Monitoringprogramma Flexibel Storten Westerschelde en Monitoringprogramma Beneden-Zeeschelde

Voortgangsrapportage 2018-2019: Data- en analyserapport

Vlaamse Overheid
Afdeling Maritieme Toegang

RAPPORT 17 december 2020 - versie 2.0



Colofon

International Marine & Dredging Consultants

Adres: Van Immerseelstraat 66, 2018 Antwerpen, België

☎: + 32 3 270 92 95

🗐: + 32 3 235 67 11

Email: info@imdc.be

Website: www.imdc.be

Document Identificatie

Project	Monitoringprogramma Flexibel Storten Westerschelde en Monitoringprogramma Beneden-Zeeschelde
Titel rapport	Voortgangsrapportage 2018-2019: Data- en analyserapport
Opdrachtgever	Vlaamse Overheid - Afdeling Maritieme Toegang
Contactpersoon	Jürgen Suffis, +32 3 222 08 13, jurgen.suffis@mow.vlaanderen.be
Datum	17/12/2020
Projectref.	11498-015
Rapportref.	I/RA/11498/20.096/MMO/
Besteknummer	MT/01357_15
Trefwoorden	

Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
Rob Schepper (Signature) Digitally signed by Rob Schepper (Signature) Date: 2020.12.17 17:21:38 +01'00'	Aline Pieterse (Signature) Digitally signed by Aline Pieterse (Signature) Date: 2020.12.17 17:13:27 +01'00'	Gijsbert van Holland (Signature) Digitally signed by Gijsbert van Holland (Signature) Date: 2020.12.17 17:49:34 +01'00'
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 2020, 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	[x] beperkt	[ ] confidentieel

Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	09/10/2020	Concept tbv Overleg Flexibel Storten	Zie auteurslijst	Zie revisorenlijst	GVH
2.0	17/12/2020	Verwerking commentaren OFS	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**	**9**
1.1	De opdracht	9
1.2	Achtergrond	9
1.3	Doel van de voortgangsrapportage	10
1.4	Overzicht van de voortgangsrapportage	11
1.5	Opbouw van het analyserapport	11
2	**Overzicht van de aangeleverde data**	**13**
2.1	Ingrepen	13
2.2	Hydrodynamiek	14
2.3	Morfologie en leefomgeving	18
2.3.1	Morfologie	18
2.3.2	Hoogte slikken en platen	19
2.3.3	Integrale analyse meetpunten	19
2.3.4	Het watervolume in de geulen	19
2.3.5	Stabiliteit plaatrandstortingen	19
2.3.6	Ecotooparealen	20
2.4	Fysicochemie en waterkwaliteit	20
2.5	Fauna	22
2.5.1	Benthos	22
2.5.2	Vogels	23
2.5.3	Zeehonden (Westerschelde)	23
3	**Ingrepen**	**24**
3.1	Ingrepen Westerschelde	24
3.1.1	Onderhoudsbaggerwerken	24
3.1.2	Stortactiviteiten in kader van de onderhoudsbaggerwerken	27
3.1.3	Proefstortingen	32
3.1.4	Stortingen geulwandverdediging Gat van Ossenisse	33
3.1.5	Stortingen Nieuwe Sluis Terneuzen	33
3.1.6	Bagger-stort relaties	33
3.1.7	Havenstortingen	34
3.1.8	Zandwinning	34
3.2	Ingrepen Beneden-Zeeschelde	35
3.2.1	Onderhoudsbaggerwerken	35
3.2.2	Zandwinning	41
3.3	Samenvatting ingrepen	41
4	**Meteorologie en bovenafvoer**	**43**
4.1	Meteorologie	43
4.1.1	Neerslag	43

4.1.2	Wind	44
4.2	Bovenafvoer	46
5	**Hydrodynamiek**	**49**
5.1	Hoog- en laagwaterstanden en getijslag	49
5.1.1	Methodologie	49
5.1.2	Westerschelde	50
5.1.3	Beneden-Zeeschelde	57
5.1.4	Getijslag	63
5.1.5	Bespreking en conclusies	72
5.2	Golven	73
5.2.1	Inleiding	73
5.2.2	Resultaten	74
5.2.3	Conclusies	75
5.3	Stroomsnelheden	77
5.3.1	Plaatranden in de Westerschelde	77
5.3.2	Meetpunten in de Beneden-Zeeschelde	80
5.4	Samenvatting hydrodynamiek	82
6	**Morfologie en leefomgeving**	**85**
6.1	Recente morfologische veranderingen	85
6.1.1	Westerschelde	85
6.1.2	Geulwandverdedigingen	95
6.1.3	Beneden-Zeeschelde	98
6.2	Slikken en platen	104
6.2.1	Hoogtemetingen bij de plaatrandstortzones (Westerschelde)	104
6.2.2	Schorranderosiemetingen (Westerschelde)	116
6.2.3	Schor-slikraaien Beneden-Zeeschelde	129
6.3	Integrale analyse meetpunten	135
6.3.1	Hooge Platen West	136
6.3.2	Hooge Platen Noord	137
6.3.3	Plaat van Walsoorden	138
6.3.4	Rug van Baarland	140
6.3.5	Samenvatting	142
6.4	Watervolume in de geulen	146
6.4.1	Maximaal toegelaten verandering	147
6.4.2	Ondergrens en waarschuwingsgrens	148
6.4.3	Kantelindex	148
6.4.4	Getijvolume	148
6.4.5	Toetsing	149
6.5	Stabiliteit van de plaatrandstortingen	168

6.6	Proefstortingen	179
6.6.1	Suikerplaat	179
6.6.2	Put van Hansweert	180
6.6.3	Inloop van Ossenisse	182
6.7	Ecotooparealen	183
6.7.1	Westerschelde	183
6.7.2	Beneden-Zeeschelde	195
7	**Fysicochemie en waterbodemkwaliteit**	**202**
7.1	Zwevende stof	202
7.1.1	Westerschelde	202
7.1.2	Beneden-Zeeschelde	203
7.1.3	Bespreking en conclusies	212
7.2	Lichtpenetratie	213
7.2.1	Westerschelde	213
7.2.2	Beneden-Zeeschelde	214
7.3	Chlorofylgehalte	215
7.3.1	Westerschelde	215
7.3.2	Beneden-Zeeschelde	217
7.4	Chloridegehalte	222
7.4.1	Westerschelde	223
7.4.2	Beneden-Zeeschelde	225
7.5	Chemische kwaliteit van de waterbodem	230
7.5.1	Westerschelde	231
7.5.2	Beneden-Zeeschelde	234
7.6	Samenvatting fysiochemie en waterbodemkwaliteit	240
8	**Fauna**	**242**
8.1	Macrozoöbenthos	242
8.1.1	Inleiding	242
8.1.2	Data	242
8.1.3	Analyses	248
8.2	Vogels	259
8.2.1	Inleiding	259
8.2.2	Data	260
8.2.3	Niet-Broedvogels	264
8.2.4	Broedvogels	273
8.2.5	Potentieel foerageergebied (droogvalduur 30-70%)	278
8.3	Zeehonden	281
8.3.1	Inleiding	281
8.3.2	Data	282

8.3.3 Analyses 283
9 Referenties 287

Bijlagen

De bijlagen worden in een apart document ter beschikking gesteld.

1 Inleiding

1.1 De opdracht

Het Voortgangsrapport Flexibel Storten 2018-2019 is opgesteld door IMDC nv in samenwerking met UA, HWE, en GeoHydroData onder deelopdracht 15 'Morfologische analyses effecten speciebergingsscenario'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 m^3, 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 m^3 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 Mm^3 aanlegvolume, terwijl het jaarlijkse onderhoud voor zand op 2,1 Mm^3 werd geraamd. Voor het slibonderhoud werd in totaal 6,8 Mm^3 in beun (bulkdensiteit 1,25 ton/m^3) of 1,7 Mm^3 V' (referentiedensiteit 2 ton/m^3) 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, 2015a; 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.

Dit eerste deelrapport is het data- en analyserapport. 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 gesteld.

Het tweede deelrapport, het syntheserapport, 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 verder onderzoek, en ook een afzonderlijke vermelding van de toestand van de Kwaliteitsparameters uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten.

1.5 Opbouw van het analyserapport

Na dit eerste inleidende hoofdstuk, geeft het tweede hoofdstuk van het analyserapport een beknopt overzicht van de aangeleverde en geanalyseerde gegevens. Het verdere rapport is ingedeeld per thema:

- Hoofdstuk 3 behandelt de uitgevoerde ingrepen in de periode 2010-2019 in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde;
- In hoofdstuk 4 worden enkele randgegevens behandeld, waaronder meteorologische aspecten en bovenafvoer;

- In hoofdstuk 5 worden hydrodynamische parameters behandeld: ontwikkeling van hoog- en laagwaterstanden, getijslag, getijvolume, golven, en stroomsnelheden;
- In hoofdstuk 6 worden de morfologische aspecten en habitateigenschappen besproken, met name de grootschalige bathymetrische veranderingen, de ontwikkeling van slikken en platen, het watervolume in de geulen (Westerschelde), de stabiliteit van de plaatrandstortingen in de Westerschelde, en de ecotooparealen en veranderingen hierin;
- Hoofdstuk 7 gaat verder in op fysicochemische parameters alsook de chemische kwaliteit van de waterbodem;
- In hoofdstuk 8 komt fauna aan bod: vogel- en zeehondentellingen alsook gegevens over macrobenthos.

Achteraan het rapport zijn referenties ingevoegd. De bijlagen zijn afzonderlijk gebundeld. Voor een samenvatting van de analyseresultaten, een integrale discussie, en adviezen, wordt naar het bijhorende syntheserapport van dit vijfde Voortgangsrapport verwezen.

2 Overzicht van de aangeleverde data

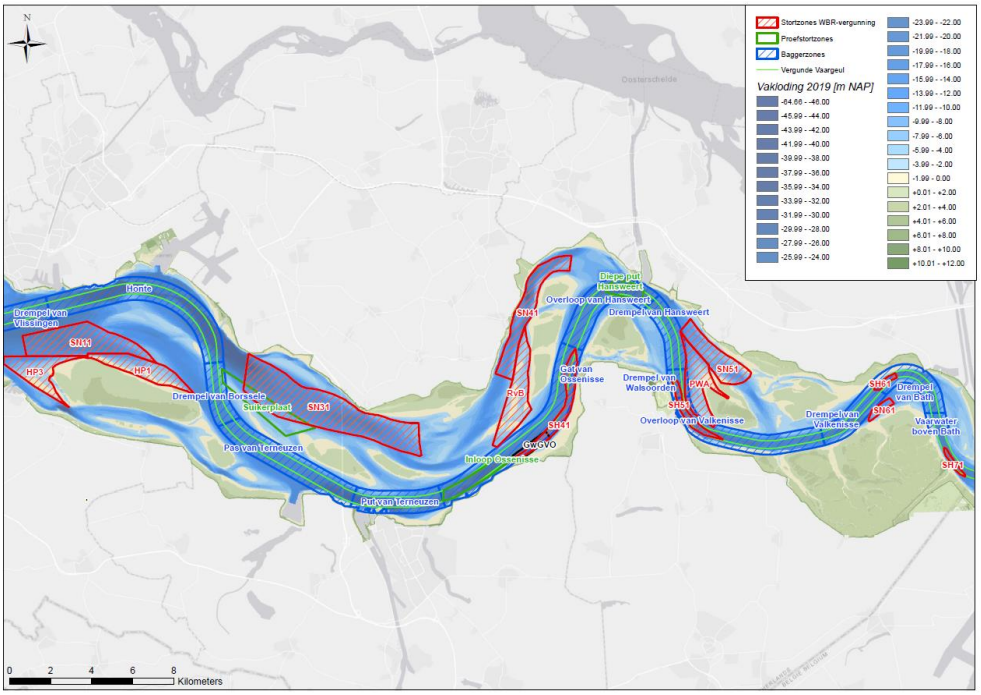
Ten behoeve van het opstellen van het Voortgangsrapport is een grote hoeveelheid informatie verzameld en gereed gemaakt voor analyse en presentatie. Dit hoofdstuk geeft een beknopt overzicht van de aangeleverde en geanalyseerde data.

2.1 Ingrepen

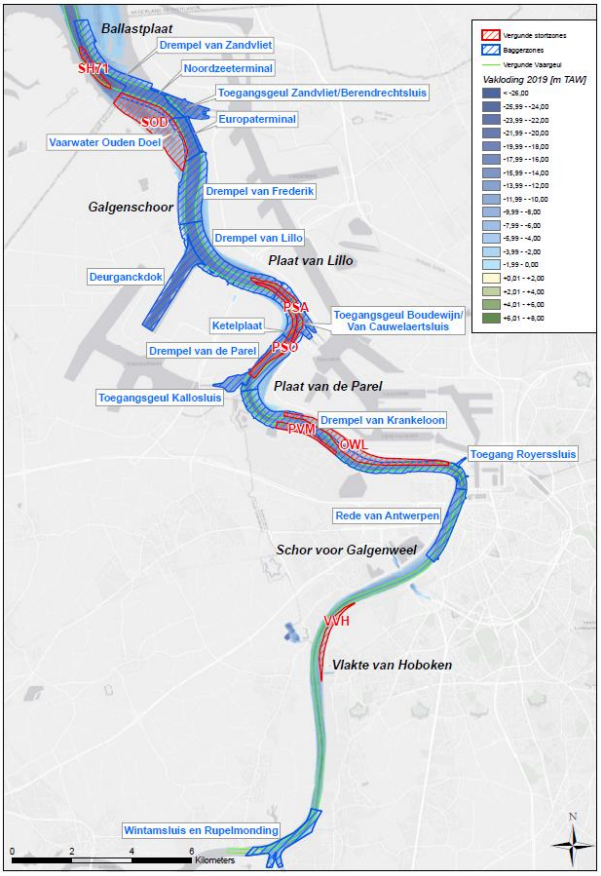
Bagger- en stortactiviteiten

De gedetailleerde gegevens inzake bagger- en stortactiviteiten sinds de derde verruiming worden bijgehouden door afdeling Maritieme Toegang in het Bagger Informatie Systeem (BIS) en zijn voor deze opdracht aangeleverd in Excel formaat. Deze dataset staat gekend als Moneos fiche S-MD-V-007b_Ingreepgegevens_baggerhoeveelheden en bevat ook informatie rond geulwandstortingen en proefstortingen. De data is in voorliggend rapport weergegeven tot februari 2020.

De baggerstatistiek sinds 1895 werd aangeleverd door afdeling Maritieme Toegang. Deze dataset bevat bagger- en stortgegevens voor de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde tot en met 2019, gegroepeerd per week. De bagger-, stort- en proefstortzones voor de periode 2010-2019 zijn voor de Westerschelde weergegeven in Figuur 2-1 en voor de Beneden-Zeeschelde in Figuur 2-2.



Figuur 2-1: Overzicht van de bagger- (blauw), proefstort- (groen) en 'reguliere' stortzones (rood) in de Westerschelde.



Figuur 2-2: Overzicht van de bagger- (blauw) en stortzones (rood) in de Beneden-Zeeschelde.

Zandwinning

Gegevens inzake de zandruilproef in de Westerschelde van 2015 tot en met april 2019 werden aangeleverd in Excel-formaat vanuit Rijkswaterstaat.

De zandwinvolumes voor 2008-2019 in de Beneden-Zeeschelde werden meegedeeld vanuit afdeling Maritieme Toegang (per email).

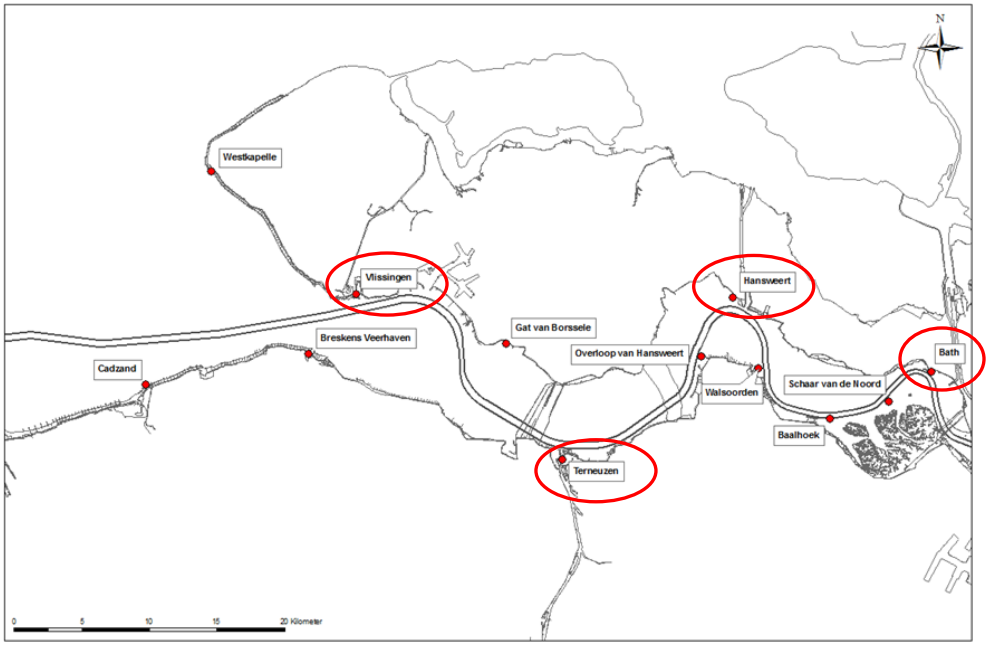
Havenstortingen Westerschelde

Vanuit Rijkswaterstaat werden gegevens inzake havenstortingen in de Westerschelde aangeleverd als Excel-bestand tot eind 2019.

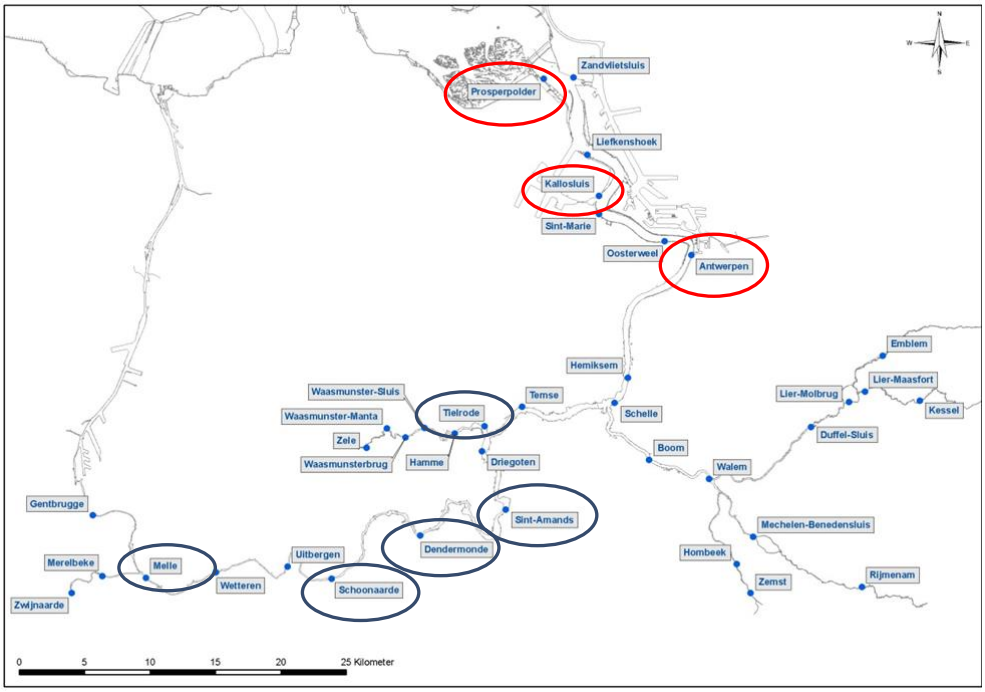
2.2 Hydrodynamiek

Hoog- en laagwaterstanden

Gegevens van de hoog- en laagwaterstanden van het getij zijn beschikbaar bij verschillende meetstations in de Westerschelde (Nederland) en de Zeeschelde (Vlaanderen). In de Westerschelde worden in dit rapport de meetstations te Vlissingen, Terneuzen, Hansweert, en Bath beschouwd (Figuur 2-3). In de Beneden-Zeeschelde worden de meetstations te Prosperpolder, Kallosluis, en Antwerpen-Loodsgebouw beschouwd (Figuur 2-4). Daarnaast wordt de getijslag bij enkele stations in de Boven-Zeeschelde meegenomen in de ruimtelijke analyse (Tielrode, Sint-Amands, Dendermonde, Schoonaarde, Melle).



Figuur 2-3: Locaties van de Nederlandse getijmeetstations in de met indicatie van de stations beschouwd in dit rapport (omcirkeld).



Figuur 2-4: Locaties van de Vlaamse getijmeetstations in de Zeeschelde met indicatie van de stations beschouwd in de Beneden-Zeeschelde (rood omcirkeld) en Boven-Zeeschelde (blauw omcirkeld) voor dit rapport.

Tabel 2-1 geeft een overzicht van de databronnen voor de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden en de getijslag. Tot en met 2009 worden de data en trends overgenomen van het T2009 rapport (T2009 Consortium, 2013). Vanaf 2010 worden deze tijdreeksen aangevuld met de nieuw beschikbare metingen. Daarnaast werden de T2015 trends overgenomen van het T2015 rapport (T2015 Consortium, 2018a).

Alle jaargemiddelde waterstanden zijn uitgedrukt in TAW voor de Vlaamse meetstations en in NAP voor de Nederlandse stations.

Tabel 2-1: Overzicht van de databronnen voor de jaargemiddelde waterstanden.

Bron	Locatie	Periode	Parameters
T2009 dataset (T2009 Consortium, 2013)	Beneden-Zeeschelde en Westerschelde	t.e.m. 2009	Jaargemiddeld HW, LW en getijslag
MONEOS 2010-2019 - WL	Beneden-Zeeschelde	2010-2019	HW, LW en getijslag
Dataset Rijkswaterstaat	Westerschelde	2010-2019	HW, LW en getijslag

De peilschalen langs de Zeeschelde zijn midden 2013 opnieuw topografisch ingemeten. Hieruit bleek dat er verticale fouten aanwezig waren, opgetreden tussen 2013 en de laatste opmetingen enkele decennia geleden. Deze peilschaalcorrectie wordt op de door het WL aangeleverde gegevens vanaf 2011 doorgevoerd. In dit rapport wordt gewerkt met de waterstandsdata inclusief de peilschaalcorrectie vanaf 2011. De grootte van de peilschaalcorrectie bij de gebruikte meetstations is weergegeven in Tabel 2-2.

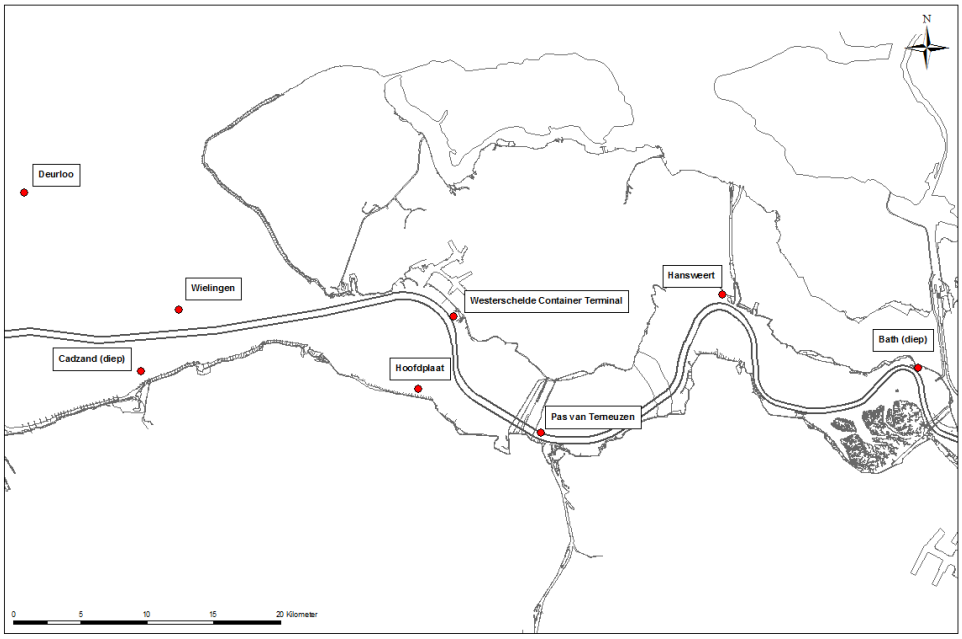
Tabel 2-2: Overzicht van peilschaalcorrecties van meetstations in de Beneden-Zeeschelde.

Meetstation	Peilschaalcorrectie
Prosperpolder	0,9 cm
Antwerpen-Loodsgebouw	-3,0 cm
Kallosluis	-4,9 cm

Golven

Op verschillende locaties in de Westerschelde en in de monding van de Westerschelde (Figuur 2-5, Tabel 2-3) worden golfmetingen uitgevoerd door de Meetinformatiedienst van Rijkswaterstaat Zee en Delta. De veldmetingen worden ingewonnen en globaal gevalideerd door Hydro Meteo Centrum Zeeland (HMCZ).

In de Beneden-Zeeschelde worden golfmetingen gedaan bij meetpaal Lillo, door het Waterbouwkundig Laboratorium.



Figuur 2-5: Meetlocaties van de golven langsheen de Westerschelde.

Tabel 2-3: Overzicht van de databronnen voor de golfwerking.

Locatie	Code	Type	Meetperiode	Bron
Bath (diep)	BAT2	stappenbaak	1998 - heden	Rijkswaterstaat
Hansweert	HAWI	stappenbaak	1998 - heden	Rijkswaterstaat
Pas van Terneuzen	PVT1	waverider	2001 - heden	Rijkswaterstaat
Hoofdplaat	HFPL	stappenbaak	1998 - heden	Rijkswaterstaat
Honte	HNTE	waverider	2009-heden	Rijkswaterstaat
Cadzand (diep)	CADW	dir. waverider	1997 - heden	Rijkswaterstaat
Wielingen	WIEL	waverider	1984 - heden	Rijkswaterstaat
Deurloo	DELO[1]	dir. waverider	1984 - heden	Rijkswaterstaat
Lillo	LILL		2015-heden	Waterbouwkundig Laboratorium

Stroomsnelheden

Plaatranden in de Westerschelde

Als onderdeel van de metingen binnen het MONEOS-T Uitvoeringsplan wordt op iedere plaatrandstortzone in de Westerschelde op verschillende tijdstippen de stroomsnelheid en –richting gemeten. Er zijn in totaal 12 raaien gedefinieerd in de Westerschelde, waarbij per raai één punt gelegen is in het ondiep water in de stortzone en drie punten op het intergetijdengebied op de plaat (zie Bijlage C). Afhankelijk van de ontwikkelingen en de uitgevoerde werken worden bepaalde locaties gemeten. Minstens één maal per jaar worden de verschillende raaien opgemeten. De meetduur bedraagt ongeveer 2 volledige springtij-doodtij-cycli (1 maand). Op de plaat wordt gemeten met een AquaDopp Profiler (2 MHz) en op een diepte van -5 m LAT m.b.v. een Teledyne RDI ADCP gemonteerd op een frame.

De resultaten van de metingen zijn verkregen uit het datarapport van Rijkswaterstaat (Jentink *et al.*, 2019, 2020). Een overzicht wordt gegeven in Tabel 2-4. De resultaten worden ook weergegeven in Bijlage C, hierbij wordt telkens de maximum verticaalgemiddelde vloedsnelheid uitgezet tegen de gemiddelde rijzing in een nabijgelegen waterstandspunt, en analoog voor de ebsnelheid ten opzichte van de daling.

Sinds de voorgaande voortgangsrapportage werden enkel nieuwe metingen uitgevoerd op de Plaat van Walsoorden. Voor de andere locaties (Hooge Platen West, Hooge Platen Noord, Rug van Baarland, Plaat van Valkenisse) is geen nieuwe data beschikbaar; deze worden in het huidige rapport dan ook niet verder beschouwd.

Tabel 2-4: Overzicht van de databronnen voor de stroomsnelheden aan de plaatranden in de Westerschelde. (*: deze plaat betreft geen plaatrandstortlocatie)

Bron	Locatie	Periode	Parameters	Aantal meetraaien
RWS	Hooge Platen West	2010 – 2017	Stroomsnelheid en -richting	2
RWS	Hooge Platen Noord	2010 – 2015	Stroomsnelheid en -richting	4
RWS	Rug van Baarland	2010 – 2015	Stroomsnelheid en -richting	4

[1] Per 13 maart 2002 werd de gewone waverider te Deurloo vervangen door een directionele waverider.

Bron	Locatie	Periode	Parameters	Aantal meetraaien
RWS	Plaat van Ossenisse*	2010 – 2015	Stroomsnelheid en -richting	10 meetlocaties
RWS	Plaat van Walsoorden	2010 - 2019	Stroomsnelheid en -richting	4
RWS	Plaat van Valkenisse*	2010 - 2015	Stroomsnelheid en -richting	1

Beneden-Zeeschelde

In de Beneden-Zeeschelde worden op verschillende locaties continue metingen uitgevoerd van stroomsnelheid. De ligging van deze meetpunten wordt weergegeven in Figuur 2-7.

Tabel 2-5: Overzicht van de databronnen voor de stroomsnelheden in de Beneden-Zeeschelde.

Bron	Locatie	Periode
WL	Oosterweel-Boven	2008-2019
WL	Lillo-Boven	2015-2019
WL	Lillo-Onder	2015-2019

2.3 Morfologie en leefomgeving

2.3.1 Morfologie

Westerschelde

Voor de Westerschelde werden de vaklodingskaarten en lidar, opgenomen door Rijkswaterstaat in 2018 en 2019, beschikbaar gesteld. Deze diepterasters geven de bathymetrie, topografie, en de morfologie weer van de Westerschelde in het betreffende jaar. De aangeleverde bodemgrids hebben een celgrootte van 20 m met het NAP-vlak als verticaal referentiepeil. De vaklodingen startten in de jaren ’50 en worden jaarlijks herhaald. Aan de hand van het verschil van deze dieptegegevens worden bodemveranderingen zichtbaar. Om de morfologische entiteiten beter te kunnen onderscheiden werden de aangeleverde diepterasters ook gebruikt om schaduw nuances (hill shade) aan te geven.

De vaklodingen van 2018 en 2019 bedekken het gebied vanaf de Westerscheldemonding nabij Vlissingen. De diepte- en verschilkaarten van de Westerschelde zijn opgenomen in Bijlage D.

Er werd in 2018 en 2019 geen rapport inzake de monitoring van de geulwandverdedigingen in de Westerschelde opgeleverd. Wel werden peilingen en profielen van 2018 en 2019 van de monitoring van de geulwandverdediging van Ossenisse geleverd.

Beneden-Zeeschelde

De gebiedsdekkende vaklodingskaarten en lidar van de Beneden-Zeeschelde, opgenomen in 2018 en 2019 werden beschikbaar gesteld door de Vlaamse Hydrografie en afdeling Maritieme Toegang. De bodemgrids worden aangeleverd met een celgrootte van 1 m. De aanlevering is een compilatie van de bathymetrische en topografische data van de volgende secties: Saeftinghe-Doel, Doel-Fort Filip, Fort Filip-Oosterweel, Rede van Antwerpen, en Rupelmonde-Burcht. De Noordzeeterminal, het Deurganckdok, en de sluiscomplexen werden voor 2018 en 2019 ook meegeleverd. De diepte- en verschilkaarten van de Beneden-Zeeschelde zijn opgenomen in Bijlage E.

2.3.2 Hoogte slikken en platen

De hoogte van de slikken en platen in de Westerschelde wordt twee maal per jaar bepaald door Rijkswaterstaat. Hiertoe worden de volgende (meet)gegevens verzameld:

- RTK-raai hoogtemeting op slikken en platen (1 maal per jaar). (Bijlage G);
- RTK-punt hoogtemeting (sedimentatie/erosie; 2 maal per jaar). (Bijlage G);
- Plaatrandlodingen (2 maal per jaar) (Bijlage F);
- RTK-raai hoogtemeting op schorranden (1 maal per jaar).

Deze data worden jaarlijks gebundeld en werden ook gedeeltelijk digitaal beschikbaar gesteld (Jentink *et al.*, 2019, 2020).

Voor de hoogtemetingen op de slikken en schorren in de Beneden-Zeeschelde wordt verwezen naar de eerstelijnsrapportage inzake de toestand in 2019, opgesteld in het kader van het MONEOS-project (Van Braeckel *et al.*, 2019).

2.3.3 Integrale analyse meetpunten

Bemonstering van de RTK-meetpunten, uitgevoerd door Rijkswaterstaat, gebeurde tot 2014 vier maal per jaar. Vanaf 2015 wordt deze bemonstering slechts twee maal per jaar uitgevoerd. Naast de RTK-hoogteligging wordt ook het geomorfologisch type, het lutumgehalte, en de hoeveelheid wadpieren, vlokreeftjes (Corophium), kokkels (Cerastoderma edule) en algemeen bodemleven (rijkdom) bepaald. De data wordt opgeleverd per meetpunt als Excel-bestand. Het ecotooptype werd afgeleid uit de beschikbare ecotoopkaarten opgesteld voor de Westerschelde.

2.3.4 Het watervolume in de geulen

Jaarlijks wordt het watervolume in de neven- en hoofdgeulen van de Westerschelde berekend door Rijkswaterstaat Zee en Delta. Hier worden ook aanvullende analysegegevens zoals de kantelindex, de getijdevolumes en ingreepgegevens toegelicht.

De veranderingen van het berekende watervolume in de nevengeulen worden jaarlijks bepaald aan de hand van:

- Jaarlijkse topo-bathymetrische opnames (Rijkswaterstaat Zee en Delta);
- Maximaal stortvolume per jaar per nevengeul zoals vastgelegd in de vergunningen.

De data die in dit rapport zijn opgenomen bevatten metingen tot en met 1 januari 2019 (Schrijver, 2020a). De gepresenteerde volumes zijn dus geldig voor de periode van 10 jaar na de start van de verruiming.

2.3.5 Stabiliteit plaatrandstortingen

De monitoring van de plaatrandstortingen gebeurt aan de hand van maandelijkse rapportages. Hierin worden de volgende gegevens verwerkt:

- Topo-bathymetrische opnames van de stortgebieden bij de plaatranden (Bijlage F);
- Bagger- en stortgegevens.

Op basis daarvan wordt via (twee)maandelijkse rapporten verslag uitgebracht, met een beschrijving en analyse van de aangeleverd gegevens. In deze rapporten gaat bijzondere aandacht uit naar de plaatrandstortingen en de stabiliteit van de teruggestorte

sedimenten op die locaties. In dit rapport worden de gegevens tot en met de toetsing 10 jaar na de start van de verdiepingswerken meegenomen.

2.3.6 Ecotooparealen

Westerschelde

Voor deze vijfde voortgangsrapportage wordt de ecotopenkaart van 2018 verwerkt. Deze werd opgesteld en is aangeleverd in GIS-formaat door Rijkswaterstaat Zee en Delta. De ecotopenkaart van 2018 geeft de status weer 8 jaar na de start van de verruiming. De ecotopenkaarten zijn niet enkel opgesteld op basis van reële metingen maar ook op basis van interpretatie en deskundig oordeel van geomorfologische kaarten en modelberekeningen (Rijkswaterstaat, 2006). De ecotopenkaarten zijn weergegeven in Bijlage H.

Beneden-Zeeschelde

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) stelt de ecotopenkaarten op voor de Zeeschelde. De ecotopenkaart van de Zeeschelde wordt opgebouwd op basis van twee basisinformatielagen: een fysiotopenkaart en een geomorfologische kaart (Van Braeckel *et al.*, 2019). In dit rapport zijn de ecotopenkaarten van 2017 en 2018 opgenomen. Naast de areaaloppervlaktes, kunnen ook de ecotoop oppervlakteveranderingen worden afgeleid. Bijlage I bevat de ecotopenkaarten van 2010, 2017 en 2018.

2.4 Fysicochemie en waterkwaliteit

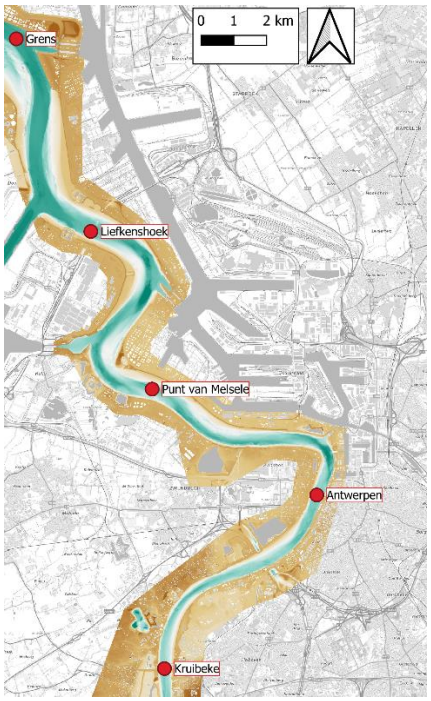
Fysicochemische gegevens werden verzameld volgens het Uitvoeringsplan MONEOS-T (Schrijver en Plancke, 2008, 2015) en samengevat in Tabel 2-6 (Westerschelde) en Tabel 2-7 (Beneden-Zeeschelde). Een overzicht van de meetlocaties in de Beneden-Zeeschelde wordt weergegeven in Figuur 2-6 en Figuur 2-7.

Tabel 2-6: Overzicht databronnen Westerschelde

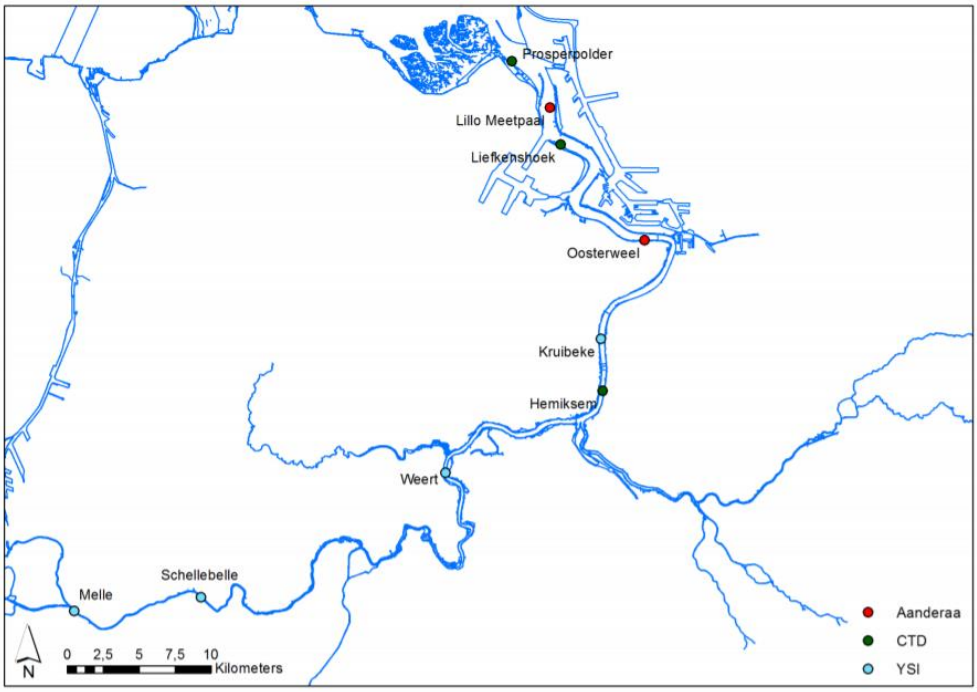
Parameter	Bron	Locaties	Periode	MONEOS - datafiche
Zwevende Stof	Rijkswaterstaat (Vroom *et al.*, 2013)	Vlissingen boei SSVH, Terneuzen boei 20, Hansweert geul, Schaar van Ouden Doel	1980-2019	S-FC-N-019
Lichtextinctie	Rijkswaterstaat (Vroom *et al.*, 2013)	Vlissingen boei SSVH, Terneuzen boei 20, Hansweert geul, Schaar van Ouden Doel	1993-2019	S-FC-N-028
Chlorofyl-a gehalte waterkolom	Rijkswaterstaat (Vroom *et al.*, 2013)	Vlissingen boei SSVH, Terneuzen boei 20, Hansweert geul, Schaar van Ouden Doel	1990-2019	S-FC-N-012
Chloride-gehalte	Rijkswaterstaat (Vroom *et al.*, 2013)	Vlissingen boei SSVH, Terneuzen boei 20, Hansweert geul, Schaar van Ouden Doel	1965-2019	S-FC-N-021
Chloride-gehalte (continue metingen)	(Spronk en Vereecken, 2010)	Vlakte van de Raan, Overloop van Hansweert, Baalhoek	2012-2019	S-FC-N-001
Chemische kwaliteit waterbodem	Vlaamse Milieu-maatschappij (VMM 2002-2015b)	Zie sectie 7.5.1	1995-2019	S-MD-V-004c

Tabel 2-7: Overzicht databronnen Beneden-Zeeschelde

Parameter	Bron	Locaties	Periode	MONEOS-datafiche
Zwevende stof (periodieke metingen)	OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016)	Grens, Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke	1996-2019	S-FC-V-019
Zwevende stof (continue metingen)	OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016)	Oosterweel	2001-2019	S-FC-V-005
		Boei 84, Driegoten	2006-2015	
		Lillo, Kruibeke	2015-2019	
		Weert	2017-2019	
Lichtextinctie	OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016)	Grens, Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke	2002-2019	S-FC-V-020
Chlorofyl-a gehalte in de waterkolom	OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016)	Grens, Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke	2002-2019	S-FC-V-012
Chlorofyl-a gehalte op de schorren	OMES (Maris *et al.*, 2013)	Groot Buitenschoor, Boerenschans	2006-2019	S-EF-V-002
Chloride-gehalte	OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016)	Grens, Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke	1996-2019	S-FC-V-021
Chloride-gehalte (continue metingen)	OMES-MONEOS (Maris *et al.*, 2013; Vanlierde *et al.*, 2016)	Prosperpolder	2003-2019	S-FC-V-001
		Oosterweel, Hemiksem	2010-2019	
		Boei 84, Driegoten	2010-2015	
		Kruibeke, Lillo	2015-2019	
		Weert	2017-2019	
Chemische kwaliteit waterbodem	Vlaamse Milieu-maatschappij (VMM 2002-2015a)	Zie sectie 7.5.2	2002-2019	S-MD-V-004c



Figuur 2-6: Meetlocaties van periodieke metingen van fysische parameters in de Beneden-Zeeschelde.



Figuur 2-7: MONEOS meetlocaties van fysische parameters in de Zeeschelde.

2.5 Fauna

De data voor de faunarapportage en -analyse worden hieronder per type opgelijst. Dit onderdeel handelt specifiek over de Westerschelde, die worden opgelegd i.k.v. de Nb-vergunning. De parameters maken geen onderdeel uit van het Uitvoeringsplan MONEOS-T, maar horen verder thuis bij de 6-jaarlijkse evaluatie van de systeemmonitoring.

2.5.1 Benthos

- Monitoring schelpdieren 1992-2019 Westerschelde (WOT Westerschelde: kokkelsurvey - uitgevoerd door Universiteit Wageningen in opdracht van het Ministerie van Economische zaken). De weergegeven biomassa's zijn gebaseerd op versgewicht.
- Monitoring benthos Westerschelde 1992-2018 (Water, Verkeer en Leefomgeving dienst van Rijkswaterstaat – MWTL meetplan (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands – Milieumeetnet Rijkswateren)). De gegevens zijn afkomstig van MWTL Macrozoöbenthos bemonsteringen, analyses en sedimentbemonstering in de Delta; Westerschelde en Oosterschelde, (perceel A), uitgevoerd door verschillende bureau's. De weergegeven biomassa's zijn gebaseerd op asvrij drooggewicht. Merk op dat de sedimentanalysegegevens niet mee geleverd zijn voor alle jaren. De data van 2019 ontbreekt aangezien deze niet tijdig kon geleverd worden voor de afwerking van het rapport.

2.5.2 Vogels

2.5.2.1 Watervogels

Monitoring watervogels juli 2009 - juni 2019 (MWTL)

- Rapportages "Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta" (Strucker *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2013; Arts *et al.*, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019b; Hoekstein *et al.*, 2020).
- Vanaf maart 2013 is het telprogramma gewijzigd, waardoor deze data niet één op één vergeleken kan worden met de voorgaande jaren. Aangezien Sovon Vogelonderzoek Nederland reeds een uitgebreide analyse heeft gemaakt van deze vogelteldata, zijn deze resultaten in het voortgangsrapport overgenomen. Deze analyse is gebaseerd op tellingen tussen 1987 en 2018.

2.5.2.2 Broedvogels

Monitoring broedvogels 1979-2019 (MWTL) op basis van aangeleverde data (1979-2019).

2.5.3 Zeehonden (Westerschelde)

Monitoring zeezoogdieren juli 2008 - juni 2019 (MWTL):

- Rapportages "Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta" (Strucker *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2013; Arts *et al.*, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019b; Hoekstein *et al.*, 2020). Vanaf seizoen 2014/2015 worden geen vliegtuigtellingen meer uitgevoerd in september, oktober en november.

3 Ingrepen

In dit hoofdstuk worden de in 2018 en 2019 uitgevoerde bagger- en stortactiviteiten, zandwinning en andere menselijke ingrepen beschreven, die in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde zijn uitgevoerd. De hoeveelheden worden vergeleken met de trend van de voorgaande jaren en met de verwachtingen in de MER van de verruiming.

Sinds de jaren '90 hebben de baggerschepen die actief zijn op de Schelde, het Baggerinformatiesysteem (BIS) aan boord. Dit systeem registreert continu de positie van het schip en de voornaamste baggerparameters. De geregistreerde gegevens worden verzameld in de databank 'Beheer Maritieme Werken' van de afdeling Maritieme Toegang (zie infokader 'Volume-eenheden' onderaan deze pagina). Dit laat toe de gebaggerde en gestorte hoeveelheden op te delen, per land (Nederland of België), per jaar, per soort specie (zand of slib), of per type baggerwerk (onderhoud of verdieping).

3.1 Ingrepen Westerschelde

3.1.1 Onderhoudsbaggerwerken

Het cumulatieve verloop van de totale baggerinspanning (zand) voor het onderhoud van de vaargeul van de Westerschelde wordt weergegeven in Figuur 3-1. Verdere detaillering van de onderhoudsbaggerwerken is opgenomen in Bijlage A. Er dient onderscheid gemaakt te worden tussen kalenderjaren (per 1 januari) en vergunningsjaren (per 12 februari). In kalenderjaren 2018 en 2019 werd respectievelijk 9,3 en 9,1 Mm³ (miljoen m³) gebaggerd.

Infokader "Volume-eenheden"

De bagger- en storthoeveelheden worden in de databank Beheer Maritieme Werken uitgedrukt in m³ in beun voor zand en in m³ equivalent (of gereduceerd) volume (V') voor slib.

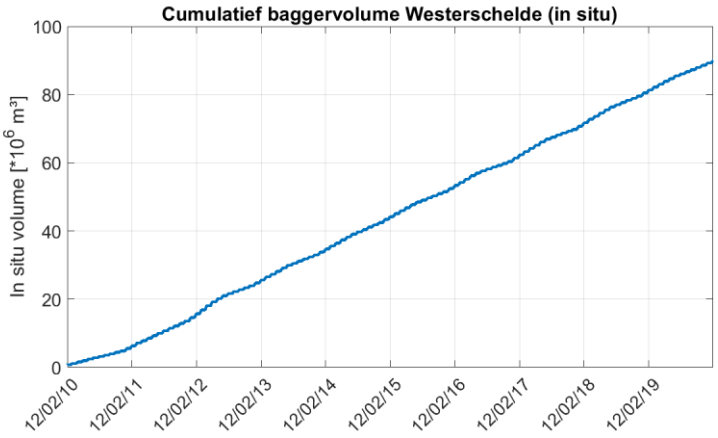
Voor bagger- en stortvolumes in de **Westerschelde** wordt gewerkt met *in situ* volumes, waarbij de volgende omrekening gebruikt wordt: $V_{beun} / V_{in\ situ} = 1{,}12$ (Consortium Arcadis-Technum, 2007a). Voor **rainbow- of sproei-activiteiten** wordt gebruik gemaakt van de cijfers uit de databank Beheer Maritieme Werken voor de omrekening tussen beun en in situ volume.

De **zandvolumes** voor de **Beneden-Zeeschelde** worden steeds weergegeven in beun m³. De massa droge stof is te berekenen door het gereduceerde volume te vermenigvuldigen met 1,365 (Roose, 2008).

Het equivalent volume V' is het **volume slib** (uitsluitend **Beneden-Zeeschelde**) omgerekend naar een bulkdensiteit van 2 ton per m³ op basis van het waargenomen beunvolume en de beunmassa. Het voordeel van deze weergave t.o.v. beunvolumes is dat densiteitsverschillen ten gevolg van variërende waterinhoud geen rol spelen. Daarnaast valt ook de massa droge stof te berekenen, door het gereduceerde volume te vermenigvuldigen met 1,606 (Roose, 2008).

In vergunningsjaar 9 en 10[2] zijn onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd voor in totaal 9,4 Mm³ resp. 9,2 Mm³ in situ. De totale onderhoudsbaggerwerken voor beide vergunningsjaren zijn vergelijkbaar met die voor de vergunningsjaren 3 tot en met 7 (min. 8,8 Mm³ en max. 9,3 Mm³), maar lager dan in de eerste twee vergunningsjaren (waarbij het eerste vergunningsjaar de verruiming zelf omvatte). Het uitgevoerde onderhoudsbaggerwerk in het voorgaande vergunningsjaar 8 was circa 0.5 Mm³ hoger dan voor de vergunningsjaren 9 en 10.

[2] De eerste vergunningsperiode omvatte vergunningsjaar 1-5 (12/02/2010 – 11/02/2015). De jaren in de tweede vergunningsperiode worden doorgeteld vanaf de eerste periode en beginnen dus bij vergunningsjaar 6 (12/02/2015 – 11/02/2016).



Figuur 3-1: Cumulatief baggervolume (in situ m³) in de Westerschelde

Het verloop van de baggerinspanning voor de gehele Westerschelde toont sinds de start van de derde verruiming geen verandering van de trend, alhoewel er kleine variaties van jaar op jaar zijn.

Omgerekend naar in-situ volumes (zie tabellen in Bijlage A en Tabel 3-1) zijn de onderhoudsvolumes lager dan de in de MER verwachte onderhoudsinspanning van 11,7 Mm³.

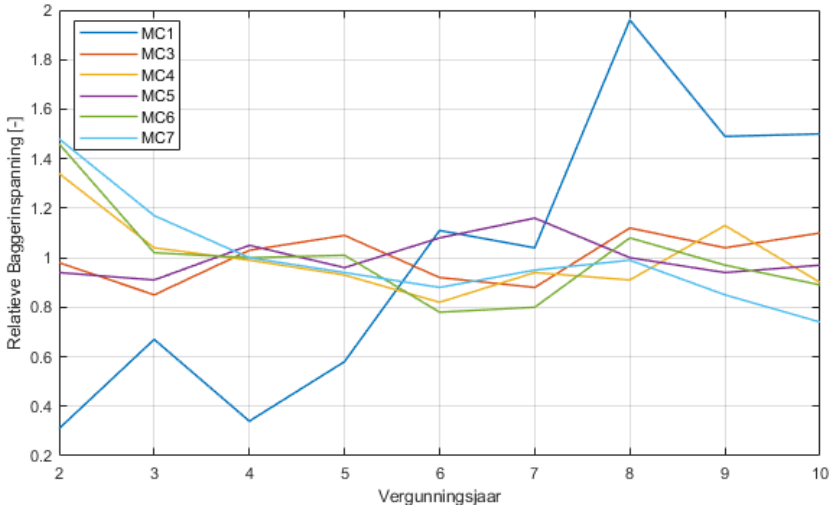
De verdeling van de baggerinspanningen vanaf 1980 over de verschillende drempels en andere baggerlocaties wordt weergegeven in Figuur 3-3.

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. Hierna nam het af tot 2,5 Mm³ in situ (26%) in 2017, en in de jaren daarna schommelt het aandeel van de Drempel van Hansweert van de onderhoudsbaggerwerken rond 2,9 Mm³ (31%) in 2018 en 2,5 Mm³ in 2019 (27%). Tegelijkertijd nam ook 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 eveneens schommelingen zichtbaar in het aandeel van de totale onderhoudsbaggerwerken.

Het verloop van de baggerinspanningen toont verschillen tussen de verschillende macrocellen (Figuur 3-2). 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 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.

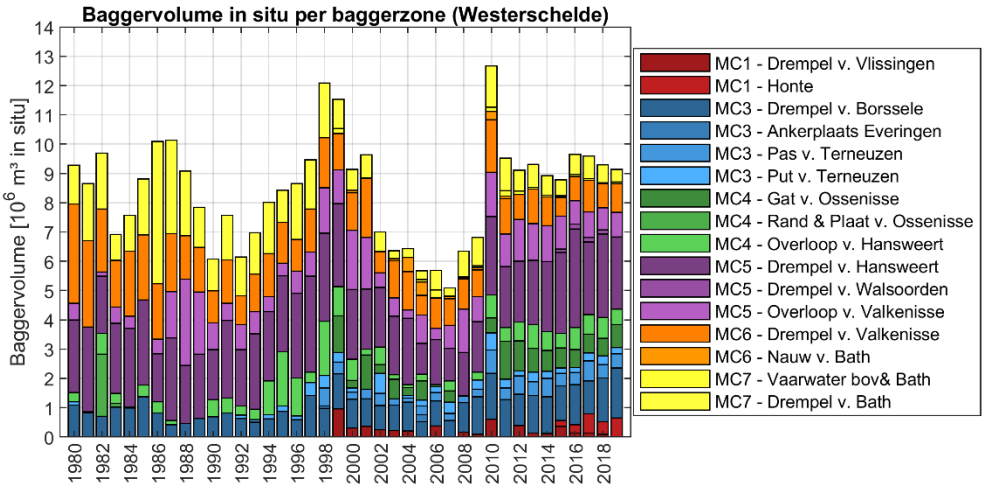
Tabel 3-1: Baggervolumes (in situ en beun Mm³) in vergelijking met in de MER verwachte onderhoudsinspanning. VJ = Vergunningsjaar. VJ 1 bevat ook de aanleg van 7,7 Mm³.

	Eerste vergunningsperiode				Tweede vergunningsperiode						
	VJ1	VJ2	VJ3	VJ4	VJ5	VJ6	VJ7	VJ8	VJ9	VJ10	MER
Mm³ in situ	13,2	10,1	8,8	9,3	9,1	8,9	9,3	9,9	9,4	9,2	11,7
Mm³ in beun	14,8	11,3	9,8	10,4	10,2	10,0	10,5	11,1	10,5	10,3	



Figuur 3-2: Relatieve baggerinspanning per macrocel en per vergunningsjaar, berekend tegenover de gemiddelde baggerinspanning van vergunningsjaar 2 tot 10.

Ook op langere termijn (Figuur 3-3) zijn specifieke trends of veranderingen zichtbaar. 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).



Figuur 3-3: Baggervolume (uitgedrukt in situ m³) in de Westerschelde sinds 1980. De locaties worden op kaart weergegeven in sectie 2.1.

De baggerinspanning over de verschillende drempels toont dat het onderhoud in het westen (macrocellen 1 en 3 samengeteld) van de Westerschelde toegenomen is van ca. maximaal 1 Mm³ voor de tweede verruiming, minder dan 2,2 Mm³ na de tweede verruiming, tot 3,0 Mm³ na de derde verruiming. Bij de Drempel van Borssele wordt vanaf de 1e verruiming gebaggerd terwijl dit bij de drempel van Vlissingen vanaf de 2e verruiming is. Daarnaast valt ook op dat de baggerinspanning van macrocel 1 tot en met 5 sinds de derde verruiming hoger ligt dan de totale minima in de periode na de tweede verruiming (2002-2009), maar niet hoger dan wat voor of vlak na de tweede verruiming werd waargenomen. In macrocel 6 en 7 zijn de baggerinspanningen de laatste jaren lager

dan wat voor de tweede verruiming gebruikelijk was, maar in macrocel 1 en 4 zijn de baggerinspanningen daarentegen hoger.

Tenslotte wordt ook gebaggerd in het mondingsgebied van de Westerschelde ter hoogte van de Wielingen (Tabel 3-2). Deze baggerwerken vallen niet onder de vergunning van de derde verruiming en het flexibel storten, en vallen ruimtelijk ook buiten de macrocellen. De gebaggerde specie wordt steeds teruggestort in de zone Wielingen W2.

Tabel 3-2: Overzicht baggerwerken ter hoogte van de Wielingen [m³ in situ].

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
			130 122			118 053	59 671		

3.1.2 Stortactiviteiten in kader van de onderhoudsbaggerwerken

De stortactiviteiten in de Westerschelde worden gestuurd vanuit de strategie "Flexibel Storten" en worden (twee)maandelijks besproken en bijgestuurd op het Overleg Flexibel Storten. Een overzichtskaart van de vergunde stortzones wordt weergegeven in Figuur 3-4.

De stortstrategie is gericht op het realiseren van laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal door het uitvoeren van plaatrandstortingen, en op het ontlasten van de nevengeulen door het gebruik van stortzones in de diepe delen van de hoofdgeul. De hoeveelheden die verspreid mogen worden zijn per vergunning vastgelegd (Tabel 3-3 en Tabel 3-4 voor de twee vergunningsperiodes van 2010 tot 2015 en van 2015 tot 2022), en bepalen per type gebied (hoofdgeul, nevengeul, plaatrand) en per macrocel wat de maximale toegelaten volumes zijn.

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

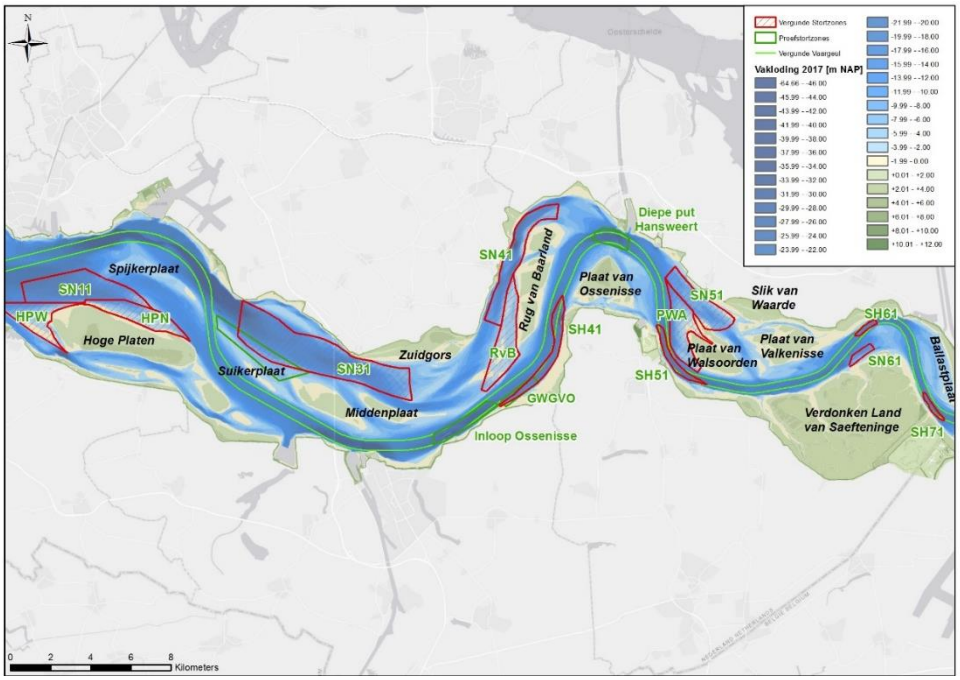
Macrocel	Hoofdgeul	Nevengeul	Plaatrand(en)	Totaal	Jaarlijks maximum nevengeul
1	0	5 500 000	8 200 000	**13 700 000**	**3 000 000**
3	0	6 000 000	0	**6 000 000**	**3 200 000**
4	15 500 000	2 000 000	5 000 000	**22 500 000**	**2 400 000**
5	3 500 000	7 000 000	6 500 000	**17 000 000**	**3 800 000**
6	3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

Hierbij geldt ook dat er jaarlijkse maxima in de vergunning zijn opgelegd voor de nevengeulen:

- Macrocel 1 (SN11): 3,0 miljoen m³
- Macrocel 3 (SN31): 3,2 miljoen m³
- Macrocel 4 (SN41): 2,4 miljoen m³
- Macrocel 5 (SN51): 3,0 miljoen m³
- Macrocel 6 (SN61): 3,8 miljoen m³
- Macrocel 7 (SN71): 1,0 miljoen m³



Figuur 3-4: Overzichtskaart Westerschelde.

Er geldt ook het principe dat er niet opwaarts gestort kan worden. Daarnaast worden, rekening houdend met het toetskader Flexibel Storten, uit voorzorg een aantal zones niet bestort. Voor enkele andere zones wordt een lagere capaciteit toegepast om operationele redenen:

- In macrocel 1 wordt reeds enkele jaren omzichtig omgegaan met de plaatrandstortzone Hooge Platen Noord (HPN) omwille van een mogelijk verband met de ophoging van de plaat zelf;
- In macrocel 4 wordt vanaf vergunningsjaar 3 van de eerste vergunningsperiode niet meer gestort op de plaatrandstortzone Rug van Baarland (RVB) om de snelle autonome sedimentatietrend die in het Middelgat bestaat niet te versnellen; ook in de nevengeul (SN41) wordt om die reden niet gestort;
- In macrocel 5 wordt niet gestort in nevengeulstortvak SN51 omwille van het afnemend en laagblijvend watervolume van deze nevengeul (kwaliteitscriterium flexibel storten);
- In macrocel 6 wordt niet gestort in nevengeulstortvak SN61 omdat er gevreesd wordt voor een negatieve impact op de diepgang van de nevengeul Schaar van de Noord. Het toekomstig gebruik van het vak wordt evenwel onderzocht binnen het Overleg Flexibel Storten en in 2018 is hiertoe een proefstortcampagne uitgevoerd waarbij er

ca. 200 000 m³ is gestort. Deze gestorte specie is stabiel en de ontwikkeling daarvan wordt nog verder opgevolgd (IMDC, 2020a);

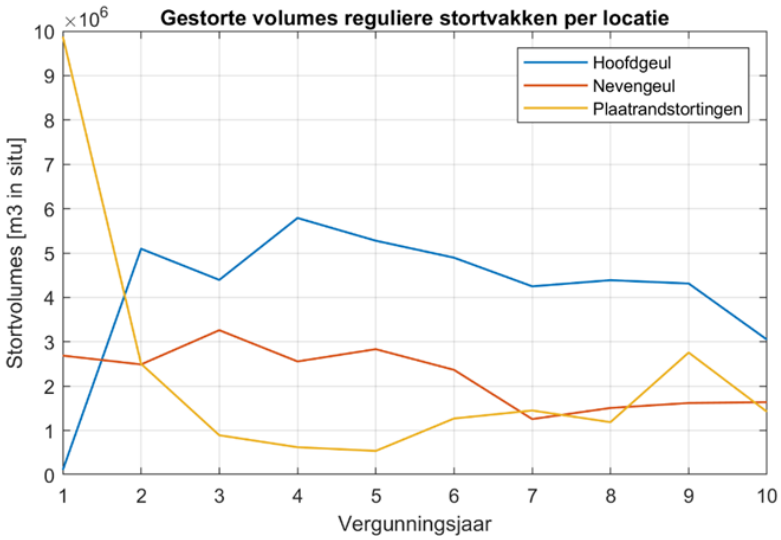
- Eveneens in macrocel 6 wordt beperkt gestort in hoofdgeulstortvak SH61 omdat de teruggestorte baggerspecie er relatief stabiel blijkt te zijn, waardoor de fysische capaciteit van het stortvak beperkend wordt;
- In macrocel 7 wordt beperkt gestort in de hoofdgeul omdat hier enkel baggerspecie vanuit de eigen macrocel gestort kan worden.

Tabel 3-5 en Tabel 3-6 geven de in-situ volumes weer die per vergunningsjaar zijn gestort, per macrocel en type gebied.

Merk op dat er ook stortingen worden uitgevoerd waarvan de volumes buiten de reguliere vergunningstabellen worden geregistreerd maar die wel in rekening worden gebracht bij het totale onderhoud, namelijk proefstortingen in diepe delen van de hoofdgeul (Inloop van Ossenisse, Diepe Put van Hansweert) en de plaatrand van de Suikerplaat (sectie 3.1.3), stortingen in het kader van de geulwandverdediging langs het Gat van Ossenisse (sectie 3.1.4) en stortingen ten behoeve van de bouw van de Nieuwe Sluis Terneuzen (sectie 3.1.5).

In de vergunningsjaren 7, 8 en 10 is minder in de 'reguliere' stortvakken gestort door bovenvermelde reden. Met betrekking tot de 'reguliere' hoofdgeulstortvakken geldt dat in de vergunningsjaren 2 tot en met 9 4 tot 6 miljoen m³ per jaar werd gestort, terwijl dit in het afgelopen vergunningsjaar 10 slechts ca. 3 Mm³ was (Figuur 3-5).

De nevengeulstortvakken zijn iets minder intensief benut door de jaren heen: van circa 2,4 tot 3,3 Mm³ voor de vergunningsjaren 2 tot en met 6 tegenover 1,3 tot 1,6 Mm³ in de vergunningsjaren 7 tot en met 10. De plaatranden zijn juist frequenter ingezet met als doel de gerealiseerde winst aan laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal in stand te houden.



Figuur 3-5: Stortvolume per vergunningsjaar per type stortlocatie, voor de reguliere stortvakken.

Tabel 3-5: 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 11-02-2011 (jaar 1)				
Macrocel	**Hoofdgeul**	**Nevengeul**	**Plaatrand(en)**	**Totaal**
1	--	387 704	5 459 353	**5 847 057**
3	--	990 939	--	**990 939**
4	0	0	701 139	**701 139**
5	113 010	1 309 719	3 717 468	**5 140 196**
6	0	0	--	**0**
7	0	--	--	**0**
Totaal	**113 010**	**2 688 363**	**9 877 960**	**12 679 332**
12-02-2011 tot en met 11-02-2012 (jaar 2)				
1	--	767 009	1 078 771	**1 845 779**
3	--	881 157	--	**881 157**
4	3 883 260	0	603 879	**4 487 139**
5	609 953	841 629	820 822	**2 272 404**
6	602 350	0	--	**602 350**
7	0	--	--	**0**
Totaal	**5 095 563**	**2 489 796**	**2 503 472**	**10 088 830**
12-02-2012 tot en met 11-02-2013 (jaar 3)				
1	--	1 196 175	179 805	**1 375 980**
3	--	1 232 073	--	**1 232 073**
4	2 866 757	0	0	**2 866 757**
5	866 465	833 170	713 221	**2 412 856**
6	661 883	0	--	**661 883**
7	0	--	--	**0**
Totaal	**4 395 105**	**3 261 418**	**893 027**	**8 549 550**
12-02-2013 tot en met 11-02-2014 (jaar 4)				
1	--	1 430 963	127 694	**1 558 657**
3	--	1 126 050	--	**1 126 050**
4	4 481 096	0	0	**4 481 096**
5	782 431	0	495 874	**1 278 305**
6	526 629	0	--	**526 629**
7	0	--	--	**0**
Totaal	**5 790 156**	**2 557 013**	**623 568**	**8 970 738**
12-02-2014 tot en met 11-02-2015 (jaar 5)				
1	--	1 600 337	86 817	**1 687 154**
3	--	1 233 267	--	**1 233 267**
4	4 236 597	0	0	**4 236 597**
5	835 220	0	453 337	**1 288 556**
6	206 565	0	--	**206 565**
7	0	--	--	**0**
Totaal	**5 278 382**	**2 833 604**	**540 154**	**8 652 139**

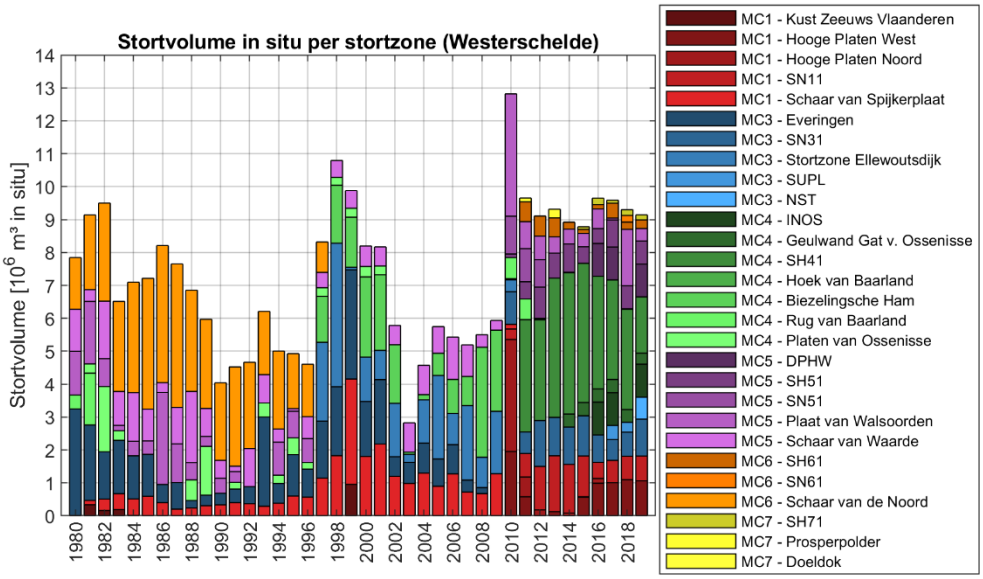
12-02-2010 tot en met 11-02-2015				
1	--	5 382 188	6 932 439	**12 314 628**
3	--	5 463 487	--	**5 463 487**
4	15 467 710	0	1 305 019	**16 772 728**
5	3 207 079	2 984 518	6 200 722	**12 392 319**
6	1 997 428	0	--	**1 997 428**
7	0	--	--	**0**
Totaal	**20 672 216**	**13 830 193**	**14 438 180**	**48 940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

Tabel 3-6: 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	
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			**3 478 085**
5	444 980		399 271	**844 251**
6	149 055			**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			**3 136 772**
5	739 729		158 342	**898 071**
6	420 016			**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			**3 051 587**
5	788 431		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			**1 981 638**
5	684 404		309 482	**993 887**
6	204 296			**204 296**
7	179 751			**179 751**
Totaal	**3 050 090**	**1 639 322**	**1 424 934**	**6 114 346**

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 3-6[3]). In deze weergave zijn ook de inzet van de stortvolumes in de proefstortzones, Nieuwe Sluis Terneuzen en de Geulwand gat van Ossenisse inbegrepen.



Figuur 3-6: Stortvolume (uitgedrukt in situ m³) in de Westerschelde sinds 1980.

3.1.3 Proefstortingen

Eind 2015 en begin 2016 heeft Maritieme Toegang de vergunningen 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 Ossenisse (INOS) en Diepe Put van 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. Eind 2018 en begin 2019 heeft Maritieme Toegang nieuwe vergunningen verkregen voor het uitvoeren van een nieuwe

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

proefstortcampagne bij de diepe delen Inloop van Ossenisse en Diepe Put van Hansweert.

In 2016 en 2017 is jaarlijks in de diepe zones (INOS, DPHW) telkens één miljoen m³ sediment gestort, en in 2019 werd dit opnieuw gedaan. In 2017 is op de Suikerplaat 424 000 m³ gestort en in 2018 was dit 298 000 m³. Deze volumes zijn mee opgenomen in het overzicht in Figuur 3-6.

3.1.4 Stortingen geulwandverdediging Gat van Ossenisse

Sinds februari 2014 worden er op regelmatige basis geulwandstortingen uitgevoerd ter hoogte van de geulwand langs het Gat van Ossenisse, 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 mee opgenomen in Figuur 3-6. 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, overeenkomstig met de Natuurtoets als onderdeel van de vergunning op grond van de wet Natuurbescherming.

3.1.5 Stortingen 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 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 Ossenisse. Morfologische effecten binnen deze stortzones worden opgevolgd in kwartaal- en jaarrapportages (bijv. (IMDC, 2019c)).

3.1.6 Bagger-stort relaties

In Bijlage A wordt per vergunningsjaar een overzichtstabel gegeven waarin de volumes opgesplitst worden per macrocel en dan per bagger- of stortvak.

