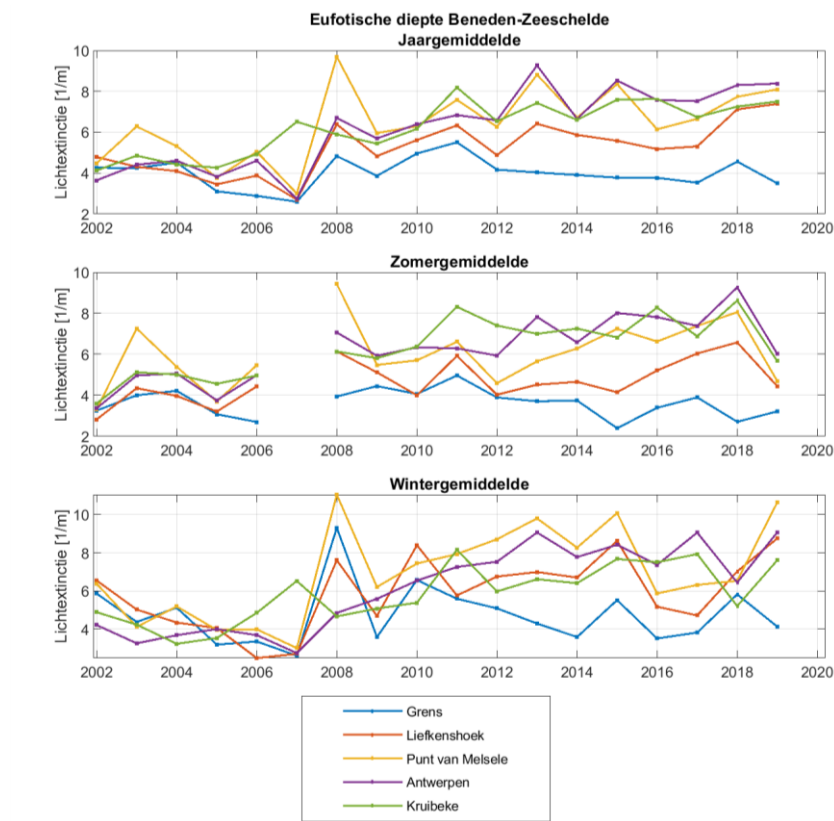


Figuur 3-60: Jaargemiddelde lichtextinctie in de Westerschelde

Bij Schaar van Ouden Doel werd vanaf 2008 een verhoogde lichtextinctie waargenomen, hoewel van 2016-2018 geen data beschikbaar was. Op de overige meetlocaties in de Westerschelde wordt op lange termijn geen significante trend waargenomen (Figuur 3-60). Dit terwijl bij Vlissingen wel een significante stijging van de sedimentconcentratie werd waargenomen, en de lichtextinctie gerelateerd is aan sedimentconcentratie. In de meest recente jaren waren er echter schommelingen in sedimentconcentratie aanwezig in Vlissingen beneden het maximum net na de derde verruiming, wat ook terug te zien is in de extinctiecoëfficiënt. In de jaren sinds 2013-2014 vindt op alle locaties een afname van de lichtextinctie plaats, gevolgd door een toename in 2018-2019, waarmee de lichtextinctie bij de Hansweert en Terneuzen in 2019 dicht bij het maximum van 2013-2014 ligt.

In de Beneden-Zeeschelde vertoont de jaargemiddelde lichtextinctie een toenemende trend bij alle meetstations, afgezien van Grens (Figuur 3-61). Een trendbreukanalyse laat zien dat de meest recente trendwijziging hierbij plaatsvond in 2007-2008. Deze toename in lichtextinctie lijkt voornamelijk verklaard te worden door een toename in het wintergemiddelde. Daarentegen werd bij alle stations (behalve bij meetstation Grens) een vrij sterke daling van het zomergemiddelde waargenomen in 2019, waarmee de waarde dicht bij het niveau van 2012 komt te liggen. Bij meetlocatie Grens is geen sprake van een significante trend in de lichtextinctie. Deze trends (of de afwezigheid daarvan) komen overeen met de trends in oppervlaktemetingen van sedimentconcentratie. In het

T2015-rapport werden geen conclusies getrokken over het al dan niet optreden van trends in de lichtextinctie (T2015 Consortium, 2018b).



Figuur 3-61: Jaar- en seizoengemiddelde lichtextinctie Beneden-Zeeschelde

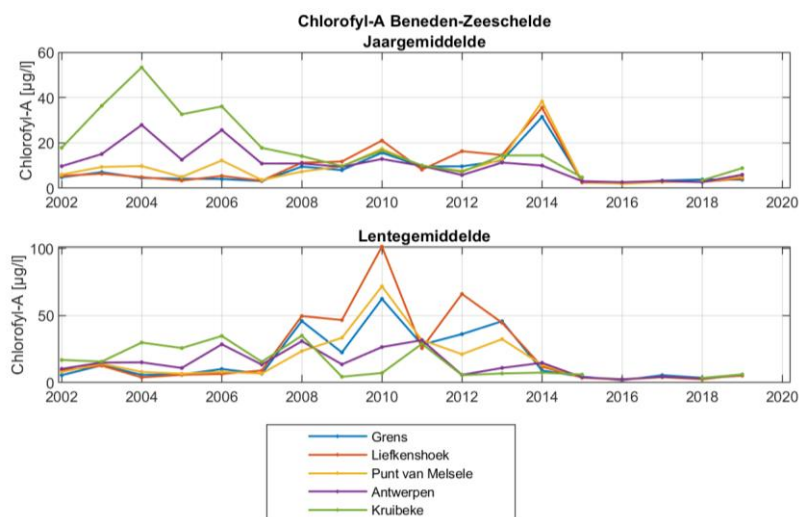
3.4.3 Chlorofyl-a

Metingen van het chlorofyl-a gehalte in de waterkolom, een maat voor de biomassa van fytoplankton, worden tijdens de voorjaars- en zomermaanden om de twee weken en in de herfst- en wintermaanden elke maand uitgevoerd bij laagwater in de Westerschelde. In de Beneden-Zeeschelde wordt het chlorofyl-a gehalte getijonafhankelijk gemeten. Tot en met 2008 werd in de Beneden-Zeeschelde één staalname per maand uitgevoerd, sinds 2009 worden tijdens de voorjaars- en zomermaanden (april-september) meestal twee staalnames per maand uitgevoerd. Het chlorofylgehalte vertoont een sterke seizoensale variatie met één of meerdere bloeiperiodes, waarvan de voorjaarsbloeï de belangrijkste is.

Het jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte wordt sterk beïnvloed door piekwaarden tijdens bloeiperiodes. Daarnaast is het ook mogelijk dat de bloeiperiode tussen twee staalnames in plaatsvindt, wat leidt tot een onderschatting van het jaargemiddelde. Historisch gezien was er een afname van het chlorofyl-a gehalte in de Westerschelde vanaf de jaren '80. Tussen 1990 en 2000 is de daling gestagneerd (zie datarapport en T2009 Consortium (2013)). Bij Hansweert wordt een dalende trend in jaargemiddeld chlorofyl-a gehalte waargenomen. Deze daling vindt voornamelijk plaats in de periode van ca. 1994-2012, sindsdien lijkt er geen sprake meer te zijn van een daling. In het T2015-rapport werd geen trend vermeld voor Hansweert. Het lentegemiddelde laat bij Hansweert en Terneuzen sinds 2016 een daling in het chlorofyl-a gehalte zien.

Opwaarts, bij de meetlocaties vanaf Schaar van Ouden Doel tot Liefkenshoek en Punt van Melsele, werd tussen 2008 en 2014 een sterk verhoogde voorjaarsbloeï waargenomen van de centrische diatomee *Thalassiosira nodulolineata* (Buyze et al.,

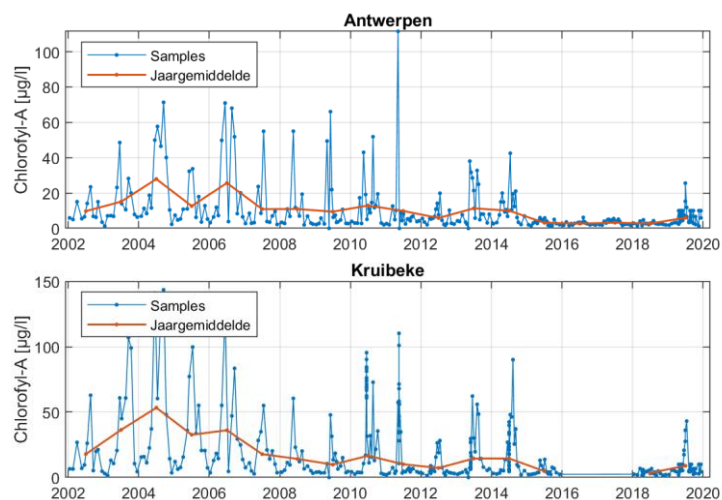
2015). Vanaf 2015 wordt deze verhoogde voorjaarsbloei niet meer waargenomen (Figuur 3-62). Dit heeft mogelijk te maken met de begrazing door zoöplankton, dat in de voorbije jaren toeneemt in de Schelde door het toegenomen zuurstofgehalte (Maris en Meire, 2017). Het valt echter niet uit te sluiten dat ook de toegenomen troebelheid in de zone een impact heeft op de biomassa fytoplankton (Maris *et al.*, 2020), aangezien er op deze locaties sprake is van een toename van de lichtextinctie. Dit wegvallen van de voorjaarsbloei werd niet vermeld in T2015-rapport (T2015 Consortium, 2018b), omdat dit toen slechts optrad over één jaar (2015), ten opzichte van 5 jaar in de huidige rapportage (2015-2019).



Figuur 3-62: Jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte in de waterkolom in de Beneden-Zeeschelde, samen met het lentegemiddelde (april en mei). Bemerkt de verschillende verticale schaal in de twee panelen.

De meetlocaties Antwerpen en Kruibeke vertoonden geen verhoogde voorjaarspiek in 2008-2014. Op deze twee meetlocaties wordt echter wel een dalende trend in het jaargemiddelde chlorofylgehalte waargenomen over de meetperiode (2002-2019). Daarentegen, lijkt in 2019 bij Kruibeke en Antwerpen mogelijk wel weer sprake te zijn van een beperkte voorjaarsbloei (Figuur 3-63).

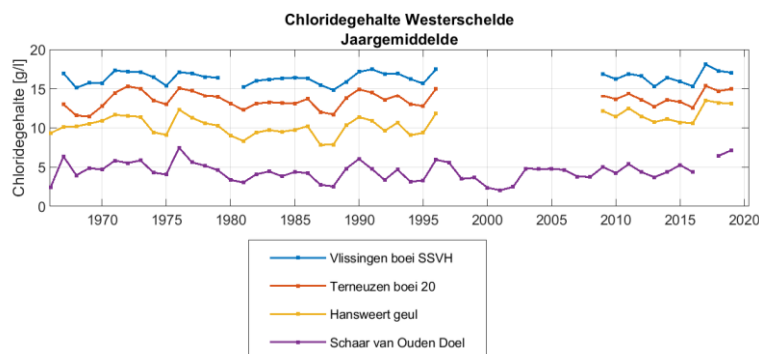
In de bodemstalen op de slikken in de Beneden-Zeeschelde worden geen duidelijke trends in chlorofyl-a gehalte waargenomen (IMDC, 2020a). Dit wordt mogelijk mede veroorzaakt door de korte voorjaarsbloei en de frequentie van de metingen die 1 keer per maand worden opgenomen (Maris en Meire, 2017).



Figuur 3-63: Chlorofyl-a gehalte in de Beneden-Zeeschelde ter hoogte van meetstations Antwerpen en Kruibeke.

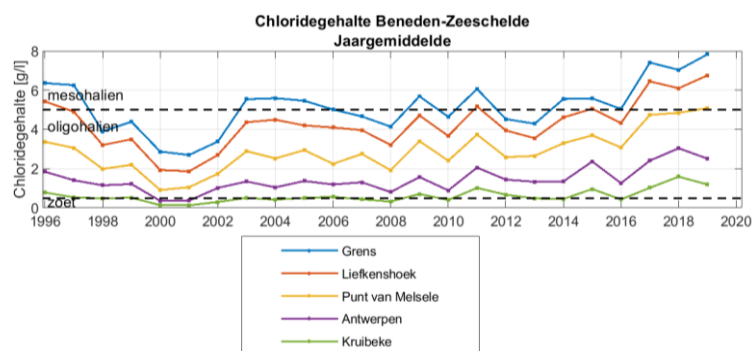
3.4.4 Chloride

Het chloridegehalte is een maat voor de indringing van zout water in het estuarium. Op de lange termijn is er in de Westerschelde geen sprake van een significante trend (Figuur 3-64). Bij meetlocaties Vlissingen, Terneuzen, en Hansweert zijn echter geen meetgegevens beschikbaar tussen 1996 en 2009, dus wijzigingen ten gevolge van de derde verruiming zijn lastig te bepalen. Bij Schaar van Ouden Doel is er wel een ononderbroken tijdreeks rondom de derde verruiming, maar hier zijn er geen significante wijzigingen in het chloridegehalte waargenomen. In 2018 en 2019 werd op de locaties Vlissingen, Terneuzen, en Hansweert een lichte verlaging van het chloridegehalte waargenomen ten opzichte van 2017. Daarentegen werd bij meetlocatie Schaar van Ouden Doel een verhoging waargenomen.



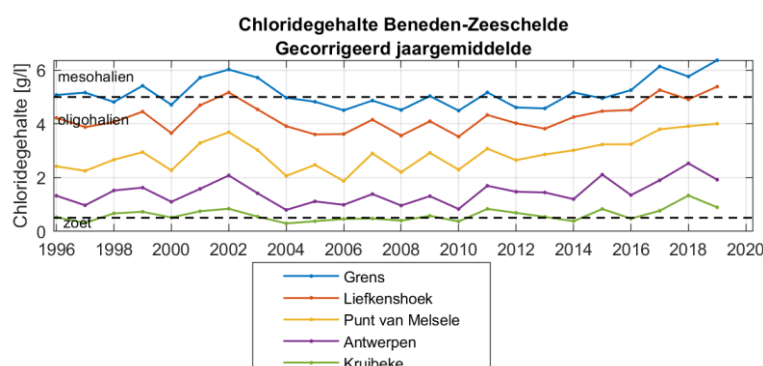
Figuur 3-64: Jaargemiddelde chloridegehalten in de Westerschelde

Er worden bij alle stations in de Beneden-Zeeschelde in 2018 en/of 2019 de hoogste jaargemiddelde chloridegehalten gemeten sinds het begin van deze dataset in 1996 (Figuur 3-65). Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat door de drie opeenvolgende droge jaren met lage bovenafvoer (2017-2019) het systeem niet de kans heeft gekregen om naar een lager chloridegehalte te geraken. De fluctuaties van jaar tot jaar in chloridegehalte werden al grotendeels verklaard worden door schommelingen in de jaargemiddelde bovenafvoer (IMDC, 2017a; T2015 Consortium, 2018a). Figuur 3-66 toont daarom het jaargemiddelde chloridegehalte gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met het jaargemiddeld afvoerdebiet in Schelle.

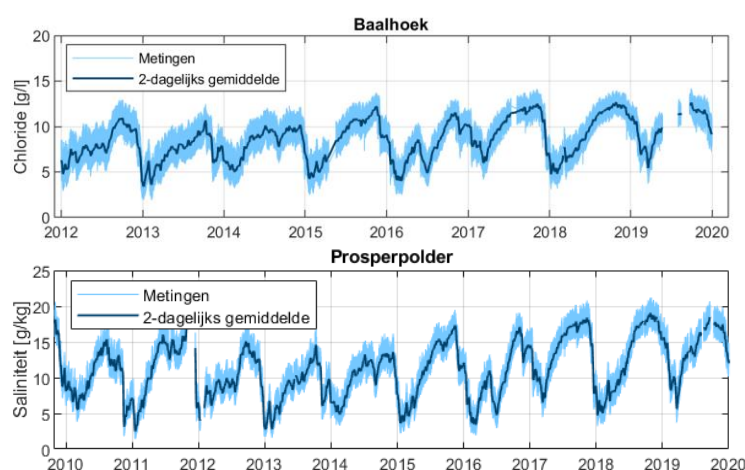


Figuur 3-65: Jaar- en seizoengemiddelde chloridegehaltes Beneden-Zeeschelde.

Op de lange termijn is er enkel bij Punt van Melsele sprake van een significante toenemende trend in de gecorrigeerde chloridegehaltes. Bij de overige meetstations is er geen significante trend, wanneer de volledige meetperiode 1996-2019 wordt beschouwd. Wel wordt op basis van de trendbreukanalyse een verhoogd chloridegehalte vanaf 2015 vastgesteld bij alle meetlocaties in de Beneden-Zeeschelde. Bij stations Antwerpen en Kruibeke is in 2019 wel een daling van het chloridegehalte zichtbaar ten opzichte van de hoge waarde in 2018 voor zowel het jaar- als gecorrigeerde jaargemiddelde.