Alle verdiepingsspecie is naar de plaatranden gebracht. De stortcampagne op Hooge Platen West (HPW) is uitgevoerd met zand met voldoende korrelgrootte om aan de sterke stromingen te weerstaan, en aangevoerd vanuit het oostelijk deel van de Westerschelde.

Na de aanleg was het uitgangspunt om zoveel mogelijk specie binnen dezelfde macrocel te storten als waar ze gebaggerd is. Ten gevolge van besluiten in het kader van het Overleg Flexibel Storten, konden niet alle stortzones volledig benut worden en is er specie stroomafwaarts gestort wanneer de stortcapaciteit van de cel niet toereikend bleek. Initieel betrof het voornamelijk specie afkomstig uit macrocellen 6 en 7, maar later is dit ook gebeurd met specie afkomstig uit macrocellen 3, 4 en 5.

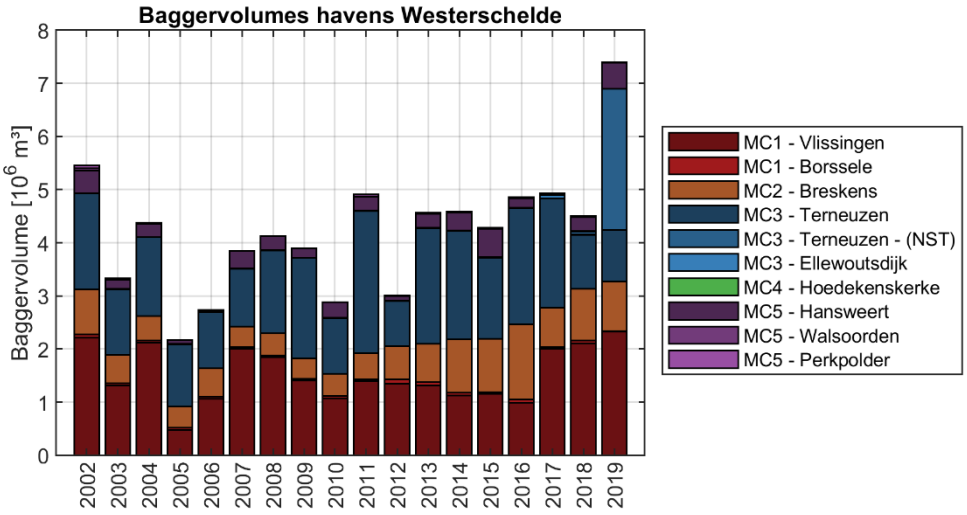
De gebaggerde specie wordt steeds terug in de Schelde gestort, binnen dezelfde landsgrenzen. De uitzondering hierop is dat het Vlaams Gewest jaarlijks ongeveer 300 000 m³ in situ specie van Nederland (drempel van Bath t/m drempel van Hansweert) uit de Westerschelde mocht halen en naar België mocht brengen. Deze specie werd aan land gebracht (bijna steeds aan de Waaslandhaven). Binnen deze vergunning werd in 2010 en 2011 ca. 530 000 m³ baggerspecie naar het Doeldok gebracht. In 2013 werd ca. 266 000 m³ gebaggerd ter hoogte van de Drempel van Valkenisse en gestort in Prosperpolder. In 2013 is er aanvullend ongeveer 265 000 m³ in situ naar België gebracht (Waaslandhaven). Dit betreft 2 campagnes die deel uitmaken van een aparte vergunning,

in januari-februari 2013 en december 2013. Sinds 2014 is er omwille van de stopzetting van zandwinning geen opgebaggerd materiaal naar België afgevoerd. Een overzicht van deze volumes is weergegeven in Bijlage A.

3.1.7 Havenstortingen

Naast het reguliere onderhoud van de vaargeul, vindt ook onderhoud van de Westerscheldehavens 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. Deze vakken bevinden zich over het algemeen dichtbij de haventoegangen.

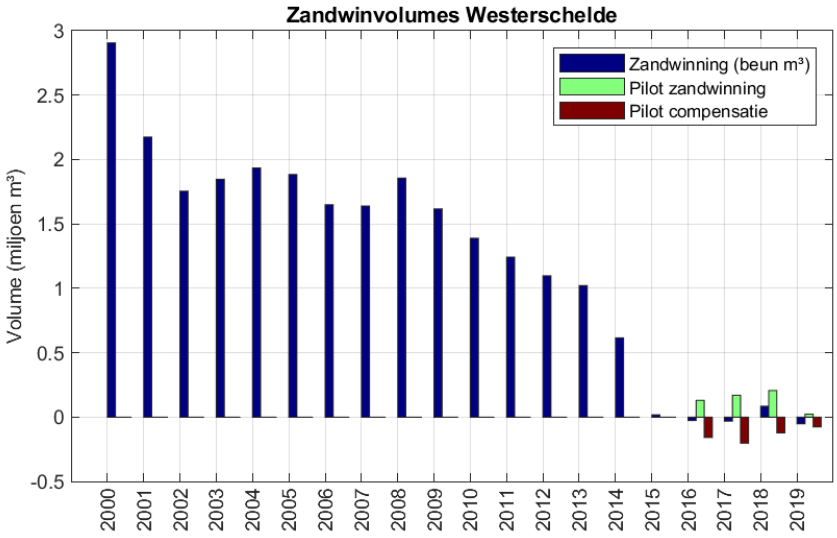
Het onderhoudsvolume (Figuur 3-7) varieert van 2002 tot 2018 tussen ca. 2 en 5 miljoen m³. Van 2013 tot en met 2018 is het totaal volume vrij stabiel met 4,5 à 5 miljoen m³. De grootste havens, Terneuzen en Vlissingen, zijn samen verantwoordelijk voor 60 tot 85% van dit volume. De stortingen vanuit de haven van Breskens zijn vrij stabiel, met uitzondering van het jaar 2016 en levert 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), in vergelijking met eerdere jaren. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de werkzaamheden bij de Nieuwe Sluis Terneuzen, wat in 2019 goed is voor 36% van de sedimentstroom in de Westerschelde vanuit de havens.



Figuur 3-7: Evolutie en verdeling havenstortvolumes Westerschelde (mengsel zand/slib; geen informatie over sedimentsamentelling beschikbaar).

3.1.8 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 3-8 zijn de volumes met betrekking tot de zandwinning in de Westerschelde opgenomen tot en met april 2019.



Figuur 3-8: 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.

3.2 Ingrepen Beneden-Zeeschelde

3.2.1 Onderhoudsbaggerwerken

De onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde zijn er op gericht de toegang tot de haven (sluizen, dokken) te verzekeren, en situeren zich afwaarts van Antwerpen.

Er wordt bij het baggeren 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. In Bijlage A worden tabellen weergegeven van jaarlijkse bagger- en stortactiviteiten in de Beneden-Zeeschelde, voor zowel slib als zand.

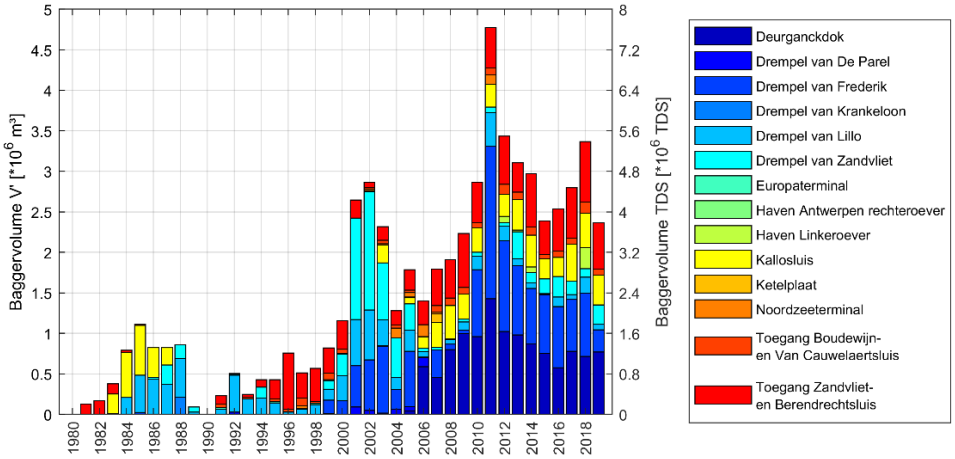
Slib

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 Berendrechtsluis en de Kallosluis. In totaal werd in 2018 en 2019 voor respectievelijk 3,4 en 2,4 miljoen m³ V' gebaggerd (Figuur 3-9). Het gebaggerde volume steeg van 2015 tot en met 2018, maar in 2019 is er een daling zichtbaar. Het slibonderhoud ligt sinds de derde verruiming beduidend hoger dan ervoor (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).

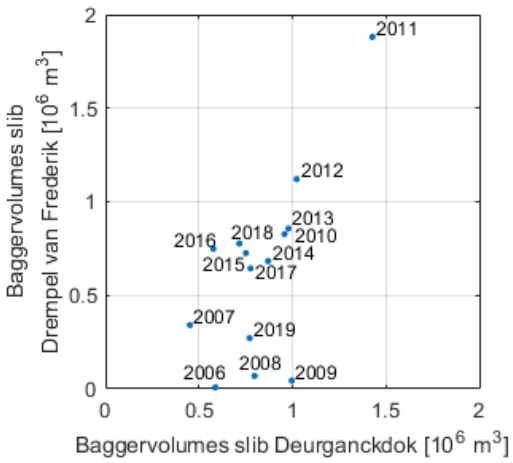
Op nog langere termijn is duidelijk een toename zichtbaar, waarbij twee locaties een duidelijke rol spelen: vanaf 2006 wordt het onderhoud voor Deurganckdok zichtbaar. Dit onderhoud piekt in 2011 omdat in dat jaar het onderhoudspeil wordt verlaagd. Sindsdien schommelt het onderhoud er tussen de 0,5 en 1 Mm³ V'.

De Drempel van Frederik kent een sterker (slibrijk) onderhoud na dan voor 2010, aangezien deze drempel ook verdiept is (zie verder). Uit Figuur 3-10 blijkt dat er een

correlatie (r = 0.68) is tussen de baggervolumes op Deurganckdok en de Drempel van Frederik. Dit kan wijzen op een gedeelde relatie met een externe factor (bijv. bovenafvoer). 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).



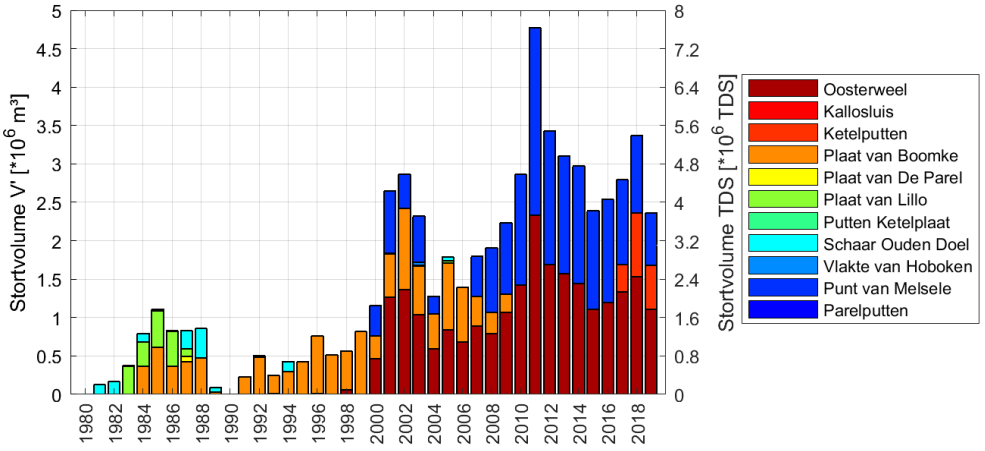
Figuur 3-9: Onderhoud slib in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2019. De baggerlocaties worden op kaart weergegeven in sectie 2.1.



Figuur 3-10: Baggervolumes slib in Deurganckdok en op de drempel van Frederik.

Het gebaggerde slib werd tussen 2010 en 2016 uitsluitend gestort op de stortlocatie Oosterweel en Punt van Melsele (Figuur 3-11).

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 en met 2019 ca. 1,8 Mm³ V' gestort.

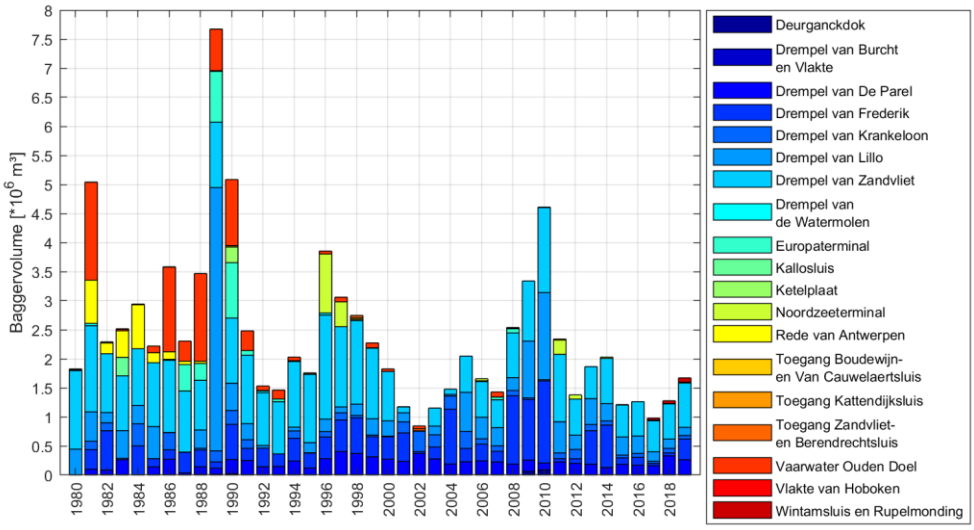


Figuur 3-11: Stortvolume slib in m³ V' per stortlocatie van 1980 tot 2019.

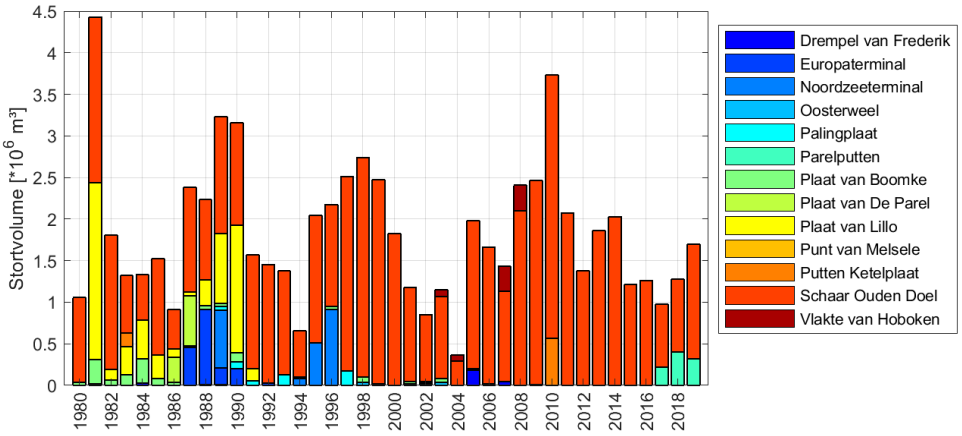
Zand

Het onderhoudsvolume zand (Figuur 3-12) in de Beneden-Zeeschelde bedraagt na de verruiming 1 à 2 miljoen m³. Op de jaren 2008-2010 na (waarin de verdieping is gerealiseerd), ligt het volume op hetzelfde niveau als in de periode 2000-2010; vóór het jaar 2000 werden gemiddeld hogere volumes zand gebaggerd. In 2017 was het baggervolume met 1 Mm³ laag, en dit nam vervolgens weer toe tot 1,7 Mm³ in 2019. De belangrijkste baggerlocaties zijn de Drempel van Zandvliet (nabij de grens), de Drempel van Lillo en de Drempel van De Parel.

Het gebaggerde zand wordt bijna uitsluitend gestort in de Schaar van Ouden Doel (waar het ook terug gewonnen wordt, zie verder). 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.



Figuur 3-12: Onderhoud zand (m³ in beun) in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2019.

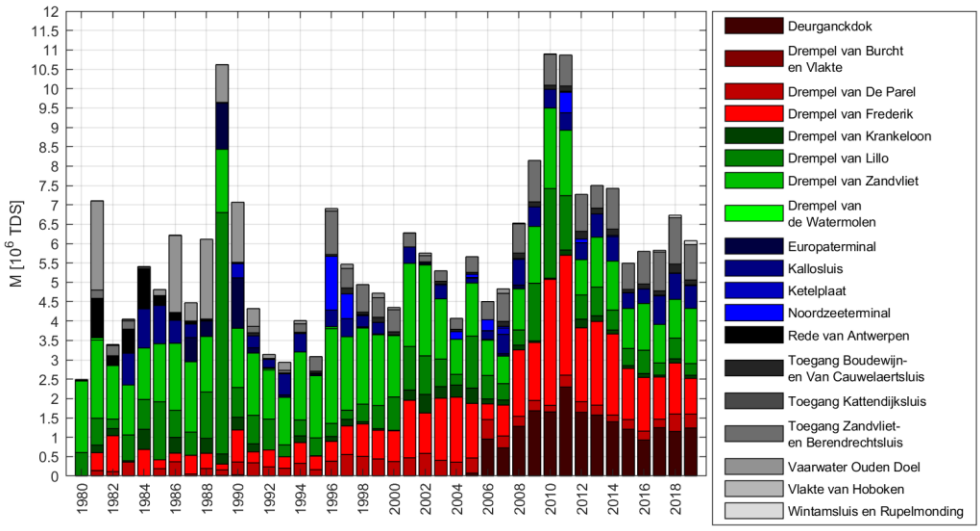


Figuur 3-13: Stortvolume zand (m^3 in beun) per stortlocatie van 1980 tot 2019.

Totaalvolume zand + slib

Omdat de kwalificatie zand of slib niet altijd eenduidig is (het gaat om een mengsel in de meeste gevallen), wordt ook de totale baggerinspanning beschouwd. Omdat beunvolumes zand (V [m^3]) en equivalente volumes slib (V' [m^3]) niet rechtstreeks bij elkaar kunnen worden opgeteld, worden deze eerst omgezet naar een massa (in TDS, Ton Droge Stof). Voor slib wordt hiervoor de vaste bulkdensiteit van 2 ton per m^3 gebruikt voor V' (zie infokader in sectie 3.1.1). Voor zand wordt een bulkdensiteit van 1,85 ton per m^3 aangenomen (op basis van densiteitsmetingen van Plancke, 2018). De bulkdensiteit van het gebaggerde zand is onzeker en sterk variabel over de verschillende baggerzones en in de tijd, en heeft een belangrijke impact op de berekende baggermassa. De totale baggermassa's, weergegeven in Figuur 3-14, dienen daarom eerder om trends aan te geven in het totale baggervolume zand + slib, dan als exacte cijfers. Merk op dat Figuur 3-14 zowel aanleg- als onderhoudsbaggerwerken omvat.

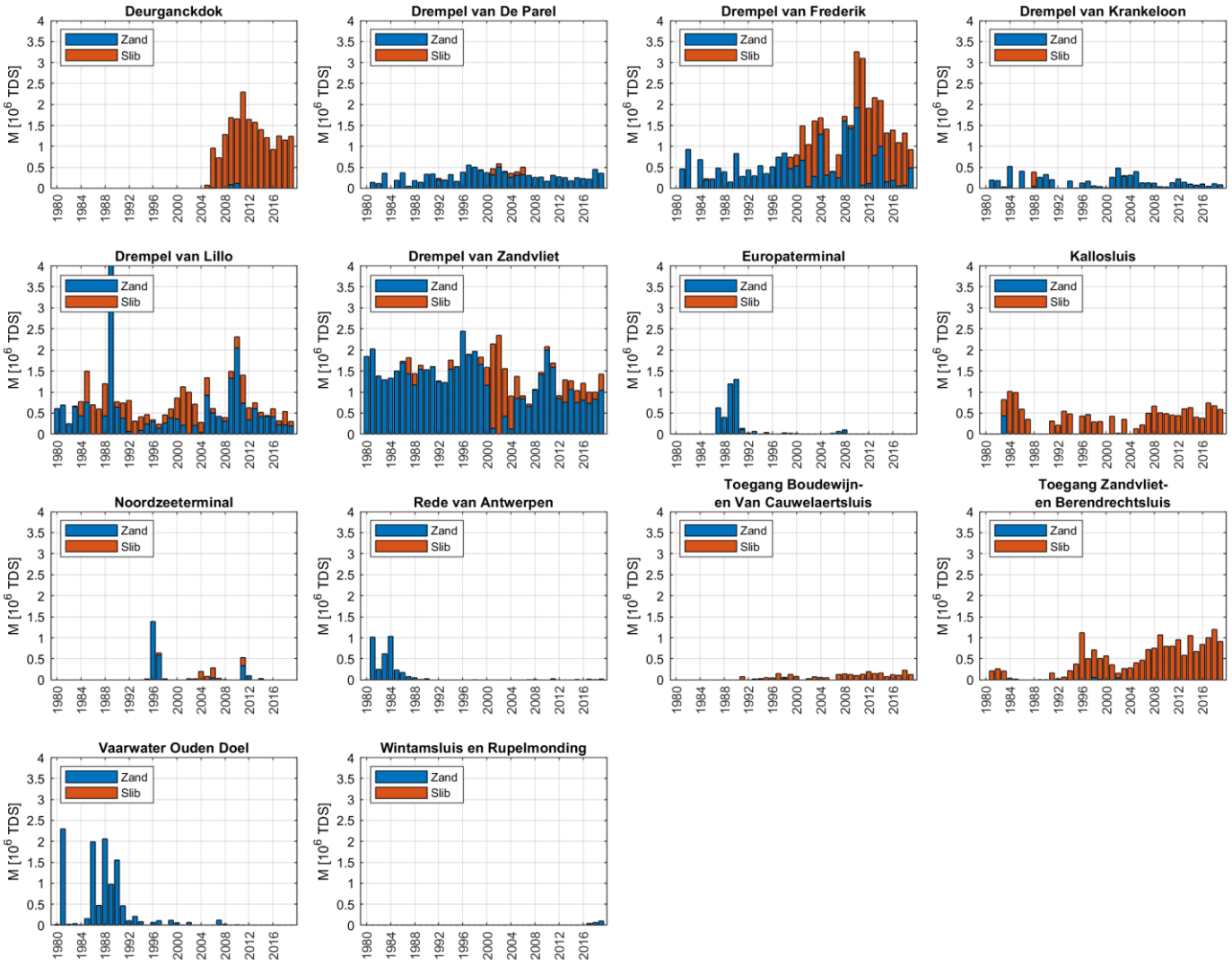
Doorheen de tijd is het totale onderhoudsvolume toegenomen. Zelfs indien jaren met grote volumes niet in aanmerking worden genomen, is duidelijk dat het totaal onderhoud in de jaren '80 en '90 kleiner was dan 6 $\cdot 10^6$ TDS en af en toe onder 4 $\cdot 10^6$ TDS. Sinds de tweede verruiming lag het onderhoud niet meer lager dan 4 $\cdot 10^6$ TDS en meestal onder 6 $\cdot 10^6$ TDS. Sinds de derde verruiming is het minimum hoger dan 5,5 $\cdot 10^6$ TDS en de eerste jaren na de verruiming zelfs meer dan 7 $\cdot 10^6$ TDS. De laatste 2 jaren is het onderhoud licht toegenomen ten opzichte van de jaren 2015-2017, maar ligt echter nog onder het onderhoudsvolume in de jaren kort na de derde verruiming.



Figuur 3-14: Totaal (aanleg- en) onderhoudsvolume (zand + slib) in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2019. De baggerlocaties worden op kaart weergegeven in sectie 2.1.

Per drempel beschouwd (Figuur 3-15), blijkt dat een toename van het totaal kan worden verklaard 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[4]), 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.

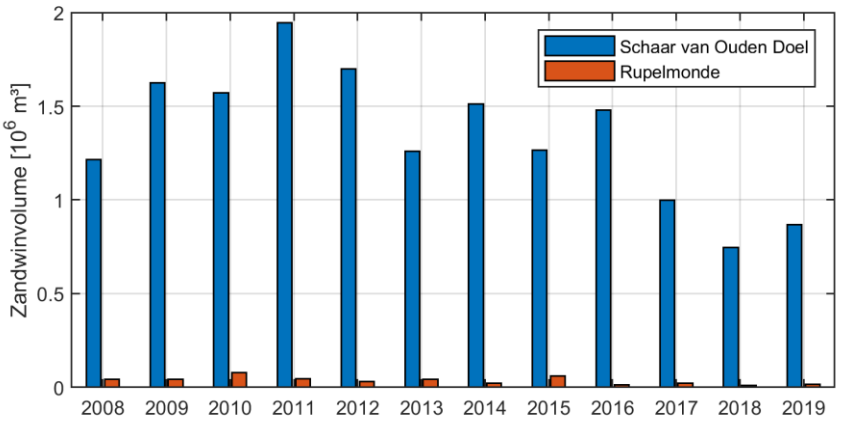
[4] Voor de drempel van Frederik is het interventiepeil in 2003-2004 verlaagd van 13,00 m naar 13,30 m GLLWS (Gemiddelde Laagste LaagWaterstand bij Springtij). Vanaf eind 2009 is het baggerpeil verder verlaagd naar 14.5 m LAT (Laagste Astronomisch Tij).



Figuur 3-15: Totaal baggeronderhoud (zand + slib) per locatie in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2019.

3.2.2 Zandwinning

Figuur 3-16 en Tabel 3-7 geven een overzicht van de zandwinning in de Beneden-Zeeschelde. De zandwinning situeert zich vooral bij Schaar van Ouden Doel; ter hoogte van de Rupelmonding wordt een kleinere hoeveelheid gewonnen. Met de toepassing van de nieuwe stortstrategie in de Beneden-Zeeschelde is de toegestane hoeveelheid met één derde verlaagd vanaf 1 juli 2017. Als gevolg hiervan ligt het zandwinvolume in 2017 tot en met 2019 lager dan in de voorgaande jaren. Verder opwaarts in de Boven-Zeeschelde wordt ook aan zandwinning gedaan; echter valt dit buiten het bereik van deze voortgangsrapportage.



Figuur 3-16: Overzicht van de hoeveelheid gewonnen zand in de Beneden-Zeeschelde (Schaar van Ouden Doel en Rupelmonde) tussen 2008 en 2019 [m³].

Tabel 3-7: Zandwinvolumes in de Beneden-Zeeschelde [m³]

Jaar	Schaar van Ouden Doel	Rupelmonde
2008	1 214 965	41 885
2009	1 626 058	41 535
2010	1 572 266	78 085
2011	1 944 230	46 063
2012	1 698 810	30 277
2013	1 260 649	43 866
2014	1 511 577	23 024
2015	1 264 145	60 833
2016	1 479 910	13 151
2017	998 023	20 721
2018	745 780	10 230
2019	868 634	14 190

3.3 Samenvatting ingrepen

In de **Westerschelde** lag het **baggervolume** in 2018 en 2019 met respectievelijk 9,3 Mm³ en 9,1 Mm³ (in situ) lager dan in 2016-2017 (9,6 Mm³) en was tevens vergelijkbaar met de gemiddelde baggerinspanning na de derde verruiming. Bovendien lag het baggervolume van de laatste jaren ruim onder de vergunde limiet van 11,7 Mm³ in situ. Het baggervolume in de belangrijkste onderhoudszone, de Drempel van Hansweert, nam

tussen 2012 (vergunningsjaar 2) en 2016 (vergunningsjaar 6) toe van 2,1 Mm^3 in situ tot 3,4 Mm^3 in situ. Na een terugval in 2017 (vergunningsjaar 7) tot 2,5 Mm^3 in situ, schommelt het aandeel van de Drempel van Hansweert van de onderhoudsbaggerwerken in de jaren daarna tussen 2,9 Mm^3 in 2018 en 2,5 Mm^3 in 2019.

Het **stortvolume** lag in de recentste twee vergunningsjaren relatief laag in de (oorspronkelijk vergunde, dus exclusief proefstortingen) hoofdgeulstortvakken; de nevengeulstortvakken zijn iets minder intensief benut door de jaren heen: van circa 2,4 tot 3,3 Mm^3 voor de vergunningsjaren 2 tot en met 6 tegenover 1,3 tot 1,6 Mm^3 in de vergunningsjaren 7 tot en met 10. De plaatranden zijn juist frequenter ingezet met als doel de gerealiseerde winst aan laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal in stand te houden. Het grootste volume aan stortingen situeert zich in macrocel 4. Naast de stortingen binnen de reguliere stortingen werden in de voorbije jaren ook binnen aantal andere zones gestort, met name langs de geulwand Gat van Ossenisse (400 000 m^3 voor vergunningsjaar 5 tot en met 10), in de proefstortzones Diepe Put van Hansweert en de Inloop van Ossenisse (1 Mm^3 per jaar en per zone in vergunningsjaren 7, 8 en 10), en in de proefstortzone Suikerplaat (0,4 Mm^3 en 0,3 Mm^3 in respectievelijk vergunningsjaar 8 en 9). Daarnaast wordt jaarlijks nog ca. 4-5 Mm^3 sediment gestort vanuit de Westerscheldehavens (hoofdzakelijk Terneuzen, Vlissingen en Breskens). In 2019 werd in totaal ca. 7 Mm^3 gestort vanwege stortingen vanuit de Nieuwe Sluis Terneuzen.

Zandwinning is in 2015 stopgezet in de Westerschelde. Van 2016 tot 2019 werden er een zandruilproeven uitgevoerd, waarbij het gewonnen zand enkele kilometers stroomafwaarts wordt gecompenseerd; de verplaatste volumes zijn veel kleiner (minder dan 0,21 Mm^3) dan tijdens de vroegere zandwinning (1-3 Mm^3).

In de **Beneden-Zeeschelde** ligt het onderhoudsbaggervolume aan **slib** hoger dan wat in het MER werd voorspeld. In 2018 en 2019 werd 3,4 en 2,4 miljoen m^3 V' gebaggerd. Het gebaggerde volume steeg van 2015 (ca. 2,4 miljoen m^3 V') tot en met 2018, maar in 2019 is er een daling zichtbaar. Het baggervolume **zand** (Figuur 3-12) in de Beneden-Zeeschelde bedraagt na de verruiming 1 à 2 miljoen m^3. Op de jaren 2008-2010 na (waarin de verdieping is gerealiseerd) ligt het volume op hetzelfde niveau als in de periode 2000-2010; vóór 2000 werden gemiddeld hogere volumes zand gebaggerd. De laatste drie jaren (2016-2019) laat het baggervolume een lichte stijging zien van 1 miljoen m^3 naar 1,7 miljoen m^3.

Uit een vergelijking van de zand- en slibvolumes blijkt dat de Drempel van Frederik sinds de verruiming slibrijker is geworden (zoals voorspeld in het MER). Het totale onderhoudsvolume (zand+slib) is ook toegenomen: na de tweede verruiming lag het totale onderhoud meestal tussen dan $4 \cdot 10^6$ TDS en $6 \cdot 10^6$ TDS; sinds de derde verruiming is het minimum hoger dan $5,5 \cdot 10^6$ TDS en de eerste jaren na de verruiming zelfs meer dan $7 \cdot 10^6$ TDS.

Stortingen worden hoofdzakelijk uitgevoerd op de Schaar van Ouden Doel (zand) en Oosterweel en Punt van Melsele (slib). Sinds de invoering van de nieuwe stortstrategie op 1 juli 2017 wordt ook zand gestort op de putten rond de Plaat van de Parel, en slib in de putten rond de Ketelplaat.

In de Beneden-Zeeschelde wordt nog steeds aan **zandwinning** gedaan op de Schaar van Ouden Doel en in mindere mate bij de Rupelmonding. Het toegestane volume bij Schaar van Ouden Doel is sinds de nieuwe stortstrategie met een derde verlaagd, en lag in 2017 tot en met 2019 daarom rond de 0,85 Mm^3, tegenover 1,3-2 Mm^3 voordien.

4 Meteorologie en bovenafvoer

Het doel van dit rapport is om na te gaan wat de (mogelijke) impact is van de verruiming van de Schelde en het flexibel storten. Hiervoor is het ook belangrijk om te kijken naar externe parameters die de Schelde beïnvloeden. In dit hoofdstuk worden daarom de weerkundige parameters en het bovenafvoerdebiet, dat sterk afhangt van het neerslagvolume, besproken.

De effecten van de klimaatverandering zijn momenteel reeds merkbaar in België, en veroorzaken een trendmatige evolutie bij parameters zoals neerslag (Brouwers et al., 2015). Dit zal in de toekomst almaar meer invloed hebben.

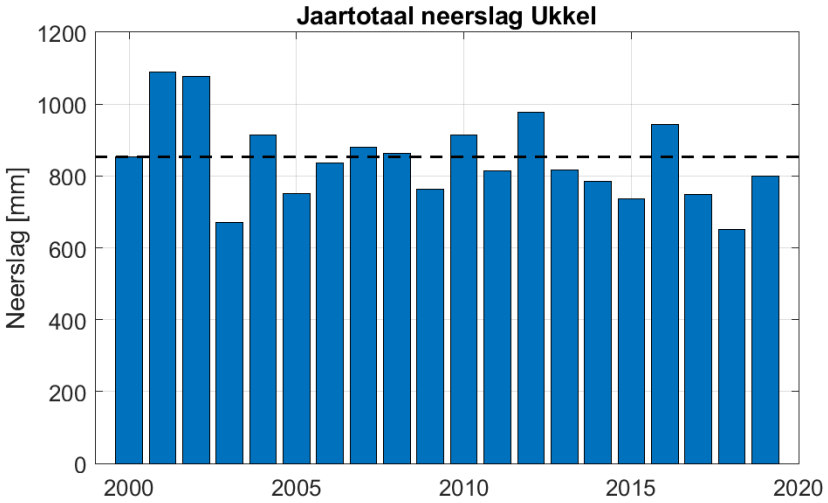
4.1 Meteorologie

4.1.1 Neerslag

Figuur 4-1 geeft de jaargemiddelde neerslag weer in Ukkel. Het jaar 2018 was het droogste jaar sinds 2000, waarbij het neerslagvolume significant onder het klimatologisch gemiddelde lag (berekend rekening houdend met data 1981-2010; zwart gestippelde lijn). Ook in 2019 lag het neerslagvolume onder het klimatologisch gemiddelde, en dit wordt dus gekenmerkt als droog jaar. Gedurende de totale rapportageperiode (2010-2019) lag het neerslagvolume enkel in 2010, 2012, en 2016 boven het klimatologisch gemiddelde; de overige 7 jaren lagen allemaal onder het gemiddelde.

Het bovenafvoerdebiet wordt in sterke mate bepaald door het neerslagvolume in het bekken en zal besproken worden in sectie 4.2, waarin ook aandacht wordt besteed aan seizoenmatige variaties (droge en natte periodes).

Het feit dat er tijdens de gehele rapportageperiode (2010-2019) voornamelijk droge jaren zijn voorgekomen, uit zich onder andere in de bovenafvoer (sectie 4.2), hoog- en laagwaterstanden (sectie 5.1) en zoutgehaltes (sectie 7.4). Het is dus interessant om naar de verschillen in deze parameters te kijken tussen jaren die onder (o.a. 2014, 2015, 2018 en 2019) of boven (o.a. 2016) de klimatologisch gemiddelde neerslag lagen.



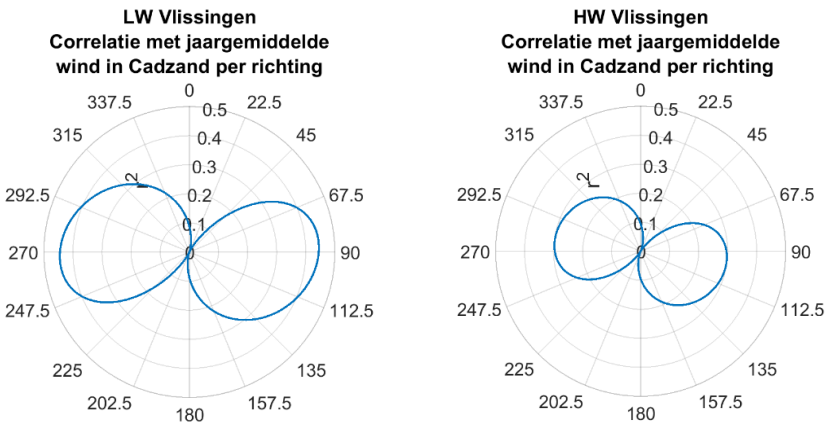
Figuur 4-1: Jaartotaal neerslag in Ukkel (bron: KMI). Zwarte stippellijn geeft het klimatologisch gemiddelde (1981-2010) weer.

4.1.2 Wind

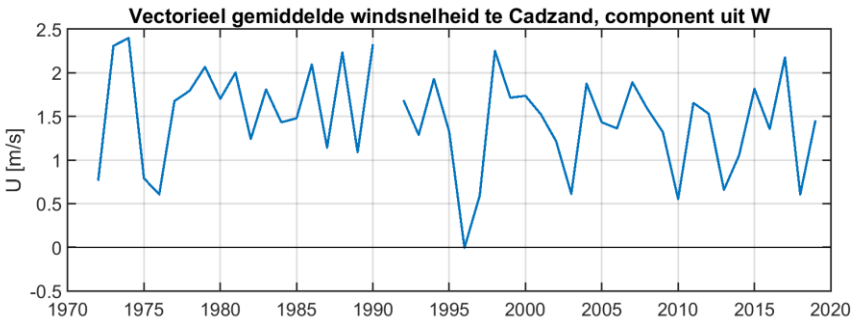
Waterstanden in de Westerschelde, en in het bijzonder in het mondingsgebied, worden beïnvloed door de windopzet buiten het estuarium. Wanneer de wind het ene jaar sterker of meer frequent van over de Noordzee komt dan het andere jaar, kan dit zorgen voor een hogere jaargemiddelde waterstand.

Figuur 4-2 geeft de correlatie weer tussen de jaargemiddelde wind gemeten in Cadzand, en de residuen van hoogwater en laagwater gemeten in Vlissingen. Hiertoe werd de totale windvector eerst geprojecteerd op een bepaalde richting, en de correlatie werd berekend per windrichting. Uit

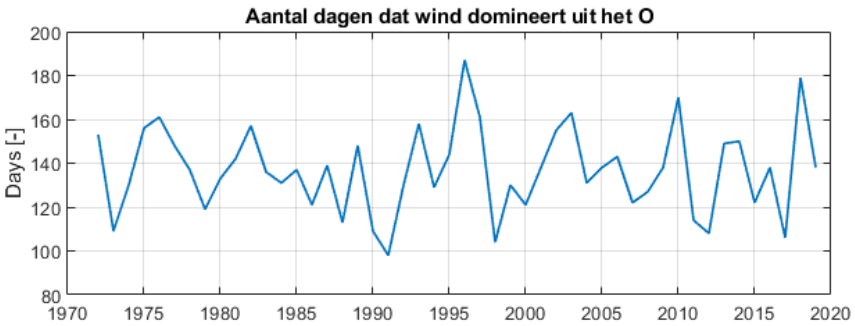
Figuur 4-2 blijkt dat de sterkste correlatie optreedt voor wind uit westelijke richtingen (270°N). Figuur 4-3 geeft de jaargemiddelde windcomponent in westelijke richting (waarbij 1991 wegviel aangezien de volledigheid van de data <70% lag) gemeten in Cadzand weer. Figuur 4-4 geeft het aantal dagen weer dat de wind domineert uit oostelijke richtingen, en daarmee de windopzet in het estuarium tegengaat, per jaar. In 2018 lag het aantal dagen met wind uit het oosten zeer hoog, vergelijkbaar met 1996. Deze jaargemiddelde windsnelheid is uitgezet tegen de residuen van het jaargemiddelde laagwater (links) en hoogwater (rechts) in Vlissingen (Figuur 4-5). Er is een significante correlatie tussen de windsnelheid en de hoog- en laagwaterresiduen (correlatiecoëfficiënten en p-waarden worden weergegeven in Tabel 4-1). Dit betekent dat een deel van de afwijking van de trend van de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden kan worden verklaard door de wind. De meest recente jaren (2010-2019; aangegeven als rode en zwarte kruisjes in Figuur 4-5) liggen binnen de puntenwolk van de voorgaande jaren, wat aangeeft dat de relatie tussen de windsnelheid en residuen op de waterstand niet is gewijzigd in de laatste jaren. De correlatie tussen de residuen van de laagwaterstand in Vlissingen en de wind in Cadzand is zelfs toegenomen over de laatste 10 jaar (0,612 naar 0,667). Deze toename is ook te zien over de laatste 2 jaar, waarbij de correlatie gestegen is van de vorige gerapporteerde periode (1972-2017) 0,654 naar 0,667 (1972-2019). Verder kan er worden opgemerkt dat het laagwater residu gemeten in 2018 een van de meest negatieve waarden is van de beschouwde dataset. Er kan dus worden geconcludeerd dat de westelijke component van de jaargemiddelde windsnelheid in Cadzand een goede proxy is voor invloed van de wind op de waterstanden in de Scheldemonding. Bij de analyse van de hoog- en laagwaterstanden (sectie 5.1) werd de invloed van de wind daarom in rekening gebracht bij de vergelijking van de waterstanden in Vlissingen met de bestaande trend. De T2015 rapportage liet ook zien dat windopzet een verklarende parameter is voor de waterstanden in de Westerschelde, en daarnaast dat dit (in mindere mate) ook het geval is voor de Beneden-Zeeschelde (T2015 Consortium, 2018b).



Figuur 4-2: Correlatie tussen residuen van laagwater (links) en hoogwater (rechts) te Vlissingen en wind in Cadzand per windrichting over de periode 1972-2019.



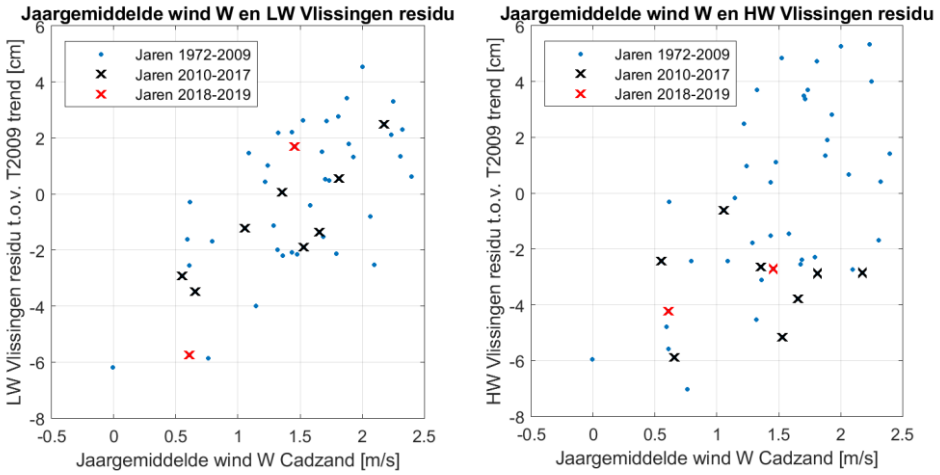
Figuur 4-3: Vectorieel jaargemiddelde windsnelheid, component t.o.v. 270°N, gemeten in Cadzand (aan land).



Figuur 4-4: Aantal dagen per jaar dat wind uit oostelijke richtingen domineert, gemeten in Cadzand.

Tabel 4-1: Correlatiecoëfficiënt en p-waarde van de kruiscorrelatie test (Pearson) tussen de jaargemiddelde windsnelheid in Cadzand (component uit het westen) en de jaargemiddelde HW/LW residuen op de T2009 trend te Vlissingen. Vergelijking van de correlatiecoëfficiënt en p-waarde voor de perioden 1972-2009 en 1972-2019.

Kruiscorrelatie	Correlatiecoëff. (Pearson)		p-waarde (Pearson)	
Periode	1972-2009	1972-2019	1972-2009	1972-2019
Jaargem. opzet – Jaargem. HW T2009 residuen	0,584	0,543	1,47e-04	7,77e-05
Jaargem. opzet – Jaargem. LW T2009 residuen	0,612	0,667	5,66e-05	3,10e-07



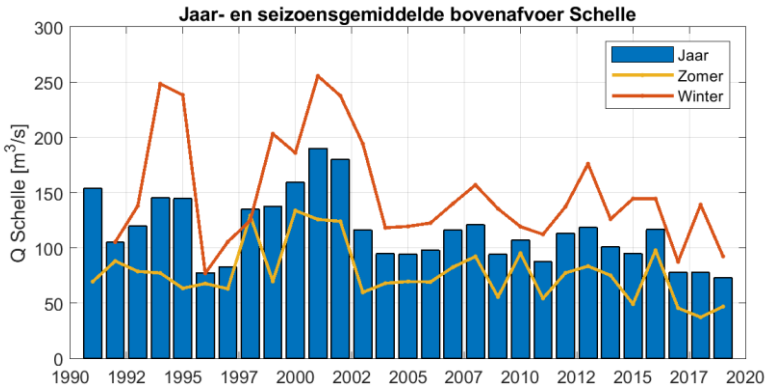
Figuur 4-5: Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde windsnelheid gemeten te Cadzand tegenover het residu t.o.v. de T2009 trend van de laagwater (links) en hoogwater (rechts) in Vlissingen.

4.2 Bovenafvoer

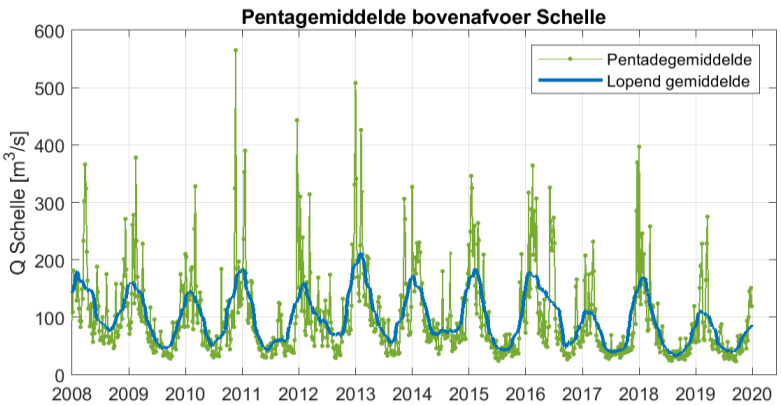
Het afvoerdebiet van het bovenbekken naar de Beneden-Zeeschelde wordt berekend aan de hand van de daggemiddelde debietwaarden in Schelle, net afwaarts van de Rupelmonding. Sinds 2018, na de actualisatie van de berekeningsmethode voor het afvoerdebiet in de Schelle, is er beslist om af te stappen van de berekeningsmethode van het pentade-gemiddelde en worden er daggemiddelde debietwaarden berekend (Vandenbruwaene *et al.*, 2020). Figuur 4-6 geeft de jaargemiddelde bovenafvoer weer in Schelle, samen met het seizoensgemiddelde voor de zomer (juni-november, gele lijn) en winter (december-mei, rode lijn).

Het afvoerdebiet ligt hoger tijdens de wintermaanden dan tijdens de zomermaanden, en dit bepaalt grotendeels de seizoensmatige variatie van onder andere zout- en sedimentconcentraties. De jaren met lage neerslag – 2009, 2011, 2014, 2015, 2017, 2018 en 2019 – worden ook gekenmerkt door een overeenkomstige lage bovenafvoer, alhoewel dit in 2013 niet het geval was (Figuur 4-6). 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.

De bovenafvoer bij Schelle wordt in meer detail weergegeven in Figuur 4-7, met de pentadegemiddelden en daarnaast een lopend gemiddelde. Dit geeft duidelijk de droge en natte periodes voor elk jaar weer. De bovenafvoer was in 2019 duidelijk het gehele jaar laag, maar wordt met name gekenmerkt door een zeer lage winterafvoer. In jaar 2018 vertoont de bovenafvoer een hoge piekwaarde in de winter.

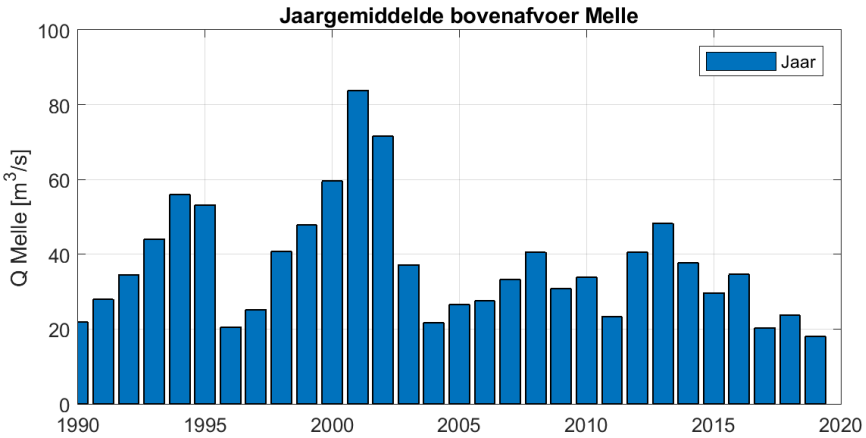


Figuur 4-6: Jaar- en seizoensgemiddelde bovenafvoer in Schelle.



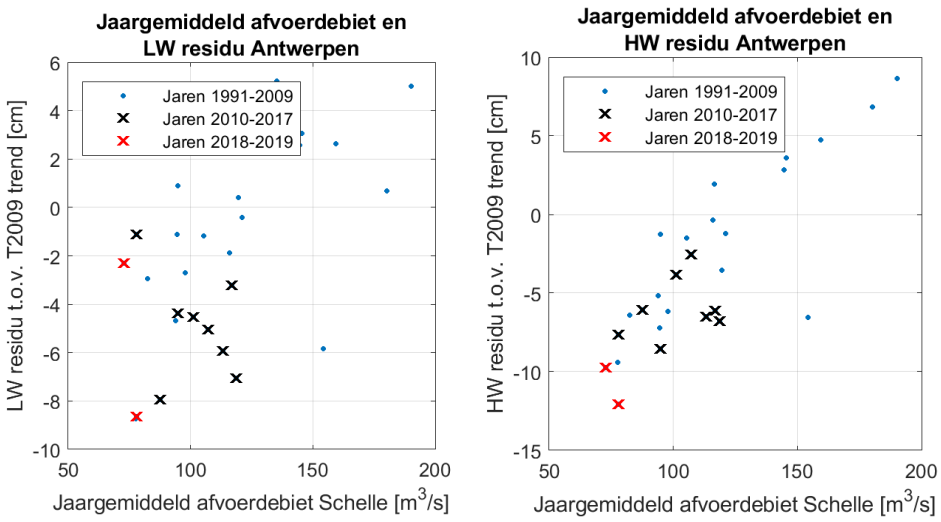
Figuur 4-7: Pentadegemiddelde en lopend gemiddelde bovenafvoer in Schelle.

Voor de volledigheid wordt in Figuur 4-8 ook het jaargemiddelde afvoerdebiet in Melle weergegeven; dit is het belangrijkste afvoerdebiet in de winter voor de Boven-Zeeschelde. Het is niet verrassend dat het verloop van natte en droge jaren in Melle sterk overeenkomt met dat van Schelle. Jaren met een lage bovenafvoer zijn echter meestal meer uitgesproken in Melle dan in Schelle omdat het debiet in Melle gereguleerd wordt met behulp van stuwen. Bij droge periodes wordt steeds een minimumdebiet afgeleid naar de andere waterlopen (o.a. het kanaal Gent-Terneuzen), waardoor er nog minder water via Melle in de Boven-Zeeschelde stroomt. De andere bijrivieren van de Zeeschelde (Rupel, Dender, Durme) zijn niet gereguleerd en het volledige afvoerdebiet komt in de Beneden-Zeeschelde terecht. Als gevolg hiervan wijken de droge jaren in Melle sterker af van het gemiddelde dan in Schelle: de afvoer in het droge jaar 2019 was in Melle bijvoorbeeld slechts 48 % van de gemiddelde waarde over de periode 1990-2019, maar in Schelle was de afvoer in 2019 toch 63 % van het gemiddelde.



Figuur 4-8: Jaargemiddelde bovenafvoer in Melle.

De jaargemiddelde bovenafvoer, die in belangrijke mate wordt bepaald door de neerslag, heeft op zijn beurt een invloed op de hoog- en laagwaterstanden, en dit vooral in het opwaartse deel van het Schelde-estuarium. Dit werd ook reeds geconstateerd in eerdere rapporten (T2009 Consortium, 2013; Vandenbruwaene *et al.*, 2016; IMDC, 2017a, 2019b; T2015 Consortium, 2018b). Figuur 4-9 geeft in een spreidingsdiagram de relatie weer tussen het jaargemiddeld bovenafvoerdebiet in Schelle en de residuen ten opzichte van de bestaande trends voor jaargemiddeld hoog- en laagwater in Antwerpen. De bijbehorende correlatiecoëfficiënten en p-waarden zijn samengevat in Tabel 4-2. In alle grafieken is een duidelijke verband (correlatie) waar te nemen tussen afvoerdebiet en hoog- en laagwaterstanden, inclusief voor de meest recente jaren. Bij het hoogwaterresidu liggen beide punten (2018 en 2019) onder de bestaande puntenwolk. Het jaar 2019 ligt voor het laagwaterresidu boven de bestaande puntenwolk. Daarnaast is de relatie tussen afvoerdebiet en residu iets sterker voor de hoogwaterstanden, waarvoor een hogere correlatie gerapporteerd is in Tabel 4-2.



Figuur 4-9: Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde afvoerdebiet te Schelle tegenover het residu t.o.v. de T2009 trend van de laagwater (links) en hoogwater (rechts) in Antwerpen.

Tabel 4-2: Correlatiecoëfficiënt en p-waarde van de kruiscorrelatie test (Pearson) tussen het jaargemiddeld afvoerdebiet in Schelle en de jaargemiddelde HW/LW residuen op de T2009 trend te Antwerpen. Vergelijking van de correlatiecoëfficiënt en p-waarde voor de perioden 1972-2009 en 1991-2019.

Kruiscorrelatie	Correlatiecoëff. (Pearson)		p-waarde (Pearson)	
Periode	1991-2009	1991-2019	1991-2009	1991-2019
Q Schelle – Jaargem. HW T2009 residuen	0,795	0,821	4,82e-05	5,03e-08
Q Schelle – Jaargem. LW T2009 residuen	0,584	0,598	8,72e-03	6,12e-04

5 Hydrodynamiek

De veranderingen in de waterbeweging in het estuarium worden bepaald door randvoorwaarden (getij, wind, ruwheid, bovenafvoer) en geometrische eigenschappen (breedte, diepte, convergentie, …). In dit hoofdstuk wordt voor een aantal parameters nagegaan hoe de waterbeweging geëvolueerd is ten opzichte van de situatie voorafgaand aan de derde verruiming en het flexibel storten.

5.1 Hoog- en laagwaterstanden en getijslag

5.1.1 Methodologie

Om een evaluatie van de ontwikkeling van het getij te kunnen maken, werden er verwachtingswaarden voor de jaargemiddelde waterstanden van 2010 t/m 2019 opgesteld, gebaseerd op de reeds bestaande toestand vóór de derde verruiming. Omdat de Westerschelde een natuurlijk systeem is, kan de waterstand niet volledig deterministisch voorspeld worden en wordt er een 95 % verwachtingsinterval (of voorspellingsinterval) opgesteld voor de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden. Dit betekent dat er verwacht wordt dat 95 % van de toekomstige waterstanden binnen dit interval zal vallen. Het verwachtingsinterval werd opgesteld op basis van een trendanalyse over de jaren voorafgaand aan 2010.

Wanneer de gemeten jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden binnen de verwachtingswaarden liggen, dan vallen deze binnen de fluctuaties van het natuurlijke systeem en is er geen reden om aan te nemen dat de verruiming van de Schelde, de strategie van het flexibel storten of andere projecten een significante invloed hebben op de jaargemiddelde hoog- en laagwaters.

De trendanalyse zal worden beperkt tot de curvefitting van een aangenomen relatie met betrouwbaarheidsintervallen. Gebaseerd op de kennis van de Westerschelde en Zeeschelde wordt a priori aangenomen dat de trend wordt samengesteld uit een sinusoïdale component, gerelateerd aan de 18,6-jarige nodale cyclus, en een lineaire component:

$$HW(t_n) = mt_n + b + C.\cos(2\pi f t_n - \varphi) + \epsilon(t_n) \text{ of} \quad (1)$$

$$HW(t_n) = mt_n + b + A.\cos(2\pi f t_n) + B.\sin(2\pi f t_n) + \epsilon(t_n) \quad (2)$$

Waarin HW het jaargemiddelde hoogwater is, b een constante waarde, m is de regressiecoëfficiënt van de lineaire component, C en f zijn de amplitude en frequentie van de nodale tijmodulatie. Verder is φ de faseverschuiving van de nodale tijmodulatie (met periode 18,613 jaar), A en B zijn een functie van C en φ ($A = C.cos(\varphi)$ en $B = C.sin(\varphi)$), ϵ is het residu, of verschil tussen meting en model (trendlijn), en t_n is het jaartal.

De trend op de jaargemiddelde laagwaters is van dezelfde vorm als de trend op de jaargemiddelde hoogwaters, waarbij er op gelet moet worden dat de invloed van het nodale tijmodulatie op laagwater precies in tegenfase is met de invloed op hoogwater. Tevens moet er rekening gehouden worden met het feit dat de invloed van de nodale tijmodulatie op de verschillende locaties in fase is.

Deze fasen werden geëvalueerd voor Vlissingen door middel van een multivariate regressieanalyse voor de volledige periode 1882-2009 met formule 1. De faseverschuiving wordt berekend aan de hand van parameters A en B met behulp van de volgende formule:

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{B}{A}\right) \quad (3)$$

De hieruit verkregen nodale faseverschuiving is $\varphi = 95{,}779°$ voor de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden;

De overige parameters worden berekend voor de andere stations door middel van een regressieanalyse met formule 2 waarbij bovenstaande fase wordt opgelegd.

Er wordt nog opgemerkt dat deze analyse voor hoog- en laagwaterstanden vanaf het huidige voortgangsrapport gebruik maakt van de trendlijn die in het kader van het T2009-rapport (T2009 Consortium, 2013) werd opgesteld per meetlocatie. Deze trend werd bepaald op de periode tussen T2009 en de laatste voorgaande statistisch bepaalde trendbreuk. De voorgaande methodologie wordt dan ook toegepast op de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstandtijdreeksen van zowel de Westerschelde als de Beneden-Zeeschelde. Ook worden de recente jaargemiddelde waterstanden vergeleken met de trendlijn die in het kader van het T2015-rapport (T2015 Consortium, 2018a) per meetlocatie werd opgesteld.

Daarnaast wordt voor elk station ook een analyse gedaan van de residuen op de (geëxtrapoleerde) T2009 trendlijn. De analyse van de residuen voor een lineaire regressie (OLS-CUSUM; Ordinary Linear Squares regressie, cumulative sum) is gebaseerd op de methode van (Zeileis *et al.*, 2005) en is beschreven in Bijlage B. Indien deze OLS-CUSUM-grafiek buiten één van zijn controlegrenzen treedt, kan er gesproken worden over een (statistisch significante) afwijking van de T2009 trend en in extensie daarvan een mogelijke invloed van de projecten uit OS2010 (en in het bijzonder de derde verruiming) op het gedrag van het getij.

5.1.2 Westerschelde

In dit deel wordt voor Vlissingen, Terneuzen, Hansweert, en Bath de evolutie van de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden weergegeven voor hun respectievelijke T2009- en T2015-regressieperioden. De trendlijn (samen met de 95 % betrouwbaarheids- en voorspellingsintervallen) is gekalibreerd op deze perioden en geëxtrapoleerd (voorspeld) voor jaren 2010 - 2019.

In Tabel 5-1 en Tabel 5-2 worden de amplitude van de nodale cyclus en de helling van de lineaire component uit de regressievergelijking van respectievelijk het jaargemiddeld hoog- en laagwater voor vier stations in de Westerschelde (Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath) weergegeven.

De amplitude van de nodale getijcyclus (18,6 jarige cyclus) voor de hoogwaters heeft een maximum bij Terneuzen en neemt dan opwaarts af, terwijl voor de laagwaters deze amplitude een minimum heeft bij Terneuzen en Bath, met hogere waarden bij Vlissingen en Hansweert. De gemiddelde stijging van het hoogwater neemt toe in opwaartse richting, terwijl deze voor het laagwater juist afneemt.

Tabel 5-1: Overzicht van de regressieparameters jaargemiddeld hoogwater trend T2009 en T2015, getijposten Westerschelde.

Locatie	T2009			T2015		
	Regressie-periode	Amplitude nodale cyclus	Helling lineaire componen t	Regressie-periode	Amplitude nodale cyclus	Helling lineaire component
Vlissingen	1965-2009	3,15 cm	0,24 cm/jr	1965-2015	2,85 cm	0,20 cm/jr
Terneuzen	1960-2009	3,53 cm	0,28 cm/jr	1960-2015	3,22 cm	0,25 cm/jr
Hansweert	1960-2009	3,00 cm	0,30 cm/jr	1960-2015	3,04 cm	0,29 cm/jr
Bath	1975-2009	2,25 cm	0,40 cm/jr	1975-2015	2,07 cm	0,36 cm/jr

Tabel 5-2: Overzicht van de regressieparameters jaargemiddeld laagwater trend T2009 en T2015, getijposten Westerschelde.

Locatie	T2009			T2015		
	Regressie-periode	Amplitude nodale cyclus	Helling lineaire component	Regressie-periode	Amplitude nodale cyclus	Helling lineaire component
Vlissingen	1965-2009	3,87 cm	0,22 cm/jr	1965-2015	3,96 cm	0,20 cm/jr
Terneuzen	1960-2009	3,21 cm	0,12 cm/jr	1960-2015	3,07 cm	0,13 cm/jr
Hansweert	1980-2009	4,15 cm	0,17 cm/jr	1980-2015	3,75 cm	0,22 cm/jr
Bath	1975-2009	3,21 cm	0,01 cm/jr	1975-2015	3,53 cm	niet sign.

Figuur 5-1 tot en met Figuur 5-10 geven de resultaten weer voor de verschillende getijposten voor hoog- en laagwater in de Westerschelde. De meetwaarden gebruikt voor de regressie analyse zijn in blauw weergegeven. De groene ononderbroken lijn geeft de T2009-regressielijn weer, terwijl de gestippelde groene lijn het 95 %-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De oranje gestippelde lijn geeft het 95 %-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt ook rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- en laagwaters). De T2015-regressielijn en betrouwbaarheids- en voorspellingsinterval worden in grijs weergegeven. Ten slotte worden de recente meetwaarden van 2010 tot 2019 als zwarte kruisjes weergegeven.

Bijlage B bevat een verdere analyse van de residuen van de metingen van de jaren 2010 tot en met 2019 ten opzichte van de voorspelde T2009-trend. Hierbij wordt door middel van controlegrafieken gecontroleerd of het gedrag van de OLS-CUSUM-waarden wijst op een mogelijke afwijking ten opzichte van de trend.

Vlissingen

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 (Figuur 5-1). De daling van de jaargemiddelde hoogwaters volgt de T2009 trendlijn, die een maximum vertoonde in 2016. De resulterende residuen van het hoogwater ten opzichte van de trend zijn daarmee klein. De T2015-trendlijn ligt iets lager dan de T2009-trend, en de recente jaargemiddelde hoogwaterstanden liggen daar beperkt onder.

Het jaargemiddelde laagwater vertoont in 2018 een daling ten opzichte van 2017 (7,1 cm), tegen de T2009 en T2015 trendlijn in. Een vergelijkbare daling is te zien in het jaar 1996, een jaar dat ook gekenmerkt werd door een relatief lage westelijke windcomponent in Cadzand (Figuur 4-3). Deze daling kan dus deels verklaard worden door de sterke aangetoonde correlatie tussen beide in sectie 4.1.2. Vervolgens is een verhoging van het laagwater te zien in 2019, wat overeenstemt met het inzetten van de stijgende fase van de nodale getijcyclus (Figuur 5-3). De waardes van het jaargemiddelde laagwater liggen binnen het 95 %-verwachtingsinterval. De OLS-CUSUM-waarden (Bijlage B) liggen nog binnen de controlegrenzen en er is dus geen sprake van een trendbreuk.

Vlissingen ligt nabij de monding van het estuarium. De hoog- en laagwaterstanden zijn daarom relatief sterk afhankelijk van processen buiten het Schelde-estuarium en slechts in mindere mate van veranderingen in het estuarium zelf. Zoals al eerder aangehaald, wordt in sectie 4.1.2 aangetoond dat de residuen van de hoog- en laagwaterstanden ten opzichte van de T2009-trend een significante correlatie vertonen met de westelijke component van de jaargemiddelde windsnelheid gemeten in Cadzand. Afwijkingen in de waterstanden ten opzichte van de verwachte trend bij Vlissingen kunnen dus gedeeltelijk

verklaard worden door de mate van windopzet (IMDC, 2017a, 2019b; T2015 Consortium, 2018b). Figuur 5-2 en Figuur 5-4 geven de residuen van de hoog- en laagwaterstanden ten opzichte van de T2009-trend weer, met en zonder correctie op basis van het lineaire verband met de jaargemiddelde windsnelheid in Cadzand. Na correctie vertonen de residuen minder temporele variabiliteit, en liggen ze in de periode 2009-2019 over het algemeen dichter bij 0. 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.

Terneuzen

Het jaargemiddeld hoogwater bij Terneuzen laat in 2018 een daling zien ten opzichte van de voorgaande jaren (Figuur 5-5). 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 binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval voor het jaar 2019. Het jaargemiddelde hoogwater viel in 2018 binnen de 95 %-voorspellingsinterval. De OLS-CUSUM-waarden (Bijlage B) zijn nog binnen de controlegrenzen en er is dus geen sprake van een trendbreuk. Maar omdat in Terneuzen de hoogwaters sinds 2014 onder de regressielijn liggen, met dus een systematische onderschrijding van de verwachtingswaarde, is er over de jaren wel een afname te zien in de cumulatieve som van de residuen van de laagwaterstand, en komt deze steeds dichter tegen de grens te liggen. De T2015-trendlijn van de hoogwaterstanden bij Terneuzen ligt iets onder de T2009-trendlijn, en de recente jaren liggen dichterbij deze trendlijn, afgezien van de lage waarde in 2018.

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, met als gevolg dat de stijgende trend van de nodale getijcyclus hervat werd. Deze waarde ligt binnen het 95 %-voorspellingsinterval (Figuur 5-6). De OLS-CUSUM-waarden (Bijlage B) zijn nog binnen de controlegrenzen en er is dus geen trendbreuk aangetoond.

Hansweert

De mate van variatie in het jaargemiddeld hoogwater over de afgelopen jaren is klein in vergelijking met de variatie in het jaargemiddeld hoogwater dat voorkwam bij Hansweert tussen 1960 en 2000 (Figuur 5-7). De waardes van 2010 tot 2019 liggen, behalve 2018, allen binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval van de T2009-trend. Van 2017 naar 2018 nam het gemiddeld hoogwater af, waarna het weer licht toenam in 2019. Het jaargemiddeld hoogwater van 2019 ligt lager dan dat van 2017, wat overeenkomt met de dalende trend van de nodale getijcyclus.

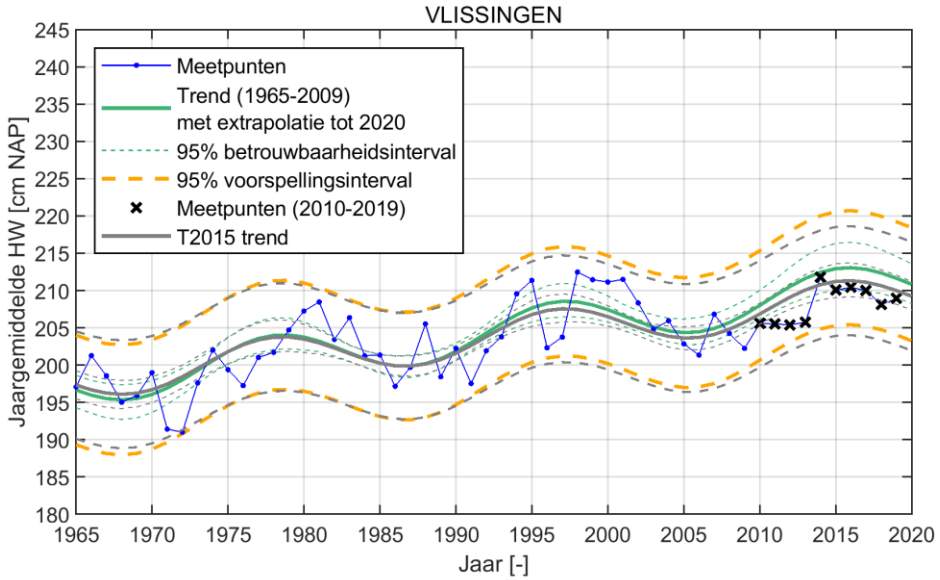
Het jaargemiddeld laagwater bij Hansweert nam in 2018 af nadat het daarvoor was toegenomen (Figuur 5-8). In 2019 was er weer een toename van de laagwaterstand, die nog binnen het 95 %-voorspellingsinterval blijft. De OLS-CUSUM-waarden (Bijlage B) liggen binnen de controlegrenzen en er is dus geen trendbreuk aangetoond. Omdat in Hansweert (net als in Terneuzen) de laagwaters sinds 2014 boven (of net onder) de regressielijn liggen, is er over de jaren wel een toename te zien in de cumulatieve som van de residuen van de laagwaterstand. De T2015-trendlijn ligt ook boven de T2009-trendlijn, door de hogere gemiddelde laagwaterstanden sinds 2010, hoewel het 95 %-voorspellingsinterval gelijk blijft.

Bath

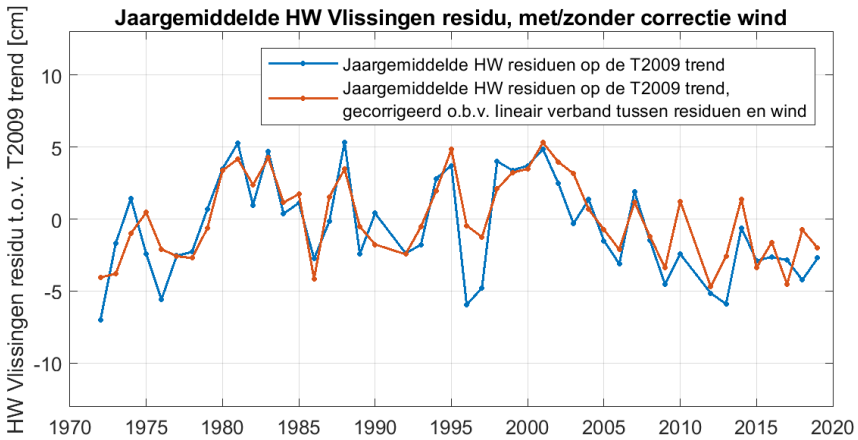
Het jaargemiddelde hoogwater bij Bath nam sinds 2014 af. Ook in 2018 was dit het geval en de waarde ligt daarmee onder de T2009-trend, net buiten het 95 %-betrouwbaarheidsinterval maar ruim binnen het 95 %-voorspellingsinterval (Figuur 5-9). Hierna nam de jaargemiddelde laagwaterstand in 2019 weer lichtjes toe, maar ligt de

waarde onder de waarde gemeten in 2017, en de afname in de hoogwaterstanden komt dus overeen met de observaties bij de andere getijstations in de Westerschelde en met het inzetten van de dalende trend van de nodale getijcyclus. De OLS-CUSUM-waarden (Bijlage B) liggen binnen de controlegrenzen en er is dus geen sprake van een trendbreuk.

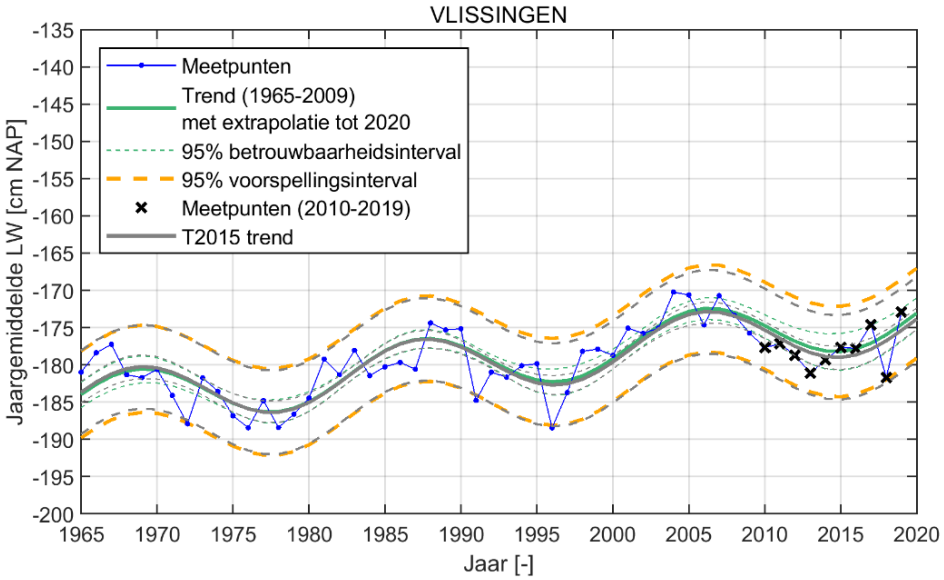
Het jaargemiddelde laagwater nam in 2018 af na de toename in 2017, waarna er een duidelijke toename zichtbaar is in 2019 (Figuur 5-10). Zowel de daling (2018) als de toename (2019) van de gemiddelde laagwaterstand liggen nog binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval. De toename van de gemiddelde laagwaterstand in 2019 ten opzichte van 2017 komt overeen met die bij de overige getijstations in de Westerschelde, alsook met het begin van de stijgende trend van de nodale getijcyclus. Nadat de OLS-CUSUM-waarden van de laagwaters in 2014 bijna onder de controlegrens kwamen, is de cumulatieve som van de residuen sindsdien weer duidelijk boven de controlegrens gekomen na de hogere laagwaterstanden van 2017 en 2019 (Bijlage B), en er is dus geen sprake van een trendbreuk.



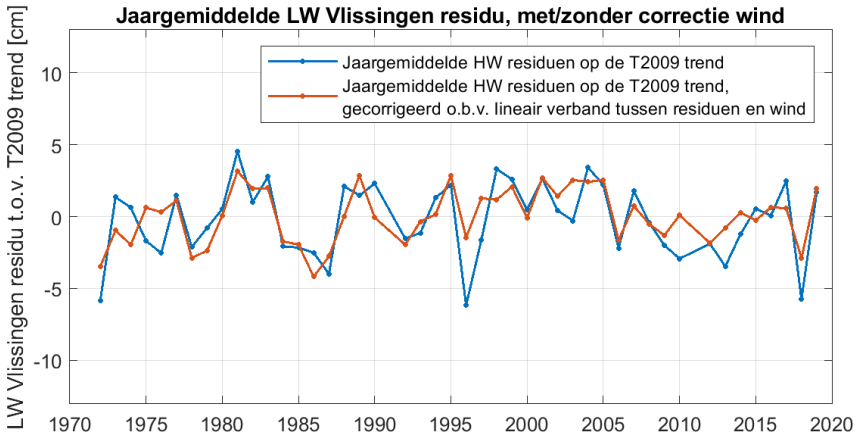
Figuur 5-1: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Vlissingen, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



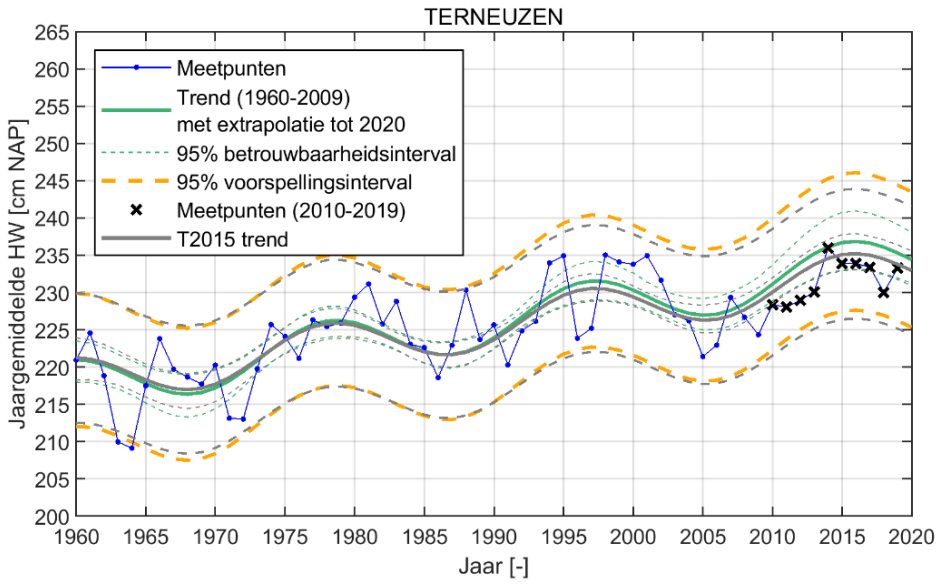
Figuur 5-2: Jaargemiddeld HW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor lineair verband tussen residuen en wind.



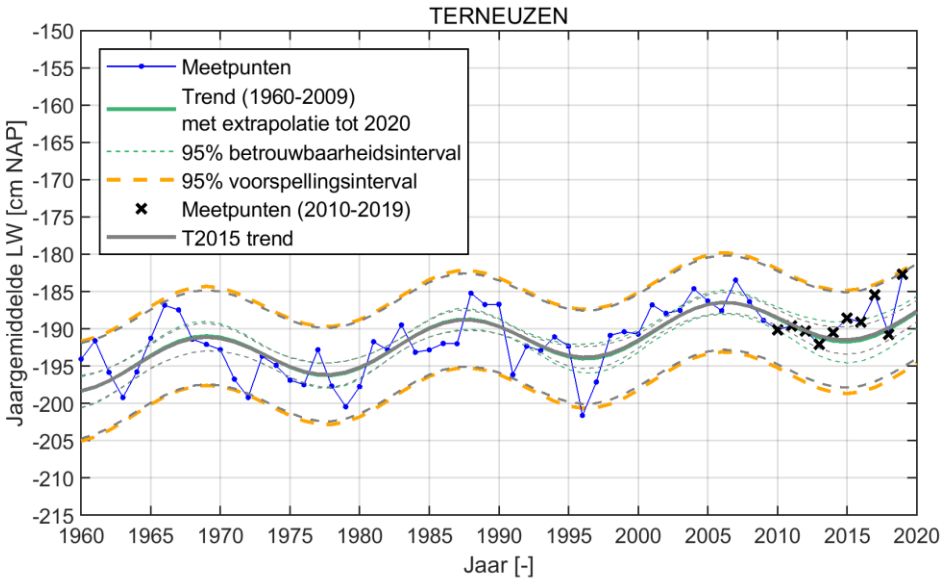
Figuur 5-3: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Vlissingen, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



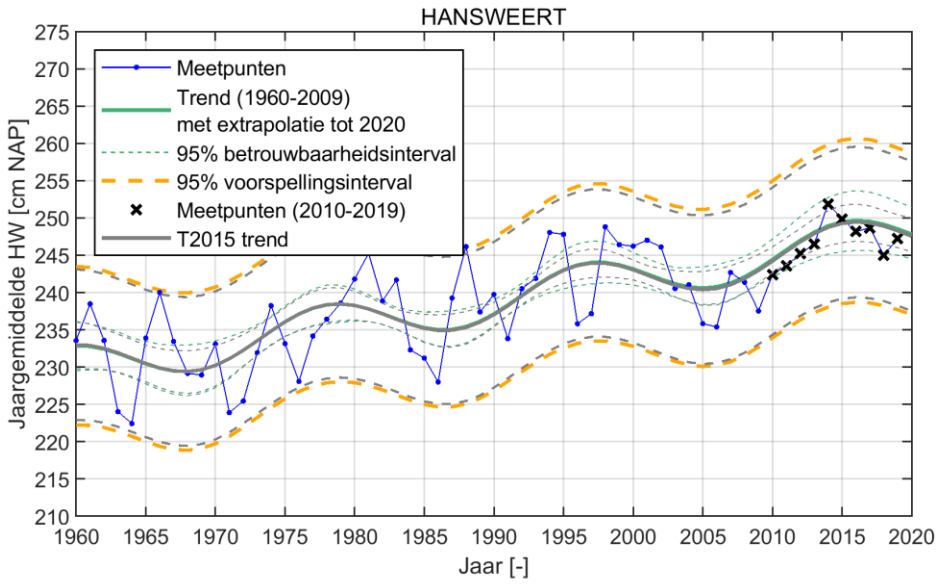
Figuur 5-4: Jaargemiddeld LW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor lineair verband tussen residuen en wind.



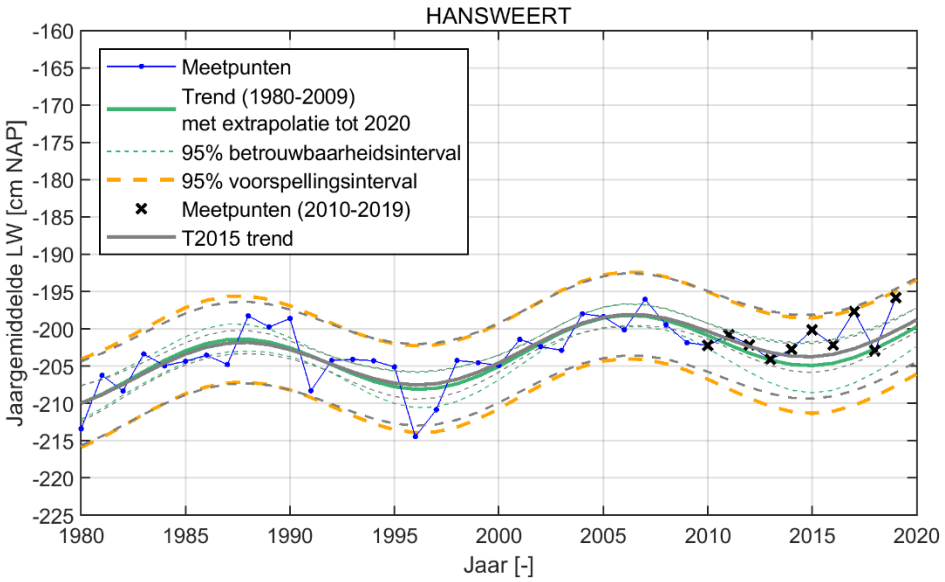
Figuur 5-5: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Terneuzen, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



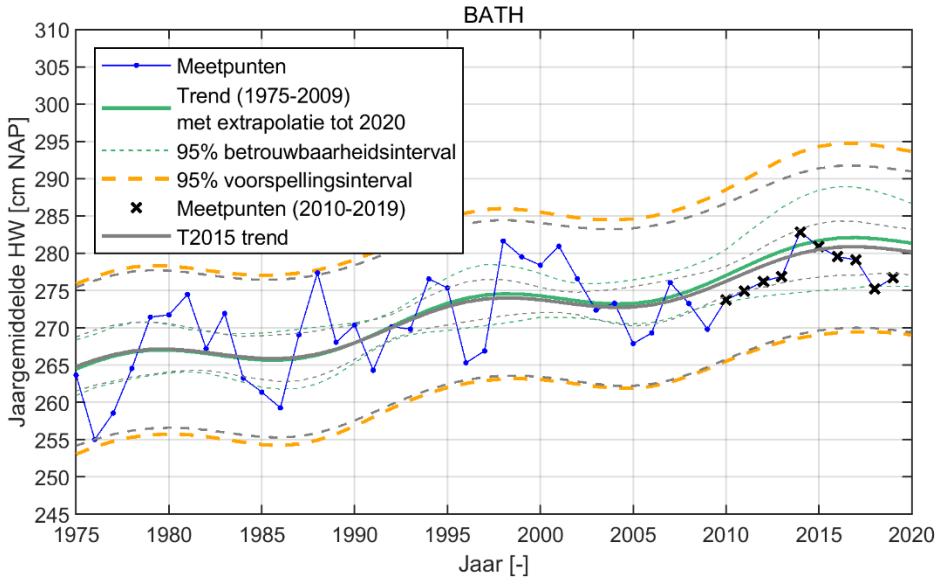
Figuur 5-6: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Terneuzen, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



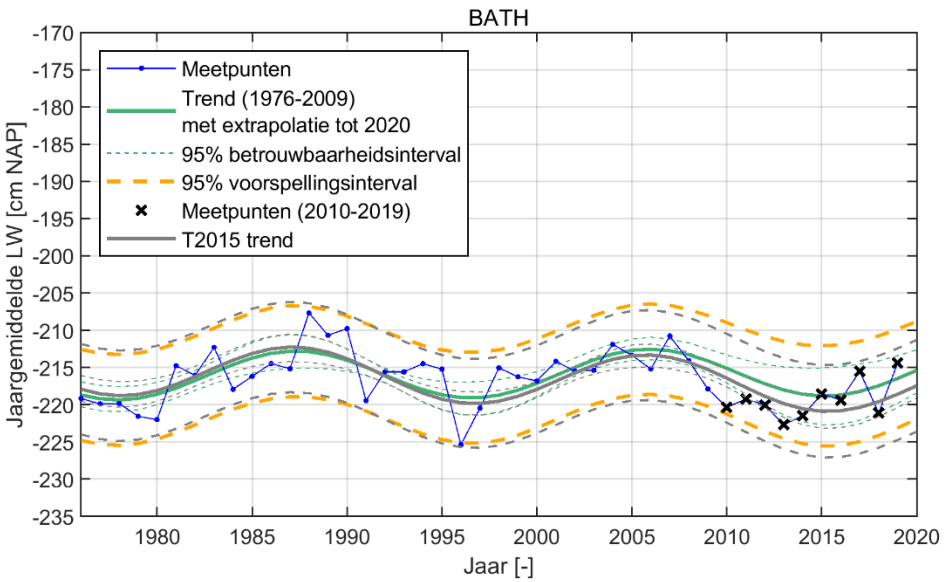
Figuur 5-7: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Hansweert, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



Figuur 5-8: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Hansweert, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



Figuur 5-9: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Bath, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



Figuur 5-10: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Bath, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.

5.1.3 Beneden-Zeeschelde

In dit deel wordt voor Prosperpolder, Kallosluis, en Antwerpen-Loodsgebouw de evolutie van de jaargemiddelde hoog- en laagwaters afgebeeld voor hun respectieve T2009- en T2015-regressieperioden, op een analoge manier als voor de Westerschelde. De trendlijn (samen met de 95 % betrouwbaarheids- en voorspellingsintervallen) is gekalibreerd op deze perioden en geëxtrapoleerd (voorspeld) voor 2010 - 2019.

In Tabel 5-3 en Tabel 5-4 worden de amplitude van de nodale cyclus en de helling van de lineaire component uit de regressievergelijking van het jaargemiddeld hoog- en laagwater voor de drie stations (Prosperpolder, Kallosluis, en Antwerpen-Loodsgebouw) weergegeven. In de eerste drie voortgangsrapporten werd getijstation Schelle als het

meest opwaarts meetstation gebruikt. Dit getijstation is echter sinds juli 2013 buiten gebruik, en zal in het huidige rapport dus niet verder besproken worden.

De amplitude van de nodale getijcyclus (18,6 jarige cyclus) voor de hoogwaters neemt af in opwaartse richting, terwijl de lineaire component – de gemiddelde stijging van het hoogwater – in deze richting verder toeneemt. De trend voor de laagwaters heeft een maximum amplitude van de nodale cyclus bij Antwerpen en lagere waardes in afwaartse richting. De gemiddelde stijging van het laagwater neemt toe in opwaartse richting. Bij de meetstations van de Beneden-Zeeschelde wordt een groter verschil in regressieparameters waargenomen tussen de T2009 en T2015 trend in vergelijking met de Westerschelde. Dit wordt veroorzaakt door de peilschaalcorrecties die voor de verschillende getijposten werd doorgevoerd in 2011, en die een relatief grote verandering in waterstandsdata heeft veroorzaakt.

Tabel 5-3: Overzicht van de regressieparameters jaargemiddeld hoogwater trend T2009 en T2015, getijposten Beneden-Zeeschelde.

Locatie	T2009			T2015		
	Regressie periode	Amplitude nodale cyclus	Helling lineaire component	Regressie periode	Amplitude nodale cyclus	Helling lineaire component
Prosperpolder	1974-2009	3,83 cm	0,40 cm/jr	1974-2015	3,37 cm	0,31 cm/jr
Kallosluis	1982-2009	3,79 cm	0,59 cm/jr	1982-2015	2,55 cm	0,42 cm/jr
Antwerpen-Loodsgebouw	1974-2009	3,05 cm	0,48 cm/jr	1974-2015	1,95 cm	0,36 cm/jr

Tabel 5-4: Overzicht van de regressieparameters jaargemiddeld laagwater trend T2009 en T2015, getijposten Beneden-Zeeschelde.

Locatie	T2009			T2015		
	Regressie-periode	Amplitude nodale cyclus	Helling lineaire component	Regressie-periode	Amplitude nodale cyclus	Helling lineaire component
Prosperpolder	1974-2009	2,61 cm	-0,07 cm/jr	1974-2015	2,09 cm	-0,15 cm/jr
Kallosluis	1982-2009	2,70 cm	-0,01 cm/jr	1982-2015	3,63 cm	-0,16 cm/jr
Antwerpen-Loodsgebouw	1974-2009	3,63 cm	0,12 cm/jr	1974-2015	4,55 cm	-0,02 cm/jr

Figuur 5-11 tot en met Figuur 5-16 presenteren de resultaten voor de verschillende getijposten voor hoog- en laagwater in de Beneden-Zeeschelde. De meetwaarden gebruikt voor de regressie zijn in het blauw weergegeven. De groene ononderbroken lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde groene lijn het 95 %-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De oranje gestippelde lijn geeft het 95 %-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt ook rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- en laagwaters). De T2015-regressielijn en betrouwbaarheids- en voorspellingsinterval worden in grijs weergegeven. Ten slotte worden de recente meetwaarden van 2010 tot 2019 als zwarte kruisjes weergegeven.

Prosperpolder

Het jaargemiddeld hoogwater bij Prosperpolder nam af in 2018 ten opzichte van de jaren daarvoor, en nam vervolgens weer toe in 2019 (Figuur 5-11). Deze waardes liggen net als alle waardes sinds 2008 onder de verwachte T2009-trend, maar wel binnen het 95 %-

betrouwbaarheidsinterval. De T2015-trend ligt lager, en de gemiddelde hoogwaterstanden van 2014-2016 lagen daar iets boven. De afname van de jaargemiddelde hoogwaterstand in 2018 en 2019 (ten opzichte van 2017) komt overeen met het passeren van het maximum in de nodale getijcyclus en het inzetten van de dalende trend.

Bij de jaargemiddelde laagwaters is er een toename zichtbaar sinds 2013 (Figuur 5-12). Het jaar 2018 is hier een uitzondering op, en liet een daling zien. Het jaargemiddeld laagwater ligt sinds 2015 boven de verwachte trend en voor de jaren 2017 en 2019 buiten het 95 %-betrouwbaarheidsinterval, maar nog wel binnen het 95 %-voorspellingsinterval. De OLS-CUSUM-waarden van de hoog- en laagwaters liggen nog binnen de controlegrenzen en er is dus geen sprake van een significante afwijking ten opzichte van de verwachte trend (Bijlage B). De gemiddelde laagwaterstanden liggen sinds 2015 boven de verwachte trend, met als gevolg dat er over de jaren wel een toename te zien is in de cumulatieve som van de residuen van de laagwaterstand. Ook hier werd een peilschaalcorrectie in 2011 doorgevoerd (0,9 cm bij Prosperpolder).

Kallosluis

Het jaargemiddeld hoogwater bij Kallosluis is tussen 2018 en 2019 vrij constant gebleven, maar afgenomen ten opzichte van 2017 (Figuur 5-13). De waardes van het jaargemiddelde hoogwater liggen sinds 2009 onder de verwachte trend, vergelijkbaar met de waardes 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 daling van de jaargemiddelde hoogwaters ten opzichte van de voorgaande jaren komt overeen met de dalende trend van de nodale getijcyclus.

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 (Figuur 5-14). Ook bij de jaargemiddelde laagwaterstanden van Kallosluis ligt de T2015-trendlijn lager dan de T2009-trend. De laagwaters sinds 2009 variëren meer rondom deze 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 OLS-CUSUM-waarden van de hoog- en laagwaters liggen beide buiten de controlegrenzen en er lijkt dus sprake te zijn van een trendbreuk (Bijlage B). 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 nog geen sprake van een trendbreuk.

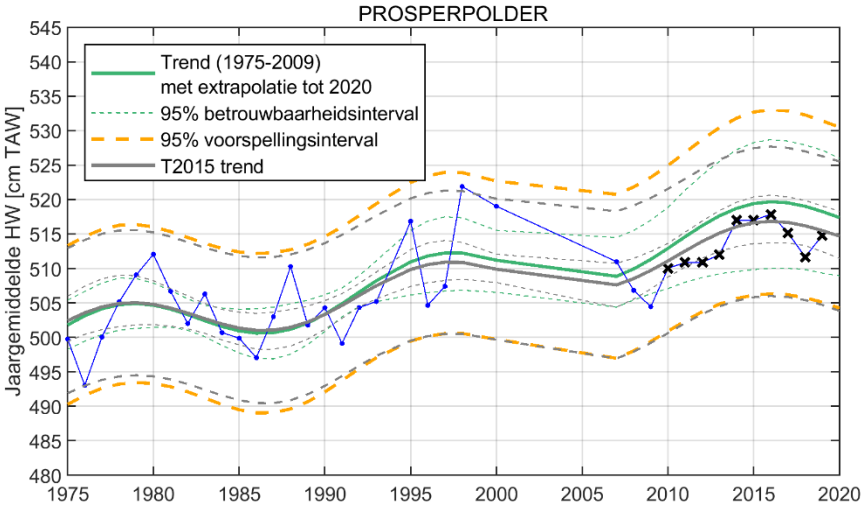
Antwerpen-Loodsgebouw

Het jaargemiddelde hoogwater bij Antwerpen nam in 2018 af waarna het in 2019 weer toenam (Figuur 5-15). De hoogwaterstand in 2019 ligt relatief lager ten opzichte van 2017 wat overeenkomt met het passeren van het maximum in de nodale getijcyclus en het inzetten van de dalende trend. Zowel 2018 als 2019 liggen binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Ook bij Antwerpen liggen de gemiddelde hoogwaterstanden sinds 2008 onder de verwachte T2009-trend, en dit geldt ook voor de T2015-trend, hoewel deze lager ligt. De OLS-CUSUM-waarden liggen sinds 2018 buiten de controlegrenzen (Bijlage B), en zou er dus sprake zijn van een trendbreuk.

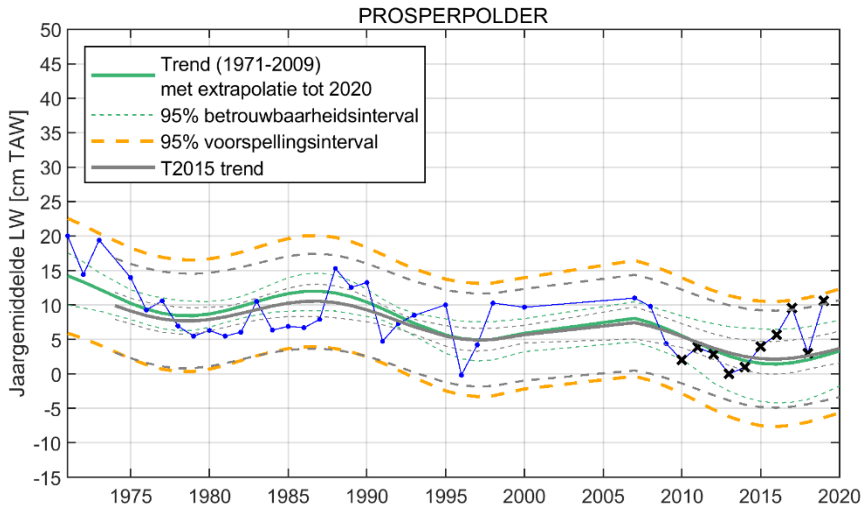
Het jaargemiddeld laagwater bij Antwerpen nam af in 2018 en steeg in 2019. De stijging van de laagwaterstand in 2019 komt overeen met het inzetten van de stijgende trend van de nodale getijcyclus. De OLS-CUSUM-waarden van de laagwaterstanden liggen sinds 2013 buiten de controlegrenzen (Bijlage B) veroorzaakt door het feit dat de

laagwaterstanden reeds sinds 2008 onder de verwachte trendlijn liggen. Wanneer de T2015-trend wordt bekeken variëren de laagwaterstanden sinds 2008 hier echter rondom.

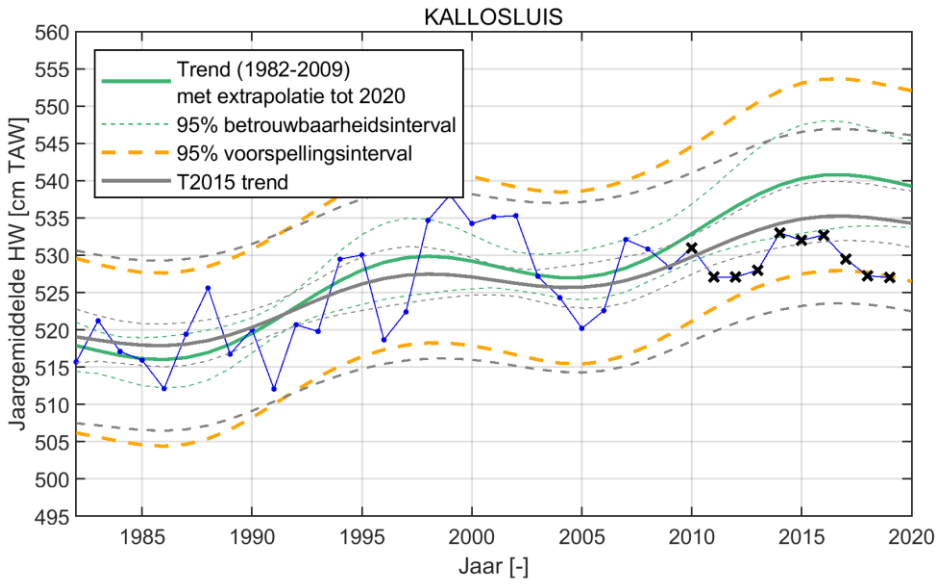
Bij Antwerpen, zoals ook bij Kallosluis, zijn de grenzen van de OLS-CUSUM-test doorbroken. Ook hier worden de cumulatieve residuen ten opzichte van de trend beïnvloed door de peilschaalcorrectie (van -3,0 cm), die in 2011 is doorgevoerd. Zonder deze peilschaalcorrectie is van een trendbreuk echter nog geen sprake volgens de OLS-CUSUM-test. De waterstanden worden, met name bij de verder opwaartse stations, ook beïnvloed door het jaargemiddeld bovenafvoerdebiet. Deze lineaire relatie wordt in sectie 4.2 aangetoond en kan gebruikt worden voor een correctie van de residuen van de waterstanden. Figuur 5-17 en Figuur 5-18 geven de residuen tussen de hoog- en laagwaterstanden en de T2009-trend weer in Antwerpen met en zonder een correctie op basis van dit lineaire verband tussen de residuen en het bovenafvoerdebiet. De residuen vertonen minder temporele variatie na de correctie en zijn, voornamelijk bij het hoogwater waar de correlatie tussen bovenafvoer en residuen sterk was, minder negatief in de jaren 2010 – 2019 dan de niet-gecorrigeerde residuen. Dit laat zien dat de afwijkingen in de waterstanden bij Antwerpen deels verklaard kunnen worden door variaties in de bovenafvoer.



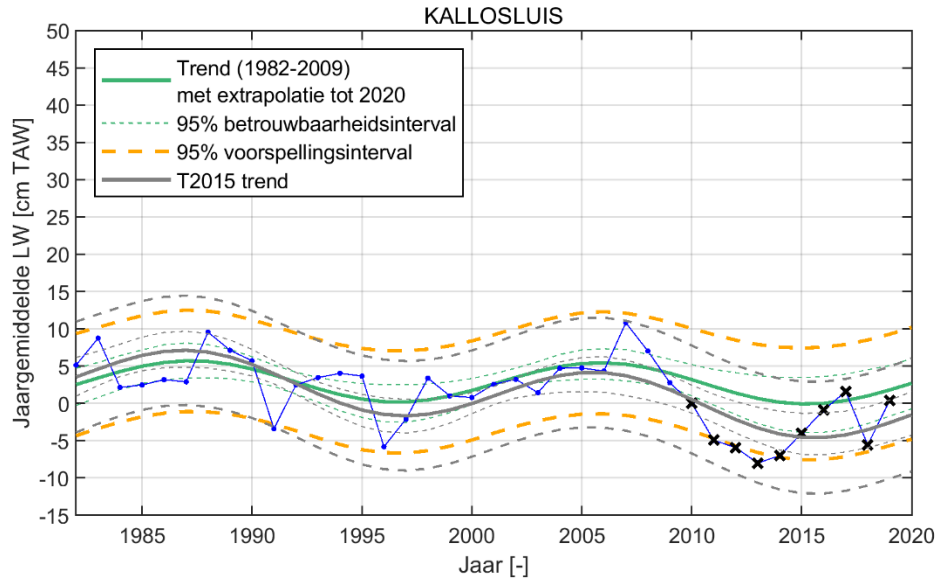
Figuur 5-11: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Prosperpolder, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



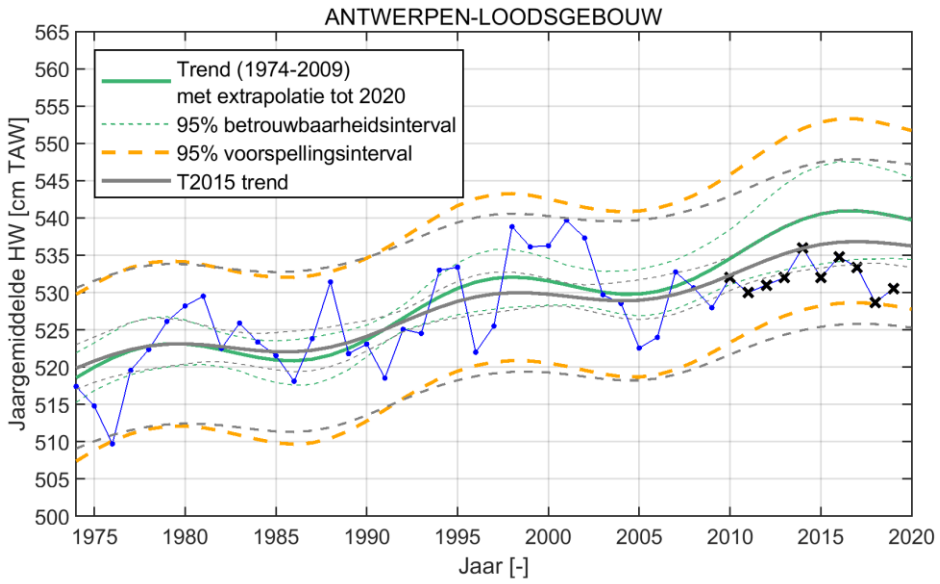
Figuur 5-12: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Prosperpolder, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



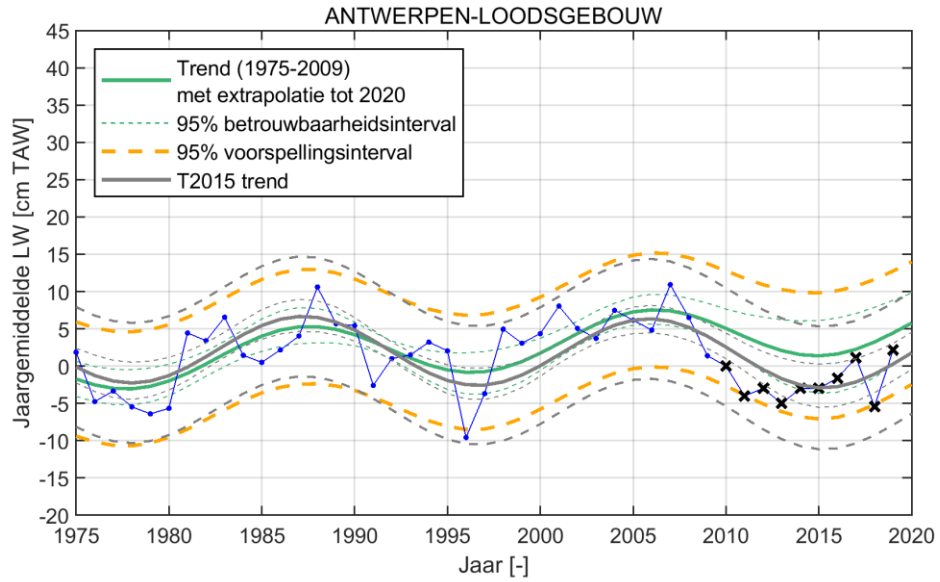
Figuur 5-13: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Kallosluis, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



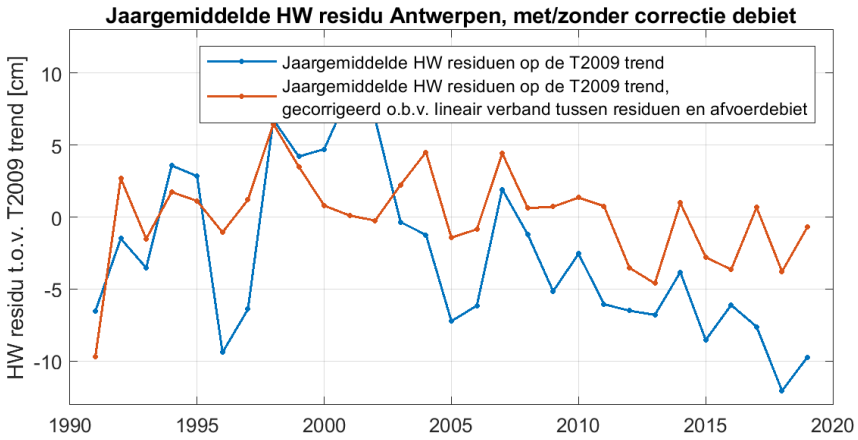
Figuur 5-14: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Kallosluis, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval.



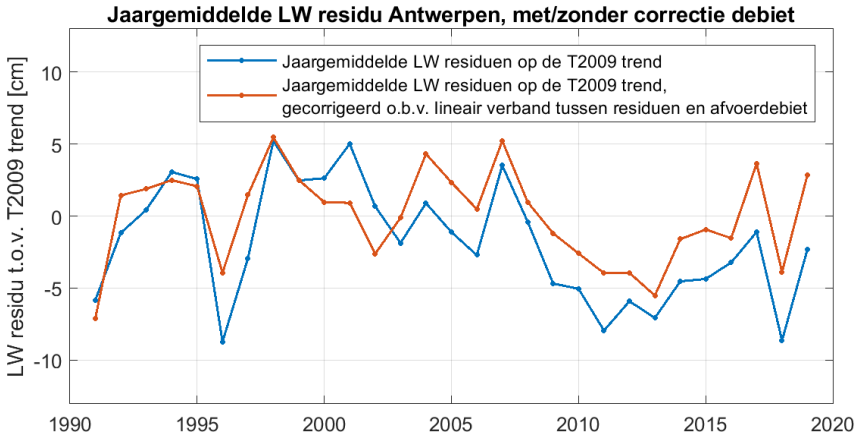
Figuur 5-15: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheid- en verwachtingsinterval.



Figuur 5-16: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw, met T2009 en T2015 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheid- en verwachtingsinterval.



Figuur 5-17: Residuen van de hoogwaterstand bij Antwerpen-Loodsgebouw ten opzichte van de T2009-trendlijn, al dan niet gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met het afvoerdebiet in Schelle.

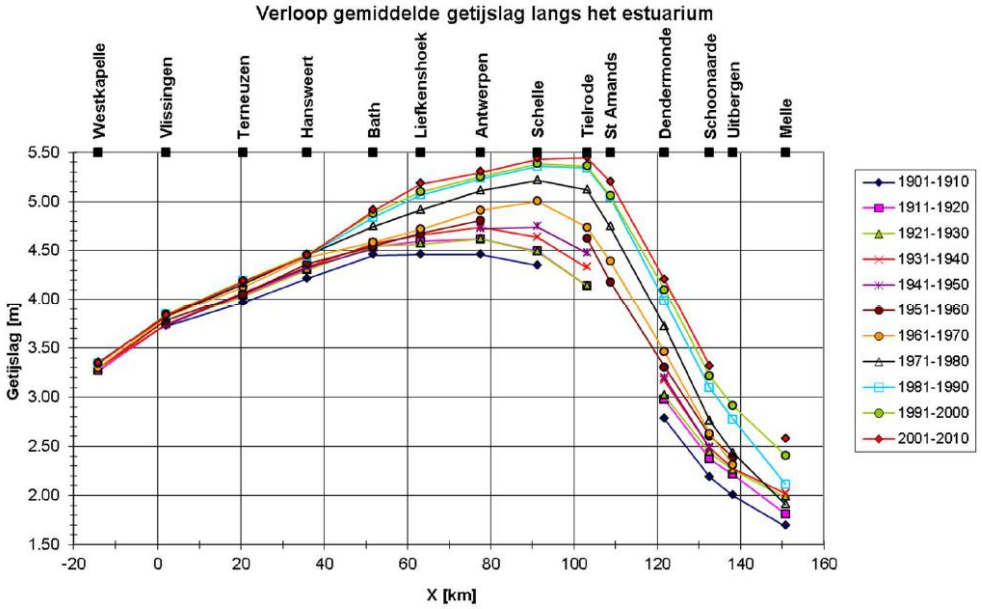


Figuur 5-18: Residuen van de laagwaterstand bij Antwerpen-Loodsgebouw ten opzichte van de T2009-trendlijn, al dan niet gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met het afvoerdebiet in Schelle.

5.1.4 Getijslag

De jaargemiddelde getijslag, het verschil tussen de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstand, is een maat voor de amplitude van de getijgolf. Zowel de absolute getijslag (in meters), als de relatieve getijslag (absolute getijslag gedeeld door absolute getijslag aan de monding in Vlissingen) zijn van belang. De relatieve getijslag geeft aan hoe sterk de getijgolf geamplificeerd of gedempt wordt in het estuarium; de absolute getijslag is wat uiteindelijk bepalend is voor onder andere stroomsnelheden en sedimenttransport.

Er is in het kader van een studie van LTV – Veiligheid & Toegankelijkheid (Deltares, 2013) een analyse gemaakt van de evolutie van de getijslag in het estuarium voor de laatste honderd jaar. Een dergelijke aanpak is van belang voor het inzicht in de getijontwikkeling in het estuarium, daarbij is voor de veiligheid de hoogwaterstand bepalend, waarbij een toename ongewenst is voor overstromingsrisico's, maar voor de bevaarbaarheid zal vooral de laagwaterstand belangrijk zijn en bij uitbreiding het getijvenster. Uit de LTV-analyse (Figuur 5-19) is onder meer gebleken dat de maximale getijslag de afgelopen decennia fors is toegenomen en bovendien dieper het estuarium indringt, de 2001-2010 lijn ligt hoger en het maximum is naar rechts verschoven.



Figuur 5-19: 10-jarig gemiddelde getijslag voor opeenvolgende decaden; na verwijdering 18,6 jarige cyclus, tussen 1901 en 2010 (Deltares, 2013).

De jaargemiddelde waarden van **absolute getijslag** voor dezelfde stations als de hoog- en laagwaters zijn weergegeven in Figuur 5-22 tot en met Figuur 5-28 en zijn opnieuw vergeleken met de T2009 en T2015 trend (lineaire trend + 18,6-jarige cyclus), waarvan de parameters weergegeven worden in Tabel 5-5. Er werd ook opnieuw gecontroleerd met de OLS-CUSUM-test, hiervan zijn de controlegrafieken weergegeven in Bijlage B.

Tabel 5-5: Overzicht van de regressieparameters trend T2009 en T2015, jaargemiddelde getijslag.

Locatie	T2009			T2015		
	Regressie periode	Amplitude nodale cyclus	Helling lineaire component	Regressie periode	Amplitude nodale cyclus	Helling lineaire component
Westkapelle	1954-2009	6,51 cm	0,01 cm/jr	1954-2015	6,34 cm	0,00 cm/jr
Cadzand	1967-2009	7,78 cm	-0,04 cm/jr	1967-2015	7,78 cm	-0,02 cm/jr
Vlissingen	1965-2009	7,11 cm	0,02 cm/jr	1965-2015	6,81 cm	0,00 cm/jr
Terneuzen	1960-2009	6,58 cm	0,17 cm/jr	1960-2015	6,29 cm	0,11 cm/jr
Hansweert	1980-2009	7,96 cm	0,02 cm/jr	1980-2015	7,86 cm	-0,02 cm/jr
Bath	1976-2009	5,81 cm	0,40 cm/jr	1976-2015	5,67 cm	0,41 cm/jr
Prosperpolder	1975-2009	6,13 cm	0,50 cm/jr	1975-2015	5,46 cm	0,47 cm/jr
Kallosluis	1982-2009	6,83 cm	0,61 cm/jr	1982-2015	6,18 cm	0,58 cm/jr
Antwerpen	1975-2009	7,01 cm	0,36 cm/jr	1975-2015	6,49 cm	0,35 cm/jr

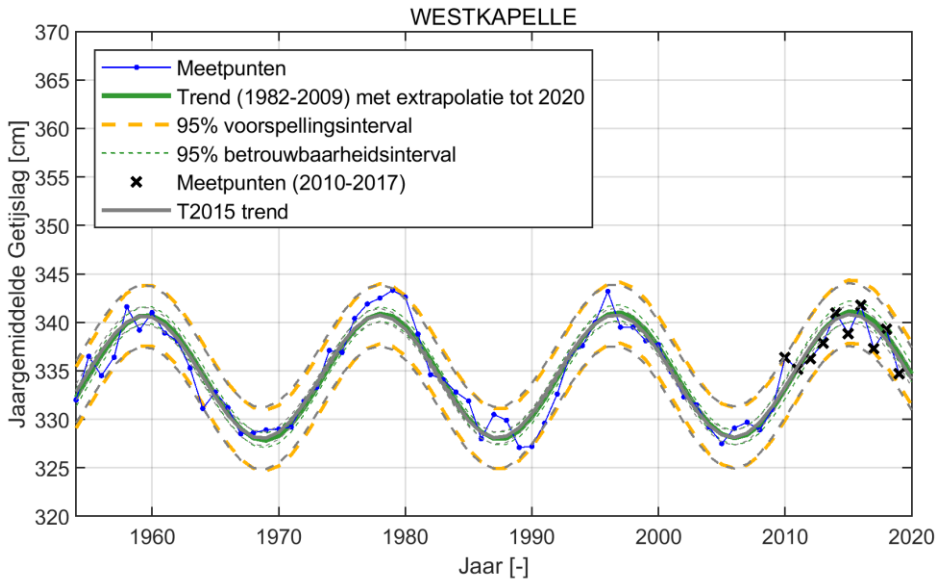
- Bij **Vlissingen** was er in 2018 een forse toename van de getijslag ten opzichte van 2017 en lag de waarde net boven de verwachte waarde (Figuur 5-22). In 2018 lag de gemiddelde laagwaterstand lager dan 2017, in datzelfde jaar is de hoogwaterstand vrij constant gebleven is, wat de forse stijging in getijslag verklaart. In 2019 is echter een afname in de getijslag te zien, die buiten het 95 %-voorspellingsinterval ligt. De OLS-CUSUM-waarden zijn nog binnen de controlegrenzen en er is dus geen sprake

van een trendbreuk, maar in 2019 komt (zoals ook in 2017) de waarde wel dichterbij de controlegrenzen.

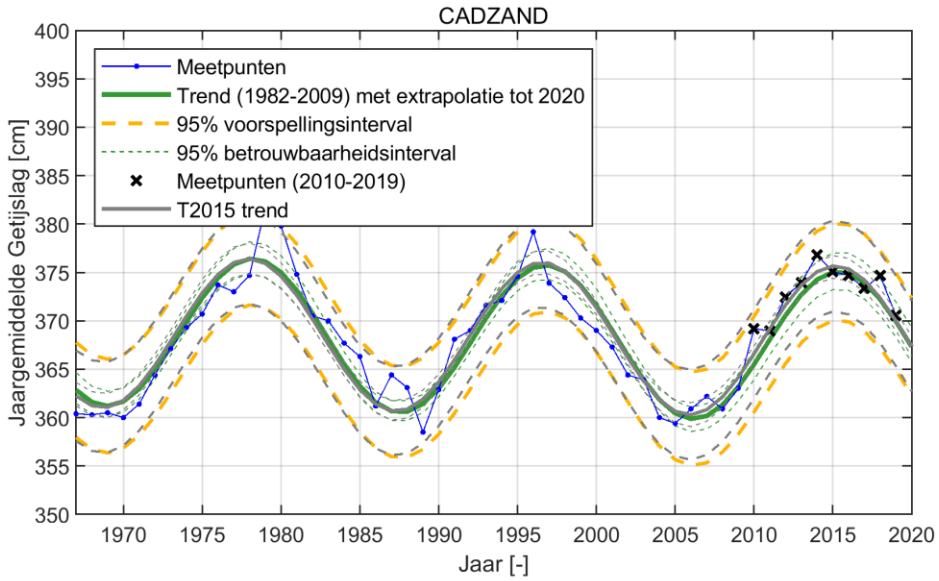
Bij **Terneuzen** is een vergelijkbare ontwikkeling in de getijslag te zien met een toename in 2018 ten opzichte van 2017 en vervolgens een afname in 2019 (Figuur 5-23). Echter lagen de waardes van eerdere jaren in Terneuzen al lager ten opzichte van de verwachte trend in vergelijking met Vlissingen, waardoor de gemiddelde getijslag in 2019 bij Terneuzen nog verder buiten het 95 %-voorspellingsinterval ligt. De OLS-CUSUM-waarden lagen in 2017 al onder de controlegrens, en doordat zowel 2018 als 2019 onder de trend lagen ligt de meest recente OLS-CUMSUM-waarde nog verder buiten de controlegrens (Bijlage B). 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 **Hansweert** en **Bath** vond ook een toename in de getijslag plaats in 2018 gevolgd door een afname van de getijslag in 2019 (Figuur 5-24 en Figuur 5-25). De waardes liggen echter nog binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Daarnaast liggen de OLS-CUSUM-waarden nog ruim binnen de controlegrenzen en is er dus geen sprake van een trendbreuk (Bijlage B) voor beide stations.
- Bij **Prosperpolder** en **Kallosluis** nam de getijslag in 2018 toe, gevolgd door een grotere afname in 2019 (Figuur 5-26 en Figuur 5-27). Bij Prosperpolder blijven de waardes net binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Voor Kallosluis lag de getijslag in 2017 echter al verder onder het 95 %-voorspellingsinterval, en door de nieuwe afname is de getijslag in 2019 nog verder onder het 95 %-voorspellingsinterval gekomen. De OLS-CUSUM-test laat zien dat bij beide stations de waardes binnen de controlegrenzen liggen en er dus geen sprake is van een trendbreuk (Bijlage B). In 2017 kwamen de OLS-CUMSUM waarden al dichtbij de onderste controlegrens te liggen, wat in de jaren 2018 en 2019 verder versterkt.
- Bij **Antwerpen** was in 2018 een lichte toename in getijslag zichtbaar, waarna een afname plaatsvond in 2019 (Figuur 5-28), vergelijkbaar met de overige getijstations. De waardes blijven wel net (voornamelijk in 2019) binnen het 95 %-voorspellingsinterval en de OLS-CUSUM-test geeft aan dat de waardes nog ruim binnen de controlegrenzen blijven (Bijlage B). Er is dus geen sprake van een significante afwijking ten opzichte van de verwachte trend.
- De verschillen tussen de T2009 en T2015 trend zijn beperkt voor de getijslag, waarbij de T2015 trend over het algemeen iets lager ligt dan de T2009 trend. Dit verschil is het duidelijkst bij de stations Terneuzen, Prosperpolder, en Kallosluis.

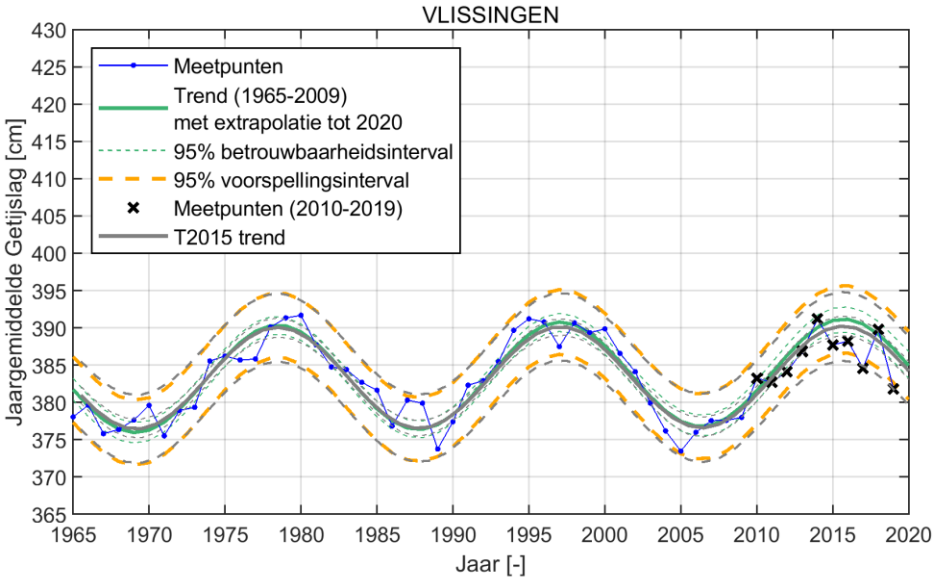
Bij alle stations ligt de getijslag tussen 2018 en 2019 lager dan de voorspelde waarde, behalve voor Vlissingen in 2018. Om na te gaan of dit gelinkt is aan ontwikkelingen buiten het estuarium, wordt in Figuur 5-20 en Figuur 5-21 de getijslag in Westkapelle en Cadzand weergegeven, aan de buitenrand van het mondingsgebied. De getijslag nam bij Cadzand af vanaf 2014, en ligt vanaf 2015 tot en met 2019 op de verwachte trend, met als uitzondering het jaar 2018. Bij Westkapelle varieert de getijslag meer rondom de trend, maar liggen de 2018 en 2019 waardes wel steeds binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Dit in tegenstelling tot de getijslag opwaarts in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde, waar sprake is van een duidelijke afname ten opzichte van de trend (met nadruk op 2019), en de waardes regelmatig buiten het 95 %-voorspellingsinterval liggen.



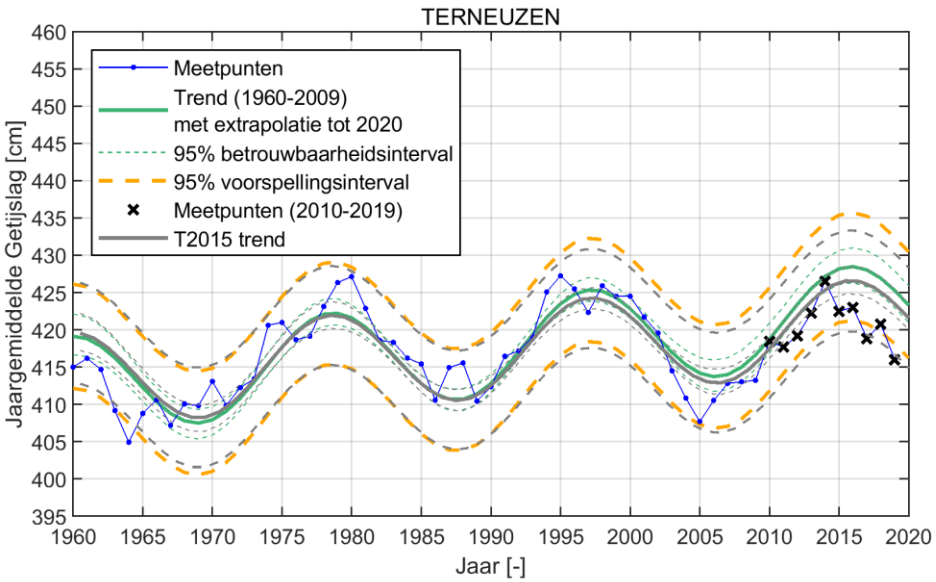
Figuur 5-20: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Westkapelle.



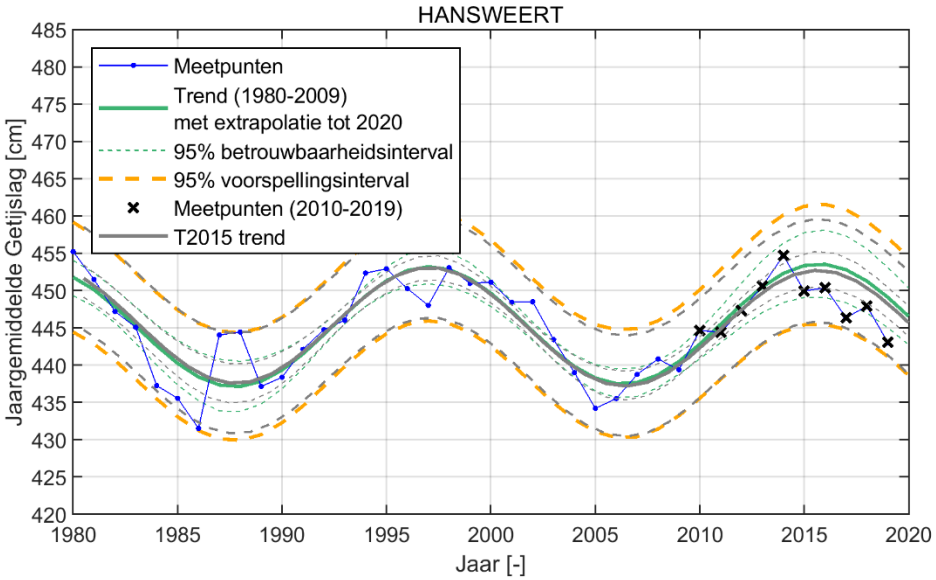
Figuur 5-21: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Cadzand.



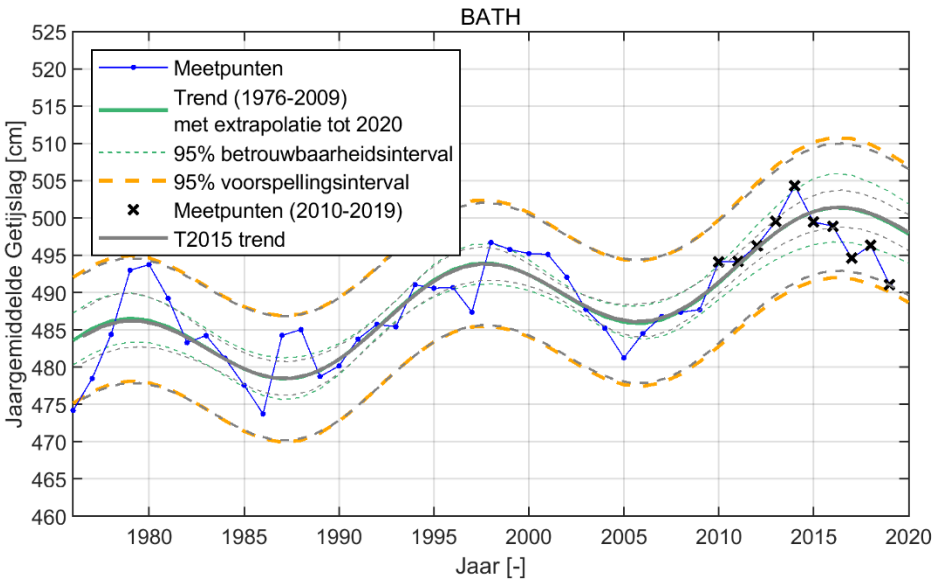
Figuur 5-22: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Vlissingen.



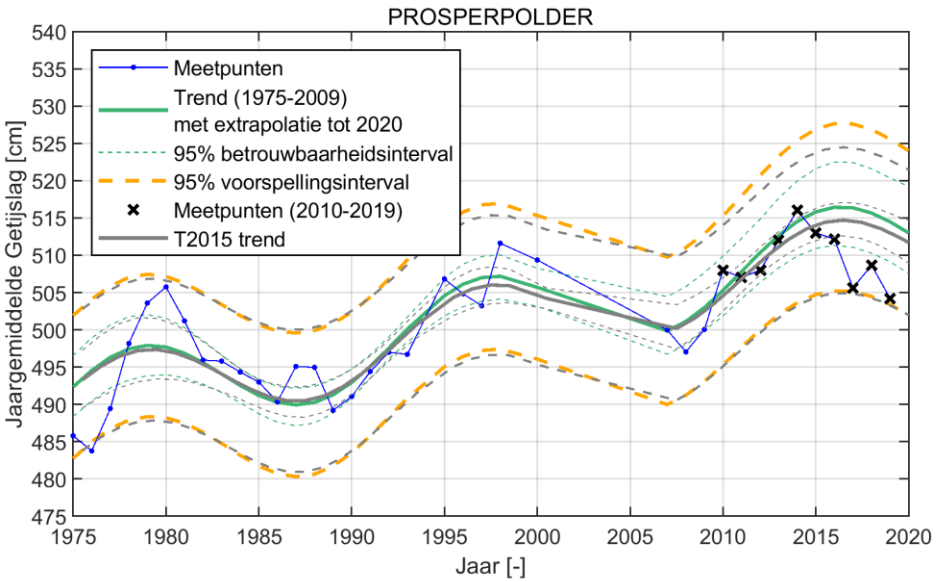
Figuur 5-23: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Terneuzen.



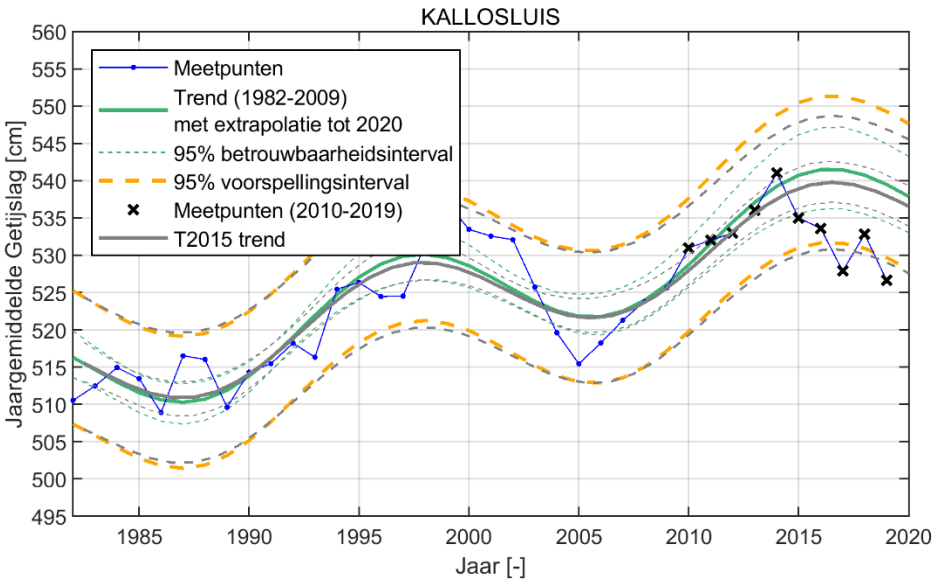
Figuur 5-24: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Hansweert.



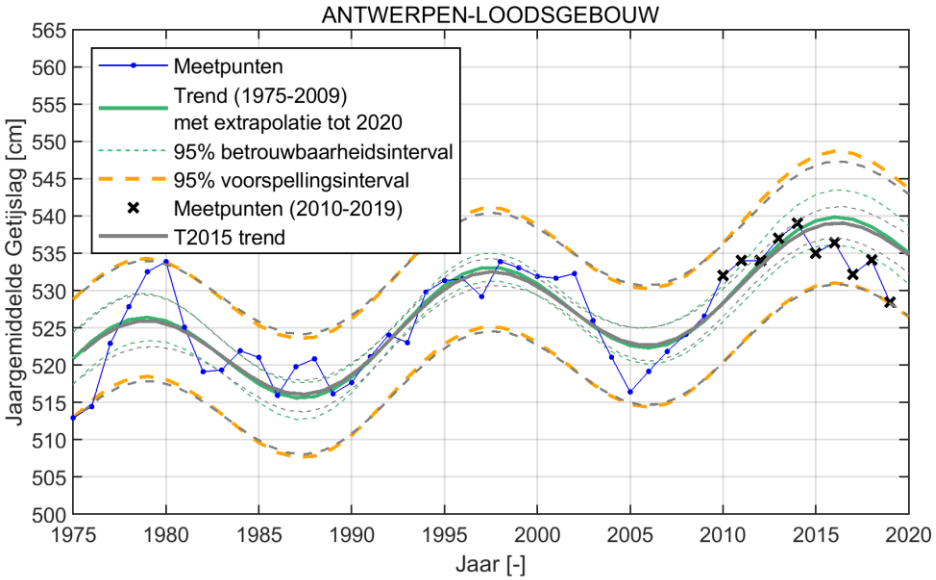
Figuur 5-25: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Bath.



Figuur 5-26: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Prosperpolder.



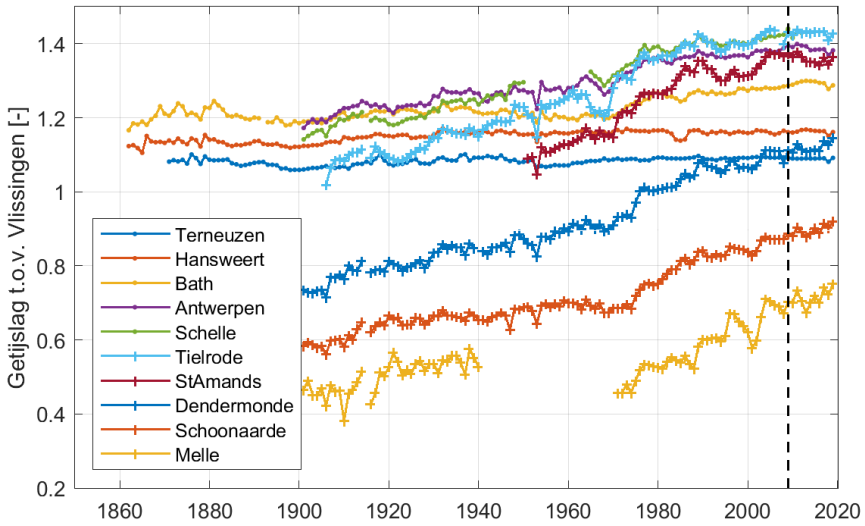
Figuur 5-27: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Kallosluis.



Figuur 5-28: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Antwerpen.

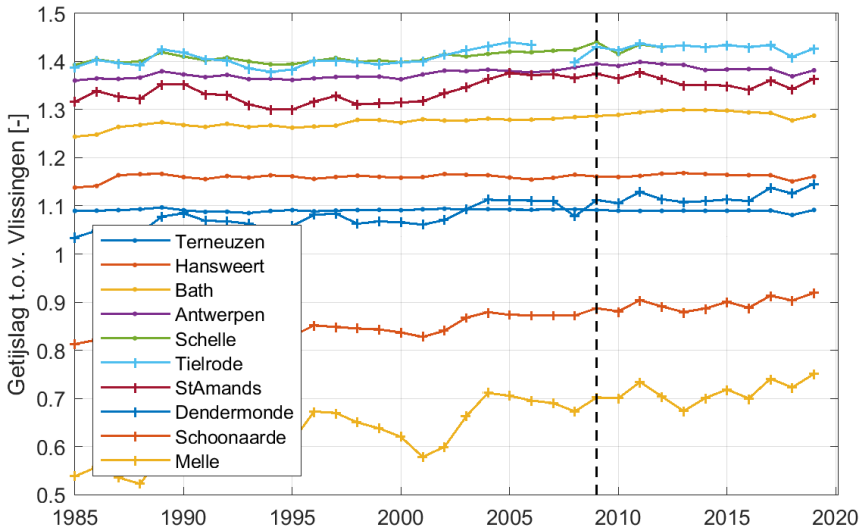
De **relatieve getijslag**, gecorrigeerd voor de 18,6-jarige cyclus, wordt weergegeven in functie van de tijd in Figuur 5-29 en Figuur 5-30, en ruimtelijk in Figuur 5-31. De stijging van de relatieve getijslag op lange termijn is duidelijk zichtbaar in Figuur 5-29, die de evolutie sinds 1860 weergeeft. Figuur 5-30 geeft de meer recente periode sinds 1985 weer.

- Bij de stations in de Westerschelde – **Terneuzen**, **Hansweert** en **Bath** – bleef de relatieve getijslag redelijk constant sinds 2005 met een klein dipje in 2018. Sinds ca. 2013 is er in Bath wel een lichte daling.
- Bij **Antwerpen** was de relatieve getijslag het hoogst rond 2009-2011, waarbij de maximum waarde 1,399 bereikte. Vervolgens is de relatieve getijslag iets afgenomen en sinds 2014 ligt deze redelijk constant rond 1,382, behalve het gerapporteerde dipje in 2018.
- Bij **Schelle** was de relatieve getijslag ook maximaal rond 2009-2011 (1,441), waarna een lichte afname plaatsvond tot 2012. Sinds 2013 worden geen metingen meer bij Schelle opgenomen in de analyse, en de ontwikkeling van de relatieve getijslag van de laatste jaren is dus niet bekend.
- Bij **Tielrode** werd de maximum waarde van de relatieve getijslag eerder bereikt, in 2005 (1,44), waarna iets lagere waarden werden waargenomen van 2008 tot 2010. Sindsdien was de relatieve getijslag vrij constant net boven de 1,43. Ook hier is de afname in 2018 zicht baar en ligt de 2019 waarde onder de 1,43 en is er dus een lichte daling van de relatieve getijslag.
- Bij de getijstations verder opwaarts in de Boven-Zeeschelde wordt meer variatie in de relatieve getijslag waargenomen. Deze getijstations – van Sint-Amands tot Melle – laten allen een toename (van 0,02 tot 0,03) in de relatieve getijslag zien tussen 2018 en 2019, met de sterkste toename bij Melle, nadat deze gedaald was tussen 2017 en 2018. De stijging in relatieve getijslag tussen 2018 en 2019 is minder groot dan tussen 2016 en 2017. In het algemeen is er een toename te zien van de relatieve getijslag en ligt de waarde in 2019 hoger dan 2017, en wordt de stijgende trend dus verder gezet.

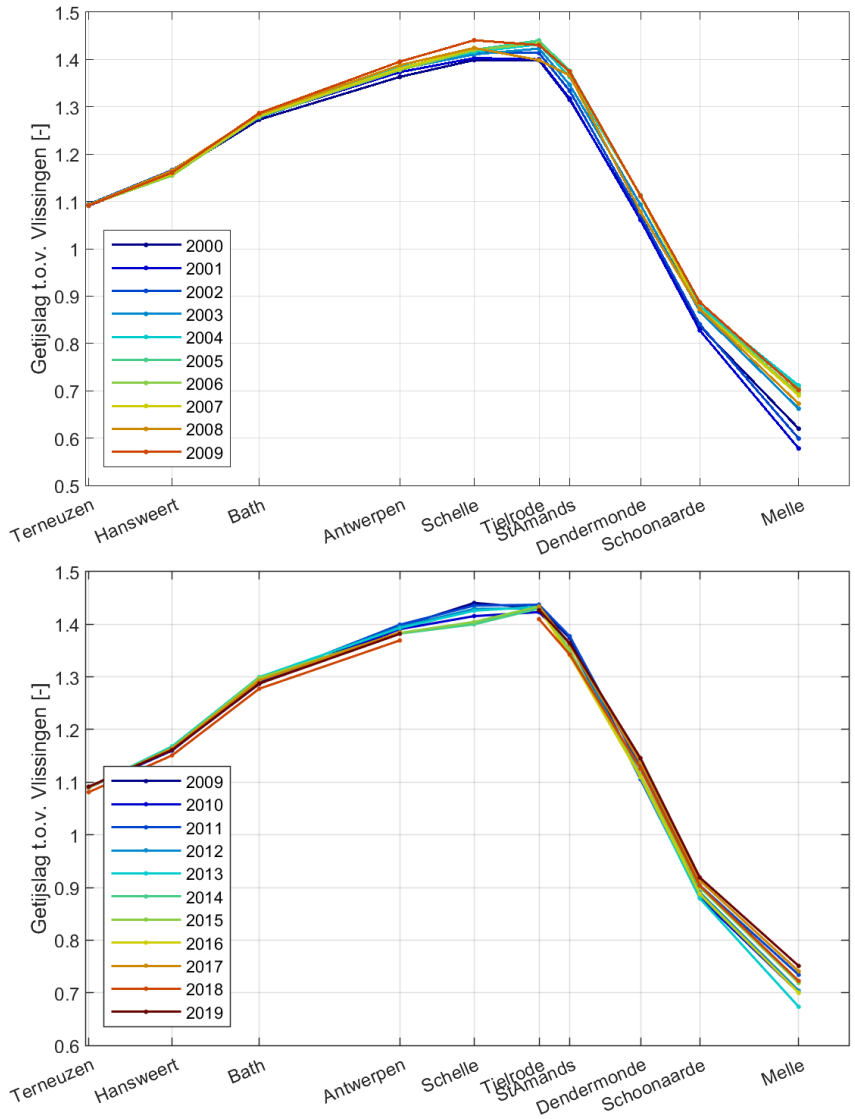


Figuur 5-29: Evolutie van de jaargemiddelde getijslag ten opzichte van Vlissingen per station in het estuarium (t/m 2019) met aanduiding van het jaar 2009 (gestippelde verticale lijn).

Figuur 5-31 laat de ruimtelijke ontwikkeling van de getijslag ten opzichte van Vlissingen in het estuarium zien, vanaf Terneuzen tot Melle voor de periode tussen 2000-2019. De piek in de relatieve getijslag is bij Schelle tot Tielrode. Er lijkt meer variatie (grotere spreiding) in de relatieve getijslag te zijn in de jaren 2000 tot 2009 dan in de jaren 2009 tot 2019. In de jaren 2000 tot 2009 is een toename van de relatieve getijslag zichtbaar in het estuarium, die het sterkste is bij Melle. Van 2009 tot 2019 liggen de waarden dichter bij elkaar en is er geen sprake meer van een algemene stijging van de relatieve getijslag. Deze resultaten komen overeen met de bevindingen in eerdere rapporten (IMDC, 2017a, 2019b; T2015 Consortium, 2018b). De variatie in jaargemiddelde getijslag is ook groter opwaarts (vanaf Tielrode) in vergelijking met de afwaartse stations. Wel valt er op dat in het jaar 2019 de getijslag ten opzichte van Vlissingen voor de stations in de Westerschelde bij de lagere waardes hoort en dit omgekeerd is voor de opwaartse stations in de Boven-Zeeschelde waar de gemeten waarden de hoogste zijn over de getoonde periode.



Figuur 5-30: 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).



Figuur 5-31: Evolutie van de jaargemiddelde getijslag in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde, ten opzichte van Vlissingen tussen 2000-2009 (boven), en 2009-2019 (onder).

5.1.5 Bespreking en conclusies

In de Westerschelde zijn de jaargemiddelde hoogwaterstanden de afgelopen jaren vrij constant gebleven of gedaald bij alle getijstations. De waardes liggen hierbij over het algemeen net onder de verwachte trend en binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval. Bij de hoogwaterstanden is er geen sprake van een trendbreuk. De jaargemiddelde laagwaterstanden zijn toegenomen, voornamelijk in 2019 nadat 2018 een daling kende, en liggen boven de verwachte trend. Op alle locaties liggen de waarden nog binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Op geen van de locaties is bij de laagwaterstanden sprake van een trendbreuk.

In de Beneden-Zeeschelde vond in 2019 een lichte toename plaats van de jaargemiddelde hoogwaterstanden, ten opzichte van het jaar 2018, bij alle voor dit rapport beschouwde getijstations. De waardes van het jaargemiddeld hoogwater liggen al langere tijd onder de verwachte T2009-trend, maar nog wel binnen het 95 %-voorspellingsinterval, behalve voor Kallosluis. De jaargemiddelde laagwaterstanden nemen over de laatste jaren in het algemeen toe, vergelijkbaar met de meetstations in de Westerschelde. Op alle locaties in de Beneden-Zeeschelde liggen de recente waarden binnen het 95 %-

voorspellingsinterval. De cumulatieve residuen van de hoog- en laagwaterstanden liggen op alle locaties, behalve Prosperpolder, buiten de controlegrenzen en er lijkt dus sprake te zijn van een trendbreuk. Dit wordt echter sterk beïnvloed door de peilschaalcorrectie die in 2011 voor de stations in de Beneden-Zeeschelde werd doorgevoerd. Zonder deze peilschaalcorrectie is geen sprake van een trendbreuk in de hoog- en laagwaterstanden. Ook wanneer wordt vergeleken met de T2015-trend, waarbij de trend werd bepaald op de data tot 2015, inclusief peilschaalcorrectie, wijken de recente jaren minder af van deze trend.