Figuur 3-66: Jaargemiddeld chloridegehalte in de Beneden-Zeeschelde, gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met de bovenafvoer.



Figuur 3-67: Continue metingen chloridegehalte bij Baalhoek in de Westerschelde (boven) en continue saliniteit bij Prosperpolder in de Beneden-Zeeschelde (onder). Lichtblauwe lijn: continue metingen. Donkerblauwe lijn: lopend gemiddelde met een venster van 2 dagen.

Naast periodieke metingen werden ook continue metingen geanalyseerd bij verschillende locaties in de Westerschelde (chloride) en Beneden-Zeeschelde (saliniteit)

(Figuur 3-67). Door de relatief korte duur van de metingen in de Westerschelde kunnen geen conclusies getrokken worden over de langetermijntrends vanaf vóór de derde verzuiming. Echter, is voor de periode vanaf 2012 wel een stijgende trend aanwezig voor de locaties Overloop van Hansweert en Baalhoek. Ook in deze continue metingen zijn duidelijk de hoge waarden van chloridegehalte in 2017-2019 zichtbaar. Daarnaast is met name bij Baalhoek in de Westerschelde zichtbaar dat in de winter van 2017 en 2019 (eind 2016/2018, begin 2017/2019) het chloridegehalte hoog blijft in vergelijking met eerdere jaren. Dit draagt sterk bij aan het hoge jaargemiddelde chloridegehalte in 2017 en 2019. Ook bij meetstation Prosperpolder in de Beneden-Zeeschelde is de saliniteit in 2017 tot en met 2019 hoog in vergelijking tot eerdere jaren en is sprake van een stijgende trend. Bij stations Oosterweel Boven en Hemiksem zijn tevens toenemende trends aanwezig. Bij de overige meetstations in de Beneden-Zeeschelde is de gemeten tijdreeks erg kort voor een trendanalyse.

3.4.5 Kwaliteit van de waterbodem

Bij de tests van de waterbodemkwaliteit in de Westerschelde werden de afgelopen jaren geen overschrijdingen van de normen om sediment terug te storten gemeten. Dit is al sinds 2007 het geval. In de Beneden-Zeeschelde werden bij de tests de afgelopen twee jaren drie overschrijdingen van de normen om sediment terug te storten gemeten. In 2018 was dit het geval bij “MT42 Drempel van Lillo - rode kant”, maar dit was slechts voor 1 parameter en de overschrijding was lager dan 50%, dus verspreiding was toegestaan. In 2019 werden twee normoverschrijdingen waargenomen, één bij “MT-53 Drempel van Krankeloon - groene kant”, maar onder de 50% overschrijdingsdrempel, waardoor verspreiding was toegestaan. Bij de meting bij MT61 (Zeesluis Wintam – afwaarts) werd in 2019 ook een overschrijding gemeten, namelijk boven de 50% voor PAK10. Na een heranalyse werd geen overschrijding meer vastgesteld, waardoor verspreiding was toegestaan. Alle gebaggerde sedimenten konden dus worden teruggestort, zoals werd verwacht in het MER.

3.5 Fauna

In het deel Fauna wordt de toestand en evolutie van de gunstige staat van instandhouding besproken van relevante soorten die voorkomen in de Westerschelde. Specifiek wordt er gekeken naar benthos, watervogels, broedvogels en zeehonden. Een uitgebreider overzicht van alle soorten staat in het analyserapport.

3.5.1 Macrozoöbenthos

De voor de benthosanalyse beschikbare gegevens betreffen densiteit en biomassa (versgewicht) van schelpdieren (WOT; 1992- 2019) en totale benthos (incl. schelpdieren) biomassa (asvrij drooggewicht) in de Westerschelde (MWTL; 1992-2018). De MWTL data van 2019 kon niet tijdig aangeleverd worden en is niet in het rapport opgenomen.

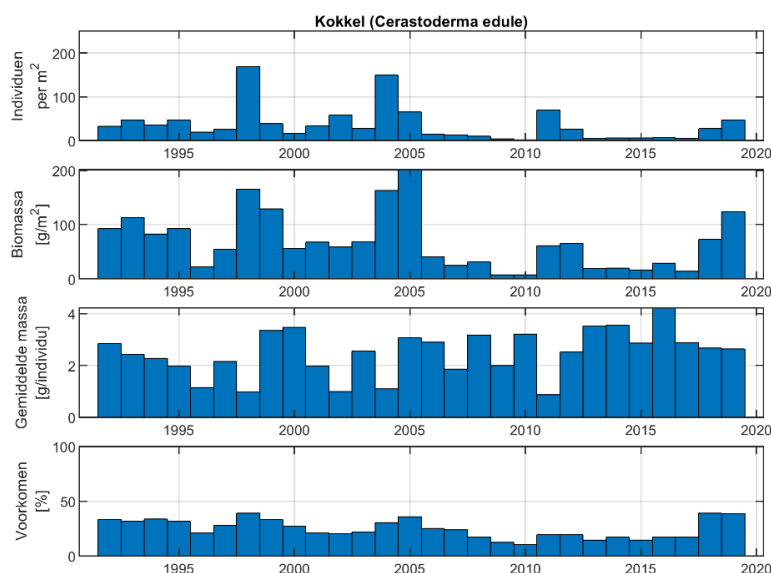
Voor de schelpdierdata focust de analyse op de (gewone) kokkel *Cerastoderma edule* en het nonnetje *Limecola balthica*. De beoordeling gebeurde op het niveau ‘plaatcomplex’. De benthosdata (biomassa en soortenrijkdom) werden ook geanalyseerd per ecotoop en per zone (west, midden, oost).

3.5.1.1 Schelpdieren

De dynamiek in de kokkelpopulatie is groot, zowel in de Westerschelde als in de Oosterschelde en de Waddenzee. Sinds 1992 vertoont de kokkel een dalende trend in de Westerschelde, met densiteitspieken (broedvallen) in 1998, 2004 en 2011, steeds gevolgd door een verdere gestage daling in densiteit. In 2018 heeft zich opnieuw een kleine

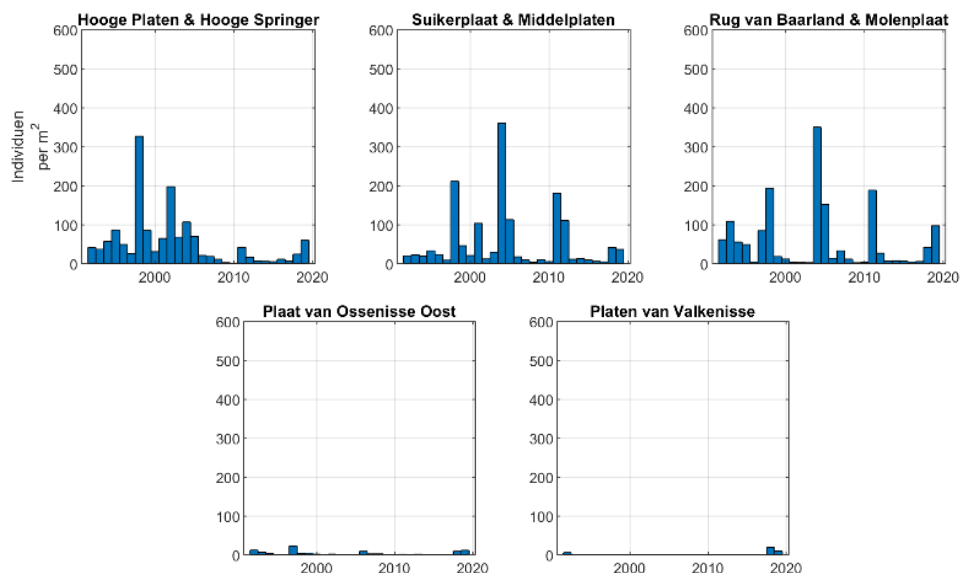
broedval voorgedaan (Figuur 3-68). Een goede broedval komt sinds de start van de metingen typisch om de 6 à 8 jaar voor in de Nederlandse kustwateren (Troost, 2018). Door het uitblijven van een broedval van betekenis blijft het bestand in de Westerschelde onveranderd laag (Troost *et al.*, 2017). Grote schommelingen in het kokkelbestand worden daarnaast ook veroorzaakt door predatie in het larvale stadium en door strenge winters waarin grote sterfte kan optreden (Troost *et al.*, 2012; van der Heide *et al.*, 2014; CBS *et al.*, 2017). De kans op een goede broedval zou na strenge winters groter zijn, zoals na de strenge winter van 1996 en 2011 (Beukema, 1992 in Troost *et al.*, 2012). De broedval van 2018 en 2019 kan echter niet gelinkt worden aan een strenge winter. In de zomer van 2018 werd bovendien een extreem hoge sterfte waargenomen onder kokkels, waarschijnlijk als gevolg van de lange hittegolf in juli en augustus van dat jaar (Troost, 2018; Troost en van Asch, 2018). Het is heel goed mogelijk dat door klimaatveranderingen vaker van dit soort hittegolven gaan voorkomen. Ten slotte hangt volgens de T2015 rapportage de afname van het aantal kokkels en mossels mogelijk ook samen met de opkomst van de Japanse oester, op basis van kennis van de Oosterschelde. Uit recente metingen blijkt echter dat het areaal aan oesters in de Westerschelde nog steeds erg gering is (van den Ende *et al.*, 2020).

In het algemeen is de gemiddelde massa per individu lager op de jaren met densiteitspieken waarna de massa opnieuw toeneemt. Bij een succesvolle broedval zijn er immers opnieuw veel kleine kokkels aanwezig, gevolgd door jaren met minder, maar grotere (meerjarige) kokkels.



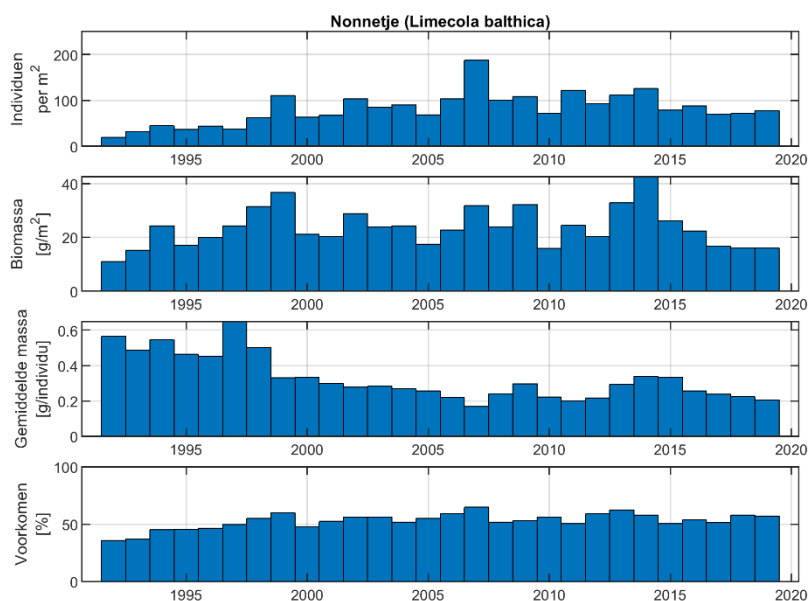
Figuur 3-68: Temporele evolutie van de totale densiteit, en biomassa, massa per individu en voorkomen van kokkels in de gehele Westerschelde tussen 1992 en 2019 op basis van de WOT-data.

Uit de verspreiding van kokkels ter hoogte van de platen tussen 1998 en 2019 wordt duidelijk dat kokkels steeds minder voorkomen op Hooge Platen (Figuur 3-69). In 2018, en vooral 2019 komen kokkels opnieuw vaker voor, al is de piek niet erg uitgesproken. In het oostelijk deel van het estuarium zijn kokkels afwezig, wat te maken heeft met de lagere zoutconcentraties. In 2018 en 2019 zijn er ter hoogte van Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse echter wel kokkels aangetroffen.

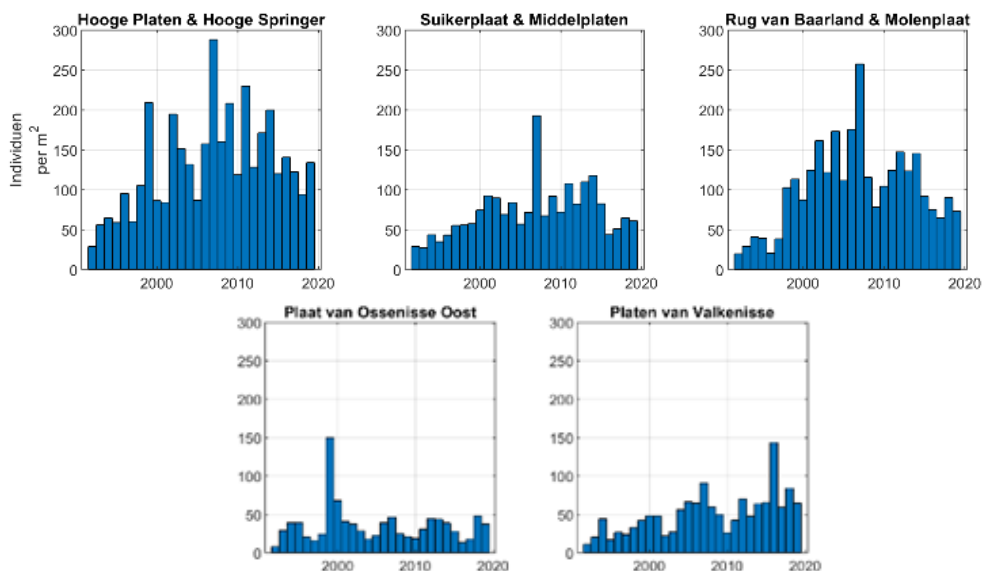


Figuur 3-69: Gemiddelde densiteit van kokkels op basis van WOT Kokkelsurvey, per plaat en jaar op basis van de WOT-data. Voor de biomassa en massa per individu wordt naar het datarapport verwezen.

Het nonnetje toont een positieve trend in de Westerschelde sinds de jaren '90 voor de densiteit en voorkomen, maar blijft sinds 2000 redelijk stabiel. De gemiddelde massa is afgenomen sinds eind jaren '90 (Figuur 3-70). In de periode 2017-2019 is er een lichte toename in de densiteit zichtbaar, terwijl de biomassa stabiel blijft. Ook voor de nonnetjes betekent dit dat er wellicht meer juvenielen aanwezig zijn. Nonnetjes komen wel voor in het oosten van de Westerschelde maar in beduidend lagere aantallen dan in het westen en midden. Voor deze schelpdieren is er sinds de afname in 2015 in densiteit en biomassa geen duidelijke evolutie op de meeste plaatcomplexen, terwijl er voordien nog een toename zichtbaar was (Figuur 3-71).



Figuur 3-70: Temporele evolutie van de totale densiteit, en biomassa, massa per individu en voorkomen van nonnetjes in de gehele Westerschelde tussen 1992 en 2019 op basis van de WOT-data.

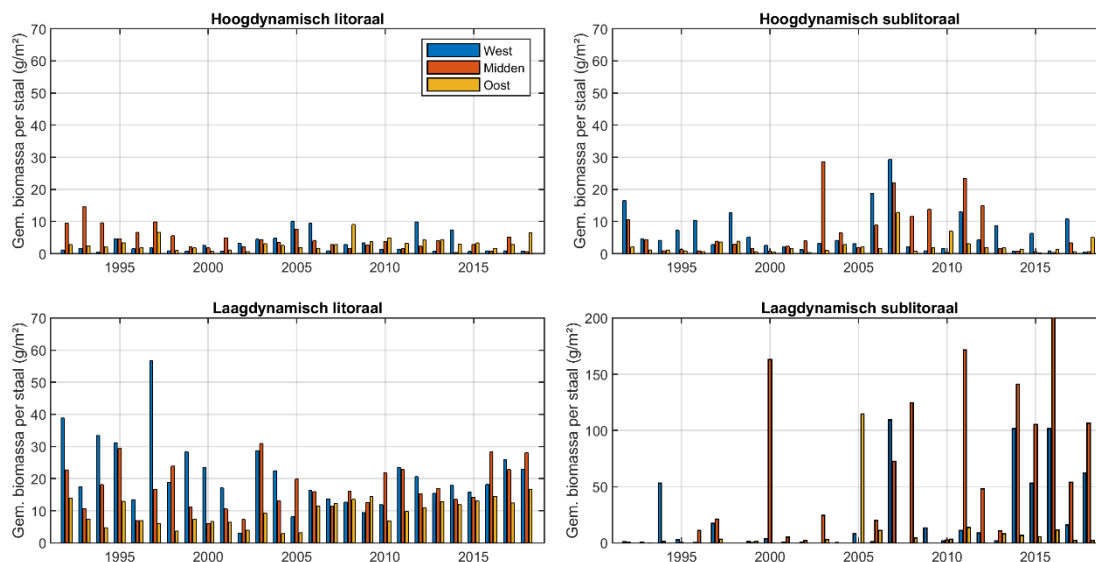


Figuur 3-71: Gemiddelde densiteit van nonnetjes op basis van WOT Kokkelsurvey, per plaat en jaar op basis van de WOT-data. Voor de biomassa en massa per individu wordt naar het datarapport verwezen.

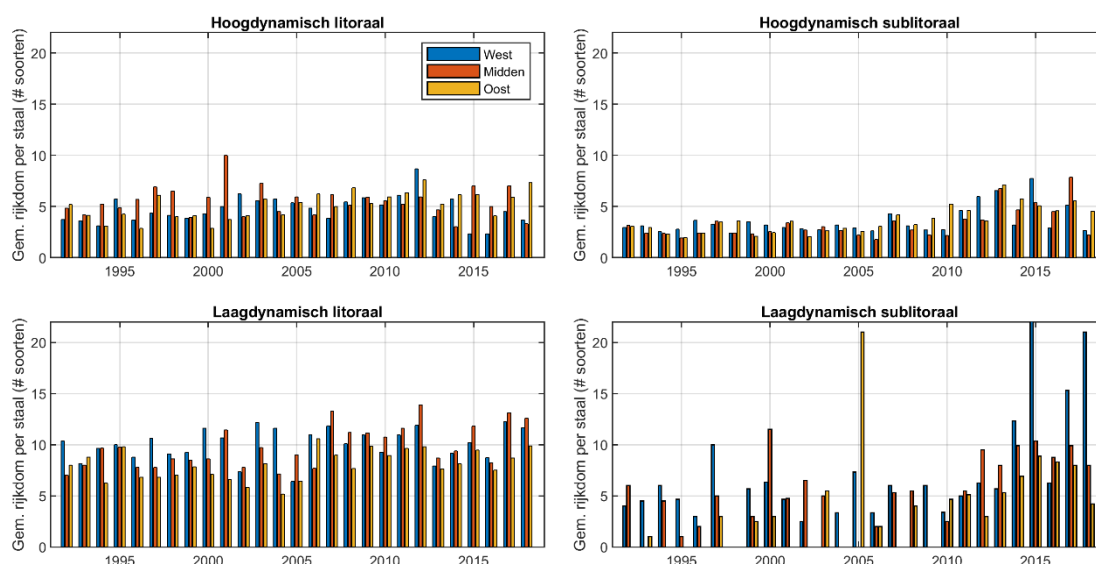
3.5.1.2 Benthos

De grootste gemiddelde biomassa en soortenrijkdom wordt aangetroffen in het laagdynamisch litoraal van de Westerschelde. Uit het rapport Ecologische Validatie Plaatrandstortingen blijkt het belang van de laagdynamische plaatdelen (Schellekens en Vanagt, 2018a). Zo was er een andere soortensamenstelling van bodemdieren, was er meer biomassa en grotere aantallen bodemdieren in laagdynamisch areaal en waren er meer vogels die foerageerden op het laagdynamisch litoraal. De meer dynamische zandbanken herbergen een geheel andere, minder rijke bodemfauna. Volgens onderzoek van Schellekens en Vanagt (2018b) wordt het verschil tussen ecotopen groter naarmate men hoger op de plaat zit, van laag- naar hooglitoraal. Verschillen per plaat per jaar zijn het grootst tussen slibrijk laagdynamisch en hoogdynamisch litoraal. Slib is daarmee een sterk onderscheidende variabele om de grootte van het verschil tussen hoog- en laagdynamisch litoraal aan te geven. Ook door de relatieve stabiliteit van het laagdynamisch areaal ten opzichte van hoogdynamisch areaal, krijgen onder andere schelpdieren een grotere mogelijkheid om zich voor langere duur te vestigen.

De tijdreeksen van biomassa benthos en soortenrijkdom (per ecotoop opgedeeld, en volgens de opdeling west-midden-oost, Figuur 3-72 en Figuur 3-73) vertonen geen significante trends. Er wordt wel vaker een hogere waarde bemonsterd in het laagdynamisch sublitoraal, dan in de andere beschouwde ecotopen, maar het aantal stalen is te laag om hieruit conclusies te trekken. Grote pieken in het sublitoraal zijn waarschijnlijk toe te schrijven aan de lokale aanwezigheid van schelpdierbanken.



Figuur 3-72: Temporele evolutie per ecotoop van gemiddelde biomassa per deelgebied van de Westerschelde tussen 1992 en 2018. Bemerkt de verschillende verticale schaal bij het laagdynamisch sublitoraal.



Figuur 3-73: Temporele evolutie per ecotoop van de gemiddelde soortenrijkdom per staal voor de drie deelgebieden van de Westerschelde tussen 1992 en 2018.

3.5.2 Vogels

De Westerschelde herbergde rond de eeuwwisseling meer dan 200 000 **watervogels** maar deze aantallen zijn drastisch afgenomen tot een seizoensmaximum van 120 000 in 2018 (Hoekstein *et al.*, 2020). De Westerschelde is een wetland van internationaal belang, gezien er voor heel wat soorten meer dan 1 % van de wereldwijde populatie in het Schelde-estuarium voorkomt (Ysebaert *et al.*, 2000).

In het mondingsgebied en de polyhaliene zone van de Westerschelde komen veel steltlopers voor. In de mesohaliene zone speelt het Verdrongen Land van Saeftinghe (ruim 3300 ha) een bijzondere rol voor eenden en ganzen, als een uitgebreid foerageergebied en rustplaats. In dit syntheserapport wordt gefocust op de steltlopers, aangezien voornamelijk deze groep rechtstreekse impact kan ondervinden van

morfologische veranderingen in hun foerageergebied. Voor de bespreking van de trends voor de andere soorten wordt verwezen naar het datarapport. Door een wijziging in het MWTL telprogramma sinds 2013 wordt er gebruikt gemaakt van de analyses van het Sovon Vogelonderzoek. Hierbij dient te worden opgemerkt dat deze tellingen gebruik maken van steekproefgebieden die ca. 20% uitmaken van het hele gebied. Bovendien wordt er niet elke maand geteld. Hooge Platen wordt wel meegenomen in de tellingen, andere platen niet.

In het Deltagebied broeden ook nationaal en internationaal belangrijke populaties van diverse soorten **kustbroedvogels**. Vooral voor de sternsoorten (dwergstern, grote stern, visdief) is de Westerschelde van groot belang aangezien de Hooge Platen een belangrijk broedgebied vormt. In dit syntheserapport worden enkel relevante soorten die afhankelijk zijn van de Westerschelde opgenomen; voor de bespreking van andere broedvogels wordt verwezen naar het datarapport.

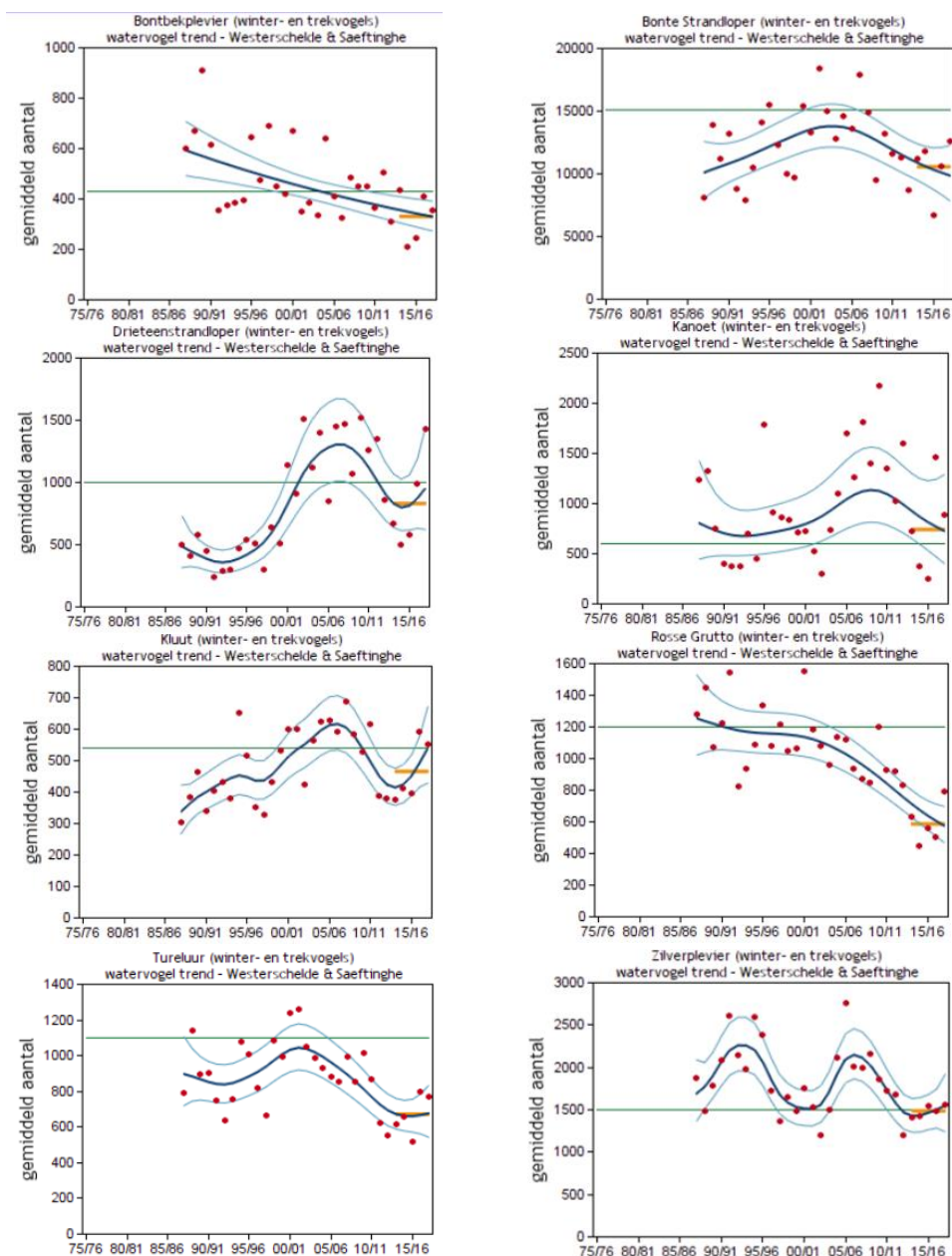
Ten slotte werd een analyse uitgevoerd naar het potentieel foerageergebied voor steltlopers op de platen aan de hand van droogvalpercentages in het laagdynamisch litoraal tussen de 30 % en 70 %. Het is immers niet voldoende dat het voedsel voor de steltlopers aanwezig is; de steltlopers moeten het ook kunnen bereiken. Alleen wanneer de platen bijna droogvallen kunnen de steltlopers foerageren.

3.5.2.1 Niet-broedvogels

Uit de analyse van de niet-broedvogels volgt dat er in de Westerschelde voor heel wat soorten een negatieve trend in de populatieomvang bestaat, die veelal reeds ingezet was voor de verruiming, in sommige gevallen al in de jaren '80, zoals bij de bontbekplevier en strandplevier. Ook internationaal nemen de meeste populaties af, hoewel de evolutie van een heel aantal populaties onbekend is en in bepaalde regio's de populaties toenemen (BirdLife International, 2018). Desalniettemin kan niet ontkend worden dat de afname van de vogelpopulatie een feit is. Dit wordt ook bevestigd door de recente analyse van Hoekstein *et al.* (2020): sinds een piek rond de eeuwwisseling is het aantal vogeldagen van watervogels bijna gehalveerd in de Westerschelde. Na een dieptepunt in 2014/2015 is het huidige seizoengemiddelde weer iets hoger maar nog steeds beduidend lager dan voorheen. De grootste stijger is de bergeend. In de maand augustus is de Westerschelde het belangrijkste ruigebied van deze soort in het Deltagebied.

De steltlopers, een belangrijke groep voor het estuarium, kennen overwegend een langdurige negatieve trend, al is er in de recente jaren een lichte toename geconstateerd voor enkel soorten zoals de drieteenstrandloper, kanoet en kluut (Figuur 3-74). Deze soorten behalen bovendien opnieuw de instandhoudingsdoelstellingen (Tabel 3-10). Ook de tureluur kent opnieuw een toename in populatie tijdens de voorbije 2 seizoenen. Het is echter te vroeg om te bepalen of deze toename zich ook op lange termijn verderzet.

Op basis van Van der Winden *et al.* (2017) en het onderzoek van Sovon werd ook de algemene trend in het Deltagebied en in Nederland vergeleken met de trends in de Westerschelde. Hieruit blijkt dat voor enkele soorten (o.a. bontbekplevier en kanoet) de aantallen in het Deltagebied en de Westerschelde dalen terwijl er op nationaal niveau net een stijging merkbaar was tijdens dezelfde periode. Voor enkele soorten zijn er ook afnames van aantallen op te merken in de Westerschelde die zich niet voordoen in het Deltagebied (o.a. bonte strandloper, rosse grutto, en zilverplevier) (Figuur 3-74). Mogelijk is er sprake van een (gedeeltelijke) herverdeling van de vogels over het Deltagebied en Nederland (T2015 Consortium, 2018a). Onder de Ramsar Conventie (Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat) zijn numerieke criteria geformuleerd voor een wetland van internationale betekenis. Van de beschouwde vogelsoorten voldeed er geen enkele aan de Ramsar norm.



Figuur 3-74: Evolutie van de seizoengemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **steltlopers** in de Westerschelde. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandhoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS).

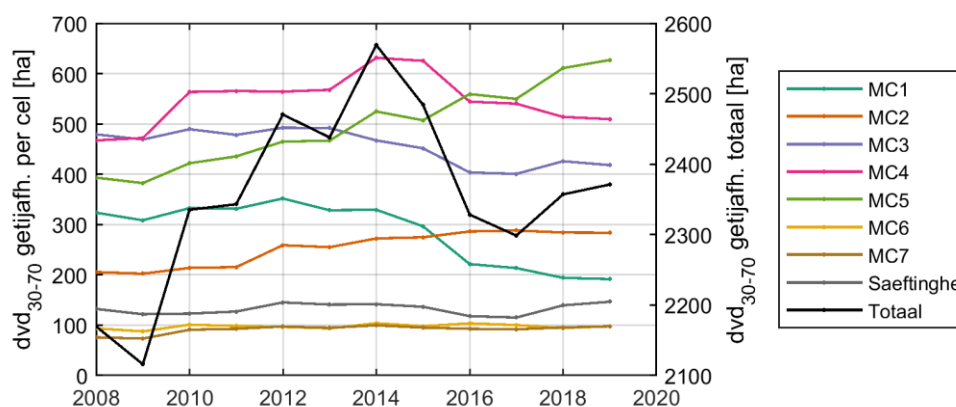
Lokale veranderingen in de Westerschelde zullen de geschiktheid als leef- of foerageergebied voor niet-broedvogels in belangrijke mate beïnvloeden. Ten eerste is de toenemende recreatie in de Westerschelde een gegeven dat voor veel verstoring van vogels zorgt (Hoekstein *et al.*, 2020). Ten tweede is zowel kwantiteit als kwaliteit bepalend voor de geschiktheid van de Westerschelde als leefgebied voor de niet-broedvogels, en kan dit per soort variëren. Enkele algemene ontwikkelingen die worden waargenomen, kunnen wel worden doorvertaald naar leefgebied. Uit onderzoek van Vanoverbeke en Van Ryckegem (2015) blijkt dat het aantal foeragerende steltlopers toeneemt met het areaal laagdynamisch litoraal en met een toenemende spreiding in droogvalduren binnen de laagdynamische zone.

De droogvalduur werd geanalyseerd om te bekijken of er zich veranderingen hebben voorgedaan aan het potentieel van foerageergebied in de Westerschelde. Het potentieel foerageergebied voor steltlopers wordt hier gedefinieerd als laagdynamisch litoraal met droogvalduur tussen 30 % en 70 %. Er werd een geleidelijke stijging van het potentieel foerageerareaal geconstateerd in de totale Westerschelde van 2009-2014, gevolgd door een daling van 2014-2017. In 2018 en 2019 neemt het foerageerareaal echter opnieuw toe (Figuur 3-75).