De **absolute getijslag** nam in 2018 toe voordat het in 2019 afnam bij alle getijstations in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. Bij Hansweert, Bath, Prosperpolder en Antwerpen liggen de waardes binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Bij Vlissingen, Terneuzen, en Kallosluis kwamen de meest recente waarden echter wel buiten het 95 %-voorspellingsinterval te liggen. Bij Terneuzen werd er in 2017 een trendbreuk aangetoond. De cumulatieve residuen bij de andere getijstations zijn de controlegrenzen nog niet gepasseerd, maar bij verschillende stations al wel dicht genaderd (Kallosluis). Buiten de monding van de Westerschelde, bij Cadzand en Westkapelle, wordt er voor 2019 een duidelijke afname van de absolute getijslag waargenomen, nadat deze in 2018 was toegenomen, en liggen de waardes dichtbij de verwachte trend.

De **relatieve getijslag** in de Westerschelde, van Terneuzen tot Bath, bleef redelijk constant sinds 2005. Alleen werd in 2018 een korte afname waargenomen. 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 er nog steeds een stijgende trend en is er ook meer variatie in de relatieve getijslag, waarbij in 2019 sprake was van een toename die het sterkst was bij Melle, het meest opwaartse station.

5.2 Golven

5.2.1 Inleiding

Volgens de meest recente update van de evaluatiemethodiek wordt de golfwerking geanalyseerd in het kader van de LTV Hoofdfunctie ‘Veiligheid’ in relatie tot overstromingsgevaar (Maris *et al.*, 2014). Golfwerking is echter ook van belang voor oevererosie. Voor wat betreft oevererosie is het waarschijnlijk dat scheepsgolven een groter effect kunnen hebben dan windgolven wegens de grotere golflengtes en amplitudes (en dus grotere krachten uitgeoefend op de oever).

Bij de analyse van de golfwerking is het moeilijk om een onderscheid te maken tussen wind- en scheepsgolven. De Commissie Monitoring Westerschelde adviseerde om wel te trachten dit onderscheid te maken (desnoods door aanpassing van de meetstrategie), rekening houdend met de gekende scheepsbeweging. In het verleden is reeds onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen scheepsgolven en oeverbescherming, morfologie, en ecologie, steeds met opzet van gerichte monitoring (De Roo *et al.*, 2010, 2012; Huisman *et al.*, 2010; De Roo, 2013). Recente metingen van golven aan de oostkant van het Land van Saeftinghe laten zien dat scheepsgolven van groter belang zijn dan windgolven in dit deel van het estuarium (Meire *et al.*, 2019).

In het eerste voortgangsrapport (IMDC, 2013) werd, in navolging van de toenmalige evaluatiemethodiek (Holzhauer *et al.*, 2011a), de golfwerking getoetst aan de hand van de jaarlijkse maximale en gemiddelde golfhoogte. De meetperiode voor golfwerking in de Westerschelde is echter relatief kort en sterk variabel onder invloed van meteorologische variabiliteit, en daarom kon geen trend worden vastgesteld. Daarom

werd in het tweede, derde en vierde voortgangsrapport (IMDC *et al.*, 2015; IMDC, 2017a, 2019b) een analyse gedaan op basis van de cumulatieve distributiefunctie van de significante golfhoogte per jaar, zoals ook voorgesteld in het T2009 rapport en in de meest recente update van de evaluatiemethodiek (T2009 Consortium, 2013; Maris *et al.*, 2014). In het huidige voortgangsrapport worden de golven opnieuw visueel geanalyseerd aan de hand van de cumulatieve distributiefunctie.

5.2.2 Resultaten

Figuur 5-32 geeft de empirische cumulatieve distributiefuncties weer voor 7 stations in de Westerschelde en 1 station in de Beneden-Zeeschelde. De golfhoogtes van de jaren vóór 2010 worden in grijs weergegeven en de jaren 2010 tot 2019 in kleur. Indien meer dan 35 % van de meetgegevens van een jaar ontbraken, is dit jaar uit de analyse weggelaten, behalve voor het station in de Beneden-Zeeschelde waar de volledige dataset is gebruikt. De metingen bij station WCT1 zijn per 2010 gestopt, en er zijn dus vanaf 2010 geen meer data beschikbaar voor deze locatie. Het station WCT1 wordt daarom in het huidige rapport vervangen door het dichtstbijzijnde meetstation, Honte, waar data vanaf 2009 beschikbaar was. Bovendien werd ook meetstation Lillo, in de Beneden-Zeeschelde, toegevoegd, waar data vanaf 2016 beschikbaar was.

- Bij de meetstations in de monding, **Cadzand, Wielingen, en Deurloo** (buiten het estuarium), vallen de waarschijnlijkheidsverdelingen van de jaren 2010 tot en met 2019 binnen de verdelingen van voorgaande jaren. Bij deze stations waren de golfhoogtes van de jaren sinds 2010 duidelijk het grootst in 2011, waarvan de waarschijnlijkheidsverdeling aan de rand van de eerdere waarden ligt. In de laatste twee jaren, 2018 en 2019, waren de golfhoogtes zeer vergelijkbaar met voorgaande jaren en de cumulatieve distributiefunctie voor beide jaren ligt middenin de verdeling van de eerdere jaren.
- Voor meetstation **Hoofdplaat** waren enkel voldoende golfmetingen beschikbaar voor de jaren 2010, 2011, en 2014. Er zijn niet voldoende nieuwe metingen beschikbaar voor een analyse van de afgelopen vier jaar. Daarmee zijn dus geen nieuwe resultaten beschikbaar voor Hoofdplaat ten opzichte van het vorige voortgangsrapport en werd het station buiten beschouwing gehouden.
- Bij **Honte** zijn er metingen beschikbaar sinds 2009. De cumulatieve distributiefunctie voor de significant golfhoogte was het grootst voor jaren 2015 en 2017. Het jaar 2018 viel buiten beschouwing, aangezien er niet genoeg metingen (<65%) ter beschikking waren voor de analyse. Daarentegen viel 2019 wel binnen de verdeling van de voorgaande jaren.
- Bij **Pas van Terneuzen** was geen data beschikbaar voor 2012, 2013 en 2015. Op deze locatie was de golfhoogte in 2018 groter dan voorgaande jaren, ook groter dan in 2011, en lag de distributiefunctie net buiten die van eerdere jaren. Dit kan deels verklaard worden door het feit dat er tijdens de zomermaanden (mei-september; lagere golven) geen data beschikbaar was en vooral de wintermaanden (hogere golven) dus in beschouwing zijn genomen, wat de distributiefunctie dus naar rechts heeft verplaatst. De cumulatieve distributiefunctie van 2019 valt ruim binnen de verdelingen van eerdere jaren.
- Bij **Hansweert** is de spreiding van cumulatieve distributiefuncties groter geworden in de jaren vanaf 2010. In 2010 waren de golfhoogtes klein en lag de distributiefunctie buiten de verdeling van eerdere jaren. In 2011 daarentegen waren de golfhoogtes groot, zoals ook waargenomen bij de overige meetstations, en lag de cumulatieve distributiefunctie aan de andere kant buiten de verdeling. Van de jaren sindsdien waren de golfhoogtes in 2012 en 2015 relatief groot, maar lag de verdeling binnen die van 2011. De cumulatieve distributiefuncties van de afgelopen jaren 2018 en 2019

liggen binnen de eerdere verdelingen waarbij 2018 nabij de ondergrens ligt en 2019 nabij de bovengrens.

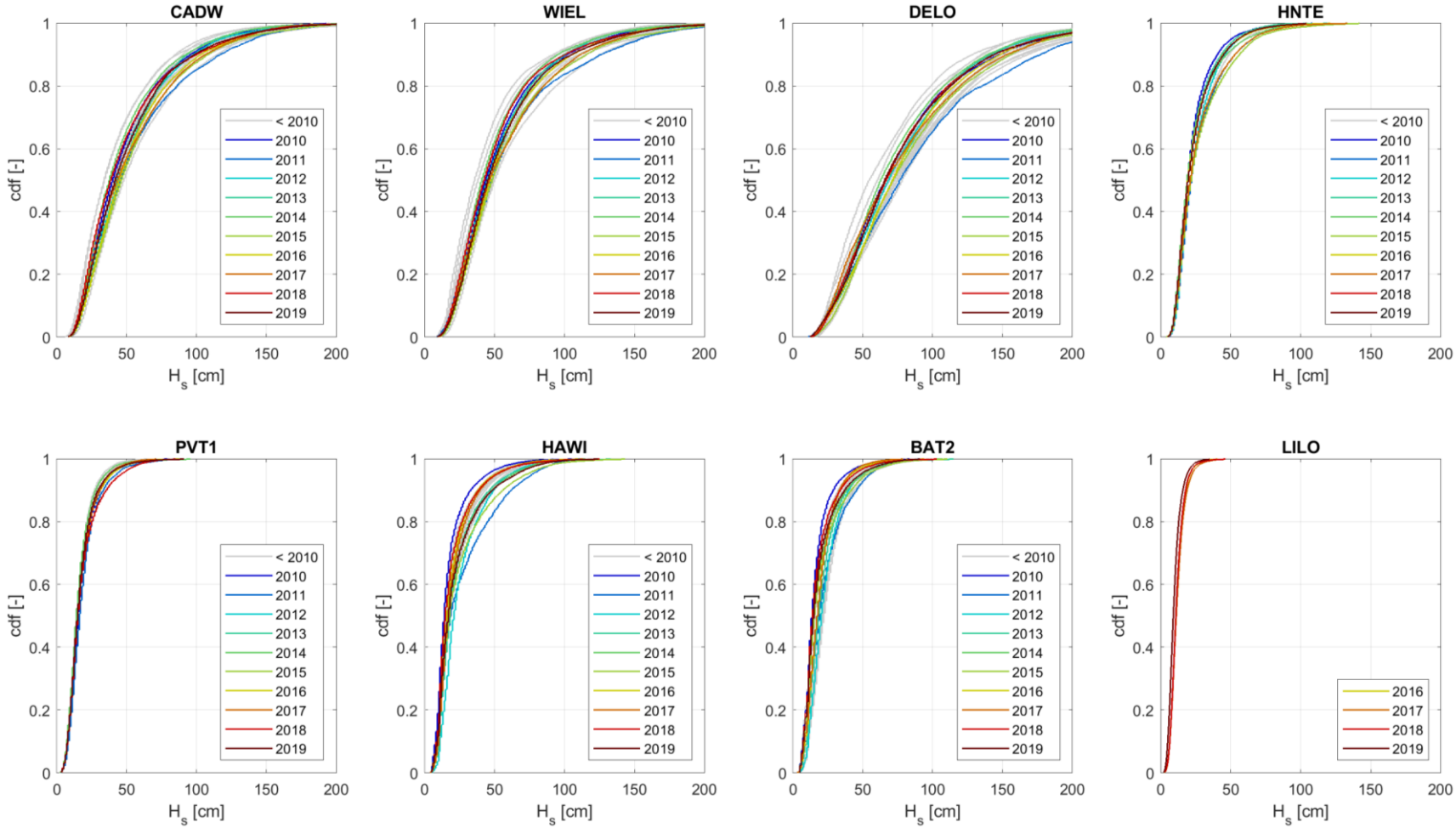
- Bij **Bath** zijn de cumulatieve distributiefuncties over de jaren 2010 tot 2019 vergelijkbaar met die bij Hansweert. In 2010 waren de golfhoogtes het kleinst en in 2011 het grootst. In de jaren daarna lagen de distributiefuncties van 2012 tot en met 2015 nabij de bovengrens van de verdeling. In de jaren 2016 tot en met 2018 ligt de distributiefunctie echter bij de ondergrens en waren de golven dus relatief klein. In 2019 ligt de cumulatieve distributiefunctie centraal ten opzichte van de verdelingen van de voorgaande jaren.

In 2018 zijn de golven in alle besproken stations relatief laag behalve voor Pas van Terneuzen. Zoals in sectie 4.1.2 werd besproken, werd 2018 gekenmerkt door een zeer lage westelijke windcomponent wat dus de lagere golven kan verklaren binnen het estuarium.

- Bij meetpaal **Lillo** in de Beneden Zeeschelde liggen alle cumulatieve distributiefuncties nauw bij elkaar, wat duidt op kleine verschillen in golfhoogtes, tussen 2017 (laagste) en 2019 (hoogste). Wel moet vermeld worden dat voor 2018 er slechts 29 % van de data beschikbaar was.

5.2.3 Conclusies

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 het laatste jaar (2019) lag bij Pas van Terneuzen binnen de verdeling, daarentegen waren de golven in 2018 de grootste 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 4.1.2). Bij Lillo lagen de cumulatieve distributiefuncties dicht tegen elkaar, wat aangeeft dat de verschillen in golfhoogte voor dit station klein zijn.



Figuur 5-33: Empirische cumulatieve waarschijnlijkheidsverdeling van de significante golfhoogte van de verschillende meetlocaties langs de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde.

5.3 Stroomsnelheden

5.3.1 Plaatranden in de Westerschelde

5.3.1.1 Inleiding

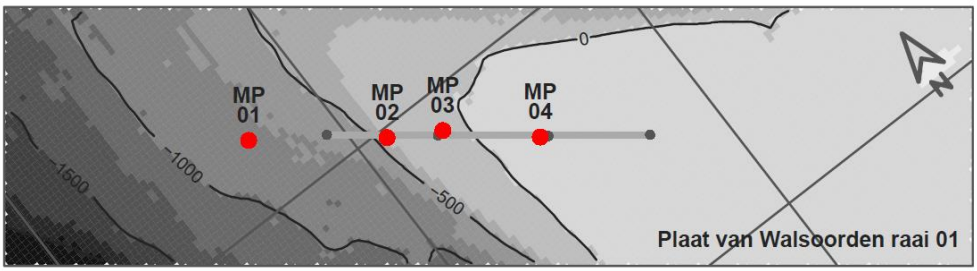
Het doel van de plaatrandstortingen die werden uitgevoerd als deel van het flexibel storten is om meer laagdynamisch ondiep water en intergetijdengebieden te creëren. Dit wordt gekwantificeerd in de ecotooparealen. Maar omdat een ecotopenkaart niet jaarlijks wordt opgesteld, wordt de evolutie van de stroomsnelheden op de plaatranden onderzocht om na te gaan of de plaatranden inderdaad geëvolueerd zijn naar meer laagdynamische gebieden.

De stroomsnelheden op de plaatranden worden onderzocht aan de hand van (quasi-) jaarlijkse ADCP -metingen langs 12 raaien op enkele plaatranden in de Westerschelde (Hooge Platen West, Hooge Platen Noord, Rug van Baarland, Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse), uitgevoerd door Rijkswaterstaat.

Deze jaarlijkse metingen worden vergeleken per locatie. Ze werden gerapporteerd door (Jentink *et al.*, 2020).

5.3.1.2 Methodiek

De stroomsnelheid op de plaatranden wordt in raaien gemeten die uit drie vaste punten op de plaat bestaan en daarnaast één meetpunt in de stortzone (dieper gelegen) voor de plaat, zie Figuur 5-34.



Figuur 5-34: Meetpunten voor Raai 01 langs de Plaat van Walsoorden, waarbij MP01 in de stortzone ligt en MP02 tot en met 04 op de plaat liggen.

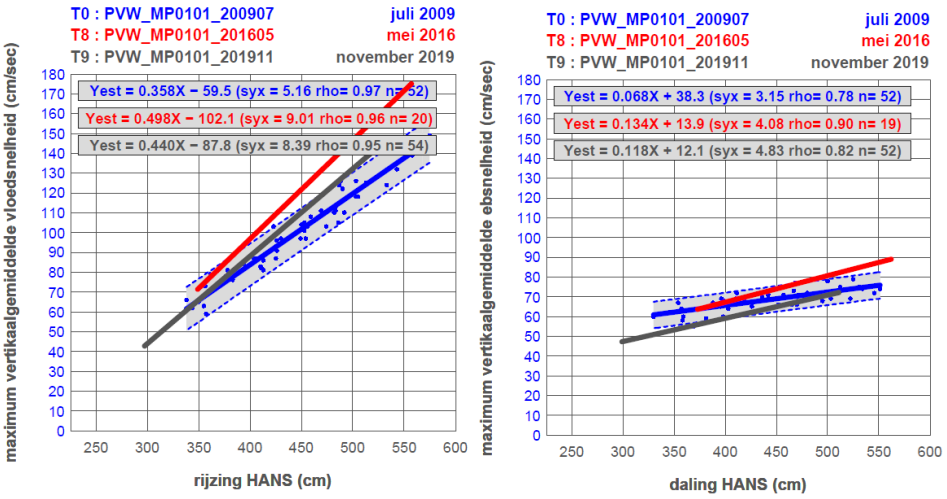
Per meetraai wordt de relatie weergegeven tussen het tijverschil (rijzing en daling) en de daarbij behorende maximale stroomsnelheid (vloedsnelheid, ebsnelheid). Daarbij worden ook de gegevens getoond van voorgaande metingen. Indien de meest recente regressielijn hoger ligt dan de voorgaande, wat duidt op een dynamischer milieu, wordt dit als een waarschuwingswaarde opgemerkt.

5.3.1.3 Resultaten

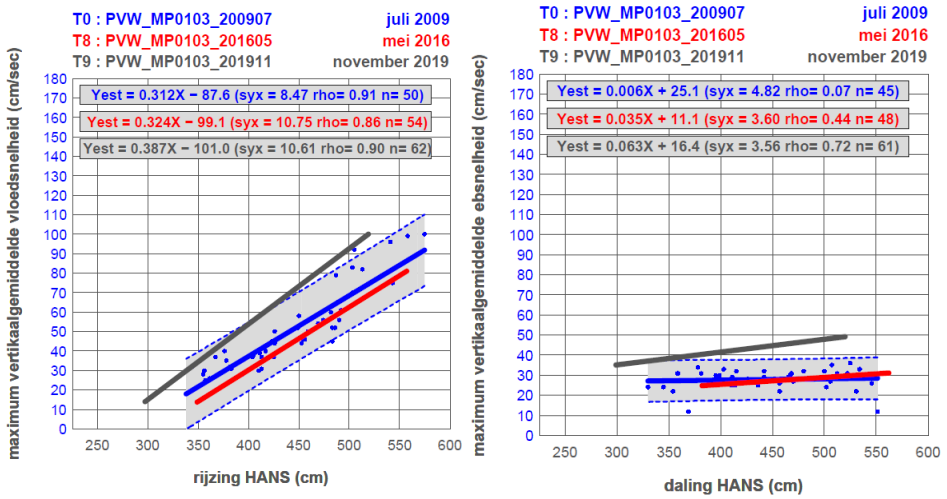
Plaat van Walsoorden

Op de Plaat van Walsoorden zijn ADCP metingen uitgevoerd langs 3 raaien (raai 1, 3, en 8) met elk 3-4 meetpunten (MP01-04, MP09-12, en MP29-32 respectievelijk). Bij raai 1 zijn er 9 meetcampagnes uitgevoerd sinds de T0 referentiemeting in 2009, terwijl bij raai 3 de eerste metingen in 2016 werden uitgevoerd (T6), en bij raai 8 in 2019 voor het eerst werd gemeten (T9). De meest recente metingen zijn in november 2019 uitgevoerd en worden gerapporteerd in (Jentink *et al.*, 2020). Deze figuren zijn volledig weergegeven in Bijlage C.

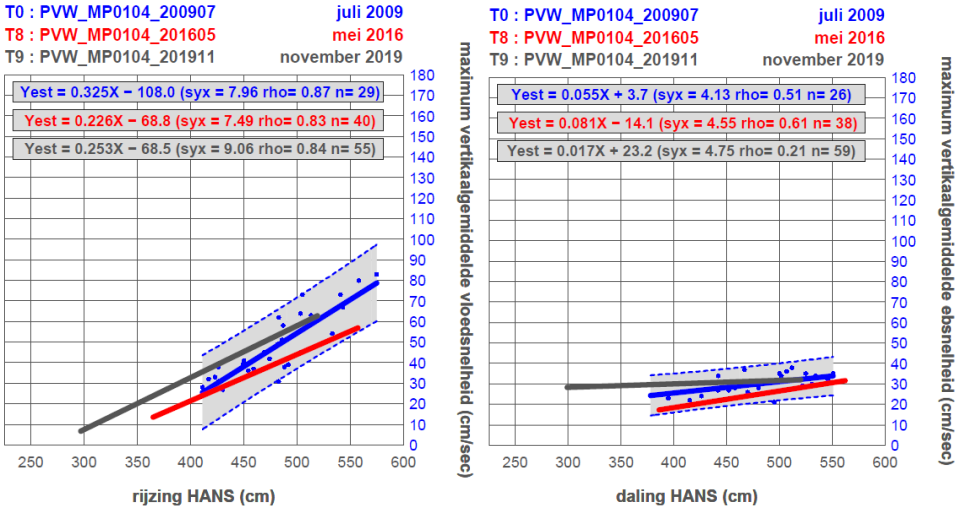
- Bij raai 1 zijn zowel de vloedsnelheid als de ebsnelheid gedaald ten opzichte van de metingen in 2016, op meetpunt 1 (Figuur 5-35). De maximale ebsnelheid ligt hierbij ook onder de T0 meting van 2009, terwijl de vloedsnelheid op dit punt iets hoger is dan de T0 meting. Voor meetpunten 2, 3 en 4 zijn zowel de vloedsnelheid als de ebsnelheid gestegen ten opzichte van de metingen in 2010 en 2016. Zowel de vloed- als de ebsnelheid liggen voor meetpunt 3 hoger dan de T0 metingen en liggen ze buiten het T0 betrouwbaarheidsinterval, wat op een stijging duidt (Figuur 5-36). Ook is voor meetpunt 3 is de helling van de trendlijn gestegen (2019 steiler ten opzichte van 2016), zowel voor vloed als eb, wat duidt op hogere snelheden bij hogere rijzingen/dalingen en lagere snelheden bij lagere rijzingen/dalingen. Voor meetpunt 4 ligt de stijging nog steeds binnen het betrouwbaarheidsinterval van de trend van 2010 (Figuur 5-37), en is de helling van de trendlijn 2019 dezelfde gebleven voor de vloedsnelheid als voordien (2016). Daarentegen is die voor de ebsnelheid gedaald tot bijna een horizontale lijn wat duidt op een vermindering van de gevoeligheid van de maximale stroomsnelheid voor het getijverschil. Dit suggereert dat bij de ondiepere delen (meetpunten 3 en 4) van de plaatpunt de stroomsnelheden zijn toegenomen, terwijl op het diepe punt de stroomsnelheid afnam sinds 2016.
- Bij raai 3, zuidelijke op de westelijke plaatrand, zijn voor de diepste twee punten (MP9 en MP10) de maximale eb- en vloedsnelheid constant gebleven of afgenomen, ten opzichte van de metingen in 2016. Bij de twee ondiepere punten (MP11 en MP12) wordt een toename in maximale vloedsnelheid waargenomen, zowel ten opzichte van T0, als voorgaande meting in 2016, zie Bijlage C.



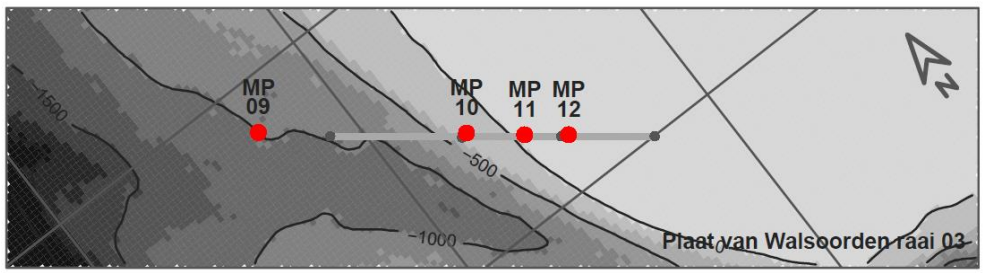
Figuur 5-35: Vloedsnelheid (links) en ebsnelheid (rechts) t.o.v. getijrijzing en -daling op punt 1 van raai 1 op de Plaat van Walsoorden.



Figuur 5-36: Vloedsnelheid (links) en ebsnelheid (rechts) t.o.v. getijrijzing en -daling op punt 3 van raai 1 op de Plaat van Walsoorden.



Figuur 5-37: Vloedsnelheid (links) en ebsnelheid (rechts) t.o.v. getijrijzing en -daling op punt 4 van raai 1 op de Plaat van Walsoorden.



Figuur 5-38: Meetpunten voor Raai 03 langs de Plaat van Walsoorden, waarbij MP09 in de stortzone ligt en MP10 tot en met 12 op de plaat liggen.

Conclusies

Op de plaatranden worden 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.

Bij de **Plaat van Walsoorden** werd voor de diepste punten van de raaien (raai 1 en 3) een afname van de maximale eb- en vloedsnelheden geobserveerd. De hoger gelegen punten van de raaien lieten echter een toename van stroomsnelheid zien. Hieruit kan geconcludeerd worden dat langs deze plaatrand de diepere delen laagdynamischer zijn geworden terwijl de ondiepere delen juist hoogdynamischer worden.

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

5.3.2 Meetpunten in de Beneden-Zeeschelde

De stroomsnelheden in de Beneden-Zeeschelde worden vergeleken als de maximale ebsnelheden bij Oosterweel en Lillo Boven ten opzichte van de magnitude van de waterstanddaling (Figuur 5-39 en Figuur 5-41), respectievelijk de maximale vloedsnelheden ten opzichte van de magnitude van de waterstandstijging (Figuur 5-40 en Figuur 5-42). In deze figuren geeft x-as de waterstandstijging of -daling weer (stijging: het verschil tussen laagwater en hoogwater; daling: het verschil tussen hoogwater en laagwater) te Antwerpen en Liefkenshoek, respectievelijk. Tijdens deze fase van stijging of daling wordt de maximale vloedsnelheid (bij stijging) of ebsnelheid (bij daling) bepaald als de 95ste percentiel waarde. De resulterende puntenwolk van stijging-daling en maximale stroomsnelheden wordt vervolgens per jaar opgedeeld in decielen en weergegeven met de bijbehorende spreiding binnen het deciel (standaarddeviatie). De eb- en vloedsnelheden werden zowel in Oosterweel als Lillo gemeten en geanalyseerd. Bij Lillo wordt op twee hoogtes gemeten (Boven en Onder), enkel de metingen bij Lillo Boven worden hier getoond.

In **Oosterweel** lagen de ebsnelheden (Figuur 5-39) in 2018 hoger dan tijdens eerdere meetjaren voor alle magnitudes van de waterstanddaling, behalve rond de -5.4 m daling te Antwerpen. 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 5-41), 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 vloedsnelheden voor 2018 en 2019 lager dan de waarden gemeten in 2017 over de hele waterstandstijging. In tegenstelling tot Oosterweel liggen de vloedsnelheidsmetingen in Lillo voor 2018 en 2019 hoger dan eerdere jaren. In januari 2017 is de temporele resolutie van de meettoestellen voor de stroomsnelheid verhoogd van 10 naar 5 minuten (Vandenbruwaene *et al.*, 2018). Het is mogelijk dat de absolute piek van de stroomsnelheid hierdoor vaker werd gemeten, waardoor de maximale snelheden gemiddeld hoger kwamen te liggen. Om een eventueel effect van de hogere temporele resolutie tegen te gaan, is de data van 2017 tot 2019 gedownsampled naar 10 minuten. Daarnaast is ervoor gekozen om niet maximale piekwaarde van de stroomsnelheid te nemen over een vloed- of ebperiode, maar om de 95ste percentiel waarde te gebruiken voor de maximale eb- en vloedsnelheid.

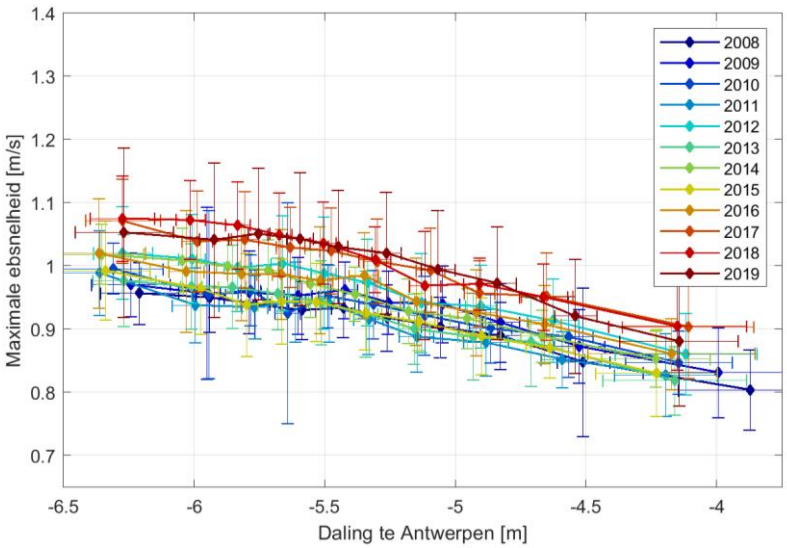
Desalniettemin liggen de ebsnelheden in 2018 en 2019 nog duidelijk hoger dan in eerdere jaren, met als uitzondering 2017 (voor Oosterweel) waarmee ze onderling vergelijkbare resultaten tonen.

Er zijn verschillende mogelijke verklaringen voor deze evolutie:

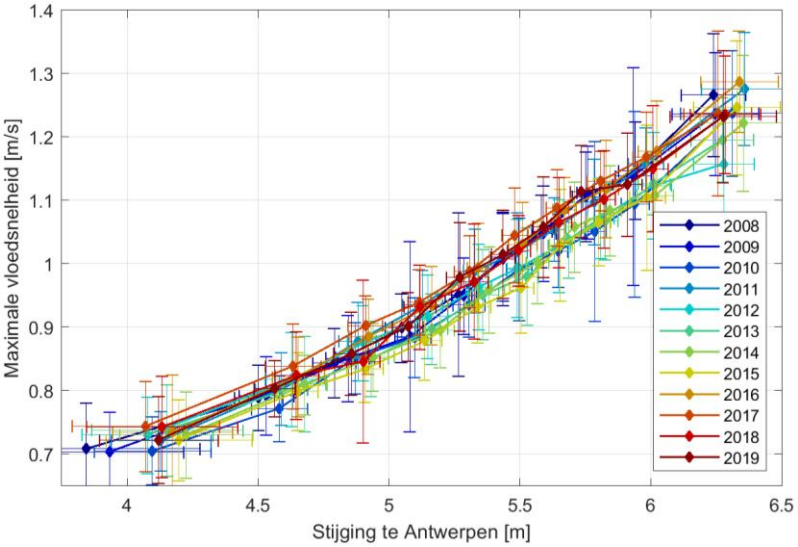
- Doordat het verticaal getij (de waterstanden) toeneemt in de bovenstroomse gebieden (Figuur 5-30) neemt het horizontaal getij (debieten en stroomsnelheden) toe in de benedenstroomse gebieden, omdat er een groter watervolume naar opwaarts moet worden verplaatst. Dit effect treedt effectief op (het verticaal 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 in sinds 2017.

Daarnaast zou dit fenomeen een gelijkaardige wijziging in de eb- en de vloedsnelheden moeten teweegbrengen, en dit is niet het geval in de metingen.

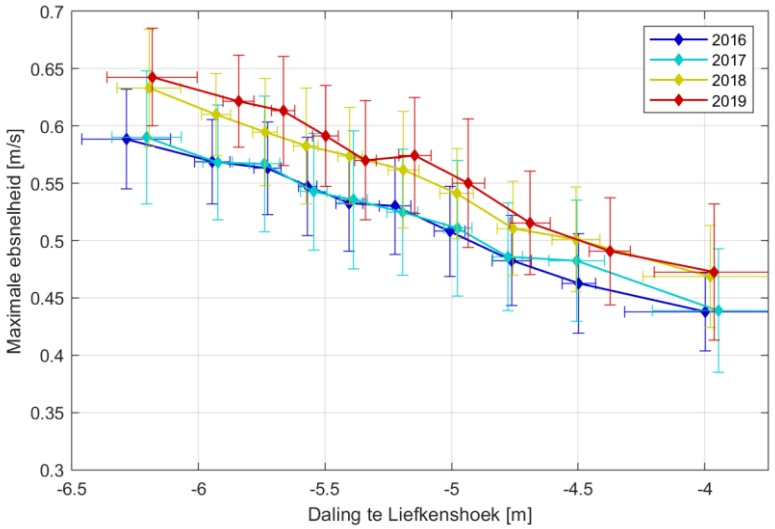
- Een wijziging van het bodempeil in de onmiddellijke nabijheid van de sensoren (minder dan 50 m afstand). Een vergelijking van de bodempeilingen tussen 2017-2018 en 2018-2019 geven echter slechts beperkte bodemwijzigingen aan rond de sensorlocaties (tussen 0 en 1.00 m, op een totale waterdiepte van 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 datarapport) geven inderdaad bathymetrische wijzigingen aan in de ruimere omgeving van de sensoren. Met behulp van een numeriek stromingsmodel (met de bathymetrie van 2017 en 2019) zou kunnen worden nagegaan of dit inderdaad een impact heeft op de lokale stroming ter hoogte van de sensoren bij Oosterweel en Lillo.



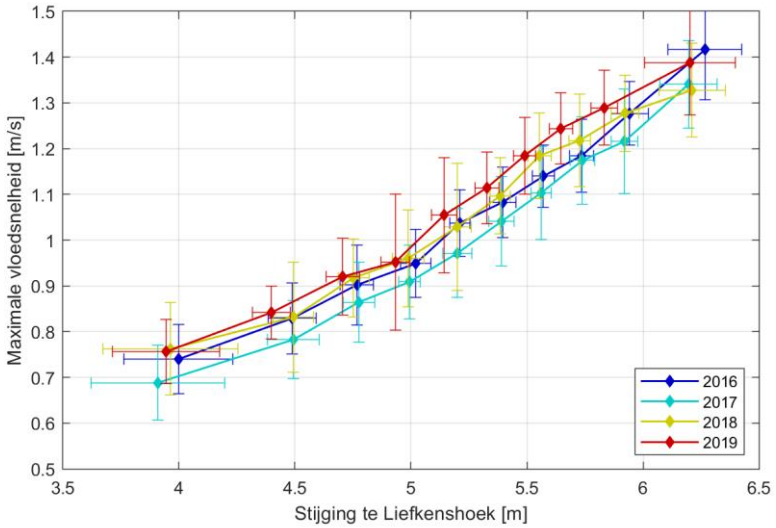
Figuur 5-39: Maximale ebsnelheid (95ste percentiel waarde) te Oosterweel, bovenste meettoestel, tegenover de daling in waterpeil te Antwerpen. De data van 2017-2019 zijn gedownsampled naar 10 minuten om overeen te komen met eerdere jaren.



Figuur 5-40: Maximale vloedsnelheid (95ste percentiel waarde) te Oosterweel, bovenste meettoestel, tegenover de stijging in waterpeil te Antwerpen. De data van 2017-2019 zijn gedownsampled naar 10 minuten om overeen te komen met eerdere jaren.



Figuur 5-41: Maximale ebsnelheid (95ste 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.



Figuur 5-42: Maximale vloedsnelheid (95ste percentiel waarde) te Lillo, bovenste meettoestel, tegenover de stijging in waterpeil te Liefkenshoek. De data van 2017-2019 zijn gedownsampled naar 10 minuten om overeen te komen met eerdere jaren.

5.4 Samenvatting hydrodynamiek

Hoog- en laagwaterstanden en getijslag

De hoog- en laagwaterstanden in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde zijn vergeleken met de regressies die zijn opgesteld in het T2009-rapport voor de periode tussen de meest recente trendbreuk en 2009, geëxtrapoleerd naar de periode 2010-2019.

In de Westerschelde vallen de hoogwaterstanden bij alle stations binnen het 95 %-betrouwbaarheidsinterval. In de Beneden-Zeeschelde liggen de waardes vanaf 2010 over het algemeen net onder de verwachte trend en liggen, met uitzondering tot Kallosluis, alle waarden binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Op alle meetlocaties zijn de jaargemiddelde hoogwaterstanden in recente jaren (2018 en 2019) relatief (t.o.v. voorgaande jaren) constant gebleven of afgenomen. De jaargemiddelde

laagwaterstanden daarentegen liggen zowel in Westerschelde als de Beneden-Zeeschelde bij verschillende stations buiten het 95 %-betrouwbaarheidsinterval en bij sommige buiten het voorspellingsinterval. Bij de laagwaterstanden is er de laatste jaren sprake van een toename. Zowel bij Kallosluis en Antwerpen-Loodsgebouw liggen de cumulatieve residuen van de hoog- of laagwaterstanden ten opzichte van de verwachte trend buiten de controlegrenzen. Dit wordt echter sterk beïnvloed door de peilschaalcorrectie die in 2011 bij deze stations werd doorgevoerd.

De absolute getijslag nam in 2019 af bij alle getijstations in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. Bij Vlissingen, Terneuzen, en Kallosluis kwamen de meest recente waarden hierbij buiten het 95 %-voorspellingsinterval te liggen, terwijl bij de overige stations de waardes nog wel binnen dit interval lagen. Bij Terneuzen werd er in 2017 al een trendbreuk aangetoond. De cumulatieve residuen bij de andere getijstations zijn de controlegrenzen nog niet gepasseerd, maar bij verschillende stations al wel dicht genaderd (Kallosluis). In de meest recente jaren is de dalende trend van het getij verdergezet, maar zijn de afwijkingen ten opzichte van de dalende trendlijn T2009 wel toegenomen. Buiten de monding van de Westerschelde, bij Cadzand en Westkapelle, wordt er een duidelijke afname van de absolute getijslag waargenomen in 2019 nadat deze was toegenomen in 2018, maar zijn de afwijkingen met de verwachte trend klein. De verandering, de toename in afwijking van de getijslag ten opzichte van de vooraf bestaande trend, lijkt dus binnen de Westerschelde plaats te vinden.

De relatieve getijslag ten opzichte van Vlissingen is sinds 2005 in de Westerschelde redelijk constant gebleven, met de uitzondering voor 2018 waar een dipje te zien is voor alle stations. Verder opwaarts in de Beneden-Zeeschelde was de relatieve getijslag maximaal rond 2009-2011. Sindsdien wordt hier een lichte afname in de relatieve getijslag waargenomen. In de Boven-Zeeschelde daarentegen wordt deze afname niet geobserveerd en is sprake van meer variatie en een verderzetting van de stijgende trend in de relatieve getijslag.

Golven

De golfhoogtes zijn geanalyseerd aan de hand van jaarlijkse cumulatieve distributies van de significante golfhoogte. Voor recente jaren ligt de cumulatieve distributiefunctie centraal binnen de verdeling van eerdere jaren. In 2011 waren de golven op de meeste meetlocaties hoog, inclusief de locaties buiten de monding van de Westerschelde, waardoor een meteorologische oorzaak waarschijnlijk is. Voor de meeste stations in Westerschelde lagen de golfhoogtes voor het jaar 2019 hoger dan 2018, wat verklaard kan worden door de hogere westelijke windcomponent in Cadzand in 2019.

Stroomsnelheden Westerschelde

Stroomsnelheidsmetingen op de plaatranden van de Westerschelde worden uitgevoerd om na te gaan of er nieuw laagdynamisch (= lagere stroomsnelheden) gebied is ontstaan of in wording is. De meest recente meetwaarden zijn vergeleken met de voorgaande metingen, en specifiek met de referentie T0 meting die voor het begin van de stortingen werd uitgevoerd.

De afgelopen twee jaar zijn enkel op de Plaat van Walsoorden nieuwe metingen verricht. Op de Plaat van Walsoorden wordt aan de ene kant op de diepste punten een afname van de maximale eb- en vloedsnelheden waargenomen. Aan de andere kant wordt bij dezelfde raaien op de hoger gelegen punten een toename van de stroomsnelheid geobserveerd.

Stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde

De stroomsnelheden in de Beneden-Zeeschelde werden bekeken te Oosterweel en Lillo en vergeleken met de waterstanddaling- en stijging bij Antwerpen en Liefkenshoek. Voor de stroomsnelheden werden enkel de maximale eb- en vloedsnelheden gedurende de

periode van daling respectievelijk stijging bepaald. De maximale vloedsnelheden in 2018 en 2019 lagen bij Oosterweel lager dan 2017, maar liggen aan de hogere kant over de volledige beschouwde periode (2008-2019). De maximale ebsnelheden gemeten in zowel 2018 als 2019 liggen bij zowel Oosterweel als Lillo in hetzelfde bereik als 2017 en duidelijk hoger ten opzichte van eerdere jaren. Deze verhoging van de maximale ebsnelheden wordt mogelijk veroorzaakt door lokale bathymetrische veranderingen.

6 Morfologie en leefomgeving

In het hoofdstuk Morfologie en leefomgeving wordt ingegaan op de recente morfologische veranderingen die hebben plaatsgevonden na de derde verruiming van de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. Verder wordt de evolutie van ecologisch waardevol gebied op basis van de vastgelegde kwaliteitsparameters uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten behandeld.

6.1 Recente morfologische veranderingen

6.1.1 Westerschelde

De vaklodingskaarten van de Westerschelde, opgemeten door Rijkswaterstaat in 2009 (vóór de verruiming), 2010 (na de verruiming), 2018, en 2019, zijn opgenomen in Bijlage D. Deze kaarten geven de bathymetrie en morfologie van de Westerschelde in het betreffende jaar weer. Verder zijn ook de volgende verschilkaarten toegevoegd:

- verschilkaart 2018-2017, die de bodemevolutie weergeeft tijdens het achtste jaar na de verruiming van de Westerschelde;
- verschilkaart 2019-2018, die de bodemevolutie weergeeft tijdens het negende jaar na de verruiming;
- verschilkaart 2019-2009, die de evolutie weergeeft over 10 jaar ten opzichte van de situatie net voor de verruiming;
- verschilkaart 2019-2010, die de evolutie weergeeft over 9 jaar sinds de verruiming.

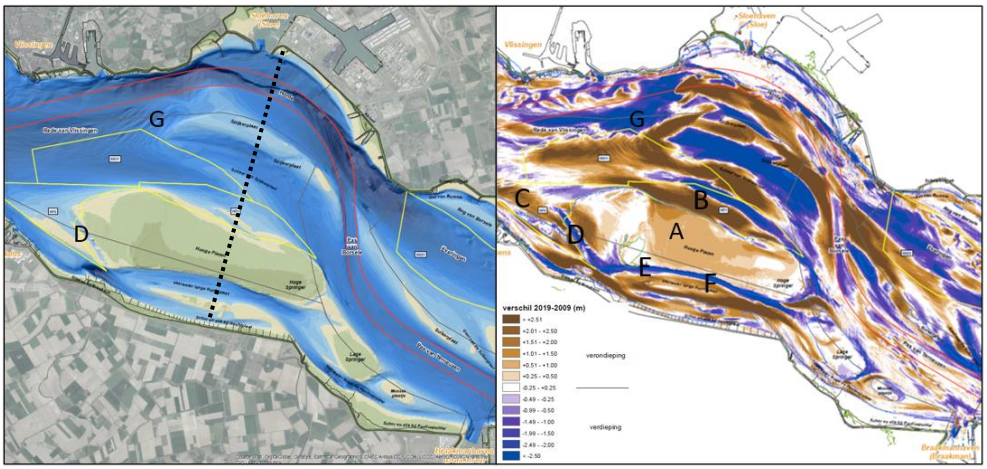
In deze sectie wordt nagegaan op welke manier de huidige morfologische veranderingen zich verhouden tot de referentiesituatie in het jaar 2009. Wel moet vermeld worden dat deze kaarten beïnvloed worden door uitgevoerde baggerwerken kort voor of tijdens de periode waarin ze opgemeten worden. In het T2009-rapport wordt de toestand van de Westerschelde voorafgaand aan de derde verruiming (tot en met 2009) beschreven. Het is de bedoeling om de grootschalige morfologische veranderingen uit dit rapport kwalitatief te vergelijken met de recente bodemwijzigingen.

Macrocel 1 & mesocel 2

De langetermijntrend van macrocel 1 is erosief, waarbij de verruiming tot de jaren ’80 gedreven werd door zandwinning (T2009 Consortium, 2013). Ondanks het stoppen van de zandwinning, en het storten in de nevengeul (Schaar van de Spijkerplaat), blijft de verruiming gehandhaafd. Dit wijst op een sterke autonome erosie in macrocel 1. Naast de verruiming van de geul is het totale sedimentvolume van de Hooge Platen toegenomen, voornamelijk gedreven door een toename van de gemiddelde hoogte. Aan de andere kant van de Hooge Platen, in mesocel 2 (Vaarwater langs Hoofdplaat) vindt op lange termijn sedimentatie plaats.

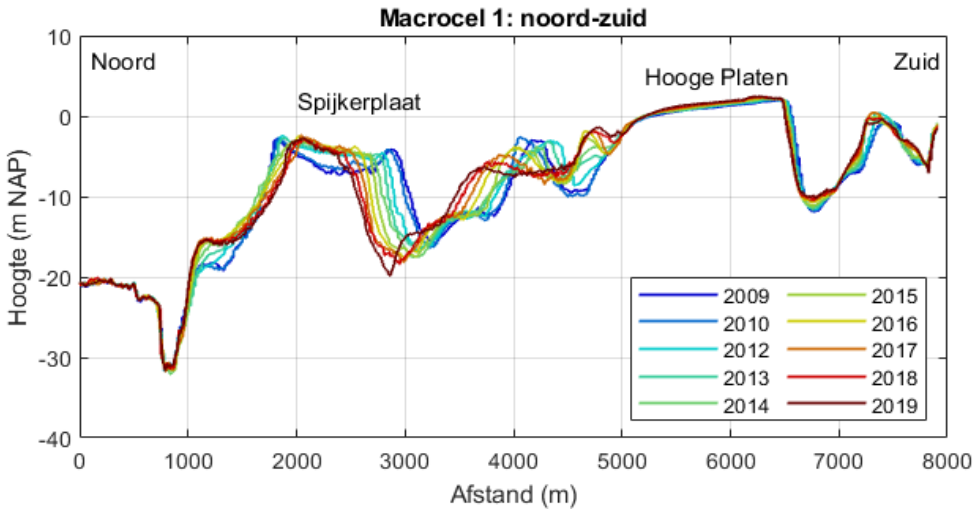
De diepteverschilkaart laat zien dat ook tussen 2009 en 2019 de hoogte van de Hooge Platen verder is toegenomen (Figuur 6-1, A). Aan de noordzijde van de plaat bevindt zich het stortvak ‘Hooge Platen Noord’ (of HPN), een morfologisch dynamische zone zoals te zien is op Figuur 6-2. In dit gebied is sterke aanzanding zichtbaar (B), mede veroorzaakt door de aanleg van twee zandtongen. Deze zandtongen zijn in het eerste vergunningsjaar aangelegd om een luwte te creëren waartussen autonome sedimentatie kan leiden tot het ontstaan van bijkomend laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal. Deze ontwikkelingen zijn ook duidelijk zichtbaar in een noord-zuid transect door de macrocel (Figuur 6-2), tussen de Spijkerplaat en Hooge Platen. Ook In

recentere jaren (2017-2019) is er nog steeds aanzanding te zien aan de noordkant van Hooge Platen, zichtbaar in Figuur 6-2.



Figuur 6-1: Macrocel 1 en mesocel 2: Bathymetrie 2019 (links) en verschilkaart 2019-2009 (rechts). Zie ook Bijlage D. De stippellijn geeft het transect van Figuur 6-2 weer.

Ten westen van de Hooge Platen ligt stortvak 'Hooge Platen West' (of HPW), waar in het eerste vergunningsjaar van de eerste vergunningsperiode bijna 2 Mm^3 sediment is gestort. De migratie van dit sediment onder invloed van de vloedstroom, in combinatie met bijkomende stortingen in latere vergunningsjaren, heeft ten westen van de Hooge Platen een ondiepe zone gecreëerd (C). De stortingen bij Hooge Platen West lagen van 2012 tot 2015 vrijwel volledig stil, maar sinds 2015 wordt er weer intensiever gestort met volumes van 0,5 tot 1,0 Mm^3 per jaar. In het achtste vergunningsjaar (02/2017 tot 02/2018) werd er ca. 1,0 Mm^3 gestort, wat ook het geval was in het negende vergunningsjaar (02/2018 tot 02/2019). In het tiende vergunningsjaar (02/2018 tot 02/2019) werd 1,1 Mm^3 gestort. Deze stortzone is gescheiden van de plaat zelf door een vloedgeul die oostwaarts migreert, duidelijk te zien aan de erosie aan de westrand van de Hooge Platen (D). Ook ten oosten van deze geul vindt sedimentatie plaats, in de vorm van een grote zandduin die opwaarts migreert.



Figuur 6-2: Noord-zuid transect macrocel 1, van Sloehaven door de Suikerplaat en Hooge Platen tot Vaarwater langs Hoofdplaat. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-1.

De zuidrand van de plaat (mesocel 2) erodeert (E) doordat het Vaarwater langs Hoofdplaat naar het noorden migreert, waarbij de plaatrand steiler wordt (Figuur 6-2). Daarnaast vindt er in het Vaarwater nog altijd sedimentatie plaats (F), wat ook in 2018 en 2019 het geval is. De oppervlakte van de Spijkerplaat is afgenomen ten opzichte van

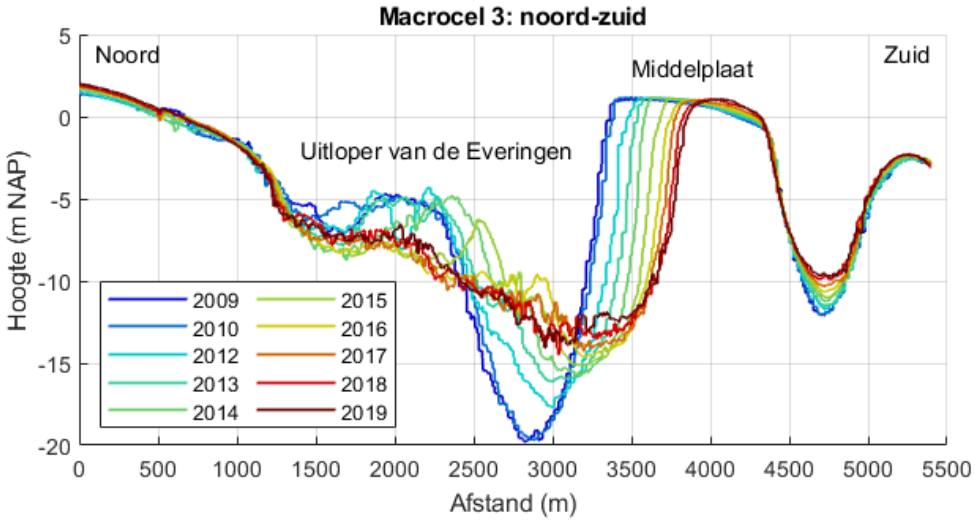
2009, deze trend zet zich in 2019 nog steeds verder. De hoogte van de Spijkerplaat ten noorden van de nevengeul is wel stabiel gebleven en er vindt sedimentatie plaats (in mindere mate over recentere jaren) aan de noordzijde van de plaat in de hoofdgeul (Honte), terwijl de zuidzijde in de nevengeul erodeert en de diepte is toegenomen (Figuur 6-2). In de hoofdgeul worden sinds 2015 ook weer grotere onderhoudsvolumes gebaggerd.

Bij de inloop van de nevengeul is stortvak SN11 gelegen. Hier is verondieping opgetreden door de stortactiviteit (ongeveer 9,1 Mm^3 sinds de start van de derde verruiming). De laatste jaren zijn de stortvolumes in de nevengeul van macrocel 1 wel afgenomen, 0,6 Mm^3 en 0,7 Mm^3 voor 2018 en 2019. Ten noorden van dit stortvak, richting de hoofdgeul is een groot gebied waar erosie plaatsvindt (G).

Macrocel 3

Sinds de jaren '70 van de vorige eeuw is een grootschalige verruiming van macrocel 3 waargenomen met een netto sedimentvolume afname van ca. 35 Mm^3 (T2009 Consortium, 2013). Tot aan de tweede verruiming werd dit veroorzaakt door een combinatie van autonome erosie en zandonttrekking. Dit proces verliep niet geleidelijk, maar stabiele periodes werden afgewisseld met periodes van erosie. Sinds de tweede verruiming wordt netto gestort in deze macrocel waardoor de ruimte in totaal minder is toegenomen. De grootste toenames van watervolume ten opzichte van 1970 hebben in de hoofdgeul plaatsgevonden.

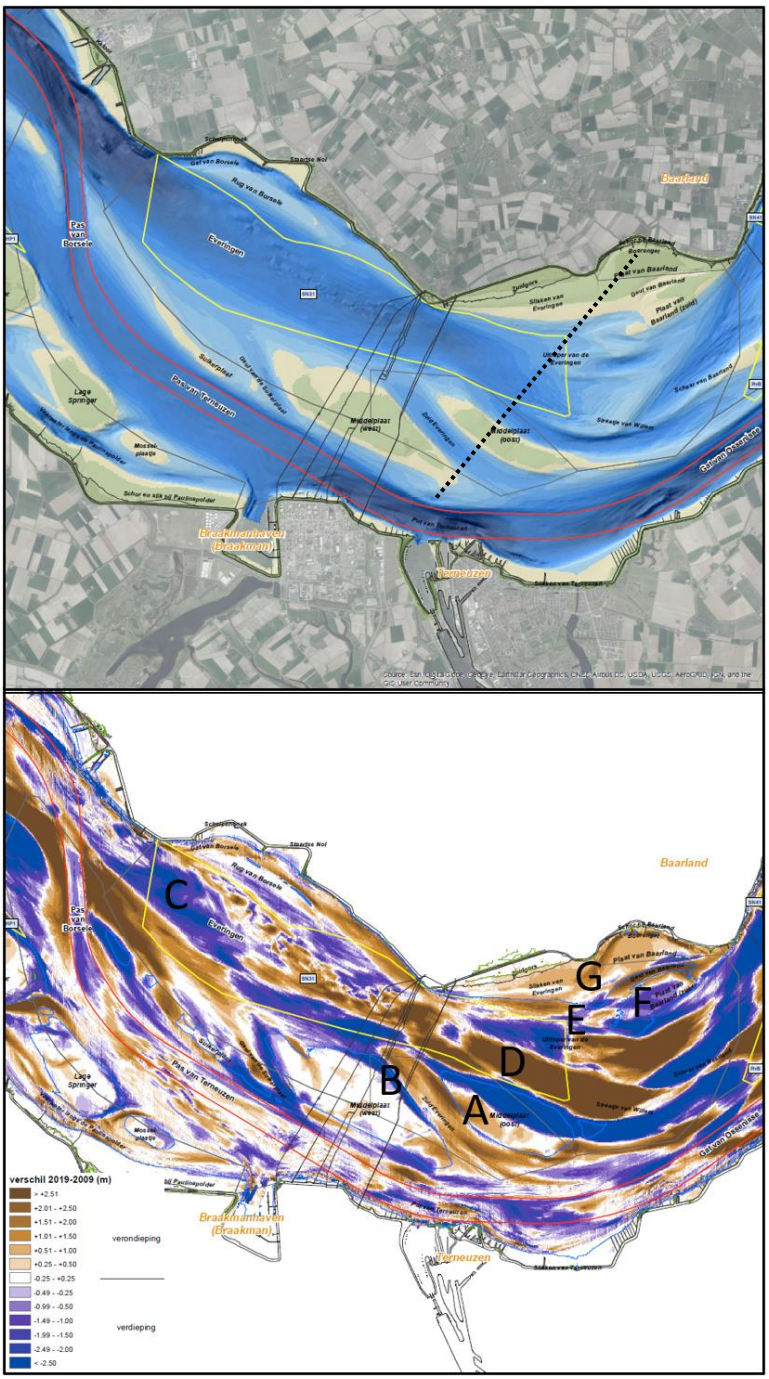
De gemiddelde hoogte van de Middelplaat is toegenomen tot begin jaren '90, en lijkt sindsdien te stagneren (Figuur 6-3). De oppervlakte van deze plaat is in de voorbije decennia afgenomen (T2009 Consortium, 2013), wat zich sinds 2009 nog altijd doorzet, ook in recentere jaren was dit het geval (Figuur 6-3). Aan de oostkant van de Middelplaat is sprake van sedimentatie tussen 2009 en 2019 en dus verhoging van de plaat (Figuur 6-4, A). De westelijke Middelplaat en de Suikerplaat zijn redelijk stabiel gebleven, met lichte erosie aan de westrand van de Suikerplaat. De geul tussen de westelijke en oostelijke Middelplaat (Zuid Everingen) is westwaarts verschoven (B) en daarnaast is deze geul ondieper geworden.



Figuur 6-3: Noord-zuid transect macrocel 3, van Plaat van Baarland door de Uitloper van Everingen tot Middelplaat. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-4.

Het grootste deel van de dynamiek in deze macrocel vindt sinds 2009 plaats in de nevengeul (Everingen). In het westen van de nevengeul vindt erosie plaats (C), terwijl het meest oostelijke deel sterke verondieping toont (D) (Figuur 6-3). In dit nevengeulstortvak (SN31) is tot 2015 vooral gestort in dit meest oostelijke deel, met volumes van ruim 1 Mm^3 per jaar, wat de verondieping verklaart, terwijl in het westen

enkel aan de noord- en zuidrand gestort kan worden door de aanwezigheid van ankerplaatsen. Tussen 2015 en 2019 werd er wel ten westen van de kabels gestort, en zijn de stortingen in het meest oostelijke deel gestopt, en de totale stortvolumes waren afgenomen tot ongeveer 0,7 Mm^3, maar zijn in 2018 en 2019 weer toegenomen tot 0,9 Mm^3.



Figuur 6-4: Macrocel 3: Bathymetrie 2019 (boven) en verschilkaart 2019-2009 (onder). Zie ook Bijlage D. De stippellijn geeft de locatie van het transect van Figuur 6-3 weer.

In het oostelijk deel is een sterke drempeldynamiek aanwezig die een quasi-cyclisch patroon vertoont. Hierbij bepaalt de configuratie van het Straatje van Willem ten opzichte van de uitloper van het Middelgat hoe de tussenliggende plaatjes of zandbanken migreren: in de richting van de Middelplaat of in de richting van de Rug van Baarland. Deze cyclus is beschreven in de morfologische analyse van de dynamiek rond

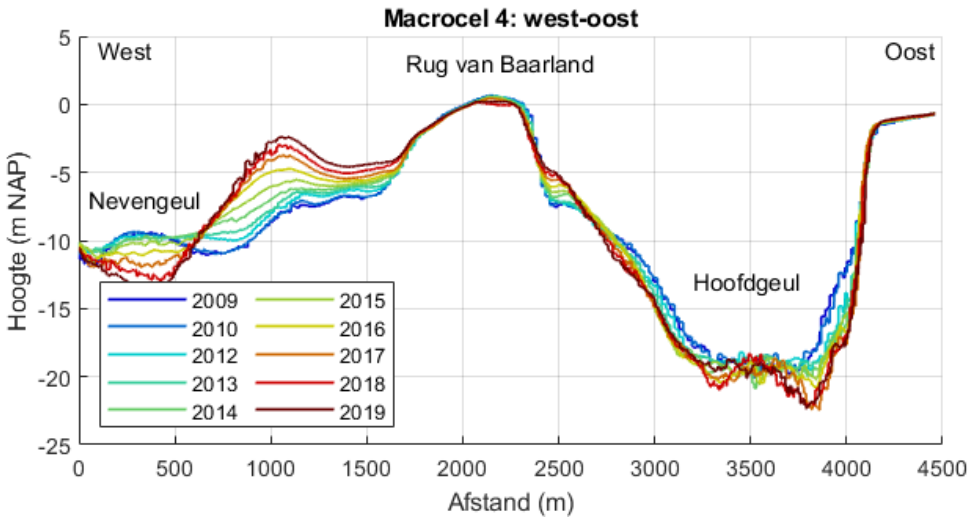
Everingen en Middelgat (LTV-consortium, 2014). Tussen 2017 en 2019 is te zien hoe de drempel, ter hoogte van Straatje van Willem, in noordelijke richting migreert. Verder ontwikkelt de uitloper van de Everingen zich van 2009 tot 2019 in noordoostelijke richting (E) (Figuur 6-4), hierdoor erodeert de zuidelijke Plaat van Baarland (F). De noordkant van deze plaat en slikken van Everingen ondervinden daarentegen sedimentatie (G).

De hoofdgeul zelf is niet erg dynamisch, ook te zien op de verschilkaarten van 2018-2017 en 2019-2018, mede door het onderhoudsbaggeren. Ter hoogte van de Pas van Borsele en Put van Terneuzen is duidelijk sprake van verdieping, terwijl in de Pas van Terneuzen en Gat van Ossenisse lichte sedimentatie plaatsvindt. Door de 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, 2018b).

Macrocel 4

In macrocel 4 werd van midden jaren '70 tot 2005 meer sediment gestort dan gebaggerd of gewonnen. Dit leidde, in combinatie met een autonome sedimenterende ontwikkeling tot midden jaren '80 als gevolg van de functiewissel van de hoofd- en nevengeul, tot een sterke afname van het watervolume. De macrocel als geheel is sindsdien licht erosief, maar dit is enkel door erosie in de hoofdgeul. De nevengeul kent een continue ontwikkeling van verondieping, die sinds de tweede verruiming nog versterkt werd (T2009 Consortium, 2013). De Rug van Baarland wordt gekenmerkt door een lichte sedimenttoename tot aan de tweede verruiming en dit nam vervolgens iets af. Het zuidelijke deel van de plaat werd sindsdien echter minder hoog terwijl de noordelijke delen hoger zijn geworden. In het T2009 rapport is sprake van een nivellering: lage delen worden hoger, hoge delen worden lager. Tegelijkertijd is het plaatareaal afgenomen.

De ontwikkelingen sinds de derde verruiming sluiten goed aan bij wat hierboven beschreven is, zoals te zien is in de verschilkaart 2019-2009 (Figuur 6-8). De hoogte van de platen is relatief weinig gewijzigd. Op alle platen komt zowel lichte erosie als sedimentatie voor. De Geul van de Molenplaat, die de Rug van Baarland doorsnijdt, roteert met de klok mee (A). De Plaat van Ossenisse is sterk geërodeerd aan de randen, waardoor het areaal van de plaat is afgenomen.

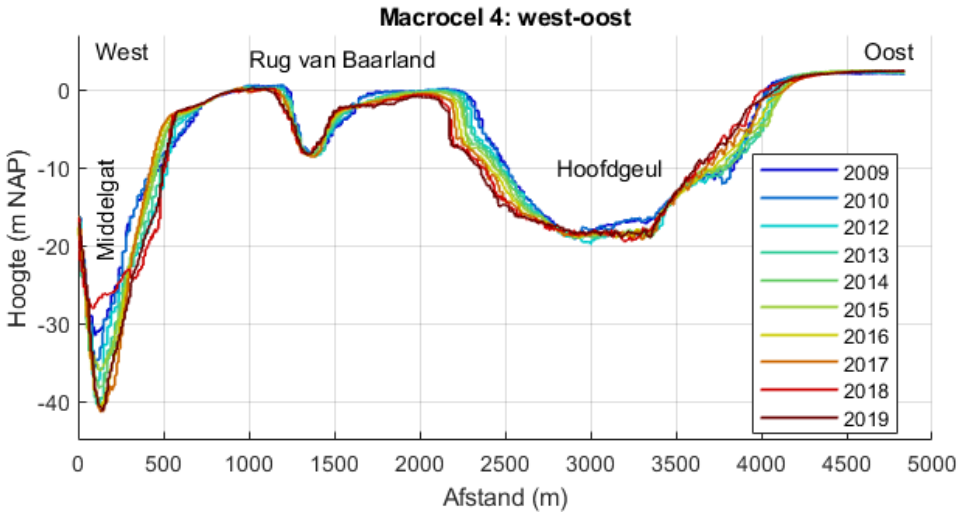


Figuur 6-5: West-oost transect macrocel 4 door het zuidelijke deel van de Rug van Baarland. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-8.

In tegenstelling tot de platen zelf, is in de nevengeul in het westen van de macrocel sprake van sterke sedimentatie (Figuur 6-5). Dit is voornamelijk het geval in het zuidelijke uitloopgebied van het Middelgat (B), waar drempeldynamiek plaatsvindt (zie

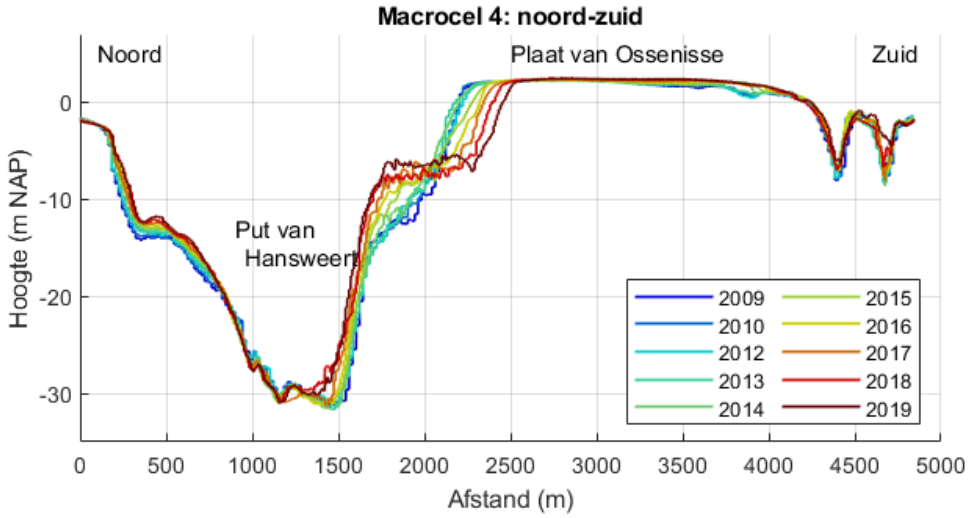
beschrijving bij macrocel 3) en aan de noordkant van het Middelgat (C). De stortingen van in totaal 1,3 Mm³ in het plaatrandstortvak van Rug van Baarland hebben beperkt bijgedragen aan deze verondieping en zijn in 2012 stopgezet. Ook in nevengeulstortvak SN41 is vanwege de autonome sedimentatietrend niet gestort. In het Middelgat nabij Biezelingse Ham is sprake van een sterke erosie-sedimentatie dynamiek (D), wat op de 2019-2018 en 2018-2017 verschilkaarten opvalt. Deze verschillen kunnen veroorzaakt zijn door een plaatval in het jaar 2018, zoals te zien in Figuur 6-6. In 2018 is er een duidelijke erosie te zien van de hoger gelegen plaatrand en sterke sedimentatie in de geul.

De hoofdgeul ondervindt sterke erosie, voornamelijk in de buitenbochten van Gat van Ossenisse en de Overloop van Hansweert (E). Dit erosief karakter werd tussen 2017-2019 verder gezet. Bij de Overloop van Hansweert wordt de erosie mede gestuurd door een afleiding van de stroming aan de Nol van Ossenisse (F) in het noordelijk deel van hoofdgeulstortvak SH41. Door de erosie van de hoofdgeul erodeert de oostzijde van de Rug van Baarland en wordt deze plaatrand steiler, quasi verticaal tussen 0 en -5 m NAP in 2019 (Figuur 6-6). De hoofdgeul bij de Overloop van Hansweert wordt hierdoor verbreed.



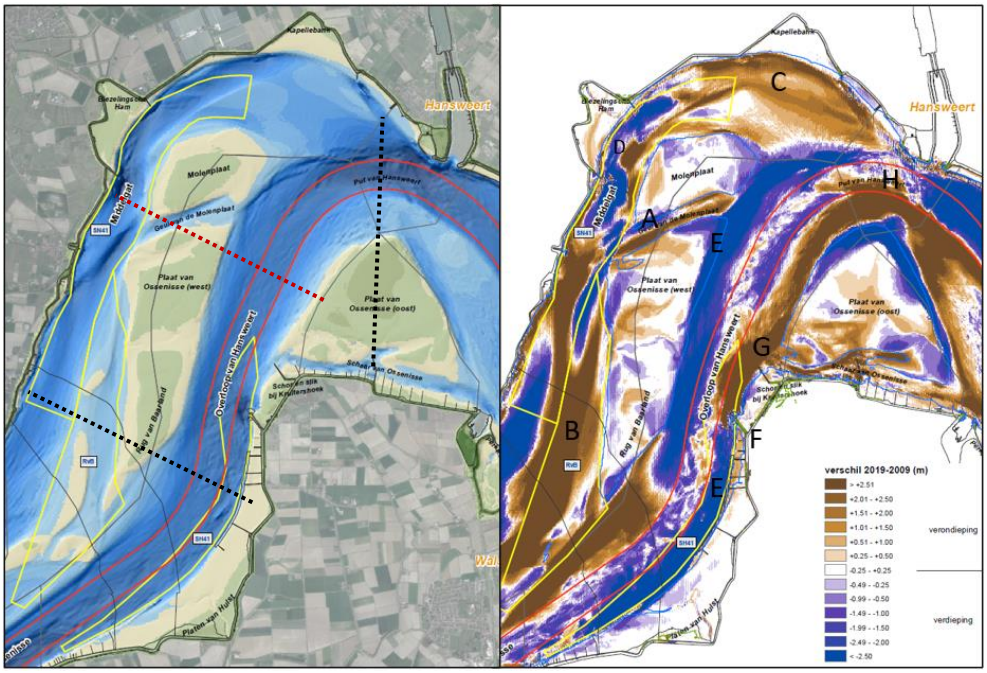
Figuur 6-6: West-oost transect macrocel 4 van Middelgat door het noordelijke deel van de Rug van Baarland tot de Plaat van Ossenisse. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-8.

Het belangrijkste stortvak in de Westerschelde sinds de derde verruiming is het hoofdgeulstortvak SH41. In de 10 jaar sinds de derde verruiming is in dit vak 30 Mm³ sediment gestort. De hoogdynamische omstandigheden rond Nol van Ossenisse (F) worden gezien als de oorzaak van de snelle resuspensie van de gestorte sedimenten (IMDC, 2012, 2014a, 2014b, 2015b). Slechts 15 tot 20 % van de gestorte sedimenten worden nog in het gebied aangetroffen. Ten noorden van de Nol van Ossenisse (F), voor het schor en slik bij Knuitershoek is wel sterke sedimentatie opgetreden (G). Daarnaast zijn de gestorte sedimenten mogelijk in noordelijke richting verplaatst, zoals te zien is op de 2019-2018 en 2018-2017 verschilkaarten, en verder verspreid langs de Plaat van Ossenisse tot in macrocel 5, alsook in de Schaar van Ossenisse. De rand van de Plaat van Ossenisse is geërodeerd, terwijl lager in het profiel richting de hoofdgeul sediment is afgezet, deze trend is ook in 2018-2019 verder gezet (Figuur 6-7). Dit vindt voornamelijk sinds 2014 plaats.



Figuur 6-7: Noord-zuid transect macrocel 4 van Put van Hansweert naar de Plaat van Ossenisse. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-8.

Bij de Put van Hansweert (H) is sprake van een complexe sedimentatiedynamiek door het samenkomen van de hoofdgeul en nevengeul en de interactie tussen de twee zandneren van macrocel 4 en 5 (Van Veen, 1944, 1950). Deze zone met sterke dynamiek is ook duidelijk zichtbaar op de 2019-2018 en 2018-2017 verschilkaarten. Sedimentatie en erosie wisselen elkaar af, maar netto komt er sedimentatie voor, die mogelijk gedeeltelijk wordt veroorzaakt door de stortingen nabij de Nol van Ossenisse (F) (stortzone SH41, zie sectie 3.1), aangezien deze trend, toen er nog geen stortingen werden uitgevoerd nabij de Nol van Ossenisse, niet werd waargenomen (T2009 Consortium, 2013). Daarnaast werden in 2016, 2017, en 2019 stortingen uitgevoerd in de Put van Hansweert zelf, wat ook gezorgd heeft voor (tijdelijke) verondiepingen.

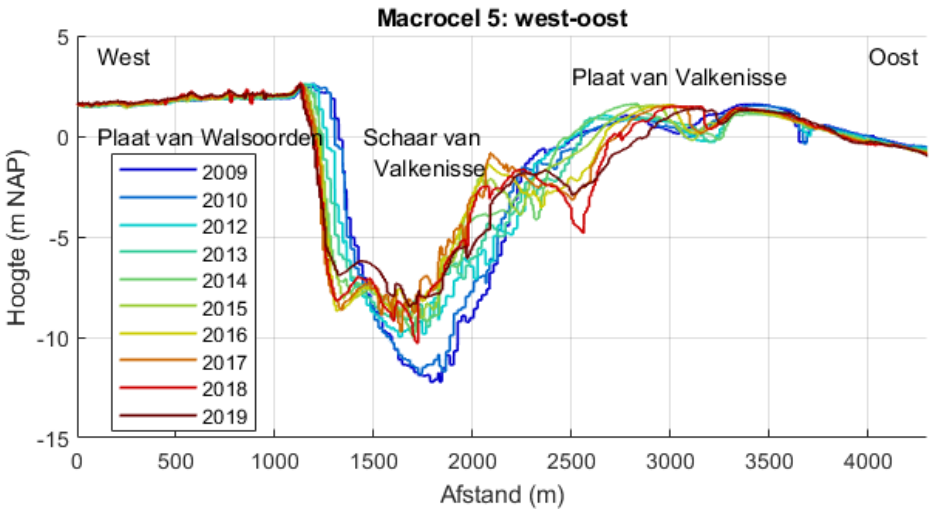


Figuur 6-8: Macrocel 4: Bathymetrie 2019 (links) en verschilkaart 2019-2009 (rechts). Zie ook Bijlage D. De zwarte stippellijnen geven de locaties van de transecten in Figuur 6-5 en Figuur 6-7 aan. De rode stippellijn geeft het transect van Figuur 6-6 weer.

Macrocel 5

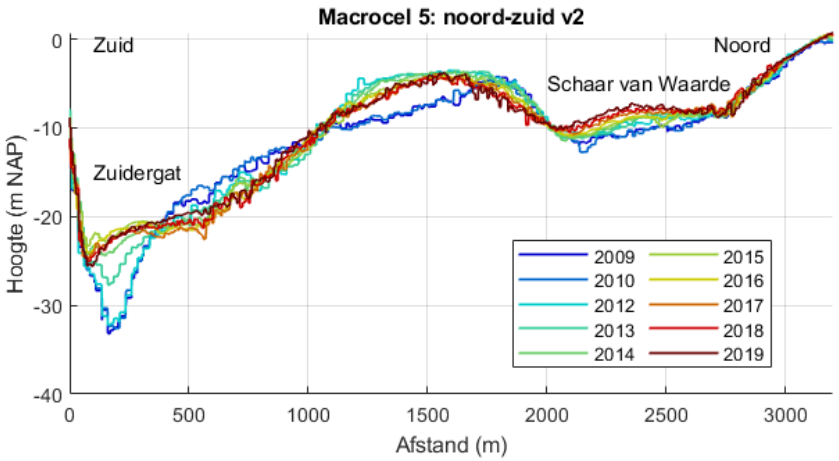
Historisch gezien was de langetermijnontwikkeling in de jaren '70 en '80 overwegend erosief, ondanks dat er in deze periode netto sediment gestort werd. Vanaf midden jaren '80 is de zandwinning en onderhoudsstrategie aanleiding geweest van een versnelde verdieping. Dit effect werd nog versterkt vanaf de tweede verruiming en is vanaf 2003 weer vertraagd. In de hoofdgeul hebben de grootste veranderingen plaatsgevonden en is een verruiming van ca. 60 Mm^3 gerealiseerd sinds 1970. Tot de tweede verruiming hebben de platen (Plaat van Valkenisse, Plaat van Walsoorden, en Plaat van Ossenisse) sediment opgeslagen, wat gepaard ging met een sterke verhoging. Tussen de tweede en derde verruiming waren de platen grotendeels stabiel (T2009 Consortium, 2013).

De ophoging van de Plaat van Walsoorden en de Plaat van Valkenisse zet zich sinds 2009 maar beperkt voort (Figuur 6-11, A; zie ook sectie 6.2.1). Bij deze platen is wel sprake van sterke geometrische veranderingen. De Schaar van Valkenisse migreert naar het westen. Hierdoor wordt de Plaat van Walsoorden aan de zuidoostkant geërodeerd (B, Figuur 6-10) waar de Schaar van Valkenisse samenkomt met de Overloop van Valkenisse (Figuur 6-9). De zuidoostelijke punt van de Plaat van Walsoorden is ruim een kilometer naar het westen verschoven. Dit zorgt ervoor dat de nevengeul meer rechtdoor terug de hoofdgeul in stroomt en dus in lengte afneemt. Tegelijkertijd ontstaat door het verschuiven van de Schaar van Valkenisse naar het westen ruimte voor de Plaat van Valkenisse, die aangroeit naar het zuidwesten (C) (Figuur 6-9). Aan de noordoostzijde van de Plaat van Walsoorden is ook sprake van aangroei en sedimentatie (D). Hier beweegt de Schaar van Waarde naar het oosten waardoor er ruimte is voor aangroei van de plaat.



Figuur 6-9: West-oost transect macrocel 5 van de Plaat van Walsoorden naar de Plaat van Valkenisse. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-11.

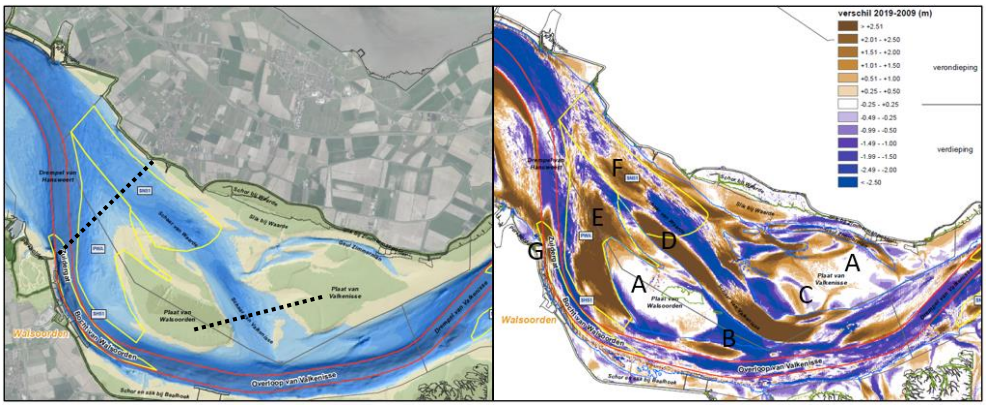
Aan de noordwestkant van de Plaat van Walsoorden bevindt zich het plaatrandstortvak Plaat van Walsoorden (of PWA). Hier treedt sterke verondieping op (Figuur 6-11, E), gerelateerd aan de stortingen die hier met name in het eerste vergunningsjaar (3,7 Mm^3) zijn uitgevoerd.



Figuur 6-10: Noord-zuid transect macrocel 5 over de NW-punt van de Plaat van Walsoorden. De locatie wordt aangegeven in Figuur 6-11.

Het doel van deze stortingen was om een groot sedimentlichaam aan te leggen, dat zich vervolgens langs de plaatpunt heeft verspreid en een grote ondiepe zone heeft gerealiseerd (Figuur 6-10). De stortvolumes zijn sindsdien afgenomen tot rond de 0,5 Mm^3 per jaar en waren in het achtste vergunningsjaar zelfs slechts 0,15 Mm^3. Maar in het negende vergunningsjaar is er weer intensiever gestort, met een totaal volume van 1,7 Mm^3, gevolgd door een lagere hoeveelheid in het tiende vergunningsjaar (0,3 Mm^3). Ten noordoosten van deze zone is sprake van verondieping in de Schaar van Waarde (F, Figuur 6-10). In deze stortzone wordt vanwege de verondieping sinds 2013 niet meer gestort.

De hoofdgeul is grotendeels dieper en ruimer geworden. Dit is echter niet het geval bij het oude hoofd van Walsoorden (G), een strekdam waar zich een diepe erosieput ontwikkeld heeft en waar ook wordt gestort. Hier wordt daardoor lokaal verondieping waargenomen.



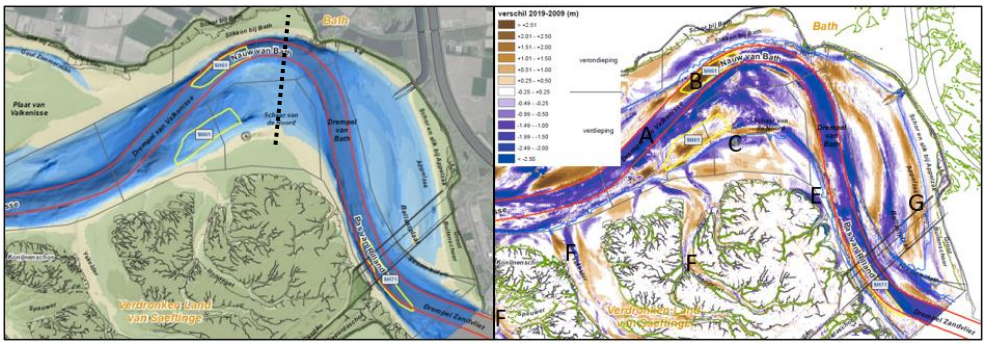
Figuur 6-11: Macrocel 5: Bathymetrie 2019 (links) en verschilkaart 2019-2009 (rechts). Zie ook Bijlage D. De stippellijnen geven de transecten weer.

Macrocel 6 & 7

Op lange termijn is in macrocel 6 en 7 vooral sprake van een verruiming en verdieping, als gevolg van aanhoudende sedimentonttrekkingen. De veranderingen vinden hierbij voornamelijk plaats in de hoofdgeul (T2009 Consortium, 2013).

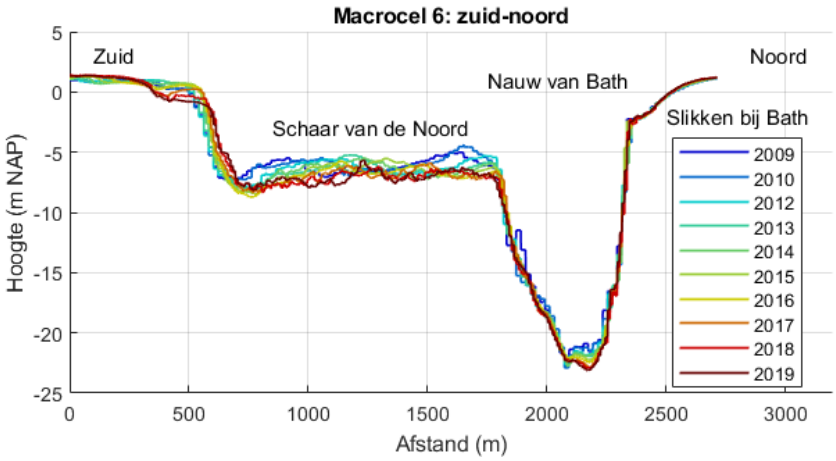
De hoofdgeul is sinds 2009 verder verdiept (Figuur 6-12, A), wat voornamelijk veroorzaakt is door de verdiepingsbaggerwerken in 2009 en 2010, en het onderhoudsbaggeren in de jaren erna om de minimale vaardiepte op de Drempel van Valkenisse, de Drempel van Bath, en de Drempel van Zandvliet te garanderen. De

stortzone SH61 is de enige plek in de hoofdgeul waar verondieping plaatsvindt (B). Deze verondieping sinds 2009 is in grote mate teweeggebracht door stortingen in 2011 en 2012 van in totaal 1,2 Mm^3. In 2013 was de aangroei beperkt en sinds 2014 was sprake van lichte erosie in de stortzone. Nadat in deze stortzone van 2014 tot 2016 minder werd gestort, 0,1 tot 0,2 Mm^3 per jaar, is het stortvolume in het achtste vergunningsjaar weer toegenomen tot 0,4 Mm^3 en is dat weer afgenomen over 2018 en 2019 tot respectievelijk 0,3 en 0,2 Mm^3. In de stortzone SH71 worden sinds 2015 kleine volumes gestort, gemiddeld 0,15 Mm^3 per jaar.



Figuur 6-12: Macrocel 6 en 7: Bathymetrie 2019 (links) en verschilkaart 2019-2009 (rechts). Zie ook Bijlage D. Naar de letters wordt verwezen in de tekst. De stippellijn geeft het transect van weer.

De randen van de Plaat van Saeftinghe eroderen (C), waarbij sinds 2009 het noordwestelijke gedeelte een sterke volumeafname heeft ondervonden en de plaatrand steiler is geworden. Tussen 2017 en 2019 is de erosie van de Plaat van Saeftinghe (Schaar van de Noord) vooral doorgegaan aan de noordkant van de plaat (Figuur 6-13). Het centrale deel van de plaat is redelijk stabiel en ondervond sedimentatie (D).



Figuur 6-13: Noord-zuid transect macrocel 6 van de Plaat van Saeftinghe naar de Slikken bij Bath. De locatie wordt aangegeven in Figuur 2-3.

Het oosten van het schor- en slikgebied van het Land van Saeftinghe ondervindt sterke erosie (E), die reeds in de jaren zestig gaande was. In de jaren zeventig werd deze erosie versterkt, mogelijk door de aanleg van de stroomgeleidingsdam in 1970 (Jentink, 2014). Daarnaast is er mogelijk sprake van erosie door golfslagwerking. Scheepsgolven zijn hier belangrijker dan windgolven, zoals blijkt uit recente metingen uitgevoerd door Rijkswaterstaat en het Waterbouwkundig Laboratorium om dit nader te bestuderen (Meire *et al.*, 2019). De terugschrijdende trend wordt ook besproken in sectie 6.2.2. Tussen 2017-2019 is dit gebied stabiel gebleven. Aan de westkant van het Land van Saeftinghe, vindt tussen 2009 en 2019 afwisselend erosie en sedimentatie plaats in de kreken Speelmansgat, Yskelder, en Hondegat (F). Van 2017 tot 2018 was de trend in

Yskelder eerder erosief en in Speelmansgat en Hondegat sedimenterend. Maar tussen 2018 en 2019 vertoonde Hondegat voornamelijk een erosief gedrag en werden de eerder beschreven trends, in Yskelder en Speelmansgat, voortgezet.

De Ballastplaat in het oosten van macrocel 7 migreert nog altijd geleidelijk in oostelijke richting. De westelijke rand van de Ballastplaat erodeert, terwijl er sedimentatie plaatsvindt in de Appelzak (G). De hogere delen van de Ballastplaat en het plaatje ten westen ervan zijn relatief stabiel.

6.1.2 Geulwandverdedigingen

Rijkwaterstaat Zee en Delta maakte een overzicht (Figuur 6-14) van de geulwandverdedigingen in de Westerschelde (Sinke, 2017). De analyses werden gemaakt op basis van de lodingsgegevens. Er werd gelet op de steilte van het talud, ontwikkeling naast de geulwandverdediging, en achter- en voorloopsheid. Voor 2018 en 2019 werden deze analyses niet verder gezet, de beschikbare data zal in de komende secties besproken worden.



Figuur 6-14: Locaties van geulwandverdedigingen (Sinke, 2011).

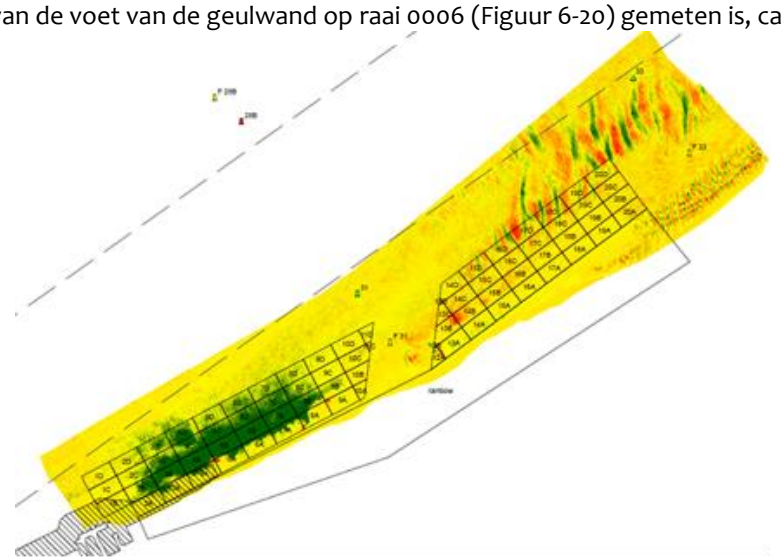
Ossenisse

Er werd voor Ossenisse I en de onverdedigde geulwand tussen Ossenisse I en II geen data geleverd, met als gevolg dat deze uit de analyse zijn gelaten. In het vorige voortgangsrapport (IMDC, 2019) werd geoordeeld dat de geulwand bij Ossenisse I redelijk stabiel was, maar dat aan de zuidkant van de geulwandverdediging en in de geul er op verschillende plaatsen erosie plaatsvond. De onverdedigde geulwand tussen Ossenisse I en II ondervond erosie, waarbij de geulwand terugschreed.

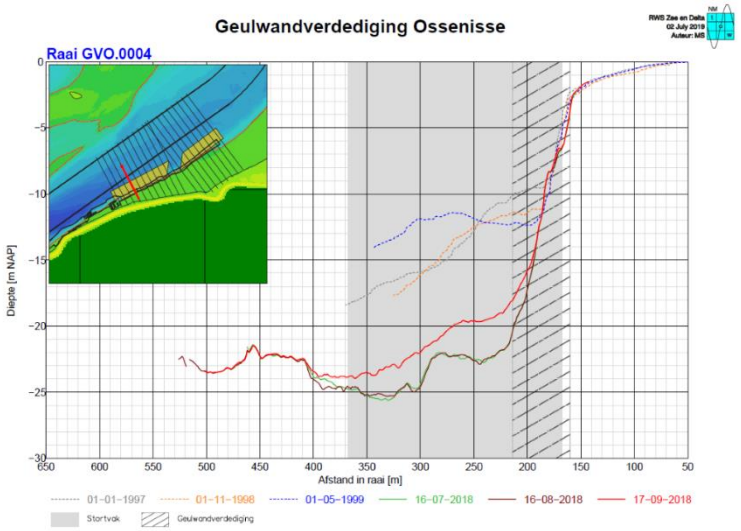
In het zuidelijke gebied van de geulwandverdediging (Ossenisse II, zie aanduiding links op Figuur 6-14) wordt sinds 2014 regelmatig vrijkomend materiaal van het onderhoudsbaggeren gestort om de erosie van de geulwandverdediging tegen te gaan. De stortvolumes namen hierbij toe van ongeveer 1,4 Mm^3 in 2014 en 2015 tot 3,6 Mm^3 in 2016. Na het uitvoeren van de suppletie vindt er verondieping plaats waarna dit materiaal langzaam weer erodeert. Van november 2015 tot mei 2016 was in het gebied sprake van verdieping, vermoedelijk door erosie van materiaal dat in de periode hiervoor was gestort. Van mei 2016 tot november 2016 was daarentegen sprake van sterke verondieping die waarschijnlijk door stortingen werd veroorzaakt. Ook in 2017 bleef de

geulwand hier stabiel. Tussen november 2016 en augustus 2017 vond verondieping plaats, waarna er weer sprake was van erosie.

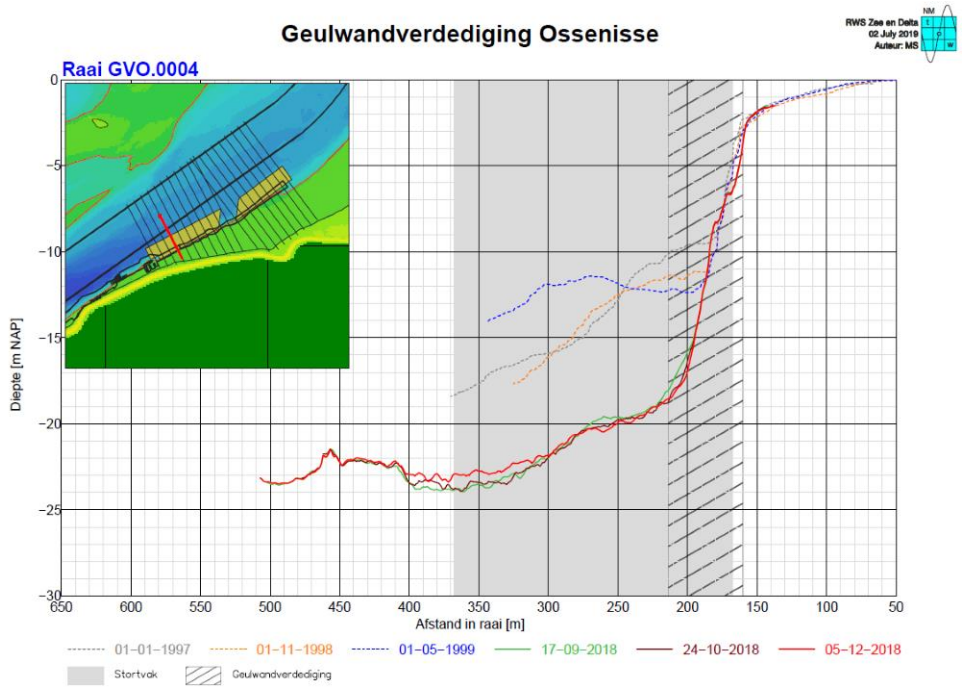
In recentere jaren is er niet meer in de overlappende zone van SH41 met Ossenisse II gestort, wat eerder wel het geval was, waardoor de stortvolumes beperkt zijn tot de eerder door de vergunning opgelegde stortvolumes (0,4 Mm³, sinds 2014). In 2018 werd er daarom tot 0,40 Mm³ gestort, grotendeels te zien op de verschilkaart (Figuur 6-15, 17/09/2018 - 16/08/2018) waar de groene zone de storting aangeeft. Deze verondieping is ook terug te zien bij weergave van de raaien in die omgeving (raai GVO.0004 t/m raai GVO.0008, Figuur 6-16). De voet van de geulwandverdediging is opgehoogd tot de -20 m NAP lijn. Tot eind 2018 is deze verondieping stabiel gebleven (Figuur 6-17). Eén jaar later is er op dezelfde raai wel een verdieping te zien (ca. 1 m) ter hoogte van de voet van de geulwand (Figuur 6-18), wat dus aantoont dat er weldegelijk erosie optreedt, zoals reeds werd beschreven in eerdere rapportages (IMDC, 2019). In 2019 nam het stortvolume licht af (0,34 Mm³). Dit volume is grotendeels gestort tussen 28/11/2019 en 25/10/2019 en te zien is op de verschilkaart (28/11/2019 - 25/10/2019, Figuur 6-19). De verondieping is weer te zien op raaien GVO.0004 tot en met GVO.0008 waarbij de grootste verondieping ter hoogte van de voet van de geulwand op raai 0006 (Figuur 6-20) gemeten is, ca. 5 m.



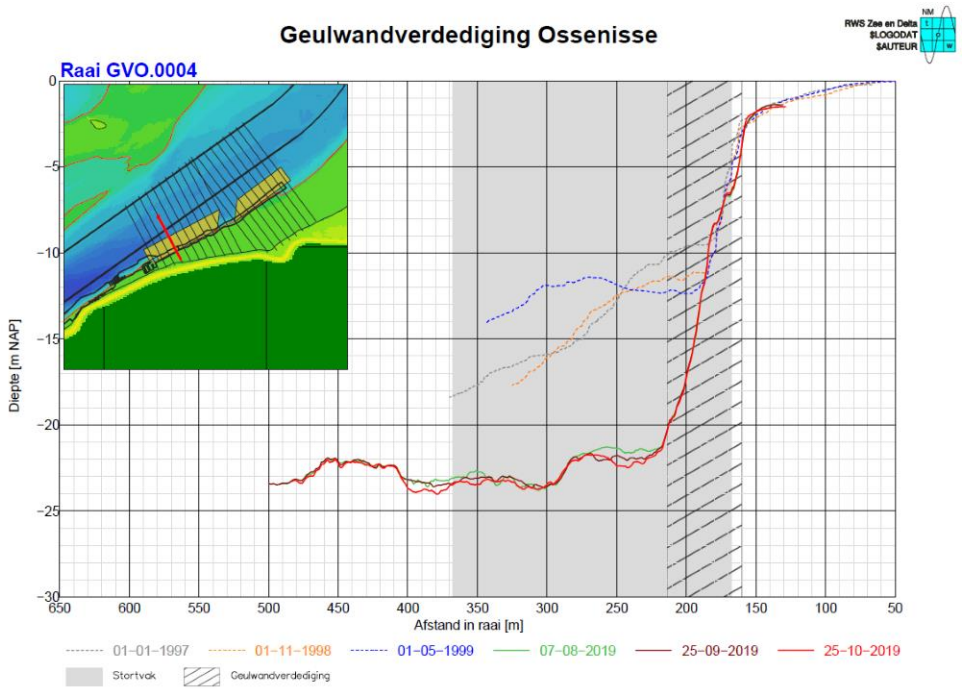
Figuur 6-15: Verschilkaart situatie van de geulwandverdediging Ossenisse II, tussen 5 september 2018 en 16 augustus oktober 2018 waarbij de groene kleur de storting weergeeft.



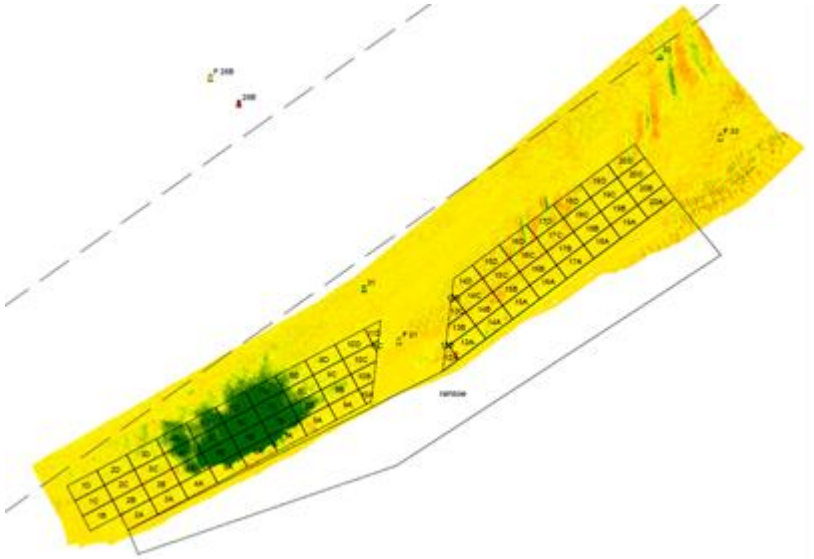
Figuur 6-16: Profiel van geulwandverdediging ter hoogte van Ossenisse II, raai 0004. De rode lijn geeft meest recente meting weer (17 september 2018).



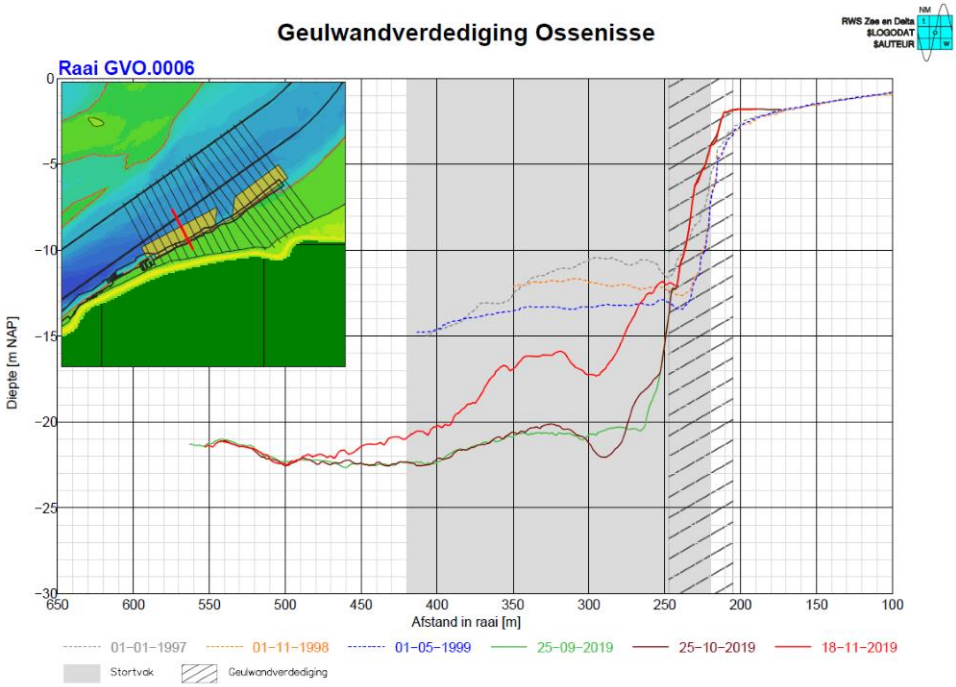
Figuur 6-17: Profiel van geulwandverdediging ter hoogte van Ossenisse II, raai 0004. De rode lijn geeft meest recente meting weer (5 december 2018).



Figuur 6-18: Profiel van geulwandverdediging ter hoogte van Ossenisse II, raai 0004. De rode lijn geeft meest recente meting weer (25 oktober 2019).



Figuur 6-19: Verschilkaart situatie van de geulwandverdediging Ossenisse II, tussen 18 november 2019 en 25 oktober 2019 waarbij de groene kleur de storting weergeeft.



Figuur 6-20: Profiel van geulwandverdediging ter hoogte van Ossenisse II, raai 0006. De rode lijn geeft meest recente meting weer (18 november 2019).

6.1.3 Beneden-Zeeschelde

De bathymetrische opnames van de Beneden-Zeeschelde van 2009, 2017, 2018, en 2019 werden beschikbaar gesteld door de Vlaamse Hydrografie en afdeling Maritieme Toegang. Deze zijn opgenomen in Bijlage E. Deze kaarten geven de bathymetrie en morfologie weer van de Beneden-Zeeschelde in het betreffende jaar. Voor een betere visualisatie werd de Beneden-Zeeschelde opgedeeld in de volgende zones: Saeftinghe – Doel, Doel – Fort Filip, Fort Filip – Oosterweel, Rede van Antwerpen, en Burcht – Rupelmonde.

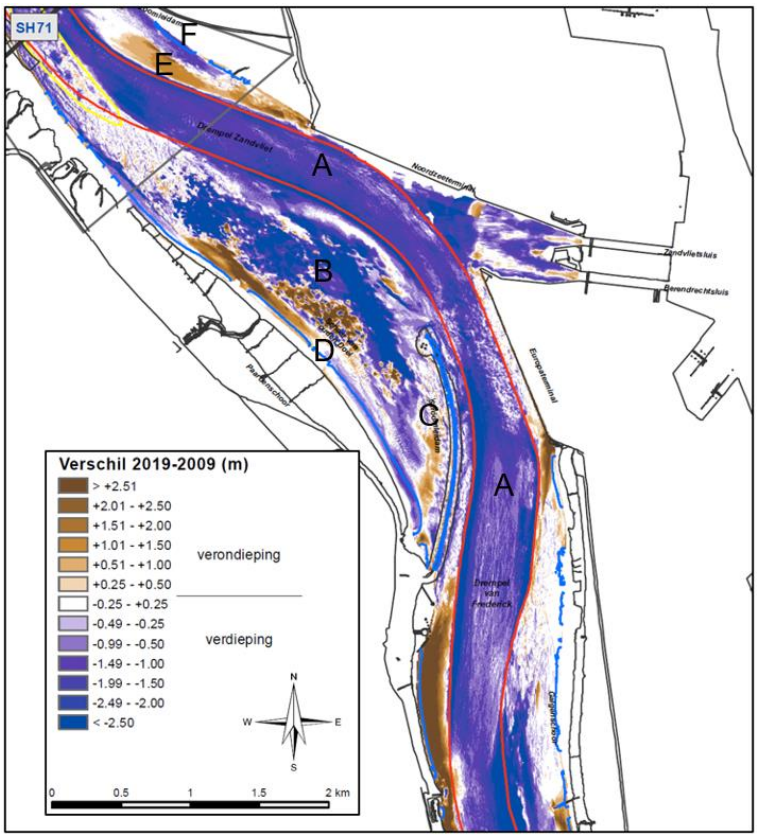
Daarnaast zijn in Bijlage E ook de volgende verschilkaarten toegevoegd:

- verschilkaart 2018-2017, die de bodemevolutie weergeeft over één jaar;
- verschilkaart 2019-2018, die de bodemevolutie weergeeft over één jaar;
- verschilkaart 2019-2009, die de bodemevolutie weergeeft over 10 jaar.

In deze sectie worden de grootschalige morfologische veranderingen besproken die op de verschilkaarten te zien zijn. Ook hier moet erbij vermeld worden dat deze kaarten beïnvloed worden door uitgevoerde baggerwerken kort voor of tijdens de periode waarin ze opgemeten worden.

Saeftinghe – Doel

De verschilkaart van 2009-2019 laat de sterke verdieping van de vaargeul zien (Figuur 6-21, A). 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. Op de Drempel van Frederik vond er gedurende dezelfde periode sedimentatie plaats, zie ook Bijlage E.



Figuur 6-21: Verschilkaart 2009-2019 ter hoogte van Schaar van Ouden Doel.

In de zandwinningszone van Schaar van Ouden Doel vindt tussen 2009-2019 voornamelijk verdieping plaats (B), en verondieping langs de stroomleidam (C). Dit gebied is erg dynamisch door de stortings- en zandwinningsactiviteiten. Van 2017 tot 2018 vond er in het gebied bij B meer verdieping plaats in vergelijking met 2018 tot 2019. Tussen 2017-2019 was ook langs de stroomleidam sprake van verdieping, in tegenstelling tot eerdere jaren.

De rand van het Paardenschor sedimenteert sterk aan de noordwestelijke helft, terwijl er sprake is van erosie aan de zuidelijke helft (D). Van 2017 tot 2019 werd voornamelijk sedimentatie ten noorden van het Paardenschor waargenomen. Door verschilkaarten 2009-2019 en 2017-2018/2018-2019 met elkaar te vergelijken zien we ook dat het sedimentatiegebied langs de rand van het Paardenschor in zuidelijke richting gemigreerd is.

De sedimentatie aan de zuidelijke rand van het Groot Buitenschoor, die in de vorige voortgangsrapporten werd opgemerkt, zet zich nog altijd voort (E). De sedimentatie was hier sterker van 2018-2019 dan van 2017-2018, toen vooral erosie gemeten werd. Aan de strekdam ten noorden hiervan vindt nog steeds erosie plaats (F).

Doel – Fort Filip

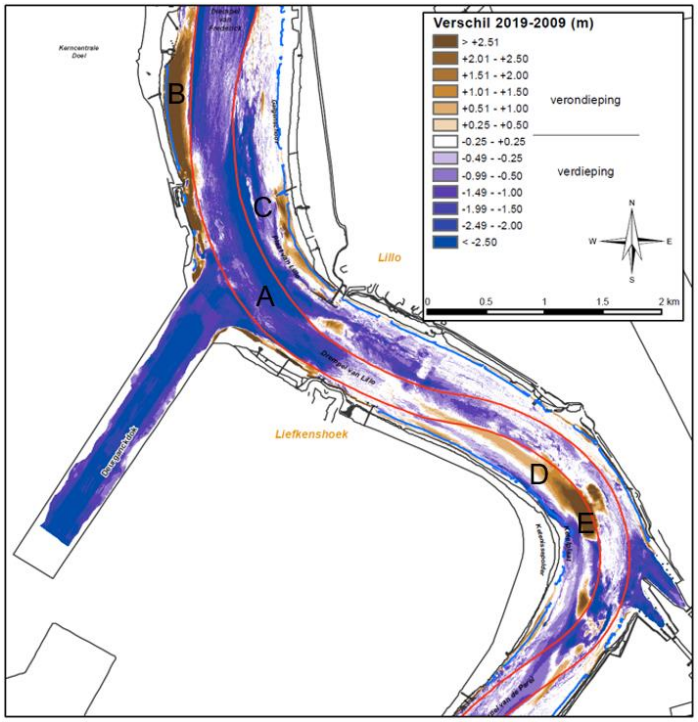
In de periode van 2009 tot 2019 is sprake van sterke verdieping van de vaargeul tussen de Drempel van Frederik en de Drempel van Lillo (Figuur 6-22, A). Van 2017 tot 2018 laat deze zone daarentegen sedimentatie zien, voornamelijk aan de binnenbocht ten zuiden van de Plaat van Lillo. In de periode 2018-2019 was over het algemeen meer sprake van verdieping, vooral langs de binnenbocht bij Lillo werd in deze periode verdieping waargenomen. De variaties in verdieping en verondieping in deze zone worden waarschijnlijk veroorzaakt door meer of minder baggeren.

Het Deurganckdok en de sluistoegang naar de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis vertoonden verdiepingen tussen 2009-2019. Voor de periode 2015-2017 zijn geen metingen aangeleverd. De 2018-2019 verschilkaart toont aan dat er bij het Deurganckdok sedimentatie, en bij de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis voornamelijk verdieping plaatsvond.

Langs de vaargeul aan de linkeroever ten noorden van het Deurganckdok is sprake van sedimentatie (B) over de laatste 10 jaar. Van 2017 tot 2018 zette deze sedimentatie zich voort, in de periode 2018-2019 was deze zone eerder stabiel. Aan de andere zijde van de vaargeul vindt erosie plaats aan de rand van het Galgeschoor, vooral in het centrale deel (C), in het zuiden is sprake van sedimentatie (voornamelijk 2017-2018). Dit patroon heeft zich in de periode van 2017-2019 voortgezet.

Tussen 2009 en 2019 is sedimentatie opgetreden aan de zuidoostkant van de Drempel van Lillo en de noordkant van de Ketelplaat (D). Deze verondieping heeft echter voornamelijk plaatsgevonden tot 2013 en heeft zich vervolgens niet voortgezet. Het centrale en zuidelijk deel van de Ketelplaat is verdiept ten opzichte van 2009, maar de laatste jaren heeft dit zich ook niet voortgezet. In de periode 2017-2018 heeft er tussen de Drempel van Lillo en de noordkant van de Ketelplaat (D) vooral sedimentatie plaatsgevonden. In 2018-2019 was dit andersom, dat jaar werd vooral gekenmerkt door erosie.

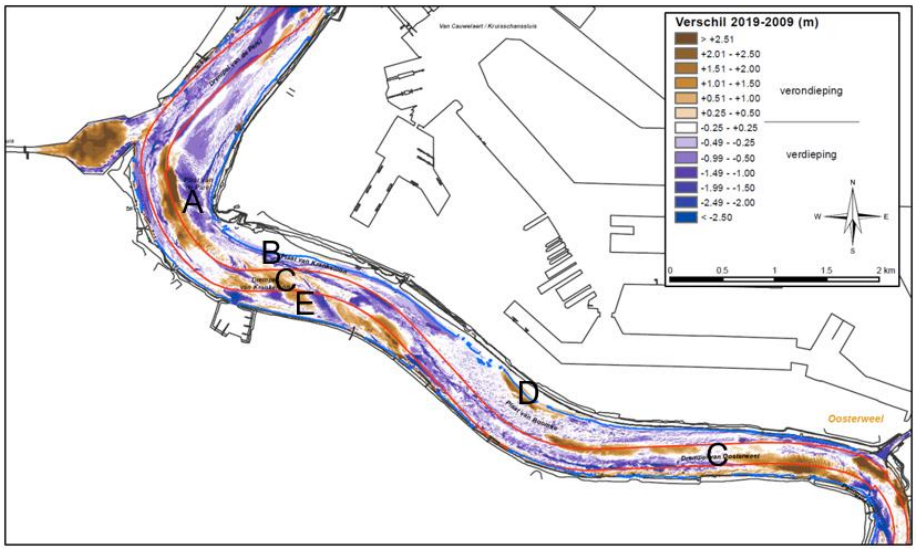
Bij de Ketelplaat en de twee diepe putten is een complex patroon van erosie en sedimentatie (E) te vinden. Op deze locatie treden onder andere periodiek plaatvallen op langs de randen van de diepe putten (IMDC, 2015b). Tussen 2017-2019 heeft hier sterke verondieping plaatsgevonden in de binnenbocht, net buiten de vaargeul, ten noordoosten van de Ketelplaat. Mogelijk is dit gerelateerd aan de stortingen die hier in deze periode hebben plaatsgevonden.



Figuur 6-22: Verschilkaart 2009-2019 ter hoogte van het Deurganckdok.

Fort Filip – Oosterweel

Tussen 2009 en 2019 is er op de Plaat van de Parel voornamelijk erosie waargenomen (Figuur 6-23, A). Dit komt doordat er tussen 2017 en 2019 hoofdzakelijk erosie plaatsvond, wat het verschil met verschilkaart van 2009-2017 verklaart. Verder richting de vaargeul, ten westen van de Plaat van de Parel, was over de periode 2009-2019 sprake van sedimentatie. Deze verondieping is versterkt over de periode 2017-2019 en is dus meer uitgesproken op de hier gerapporteerde verschilkaart. De sedimentatie was het sterkst in het jaar 2017-2018.



Figuur 6-23: Verschilkaart 2009-2019 ter hoogte van de Plaat van Boomke.

Voor het gebied voorafgaand aan de Kallosluis (aan de buitenbocht na de Drempel van de Parel) werden tot 2018 geen metingen uitgevoerd, en dit gebied werd dus buiten beschouwing gelaten in vorige voortgangsrapportages. Maar voor het jaar 2018-2019

werd dit gebied opgenomen in de metingen en was er sprake van sedimentatie, en dat is ook te zien op de 2009-2019 verschilkaart.

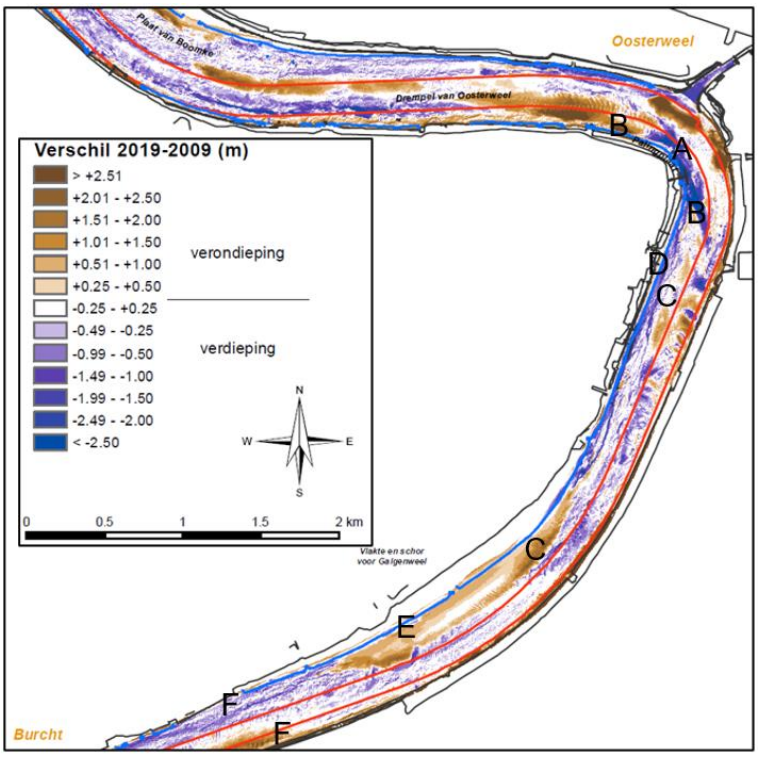
Langs de Plaat van Krankeloon wordt sinds 2009 erosie waargenomen (B). De afgelopen jaren is dit gebied echter vooral stabiel gebleven.

Zowel bij de Drempel van Krankeloon als de Drempel van Oosterweel wordt er verdieping en verondieping waargenomen (C). Ook de afgelopen jaren is hier op verschillende plekken dan weer sprake van verdieping en dan weer van verondieping, waarbij het beeld tussen 2017-2018 en 2018-2019 meestal omgekeerd is, net als bij de Plaat van de Parel. De sedimentatie en erosie zijn wel meer uitgesproken bij de Drempel van Krankeloon.

In deze zone zijn twee stortvakken gesitueerd, waarin slib wordt gestort. Het eerste stortvak is gelegen aan de noordzijde bij de Plaat van Boomke (Oosterweel), waar tussen 2017-2018 een toename in verondieping te zien was en lichte erosie in 2018-2019 (D). Ten zuiden van de Drempel van Krankeloon is ook een stortzone aanwezig (Punt van Melsele), in deze zone is sprake van relatief sterke afwisseling in verondieping en verdieping. In 2017-2018 was er vooral sprake van verondieping en dat werd in 2018-2019 gevolgd door erosie (E).

Rede van Antwerpen

De verschilkaart van 2009-2019 is weinig veranderd ten opzichte van die van 2009-2017 (Figuur 6-24). Rond de Palingplaat, in de binnenbocht van de vaargeul, heeft er tussen 2017-2018 voornamelijk sedimentatie plaatsgevonden en tussen 2018-2019 erosie (A). Naar het zuiden en westen toe groeit de Palingplaat echter wel aan (B).



Figuur 6-24: Verschilkaart 2009-2019 ter hoogte van de Rede van Antwerpen.

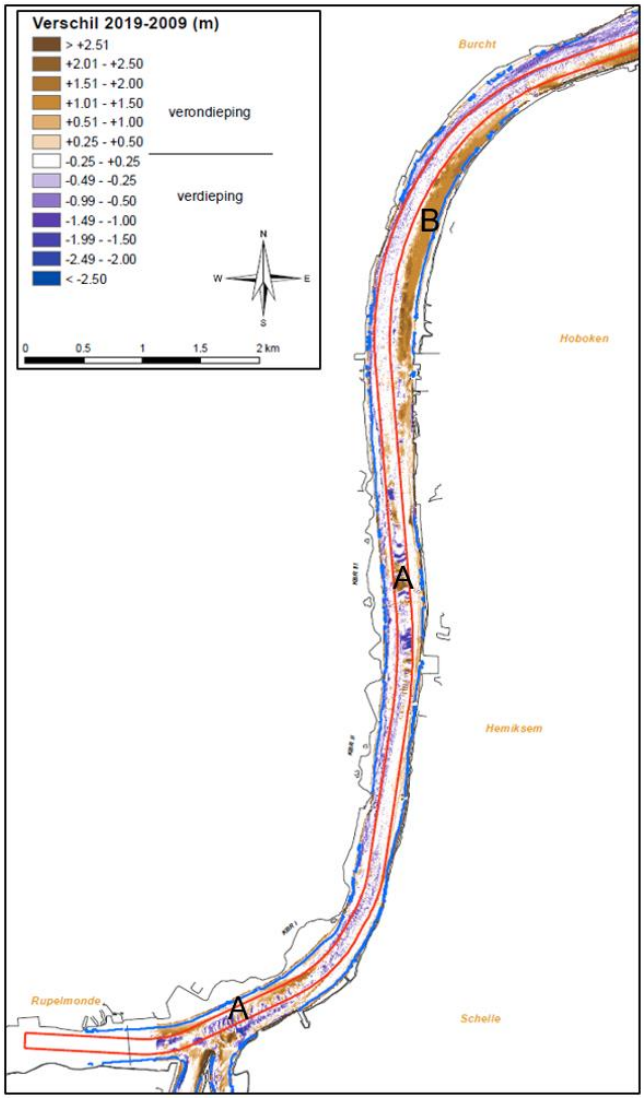
De vaargeul, na de binnenbocht, was redelijk stabiel sinds 2009, met over het algemeen slechts lichte erosie en sedimentatie. Langs de vaargeul vindt sedimentatie plaats ten zuiden van de Palingplaat en voor het Galgenweel (C). Tussen 2018-2019 heeft hier vooral erosie plaatsgevonden. Ten westen van de zone van sedimentatie, aan de rand van de

slikken, is sprake van erosie ter hoogte van de laagwaterlijn (D), die de afgelopen jaren is afgenomen en daardoor de hoogte vrij stabiel gebleven is. De (zuidelijke) rand van de plaat "Vlakte voor Galgenweel" (E) is in zowel 2017-2018 als 2018-2019 gesedimenteerd.

Verder naar het zuiden vindt ter hoogte van Burcht erosie plaats in de buitenbocht (linkeroever), en sedimentatie in de binnenbocht (rechteroever) (F). 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.

Burcht – Rupelmonde

In de meest opwaartse zone van de Beneden-Zeeschelde, tussen Burcht en Rupelmonde, is de vaargeul redelijk stabiel (Figuur 6-25). De grootste veranderingen in de vaargeul worden waargenomen bij KBR III en de Rupelmonding, en kunnen worden toegeschreven aan de migratie van bodemvormen (A). Naast de vaargeul is er verondieping in de binnenbocht bij Hoboken (B), de sedimentatie is toegenomen over de laatste 2 jaar (duidelijk te zien bij het vergelijken van de verschilkaarten 2009-2017 en 2009-2019). Deze verondieping, die erop duidt dat er sedimentatie plaatsvindt, was in 2017-2018 meer uitgesproken dan in 2018-2019. Aan de linkeroever vindt erosie plaats aan de schorrand, maar tussen 2017-2019 is dit gebied stabiel gebleven.



Figuur 6-25: Verschilkaart 2009-2019 ter hoogte van Burcht-Rupelmonde.

6.2 Slikken en platen

6.2.1 Hoogtemetingen bij de plaatrandstortzones (Westerschelde)

Per plaatrandzone (Hooge Platen West, Hooge Platen Noord, Plaat van Walsoorden, en Rug van Baarland) worden multibeam plaatrandlodingen, single beam raaimetingen en RTK puntmetingen op de plaat uitgevoerd.

De RTK meetpunten liggen ruimtelijk verspreid over de plaatrand en werden tot 2015 vier maal per jaar opgemeten. In 2015 werd door het Overleg Flexibel Storten besloten dat de meetfrequentie kon dalen naar twee maal per jaar, omdat de gebieden intussen goed gekend zijn. De resultaten worden jaarlijks verzameld in de datarapportage (Jentink *et al.*, 2020). De meetgegevens zijn ook digitaal beschikbaar gesteld en verwerkt in Bijlage G. Voor ieder meetpunt is op basis van zijn droogvalduur een maximale hoogteverandering bepaald waarmee het punt mag veranderen.

Voor deze indeling wordt gebruik gemaakt van 4 hoogteklassen op basis van droogvalduur (dvd) (Tabel 6-1). De droogvalduur wordt gebruikt omdat deze over de Westerschelde gelijk blijft, terwijl de bijbehorende hoogte varieert over het bekken. De berekende trendwaarde per jaar is de richtingscoëfficiënt van het voortschrijdend jaargemiddelde. Het voortschrijdend jaargemiddelde van een meetpunt is de gemiddelde hoogte van de hoogtes bepaald in de laatste vier kwartalen of twee halfjaren. Deze uitmiddeling is noodzakelijk om de variatie die opeenvolgende RTK-metingen soms vertonen wat af te vlakken. Omdat niet alle metingen op vaste data worden uitgevoerd, wordt de richtingscoëfficiënt altijd teruggerekend naar een periode van 365 dagen (Schrijver, 2020b). Voor een voorbeeld van deze rekenmethodiek wordt verwezen naar (IMDC, 2013).

Uitgangspunt voor de analyse van de meetpunten is dat de specie die op plaatranden gestort wordt, niet teveel op de plaat zelf terecht mag komen. In het Protocol Kwaliteitsparameters is gesteld dat een ongewenste hoogteverandering een verandering van 5 centimeter of meer per jaar is. Deze grens geldt gemiddeld over de plaatrand. De actuele waarde wordt bepaald uit de afzonderlijke punten. Voor de meetpunten wordt nagegaan of de berekende waarde voor een meetlocatie de norm overschrijdt in de datarapportage 2019 van (Jentink *et al.*, 2020) en of het daarmee een negatieve ontwikkeling laat zien. Verder wordt nagegaan of er trendveranderingen aanwezig zijn vanaf of na 2010. De figuren in Bijlage G zijn gebaseerd op de digitale brondata van de RTK hoogtemetingen.

Tabel 6-1: Sedimentatie- en erosienorm per hoogteklasse.

Hoogteligging	Norm voor sedimentatie	Norm voor erosie
GLWS – 25% dvd	max 10 cm/jaar	max 2 cm/jaar
25 – 50% dvd	max 6 cm/jaar	max 4 cm/jaar
50 – 75% dvd	max 4 cm/jaar	max 6 cm/jaar
75 – 100% dvd	max 2 cm/jaar	max 10 cm/jaar

In het toetsingsverslag na 6 jaar (Projectgroep Flexibel Storten, 2016) wordt het volgende vermeld: *"De ontwikkelde toetsmethode lijkt na 6 jaar toepassen nog steeds werkbaar als signaalparameter. Wel is het in de praktijk mogelijk dat eenzelfde meetpunt het ene jaar een overschrijding vertoont die er het jaar daarna niet meer is. De interpretatie op iets grotere ruimtelijk schaal samen met andere metingen en visuele veldwaarnemingen is daarom belangrijk, evenals het beschouwen van een wat langere periode."*

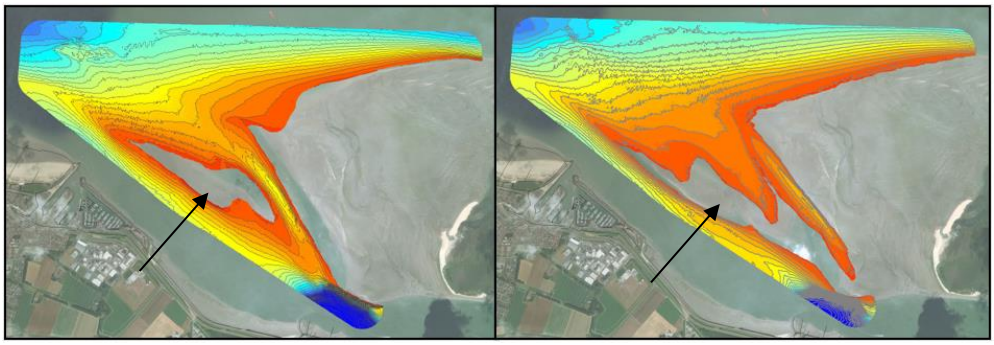
De plaatrandlodingen worden maandelijks gerapporteerd en geanalyseerd (bijv. (IMDC, 2019d)) en zijn beschikbaar via de VNSC website (www.vnsc.eu). In deze rapporten worden ook de bagger- en storthoeveelheden weergegeven. De rapportage wordt steeds op het Overleg Flexibel Storten behandeld.

In deze sectie wordt per plaatrand een beschrijving van de morfologische ontwikkeling gegeven in relatie tot de stortingen.

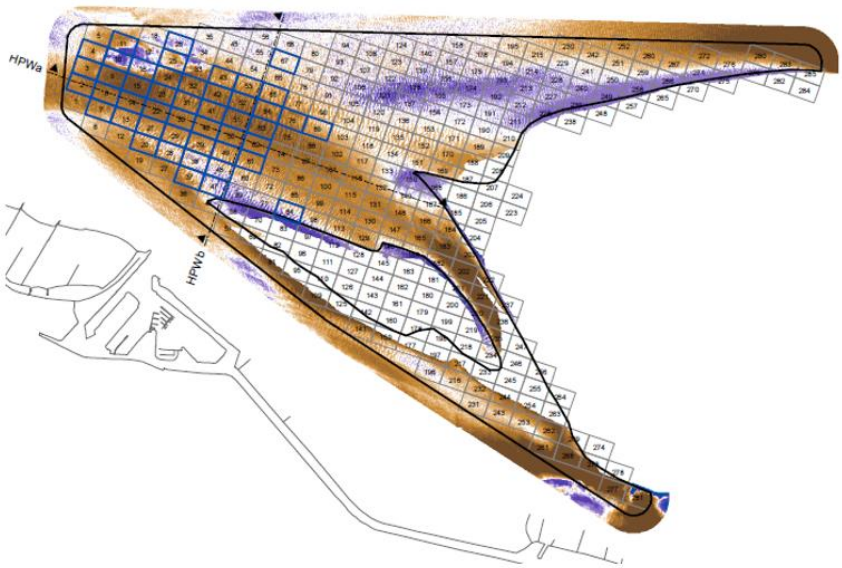
Hooge Platen West

De plaatrandstortingen op Hooge Platen West (Figuur 6-26) zijn uitgevoerd aan de diepe punt van de stortzone, zoals te zien is aan de blauwe vakken in het noordwestelijke deel in Figuur 6-27. De initiële plaatrandstorting van 2010 bedroeg 2 Mm^3 en werd in 2011 en 2013 aangevuld met ca. 0,5 Mm^3 resp. 0,1 Mm^3. Recenter, vanaf midden 2015 wordt opnieuw intensiever gestort (1,1 Mm^3 voor zowel 2018 als 2019). De totale storthoeveelheid tussen februari 2010 en februari 2020 bedraagt 7,44 Mm^3.

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.



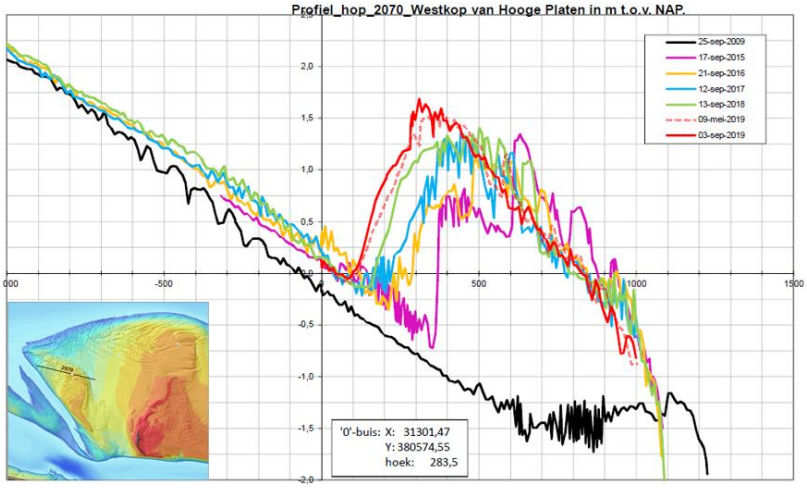
Figuur 6-26: Bathymetrie ter hoogte van plaatrandstortvak Hooge Platen West in februari 2010 (links) en februari 2020 (rechts). De pijl geeft het Plaatje van Breskens aan.



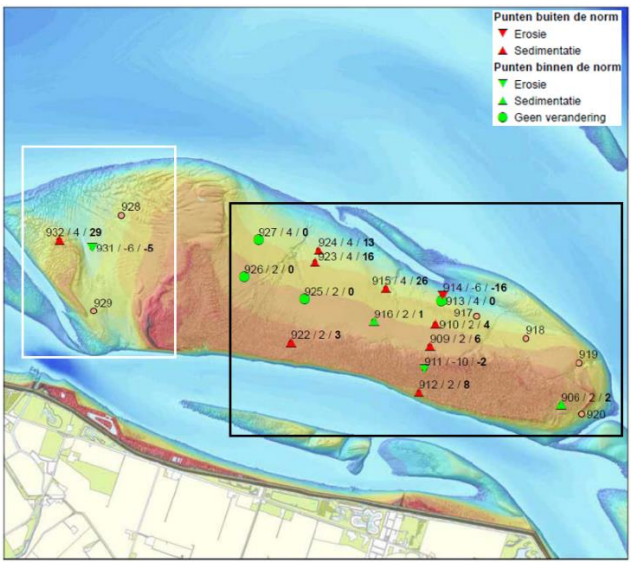
Figuur 6-27: Verschilkaart plaatrandstortvak Hooge Platen West van februari 2010 tot februari 2020. De blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.

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 6-28). Er heeft zich een zandrug ontwikkeld die zich oostwaarts (links in Figuur 6-28) 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 6-28). Het sediment van de plaatrandstortingen is dus wellicht hoger op de plaat terecht gekomen.

Dit beeld van grote hoogteveranderingen wordt bevestigd door de RTK hoogtemeetpunten (Figuur 6-29). Op meetpunt 932 is er sprake van sedimentatie en is de hoogteverandering groter dan wenselijk (zie Bijlage G). Daarentegen ligt bij meetpunt 931 de hoogteverandering door erosie nog binnen de norm. 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.



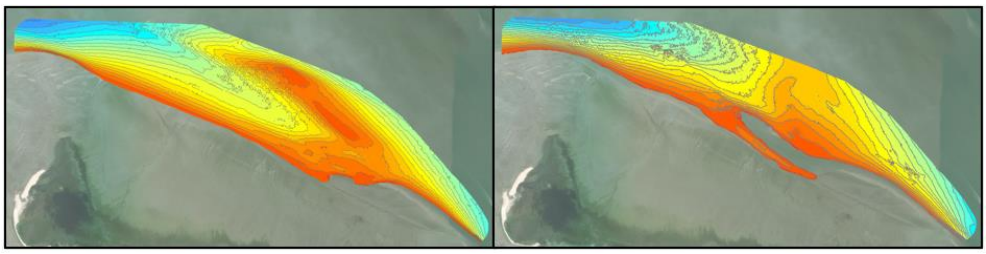
Figuur 6-28: RTK-raai 2070 op de Hooge Platen West (Jentink *et al.*, 2020).



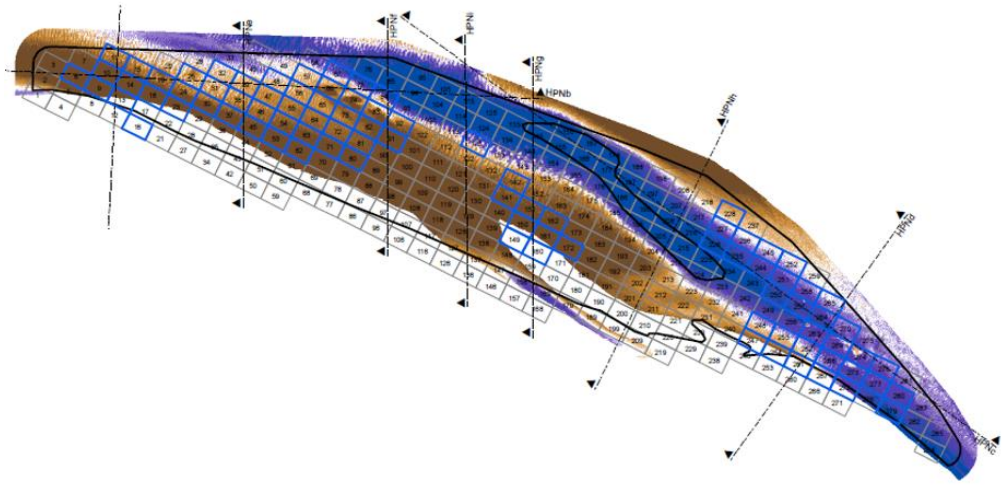
Figuur 6-29: Sedimentatie / erosie in de RTK meetpunten van de Hooge Platen West (wit) en Hooge Platen Noord (zwart) voor het 2de halfjaar van 2019 (Jentink *et al.*, 2020).

Hooge Platen Noord

De plaatrandstortingen in de stortzone Hooge Platen Noord (Figuur 6-30) 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 Mm^3 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 6-31) een zandtong gerealiseerd met als doel hiertussen een luw, laagdynamisch gebied te creëren waarbinnen sedimentatie zou optreden. Deze sedimentatie is ook effectief opgetreden (Figuur 6-31), onder meer door verspreiding van het sediment van de westelijke zandtong onder invloed van de vloedstroom.

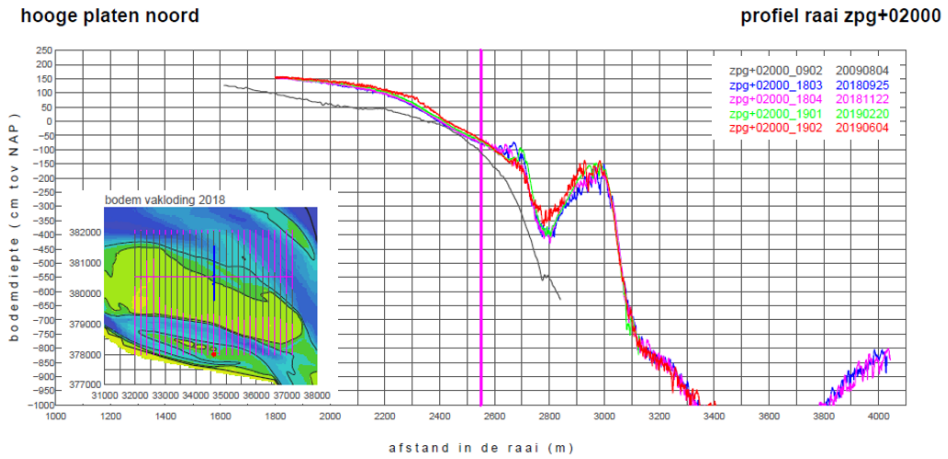


Figuur 6-30: Bathymetrie ter hoogte van plaatrandstortvak Hooge Platen Noord in april 2010 (links) en januari 2020 (rechts).

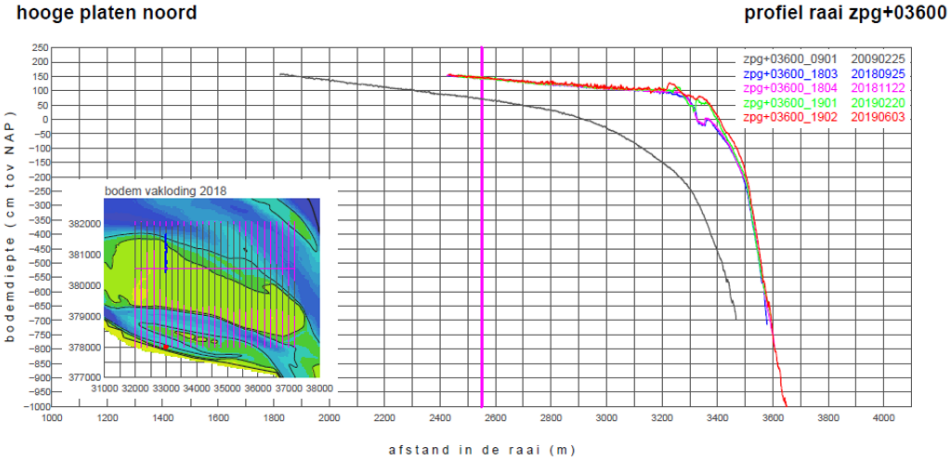


Figuur 6-31: Verschilkaart Hooge Platen Noord tussen april 2010 en januari 2020. Blauwe rechthoekjes zijn de gebruikte stortvakken.

De verondieping van de plaatrand wordt geïllustreerd door de plaatrandlodingen (Figuur 6-32 en Figuur 6-33), die daarnaast tonen dat ook hoger op de plaat, boven de laagwaterlijn, sprake is van sedimentatie. Deze sedimentatie en verhoging van de plaatrand is voornamelijk in de eerste jaren na de verruiming gerealiseerd maar blijft de laatste jaren ook doorzetten (minder intensief, metingen liggen dicht tegen elkaar).

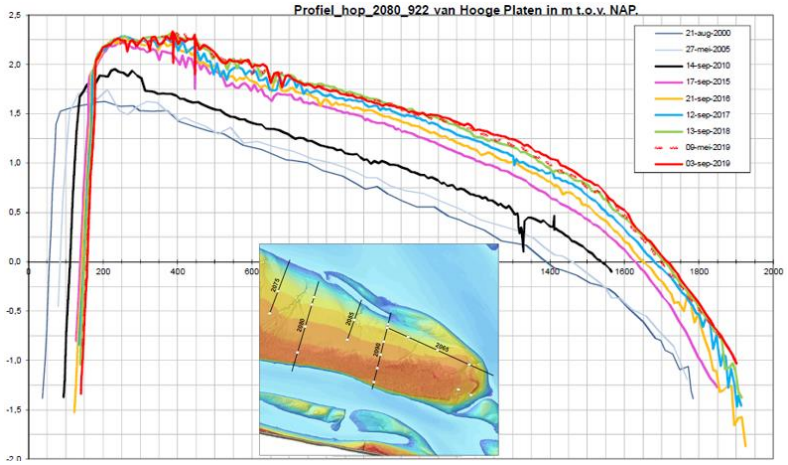


Figuur 6-32: Plaatrandloding 02000 op de Hooge Platen Noord (Jentink *et al.*, 2020).



Figuur 6-33: Plaatrandloding 03600 op de Hooge Platen Noord (Jentink *et al.*, 2020).

De recente RTK raaien over de gehele plaat laten zien dat de gehele plaat hoger is geworden, en daarbij steiler (Figuur 6-34 en Figuur 6-35). 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 dus minder steil wordt. 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 langetermijnontwikkeling, 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.



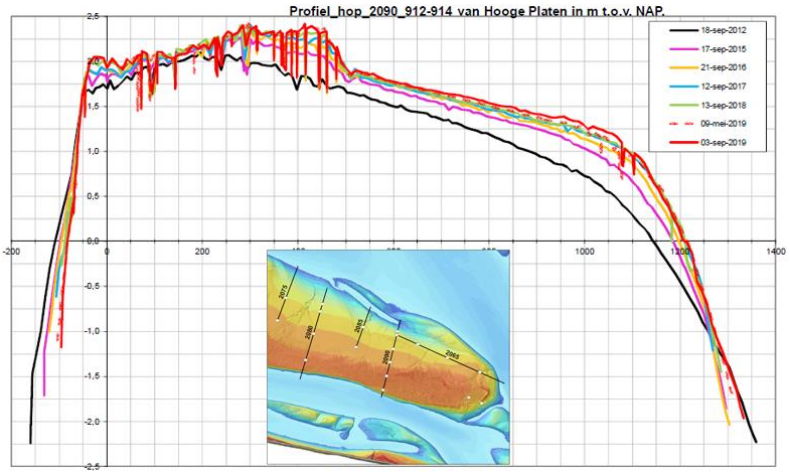
Figuur 6-34: RTK-raai 2080 op de Hooge Platen Noord (Jentink *et al.*, 2020).

Op het centrale deel van de Hooge Platen blijkt deze ontwikkeling ook uit de RTK meetpunten, die bij de evaluatie van het tweede halfjaar van 2019 indicatief zijn voor een snelle ophoging die buiten de norm ligt (Figuur 6-29). De hoogste sedimentatie in dit gebied is tot 26 cm per jaar en wordt waargenomen langs het noordelijke centrale deel van de plaat (915).

Aan de noordelijke plaatrand werd in 2017 sterke sedimentatie (buiten de norm) gerapporteerd, wat in 2019 veranderde in sterke erosie (16 cm).

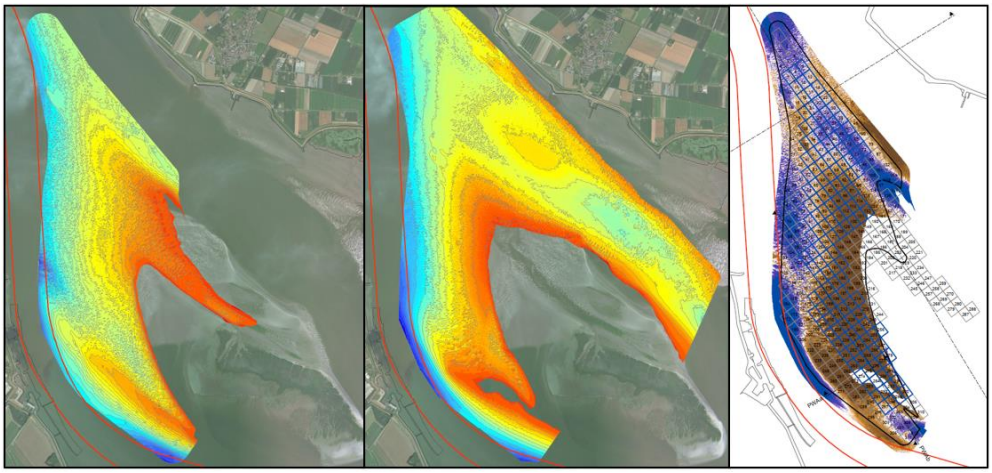
De meest westelijke punten bij HPN (926, 927) liggen inmiddels wel binnen de norm, waarbij geen veranderingen werden waargenomen. Op de noordwestelijke plaatrand (923, 924) werd in 2019 sterke sedimentatie opgemerkt, 16 en 13 cm respectievelijk, wat in 2017 ook reeds gerapporteerd werd.

De punten aan de zuidoostkant van de Hooge Platen (909-912, behalve 911) laten over het algemeen sedimentatie zien, buiten de norm. De sedimentatie is hier 4 tot 8 centimeter per jaar. Enkel op punt 911 is sprake van lichte erosie. In het vorige voortgangsrapport werd bij punten 906-912 (behalve 910) lichte erosie, binnen de norm, waargenomen.