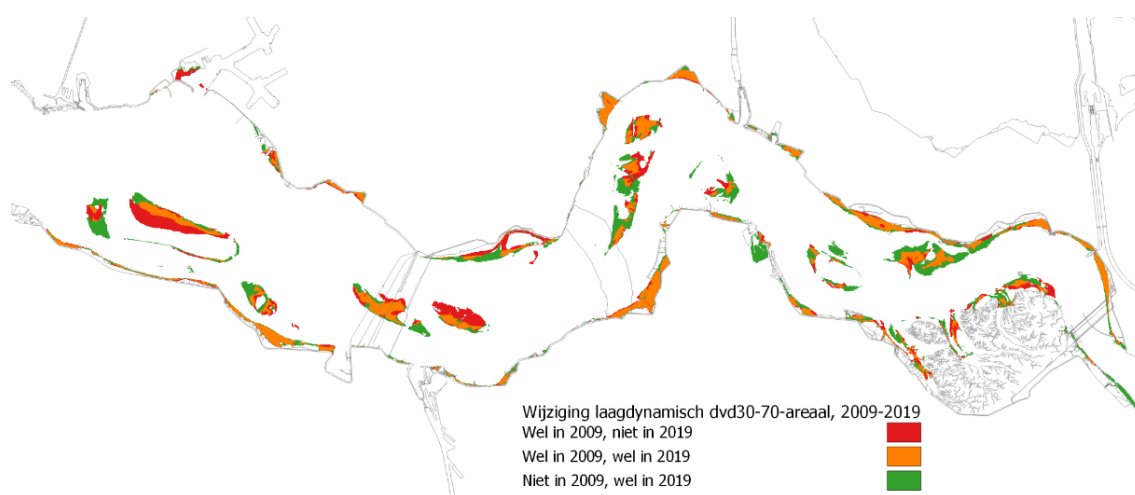
Tabel 3-10: Vergelijking seizoensgemiddeldes (juli jaar n – juni jaar n+1) van niet-broedvogels in de Westerschelde met Natura 2000 IHD (onder de norm: rood; boven de norm: groen)

Soort	Natura 2000 IHD	Seizoensgemiddelde juli-juni versus Natura 2000 IHD								
		'09/'10	'10/'11	'11/'12	'12/'13	'13/'14	'14/'15	'15/'16	'17/'18	'18/'19
Bontbekplevier	430	448	363	503	309	434	211	245	411	354
Bonte strandloper	15100	13242	11578	11291	8678	11205	11774	6680	10563	12587
Drieteenstrandloper	1000	1519	1256	1353	856	668	496	578	986	1428
Goudplevier	1600	373	638	374	316	279	74	180	205	143
Groenpootruiter	90	66	76	53	52	44	43	42	64	40
Kanoet	600	2180	1346	1030	1599	724	374	256	1467	891
Kievit	4100	1234	3306	2437	2290	3427	1684	2648	1356	1419
Kluut	540	529	616	386	378	378	410	397	594	551
Rosse grutto	1200	1203	925	923	834	633	449	557	508	789
Scholekster	7500	7138	6678	6250	6782	7370	6604	6495	6528	6923
Strandplevier	80	13	12	10	12	11	2	8	4	5
Tureluur	1100	1013	866	624	554	619	659	515	796	773
Wulp	2500	3323	3769	3343	3242	3793	3355	3141	3676	3736
Zilverplevier	1500	1864	1731	1675	1206	1417	1422	1544	1484	1565
Zwarte ruiter	270	122	90	96	65	79	69	86	59	38

Ruimtelijk gezien (Figuur 3-76) is in macrocel 1 in de periode 2009-2019 zichtbaar dat door het uitbreiden en verhogen van de Hooge Platen Noord nieuw potentieel foerageergebied is ontstaan aan de noordrand van de plaat (groene kleur), maar dat er tegelijk een veel groter gebied is verdwenen ten zuiden hiervan, meer op de plaat (rode kleur); dit ligt nu hoger dan de 70%-droogvalduur. Netto gezien is er het areaal tussen 30 en 70 % droogvalduur dus afgenomen. Op Hooge Platen West is het potentieel foerageergebied uitgebreid naar het zuiden en noorden, terwijl het centrale gedeelte is verhoogd. In macrocel 3 is een afname van het potentieel foerageergebied zichtbaar door ophoging ter hoogte van de Middelpaalt, terwijl er ter hoogte van de Rug van Baarland in macrocel 4 voornamelijk areaal is toegenomen. In macrocel 5 is de toename het sterkst. Hier is het laagdynamisch areaal met 30-70 % droogvalduur op de Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse sinds 2009 duidelijk toegenomen. Op andere locaties in de Westerschelde hebben de veranderingen zich over kleinere gebieden voorgedaan.



Figuur 3-75: dvd₃₀₋₇₀-laagdynamisch areaal berekend op basis van veranderende waterstanden, per macrocel.



Figuur 3-76 Wijzigingen droogvalduurareaal tussen 2009 en 2019.

De toename in potentieel foerageergebied vindt dus voornamelijk in het oosten van de Westerschelde plaats, terwijl steltlopers voornamelijk voorkomen in het westelijke, zoute gedeelte. Hier neemt het potentieel foerageergebied met een droogvalduur tussen 30 en 70% af en kennen ook de kokkels, een belangrijke voedselbron, een achteruitgang. Het ophogen, wanneer dat in een verder stadium leidt tot omzetting van laagdynamisch areaal naar pionierschor en uiteindelijk schor (zoals op Hooge Platen), heeft als resultaat dat het foerageerareaal afneemt.

Er moet worden opgemerkt dat er grote verschillen bestaan tussen steltlopers en hun ideale foerageergebied. De kleine steltlopers, zoals de drieteenstrandloper en de bontbekplevier, stellen in vergelijking met de grote steltlopers veel hogere eisen aan een gebied qua foerageertijd (Bouwmeester, 2014; Vanoverbeke en Van Ryckegem, 2015). Daarmee kunnen de kleine steltlopers fungeren als signaalsoorten. Wanneer er veel kleine steltlopers foeragerend gezien worden in een bepaald gebied, dan betekent dit, dat dit gebied een zeer waardevolle plek is voor steltlopers. De grote soorten hebben minder foerageertijd nodig en kunnen daardoor in veel meer gebieden voorkomen. Vanoverbeke en Van Ryckegem (2015) stellen dat het belang van oppervlakte laagdynamisch litoraal onafhankelijk is van de grootte van de foeragerende steltlopers. In tegenstelling tot de oppervlakte is de nood aan voldoende spreiding in droogvalduren in de laagdynamische zones wel afhankelijk van de grootte van de soorten. Hun analyse bevestigt dat vooral kleine soorten steltlopers (< 0,5 kg) gevoelig zijn voor de spreiding in droogvalduren. De spreiding in droogvalduur zorgt ervoor dat er zowel een lange

periode als een gelijkmatige oppervlakte beschikbaar is van hoog kwalitatief foerageergebied tijdens een op- en afgaand getij. Onderbrekingen, ongelijkmatigheden in spreiding of het verkorten van de droogvalduurgradiënt zullen een duidelijk effect hebben op de habitatgeschiktheid voor steltlopers.

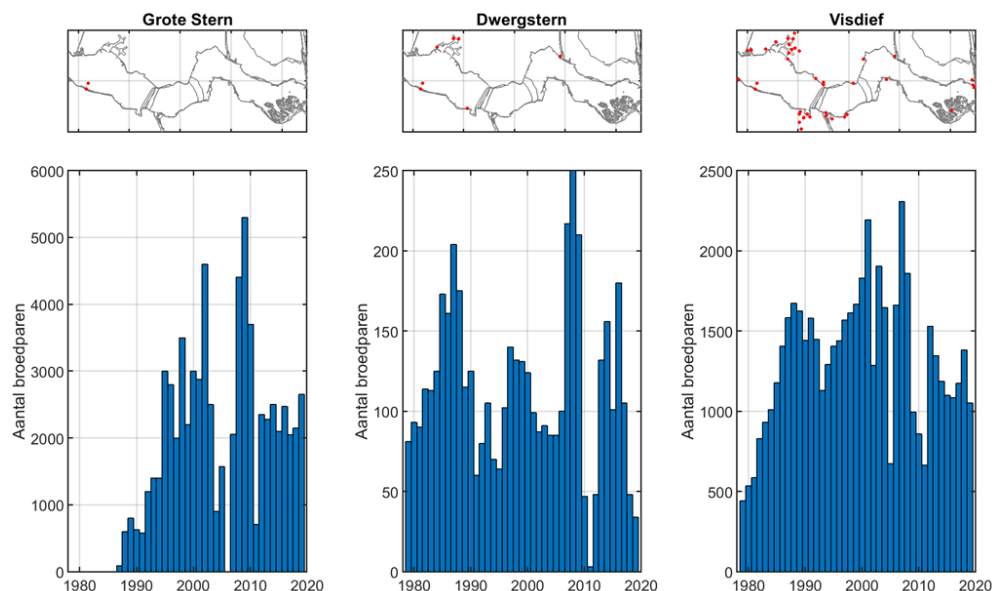
Het omzetten van bijkomend of nieuw laagdynamisch areaal vergt bovendien ook een kolonisatie van de gebieden alvorens ze nuttig kunnen worden ingezet als foerageergebied voor benthivore vogels. Deze ontwikkelingen worden in detail bestudeerd binnen de opdracht Ecologische Validatie Plaatrandstortingen (Schellekens en Vanagt, 2018). Uit dit rapport blijkt dat laagwatertellingen duidelijk maken dat er op elke plaat beduidend meer gefoerageerd wordt op laagdynamisch litoraal dan op het hoogdynamisch litoraal. Er kon echter niet vastgesteld worden dat het verschil in vogelbezoeken een direct gevolg is van het beschikbare voedsel. Voedsel lijkt niet de beperkende of bepalende factor voor vogelbezoek. Mogelijk zijn, naast verstoring, de fysische factoren die ecotopen vormen (beschutting, sediment, golfslag) van grotere invloed op vogelbezoek.

Ten slotte wordt in het T2015 rapport eveneens een mogelijke link gelegd tussen de ontwikkeling van de niet-broedvogels en klimaatverandering (T2015 Consortium, 2018c). Soorten die tot nu toe al overwegend ten noorden van Nederland overwinteren, gebruiken Nederland steeds minder vaak als overwinteringsgebied. Soorten die aanvankelijk vooral ten zuiden van Nederland overwinterden, zijn juist sterk in aantal toegenomen. Ook het moment waarop doortrekkende vogels aankomen verschuift. Binnen Nederland is bij enkele steltlopersoorten een verschuiving te zien van de delta naar de Waddenzee. De relatief milde winters in de afgelopen jaren kunnen een verklaring zijn voor de kleinere aantallen steltlopers: er waren weinig grootschalige vluchten van vogels uit het Waddengebied of andere noordelijker gelegen gebieden die vanwege strenge vorst naar de delta uitweken.

3.5.2.2 Broedvogels

De **grote stern** is sinds eind jaren '80 opgekomen in de Westerschelde, toen ook op Deltapopulatie-niveau een toename werd ingezet. Hun voorkomen is beperkt tot de Hooge Platen. In het verleden fluctueerde het aantal broedparen in de Westerschelde, maar sinds 2012 is het aantal broedparen van de grote stern stabiel, waarmee deze kolonie een derde tot de helft van de Deltapopulatie vormt (Figuur 3-77). In 2018 en 2019 nam het aantal broedparen van de **dwergstern** opnieuw beduidend af na enkele jaren van herstel. De afname sinds 2013 doet zich voor in het hele Deltagebied. De Hooge Platen vormen de laatste jaren de belangrijkste broedplaats in de Westerschelde. Ook de **visdief** gaat opnieuw achteruit in de Westerschelde en het Deltagebied sinds 2012, na een aanzienlijke groei in de 2 decennia ervoor, hoewel de aantallen in 2018 opnieuw stegen. Tussen 2014-2016 is de visdief niet meer waargenomen in het Land van Saeftinghe, in 2017 werden er opnieuw 60 paren geteld en in 2018 enkele tientallen paren, maar in 2019 is de soort hier opnieuw verdwenen.

De grote stern en visdief halen in geen enkel jaar binnen de periode 2014-2019 de IHD. De dwergstern kent een sterke terugval in 2018 en 2019 waardoor de IHD niet meer gehaald wordt (Tabel 3-11).



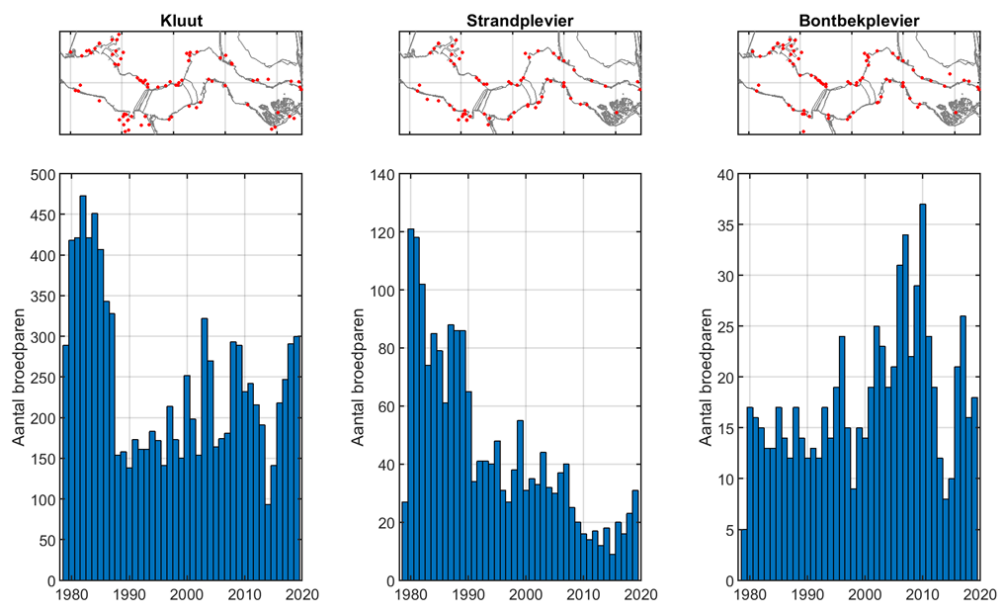
Figuur 3-77: Ontwikkeling van het aantal broedparen van sterns tussen 1979 en 2019

Belangrijke ontwikkelingen voor de sterns zijn de mogelijke broedplaatsen, en de mogelijkheid tot jagen. De dwergstern en visdief zijn afhankelijk van foerageerplaatsen vlakbij hun broedplaats, terwijl de grote stern eerder in de Voordelta en de monding van de Westerschelde zal jagen. In het westen van de Westerschelde behoort Hooge Platen tot één van de belangrijkste broedplaatsen voor grote stern, visdief en dwergstern naast de kokmeeuw en zwartkopmeeuw. De westelijke duinen van de Hooge Platen zijn de voorbije jaren echter sterk afgeslagen en het overspoelingsrisico is er toegenomen. Deze veranderingen kunnen dan ook een negatieve invloed hebben op de broedgelegenheid voor sterns. Daarnaast heeft ook het verdwijnen van ondieptes en luwe zones met relatief geringe stroomsnelheden mogelijk een negatieve invloed, gezien deze een kraamkamer voor vis zijn en daarmee een geschikt foerageergebied. Ook predatie door vossen vormt een probleem, onder meer in het Verdrongen Land van Saeftinghe, en competitie voor broedplaatsen met meeuwen.

Na een dieptepunt van het aantal broedparen van de **kluut** in 2014 was er in 2018 en 2019 een verdere toename zichtbaar (Figuur 3-78). Ook de **bontbekplevier** kende na een groei van de populatie een dieptepunt in 2014. In 2018 is het aantal broedparen weer afgenomen ten opzichte van 2017, mogelijk veroorzaakt door extra sterfte onder volwassen broedvogels tijdens een late vorstinvall eind februari 2018. Ook de instandhoudingsdoelstellingen worden de laatste jaren opnieuw gehaald bij beide soorten (Tabel 3-16). De **strandplevier** kent zowel op niveau van de Westerschelde als de Delta een sterke terugval sinds de jaren '80. Gezien de negatieve trend is het verrassend dat er in 2019 in het Deltagebied 135 broedparen werden geteld, het hoogste jaartotaal sinds 2012. Ook op niveau van de Westerschelde lijkt er sinds 2015 een licht positieve trend te bestaan na een decennialange afname. Bij deze soorten speelt de verstoring door recreatie en de successie van vegetatie een grote rol. De instandhoudingsdoelstellingen zijn in de periode 2014-2019 niet meer behaald.

Langs de Westerschelde zijn er de laatste jaren op verschillende plaatsen natuurontwikkelingsprojecten geweest die potentieel bieden als broedplaats, waar soorten als plevieren en kluten van hebben geprofiteerd (Lilipaly *et al.*, 2020). Met het verouderen van natuurontwikkelingsgebieden kunnen ze echter ongeschikt worden, waardoor ook plevieren en kluten weer verdwijnen indien er geen gepaste beheersmaatregelen worden genomen (Arts *et al.*, 2018; T2015 Consortium, 2018b). Ook verstoring door recreatie en het aanleggen van wegen op dijken maakt broedplaatsen

minder geschikt. Er is niet altijd een verklaring waarom een broedplaats het ene jaar wel en het ander jaar niet of minder wordt bezocht. Ook externe invloeden (grootschalige trends) spelen een grote rol.



Figuur 3-78: Ontwikkeling van het aantal broedparen van steltlopers tussen 1979 en 2019

Tabel 3-11: Trends in aantallen broedparen in de Westerschelde tussen 2014 en 2019 (inclusief Saeftinghe). Groen: Westerschelde streefdoel gehaald, Rood: Westerschelde streefdoel niet gehaald.