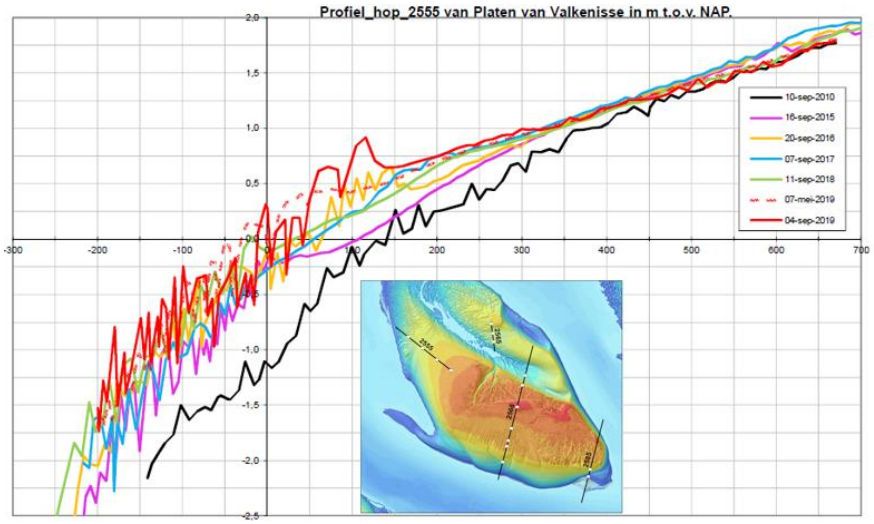
Figuur 6-35: RTK-raai 2090 op de Hooge Platen Noord (Jentink *et al.*, 2020).

Plaat van Walsoorden



Figuur 6-36: Bathymetrie van plaatrandstortvak Plaat van Walsoorden in februari 2010 (links) en februari 2020 (midden) en de verschilkaart (rechts). Blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.

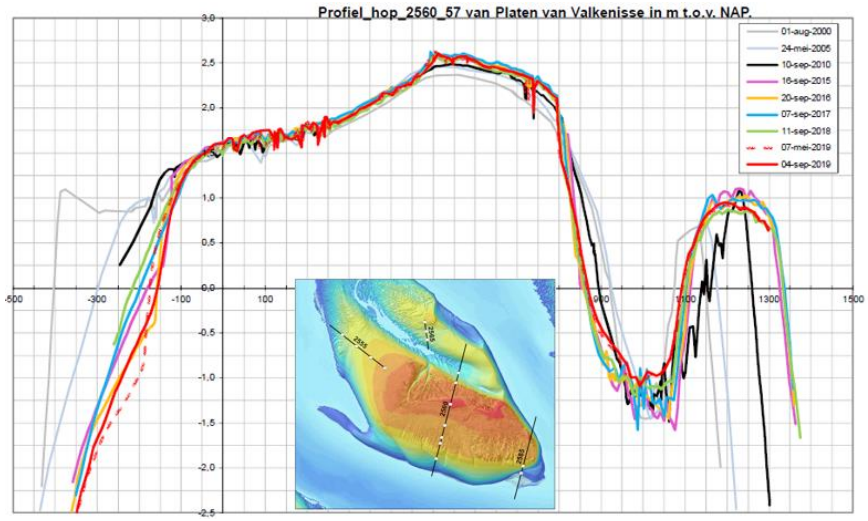
In 2010 is een grote megaduin aangelegd aan de westelijke plaatpunt van de Plaat van Walsoorden (bijna 4 Mm^3). Sindsdien zijn jaarlijks bijkomende stortingen uitgevoerd van rond de 0,5 Mm^3, waardoor tot en met het tiende vergunningsjaar in totaal bijna 9,4 Mm^3 sediment is gestort. In het achtste vergunningsjaar was het stortvolume toegenomen tot 1,7 Mm^3. Maar sindsdien is het gestorte volume weer afgenomen, en in het tiende vergunningsjaar is nog maar 0,3 Mm^3 gestort. Onder invloed van de vloedstroom is het gestorte sediment dichter naar de plaatpunt gebracht (Figuur 6-36). Na de initiële stortingen vonden ook verder zuidwaarts plaats om sediment in de richting van de zuidelijke vloedschaar te laten migreren. De verschilkaart in Figuur 6-36 laat duidelijk zien hoe de noordwestkant van de Plaat van Walsoorden is aangegroeid tussen 2010 en 2020.



Figuur 6-37: RTK-raai 2555 op de Plaat van Walsoorden (Jentink *et al.*, 2020).

De RTK raai die op de westpunt gelegen is (2555) laat ook zien dat de punt van de plaat zelf, opwaarts van de storting, ophoging vertoont ten opzichte van de situatie in 2010 (Figuur 6-37). Het intergetijdenareaal op de plaatpunt neemt hierdoor verder toe, aangezien de plaat minder steil is geworden. Deze ophoging vond tot 2015 voornamelijk plaats op het diepere gedeelte van de plaatpunt (onder 0 m NAP). Van 2017 tot 2019 is

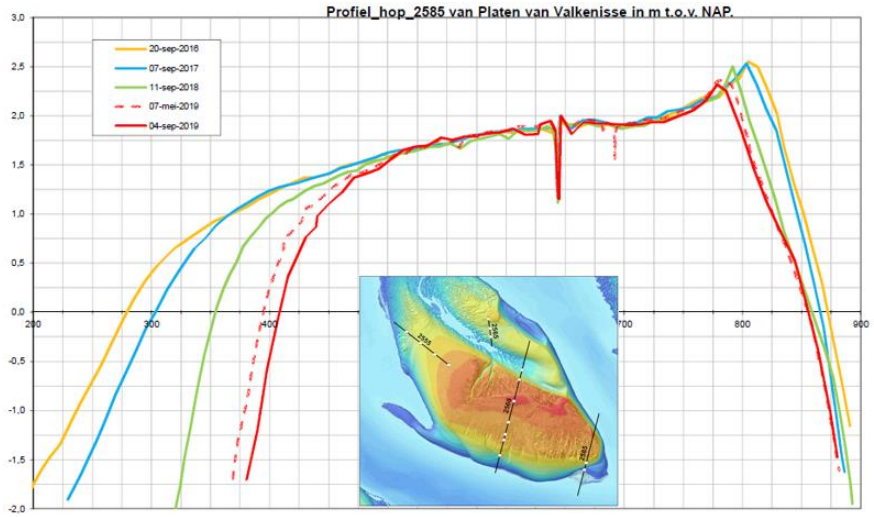
dit gedeelte terug toegenomen nadat het tussen 2015-2017 stabiel gebleven was. Boven NAP is er tussen 2015 en 2019 ook sedimentatie waargenomen.



Figuur 6-38: RTK-raai 2560 op de Plaat van Walsoorden (Jentink *et al.*, 2020).

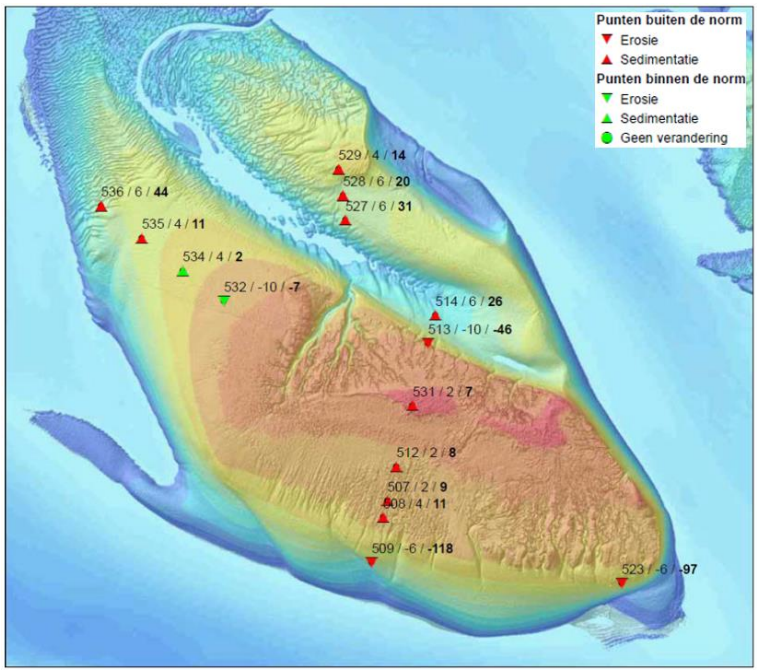
Centraal op de plaat laat RTK raai 2560 zien dat er beperkte ophoging is (Figuur 6-38). De raai toont sinds 2000 een terugwijkende zuidelijke plaatrand, waar het erosief karakter tussen 2014-2015 al eerder aangetoond werd in vorige datarapportages (IMDC, 2017a). Nadat er in 2016 nog erosie plaatsvond 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, lichte sedimentatie aan de bovenkant en erosie aan de onderkant. 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 verhoogd door sedimentatie. 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 2590 sinds 2016 niet meer op de plaat gelegen is en niet meer wordt opgemeten. Sinds 2016 wordt raai 2585 opgemeten, die iets naar het westen ligt (Figuur 6-39). In 2018 en 2019 is de erosie, die in de rapportageperiode 2016-2017 al opgemerkt en vermeld werd, verder gezet op zowel de noordelijke en zuidelijke plaatrand. 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.



Figuur 6-39: RTK-raai 2585 op de Plaat van Walsoorden (Jentink *et al.*, 2020).

De RTK meetpunten geven de evoluties ook op langere termijn weer. De erosie aan de oostelijke punt treedt op vanaf 2012, zoals te zien was op Figuur 6-39, waardoor de oorspronkelijke meetpunten 501-506 niet meer op de plaat liggen. Meer naar het westen bij meetpunt 523 is vooral aan de zuidkant sterke erosie te zien (zoals aangetoond in Figuur 6-39), 97 cm per jaar (Figuur 6-40), wat buiten de norm valt en ongeveer 30 cm meer erosie is ten opzichte van 2017. Aan de noordwestelijke plaatpunt zijn grote veranderingen zichtbaar die buiten de norm liggen. De meest noordwestelijke punten sedimenteren sterk, met 44 en 11 cm per jaar. Op het centrale deel van de Plaat van Walsoorden (507-514) vindt vooral sterke sedimentatie (tussen 7 en 26 cm per jaar) buiten de norm plaats, behalve bij 509 (zuidelijke plaatrand) en 513 (noordelijke plaatrand) waar sterke erosie plaatsvindt (118 en 46 cm per jaar respectievelijk). Op de noordelijke zandtong (527-529) vindt sedimentatie plaats van 14 tot 31 cm per jaar.



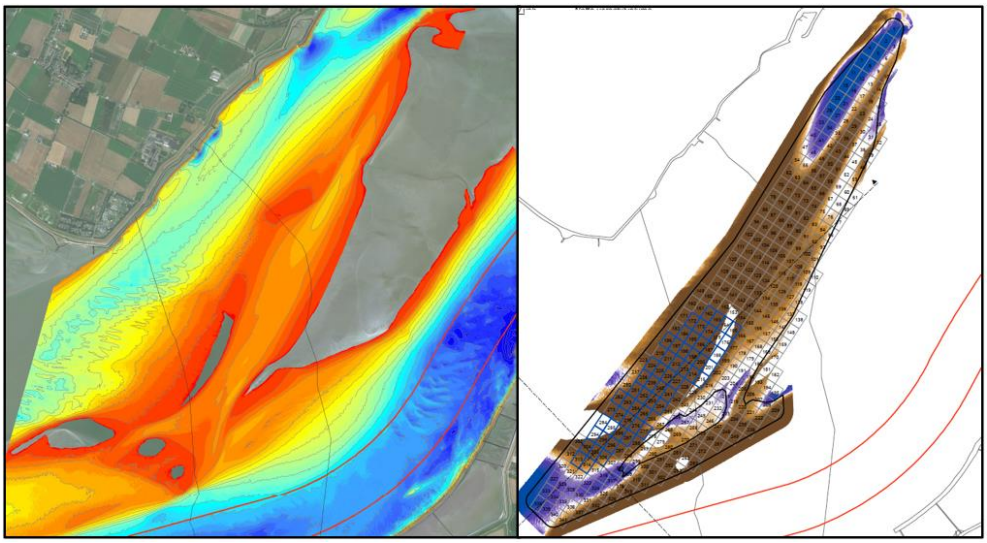
Figuur 6-40: Sedimentatie / erosie in de RTK meetpunten van de Plaat van Walsoorden voor de 2de helft van 2019 (Jentink *et al.*, 2020).

Rug van Baarland

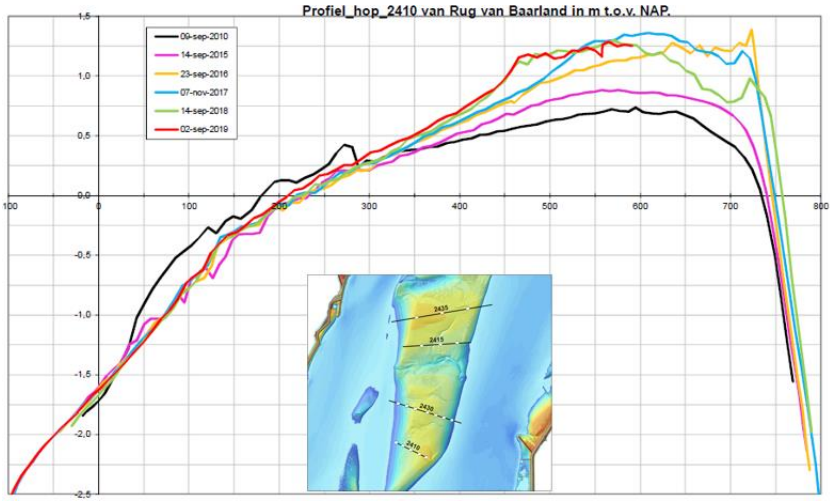
Het plaatrandstortvak Rug van Baarland is gelegen langs het Middelgat. Het werd enkel in de eerste twee vergunningsjaren als stortvak ingezet, in verband met bezorgdheid over de autonome sedimentatie die in het Middelgat zou leiden tot een te sterke afname van het nevengeulvolume.

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 Mm^3 sediment gestort, en 12,6 Mm^3 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 6-41). Dichter naar de plaatrand is de sedimentatie zeer beperkt of zelfs afwezig. Lokaal is erosie zichtbaar, langs het Gat van Ossenisse en aan de buitenzijde van de noordelijke zandtong.

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.



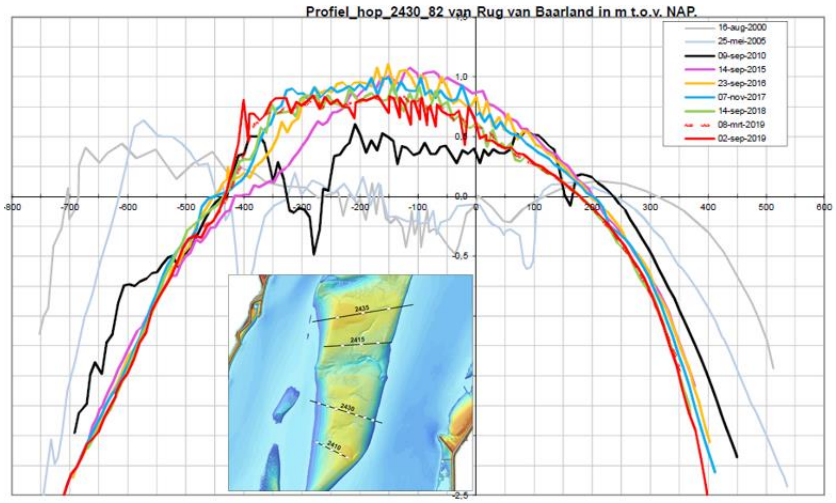
Figuur 6-41: Bathymetrie van plaatrandstortvak Rug van Baarland (mei 2019) en de verschilkaart met 2010. Blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.



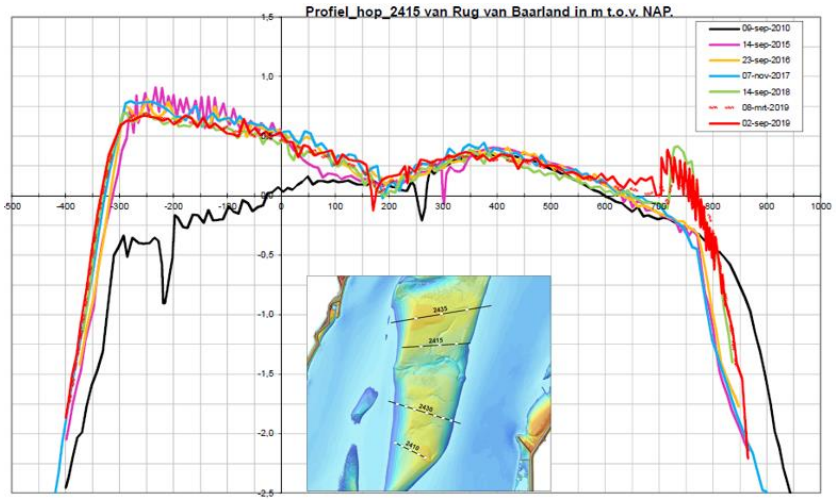
Figuur 6-42: RTK-raai 2410 op de Rug van Baarland (Jentink *et al.*, 2020).

Op de plaat zelf vindt zowel erosie als sedimentatie plaats, zoals te zien is in de RTK raaien. Raai 2410 op het zuidelijk deel van de plaat vertoont erosie in het westen en sedimentatie in het oosten (Figuur 6-42). Sinds 2015 is de sedimentatie aan de oostkant hier sterk toegenomen, waarbij deze het hoogste was in 2017. In 2018 is de sedimentatie ook meer naar het westen verschoven, waardoor ook het centrale deel van de plaat in hoogte toeneemt. De westkant van de plaat is hier de laatste jaren vooral stabiel gebleven.

Verder naar het noorden op de plaat vindt erosie van de oostelijke plaatrand plaats (Figuur 6-43) door de Overloop van Hansweert. Het erosief karakter heeft zich na 2015 tot 2019 voortgezet. Aan de andere kant van de plaat heeft de erosie aan de westelijke kant zich gestabiliseerd na 2015 maar vertoont de plaat over het algemeen een versmalling en daarnaast een verhoging (Figuur 6-43).



Figuur 6-43: RTK-raai 2430 op de Rug van Baarland (Jentink *et al.*, 2020).

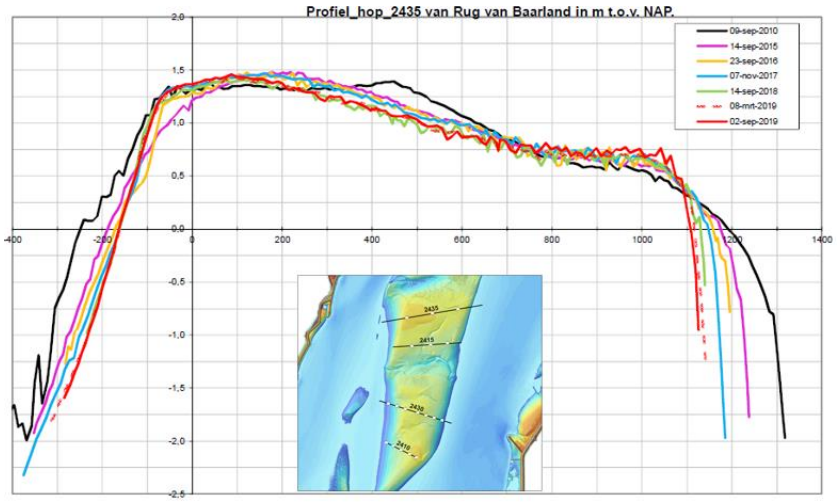


Figuur 6-44: RTK-raai 2415 op de Rug van Baarland (Jentink *et al.*, 2020).

Raai 2415 (Figuur 6-44) vertoont hetzelfde karakter als raai 2430 voor de oostelijke plaatrand, voornamelijk erosie. Maar nadat in 2017 het profiel steiler geworden was, ten opzichte van 2010, is het in 2018 en 2019 sterk gesedimenteerd, vooral boven de -0.5 m NAP. Over het algemeen is de steilheid niet sterk veranderd aangezien sedimentatie heeft plaatsgevonden over de gehele helling. Raai 2415 vertoont sinds 2010 een sterke ophoging en uitbreiding van de westelijke plaatrand, die zich de laatste jaren

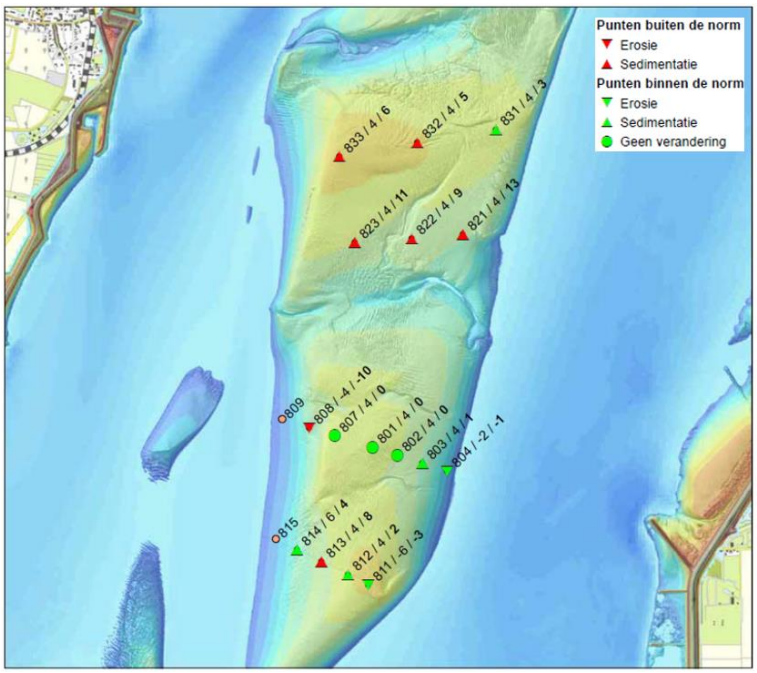
steeds naar het oosten heeft uitgebreid. Ten opzichte van 2017 vertonen de recentere metingen (2018 en 2019) lichte erosie op de westelijke helft van de plaat.

Ook op de meest noordelijke RTK raai (2435, Figuur 6-45) is erosie te zien aan zowel de oostelijke als westelijke plaatrand, wat uiteindelijk leidt tot een versmalling van de plaat en steilere plaatranden. De hoogteligging van de plaat zelf is stabiel gebleven sinds 2010.



Figuur 6-45: RTK-raai 2435 op de Rug van Baarland (Jentink *et al.*, 2020).

De RTK meetpunten ondersteunen dit gevarieerde beeld. Sedimentatie overheerst op de plaat, maar aan de zuidoostrand vind erosie plaats (Figuur 6-46), 1 tot 3 cm per jaar. Op het zuidelijk gedeelte van de plaat vindt zowel erosie als sedimentatie binnen de norm plaats, behalve voor meetpunten 808 en 813 waar respectievelijk een verandering van 10 en 8 cm per jaar gemeten werd. In het noordelijk gedeelte van de plaat vindt sterke sedimentatie buiten de norm plaats, behalve bij meetpunt 831 waar deze binnen de norm valt. De sedimentatie varieert tussen de 3 en 13 cm per jaar op de noordelijke helft van de plaat.



Figuur 6-46: Sedimentatie / erosie in de RTK meetpunten van de Rug van Baarland voor de 2de helft van 2019 (Jentink *et al.*, 2020).

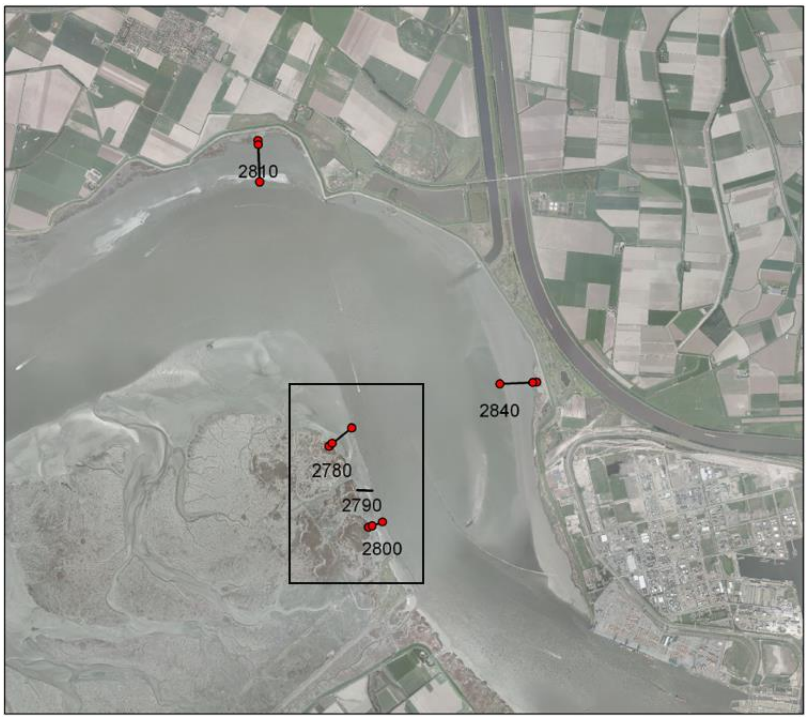
6.2.2 Schorranderosiemetingen (Westerschelde)

Jaarlijks worden raaimetingen uitgevoerd door Rijkswaterstaat op raaien loodrecht op de schorrand. Uit deze raaimetingen wordt ook de positie van de schorrand afgeleid. De metingen worden voorgesteld in twee soorten grafieken (Jentink *et al.*, 2020). Ten eerste worden de hoogtemetingen zelf weergegeven, met op de y-as de hoogte in NAP (bijv. Figuur 6-48). Voor de leesbaarheid van de grafiek is ervoor gekozen om alleen metingen vanaf 2000 te presenteren.

Bij locaties waar een duidelijk schorklif aanwezig is, wordt nog een tweede soort grafiek weergegeven (bijv. Figuur 6-49). Hierin wordt de ligging van het schorklif ten opzichte van het raainulpunt weergegeven. Uit iedere meting wordt bepaald wat de afstand van het raainulpunt is naar het klif en deze afstand wordt per jaar weergegeven in de grafiek (in groen). In het voorbeeld wordt de afstand vanaf het nulpunt tot de hoogte +0,5 m NAP en +1,5 m NAP bepaald. Dit zijn de lichtblauwe lijnen. Merk op dat deze controlepunten per locatie kunnen verschillen (bijv. +1 m NAP en 0 m NAP). De dikke blauwe lijn is het gemiddelde van beide bepalingen en geeft de ligging weer van de zone tussen beide controlepunten (hier +1,5 m NAP en +0,5 m NAP). Dit is een maat voor de ontwikkeling van het voorland. Als de blauwe lijn gelijk blijft is het slik stabiel; stijgt de blauwe lijn verder van het nulpunt dan sedimenteert het slik; en daalt de blauwe lijn richting het nulpunt dan erodeert het slik.

In Jentink *et al.* (2020) worden de schor-slikprofielen van de verschillende locaties langs de Westerschelde gepresenteerd. De ligging van de profielen is hier ook in aangeduid. In de volgende paragrafen worden de waargenomen ontwikkelingen in de verschillende slik- en schorgebieden besproken, in stroomafwaartse richting.

Land van Saeftinghe



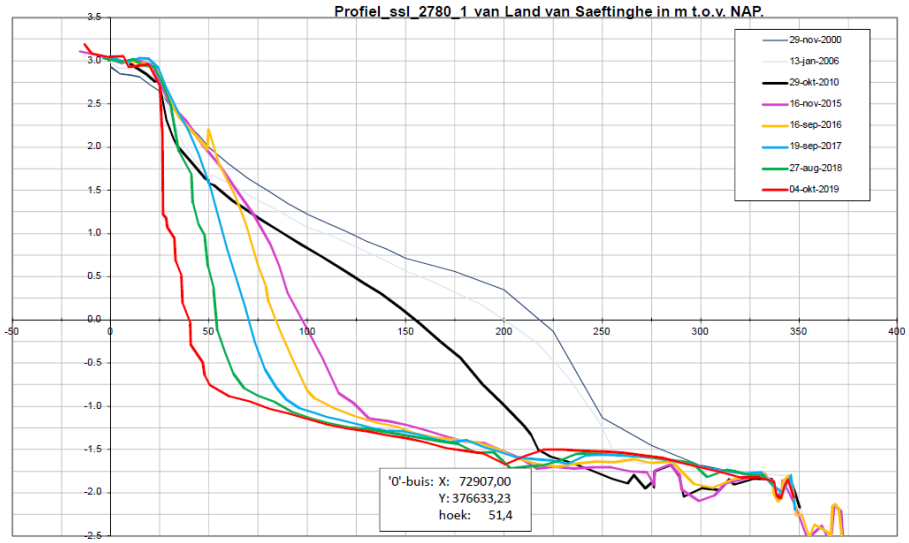
Figuur 6-47: Ligging profielen ter hoogte van het Land van Saeftinghe (Jentink *et al.*, 2020).

De schorranden bij het Land van Saeftinghe (Figuur 6-47) vertonen allen erosie (Figuur 6-48 tot Figuur 6-51), de erosieve trend uit de vorige rapportage periode is verder gezet. De helling van het slik wordt steiler, waardoor de oppervlakte van het slik afneemt. Profiel 2780 had van 2000 tot 2010 een convex-concave vorm, maar is sinds 2015

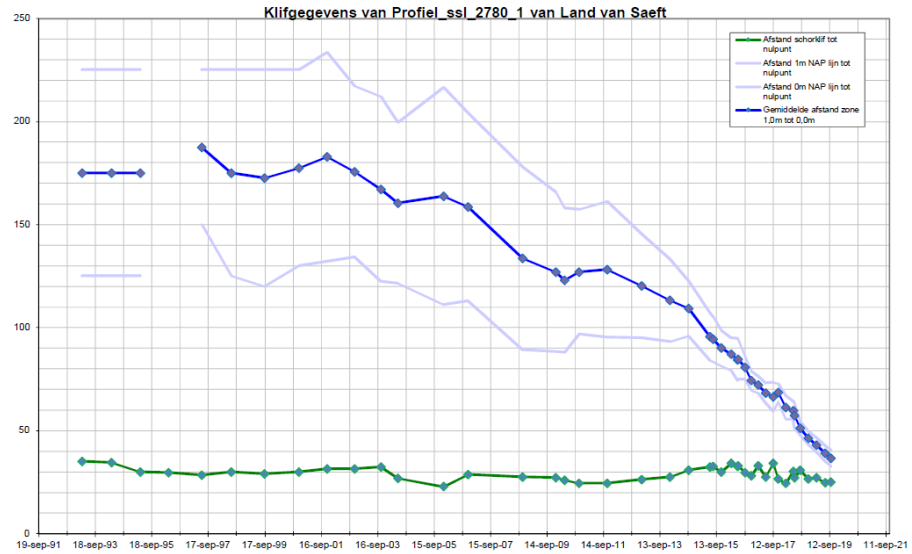
geëvolueerd naar een concave vorm (Figuur 6-48). Hierbij trekt het slik zich sterk terug tussen -1,5 m en +1,5 m NAP en wordt de helling van het slik steeds steiler. Dit proces zet zich ook de laatste jaren nog voort, waarbij duidelijk te zien is hoe het rode profiel inwaarts erodeert en de blauwe lijn in Figuur 6-49 daalt. De sedimentatie tussen ongeveer +2 m tot +3 m NAP is gestopt, de hoogte van het schor blijft stabiel.

Profiel 2800 vertoont ook een erosief profiel, maar in mindere mate (Figuur 6-50). Ook hier is nu een verticale klif aanwezig aan de schorrand tussen +1,25 m en +3 m NAP. De laatste jaren heeft vooral erosie plaatsgevonden van het profiel tussen +1,25 m en +3 m NAP en -1 m en -2 m NAP, wat resulteert in een steiler slikprofiel ten opzichte van 2017. De hoogte van het schor blijft hier stabiel.

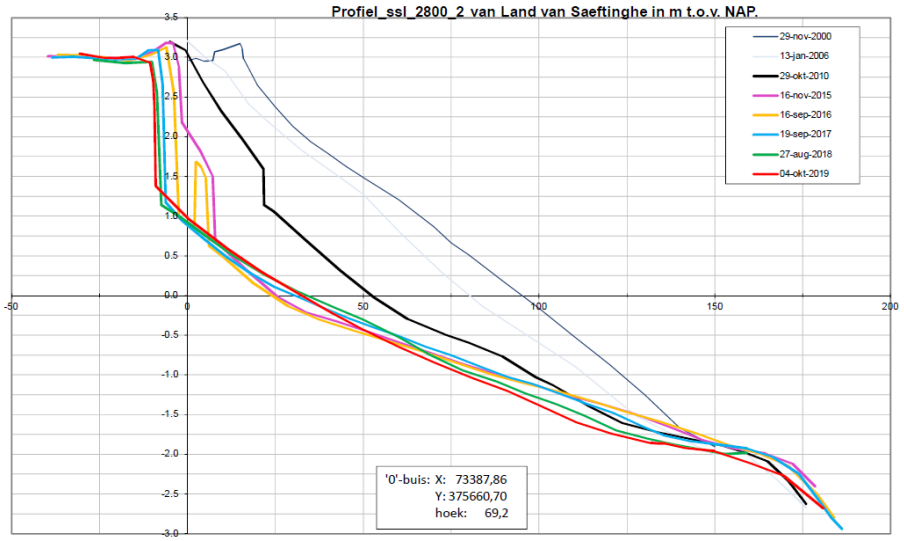
De dalende lijnen in de klifgrafieken (Figuur 6-49 en Figuur 6-51) geven ook duidelijk aan dat de oostelijke rand van het Land van Saeftinghe sterk erosief is. Dit bevestigt de bevindingen uit de bathymetrische verschilkaarten uit sectie 6.1.1.



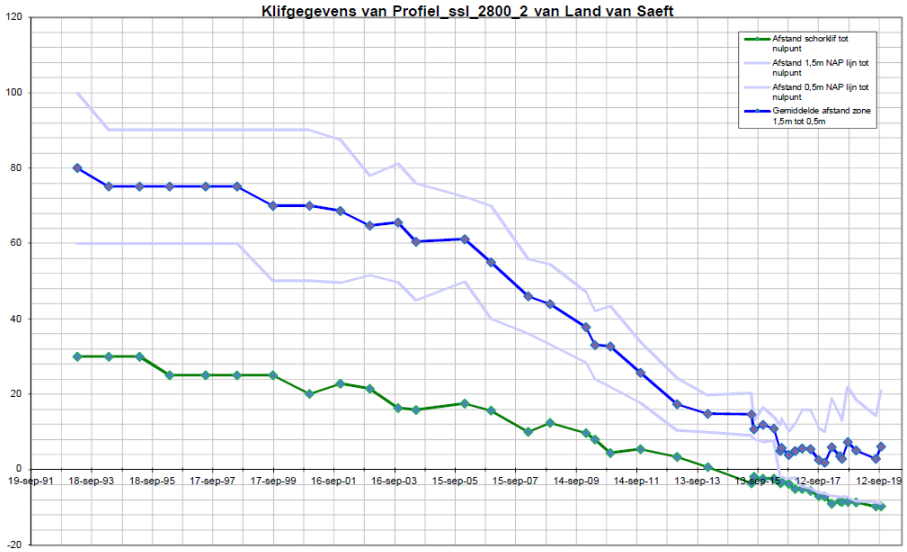
Figuur 6-48: Schor-slikprofiel 2780 van Land van Saeftinghe (Jentink *et al.*, 2020).



Figuur 6-49: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1,0 m NAP en 0 m NAP voor profiel 2780 van Land van Saeftinghe (Jentink *et al.*, 2020).

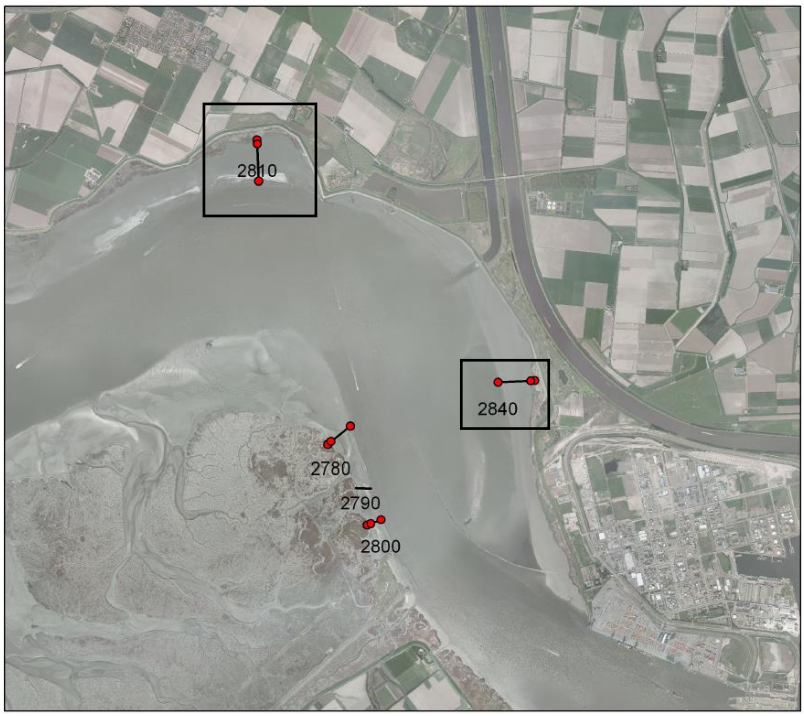


Figuur 6-50: Schor-slikprofiel 2800 van Land van Saeftinghe (Jentink *et al.*, 2020).



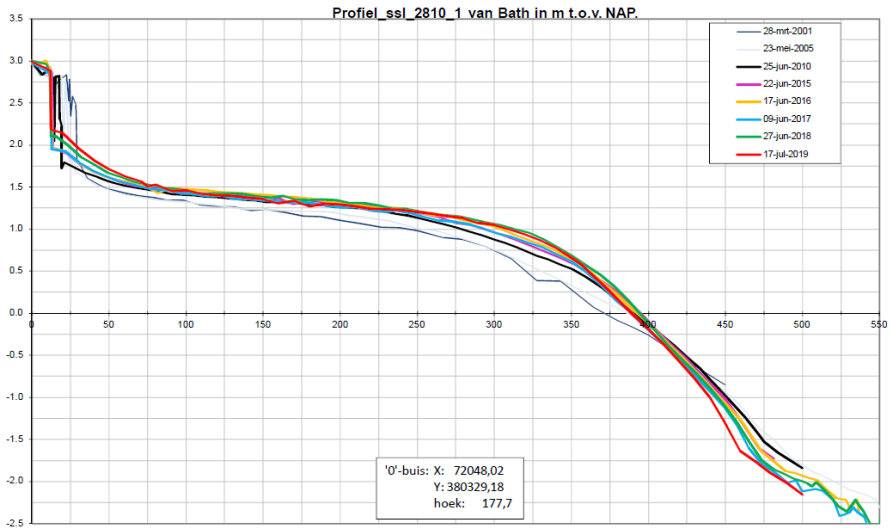
Figuur 6-51: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1,5 m NAP en 0,5 m NAP voor profiel 2800 van Land van Saeftinghe (Jentink *et al.*, 2020).

Bath – Appelzak



Figuur 6-52: Ligging profielen ter hoogte van Bath (Jentink *et al.*, 2020).

De schorrandprofielen bij Bath (Figuur 6-52) zijn relatief stabiel (Figuur 6-53), in vergelijking van de oostelijke rand van het Land van Saeftinghe. Het slik vertoont lichte sedimentatie ten opzichte van 2001, wat bij profiel 2810 voornamelijk tussen 2005 en 2010 plaats lijkt te hebben gevonden. De laatste jaren is het profiel vrij stabiel gebleven en liggen de profielen nauw bij elkaar, maar de voet van het schorrand is opgehoogd ten opzichte van 2017 door sedimentatie rond de +2 m NAP lijn, het slikprofiel is opgehoogd rond de +1 m NAP lijn en onder de 0 m NAP lijn heeft erosie plaatsgevonden waardoor het voorland steiler geworden is. Daarnaast heeft de schorrand zich teruggetrokken sinds 2010, maar ook dit blijft de afgelopen jaren stabiel. Bij profiel 2840 zijn zowel de schorrand als het slikprofiel stabiel, maar vindt er lichte erosie plaats tussen +1,5 m NAP en -1 m NAP.



Figuur 6-53: Schor-slikprofiel 2810 van Bath (Jentink *et al.*, 2020).

Waarde

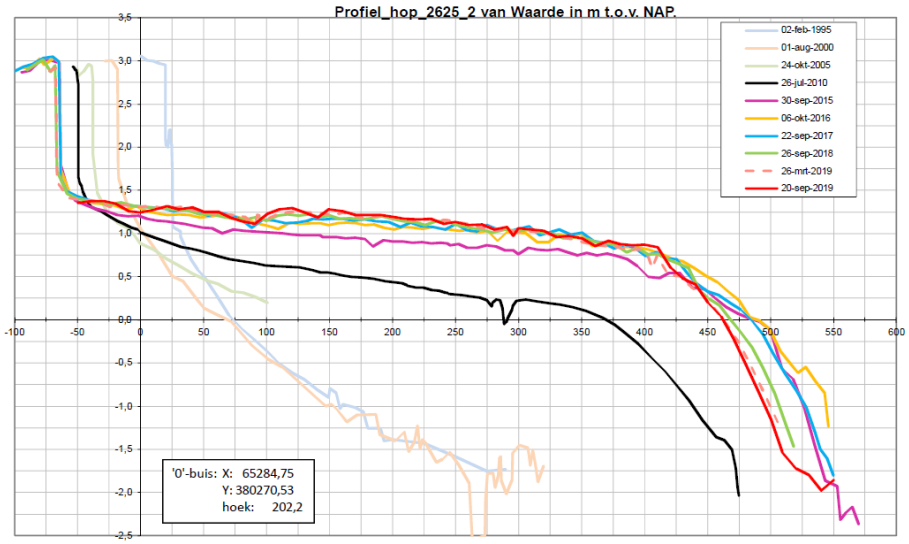


Figuur 6-54: Ligging profielen ter hoogte van Waarde (Jentink *et al.*, 2020).

Profiel 2610 bij Waarde (Figuur 6-54) vertoont door de jaren heel veel variatie met sterke erosie en sedimentatie (niet getoond). De laatste jaren is het profiel echter redelijk stabiel. Tussen 2010 en 2014 vond een sterke terugtrekking van de schorrand plaats door de aanwezigheid van een geul, maar sindsdien zijn zowel de schorrand als het schorklif stabiel gebleven. Het slik voor de schorrand is sinds 2000 sterk gesedimenteerd en uitgebreid. Ten opzichte van 2017 heeft er vooral sterke sedimentatie van het slik plaatsgevonden onder de 0 m NAP lijn.

Profiel 2625 laat ook sterke sedimentatie en verbreding van het slik zien sinds 2000 (Figuur 6-55). Het slikprofiel is over het algemeen stabiel gebleven over de voorgaande jaren, alleen heeft er op de slikrand de laatste jaren erosie plaatsgevonden wat de helling steiler maakt. Tegelijkertijd is de schorrand teruggeschreden, maar ook dit is sinds 2014 stabiel net als de hoogte van het schorklif.

Het slik bij profiel 2650 is in tegenstelling tot de andere profielen bij Waarde in hoogte afgenomen van 2000 tot 2015 (niet getoond). Sinds 2015 bleef het slikprofiel 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.



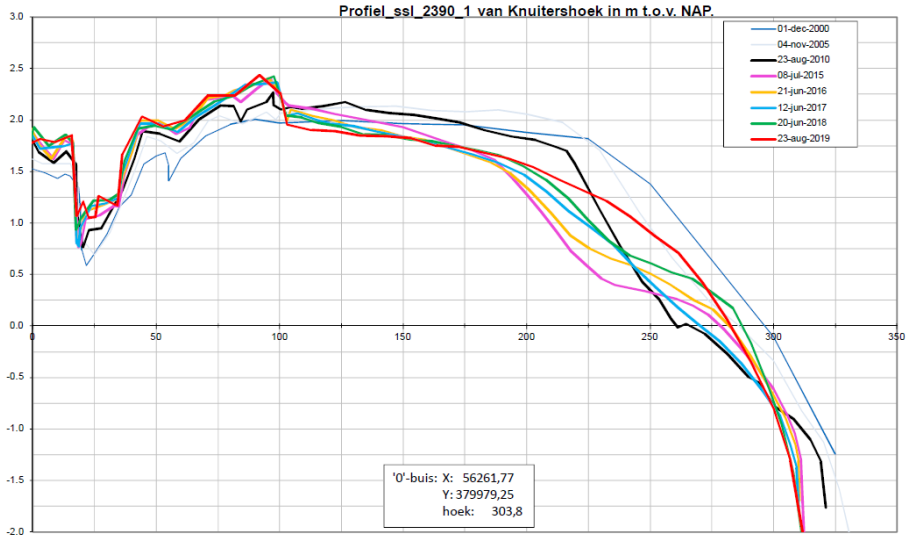
Figuur 6-55: Schor-slikprofiel 2625 van Waarde (Jentink *et al.*, 2020).

Knuitershoek (Ossenisse)



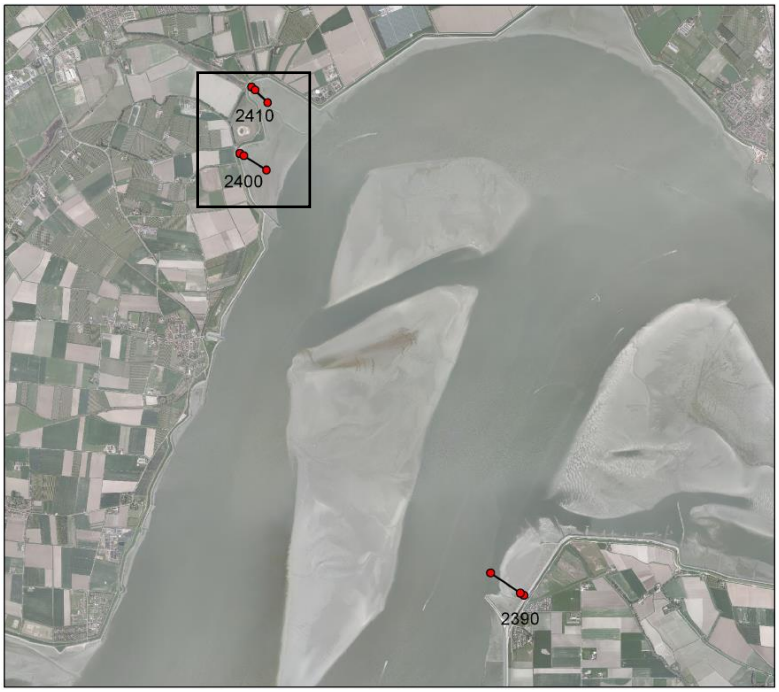
Figuur 6-56: Ligging profiel ter hoogte van Ossenisse (Jentink *et al.*, 2020).

Tot 2012 was bij het slik bij Ossenisse (Figuur 6-56) sprake van erosie tussen +0,25 m en +1,5 m NAP (IMDC, 2017a). Vervolgens bleef het slik hier stabiel, en tussen 2015 en 2019 heeft het slik zich weer uitgebreid (Figuur 6-57). Boven de +1,75 m NAP tot +2 m NAP is er recentelijk sprake van lichte erosie van het slik. Het laagste deel van het slik ondervond sedimentatie van 2010 tot 2018, maar is in 2019 weer lichtjes geërodeerd. Het schor groeit sinds 2005 beperkt aan.



Figuur 6-57: Schor-slikprofiel 2390 van Knuitershoek/Ossenisse (Jentink *et al.*, 2020).

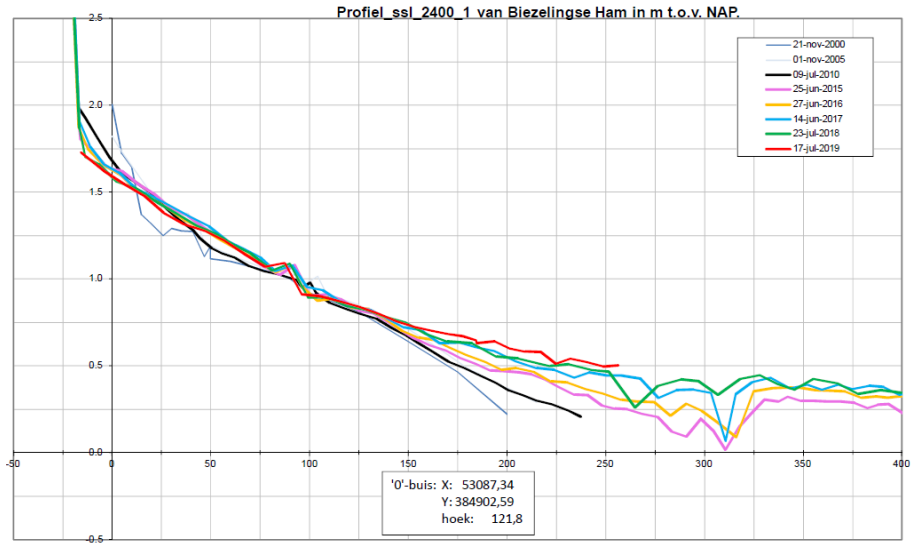
Biezelingse Ham



Figuur 6-58: Ligging profielen ter hoogte van Biezelingse Ham (Jentink *et al.*, 2020).

Het slik van profiel 2400 bij Biezelingse Ham (Figuur 6-58) sedimenteert in het laagste deel (onder +0,75 m NAP) sinds 2013 (Figuur 6-59). Boven +0,75 m NAP vindt er lichte erosie plaats. De schorrand is iets teruggetrokken van 2000 tot 2010, maar is de laatste jaren stabiel.

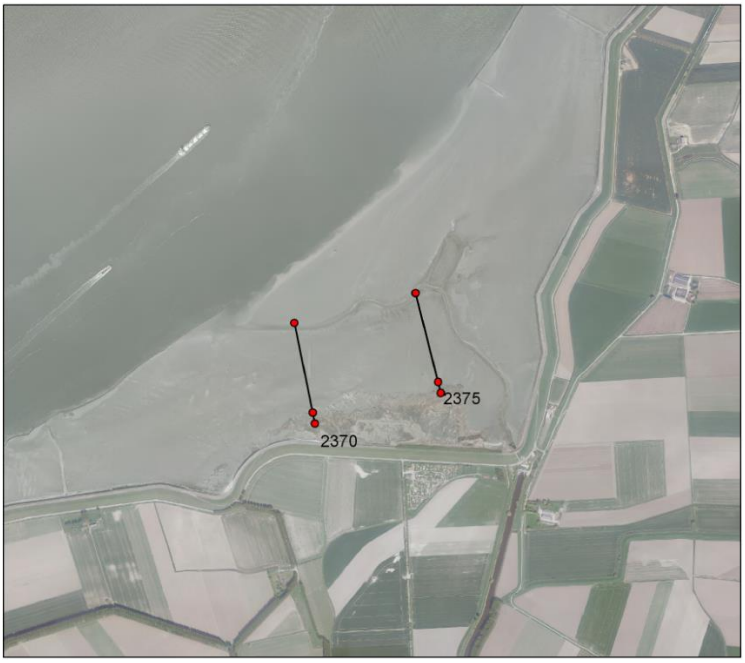
Bij profiel 2410 is de drempel die eerder aanwezig was sinds 2013 volledig verdwenen . Het slikprofiel is sindsdien stabiel. Op het slik zijn de geultjes quasi onveranderd gebleven en de drempels iets lager geworden.



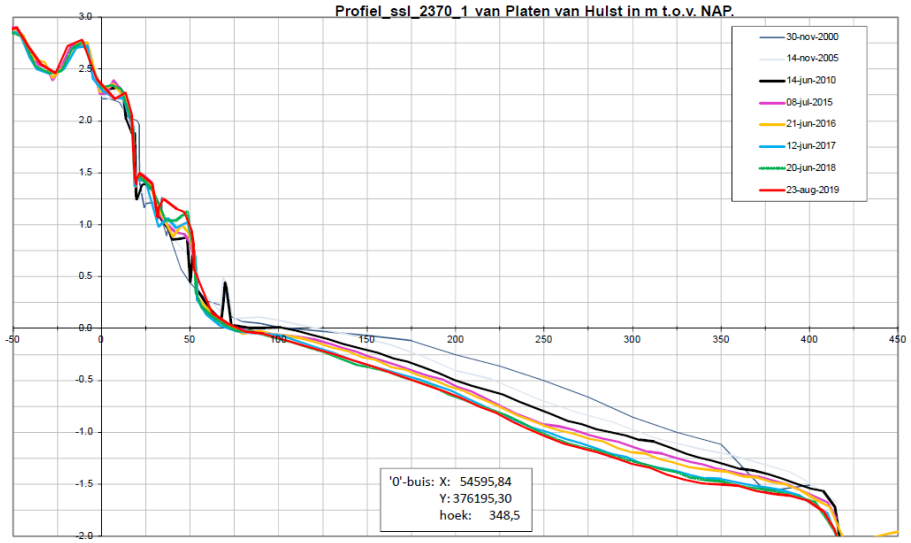
Figuur 6-59: Schor-slikprofiel 2400 van Biezelingse Ham (Jentink *et al.*, 2020).

Platen van Hulst

De profielen bij Hulst (Figuur 6-60) laten een algemene verlaging van het slikkengebied zien sinds 2000 (Figuur 6-61). Deze evolutie zet zich ook in de meest recente jaren nog altijd voort. De positie van de schorrand blijft daarentegen stabiel.

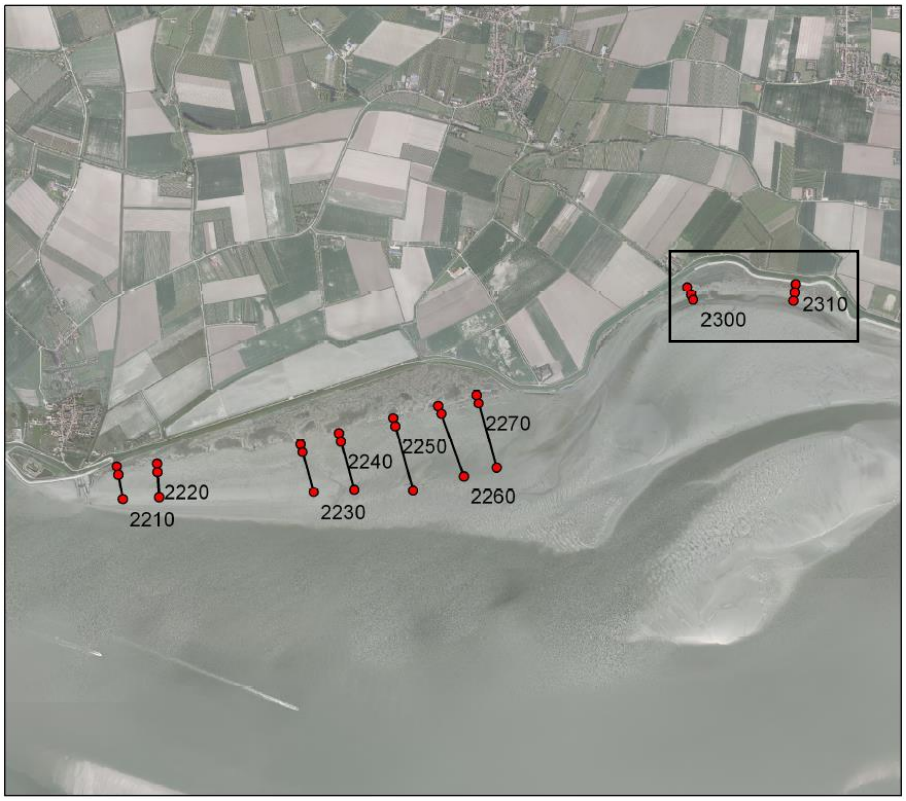


Figuur 6-60: Ligging profielen ter hoogte van Platen van Hulst (Jentink *et al.*, 2020).



Figuur 6-61: Schor-slikprofiel 2370 van Platen van Hulst (Jentink *et al.*, 2020).

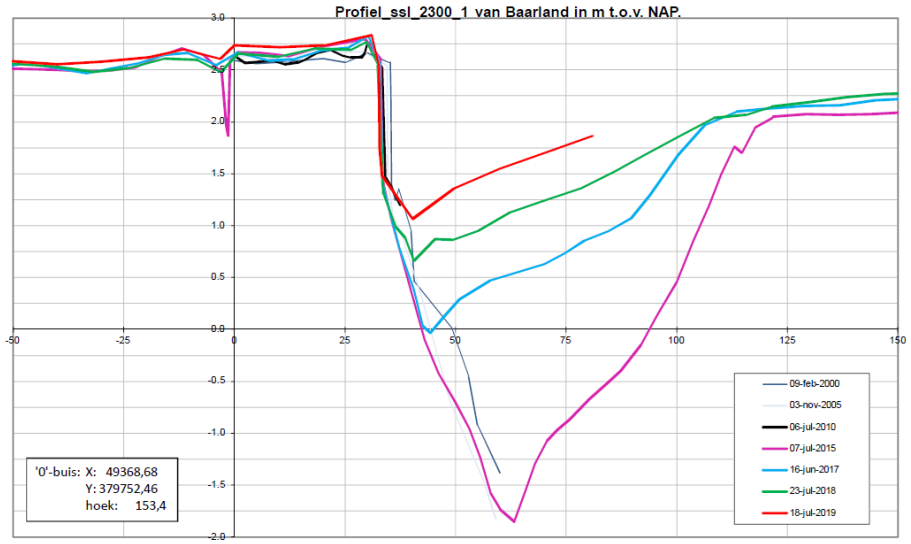
Baarland



Figuur 6-62: Ligging profielen ter hoogte van Baarland (Jentink *et al.*, 2020).

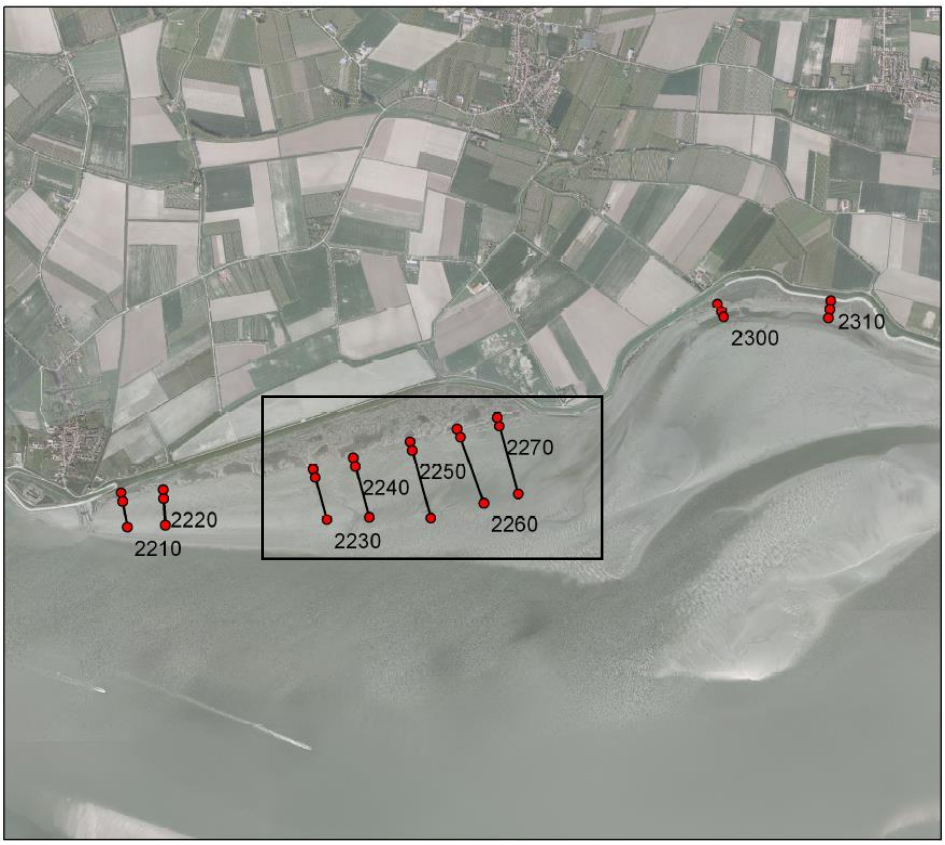
De profielen bij Baarland, ten oosten van de Zuidgors (Figuur 6-62), laten beide tussen 2015-2019 sterke sedimentatie van de geul en daarmee ophoging van het slik zien (Figuur 6-63). Eerder lag het diepste punt bij profiel 2300 rond de -1,75 m NAP en bij profiel 2310 op -1,25 m NAP. Dit is nu toegenomen tot respectievelijk +1 m NAP en +1,75 m NAP, wat ongeveer 1 m hoger is ten opzichte van de vorige voortgangsrapportage. Bij beide profielen is de bodem dus ongeveer 3 meter opgehoogd. Ook hoger op het slik heeft sedimentatie plaatsgevonden. De schorrand bij profiel 2300 vertoonde een

terugwijkende trend tot 2013 en is de laatste jaren stabiel. Bij profiel 2310 is de schorrand al sinds 2005 stabiel.



Figuur 6-63: Schor-slikprofiel 2300 van Baarland (Jentink *et al.*, 2020).

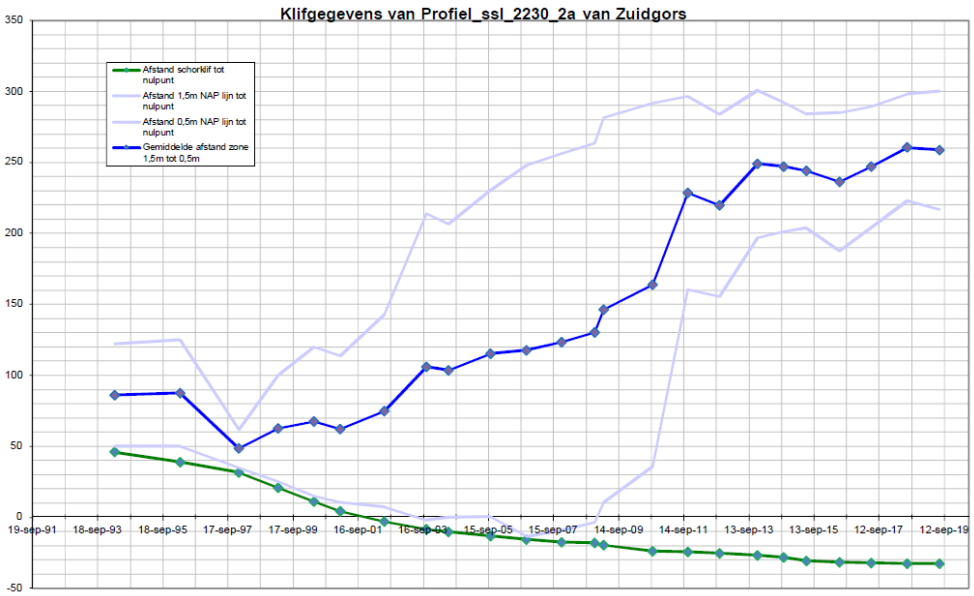
Zuidgors



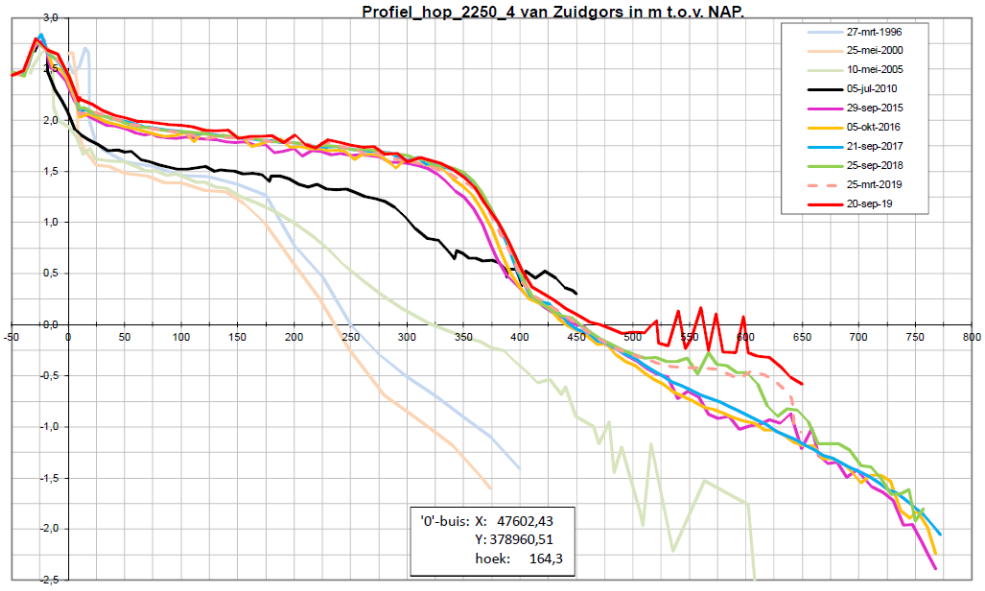
Figuur 6-64: Ligging profielen ter hoogte van Zuidgors (Jentink *et al.*, 2020).

De profielen op de Zuidgors (Figuur 6-64) laten consequent sedimentatie van het slik zien, waarbij een plateau wordt gevormd rond de +1,75 m NAP (Figuur 6-66). De westelijke profielen, 2210 en 2220, erodeerden aan het diepere gedeelte tot 2015. 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. De positie van de schorrand is stabiel gebleven, lichtjes opgehoogd, en het schorklif vertoont ook een stabiele trend. Profielen 2230 tot en met 2270 laten sinds lange tijd sedimentatie van het slik profiel zijn. In deze regio zijn er in 1992 als experimentele schorverdedigingen zes wiepen- en rijsthouten dammen aangelegd (Storm, 1994). Bij profiel 2250, bouwt de rand van het slikplateau uit en is er sprake van sedimentatie in het lager gelegen deel, wat in 2019 nog steeds het geval is. Bij profiel 2250 en 2270 is geen duidelijke klifrand meer aanwezig en verloopt de overgang van schor naar slik geleidelijk. Bij de overige profielen op de Zuidgors is een klifrand aanwezig die een terugtrekkende trend vertoont, maar sinds 2014 redelijk stabiel blijft (Figuur 6-65).



Figuur 6-65: Klifhoogte en gemiddelde afstand zone +1,5 m NAP en 0,5 m NAP voor profiel 2230 van Zuidgors (Jentink *et al.*, 2020).



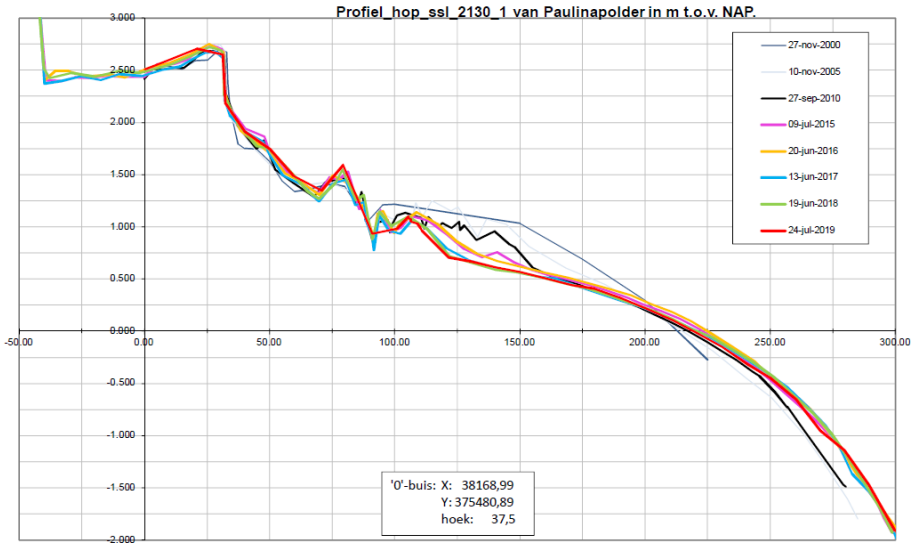
Figuur 6-66: Schor-slikprofiel 2250 van Zuidgors (Jentink *et al.*, 2020).

Paulinapolder

Het westelijk gelegen profiel 2130 bij Paulinapolder (Figuur 6-67) ondervond erosie van de slikken van 2000 tot 2012 (IMDC, 2017a), waarna het profiel vrij stabiel bleef tot 2016 (Figuur 6-68). Tussen 2016 en 2017 vond weer erosie plaats op de slikken. In het diepere gedeelte, onder 0 m NAP was daarentegen sprake van lichte sedimentatie. Sindsdien is het slikprofiel stabiel gebleven, naast de lichte sedimentatie tussen +1 m NAP en +2 m NAP. Zowel de schorrand als het schorklif zijn sinds 2000 al stabiel. Het slik bij profiel 2140 vertoonde lichte sedimentatie van 2000 tot 2016, maar is sinds 2017 stabiel. Ook de schorrand is sinds 2005 stabiel.



Figuur 6-67: Ligging profielen ter hoogte van Paulinapolder (Jentink *et al.*, 2020).



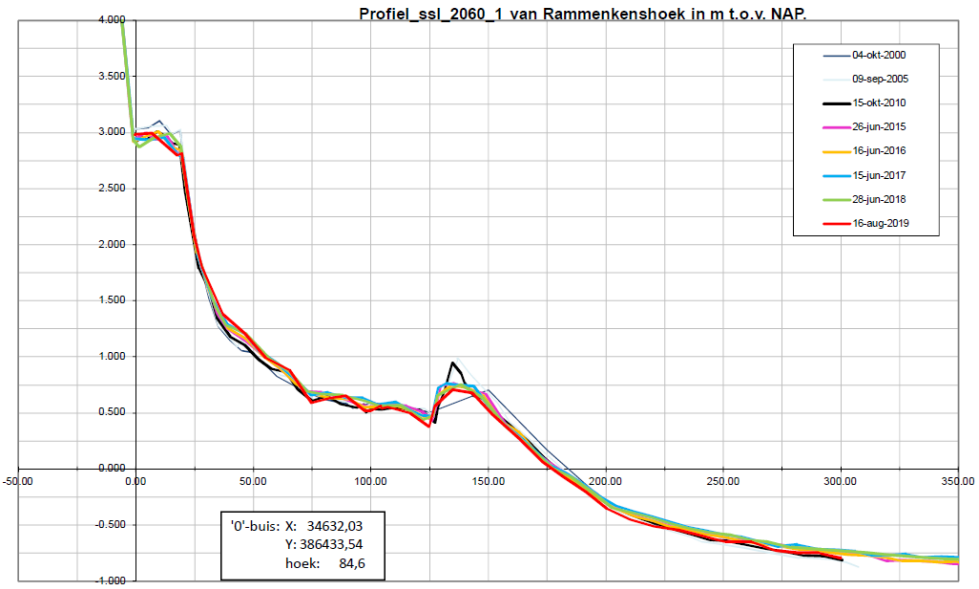
Figuur 6-68: Schor-slikprofiel 2130 van Paulinapolder (Jentink *et al.*, 2020).

Rammekenshoek



Figuur 6-69: Ligging profielen ter hoogte van Rammekenshoek (Jentink *et al.*, 2020).

De profielen van het slik bij Rammekenshoek (Figuur 6-69) laten over het algemeen lichte erosie zien (Figuur 6-70). Tussen +1 m NAP en +2 m NAP is er sprake van lichte sedimentatie. In het voorland is er sprake van erosie aan een drempel, die daarnaast ook een terugschrijdende trend vertoont. De hoogte van de drempel is de laatste jaren lichtjes afgenomen, maar de terugtrekking zet zich nog wel voort. Hierdoor wordt de lijzijde van de drempel steiler. Het schor is sinds 2005 licht geërodeerd, en ook de laatste jaren zet deze trend zich voort. De schorrand blijft daarentegen stabiel.



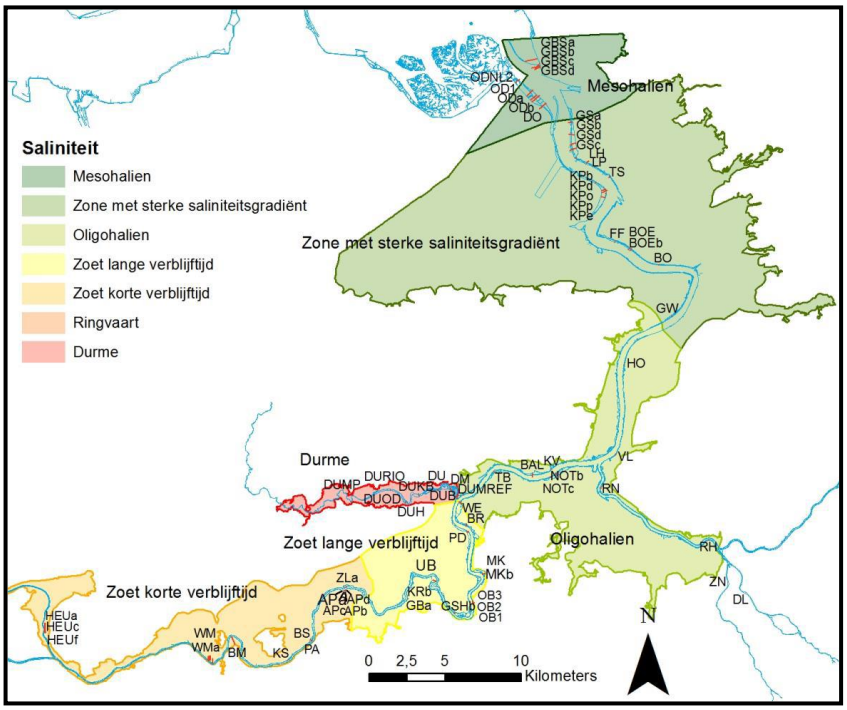
Figuur 6-70: Schor-slikprofiel 2060 van Rammekenshoek (Jentink *et al.*, 2020).

6.2.3 Schor-slikraaien Beneden-Zeeschelde

Jaarlijks wordt door het INBO in het kader van de MONEOS-monitoring langs de Zeeschelde vaste dwarsraaien op het schor en slik (Figuur 6-71) ingemeten om hoogteveranderingen in de tijd met een zo groot mogelijke verticale resolutie in kaart te brengen. In de Beneden-Zeeschelde zijn de schor-slikraaien ingemeten sinds 2008. Aangezien deze niet gericht waren op systeemmonitoring zijn in 2010 bijkomende MONEOS-raaien in de Beneden-Zeeschelde gekozen.

Naast de jaarlijks opgemeten raaien in het kader van de systeemmonitoring zijn in het verleden ook verschillende slik- en schorraaien gelopen in het kader van diverse onderzoeksprojecten op projectniveau. Deze raaien zijn niet standaard in de jaarlijkse meetcampagnes opgenomen maar worden op een lagere frequentie om de 2-3 jaar ingemeten (raaitype 'aanvullend') of ad hoc (raaitype 'optioneel').

In deze sectie worden alle raaien gerapporteerd waarvoor een vergelijking van het profiel tussen metingen op verschillende tijdstippen mogelijk is. Het gaat om de raaien (met afkortingen op Figuur 6-71): Groot Buitenschoor (GBS), Ouden Doel (OD), Paardeschor (DO), Galgeschoor (GS), Lillo-Haven (LH), Lillo-Potpolder (LP), Twaalf sluizen (TS), Ketenisse (KP), Boerenschans (BOE), Galgenweel (GW), en Hoboken (HO). Bij de bespreking wordt onderscheid gemaakt tussen hoog, middelhoog, en laag slik. Deze klassen worden bepaald op basis van droogvalduur, waarbij laag slik een droogvalduur heeft van minder dan 25 %, middelhoog slik 25-75 %, en hoog slik meer dan 75 % (Van Braeckel *et al.*, 2019).

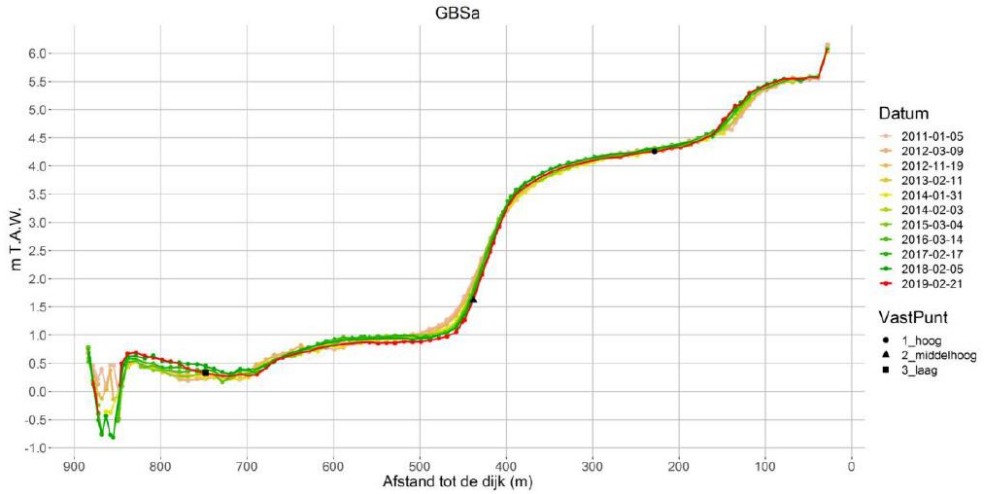


Figuur 6-71: Situering van de MONEOS-raaien in de Beneden-Zeeschelde (Van Braeckel *et al.*, 2019).

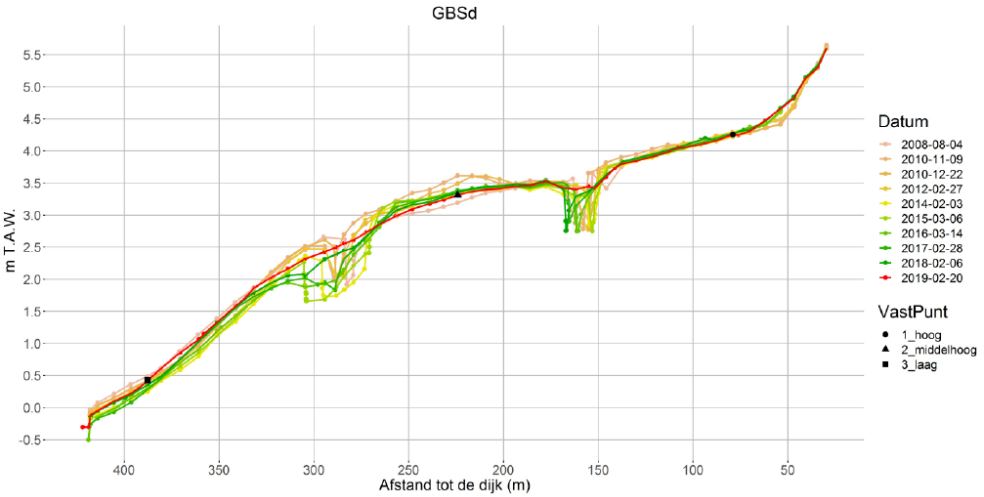
Groot Buitenschoor

Het profiel GBSa bij het Groot Buitenschoor is vrij stabiel in de periode 2011-2019 (Figuur 6-72). Op het pionierschor is sprake van sedimentatie waardoor de zone boven 4,5 m TAW opbolt. Het hoogste deel van het slik is stabiel, maar in de zone van 1,0 tot 3,25 m TAW trekt het profiel zich terug waardoor de overgang van hoog naar laag slik steiler wordt. Daarnaast wordt het lage slik vlakker door erosie in de hoge delen en

sedimentatie van de lage delen. De vloedgeul aan het eind van de raai is ten opzichte van 2011 verbreed en verdiept, maar dit zet zich de laatste jaren niet voort. Het laatste jaar werd vooral gekenmerkt door erosie langs het hele profiel. Profiel GBSd vertoont meer variatie, met name bij de aanwezige geulen (Figuur 6-73). Nadat de laagstgelegen kreek eerst breder en ondieper werd, is deze inmiddels beginnen sedimenteren in 2017 en is deze in 2019 volledig ingevuld en verdwenen. De hoger gelegen kreek behield een vergelijkbare vorm en bewoog tot 2018 in rivierwaartse richting (naar het westen) maar is sindsdien dicht gesedimenteerd, zoals de rode (2019 meting) lijn aantoont. Tussen 2008 en 2011 sedimenteerde het middelhoog slik hier, waarna tot 2014 erosie optrad en sindsdien is het slik stabiel. Het lage slik ondervindt de laatste jaren sedimentatie.

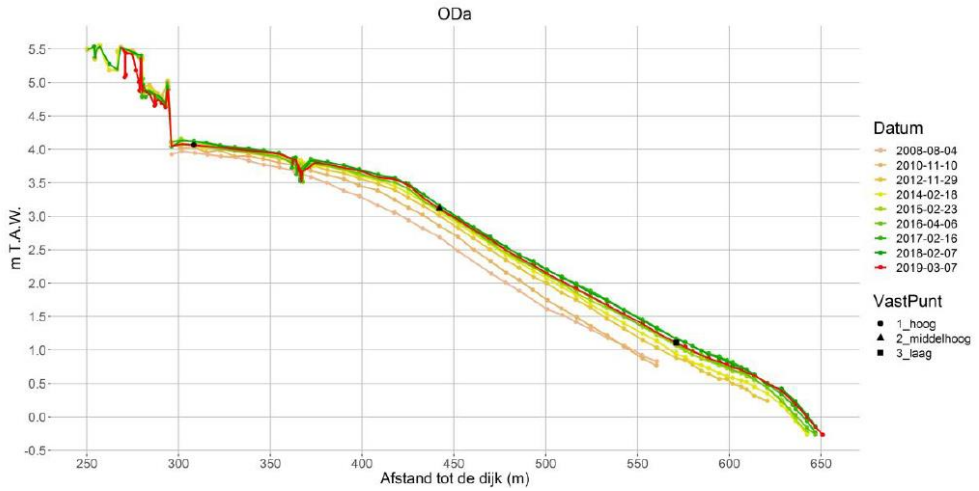


Figuur 6-72: Schor-slikprofiel GBSa op Groot Buitenschoor (Van Braeckel *et al.*, 2019).



Figuur 6-73: Schor-slikprofiel GBSd op Groot Buitenschoor (Van Braeckel *et al.*, 2019).

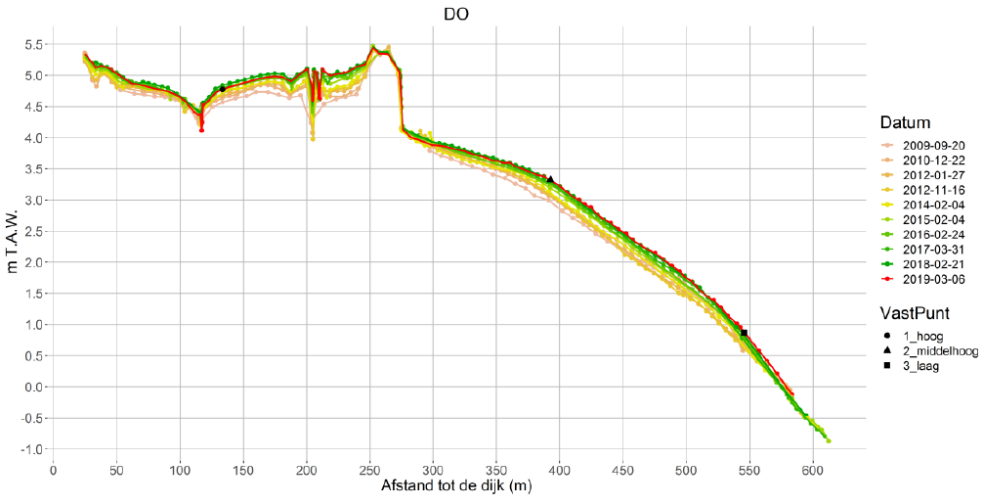
Schor Ouden Doel / Paardenschor



Figuur 6-74: Schor-slikprofiel ODa op Schor Ouden Doel (Van Braeckel *et al.*, 2019).

Het schorklif van het profiel Schor Ouden Doel (ODa) is sinds 2012 zeer stabiel (Figuur 6-74). Het slik sedimenteert systematisch vanaf 2008 over het gehele profiel en erodeert sinds 2017 weer. De kreek bovenin het slikprofiel heeft zich de afgelopen jaren verdiept en migreert lichtjes rivierwaarts.

Het Paardenschor (DO) en voorliggende slik vertonen sinds 2009 sedimentatie (Figuur 6-75). Dit is het geval op het schor, en het hoog en middelhoog en laag slik. Doch treedt er in 2019 erosie op, meer specifiek op het hoog slik in het ontpolderingsgebied. Het slikprofiel is hiermee steeds steiler geworden, aangezien de sedimentatie voornamelijk boven de 0 m TAW plaatsvindt, hieronder is het slik stabiel.

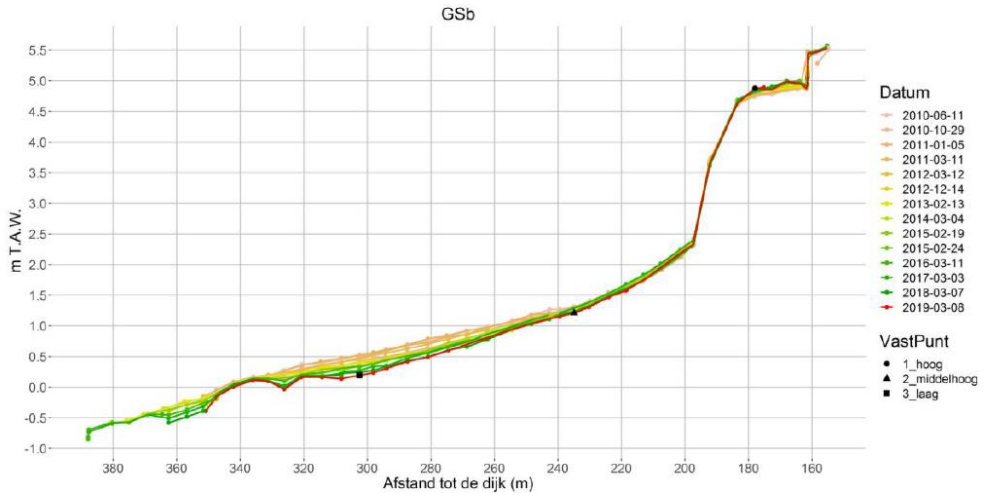


Figuur 6-75: Schor-slikprofiel DO op Paardenschor (Van Braeckel *et al.*, 2019).

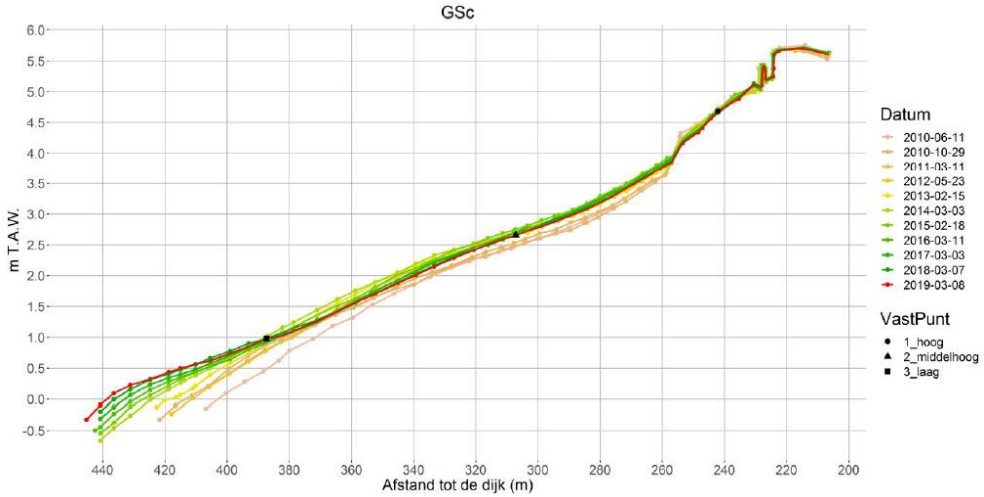
Galgeschoor

Het Galgeschoor is bij profiel GSb vrij stabiel (Figuur 6-76). De schorrand blijft op dezelfde plek liggen en het schor is stabiel in hoogte, waar beperkte sedimentatie plaatsvindt sinds 2010. De grootste veranderingen zijn zichtbaar op het laag slik, waar gestaag erosie voorkomt. Recent is ook op het middelhoog slik lichte erosie zichtbaar (tussen 1,5 en 2,5 m TAW). Ten zuiden hiervan, bij profiel GSc, is het hoog slik redelijk stabiel (Figuur 6-77). Het middelhoog slik sedimenteerde van 2011 tot 2015, waarna dit omsloeg naar een

erosieve trend, maar over de laatste jaren bleef deze vrij stabiel. Bij het laagslik is nog wel altijd sprake van een sedimenterende trend.



Figuur 6-76: Schor-slikprofiel GSb op Galgeschoor (Van Braeckel *et al.*, 2019).

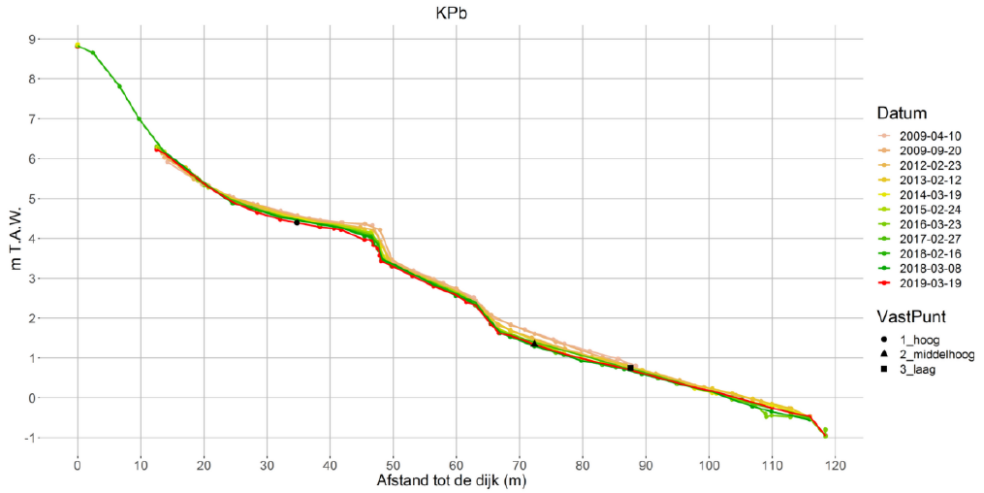


Figuur 6-77: Schor-slikprofiel GSc op Galgeschoor (Van Braeckel *et al.*, 2019).

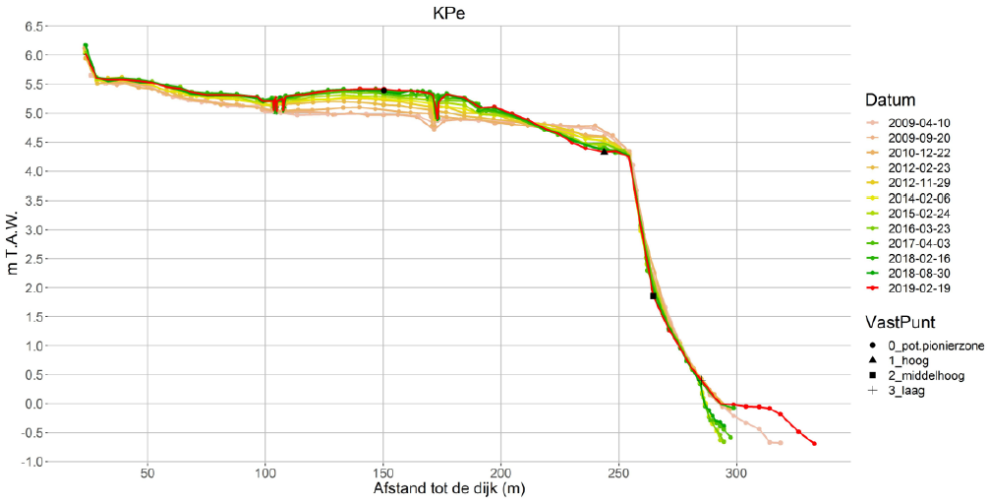
Ketenisse

Het profiel KPb bij Ketenisse vertoont systematische, lichte erosie (Figuur 6-78) van het gehele profiel. De erosie is het sterkst ter hoogte van een natuurlijke harde substraatlaag die rond de 48 m aanwezig is. Onderin het profiel was in 2015 sprake van sterke erosie, waarna afwisselend erosie en sedimentatie heeft plaatsgevonden, waarbij laatste jaar gekenmerkt wordt door sedimentatie.

Bij profiel KPe vindt er in de hogere delen in het ontpolderd gebied overwegend sedimentatie op (Figuur 6-79). In het gebied tussen +4.2 en +2 m TAW, hoog en middelhoog slik, treedt er lichte erosie op. Daarentegen erodeerde het laag slik sterk vanaf eind 2012 tot begin 2015. Tussen 2015 en 2019 is dit slik opnieuw aangegroeid en werd er in 2019 tegen de laagwaterlijn een sterke uitbreiding (ontstaan van een plaat) vastgesteld.



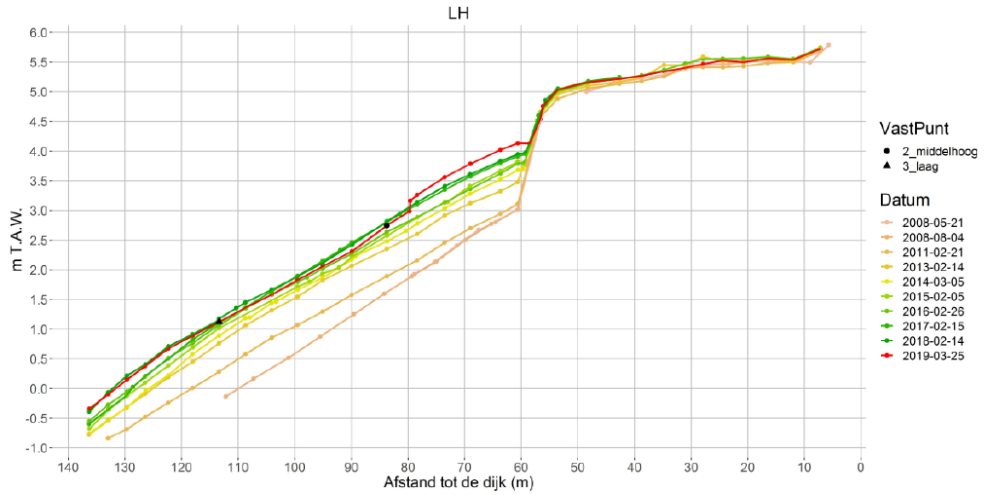
Figuur 6-78: Schor-slikprofiel KPb op Ketenisse (Van Braeckel *et al.*, 2019).



Figuur 6-79: Schor-slikprofiel KPe op Ketenisse (Van Braeckel *et al.*, 2019).

Lillo-Haven

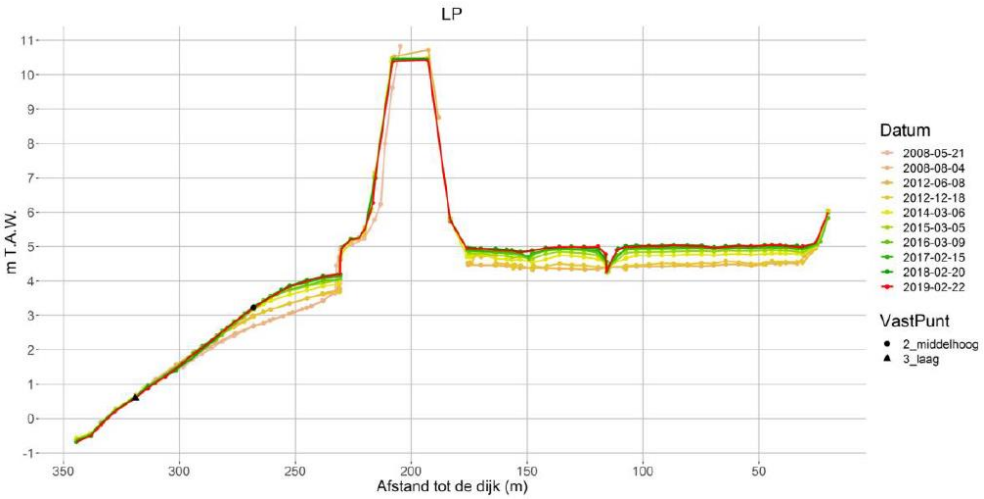
Bij profiel Lillo-Haven (LH) sedimenteert het slik onder het schor systematisch (Figuur 6-80). Sinds 2015 vlakt de sedimentatie sterk af tot een vrijwel stabiel profiel in 2018, maar in het voorbije jaar nam dit weer toe (60 - 80 m). Het afgelopen jaar wordt gekenmerkt door erosie tussen 80 en 120 m. Nabij de waterlijn (0 m TAW) sedimenteerde het lage slik sterk tot 2017 maar is het profiel sindsdien stabiel gebleven.



Figuur 6-80: Schor-slikprofiel LH op Lillo-Haven (Van Braeckel *et al.*, 2019).

Lillo-Potpolder

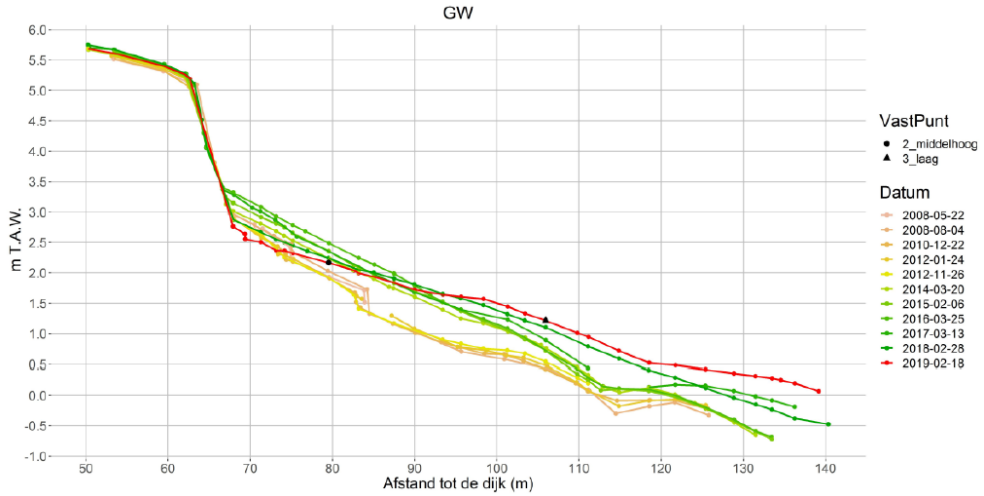
Het middelhoog en hoog slik (tot ~ 275 m) bij Lillo-Potpolder (LP) sedimenteerde sterk tussen 2008 en 2017 (Figuur 6-81). De hoogste sedimentatiesnelheden werden waargenomen tussen 2013 en 2015 en vervolgens vlakt de sedimentatie af. Bij de overgang van middelhoog naar laag slik erodeert het profiel sinds 2012. In de lage slikzone (315 - 344 m) is door erosie een harde veenlaag aan de oppervlakte gekomen, die aan de laagwaterlijn erodeert, maar sinds 2018 bleef het slik stabiel.



Figuur 6-81: Schor-slikprofiel LP op Lillo-Potpolder (Van Braeckel *et al.*, 2019).

Galgenweel

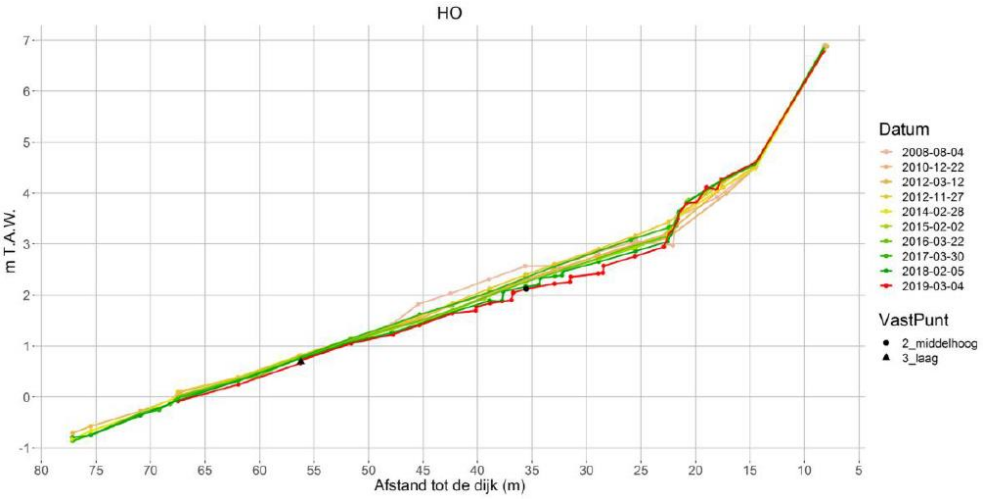
Het schor-slikprofiel op Galgenweel (GW) was tot 2012 erosief op het middelhoog slik (Figuur 6-82). Van 2012 tot 2014 heeft sterke sedimentatie plaatsgevonden op het volledige slik en deze trend heeft zich tot begin 2016 voortgezet. Hierna, van 2016 tot 2019, vindt erosie plaats van het hoog en middelhoog slik, terwijl het laag slik sedimenteert.



Figuur 6-82: Schor-slikprofiel GW op Galgenweel (Van Braeckel *et al.*, 2019).

Hoboken

Het hoog en middelhoog slik bij Hoboken (HO) vertoont het laatste jaar voornamelijk erosie (Figuur 6-83), 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. Over het algemeen is door deze tegengestelde trend is de schorrand de laatste jaren meer uitgesproken geworden. Het laag slik blijft vrijwel stabiel, mede door de aanwezigheid van een harde laag (substraatlaag).



Figuur 6-83: Schor-slikprofiel HO op Hobokense Polder (Van Braeckel *et al.*, 2019).

6.3 Integrale analyse meetpunten

Op de plaatranden worden op vastgelegde meetpunten tal van parameters gemonitord en gerapporteerd door Rijkswaterstaat (Jentink *et al.*, 2020). De campagnes worden twee maal per jaar, in maart en september, uitgevoerd.

De bodemhoogte wordt ingemeten in meters ten opzichte van NAP en is een gemiddelde van 15 RTK-metingen binnen een straal van 2 meter rond het theoretische punt (zie ook sectie 6.2.1). Vóór 2008 werd de hoogte vanaf een ligger tot de bodem bepaald met behulp van een duimstok. Deze stalen ligger was horizontaal geplaatst op verankerde RVS buizen.

De sedimentsamenstelling wordt geregistreerd door manuele lutumclassificatie op de punten waar een RTK hoogtemeting wordt uitgevoerd. Aan de hand van de veldmethode van Stiboka, wordt het percentage lutum geschat. Lutum is de fractie kleiner dan 2 µm. Jaarlijks wordt met behulp van 25 ijkmonsters de nauwkeurigheid van de schatting getoetst.

Op basis van visuele waarneming wordt vanaf 2008 een indicatie gegeven van de aanwezigheid van bodemleven. Hierbij wordt gekeken naar zichtbaar aanwezige sporen aan het oppervlak. Er is gekozen voor drie algemene en gemakkelijk in het veld waar te nemen soorten (wadpieren, Corophium (vlokreeften), en kokkels). Sinds 2009 wordt ook een algemene indruk van het bodemleven opgenomen.

De geomorfologische eenheid is bepaald op basis van veldkenmerken. Dit wordt sinds 2008 voor ieder punt genoteerd. Tabel 6-2 toont de verschillende eenheden die in de meetpunten voorkomen. Additioneel werd voor deze punten nagegaan tot welke ecotoopklasse ze behoren voor de jaren 2010, 2011, 2012, 2015, 2016, en 2018 op basis van de aangeleverde ecotopenkaarten. De ecotopenkaarten worden daarnaast geanalyseerd in sectie 6.7.

Bovenstaande metingen en waarnemingen zijn waardevol, omdat ze verschillende tijdreeksen van parameters combineren, die op vastgelegde meetpunten worden verzameld. Hierdoor kunnen spatio-temporele evoluties worden onderscheiden. De meeste waarde wordt gehecht aan de hoogtemetingen en eventuele monsternames. Visuele waarnemingen geven eerder een indruk dan een exacte hoeveelheid.

In wat volgt wordt een geïntegreerde benadering en synthese gebracht op basis van de figuren in Bijlage G. Eerst worden de verschillende parameters per punt (of groepen van punten) besproken gedurende de periode 2009-2019. Daarna volgt een ruimtelijke vergelijking van de waargenomen trends en ontwikkelingen.

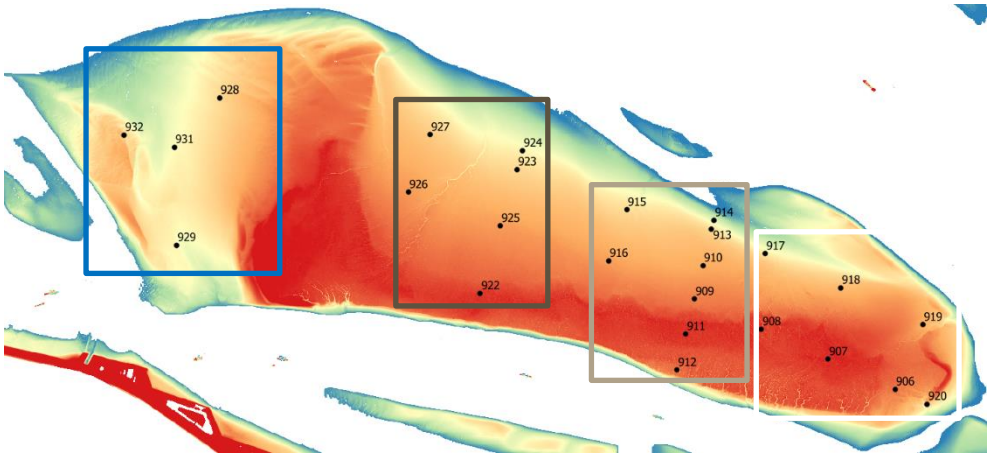
Tabel 6-2: Verklaring van de aanwezige geomorfologische eenheden

Geomorf. eeheid	Omschrijving
S1a	Schor, gesloten vegetatie (>50% bedekking), natuurlijke schorren
S2a	Schor, open vegetatie (<50% bedekking), primair schor (10%<bedekking<50%)
S2b	Schor, open vegetatie (<50% bedekking), pollen (<10% bedekking, >10 pollen/ha)
P1a1	Plaat/slik, laag dynamisch, vlak, zandig
P1a2	Plaat/slik, laag dynamisch, vlak, slibrijk
P1b	Plaat/slik, laag dynamisch, laag golvend reliëf
P2a	Plaat/slik, hoog dynamisch, laag golvend reliëf
P2b1	Plaat/slik, hoog dynamisch, megaribbels, 2-dimensionaal
P2b2	Plaat/slik, hoog dynamisch, megaribbels, 3-dimensionaal
P2c	Plaat/slik, hoog dynamisch, vlak
P3	Plaat/slik, open water (bodem onzichtbaar)

6.3.1 Hooge Platen West

In 2019 werden twee nieuwe meetpunten toegevoegd bij Hooge Platen West, punt 928 en 929 (Figuur 6-84). Bij het noordelijke punt 928 zijn tussen de twee metingen in 2019 weinig veranderingen zichtbaar. Op deze locatie is het percentage lutum laag, en is beperkt bodemleven aanwezig. De hoogte veranderde tussen maart en september 2019 vrijwel niet. Uit de ecotopenkaarten kan worden opgemaakt dat het ecotopentype tussen 2016 en 2018 wijzigde van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch

middenlitoraal. Voor het zuidelijke punt 929 zijn ook slechts beperkte veranderingen zichtbaar. Dit punt ligt in het laagdynamisch middenlitoraal, zowel in 2016 als in 2018, en heeft een hoger percentage lutum (8-17 %), de hoogteligging nam in 2019 beperkt toe. Het bodemleven is rijk, met veel kokkels en beperkte hoeveelheden wadpieren, maar geen vlokreeften (Corophium).



Figuur 6-84: Ligging van de meetpunten op de Hooge Platen. De meetpunten bij Hooge Platen West zijn blauw omkaderd. De meetpunten bij Hooge Platen Noord worden verdeeld in de westelijke punten (donkerbruin), de centrale punten (lichtbruin), en de oostelijke punten (wit).

De bodemhoogte van meetpunt 931 op Hooge Platen West nam tussen 2009 en 2016 sterk toe, met 60 cm, maar is sindsdien weer gestaag afgenomen met ca. 30 cm. Ondanks de verhoging van het meetpunt veranderde de geomorfologie eind 2013 van laagdynamisch naar hoogdynamisch, maar in 2018 wordt het punt weer als laagdynamisch geclassificeerd. Het lutumgehalte is, afgezien van enkele hogere waarnemingen in 2014, laag. Wadpieren en kokkels worden beperkt aangetroffen, terwijl corophium enkel in 2014 werden waargenomen. Bij het westelijke meetpunt 932 nam de bodemhoogte tot 2014 geleidelijk toe, maar desondanks evolueerde de geomorfologie in deze periode van laagdynamisch, via hoogdynamisch naar open water in 2013. Gedurende de periode van open water is een tijdelijke toename waar te nemen in het aantal kokkels en het bodemleven. In 2015 vond een sterke stijging van de bodemhoogte plaats en veranderde de geomorfologie weer naar hoogdynamisch. Sindsdien worden geen wadpieren meer waargenomen en wordt geen tot slechts sporadisch bodemleven aangetroffen. Vanaf 2010 is het lutumgehalte op dit punt gezakt tot 0-2 %.

6.3.2 Hooge Platen Noord

Oostelijke meetpunten

In het oosten van de Hooge Platen werden in 2019 vier nieuwe meetpunten toegevoegd, punt 917 tot 920. Deze punten, langs de noordoostrand van de plaat (917-919) en aan de oostpunt van de plaat (920), behoren tot het laagdynamisch intertidaal in 2019, hoewel punt 920 in 2016 en 2018 op de ecotopenkaart in het hoogdynamisch litoraal ligt. Het lutumgehalte is het hoogste bij het westelijke punt 917 en neemt naar het oosten af. Het bodemleven is op deze punten gemiddeld tot rijk, en bij de oostelijke punten 919 en 920 worden veel wadpieren aangetroffen.

Ten zuiden van deze nieuwe punten, worden meetpunten 907 en 908, die reeds sinds 2009 in het schor liggen, vanaf 2019 niet meer opgemeten. Tot 2018 lieten deze punten een vergelijkbare ontwikkeling zien, met een geleidelijke ophoging, een hoog lutumgehalte (17-25%), en afwezigheid van bodemleven sinds 2014. De bodemhoogte van het meest oostelijke meetpunt 906 (Figuur 6-84) is vrij constant en varieert met minder dan 10 cm. De geomorfologie veranderde in 2010 echter van pionierschor met een

pollenstructuur naar vlak laagdynamisch. Eind 2015 veranderde de geomorfologie weer terug naar pionierschor, en dit heeft zich sindsdien in 2017 ontwikkeld tot schor. Sinds 2014 ligt het lutumgehalte ook hoger gerelateerd aan de aanwezigheid van schorvegetatie. Het bodemleven is op dit punt gemiddeld, waarbij soms meer kokkels of wadpieren worden aangetroffen, maar corophium wordt sinds 2014 niet meer gevonden.

Centrale meetpunten

De bodemhoogte van de centrale meetpunten (909-916, Figuur 6-84) neemt sinds 2009 vrijwel continu toe. De toename over de 10 jaar varieert tussen de 40 cm centraal op de plaat tot 1 m aan de noordrand. In recente jaren wordt er bij meerdere punten een vertraging van de ophoging waargenomen, of zelfs een beperkte afname in hoogte. Tegelijk met de toename in bodemhoogte is er vanuit het zuiden sprake van de ontwikkeling van schor. Bij meetpunt 911 en 912 wordt sinds 2009 schor aangetroffen, eerst behorend tot open vegetatie/pionierschor, en door de jaren evoluerend naar dichtere schorvegetatie. Bij meetpunt 909 en 916 wordt in de tweede helft van 2019 voor het eerst schor (open vegetatie) aangetroffen. De overige punten vallen gedurende de laatste 10 jaar in het laagdynamisch litoraal.

De ophoging van de plaat gaat bij deze punten daarnaast gepaard met een toename in lutumgehalte. Het lutumgehalte lag in 2009 over het algemeen tussen de 0 en 8 %, en is nu toegenomen tot 8-17 %. De aanwezigheid van wadpieren, corophium, en kokkels neemt hierbij af, deze zijn op de meeste punten in 2018-2019 afwezig, of beperkt aanwezig. Het algemene bodemleven wordt wel als rijk beoordeeld, afgezien van de zuidelijke punten in het schor (punt 909, 911, en 912).

Westelijke meetpunten

Ook bij de westelijke meetpunten (922-927, Figuur 6-84) neemt de bodemhoogte continu toe sinds 2009. De ophoging is 70 cm tot 1 m, en is het sterkst bij de noordelijke punten 924 en 927. Bij de twee westelijke punten (926 en 927) en een centraal punt (925) neemt de hoogte in recente jaren echter niet of beperkt toe. De ontwikkeling van schor vanaf het zuiden van de Hooge Platen wordt ook bij deze punten gezien. Bij meetpunt 922 wordt sinds 2012 schor waargenomen, terwijl bij punt 925 ten noorden daarvan in 2019 voor het eerst schor wordt aangetroffen. De overige punten worden geclassificeerd als laagdynamisch. Bij de twee punten waar schorvegetatie aanwezig is, is sprake van een toename van het lutumgehalte, en ook bij het noordwestelijke punt 927 is dit het geval. Bij de overige punten wordt tussen de verschillende metingen wel veel variatie gezien in lutumgehalte, maar wordt geen duidelijke toe- of afname waargenomen.

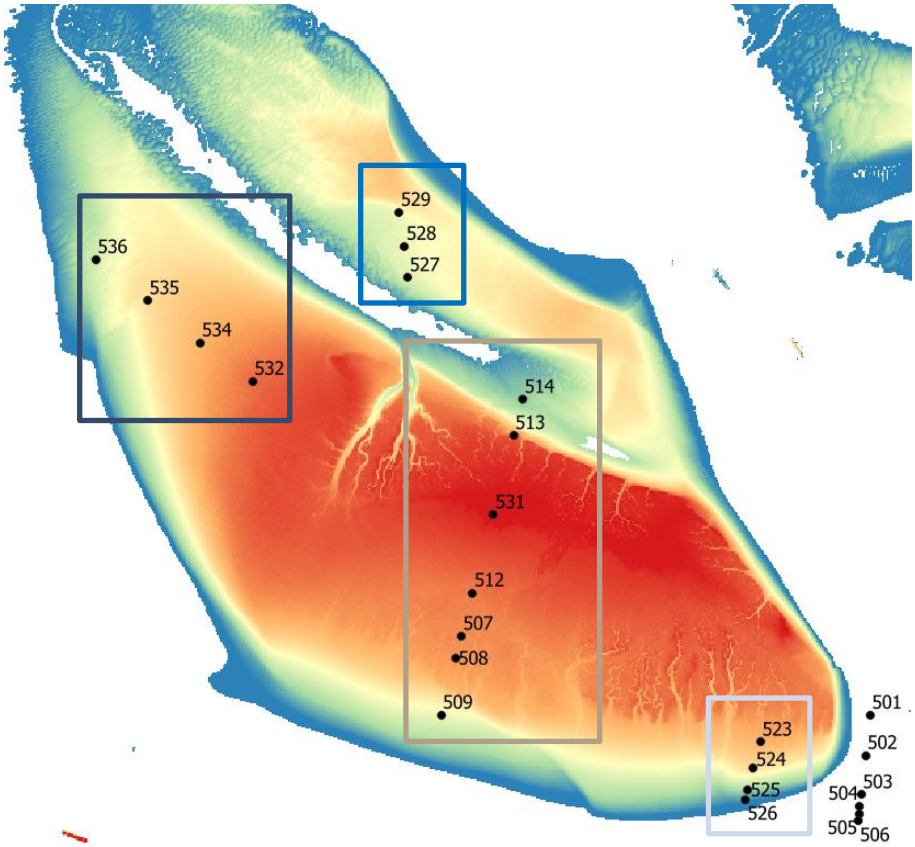
Het bodemleven is op alle punten rijk, afgezien van punt 922, waar het bodemleven afwezig tot sporadisch is sinds de ontwikkeling van het schor. Het voorkomen van wadpieren is op alle locaties afgenomen, deze worden nu niet tot weinig aangetroffen. Kokkels worden enkel op de noordelijke punten 923 en 924 weinig tot gemiddeld gevonden, maar zijn afwezig op de andere punten. Corophium wordt een enkele keer op een punt waargenomen, maar is niet continu op vaste locaties aanwezig.

6.3.3 Plaat van Walsoorden

Oostelijke meetpunten

De oostelijke meetpunten 523 tot 525 werden sinds 2016 opgemeten, ter vervanging van de meetpunten 501 tot 506, die door erosie niet meer op de plaat lagen (Figuur 6-85). Deze erosie van de oostelijke plaatpunt heeft zich ook in 2018 en 2019 doorgezet, en meetpunt 524 en 525 werden in 2018 voor het laatst opgenomen. Op de drie meetpunten is een sterke afname in hoogte zichtbaar, die bij de zuidelijke meetpunten eerder optrad dan bij de noordelijke punten. Het bodemleven op deze punten is afwezig tot sporadisch aanwezig, en het lutumgehalte is laag (0-2%). Het noordelijke meetpunt 523 werd in 2016

op de ecotopenkaart geclassificeerd als pionierschor, maar is sindsdien gewijzigd naar hoogdynamisch litoraal. Het zuidelijke meetpunt 525 veranderde op de ecotopenkaart tussen 2016 en 2018 van hoogdynamisch naar laagdynamisch laaglitoraal.



Figuur 6-85: Ligging van de meetpunten op de Plaat van Walsoorden. De meetpunten zijn verdeeld in de westelijke (donkerblauw), noordelijke (blauw), centrale (lichtbruin), en oostelijke (grijs) punten.

Centrale meetpunten

De hoogteligging van het zuidelijke meetpunt 509 (Figuur 6-85) was tot 2015 vrij stabiel en is vervolgens snel afgenomen met ruim 1 m. Hierna was weer een toename in bodemhoogte tot 2018, maar vervolgens wordt weer een afname waargenomen. Voor de afname in hoogte was dit punt laagdynamisch, maar dit is met de verandering in hoogteligging gewijzigd naar hoogdynamisch. Het lutumgehalte is over het algemeen laag (0-2%). Bodemleven is sporadisch aanwezig, waarbij corophium en wadpieren soms worden aangetroffen.

Meer centraal op de plaat bij meetpunt 507, 508 en 512 (Figuur 6-85) is de hoogteligging vrij stabiel sinds 2009 en is de geomorfologie over het algemeen laagdynamisch, met tot 2013 soms ontwikkeling van schor. Het lutumgehalte op deze punten varieert tussen de 2-5% en 12-17%, en is over het algemeen het laagst bij het zuidelijke punt 508. Het bodemleven is bij deze punten overwegend rijk, vooral corophium wordt aangetroffen, hoewel het voorkomen hiervan in recente jaren is afgenomen. Ook wadpieren worden regelmatig in beperkte mate aangetroffen.

Noordelijk op de plaat was bij meetpunt 531 en 513 sinds 2009 continu schor aanwezig. De hoogteligging was hierbij vrij constant, met geleidelijke toename bij punt 531. Bij het noordelijke punt 513 wordt tussen september 2018 en maart 2019 echter een sterke afname in hoogte waargenomen, van ca. 40 cm, waarna ook de geomorfologie wijzigt van schor naar eerst hoogdynamisch en vervolgens laagdynamisch. Dit duidt op erosie

van de schorrand op deze locatie. In het schor, op punt 531, is het lutumgehalte hoog (12-17%) en is bodemleven afwezig. Aan de noordrand van het schor (punt 513) is het lutumgehalte lager (2-8%) en het bodemleven rijker, waarbij corophium veel wordt aangetroffen.

Ten noorden hiervan, bij meetpunt 514, neemt de hoogteligging, na een afname tussen 2009 en 2014, sinds 2017 weer geleidelijk toe. Dit gaat gepaard met een terugkeer van de geomorfologie en ecotopentype van hoogdynamisch litoraal naar laagdynamisch middenlitoraal. Tegelijk is in deze periode ook een toename in algemeen bodemleven, en specifiek wadpieren en corophium zichtbaar. In 2019 worden voor het eerst kokkels aangetroffen op deze locatie.

Westelijke meetpunten

De westelijke meetpunten op de Plaat van Walsoorden (532-536, Figuur 6-85) laten over het algemeen een toename in hoogteligging zien, die het sterkst is bij de meest westelijke punten. Bij het meest oostelijke punt 532 nam de hoogte in 2018 en 2019 voor het eerst af. Meetpunt 532-535 zijn sinds 2012 continu laagdynamisch, terwijl punt 536, die het dichtst bij de geul ligt, varieert tussen hoog- en laagdynamisch, en in 2019 als laagdynamisch werd geclassificeerd. Het lutumgehalte is op alle punten laag (0-2%). Het bodemleven is op punt 532-535 gemiddeld, met voornamelijk wadpieren en corophium. Kokkels worden sinds 2017 bij punt 534 en 535 aangetroffen. Het bodemleven bij punt 536 is minder rijk dan bij de punten meer naar het oosten, hier worden soms wadpieren en corophium aangetroffen, en in 2017 en 2018 ook beperkt kokkels.

Noordelijke meetpunten

Sinds 2016 worden op de noordelijke zandrug drie nieuwe meetpunten opgenomen, meetpunt 527-529 (Figuur 6-85). Bij alle drie punten is de laatste drie jaar de hoogte toegenomen, het sterkst bij het noordelijke punt 529, met ca. 80 cm. In 2016 waren de drie punten laagdynamisch, maar dit is bij punt 529 in 2018 gewijzigd naar hoogdynamisch. Het lutumgehalte op de drie locaties is laag (0-5%), en de aanwezigheid van bodemleven varieert tussen de opnames. Het bodemleven is het rijkst bij het centrale punt 528, waar voornamelijk wadpieren, en ook kokkels voorkomen. Bij punt 529 ging de verandering naar hoogdynamisch gebied gepaard met een afname van het bodemleven en het verdwijnen van de wadpieren.

6.3.4 Rug van Baarland

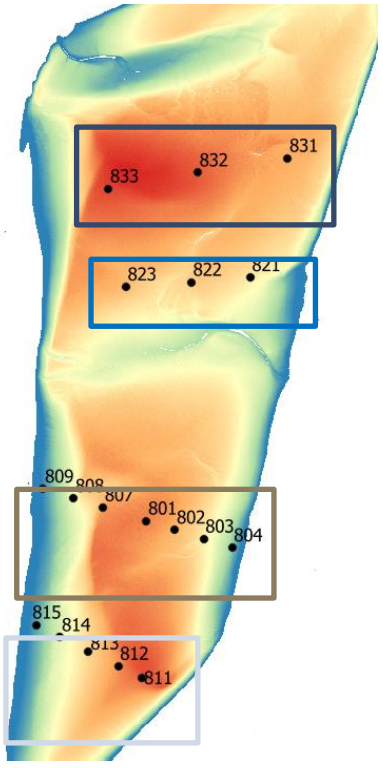
Zuidelijke meetpunten

Bij de zuidelijke meetpunten op de Rug van Baarland (811-815, Figuur 6-86) neemt de hoogteligging van oost naar west af. De twee oostelijke punten (811, 812) nemen sinds 2009 in hoogte toe, met de sterkste toename in de periode 2015-2018, terwijl de meetpunten naar het westen in hoogte afnamen of vrijwel gelijk bleven. Wel valt op dat de toename in hoogte bij punt 811 sinds 2011 is afgevlakt, en dat bij punt 813 en 814 de trend van geleidelijke afname in hoogte is omgezet naar beperkte ophoging. Het hoogste, oostelijke meetpunt (811) is hoogdynamisch, terwijl de overige punten laagdynamisch zijn. Gerelateerd aan de dynamiek, neemt het lutumgehalte van oost naar west toe; het lutumgehalte is 0-2% bij de oostelijke punten, en neemt toe tot 8-17% naar het westen. Bij de westelijke punten 813-815 is ook een toename in lutumgehalte ten opzichte van 2009 zichtbaar. Het bodemleven is het minst rijk bij het oostelijke punt 811, neemt toe naar punt 813 en 814, waar het bodemleven als rijk wordt beoordeeld. Bij het westelijke punt 815 is het bodemleven gemiddeld tot rijk. Wadpieren en kokkels worden op alle punten aangetroffen, afgezien van punt 811, en zijn het meest voorkomend op het centrale punt 813.

Centraal-zuidelijke meetpunten

Aan de oostelijke plaatrand bij de centraal-zuidelijke meetpunten (801-804, Figuur 6-86) is een afname van de bodemhoogte zichtbaar. Bij de meest oostelijke punten 803 en 804 neemt de hoogte sinds 2009 continu af, terwijl bij de meer centrale punten een omslag zichtbaar is van een toename naar een afname in hoogte, in 2013 en 2015 respectievelijk voor punt 802 en 801. Bij punt 801 gaat de afname in hoogteligging gepaard met een verandering van laagdynamisch naar hoogdynamisch milieu. Ten oosten hiervan veranderde punt 802 korte tijd naar hoogdynamisch, maar sinds 2018 is deze locatie weer laagdynamisch. De oostelijke punten 803 en 804 hebben een constante geomorfologie en zijn respectievelijk laagdynamisch en hoogdynamisch. Hoewel bij punt 804 het ecotopentype laagdynamisch laaglitoraal was. Het lutumgehalte is op deze punten laag (0-2%), en het bodemleven is gemiddeld rijk, afgezien van punt 804 waar het bodemleven sporadisch is. Bij punt 802 en 803 worden veel wadpieren aangetroffen, corophium en kokkels zijn op alle punten slechts beperkt aanwezig.

De meetpunten aan de westelijke plaatrand (807-809, Figuur 6-86) laten een versteiling van het profiel zien. De bodemhoogte van het meest westelijke punt (809) neemt continu af, terwijl bij het oostelijke punt (807) de hoogte sinds 2011 toeneemt. De afname van hoogte ging bij punt 809 samen met een evolutie van hoogdynamisch naar laagdynamisch in 2014. Het oostelijke punt 807 daarentegen veranderde in 2011 van hoogdynamisch naar laagdynamisch, maar is sinds 2016 weer hoogdynamisch. Het punt 808 hier tussenin is vrij constant in hoogteligging en blijft over de periode laagdynamisch, hoewel het ecotopentype in 2018 hier hoogdynamisch litoraal was. Het lutumgehalte neemt toe van oost naar west, waarbij op punt 809 ook een duidelijke toename in lutumgehalte in de tijd zichtbaar is, met 8-12% bij de meest recente waarneming. Het bodemleven is het rijkst bij punt 808, waar veel wadpieren en ook regelmatig kokkels aanwezig zijn.



Figuur 6-86: Ligging van de meetpunten op de Rug van Baarland. De meetpunten zijn onderverdeeld in de noordelijke (donkerblauw), centraal-noordelijke (blauw), centraal-zuidelijke (bruin), en zuidelijke (grijs) punten.

Centraal-noordelijke meetpunten

Centraal-noordelijk op de Rug van Baarland is een vrij stabiel laagdynamisch milieu aanwezig bij meetpunt 821-823 (Figuur 6-86). Het ecotopentype bij punt 821 en 823 werd respectievelijk in 2018 en 2016 evenwel geregistreerd als hoogdynamisch litoraal. Het westelijke punt 823 punt heeft van 2014 tot 2015 een sterke verhoging van ruim 40 cm ondervonden, waarna de hoogte weer stabiel bleef. Op alle drie de punten komen veel wadpieren voor en het algemene bodemleven is gemiddeld tot rijk. Op punt 821 komen vrijwel geen kokkels voor, terwijl deze bij punt 822 en 823 in grote mate aanwezig zijn. Het lutumgehalte is op de drie punten laag, maar bij punt 822 en 823 is in 2018 en 2019 wel een licht hoger lutumgehalte van 2-5% waargenomen.

Noordelijke meetpunten

De drie noordelijke meetpunten op de Rug van Baarland (831-833, Figuur 6-86) worden gekenmerkt door laagdynamisch slik. Bij het westelijke punt onstond dit laagdynamische milieu in 2016. Het ecotopentype bij de drie punten is in 2018 echter geregistreerd als hoogdynamisch litoraal. Het lutumgehalte bij deze noordelijke punten is laag, en bij de twee oostelijke punten 831 en 832 zijn veel wadpieren aanwezig en is het bodemleven gemiddeld rijk. Kokkels worden bij punt 832 in 2018 en 2019 meer aangetroffen dan eerdere jaren. In tegenstelling tot de oostelijke punten wordt bij punt 833 veel corophium aangetroffen. Het algemene bodemleven op dit punt laat in recente jaren een duidelijke toename zien, en werd in 2019 voor het eerst als rijk beoordeeld.

6.3.5 Samenvatting

Op basis van de voorgaande beschrijving werden onderstaande overzichtstabellen opgesteld (Tabel 6-4 tot Tabel 6-6), geordend volgens de locatie van het meetpunt. Hierin wordt de evolutie tussen 2009 en 2019 weergegeven door de heersende trends met symbolen (+, =, -, /) weer te geven. Merk op dat het tijdsverloop van de gemeten indicatoren niet vervat kan worden in een enkel symbool. De bedoeling is om een synthese te maken, zodat de belangrijkste signalen eruit gefilterd kunnen worden. Tabel 6-3 geeft de verklaring van de symbolen. De volgende afkortingen worden gebruikt:

- h: hoogteligging;
- geo: geomorfologische type;
- eco: ecotoopklasse afgeleid van de ecotopenkaarten 2010, 2011, 2012, 2015, 2016, en 2018;
- lut: lutumgehalte;
- wp: wadpieren;
- cor: corophium;
- kok: kokkels;
- bl: bodemleven.

Tabel 6-3: Verklaring van de gebruikte symbolen

	Evolutie 2009-2019			
afkorting	+	=	-	/
h	bodemhoogte stijgt	blijft gelijk	bodemhoogte daalt	geen data
geo	evolutie naar laagdynamisch	blijft gelijk	evolutie naar hoogdynamisch	geen data
eco	evolutie naar laagdynamisch	blijft gelijk	evolutie naar hoogdynamisch	geen data

	Evolutie 2009-2019			
afkorting	+	=	-	/
lut	lutumgehalte stijgt	blijft gelijk	lutumgehalte daalt	geen data
wp	voorkomen stijgt	blijft gelijk	voorkomen daalt	afwezig
cor	voorkomen stijgt	blijft gelijk	voorkomen daalt	afwezig
kok	voorkomen stijgt	blijft gelijk	voorkomen daalt	afwezig
bl	voorkomen stijgt	blijft gelijk	voorkomen daalt	afwezig

Hooge Platen

Tabel 6-4: Analyse parameters voor Hooge Platen in de periode 2009-2019.

punt	h.	geo	eco	lut	wp	Cor	kok	bl
Hooge Platen West								
928*	=	=	+	=	=	/	+	-
929*	+	=	=	-	-	/	=	=
931	+	-	=	-	=	/	=	=
932	+	-	-	-	-	/	=	-
Hooge Platen Noord (Oostelijke meetpunten)								
906	=	+ (schor)	+	+	=	-	+	=
907†	+	= (schor)	=	=	/	-	/	-
908†	+	= (schor)	=	=	/	-	/	-
917*	+	=	=	+	/	/	/	=
918*	=	=	=	+	/	/	+	=
919*	-	=	-	=	=	/	=	=
920*	=	=	=	+	=	/	-	=
Hooge Platen Noord (Centrale meetpunten)								
909	+	+ (→ schor)	=	+	-	=	/	-
910	+	=	=	+	-	=	-	=
911	+	+ (→ schor)	+	+	-	-	/	-
912	+	+ (→ schor)	+	=	/	-	/	-
913	+	=	=	+	-	=	-	+
914	+	=	=	+	-	=	/	+
915	+	=	=	+	-	=	-	=
916	+	+ (→ schor)	+	+	-	-	-	+
Hooge Platen Noord (Westelijke meetpunten)								
922	+	+ (→ schor)	+	+	-	-	+	-
923	+	=	=	=	-	=	=	=
924	+	=	=	=	-	+	+	+
925	+	+ (→ schor)	+	+	-	-	-	=
926	+	=	+	=	-	-	-	=
927	+	=	=	+	-	+	-	=

* punten die in 2018 of 2019 voor het eerst werden opgenomen, † punten die sinds 2019 niet meer worden opgenomen.

Ondanks de bodemstijging op de Hooge Platen West, bevinden de westelijke centrale punten op de plaatrand zich eind 2019 in een hoogdynamische, zandige omgeving. Dit kan ook een verklaring zijn voor de daling van het bodemleven en het lutumgehalte in de meetpunten. De nieuw toegevoegde meetpunten ten noorden en zuiden, die iets naar het oosten liggen, bevinden zich wel in een laagdynamische omgeving.

In het oosten van de zone Hooge Platen Noord komt schorvegetatie voor. Dit bevordert het bezinken van fijner sediment en dus sedimentatie van slibrijker materiaal. Met uitzondering van de continue bodemstijging is het milieu er vrij stabiel. Het bodemleven wordt echter minder rijk. Ten noorden en oosten van de bestaande meetpunten worden sinds 2019 vier nieuwe punten opgemeten. Deze liggen in een laagdynamisch gebied, buiten het schor, en hebben over het algemeen een rijk bodemleven. Het lutumgehalte neemt hier af van west naar oost.

Over het algemeen wordt de bodem centraal en in het westen van de Hooge Platen Noord hoger en slibrijker. Bij de hoogst gelegen (zuidelijke) punten gaat dit gepaard met schorvorming. De evolutie naar een slibrijkere omgeving heeft een negatieve impact op het aantal wadpieren, Corophium en kokkels die zandigere omstandigheden verkiezen.

Plaat van Walsoorden

Tabel 6-5: Analyse parameters voor Plaat van Walsoorden in de periode 2009-2019.

punt	h.	geo	eco	lut	wp	Cor	kok	bl
Plaat van Walsoorden (oost)								
523**	-	-	-	-	/	-	/	-
524**†	-	=	=	=	/	/	/	-
525**†	-	=	+	=	/	-	/	-
Plaat van Walsoorden (centraal)								
507	+	- (← schor)	-	=	+	-	/	=
508	=	- (← schor)	-	-	=	=	/	=
509	-	- (← schor)	-	-	-	=	/	=
512	=	=	=	=	/	-	/	=
513	-	- (← schor)	=	-	/	+	/	+
514	-	=	+	-	=	=	+	=
531	+	+ (→ schor)	+	+	/	-	/	-
Plaat van Walsoorden (west)								
532	=	=	=	=	-	=	/	=
534	=	+	=	=	=	=	+	=
535	+	+	+	=	=	+	+	+
536	+	-	+	=	=	=	=	=
Plaat van Walsoorden (noord)								
527**	+	=	=	=	+	-	/	=
528**	+	=	=	=	+	-	=	=
529**	+	-	-	=	-	=	=	-

** punten die in 2016 of 2017 voor het eerst werden opgenomen, † punten die sinds 2019 niet meer worden opgenomen.

De algemene trend aan het zuidoosten van de Plaat van Walsoorden wordt beheerst door het uitruimen van de nevengeul waardoor de zuidoostelijke plaatpunt erodeert. Hierdoor behoren deze meetpunten (501-506) niet meer tot het litoraal en worden deze

sinds 2016 niet meer opgemeten. Nieuwe meetpunten (523-525), die verder naar het westen gesitueerd zijn, laten zien dat dezelfde erosieve trend zich doorzet aan de oostelijke punt van de Plaat van Walsoorden. De twee zuidelijke nieuwe meetpunten werden in 2019 ook al niet meer opgemeten omdat de plaatrand hier was geërodeerd.

Langs de noordelijke rand van de plaat komt bodemdaling voor door het breder worden van de noordelijke vloedschaar. Meer naar het midden van de Plaat van Walsoorden toe komt schorvegetatie voor (punt 531). De vegetatie vangt sediment, waardoor de bodemligging licht verhoogt.

Aan de zuidelijke plaatrand van het centrale deel wordt het schor vervangen door laagdynamisch litoraal (punt 507-509). Deze overgang lijkt geen significant effect te hebben op het aanwezige bodemleven, de hoeveelheid lutum daalt wel. Het meest zuidelijke meetpunt werd in 2015 beïnvloed door de gevolgen van een plaatval, de bodemligging daalde er plots sterk. Na een gedeeltelijk herstel in bodemhoogte, nam dit in 2019 opnieuw af. Hierdoor veranderen zowel het geomorfologisch type als het ecotooptype van laagdynamisch naar hoogdynamisch; de gevolgen hiervan zijn dat zowel het lutumgehalte als het aanwezige bodemleven sterk in hoeveelheid afnemen.

Aan het westelijke deel van de Plaat van Walsoorden vindt over het algemeen een overgang plaats van een hoog- naar een laagenergetisch milieu (punt 532-535). Vermoedelijk is de overgang naar laagdynamisch gebied hier te danken aan de plaatrandstortingen, die ter plekke een luwe zone creëren. Kokkels worden hier beperkt aangetroffen sinds 2017.

Op de noordelijke zandrug worden sinds 2016 drie nieuwe meetpunten opgenomen (527-529). De langetermijntrend sinds 2009 kan hier dus niet worden bepaald. Sinds 2016 neemt de hoogte van deze punten toe, terwijl het lutumgehalte over het algemeen laag is.

Rug van Baarland

Tabel 6-6: Analyse parameters voor Rug van Baarland in de periode 2009-2019.

punt	h.	geo	eco	lut	wp	Cor	kok	bl
Rug van Baarland (centraal-zuid)								
801	+	-	=	=	+	=	=	+
802	+	=	=	=	+	=	=	=
803	-	=	+	-	+	=	=	=
804	-	=	+	=	=	/	=	=
807	+	=	=	=	+	=	+	+
808	+	=	-	=	+	=	=	=
809	-	=	+	+	-	/	=	+
Rug van Baarland (zuid)								
811	+	-	-	=	-	-	-	-
812	+	=	=	=	=	-	=	-
813	-	=	+	+	=	-	+	+
814	-	=	+	+	-	-	=	+
815	=	=	+	+	-	/	=	+
Rug van Baarland (centraal-noord)								
821	+	=	-	-	=	-	=	=
822	=	=	=	=	=	-	=	=
823	+	+	+	+	+	-	+	+

punt	h.	geo	eco	lut	wp	Cor	kok	bl
Rug van Baarland (noord)								
831	+	=	-	-	=	-	=	-
832	-	=	-	-	+	-	+	=
833	+	+	=	=	+	+	=	+

Op het zuidelijke deel van de Rug van Baarland heerst een overwegend laagdynamisch milieu. De variatie van de bodemligging is vrij beperkt en veranderingen vinden geleidelijk plaats. Op het oostelijke deel is de dynamiek hoger en is het bodemleven dan ook vrij beperkt (punt 811). Net ten westen hiervan vind sinds 2015 een sterke stijging in bodemhoogte plaats. Centraal is de situatie stabieler en is het bodemleven rijker. Het lutumgehalte loopt van oost naar west.

Noordelijker, op het centraal-zuidelijke deel van de Rug van Baarland, was het centrale deel van de plaat laagdynamisch tot 2015 waarna het achtereenvolgens evolueerde naar hoogdynamisch en terug naar laagdynamisch (punt 801-802). Beide punten namen eerst toe in hoogte, maar inmiddels is dit omgeslagen naar een afname. Het oostelijke meetpunt 804 is gelegen in een hoogdynamisch milieu en is onderhevig aan bodemdaling. Aan de westelijke kant komt ook bodemdaling voor (meetpunt 809). Echter heerst hier wel een laagdynamisch milieu. Het lutumgehalte neemt hier toe. Bodemleven is het rijkst centraal op de plaat, en beperkter aanwezig aan de westelijke en oostelijke plaatrand.

Op het centraal-noordelijke deel heerst een laagdynamisch, stabiel milieu. Kokkels worden hier sinds 2017 veel aangetroffen. Op het noordelijke deel van de Rug van Baarland geldt ook een laagdynamische omgeving. Bij het westelijk gelegen punt 833 heerste tot 2016 over het algemeen een hoogdynamisch klimaat, maar dit is veranderd naar laagdynamisch. Het geringe lutumgehalte en de morfologische (sub-)klassen wijzen op een vrijwel ongewijzigde sedimentsamenstelling.

6.4 Watervolume in de geulen

Het criterium Instandhouding Meergeulenstelsel omvat één kwaliteitsparameter: het watervolume in de nevengeul. In de beschouwde rapportages (Schrijver, 2020a) worden ook bijkomende variabelen berekend die trends of waarnemingen kunnen helpen verklaren: het watervolume in de hoofdgeul, de kantelindex, het getijvolume en het volume van ingrepen in de Westerschelde. In deze rapportage worden enkel het watervolume en de kantelindex besproken.

In het Protocol Kwaliteitsparameters wordt het ‘watervolume geulen’ gedefinieerd als het watervolume van zowel de hoofd- als nevengeul beneden -5 m NAP. Het watervolume wordt berekend uit de bathymetrische opnames, gecorrigeerd naar 1 januari van het betreffende jaar. De oorsprong van dit NAP referentieniveau sluit aan bij de vooropgestelde grens tussen ondiep en sublitoraal gebied in het Zoutwater Ecotopen Stelsel van Bouma *et al.* (2005). Hierbij komt dat het gebied lager dan -5 m NAP steeds is opgenomen in de reguliere vaklodingen, zodat de bepaling van het watervolume niet afhankelijk is van de dekking van de bathymetrische opnames. Het bepaalde geulvolume is dus afgeleid van de gemeten bodemligging die het resultaat is van zowel natuurlijke processen als antropogene ingrepen.

Het watervolume in een neven- of hoofdgeul wordt gesommeerd over de betreffende vakken in de geul. De ebscharen uit de macrocellen worden gerekend tot de hoofdgeul, de vloedscharen tot de nevengeulen. De uitzondering hierop is macrocel 4 waar het omgekeerde geldt. In de praktijk wordt het criterium ‘watervolume geulen’ vervangen

door het criterium 'nevengeulen', omdat vooral het watervolume in de nevengeulen aandacht nodig heeft.

De berekening van de kantelindex en de onder- en waarschuwingsgrens wordt hieronder beschreven en werd overgenomen uit (Schrijver, 2020a). Er is in 2013 onderzoek uitgevoerd naar een eventuele aanpassing van het toetscriterium. Uit de studie volgde de aanbeveling dat de (trendmatige) ontwikkelingen van de geulvolumes en de invloed van ingrepen meegenomen moeten worden bij het bepalen van een ondergrens, net als de doelstellingen. Vooralsnog worden de resultaten nog gerapporteerd en beoordeeld volgens het klassieke criterium.

6.4.1 Maximaal toegelaten verandering

De maximaal toelaatbare afwijking in een nevengeul ($V_{\max toelaatbaar}$) is in het Protocol Kwaliteitsparameters gedefinieerd als:

$$MC = \{\text{macrocel } 1, \text{macrocel } 3, \dots, \text{macrocel } 7\}$$

$$\forall i \in MC: V_{\max toelaatbaar}(i) = V_{max}(i) - V_{min}(i) + NV(i) + V_{\max stort}(i)$$

Waarbij:

i = de macrocel

V_{max} = max(V_{2006} … V_{2010}), het maximale watervolume berekend over de periode 01-01-2006 tot en met 01-01-2010.

V_{min} = min(V_{2006} … V_{2010}), het minimale watervolume berekend over de periode 01-01-2006 tot en met 01-01-2010.

NV = stdev(V_{2006} … V_{2010}), de standaarddeviatie van het watervolume berekend over de periode 01-01-2006 tot en met 01-01-2010.

$V_{\max stort}$ = de maximaal jaarlijkse stortcapaciteit voor de nevengeul zoals vastgelegd in de vergunning.

De variabele $V_{\max stort}$ is gedefinieerd in de vergunning voor het storten van bodemmateriaal in de Westerschelde (WBR, 2009; Rijkswaterstaat, Zee en Delta, 2013). De jaarlijkse toegelaten stortvolumes in de nevengeulen per macrocel zijn opgegeven in Tabel 6-7.

Tabel 6-7: Maximaal jaarlijks te storten hoeveelheden in de nevengeulen.