IHD regiodoel			Aantal broedparen					
Soort	Delta	WS	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bontbekplevier	100	10	8	10	21	26	16	18
Dwergstern	300	100	156	101	180	105	48	34
Grote stern	6200	2800	2500	2100	2472	2045	2151	2650
Kluut	2000	150	93	141	218	247	291	300
Strandplevier	220	40	18	9	20	16	23	31
Visdief	6500	1600	1187	1099	1084	1175	1382	1052
Zwartkopmeeuw	400	4	1220	260	646	1758	926	1565

3.5.3 Zeehonden

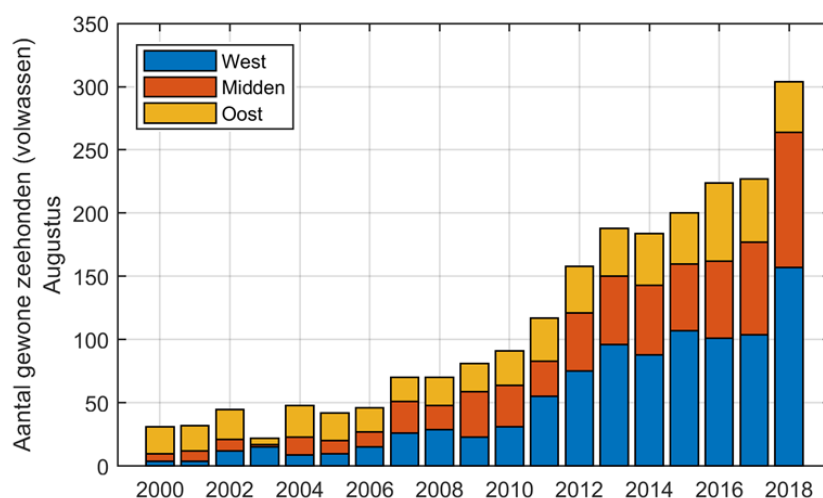
Zeehonden staan aan de top van de voedselketen en stellen kritische eisen aan hun habitat. Het gedetailleerd opvolgen van de aantallen en het reproductiesucces van de zeehonden is daarom een belangrijke maat voor de algehele ecologische kwaliteit van het estuarium.

Gewone zeehonden *Phoca vitulina* zijn bij laagwater in de Westerschelde hoofdzakelijk te vinden op droogvallende zandplaten met een steile rand langs vrij diep water. De grijze zeehond *Halichoerus grypus* geeft de voorkeur aan rotsige kusten bij open zee. De grijze zeehond is slechts recent teruggekeerd en wordt slechts sporadisch waargenomen in de Westerschelde.

In het kader van het MWTL meetplan (data 2009-2019) worden maandelijks tellingen van de zeehonden op platen uitgevoerd in de Westerschelde. Telkens wordt een systematische vlucht binnen één getij gevlogen, waarbij het aantal jonge en volwassen individuen per locatie geteld worden. De data werden geanalyseerd per deelgebied (west, midden, oost). Vanaf seizoen 2014/2015 worden geen vliegtuigtellingen meer uitgevoerd in september, oktober en november.

Uit de data in de Westerschelde, ook uit de augustustellingen, blijkt er een significante positieve trend te bestaan voor de populatie gewone zeehonden in alle deelgebieden van de Westerschelde (Figuur 3-79). Zeker tijdens het seizoen van 2018-2019, zijn de aantallen opnieuw sterk gestegen tot een recordaantal. Voornamelijk in het midden en westen zijn in 2018-2019 beduidend meer zeehonden geteld in vergelijking met vorige jaren. Ook de voortplanting in de Westerschelde blijft toenemen waardoor het aandeel pups in de laatste jaren tussen 15-20 % bedraagt. Meininger et al. (2003) geven aan dat in een stabiele populatie jaarlijks 12 % van de populatie uit jongen moet bestaan. Het aantal pups dat op dit moment jaarlijks in de Westerschelde wordt geboren is bijgevolg voldoende om de Westerscheldepopulatie van de gewone zeehond in stand te houden.

De hogere aantallen volwassen individuen worden voornamelijk geteld in het westelijk deel van de Westerschelde terwijl de hoogste aantallen jongen voornamelijk worden aangetroffen in het midden en de laatste jaren ook het oosten van de Westerschelde.



Figuur 3-79: Spatiotemporele evolutie van het aantal gewone zeehonden in de maand augustus in de Westerschelde tussen 2000 en 2018.

De resultaten van de MWTL data liggen in lijn met de algemene vooruitgang van de gewone zeehond in Nederland. In het Zeeuwse en Zuid-Hollandse Deltagebied is pas sinds eind jaren negentig sprake van een lichte groei en een herstel van de populatie, dankzij import uit onder andere de Waddenzee. Vanaf 2003 bedraagt het aantal gewone zeehonden in de Westerschelde meer dan 1 % van de Waddenzeepopulatie, en voldoen de aantallen bijgevolg aan het criterium beschreven in T2009 en T2015. Deze ontwikkeling heeft zich voortgezet en vooral vanaf 2012 is de populatie sterk verder gestegen, waardoor de populatie in de Westerschelde tegenwoordig zelfs 2,5% van de Waddenzeepopulatie bedraagt (T2015 Consortium, 2018a).

In de Westerschelde is er geen sprake van een populatie grijze zeehonden en deze wordt ook niet verwacht aangezien grijze zeehonden een voorkeur hebben voor rotsige kusten bij open zee. Sinds de zomermaanden van 2013 worden meer grijze zeehonden gespot, met opnieuw een stijging van de aantallen in seizoen 2017-2018 en 2018-2019. Ze werden voornamelijk in het westelijk deel van de Westerschelde aangetroffen. Er werden slechts 9 jonge grijze zeehonden aangetroffen in de Westerschelde tussen 2009 en 2019. Er is

dus geen sprake van een populatie grijze zeehonden in de Westerschelde. Ook in de rest van de Delta en in de Waddenzee neemt het aantal grijze zeehonden toe. Uit modelberekeningen blijkt dat deze groei niet alleen aan geboortes kan worden toegeschreven (Brasseur, 2017). Import van grijze zeehonden uit Groot-Brittannië blijkt nog steeds een grote rol te spelen in de populatieontwikkeling.

In het voedselweb worden bodemdieren gegeten door vissen die op hun beurt weer worden gegeten door zeezoogdieren zoals de zeehond. De verandering in ecotopen kan dus een effect hebben op het voedselaanbod voor de gewone zeehond. Mogelijk heeft de gewone zeehond geprofiteerd van de toename van bot in de Westerschelde, een belangrijke prooi-soort voor de gewone zeehond (T2015 Consortium, 2018c). Door het ontbreken van recente gegevens over de voedselsamenstelling van de zeehond in de Westerschelde is niet met zekerheid te zeggen of de ontwikkeling van de visstand in de Westerschelde van invloed is geweest op de ontwikkeling van de gewone zeehond in het gebied (T2015 Consortium, 2018a). Anderzijds is geweten dat zeehonden behoorlijke afstanden zwemmen voor hun voedselvoorziening en dat de populatiegroei vooral voortkomt uit de algemene toename van de Deltapopulatie.

4 Integrale discussie

4.1 Vooraf

In het voorgaande hoofdstuk van dit rapport werden de data die vallen binnen het kader van de voortgangsrapportage beknopt voorgesteld en besproken. Er werd nagegaan of er eventuele trends of trendwijzigingen aanwezig zijn doorheen de tijd, en er werden verklaringen gezocht voor de waargenomen ontwikkelingen. De data-analyse wordt meer in detail besproken in het bijhorende analyserapport (IMDC, 2020a).

In dit hoofdstuk wordt op basis van recente monitoring en resultaten uit relevante onderzoeken, uitspraken gedaan omtrent de effecten van de derde verruiming en het Flexibel Storten. In sectie 4.2 wordt ingegaan op de effecten van de verruiming, terwijl in sectie 4.3 naar de effecten van de stortstrategie wordt gekeken. Hierbij dient rekening gehouden te worden met (gekende) ontwikkelingen die reeds aan de gang waren voorafgaand aan het jaar 2010. Er wordt dus niet puur naar de evoluties van de jaren 2018 en 2019 gekeken; hierbij vormt de Voortgangsrapportage, die een tweejaarlijkse cyclus kent, een neerslag van voortschrijdend inzicht.

Een breed scala aan parameters zijn onderzocht en beschreven in de T2009 en T2015 rapporten (T2009 Consortium, 2013; T2015 Consortium, 2018a). Dit levert een kader waarbinnen de recente ontwikkelingen gezien dienen te worden. Daarnaast is de kennis aangaande de systeemwerking van het Schelde-estuarium toegenomen door de verschillende onderzoeken die uitgevoerd zijn, onder andere in het kader van de LTV V&T-studie 'Instandhouding Vaarpassen', de Agenda van de Toekomst, en andere.

Definitie van autonome ontwikkelingen

Een aantal van de gekende ontwikkelingen wordt in wat volgt als 'autonoom' omschreven. Er wordt op gewezen dat aan deze term niet de connotatie 'natuurlijk' wordt gegeven. Het Schelde-estuarium is namelijk reeds decennia onderhavig aan menselijke ingrepen waarop het systeem als geheel reageert. De opeenvolgende menselijke ingrepen en hun effecten cumuleren doorheen de tijd, wat als gevolg heeft dat de veranderingen in het systeem niet meer te beschouwen zijn als natuurlijke ontwikkelingen, maar ook niet voor de volle 100 % gedetermineerd zijn door het menselijk ingrijpen. Door de cumulatie zijn de effecten ook niet noodzakelijk aan een individuele ingreep toe te wijzen. De ingrepen zijn door de mens gestuurd, maar de gevolgen ervan zijn het resultaat van processen die fysisch of ecologisch van aard zijn. Met andere woorden: het systeem (re)ageert 'autonoom' binnen randvoorwaarden die door de mens zijn opgelegd.

Significantie van de effecten, correlatie, en causaliteit

De derde verruiming is niet de eerste ingreep in het Schelde-estuarium. Zaken die vandaag worden waargenomen zijn het resultaat van een combinatie van langetermijnontwikkelingen die decennia geleden gestart zijn, andere veranderingen zijn dan weer instantaan.

Sommige ingrepen kunnen als duidelijk startpunt van bepaalde latere ontwikkelingen aangeduid worden, maar meestal ijlen deze ontwikkelingen na, of worden ze verstoord door andere processen. Hierdoor kan het voorkomen dat de waargenomen correlatie tussen parameters pas duidelijk wordt op de lange termijn.

Op basis van verder onderzoek komen dan onderliggende processen aan het licht, en kunnen causale verbanden gelegd worden tussen voorbije ingrepen en waarnemingen.

Ondanks de grote systeemkennis is het soms lastig om recente waarnemingen te relateren met een specifieke ingreep door de eerder genoemde cumulatie van effecten,

maar ook omdat sommige onderliggende processen stochastisch van aard zijn. Men is dan vooral aangewezen op het vaststellen van correlatieve verbanden.

In dit rapport worden waar mogelijk, op basis van de gekende deterministische processen en expertenoordeel inzake andere processen, relaties met ingrepen gelegd. Deze zullen hoofdzakelijk correlatief van aard zijn met, waar dat redelijkerwijs kan, een aanduiding van potentiële causaliteit.

4.2 Effecten van de verruiming

4.2.1 Baggerwerken

De aanlegbaggerwerken voor de derde verruiming van de vaargeul van de Schelde werden grotendeels uitgevoerd in de periode 2008-2010 in de Beneden-Zeeschelde en in 2010 in de Westerschelde. Daarnaast worden ook onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd om de vaargeul op het gewenste peil te houden.

In de Westerschelde werd in 2010 een aanlegvolume van ca. 7,7 Mm³ sediment opgebaggerd en hoofdzakelijk op de vier plaatrandstortlocaties afgezet. Datzelfde jaar werden voor 5,7 Mm³ onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd. De onderhoudsvolumes in de Westerschelde blijven na de derde verruiming hoger dan daarvoor (9 Mm³ ten opzichte van 5,5 tot 7 Mm³), maar zijn lager dan de verwachte onderhoudsvolumes in het MER (11,7 Mm³). Er is geen duidelijke afname in onderhoudsbaggervolume zichtbaar sinds de derde verruiming, wat na de tweede verruiming wel het geval was. Het zwaartepunt van de onderhoudsbaggerwerken ligt in het oosten, bij de Drempel van Hansweert. In het westen, in macrocel 1, nam de baggerinspanning na de derde verruiming echter wel toe.

In de Beneden-Zeeschelde wordt onderscheid gemaakt tussen zandige specie en slib. De gebaggerde zandvolumes liggen meestal tussen 1,0 en 2,0 Mm³ per jaar, wat lager is dan wat in het MER werd verwacht. Er is geen toename van het onderhoudsvolume zand waargenomen na de verruiming ten opzichte van de situatie daarvoor. Voor slib is er wel sprake van een toename in onderhoudsvolume (2,4-3,4 Mm³). Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door verhoogde baggeractiviteit bij de Drempel van Frederik en het Deurganckdok. Het onderhoudsvolume slib ligt sinds de verruiming hoger dan de verwachting in het MER (1,7 Mm³). Het totale onderhoudsvolume in de Beneden-Zeeschelde is op lange termijn (1980-2019) toegenomen.

Naast de onderhoudsbaggerwerken wordt er ook zand gewonnen in de Schelde. In de Westerschelde nam dit geleidelijk af, en is dit sinds 2015 vrijwel volledig gestopt. Sindsdien wordt er in de Westerschelde beperkt zand gewonnen, en worden deze volumes gecompenseerd door zeezandstortingen. In de Beneden-Zeeschelde werd bij Schaar Ouden Doel tot 2016 gemiddeld 1,5 Mm³ per jaar gewonnen, maar in de laatste jaren is dat afgenomen tot 0,75-1,0 Mm³.

4.2.2 Effect op morfologie

Een combinatie van autonome ontwikkelingen en menselijke ingrepen veroorzaken dynamiek die de morfologie beïnvloedt. De menselijke ingrepen kunnen hierbij de autonome ontwikkelingen versterken, en dus in dezelfde richting werken, maar anderzijds kunnen menselijke ingrepen de autonome ontwikkeling ook tegenwerken, waardoor de ontwikkeling vertraagt of verandert. De vraag is dan hoe de ontwikkeling van het systeem verschuift als gevolg van de ingrepen die plaatsvinden.

Het directe effect van de verruiming op de morfologie is duidelijk, de omvang van de vaargeul (de hoofdgeul) neemt toe. Zoals vermeld ligt het zwaartepunt van de baggerwerken in het oostelijke deel van de Westerschelde, en in de Beneden-Zeeschelde

tot de Drempel van Frederik. Dit geeft aan dat in deze zone de sterkste veranderingen plaatsvinden (in de hoofdgeul) als gevolg van de verruiming. Sinds de derde verruiming zijn de baggervolumes op de Drempel van Hansweert (macrocel 5) toegenomen. Op deze locatie is duidelijk een toenemende trend zichtbaar (sinds 2007), hoewel in recente jaren dit is gestabiliseerd en er voornamelijk sprake is van variatie zonder duidelijke trend (Plancke *et al.*, 2020). Deze toename wordt waarschijnlijk beïnvloed door de stortingen in nabij stortvakken, specifiek die in de hoofdgeul van macrocel 4, waar grote volumes worden gestort, die zich langs de Plaat van Ossensisse naar de Drempel van Hansweert bewegen. Echter is ook in het westen van de Westerschelde de baggerinspanning na de derde verruiming toegenomen. Bij de Drempel van Borssele is vanaf 2010 een verhoging van het baggervolume zichtbaar, en bij Honte (macrocel 1) wordt vanaf 2015 regelmatig gebaggerd, terwijl dit eerder niet het geval was. Dit is mogelijk gerelateerd aan de stortingen in de nevengeul van macrocel 1 en op de plaatranden van de Hooge Platen.

Het totale, netto volume van sediment dat aanwezig is in het systeem van de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde verandert niet door de verruiming of de onderhoudsbaggerwerken, aangezien alle baggervolumes binnen de grenzen van het systeem worden teruggestort. Er is dus enkel sprake van een herverdeling van de volumes binnen het systeem, niet van een verandering van het totale volume. Het volume in het systeem van de Schelde neemt wel af door zandwinning. Sinds 2015 wordt geen zand meer gewonnen in de Westerschelde, en worden enkel kleine volumes van zandwinning gecompenseerd door zeezandstortingen in een zandruiiproef. In de Beneden-Zeeschelde wordt nog wel zand gewonnen, bij Schaar Ouden Doel, waar ook onderhoudsbaggervolumes worden gestort, maar deze zandwinvolumes zijn sinds 2017 sterk afgenomen.

4.2.3 Effect op hydrodynamiek

De veranderingen in hydrodynamiek worden in belangrijke mate gestuurd door de morfologische ontwikkelingen. De getijslag in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde heeft decennia lang een stijgende trend gehad, met de sterkste toename in de jaren '70. Dit is een ongewenste ontwikkeling voor wat betreft de veiligheid, toegankelijkheid, en de natuurlijkheid van het estuarium. Een belangrijk criterium bij de beoordeling van de effecten van de derde verruiming is daarom dat de morfologische evolutie (zoals beïnvloed door de verruiming) niet mag leiden tot een verdere toename van de getijslag in de Schelde.

In het MER werd voorspeld dat de getijslag tegen 2015 zou zijn afgenomen ten opzichte van 2005 door de autonome ontwikkeling, en dat de verruiming en het flexibel storten slechts een beperkt effect (één of enkele centimeters) zou hebben ten opzichte van de autonome ontwikkeling (Consortium Arcadis-Technum, 2007d). Het MER ging er wel vanuit dat tegen 2015 de Hedwige-Prosperpolder zou zijn geopend (wat een reductie in de getijslag zou teweegbrengen) als deel van de autonome ontwikkeling, maar dat is in realiteit nog niet het geval.

Op basis van de data van de jaargemiddelde getijslag doorheen de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde kan gesteld worden dat de stijging van de getijslag verder is vertraagd of gestagneerd. Deze ontwikkeling is reeds langere tijd gaande. Dit is ook te zien aan de T2015-trend, die over het algemeen iets lager ligt dan de T2009-trend. In de monding van de Westerschelde is geen afwijking van de recente jaargemiddelde getijslag zichtbaar ten opzichte van de T2009 of T2015-trend, deze trends zijn constant op lange termijn en laten geen toename zien. Van Vlissingen tot Hansweert lijkt de getijslag recent constant te blijven, terwijl opwaarts tot in de Beneden-Zeeschelde de stijgende trend is afgeremd. Deze verandering in de trend van de getijslag is vermoedelijk het gevolg van autonome processen, maar daarnaast dragen ook menselijke ingrepen hieraan bij. Door het stoppen van de zandwinning, en de afname van het zandwinvolume blijft meer

sediment in het systeem aanwezig. Daarnaast wordt er gestort met oog op behoud van het meergeulenstelsel, wat ook positief kan zijn voor de remming van de getijgolf. Ook het ontpolderen van gebieden kan een reductie in (of vermindering van de stijging van) de getijslag veroorzaken. Er wordt opgemerkt dat opwaarts, in de Boven-Zeeschelde, de getijslag nog wel verder toeneemt. Dit wordt mogelijk deels veroorzaakt door de verruiming van de geul, maar wordt ook beïnvloed door andere parameters, zoals de bovenafvoer.

In recente jaren was regelmatig sprake van relatief lage hoog- en laagwaterstanden, ten opzichte van de voorspelde trendwaarden. Dit kan echter hoofdzakelijk verklaard worden door meteorologische invloeden. Er waren jaren met een relatief beperkte westelijke windcomponent gemeten, en daarnaast waren sommige jaren zeer droog, met daardoor een lage bovenafvoer.

4.2.4 Wisselwerking morfologie-hydrodynamiek

Geulen en platen

De verruiming van de hoofdgeul zal een invloed hebben op de getijverdeling rond de platen. De verwachting daarbij is dat meer water door de ruimere hoofdgeul zal gaan, en het relatieve aandeel van de nevengeul zal afnemen. Dit wordt bijvoorbeeld waargenomen bij macrocel 5, waar meer water door het Zuidergat gaat, en minder door de Schaar van Waarde. De verdeling van het watervolume tussen de geulen wordt echter niet alleen beïnvloed door de verruiming van de hoofdgeul zelf, maar ook door de locatie van de stortingen. Ook bij macrocel 4 is een duidelijke toename in watervolume zichtbaar in de hoofdgeul, en een afname in de nevengeul. Dit kan echter worden toegeschreven aan autonome ontwikkelingen die reeds lange tijd gaande zijn en in deze macrocel tot een functiewissel van de hoofd- en nevengeul hebben geleid. Recent is de verandering in watervolume in de hoofd- en nevengeul van macrocel 4 eerder beperkt.

Als een groter watervolume door de hoofdgeul gaat, kan dit leiden tot een hogere dynamiek langs de platen, wat bijvoorbeeld een versteiling van de plaatranden kan verklaren. Aan de oostzijde van de Rug van Baarland is duidelijk zichtbaar dat de hoofdgeul de plaatrand erodeert. Zoals hierboven vermeld is dit (zeker deels) een effect van de langetermijntrend. De oostzijde van de plaat ondervindt erosie en de plaatrand versteilt. Bij de meest recente stroomsnelheidsmetingen op de plaatrand van de Plaat van Walsoorden werd een toename in stroomsnelheid bij de ondiepere punten op de plaatrand waargenomen, aan de west en zuidrand van de plaat. In de Beneden-Zeeschelde bij Oosterweel wordt vanaf 2017 een verhoogde maximale stroomsnelheid opgemeten. Dit kan ook veroorzaakt worden door grootschalige morfologische veranderingen in de omgeving van het meetpunt.

Slikken en schorren

De metingen op de slikken en schorren laten een gemengd beeld zien. Sommige schorren en slikken vertonen erosie (bijv. Rammekenshoek, Platen van Hulst), terwijl andere sedimentatie laten zien (bijv. Zuidgors, Baarland). Er zijn geen indicaties dat er systematische problemen zijn met het morfologisch functioneren van de slik- en schorgebieden.

Een uitzondering hierop is de oostrand van het Verdrongen land van Saeftinghe. De schorrand aan deze oostzijde laat reeds lange tijd significante erosie en het terugschrijden van de schorklif zien. Deze ontwikkeling wordt mogelijk (deels) gedreven door scheepsgolven, gegenereerd door passerende vrachtschepen in de nabijgelegen vaargeul. Momenteel is onderzoek gaande naar dit fenomeen, waarbij golf- en stromingsmetingen worden uitgevoerd.

De slikken en schorren langs de Beneden-Zeeschelde vertonen ook een gemengd beeld. Op meerdere locaties is sprake van sedimentatie over een deel van of het gehele slik. Dit is bijvoorbeeld het geval bij het Paardenschor en Lillo. Er zijn echter ook zones waar eerder sprake is van erosie, zoals bij Hobokense Polder en Schor Ouden Doel (sinds 2017). Bij het Groot Buitenschoor wordt een terugtrekking van het lage slik waargenomen, waardoor de overgang van hoog naar laag slik steiler wordt. Dit is mogelijk gerelateerd aan de dynamische omstandigheden nabij de vaargeul.

4.3 Effecten van de stortstrategie

4.3.1 Stortingen

De initiële plaatrandstortingen zijn uitgevoerd met het zand afkomstig van de verdieping van de drempels. Vervolgens zijn bijkomende stortingen met zand afkomstig van het onderhoud van drempels uitgevoerd om de realisatie van laagdynamisch, waardevol ecologisch gebied, verder te sturen.

Aan de Hooge Platen West is uitsluitend in het diepe deel van de plaatrandstortzone gestort, zodat het sediment onder invloed van de vloedstroom naar ondieper water zou migreren. Een vergelijkbare aanpak is uitgevoerd aan de Plaat van Walsoorden, waar eerst een 'megaduin' is aangelegd, die nadien verschillende keren is aangevuld. Aan Hooge Platen Noord werd een andere aanpak toegepast, waarbij de aanleg van twee zandtongen diende om ertussenin een laagdynamische zone te creëren, waar autonome sedimentatie kon optreden. Met de plaatrandstortingen bij de Rug van Baarland werd initieel een verondieping gecreëerd, maar deze stortingen zijn in 2011 gestaakt om de sterke autonome sedimentatie in het Middelgat niet verder te versterken.

De geulvolumes worden op sommige locaties sterk beïnvloed door de stortingen. De nevengeulen van macrocel 1 (Schaar van de Spijkerplaat) en macrocel 3 (Everingen), zijn intensief gebruikte stortlocaties. Andere nevengeulen worden reeds lange tijd ontzien vanwege bezorgdheid over de te sterk afnemende nevengeulvolumes. De projectgroep beoordeelt jaarlijks deze toetsparameter (Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten). Deze evolutie wordt op verschillende locaties echter ook beïnvloed door de autonome ontwikkeling, en kan dus niet volledig toegeschreven worden aan de bagger- en stortactiviteiten. De sedimentatie in het Middelgat in macrocel 4 is bijvoorbeeld reeds decennia aan de gang, waarbij de uitgevoerde stortingen slechts een fractie zijn van de autonome sedimentatie. Wel werden aan de oostzijde van de aangrenzende nevengeul van macrocel 3 tot 2015 grote volumes gestort, die ook zouden kunnen bijdragen aan de verondieping aan de Rug van Baarland en in het Middelgat. De waargenomen ontwikkelingen, onafhankelijk van of deze autonoom zijn of niet, hebben een effect op het functioneren van het systeem. Met name na de stortingen van de aanlegbaggerwerken van de verruiming in 2010 was bij meerdere nevengeulen een sterke afname van het watervolume zichtbaar. Bij de Schaar van de Spijkerplaat in macrocel 1, is het nevengeulvolume sindsdien wel weer toegenomen. In macrocel 5 was na 2010 sprake van een sterke afname van het nevengeulvolume, die toegeschreven kan worden aan de stortingen in het nevengeulstortvak en mogelijk ook deels aan de stortingen op de aangrenzende plaatrand (Plaat van Walsoorden). In dit nevengeulstortvak werd tot 2013 gestort, en vanaf 2014 wordt een stabilisatie van het watervolume in de nevengeul waargenomen.

In verband met de verschillende ontwikkelingen in de nevengeulen en op de platen, wordt uit voorzorg niet meer gestort in de plaatrandstortzones Hooge Platen Noord en Rug van Baarland. Ook de nevengeulstortzones van macrocel 4, 5, en 6 worden om deze reden niet gebruikt. Daarnaast worden slechts beperkte volumes gestort in de hoofdgeulstortzones van macrocel 6 en 7 om de te garanderen diepgang van de vaargeul niet in het gedrang te brengen.

De diepe delen van de hoofdgeulen worden in de stortstrategie ook als stortlocatie ingezet. Hierbij is de diepe put ter hoogte van de Nol van Ossenis, in macrocel 4, zeer intensief ingezet. Het sediment op deze locatie hermobiliseert op deze locatie snel, met sterke retourstromen van sediment naar de rand van de Plaat van Ossenis en richting de Drempel van Hansweert.

Sinds 2016 zijn drie proefstortzones gebruikt in de Westerschelde. Enerzijds een plaatrandstortzone bij de Suikerplaat in macrocel 3, aangrenzend aan de nevengeulstortzone in deze macrocel. Anderzijds twee stortzones in diepe delen, in de Inloop van Ossenis, ten zuiden van de hoofdgeulstortzone van macrocel 4, en in de Put van Hansweert. Voornamelijk bij de Put van Hansweert, waar de Westerschelde een scherpe bocht maakt, is sprake van hoge dynamiek van de stortingen.

In de havens van de Westerschelde worden ook onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd. Deze specie wordt over kleine afstand verplaatst en nabij de haven zelf in de Westerschelde afgezet. Het gaat wel om belangrijke volumes van ca. 3 tot 6 Mm³ per jaar, wat ongeveer de helft van het onderhoudsvolume van de vaargeul is.

4.3.2 Impact op morfologie

Alle plaatrandstortingen hebben binnen de stortvakken geleid tot verondiepingen.

Op de **Hooge Platen West** is voor de plaatpunt bijkomend ondieper gebied gecreëerd, maar de morfologische stabiliteit van de zone is laag. Deze plaatpunt staat onder invloed van sterke stromingen en golfwerking. Er trad binnen de toetspolygoon, volgend op de plaatrandstortingen, een toename van het waardevol laagdynamisch areaal op tussen 2010 en ca. 2011-2012. Vervolgens was er een afname, waardoor het totaal areaal in 2018 lager lag dan in 2010. De laagdynamische zone aan de westzijde van de Hooge Platen lag in 2010 echter al grotendeels buiten de toetspolygoon. Deze zone is in de loop van de jaren verder gegroeid, maar ook verder naar het oosten verschoven, waardoor het laagdynamisch gebied nog verder buiten de toetspolygoon is komen te liggen. Sinds de uitvoering van de stortingen heeft zich een zandduin op de plaatpunt, waarachter zich de luwe zone bevindt. Deze zandrug beweegt zich oostwaarts, de plaat op, in de richting van de Bol, waarmee dus de ophoging van de plaat versterkt kan worden.

Bij de **Hooge Platen Noord** is tussen de aangelegde zandtongen effectief sedimentatie opgetreden. Het gebied bleef eerst lange tijd zeer stabiel, waarbij meer waardevol laagdynamisch areaal werd gecreëerd. Daarna is echter sprake van erosie van de zandtongen zelf, voornamelijk de oostelijke zandtong. Bij de Hooge Platen Noord is zichtbaar dat een deel van de stortingen hoger op de plaat terechtgekomen is. Met name ten oosten van de Bol zijn er aanwijzingen dat de ophoging na de plaatrandstortingen versnelde. De verhoging van de plaat is een ongewenst effect, aangezien het laagdynamisch waardevol areaal in het intertidaal gebied gelegen is. Daarnaast gaat de ophoging van de plaat ook gepaard met schorvorming op de plaat en toename van slibgehalte. Ten opzichte van 2010 is er wel sprake van een beperkte toename van laagdynamisch areaal, maar ten opzichte van 2015 is het laagdynamisch gebied afgenomen.

Naast de specifieke evolutie bij de plaatrandstortzones van de Hooge Platen zijn in **macrocel 1** ook grootschaligere ontwikkelingen gaande in de **nevengeul**, tussen de Hooge Platen en de hoofdgeul van macrocel 1. De nevengeul vertoont hier een cyclisch gedrag, waarbij de geul noordwaarts migreert, en de plaat tussen de hoofd- en nevengeul (Spijkerplaat) wordt geërodeerd en kleiner wordt. Terwijl de nevengeul noordwaarts migreert wordt de zuidzijde van de geul ondieper en beweegt deze ondiepte meer naar het noorden. Tussen deze ondiepte en de Hooge Platen, aan de zuidkant van de nevengeul, ontstaat opnieuw een vloedsehaar. Deze vloedsehaar ontwikkelt zich uiteindelijk tot het dominante deel van de nevengeul, wanneer de

ondiepe zone aansluit bij de Spijkerplaat. Dergelijke cyclische processen werden in de nevengeul reeds voor de derde (en eerdere) verruimingen waargenomen. Er moet echter opgemerkt worden dat in de nevengeul en op de aangrenzende plaatranden grote gebaggerde volumes worden gestort, die waarschijnlijk een effect kunnen hebben op dit proces. Het is mogelijk dat de stortingen in de nevengeul de vorming van de ondiepte, en de migratie van de nevengeul naar het noorden versnellen. Dit beïnvloedt weer de baggervolumes en -locaties in de macrocel.

Op de **Rug van Baarland** zijn de autonome ontwikkelingen zeer sterk, en lijken de plaatrandstortingen die in 2010 en 2011 zijn uitgevoerd, geen invloed te hebben op de ontwikkeling van de plaat zelf.

Bij de **Plaats van Walsoorden** is de afnemende trend in laagdynamisch areaal sinds 2010 omgebogen naar een toename, en de plaatrandstortingen hebben hier waarschijnlijk een rol in gespeeld. De stijging was het sterkst tussen 2010 en 2011, en verloopt sindsdien minder snel. Op het westelijke deel van de plaat is ook ophoging op de plaat zichtbaar, wat net als bij de Hooge Platen een negatieve ontwikkeling kan zijn, voornamelijk wanneer dit gepaard gaat met verslibbing en verschorring van de plaat. Aan de zuidoostzijde van de Plaats van Walsoorden is een sterke autonome ontwikkeling gaande, waarbij de oostpunt van de plaat erodeert, waardoor de vorm van de plaat sterk verandert. Recent is erosie aan de zuid en noordzijde van het oostelijk deel van de plaat zichtbaar, waardoor beide randen steiler worden.

4.3.3 Impact op ecologie

De toename van het laagdynamisch areaal ter hoogte van de plaatrandstortzones en de Westerschelde in het algemeen, creëert een potentiële toegevoegde ecologische waarde. Indien deze gebieden door benthos gekoloniseerd worden, vormen ze mogelijk nieuwe foerageergebieden voor vogels. **Schelpdieren** hebben in het bijzonder een belangrijke functie als voedsel voor wadvogels, die vooral in de winter voor hun overleving afhankelijk zijn van voldoende kokkels en mosselen (CBS *et al.*, 2014).

De derde verruiming kan niet aangeduid worden als bepalende factor van de verdere daling van het totale kokkelbestand sinds 2009 (afgezien van de waargenomen densiteitspieken), aangezien hier reeds sprake was van een vooraf bestaande trend. In onderzoek in het kader van het MER, werd ook slechts een beperkte invloed van de verruiming op de kokkels verwacht (Wijsman en Kesteloo, 2007), die bovendien minimaal is in vergelijking tot de grote jaarlijkse variatie van de kokkelbestanden. Populatie-dynamische processen zijn immers meer bepalend voor kokkelbestanden dan de beschikbaarheid van geschikte ecotopen.

Opvallend is de daling van het aantal kokkels ter hoogte van Hooge Platen. Tussen de densiteitspieken wordt deze soort hier bijna niet meer waargenomen, en ook bij de laatste broedval van 2018 is de densiteitspiek hier relatief laag. Door het verhogen en verschorren van deze plaat is het geschikte areaal voor deze soort sterk afgenomen. De plaatranden zijn bovendien steiler geworden en het slibgehalte neemt toe op grote delen van de plaat. Een link met het flexibel storten in deze zone kan daarom niet uitgesloten worden. Ook op de Middelplaat en Suikerplaat komen kokkels tijdens de laatste broedval slechts beperkt voor in vergelijking met de broedval van 2011. Aangezien kokkels enkel voorkomen in het westen en midden van de Westerschelde kan het wegvallen van de westelijke platen als geschikt habitat een negatieve invloed hebben op de populatie. Ook de primaire productie speelt een zeer belangrijke rol voor schelpdieren, aangezien ze zich voeden met fytoplankton. Historisch gezien was er een afname van het chlorofyl-a gehalte in de Westerschelde vanaf de jaren '80, maar deze daling is gestagneerd sinds 2000. Bij Hansweert is nog wel sprake van een dalende trend, en ook bij Terneuzen is voornamelijk een afname zichtbaar. In de zone rond Vlissingen is

dit echter niet het geval. Door de verversing van het water met ieder getij zal voedsel echter niet snel een beperkende factor zijn.

Naast schelpdieren zijn ook andere **bodemdieren** een zeer belangrijke voedselbron voor vissen en vogels. Er zijn over het algemeen geen duidelijke temporele of ruimtelijke trends zichtbaar in de gemiddelde biomassa en soortenrijkdom van het benthos in de periode 1992-2018, rekening houdend met de grote variabiliteit in de data. Volgens het MWTL rapport van 2017 (Duijts *et al.*, 2018) zou de gemiddelde dichtheid sinds 2009 en de biomassa sinds 2014 in de gehele Westerschelde zijn gestegen. Er wordt in deze analyse echter geen onderscheid gemaakt tussen verschillende ecotopen, terwijl het aantal stalen in het laagdynamisch areaal zijn toegenomen sinds 2009 ten koste van het hoogdynamisch sublitoraal. In het MWTL rapport van 2016 (Verduin *et al.*, 2018) worden de trends wel per ecotoop geanalyseerd en wordt een geleidelijke toename van de biomassa van bodemdieren in het brakke litoraal waargenomen, voornamelijk door de toename van schelpdieren (m.n. *Limecola balthica* en *Scrobicularia plana* en *Mya arenaria*) en wormen op de platen. In het T2015 rapport was de evaluatie voor de Rekenparameter Occurrence Index macrozoöbenthos volgens de evaluatiemethodiek voor de Westerschelde licht positief (T2015 Consortium, 2018b). Er kan dus geconcludeerd worden dat er vanuit de metingen geen impact van de verruiming en het flexibel storten op het benthos kan worden vastgesteld. Wel is er mogelijk een positieve, indirecte invloed door de toename van het laagdynamisch areaal in de Westerschelde.

Uit de analyse van de **niet-broedvogels** volgt dat er in de Westerschelde voor heel wat soorten een negatieve trend in de populatieomvang bestaat, die veelal reeds ingezet was voor de verruiming, in sommige gevallen al in de jaren '80, zoals bij de bontbekplevier en strandplevier. De achteruitgang heeft waarschijnlijk verschillende oorzaken, waaronder verstoring, klimaatsverandering en trends op internationale schaal. Er zijn echter enkele steltlopers die een afname van hun populatie kennen in de Westerschelde, die zich niet voordoet op landelijk niveau of in de rest van het Deltagebied. Het is niet uit te sluiten dat morfologische veranderingen in de Westerschelde ten gevolge van de stortstrategie de geschiktheid als leef- of foerageergebied in belangrijke mate beïnvloeden. Uit onderzoek van Vanoverbeke en Van Ryckegem (2015) blijkt dat het aantal foeragerende steltlopers toeneemt met het areaal laagdynamisch litoraal en met een toenemende spreiding in droogvalduren binnen de laagdynamische zone. Zoals eerder reeds vermeld is het laagdynamisch areaal in de Westerschelde sinds 2010 in zijn geheel toegenomen met 310 ha, al is het laagdynamisch litoraal met een droogvalduur tussen 30 en 70% slechts toegenomen met 36 ha. De toename in potentieel foerageergebied vindt bovendien voornamelijk in het oosten van de Westerschelde plaats, terwijl steltlopers het westelijke, zoute gedeelte verkiezen. In het westen, waar met Hooge Platen zich het belangrijkste foerageergebied van de Westerschelde bevindt, neemt het potentieel foerageergebied met een droogvalduur tussen 30 en 70% af, en vertonen ook de kokkels, een belangrijke voedselbron voor enkele soorten steltlopers, een achteruitgang. Onder andere de scholekster en kanoet zijn erg afhankelijk van kokkels en kennen een langdurige negatieve trend, al doet de kanoet het de laatste 2 seizoenen terug beter. De relatie tussen de plaatrandstoringen en ophogingen van platen is bijgevolg een aandachtspunt. Het ophogen, wanneer dat in een verder stadium leidt tot omzetting van laagdynamisch areaal naar pionierschor en uiteindelijk schor (zoals op de Hooge Platen), heeft als resultaat dat het potentieel foerageeareaal afneemt. Het omzetten van bijkomend of nieuw laagdynamisch areaal vergt bovendien ook een kolonisatie van de gebieden alvorens ze nuttig kunnen worden ingezet als foerageergebied voor benthivore vogels.

De soorten waarvoor in de Passende Beoordeling van de verruiming een (niet-significant beoordeelde) achteruitgang werd voorzien (tureluur, zwarte ruit en groenpootruit), zijn er effectief (verder) op achteruit gegaan, na een maximum in de tellingen rond 2000.

De achteruitgang is echter ook op Nederlandse schaal waargenomen, waardoor deze afname niet rechtstreeks gekoppeld kan worden aan de verruiming. De verwachte achteruitgang in het MER was gekoppeld aan een aantasting van het voor deze soorten belangrijke luwe (en daarom potentieel slibrijke) en lang droogvallende gebied. Deze afname heeft echter niet plaatsgevonden.

De meeste **broedvogelsoorten** broeden in gebieden met pioniervegetatie, die de afgelopen jaren in oppervlak zijn afgenomen (T2015 Consortium, 2018c). Ook op de Hooge Platen heeft zich een ontwikkeling van pionierschor richting schorvegetatie voorgedaan, door de verdere ophoging van de plaat, welke mogelijk deels het gevolg is van de plaatrandstortingen. Dit type habitat is echter minder geschikt voor vogelsoorten als grote stern, visdief, bontbekplevier, strandplevier, dwergstern en kluut (T2015 Consortium, 2018a). Kustbroedvogels zijn immers afhankelijk van dynamische gebieden waar kale gronden aanwezig zijn. Ook in het oosten van de Westerschelde heeft zich een vergelijkbare ontwikkeling voorgedaan.

Een aandachtspunt voor de zichtjagende soorten is de jaargemiddelde sedimentconcentratie. Het westen van de Westerschelde is voor onder meer de stern een belangrijk foerageergebied waar doorzicht tijdens het broedseizoen een kritieke factor is. Sinds 2013-2014 lijkt op alle locaties in de Westerschelde (Vlissingen, Terneuzen boei 20, Hansweert geul) een afname van de lichtextinctie plaats te vinden, gevolgd door een toename in 2018-2019, waarmee de lichtextinctie bij de Hansweert en Terneuzen in 2019 dicht bij het maximum van 2013-2014 ligt. De toename in lichtextinctie kan het vangstsucces van stern negatief beïnvloeden.

Uit de data in de Westerschelde blijkt er een significante positieve trend te bestaan voor de populatie **gewone zeehonden** in alle deelgebieden van de Westerschelde. Ook de **grijze zeehond** kent een toename sinds 2013. Het verwachte significante negatieve effect ter hoogte van de Zimmermangeul en de Plaat van Valkenisse op middellange termijn (2015), beschreven in de Passende Beoordeling (Consortium Arcadis-Technum, 2007b), heeft zich dus niet voorgedaan. Mogelijk is dit mede te danken aan de getroffen mitigerende maatregelen door het betreffende stortvak SN51 te verkleinen.

Het voorkomen van zeehonden wordt bepaald door de beschikbaarheid van droogvallende zandbanken met een steile plaatrand die gedurende een groot deel van de laagwaterperiode droogvallen en grenzen aan diep water. Hierop rusten ze tijdens laagwater (Meininger *et al.*, 2003). De relatie tussen de steilheid van de plaatrand (hoe steiler, hoe groter de ontsnappingskans bij gevaar) en het gebruik door zeehonden is nooit gekwantificeerd, maar wordt algemeen aanvaard. De verhoging en versteiling van platen zorgt er dus voor dat de beschikbaarheid van rustgebieden (rusten, zogen, verharren) geen beperkende factor is voor de groei van de populatie. De aanwezigheid van andere zeehonden, de afstand tot het foerageergebied, beschutting tegen extreme weersinvloeden en rust, zijn van invloed op de keuze van een gewone zeehond om een zandbank al dan niet als ligplaats te gebruiken.

4.3.4 Storten van slib in Beneden-Zeeschelde

Impact op slibdynamiek en de troebelheid

Sinds ca. 2008-2009 wordt er een stijging van de sedimentconcentraties waargenomen in de Zeeschelde, met name in de zone van 100 tot 130 km van de monding, tussen Weert en Appels, en ook een wijziging in de relatie tussen bovenafvoer en sedimentconcentratie (Cox *et al.*, 2015, 2019; Maris en Meire, 2017; IMDC, 2017a). In de Beneden-Zeeschelde is deze stijging (met name in de nabijheid van de stortzones) gelinkt aan de bagger- en stortactiviteiten van slib (IMDC, 2016), en heeft deze mogelijk een impact op de primaire productie en biomassa aan fytoplankton.

Sinds 2015 wordt in de metingen van chlorofyl-a van de grens tot Kruibeke geen algenbloei meer waargenomen. In de meetpunten Schaar van Ouden Doel, Grens, Liefkenshoek, en Punt van Melsele werden specifiek in de periode van 2008-2014 sterke voorjaarsbloei waargenomen, maar de waarden die na 2014 worden waargenomen zijn steeds beduidend lager dan in de periode vóór 2008. Bij de meetpunten Antwerpen en Kruibeke werd sinds het begin van de metingen in 2002 steeds een voorjaarsbloei waargenomen, tot deze vanaf 2015 niet meer optrad. Het valt niet uit te sluiten dat ook de toegenomen troebelheid in de zone een impact heeft op de biomassa aan fytoplankton (Maris *et al.*, 2020). In 2019 werd op deze locaties wel weer een (beperkte) voorjaarsbloei waargenomen. In deze zone, wordt naast een afname in chlorofyl-a, ook een afname in de primaire productie gerapporteerd (Maris en Meire, 2017). Het uitblijven van de voorjaarsbloei, en het algemeen lager liggen van de chlorofyl-a waarden in deze zone is een negatieve ontwikkeling.

De sedimentconcentratie en de lichtextinctie zijn in de periode sinds ca. 2009 hoger dan in de periode vóór 2009. Er is dus een verandering in het systeem met een hogere slibcirculatie. Binnen de periode 2009-2019 wordt geen doorlopende stijging van de sedimentconcentratie waargenomen, per jaar is dit ook afhankelijk van bijvoorbeeld de meteorologische omstandigheden.

Het baggervolume aan slib, dat in twee richtingen (zowel oorzaak als gevolg) gerelateerd is aan de sedimentconcentratie, was in 2018 het grootst sinds 2012, waarna het in 2019 terug op het lagere niveau van 2015 was. In het MER werd voorspeld dat er meer slib zou gaan sedimenteren aan onder andere de Drempel van Frederik en ter hoogte van de monding van het Deurganckdok als gevolg van de autonome ontwikkeling, en ter hoogte van de Drempel van Frederik als gevolg van de derde verruiming. De derde verruiming zelf zou leiden tot een afname van de aanslibbing in het Deurganckdok. Daarnaast werd ook aangegeven dat het totale slibvolume niet significant zou toenemen (er is sprake van een herverdeling, met afname in de toegangsgeulen). In realiteit is het moeilijk om vast te stellen wat de impact van de verruiming op het baggervolume aan slib was, omdat er verschillende ontwikkelingen kort na elkaar hebben plaatsgevonden.

Enerzijds werd het Deurganckdok in 2005 geopend, maar pas in 2008 volledig uitgebaggerd. Vervolgens werd pas in 2011 de onderhoudsdiepte van het Deurganckdok verlaagd naar de aanlegdiepte. In functie van de opening van het Deurganckdok werd het interventiepeil van de Drempel van Frederik verlaagd naar 13,30 m GLLWS. Van 2008-2010 vonden de aanlegbaggerwerken van de derde verruiming plaats in de Beneden-Zeeschelde, en werden de interventiepeilen op de drempels verder verlaagd. Door deze opeenvolging van ingrepen is de precieze reden voor de toename van baggervolume aan slib moeilijk te bepalen.

Zoals reeds gemeld is er een sterke relatie tussen de stortvolumes aan slib in de Beneden-Zeeschelde en de gemeten sedimentconcentratie. Er is sprake van een feedback relatie tussen het baggeren en storten, waarbij de sedimentconcentraties worden verhoogd door de ingrepen, en de verhoogde sedimentconcentraties weer leiden tot een verhoogde aanslibbing. De relatie tussen het baggeren-storten enerzijds en de sedimentconcentratie anderzijds is echter complex, en niet één-op-één. De toegenomen slibconcentraties in de Beneden-Zeeschelde en de oorzaken daarvan zijn onderwerp van lopend onderzoek.

5 Adviezen

Het Protocol Flexibel Storten stelt dat in het Voortgangsrapport op basis van de waargenomen ontwikkelingen binnen de monitoring, voorstellen worden gedaan voor eventuele aanpassing van de stortstrategie, de monitoring of het nader onderzoek.

5.1 Advies Stortstrategie

Uit het voorgaande is gebleken dat het Overleg Flexibel Storten waar nodig bijstuurt in de bagger- en stortstrategie, op basis van de monitoringgegevens vanuit MONEOS-T, binnen de randvoorwaarden van de vergunning. Vanuit het Overleg Flexibel Storten wordt ook bijkomend onderzoek voorgesteld, en worden de grenswaarden in het kader van de Kwaliteitsparameters, zoals het laagdynamisch waardevol ecologisch gebied, bewaakt. Het eerste advies is dan ook om de stortstrategie, waarbij op basis van de waargenomen ontwikkelingen de stortingen bijgestuurd kunnen worden door het overleg Flexibel Storten, in de toekomst verder door te zetten, alsook het bijhorende overlegproces. De frequentie van de rapportage van de monitoring kan hierbij plaatsvinden in functie van dit overlegproces.

Binnen de huidige stortlocaties zijn er gebieden waar, in verband met negatieve signalen of onzekerheden, uit voorzorg, al sinds lange tijd, niet wordt gestort, namelijk de Rug van Baarland, Hooge Platen Noord, het Middelgat, en de Schaar van Waarde. Op basis van de huidige analyses worden hierin geen veranderingen vastgesteld, en blijft het advies om hier uit voorzorg niet te storten geldig. Bij de Schaar van de Noord is in 2018 een beperkte storting uitgevoerd, die nu verder wordt gemonitord, en hier wordt verder niet gestort. Voor de overige vergunde hoofd- en nevengeulstortzones zijn geen aanleidingen tot beperking van de vergunde stortvolumes, en deze zones kunnen normaal ingezet worden. In de resterende periode van de huidige vergunning kan verder gewerkt worden met de bestaande vergunde stortlocaties en -volumes. In het Voortgangsrapport 2016-2017 werd geadviseerd extra stortruimte beschikbaar te maken cf. Tabel 3 van de vergunning. Naar aanleiding hiervan werd het beslisproces doorlopen en extra ruimte toegekend. Er wordt opgemerkt dat er geen gebruik gemaakt is van de uitbreiding van de stortvolumes, mede door de toepassing van enkele proefstortzones in de afgelopen jaren.

Voor de toekomstige stortingen op lange termijn, en voor de nieuwe vergunningsperiode, zijn er de afgelopen jaren proefstortingen uitgevoerd op verschillende locaties (Suikerplaat, Inloop van Ossensisse, Put van Hansweert). Op basis van de metingen en analyses die gedaan werden bij deze proefstortingen, lijken de verwachte effecten beheersbaar te zijn en kan gesteld worden dat de Inloop van Ossensisse en de Put van Hansweert, met opvolging van de verspreiding van het gestorte sediment middels monitoring, geschikte locaties zijn om als nieuwe, reguliere stortlocaties opgenomen te kunnen worden in de nieuwe vergunning.

5.2 Advies monitoring en verder onderzoek

Het Schelde-estuarium is een complex, dynamisch, levend systeem waarvan de verschillende aspecten allemaal op elkaar inwerken. Net zoals het systeem zelf moet de monitoring ervan dan ook zoveel mogelijk op een integrale manier gebeuren.

Uit dit rapport blijkt dat verschillende platen in de Westerschelde geometrische veranderingen vertonen. Deze veranderingen aan de platen, en de slikken en schorren worden beïnvloed door stroming en golfwerking. Recent en lopend onderzoek laat zien dat scheepsgolven in het oostelijk deel van de Westerschelde van groter belang zijn dan windgolven (Meire et al., 2019). Verder onderzoek zou gedaan kunnen worden naar

mogelijke mitigerende maatregelen om scheepsgolven, of hun effect op de slikken en schorren, te reduceren.

Met betrekking tot de sedimenthuishouding in het Scheldesysteem zouden enkele zaken onderzocht kunnen worden:

- De granulometrie van de baggerzones. Deze zou geanalyseerd kunnen worden om een beter beeld te krijgen van de ruimtelijke variatie van de korrelgrootteverdeling en de verhouding tussen de zand- en slibfractie, en om verbanden te leggen tussen de waargenomen dynamiek bij stortzones en de korrelgrootte van de stortingen.
- De impact van havenstortingen in de Westerschelde. Bij deze baggerwerken wordt het sediment over kleinere afstanden verplaatst. Er worden echter wel grote volumes aan sediment gebaggerd en gestort. Een verdere opvolging van de invloed van deze stortingen op de sedimenthuishouding van de Westerschelde, en specifiek de invloed op (de omgeving van) de stortzones van de baggerwerken in de vaargeul, is daarom wenselijk.
- Het effect van de zeezandstortingen in het kader van de zandruil. Sinds het stopzetten van de zandwinning wordt een zandruil uitgevoerd, waarbij zeezand wordt gestort in de Westerschelde ter compensatie van de (beperkte volumes) zandwinning. De effecten van deze zandruilproef op de stortzones van Flexibel Storten, met name de nevengeulstortzone van macrocel 3, zouden verder onderzocht kunnen worden.

Sinds 2008-2009 worden verhoogde sedimentconcentraties waargenomen in de Beneden-Zeeschelde. Deze toename, die zich ook de afgelopen jaren heeft doorgezet, geeft aanleiding tot verder onderzoek naar de slibbalans en de dominante transportmechanismen in dit gebied. De bagger- en stortintensiteit is sinds de verruiming en de opening van Deurganckdok toegenomen, waarbij de gebaggerde hoeveelheden slib groter zijn dan werd voorzien in het MER. Daarnaast zijn recente jaren gekenmerkt door weinig neerslag en lage bovenafvoer, wat ook een negatieve invloed heeft op de slibconcentraties in de Zeeschelde. Dit heeft een invloed op het lichtklimaat, en daarmee ook een effect op de primaire productie en algenbloei. Er wordt geadviseerd om verder onderzoek omtrent deze problematiek uit te voeren.

6 Referenties

- Arcadis (2013). Passende beoordeling en natuurtoets. Onderhoud vaargeul Westerschelde (vergunning 2015-2021). B02043.000247.0100.
- Arcadis (2015a). Verkenningen proefstortzones Westerschelde: eerste inschatting haalbaarheid. Arcadis rapport met kenmerk 077939190:B.
- Arcadis (2015b). Passende beoordeling en natuurtoets gebruik proefstortlocaties vaargeulonderhoud Westerschelde. Arcadisrapport met kenmerk 78481713:A.
- Arts F.A., Hoekstein M.H.J., Lilipaly S., van Straalen K.D., Sluijter M. & Wolf P.A. (2018). Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2017. Rijkswaterstaat, Delta Project Management.
- BirdLife International (2018). State of the world's birds.
- Bouwmeester R. (2014). Het gebruik van intergetijdengebieden door steltlopers in de Westerschelde. De relatie tussen bodemdynamica en het gebruik van intergetijdengebieden door steltlopers. Rijkswaterstaat, Delta Milieu.
- Brasseur S. (2017). Seals in motion. Wageningen University & Research.
- Buyze E., Van Wichelen J., Dasseville R., Daveloose I., Verstraete T. & Vyverman W. (2015). Phytoplankton and phytobenthos dynamics in the Scheldt estuary in 2014. In: Maris Tom, Meire Patrick (red.) Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2014.
- CBS, PBL & Wageningen UR (2017). Kokkels in Waddenzee en Zeeuwse Delta, 1990-2016.
- CBS, Planbureau voor de Leefomgeving & Wageningen UR (2014). Kokkels in Waddenzee en Zeeuwse Delta, 1990-2013 (indicator 1239, versie 06, 24 september 2014). Geraadpleegd 2 oktober 2014, <http://www.clo.nl/nl1239>.
- Consortium Arcadis-Technum (2007a). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Achtergronddocument Baggeren en storten.
- Consortium Arcadis-Technum (2007b). Hoofdrapport Milieueffectenrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Consortium Arcadis-Technum.
- Consortium Arcadis-Technum (2007c). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport slibdynamiek.
- Consortium Arcadis-Technum (2007d). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport Water. 070919 Basisrapport Water versie 4.1.
- Cox T., Maris T. & Meire P. (2015). Wijzigingen in slib- en zoutconcentraties in de Boven-Zeeschelde sinds 2009. Universiteit Antwerpen, ECOBE015-R186.
- Cox T., Maris T. & Van Engeland T. (2016). Kwaliteitscontrole oppervlakte SPM-data in de OMES-databank (presentatie).

Cox T.J.S., Maris T., Van Engeland T., Soetaert K. & Meire P. (2019). Critical transitions in suspended sediment dynamics in a temperate meso-tidal estuary. *Sci. Rep.*, 9(1), doi: 10.1038/s41598-019-48978-5.

Deltares & IMDC (2018). Baggerdepositie in diepe geulen. Strategie voor het plaatsen van gebaggerd materiaal in de diepere getijdegeulen van de Westerschelde.

Duijts O., van der Jagt H.A., van Moorsel G., Kruijt D.B., Japink M. & Middelveld R.P. (2018). Macrozoöbenthosbemonstering in de Zoute Rijkswateren, Hoofdrapport, MWTL 2017. Bureau Waardenburg.

Helsel D.R. & Hirsch R.M. (2002). Statistical Methods in Water Resources. Techniques of Water Resources Investigations, 5. U.S. Geological Survey.

Hoekstein M.H.J., Arts F.A., Lilipaly S., van Straalen K.D., Sluijter M. & Wolf P.A. (2020). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2018/2019. Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 20.03. Deltamilieu Projecten Rapportnr. 2020-03.

IMDC (2013). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Derde Verruiming Schelde: voortgangsrapport data 2010-2011. I/RA/11353/12.197/DDP.

IMDC (2015). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapport 2012-2013: Syntheserapport. I/RA/11353/14.159/DDP.

IMDC (2016). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Multivariate analyse van metingen van sedimentconcentratie in de Zeeschelde. I/RA/11353/15.228/THL.

IMDC (2017a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapportage 2014-2015: Data- en analyserapport. I/RA/11353/16.073/DDP.

IMDC (2017b). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapportage 2014-2015 : Syntheserapport. I/RA/11353/16.117/THL.

IMDC (2017c). Vaarwegbeheer 2016-2021 - Bestelopdracht 1: Flexibel Storten 2017 - Maandrapport plaatrandstortingen april - mei 2017. I/RA/11498/17.086/MGO.

IMDC (2018). Factual datarapport Diepe Delen 2017. I/RA/12161/17.204/GLE/.

IMDC (2019a). Voortgangsrapportage 2016-2017: Syntheserapport. I/RA/11498/18.140/API/.

IMDC (2019b). Voortgangsrapportage 2016-2017: Analyserapport. I/RA/11498/18.126/API/.

IMDC (2019c). Nieuwe Sluis Terneuzen - Kwartaalrapport baggeractiviteiten januari-maart 2019. I/RA/18075/19.062/API/.

IMDC (2020a). Voortgangsrapportage 2018-2019: Data- en analyserapport. I/RA/11498/20.096/MMO/.

IMDC (2020b). Vaarwegbeheer 2016-2021. Meetcampagne proefstortingen Westerschelde en verwerking data - Factual Data Report. I/RA/11498/19.079/JMA/.

IMDC (2021). Analyserapport proefstortcampagne Inloop van Ossensisse en Put van Hansweert. I/RA/11498/20.063/API/.

IMDC & Arcadis (2013). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Arealontwikkeling Hooge Platen Noord. International Marine & Dredging Consultants, I/NO/11353/13.217/DDP.

IMDC & Arcadis (2014). Aanvulling hoogteontwikkeling Hooge Platen Noord – data 2013. I/NO/11353/14.001/DDP.

IMDC, HWE & ECOBE (2015). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapportage 2012-2013: Data- en analyserapport. I/RA/11353/14.158/DDP.

Jentink R., de Klerk J. & Schrijver M. (2020). Opvolging effecten Flexibel Storten, Datarapportage 2019. Rijkswaterstaat, 7210A/DR-2019-01.

Lilipaly S., Arts F.A., Hoekstein M.H.J., van Straalen K.D., Sluijter M. & Wolf P.A. (2020). Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2019. Rijkswaterstaat, Delta Project Management, 2020-04.

LTV-consortium (2014). Advies Flexibel Storten. Voorstel voor het afleiden van koerslijnen en ondergrenzen. (1209395-000-ZKS-0001, concept). LTV-consortium Deltares - IMDC - Svasek - Arcadis.

Maris T., Gelsomini P., Horemans D. & Meire P. (2020). OMES rapport 2019: Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu.

Maris T. & Meire P. (2017). OMES rapport 2016. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. UAntwerpen ism VUB, IMDC, UGent, NIOZ, Ecolab en VLIZ, in opdracht van Vlaamse Overheid, Waterwegen & Zeekanal - afdeling Zeeschelde.

Meininger P., Witte R. & Graveland J. (2003). Zeezoogdieren in de Westerschelde: knelpunten en kansen. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Rapport RIKZ/2003.041.

Meire D., Kolokythas G., Smolders S., Plancke Y., Verwaest T. & Mostaert F. (2019). Agenda voor de Toekomst – Waves in the estuary: Analysis of wave measurements at Saeftinghe. Version 2.0. FHR Reports, 14_082_1. Flanders Hydraulics Research: Antwerp.

Plancke Y., Sas M., Heinis F. & Ides S. (2008). Nota Plaatrandstortingen. Verruiming vaargeul Westerschelde. WL2008R791_06_rev2.

Plancke Y., Schrijver M., Meire D. & Mostaert F. (2017). Overleg Flexibel Storten: Deelrapport 20 – Analyse van de waterbeweging, het sedimenttransport en de morfologie nabij de Hooge Platen. Versie 1.0. WL Rapporten, 00_031_20.

Plancke Y., Vos G., Ides S. & Mostaert F. (2009). Westerschelde determinatie onderzoek plaatrandstortingen. Ontwikkelingen van arealen op de korte termijn.

Plancke Y., Vos G. & Mostaert F. (2020). WL Rapporten. Overleg Flexibel Storten: Deelrapport 36 - Analyse van baggerhoeveelheden in de Westerschelde: periode 2000-2019. Waterbouwkundig Laboratorium, WL2020R00_031_36.

Projectgroep Flexibel Storten (2017). Toetsverslag. Toetsing Kwaliteitsparameters 2017 - monitoring 2016.

Schellekens T. & Vanagt T. (2018). Ecologische validatie plaatrandstortingen - Technisch rapport. e-Coast, eurofins, Habitat-Advies, Antea Group, VisAdvies.

Schrijver M. (2010). Monitoring meergeulensysteem Westerschelde - een overzicht van beschikbare data en methodieken. Rijkswaterstaat, 7210A/MMGW-2010-05.

Schrijver M. (2020). Monitoring meergeulensysteem Westerschelde. Toetsing nevengeulen op criterium watervolume. Rijkswaterstaat Zeeland, 7210A/MMGW-2020-01.

Schrijver M. & Plancke Y. (2008). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2008-2018. Rijkswaterstaat Zeeland/Maamse Overheid. Departement voor Mobiliteit en Openbare Werken, MONEOS-T-2008-033 /WL2008R791-3_1ref1_o.

Schrijver M. & Plancke Y. (2015). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2015-2022. Rijkswaterstaat Zeeland/Maamse Overheid. Departement voor Mobiliteit en Openbare Werken, MONEOS-T-2015-001 /WL2015R00_031_18.

T2009 Consortium (2013). T2009-rapport Schelde-estuarium. Arcadis Nederland, IMDC, Universiteit Antwerpen, IMARES en NIOZ.

T2015 Consortium (2018a). T2015-rapportage Schelde-estuarium - Evaluatierapport.

T2015 Consortium (2018b). T2015-rapportage Schelde-estuarium - Analyserapport.

T2015 Consortium (2018c). T2015-rapportage Schelde-estuarium - Samenvatting.

Troost K. (2018). Extreme kokkelsterfte op droogvallende platen Nederlandse kustwateren. <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Extreme-kokkelsterfte-op-droogvallende-platen-Nederlandse-kustwateren.htm>.

Troost K., Asch M. van, Brummelhuis E.B.M., Ende D. van den & Zweeden C. van (2017). Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2017. Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO), 17.013.

Troost K., Drent J., Folmer E. & van Stralen M. (2012). Ontwikkeling van schelpdierbestanden op de droogvallende platen van de Waddenzee. *Levende Nat.*, 113(3), 83-88.

Troost K. & van Asch M. (2018). Herziene schatting van het kokkelbestand in de waddenzee en Oosterschelde in het najaar van 2018. Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO), CVO Report 18.014.

Van Braeckel A., Elsen R. & Van Ryckegem G. (2019). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2019 (33). MONEOS monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage geomorfologie en diversiteit habitats. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

van den Ende D., Troost K., van Asch M., Perdon J. & van Zweeden (2020). Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen van de Nederlandse zoute getijdenwateren in 2019: bestand en arealen. Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO), 19.022.

van der Heide T., Tielens E., van der Zee E.M., Weerman E.J., Holthuijsen S., Eriksson B.K., Piersma T., van de Koppel J. & Olff H. (2014). Predation and habitat modification

synergistically interact to control bivalve recruitment on intertidal mudflats. *Biol. Conserv.*, **172**, 163–169, doi: 10.1016/j.biocon.2014.02.036.

van der Winden J., de Fouw J., Dreef C., van Horssen P.W. & Dirksen S. (2017). Deltagebied: nationaal en internationaal topgebied voor vogels. Status, trends, bedreigingen en toekomst watervogels in het Deltagebied. Sjoerd Dirksen Ecology - Vogelbescherming Nederland, SjDE17-02.

Vandenbruwaene W., Meire D., Vanlede J., Plancke, Y, Vanlierde E., Verwaest T. & Mostaert F. (2016). Integraal Plan Boven-Zeeschelde: Deelrapport 2 – Getijrapport Boven-Zeeschelde, Rupel en Durme. Versie 6.0. Waterbouwkundig Laboratorium, WL2016R13_131_2.

Vanoverbeke J. & Van Ryckegem G. (2015). Statistische analyse van het gebruik van het litoraal door steltlopers in de Westerschelde. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.

Verduin E., Leewis L. & van Haaren (2018). Macrozoöbenthosonderzoek in de zoute Rijkswateren 2016 - Delta (Grevelingen, Oosterschelde, Westerschelde en Veerse Meer).

Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie (2008). Protocol voorwaarden voor flexibel storten - Kwaliteitsparameters.

Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie (2014). Protocol voorwaarden voor flexibel storten - Kwaliteitsparameters.

Wijsman J.W.M. & Kesteloo J.J. (2007). Het effect van baggerwerkzaamheden t.b.v. de verruiming op de kokkelbestanden in de Westerschelde. *IMARES Wagening. Rep.*

Ysebaert T., Meininger P.L., Meire P., Devos K., Berrevoets C.M., Strucker R.C. & Kuijken E. (2000). Waterbird communities along the estuarine salinity gradient of the Schelde estuary, NW-Europe. *Biodivers. Conserv.*, **9**(9), 1275–1296.

Zeileis A., Kleiber C., Krämer W. & Hornik K. (2003). Testing and dating of structural changes in practice. *Comput. Stat. Data Anal.*, **44**(1–2), 109–123, doi: 10.1016/S0167-9473(03)00030-6.

Zeileis A., Leisch F., Kleiber C. & Hornik K. (2005). Monitoring structural change in dynamic econometric models. *J. Appl. Econom.*, **20**(1), 99–121, doi: 10.1002/jae.776.