Macrocel	Maximaal jaarlijks te storten hoeveelheid in de nevengeulen [miljoen m³ in situ]
1	3,0
3	3,2
4	2,4
5	3,8
6	1,0
7	0,0

De periode waarover het minimum, het maximum en de standaarddeviatie worden bepaald is in het Protocol Kwaliteitsparameters gedefinieerd als vijf jaar. Daarnaast worden grenzen gebaseerd op een berekening met een periode van tien jaar weergegeven op de figuren. Hierbij worden V_{max}, V_{min} en NV berekend over de periode van 01-01-2001 tot en met 01-01-2010. Dit is alleen ter informatie om inzicht te krijgen of het beschouwen van een langere termijn beter zou zijn.

6.4.2 Ondergrens en waarschuwingsgrens

De ondergrens (OG) wordt bepaald door de maximaal toelaatbare afwijking ten opzichte van het grootste gemeten watervolume.

Na substitutie volgt dat de ondergrens voor het volume van een nevengeul het minimale volume van de voorafgaande vijf jaar (V_{min}) is, met daarvan afgetrokken de standaarddeviatie van de voorafgaande vijf jaar (NV) en het maximaal toegelaten stortvolume in de nevengeul volgens vergunning ($V_{\max stort}$):

$$\begin{aligned}\forall i \in MC: OG(i) \quad &= V_{max}(i) - V_{\max toelaatbaar}(i) \\ &= V_{max}(i) - \left(V_{max}(i) - V_{min}(i) + NV(i) + V_{\max stort}(i)\right) \\ &= V_{min}(i) - NV(i) - V_{\max stort}(i)\end{aligned}$$

De ondergrens voor het nevengeulvolume ligt dus altijd onder het kleinste nevengeulvolume zoals gemeten tijdens de referentieperiode 2006-2010 (of 2001-2010).

Het waarschuwingsniveau (WG) is gedefinieerd als 80% van de maximaal toelaatbare afwijking:

$$\begin{aligned}\forall i \in MC: OG(i) \quad &= V_{max}(i) - 0{,}8 * V_{\max toelaatbaar}(i) \\ &= V_{max}(i) - 0{,}8 * \left(V_{max}(i) - V_{min}(i) + NV(i) + V_{\max stort}(i)\right) \\ &= 0{,}2 * V_{max}(i) + 0{,}8 * (V_{min}(i) - NV(i) - V_{\max stort}(i))\end{aligned}$$

De waarschuwingsgrens bedraagt dus 20% van het maximale volume opgeteld met 80% van het volume dat is berekend als de ondergrens.

6.4.3 Kantelindex

De kantelindex is een maat voor de verhouding van de diepte van de eb- en vloedgeul:

$$\forall i \in MC: \text{Kantelindex}(i) = \ln\left[\text{diepte ebgeul}(i)/\text{diepte vloedgeul}(i)\right]$$

Hierbij is de diepte van de eb- of vloedgeul de gemiddelde diepte die wordt berekend door het watervolume te delen door het natte oppervlak van die geul.

De kantelindex is dus een maat voor de verhouding van de diepte van de eb- en vloedgeul ten opzichte van elkaar. Dit kan aangeven of het meergeulenstelsel van de macrocel in balans is, of dreigt om te slaan naar een eengeulenstelsel.

6.4.4 Getijvolume

Van iedere macrocel wordt iedere 3 jaar gedurende één eb- en één vloedperiode (13 uur) de stroomsnelheid over een raai in de verticaal gemeten. Op basis van de meetgegevens wordt het getijvolume zowel in de ebgeul als in de vloedgeul berekend. Jaarlijks wordt eveneens het getijvolume berekend met behulp van een WAQUA model (ScalWest).

In Tabel 6-8 is aangegeven welke raai bij welke macrocel hoort. Binnen het monitoringsprogramma worden nog andere raaien in de Westerschelde en de monding gemeten. Voor een volledig overzicht worden verwezen naar Schrijver en Plancke (2008).

De grafieken van het getijvolume werden opgesteld door Schrijver (2018) die ze als volgt beschrijft:

“In de grafieken wordt weergegeven:

- De gemeten en berekende verdeling van het vloedvolume in de eb- en de vloedgeul;
- De gemeten en berekende verdeling van het ebvolume in de eb- en de vloedgeul;

- Het totale getijvolume in de eb- en de vloedgeul. Hierbij wordt het berekende percentage in 1996 als 100% aangehouden, indien er geen metingen zijn uitgevoerd in dat jaar wordt dit bepaald in de jaren 1994 of 1995."

Tabel 6-8: Raai per macrocel waar het getijvolume wordt bepaald.

Macrocel	Raai
1	9
3	7
4	6
5	5a
6	2
7	1

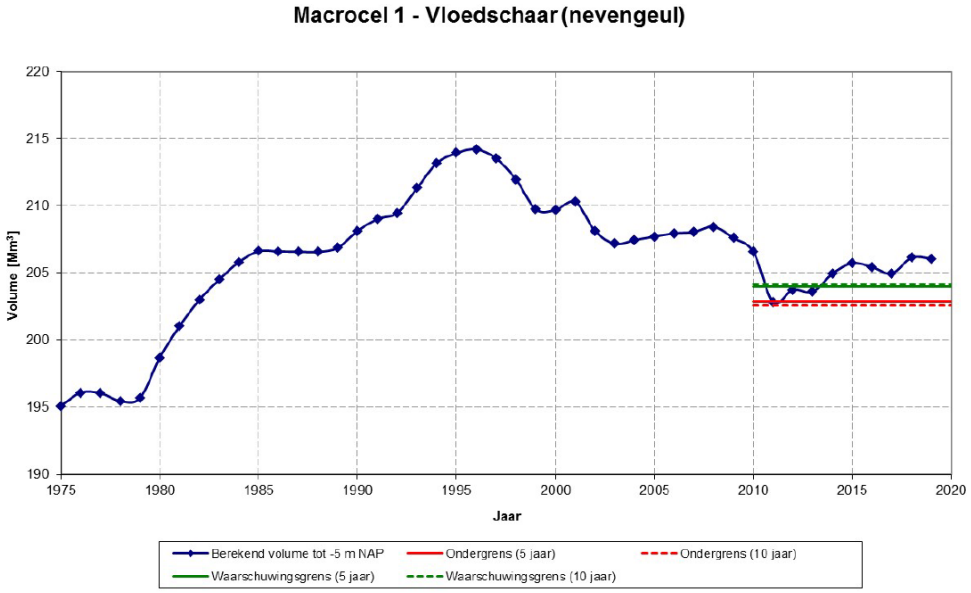
Per macrocel wordt op basis van deze figuren het getijvolume besproken in zijn respectieve raai. Daarbij wordt ook gekeken naar de verhouding of verdeling van het getijvolume tussen hoofdgeul en nevengeul: het is niet wenselijk dat het getijvolume in de hoofdgeul toeneemt ten koste van het getijvolume in de nevengeul.

6.4.5 Toetsing

De resultaten voor het criterium watervolume nevengeulen staan in het rapport "Monitoring meergeulensysteem Westerschelde – Toetsing nevengeulen op criterium watervolume" (Schrijver, 2020a). In wat volgt is een selectie van de resultaten weergegeven die wat meer aandacht verdient. Voor de volledige resultaten wordt verwezen naar (Schrijver, 2020a). Getoetst wordt of het natte volume in een nevengeul groter is dan een voor iedere macrocel gedefinieerd minimaal volume. Indien dit niet zo is, geldt dit als een ongewenste situatie. Daarnaast definieert het Protocol Kwaliteitsparameters ook een waarschuwingscriterium waarop wordt getoetst. In deze sectie wordt de ontwikkeling van de watervolumes bij de balansdatum van 1 januari 2019 getoetst.

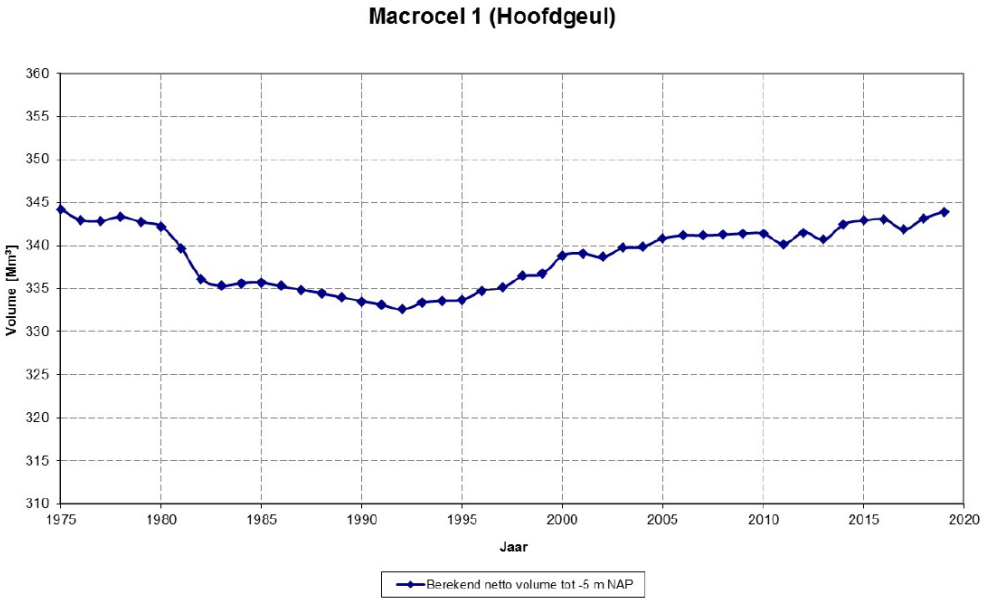
Macrocel 1 + mesocel 2

- De sterke afname van het watervolume van de nevengeul in macrocel 1 van 2010 tot 2011 – te wijten aan de initiële plaatrandstortingen (IMDC, 2013) – is in de jaren daarna omgezet in een toename. Na 2013 ligt het natte volume in de nevengeul weer hoger dan de waarschuwingsgrens (Figuur 6-87). Deze trendverandering kan (deels) verklaard worden door de afnemende plaatrandstortingen ter plaatse van HPW en HPN, en erosie van eerder gestort materiaal. Ook de uitruiming van de nevengeul, met de 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.
- Het watervolume in de hoofdgeul van macrocel 1 fluctueerde tussen 2010 en 2014. Tussen 2014 en 2016 bleef het geulvolume redelijk constant. Na de afname in 2017 is het geulvolume voor twee opeenvolgende jaren (2018-2019) gestegen (Figuur 6-88). Aangezien de ingrepen in de hoofdgeul beperkt zijn, zijn de ontwikkelingen in de hoofdgeul van macrocel 1 te beschouwen als een autonome evolutie.
- De kantelindex voor macrocel 1 is redelijk stabiel. De index is sinds 2014 lichtjes gedaald maar is over de afgelopen 2 jaar weer gestegen nadat er een minimum was bereikt in 2017 (Figuur 6-89).

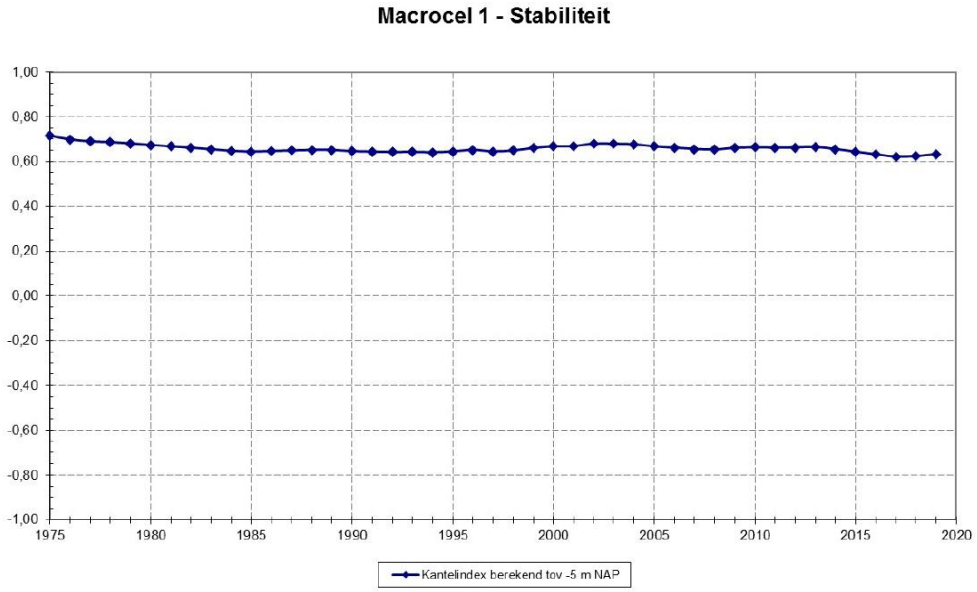


Figuur 6-87: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 1 (Schrijver, 2020a).

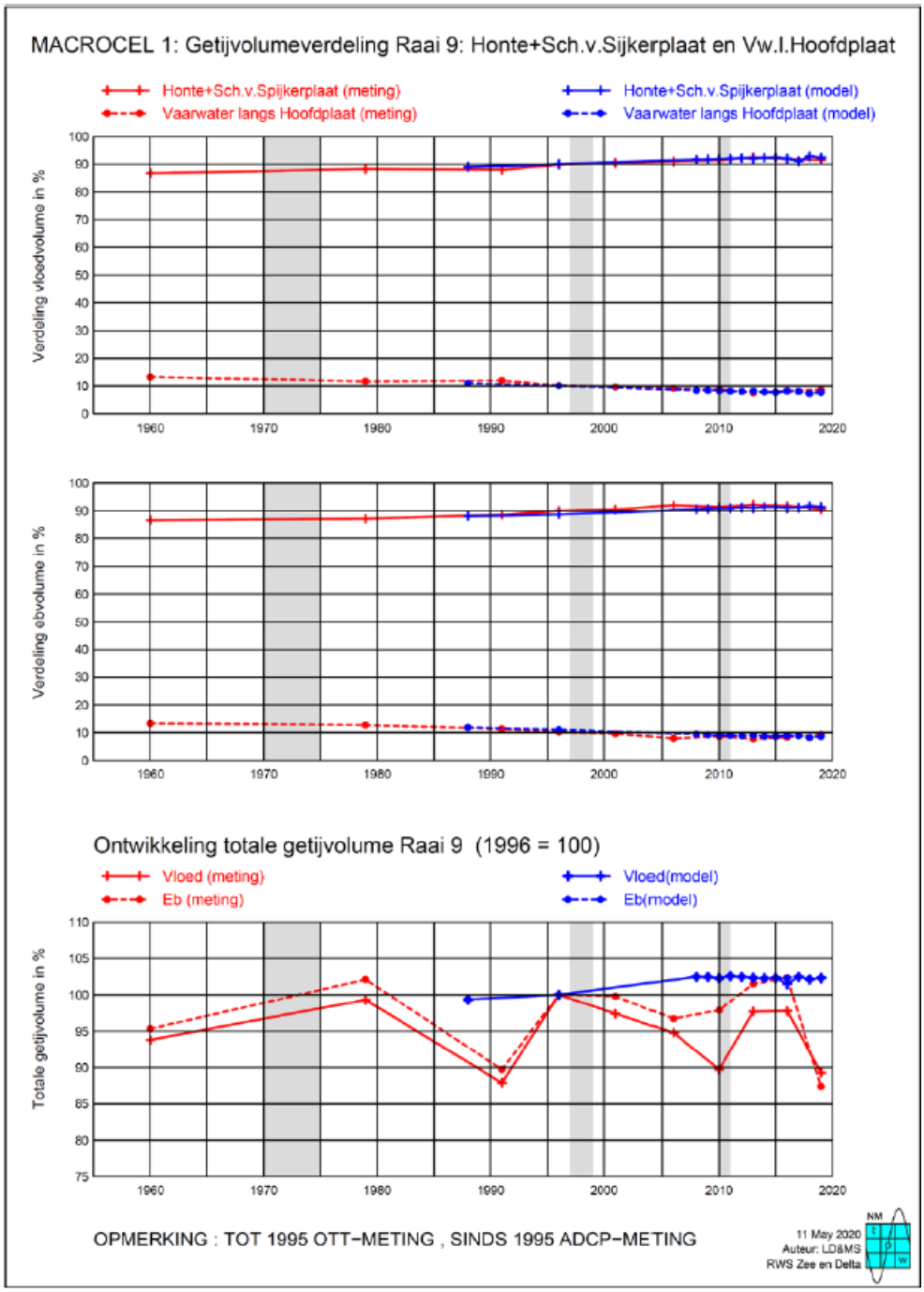
- De laatste debietmeting (2019) in het Vaarwater langs Hoofdplaat laat zien dat het procentueel volume voor zowel vloed als eb vrijwel gelijk is gebleven ten opzichte van 2014 (Figuur 6-90). Hiervoor was er sprake van een daling van het procentueel debiet die werd toegeschreven aan aanhoudende sedimentatie in het Vaarwater langs Hoofdplaat. Het gelijkblijven van het volume sinds 2014 zou er op kunnen wijzen dat deze sedimentatie is gestopt.



Figuur 6-88: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 1 (Schrijver, 2020a).



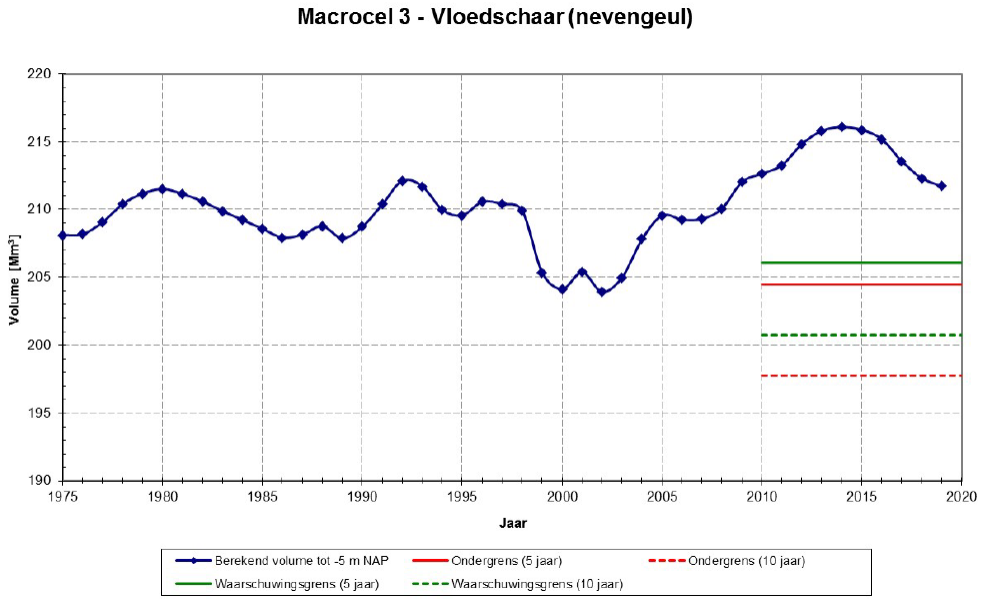
Figuur 6-89: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 1 (Schrijver, 2020a).



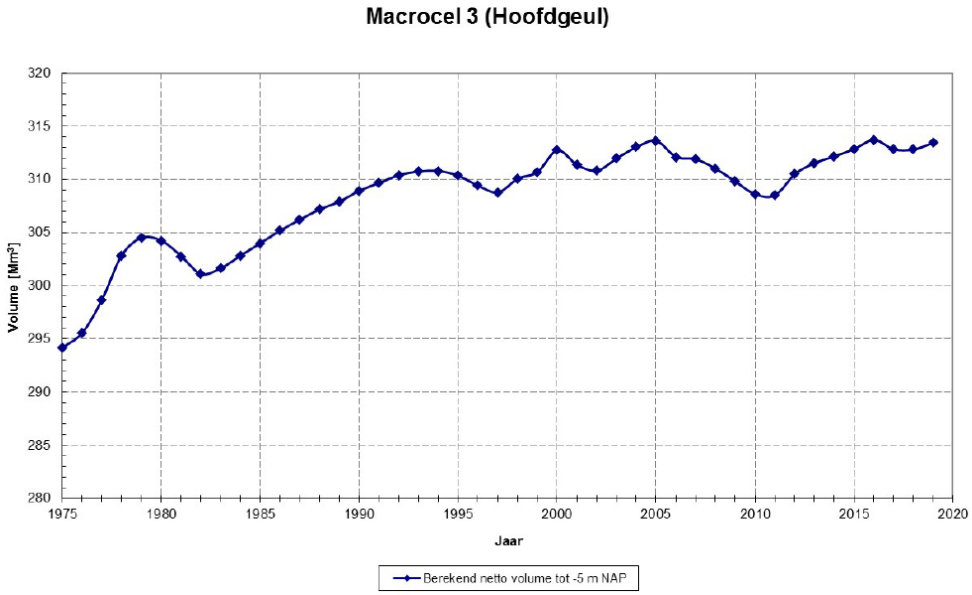
Figuur 6-90: Getijvolumeverdeling Raai 9 in macrocel 1 (Schrijver, 2020a).

Macrocel 3

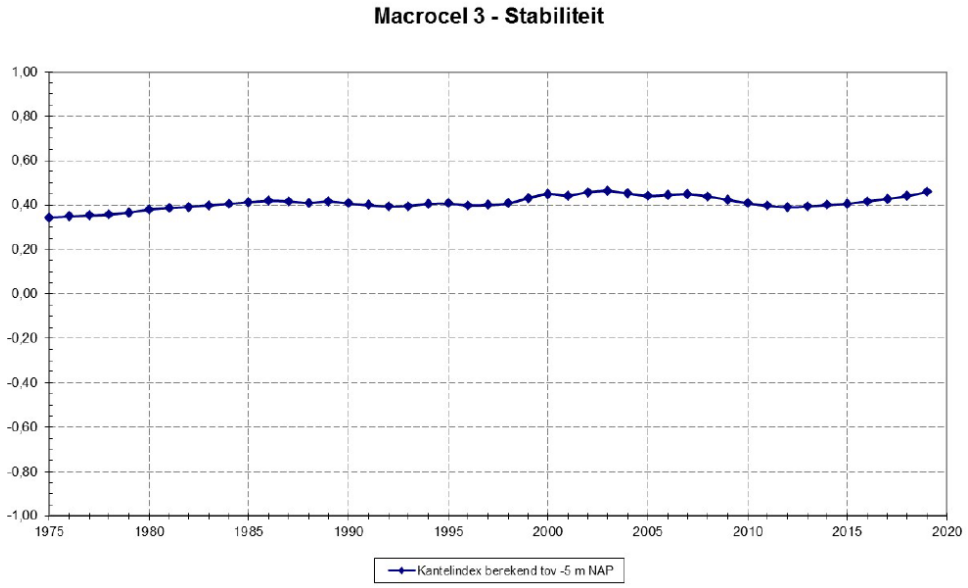
- Het watervolume in de nevengeul van macrocel 3 nam tot 2014 toe, waarna de stijgende trend is veranderd naar een dalende trend van 2014 tot 2019. De daling in de laatste 2 jaar (2018-2019) is wel minder uitgesproken dan de daling gemeten in 2016 en 2017. Aangezien er geen sprake is van een toename 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 6-91).
- Het volume in de hoofgeul nam van 2011 tot 2016 toe. Na een beperkte afname in 2017 is het watervolume in de hoofdgeul weer toegenomen over 2018 en 2019 (Figuur 6-92).
- De kantelindex vertoonde tot 2013 een negatieve trend, wat erop wijst dat de nevengeul aan volume won ten opzichte van de hoofdgeul (Figuur 6-93). Vanaf 2013 is er sprake van een lichte toename van de kantelindex, in het voordeel van de hoofdgeul, welke steeds sterker toeneemt over recentere jaren (2017-2019).
- De debietmetingen laten in 2017 een afname zien van het relatieve getij-aandeel van de nevengeul (Everingen) en een toename van het getij-aandeel van de hoofdgeul (Figuur 6-95). Deze trend was reeds vanaf 2003 aanwezig. Tussen 2011 en 2014 werd daarentegen een omgekeerde trend waargenomen.



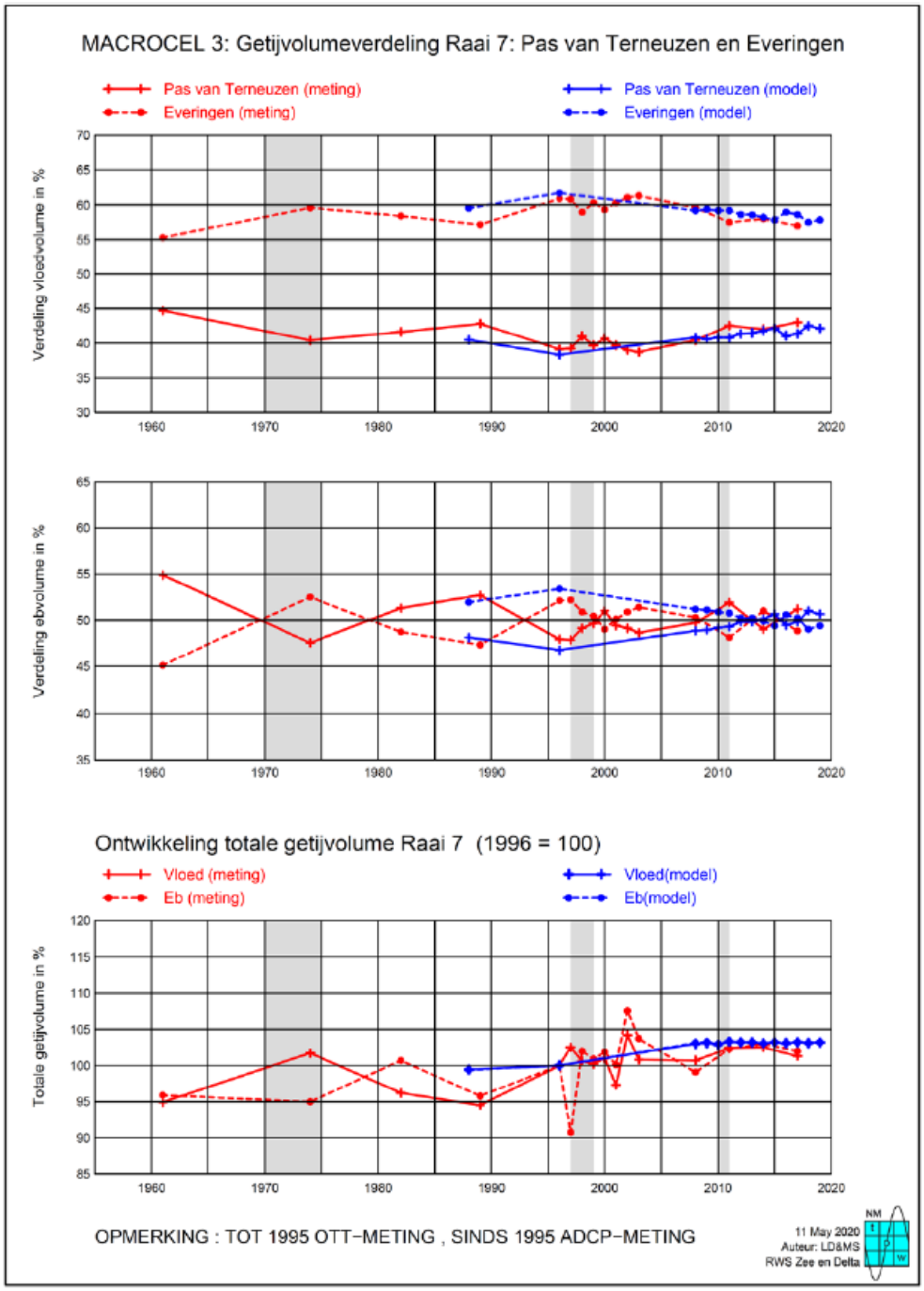
Figuur 6-91: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 3 (Schrijver, 2020a).



Figuur 6-92: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 3 (Schrijver, 2020a).



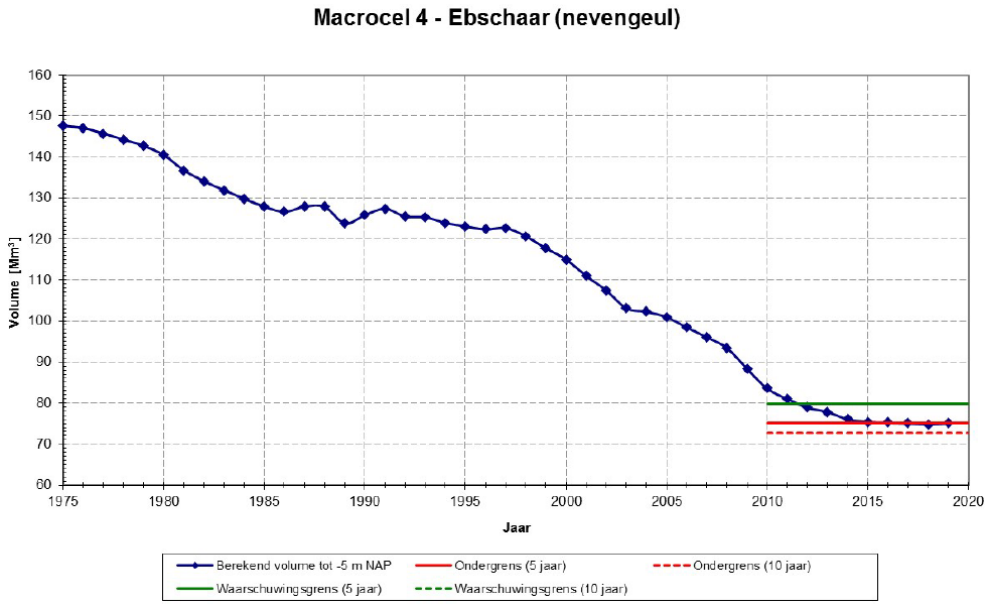
Figuur 6-93: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 3 (Schrijver, 2020a).



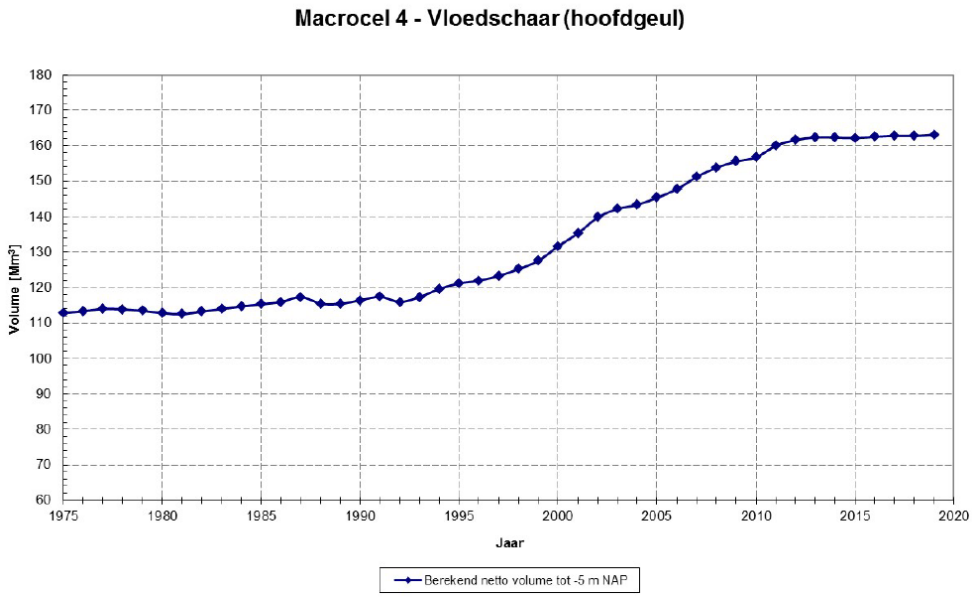
Figuur 6-94: Getijvolumeverdeling Raai 7 in macrocel 3 (Schrijver, 2020a).

Macrocel 4

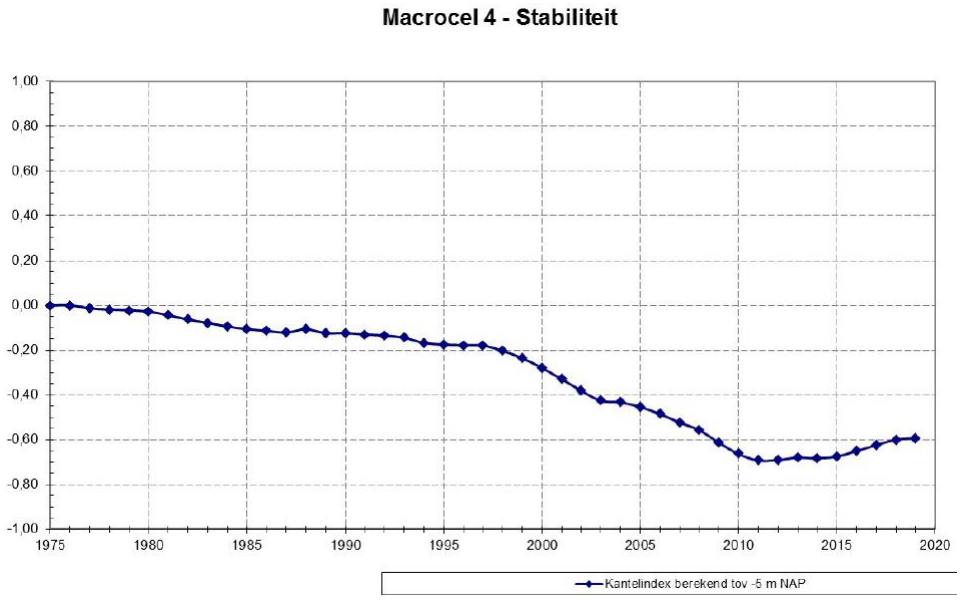
- De reeds lange tijd aanwezige sedimenterende trend in de nevengeul van macrocel 4 (Middelgat) zette zich door tot 2014. Hierna is van 2014 tot 2019 de dalende trend afgezwakt en ligt het volume de laatste 4 jaar rond de 5-jarige ondergrens (Figuur 6-95). Het watervolume voldeed in 2017 al net niet meer aan het opgelegde criterium, wat nog steeds het geval is voor zowel 2018 en 2019. Dit kan enkel voorkomen worden indien 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.
- Het watervolume in de hoofdgeul is sinds 2013 vrij stabiel, maar laat van 2015 tot 2019 toch een lichte toename zien (Figuur 6-96). De stortintensiteit is min of meer in evenwicht met het baggeren en de autonome erosie van de hoofdgeul.
- De kantelindex is de afgelopen jaren gestegen, en de nevengeul (die hier de ebgeul betreft) krijgt dus een relatief groter aandeel van het getijvolume ten opzichte van de hoofdgeul (Figuur 6-97). Deze ontwikkeling wordt waarschijnlijk beïnvloed door het stopzetten (sinds 2012) van de plaatrandstortingen aan de Rug van Baarland en de hogere stortintensiteit in de hoofdgeul sinds 2011.
- In macrocel 4 was sinds 2014 geen nieuwe debietmeting uitgevoerd, maar in 2018 zijn er wel metingen uitgevoerd. In 2018 is het watervolume in de nevengeul (Middelgat) bij vloed licht afgenomen ten opzichte van de laatste meting (2014) en bij eb toegenomen (Figuur 6-98).



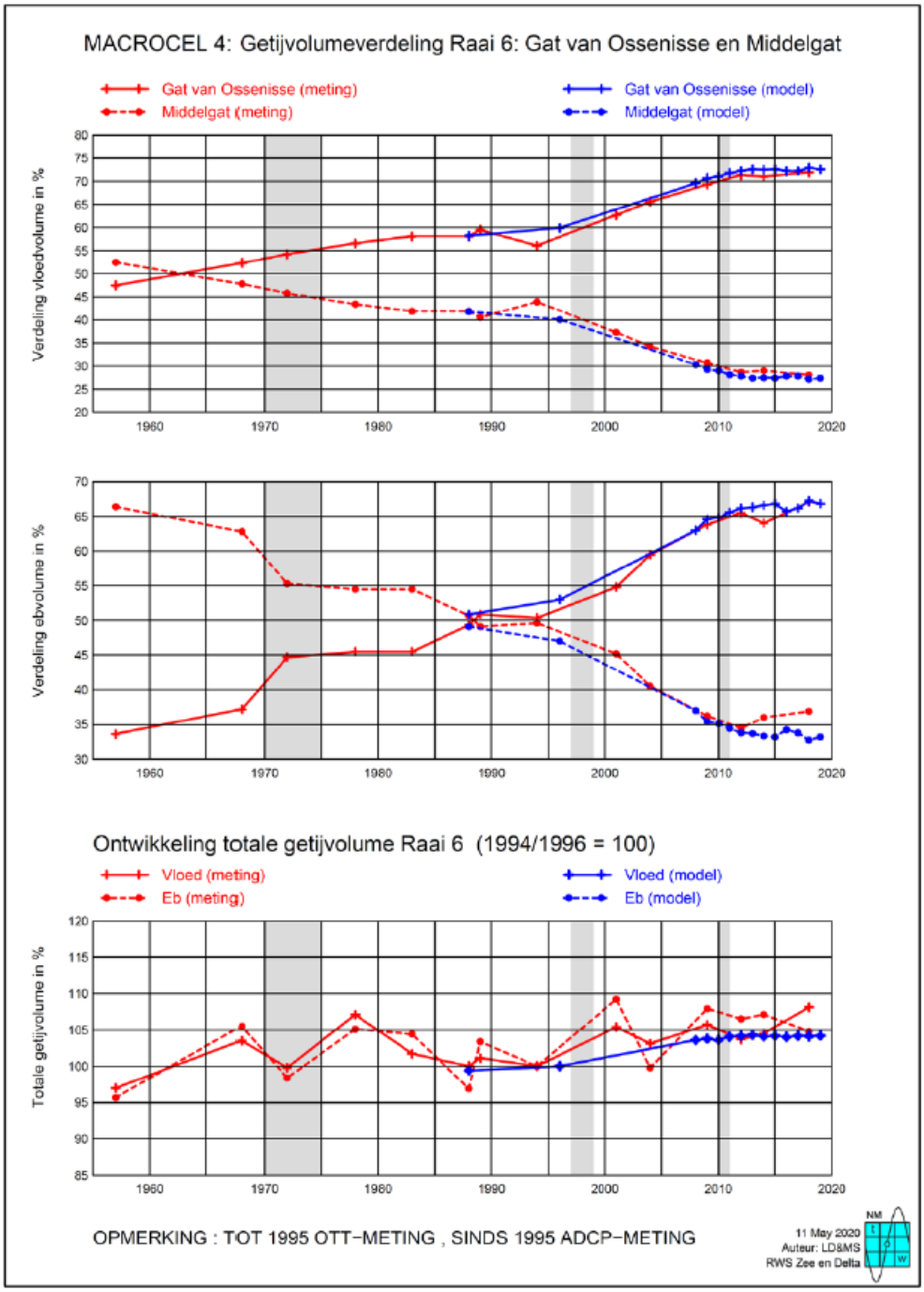
Figuur 6-95: Netto volume ebschaar nevengeul macrocel 4 (Schrijver, 2020a).



Figuur 6-96: Netto volume vloedschaar hoofdgeul macrocel 4 (Schrijver, 2020a).



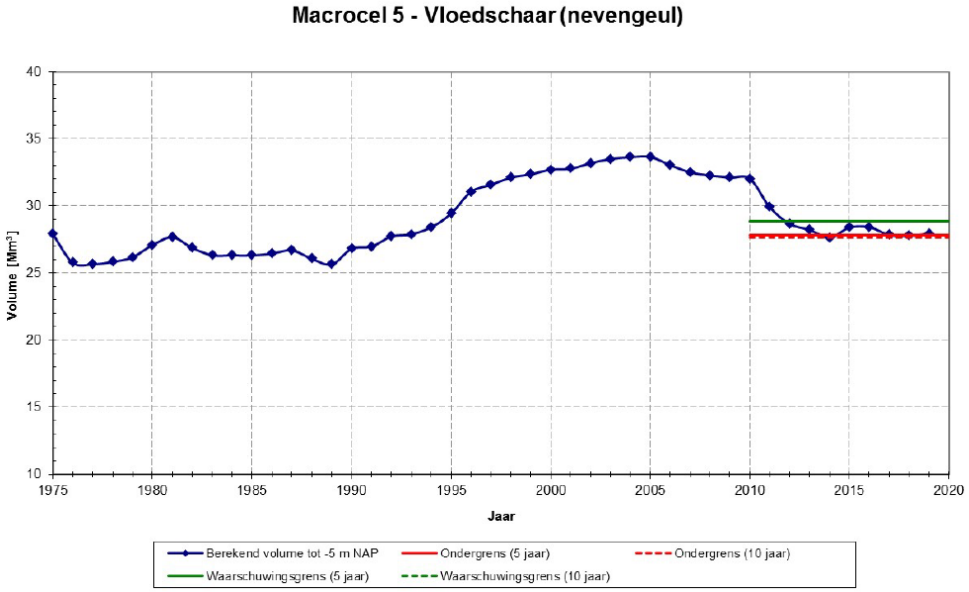
Figuur 6-97: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 4 (Schrijver, 2020a).



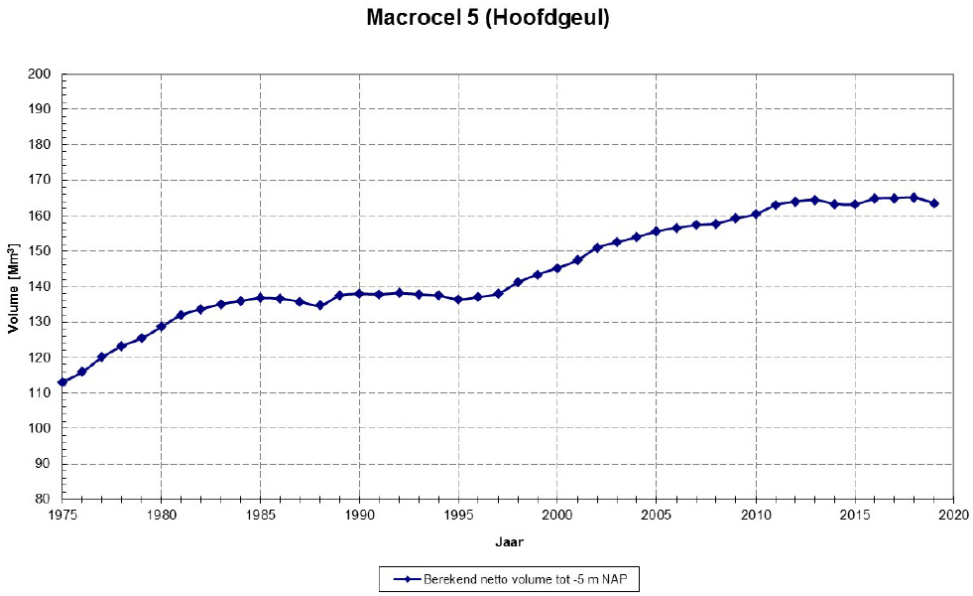
Figuur 6-98: Getijvolumeverdeling Raai 6 in macrocel 4 (Schrijver, 2020a).

Macrocel 5

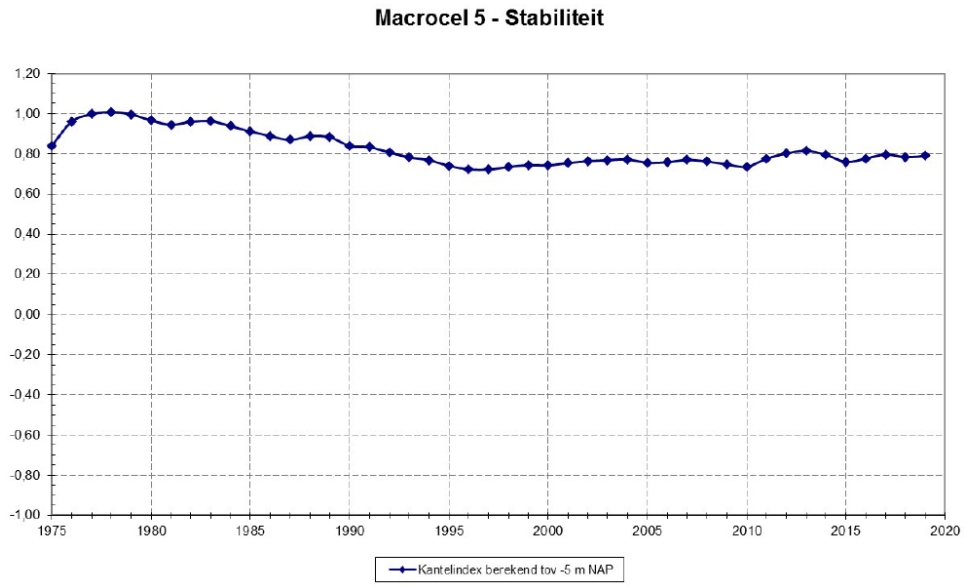
- Het watervolume in de nevengeul nam af van 2010 tot 2014 en liet hierna een toename zien tot 2016 (Figuur 6-99), wellicht door het stopzetten van de stortingen in de nevengeul. Na de daling van 2016 naar 2017 is het volume in 2018 en 2019 vrij stabiel gebleven en ligt het net boven de 5-jarige ondergrens.
- De langzame, gestage stijging van het watervolume in de hoofdgeul was afgevlakt in 2014 en 2015, maar heeft zich in 2016- 2018 weer doorgezet gevolgd door een daling in 2019 (Figuur 6-100). Het is niet duidelijk wat deze afname veroorzaakt heeft, nader onderzoek en opvolging zijn vereist (Schrijver, 2020a).
- De kantelindex fluctueert en na een piek in 2013 daalde deze tot in 2015. Tussen 2015 en 2017 is de index toegenomen en sindsdien fluctueert het rond die waarde voor zowel 2018 als 2019 (Figuur 6-101). De laatste jaren is het relatief volume van de nevengeul, ten opzichte van de hoofdgeul, dus vrij stabiel gebleven.
- Bij de meest recente metingen in 2019 is het debiet van de nevengeul (Schaar van Waarde) afgenomen ten opzichte van de meest recente waarde in 2016, zowel bij eb als bij vloed. Deze afname is meer uitgesproken bij vloed (Figuur 6-102).



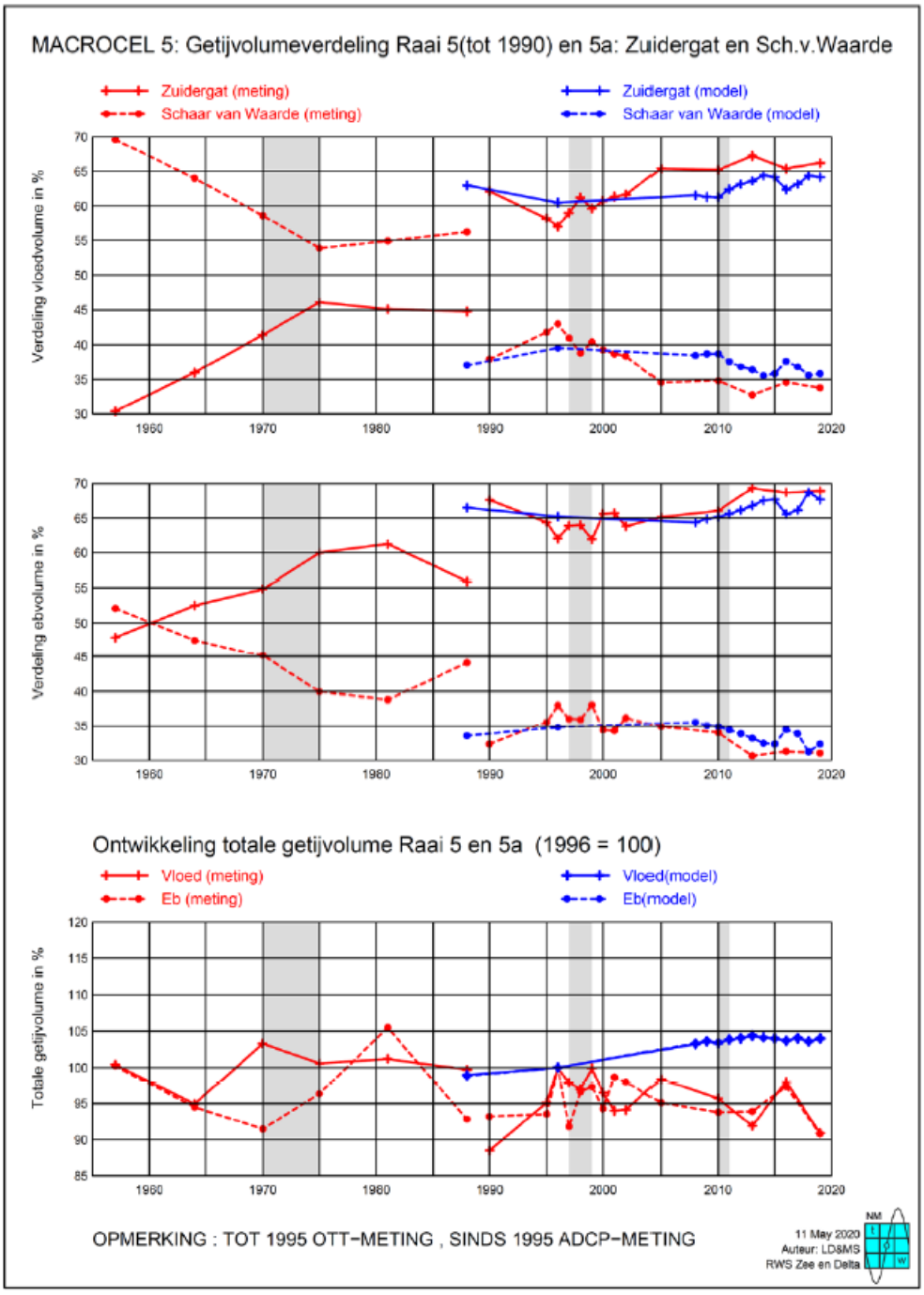
Figuur 6-99: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 5 (Schrijver, 2020a).



Figuur 6-100: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 5 (Schrijver, 2020a).



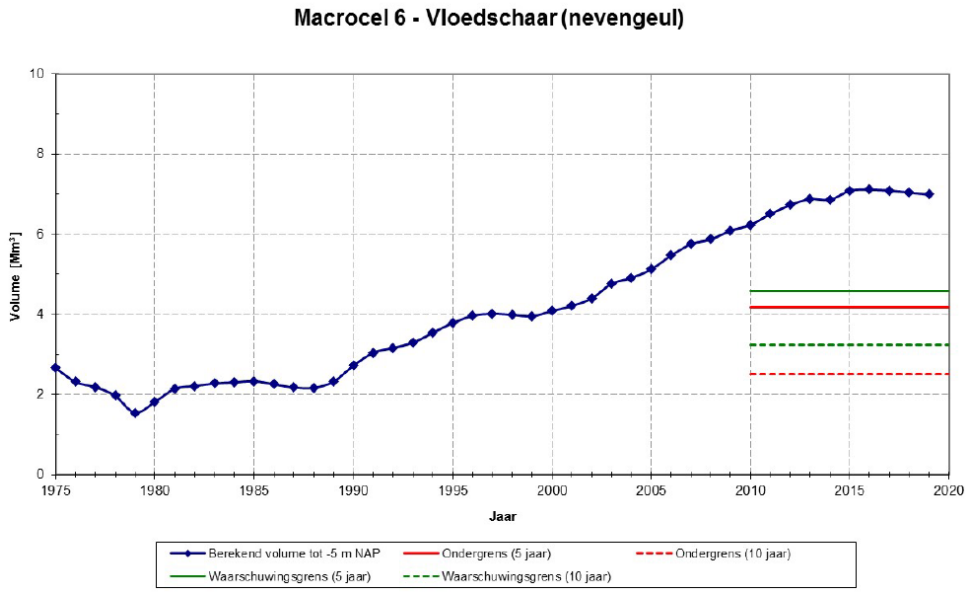
Figuur 6-101: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 5 (Schrijver, 2020a).



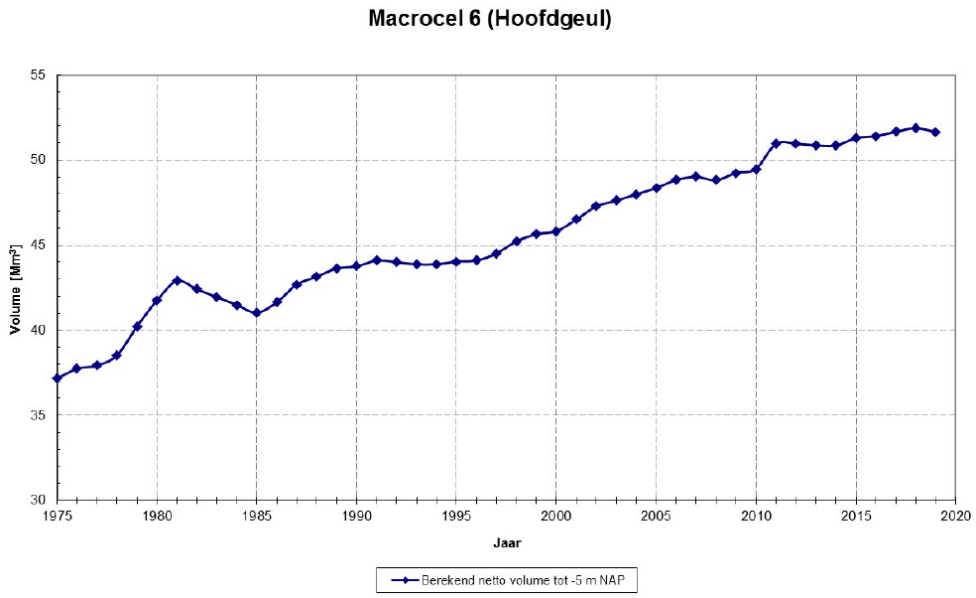
Figuur 6-102: Getijvolumeverdeling Raai 5 en 5a in macrocel 5 (Schrijver, 2020a).

Macrocel 6

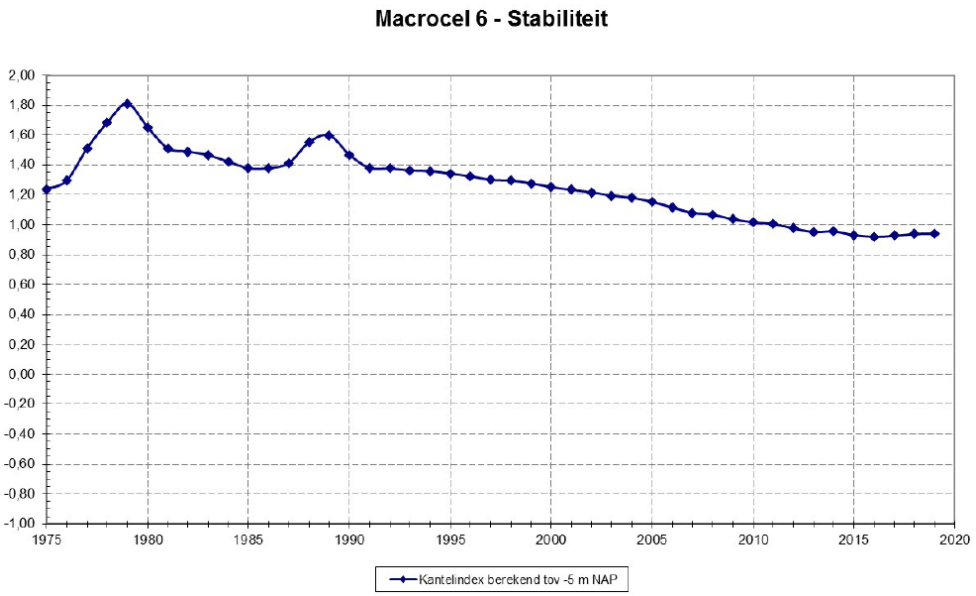
- De nevengeul heeft een stijgende trend in watervolume tot 2015, wat correspondeert met de erosie van de Schaar van de Noord. Sinds 2015 daalt het volume in de nevengeul lichtjes (Figuur 6-103). Het watervolume ligt ver boven de waarschuwingsgrens en voldoet ruim aan de criteria. Merk op dat de nevengeul van deze macrocel een zeer klein volume heeft.
- Nadat het watervolume in de hoofdgeul van 2011 tot 2014 stabiel was gebleven, is het volume tot 2018 toegenomen gevolgd door een lichte afname in 2019 (Figuur 6-104). De stijgende trend (behalve voor 2019) wordt mogelijk veroorzaakt door een afname van het gestorte volume vanaf 2015.
- De kantelindex vertoont al geruime tijd een afnemende trend als gevolg van de relatieve sterke toename van het volume in de nevengeul (vloedschaar). Maar sinds 2016 is deze gestabiliseerd en fluctueert de index rond deze waarde (Figuur 6-105).
- Bij de laatste debietmetingen in 2018 waren volumes in de nevengeul bij vloed afgenomen ten opzichte van die in de hoofdgeul en licht toegenomen bij eb (Figuur 6-106).



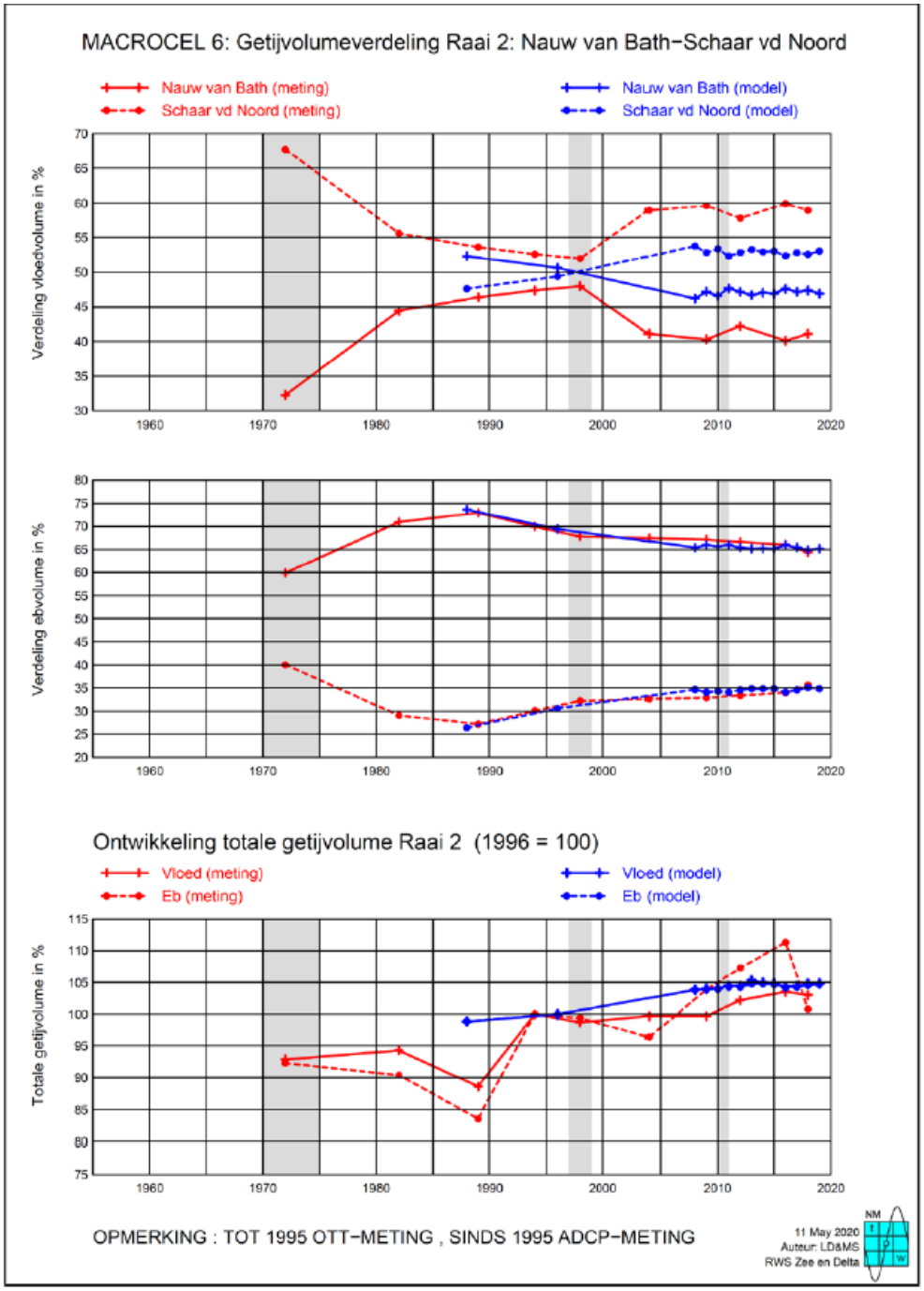
Figuur 6-103: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 6 (Schrijver, 2020a).



Figuur 6-104: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 6 (Schrijver, 2020a).



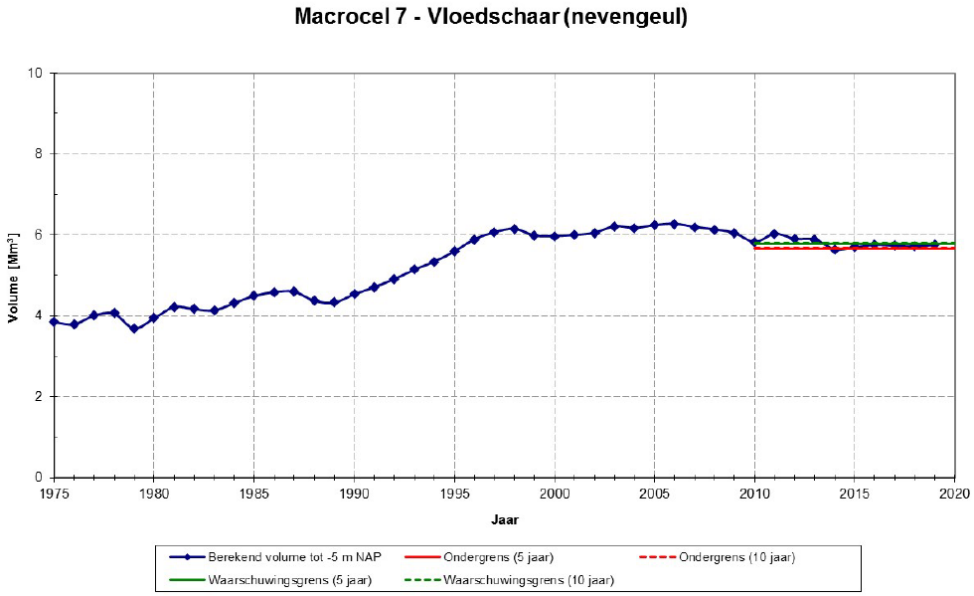
Figuur 6-105: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 6 (Schrijver, 2020a).



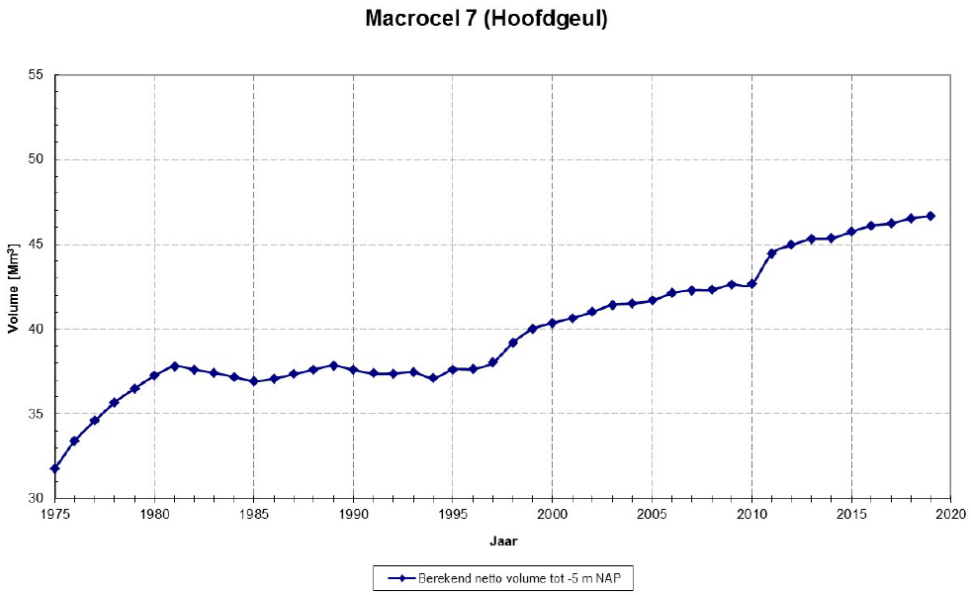
Figuur 6-106: Getijvolumeverdeling Raai 2 in macrocel 6 (Schrijver, 2020a).

Macrocel 7

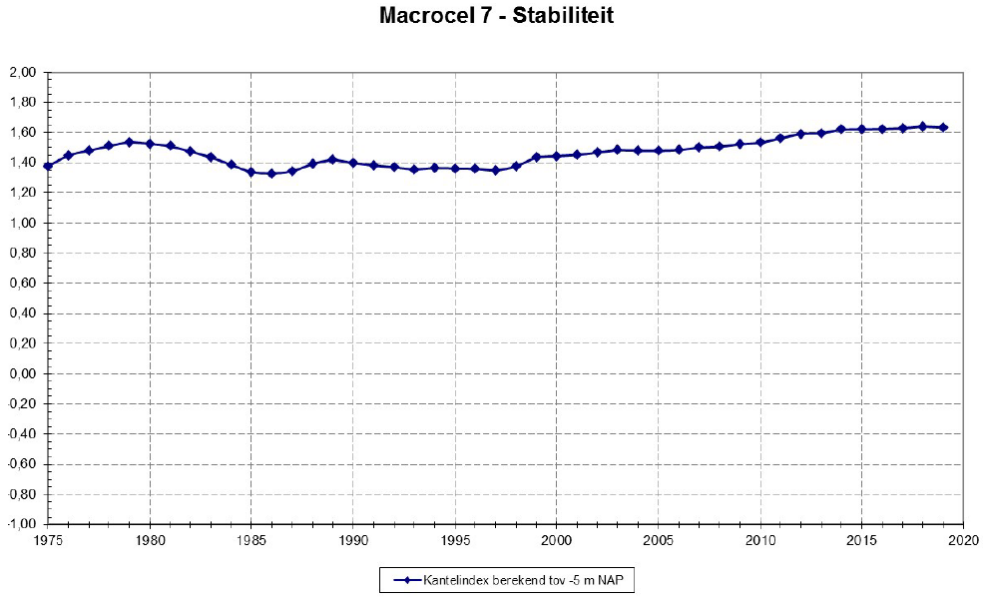
- Het watervolume in de nevengeul nam van 2011 tot 2014 enigszins af en neemt sindsdien zeer licht toe (Figuur 6-107). Het volume ligt tussen de waarschuwingsgrens en de ondergrens in.
- Het watervolume in de hoofdgeul neemt gestaag toe sinds 2011 (Figuur 6-108). Het watervolume in de hoofdgeul wordt sterk beïnvloed door de baggerwerken ter plaatse. De sterke stijging van het watervolume van 2010 naar 2011 is veroorzaakt door de verdiepingswerken (3de verruiming) op de Drempel van Bath en de Drempel van Zandvliet.
- De kantelindex is na een lange periode van stijging, de laatste jaren gestabiliseerd doordat de hoofdgeul en nevengeul beide een lichte toename in volume vertonen (Figuur 6-109).
- De debietsmetingen van 2016 laten een toename zien van het aandeel van de nevengeul, voornamelijk bij eb, maar in mindere mate ook bij vloed (Figuur 6-110). Het aandeel van de nevengeul in het volume van macrocel 7 is steeds zeer klein, mede door de bouw van de stroomgeleidingsdam aan de Appelzak, halverwege de jaren '60.



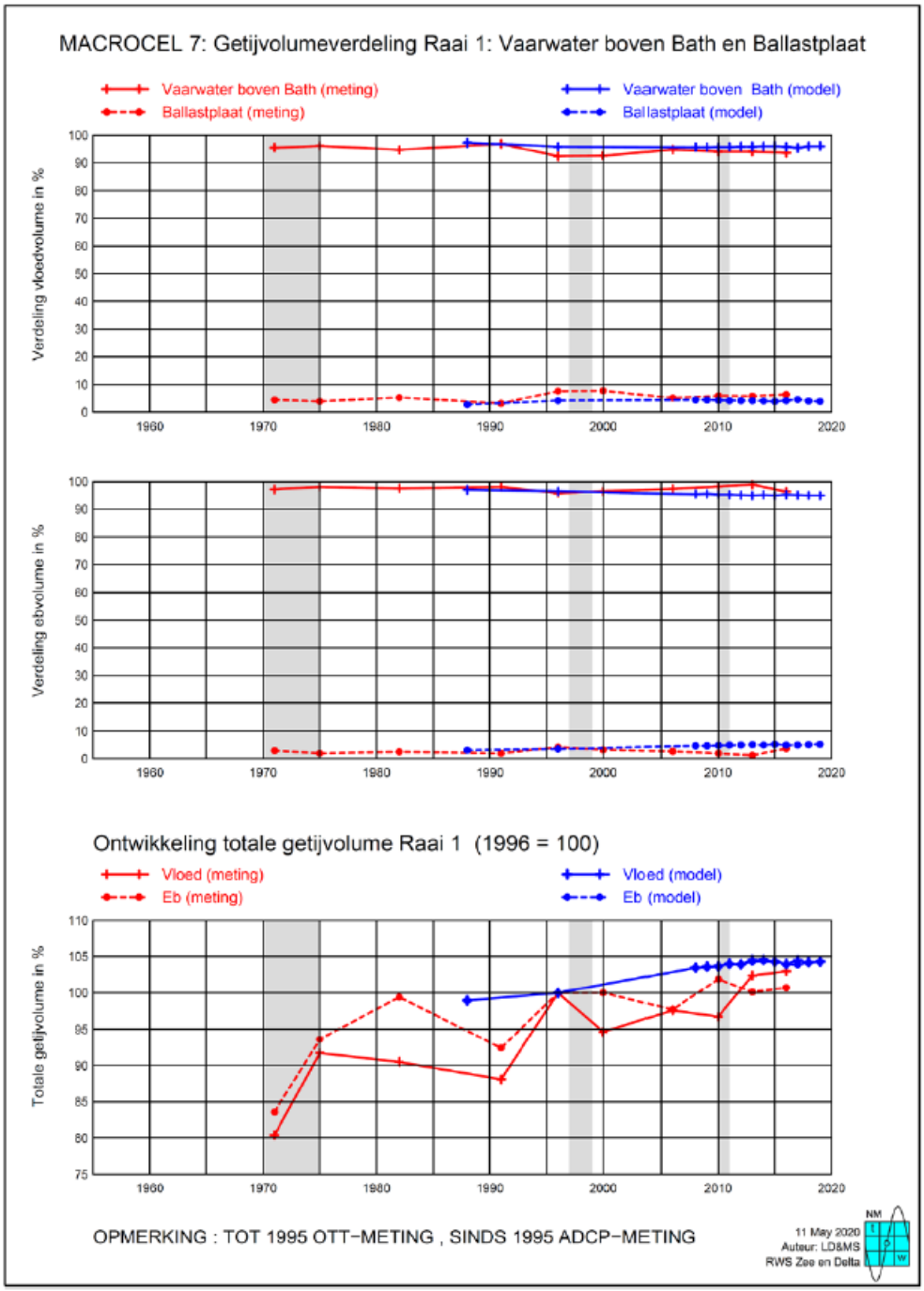
Figuur 6-107: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 7 (Schrijver, 2020a).



Figuur 6-108: Netto volume ebschaar hoofdgeul macrocel 7 (Schrijver, 2020a).



Figuur 6-109: De evolutie van de kantelindex voor macrocel 7 (Schrijver, 2020a).



Figuur 6-110: Getijvolumeverdeling Raai 1 in macrocel 7 (Schrijver, 2020a).

6.5 Stabiliteit van de plaatrandstortingen

Baggerspecie die minder goed blijft liggen aan de plaatranden is ongewenst omdat door erosie van de baggerspecie de gewenste ecologische winst in het gedrang kan komen. In Tabel 6-9 is opgenomen hoeveel procent van de gestorte specie vanaf de aanvang van de stortwerkzaamheden per jaar nog aanwezig dient te zijn.

Vanaf de tweede vergunningsperiode wordt de stabiliteit van de specie vanaf 11/02/2015 opnieuw geëvalueerd volgens dezelfde tabel (het criterium is dus opnieuw 80% na 1 jaar).

Tabel 6-9: Gewenste hoeveelheden specie per jaar na beëindigen storten verdiepingsspecie (stabiliteit plaatrandstorting).

Jaar	Percentage oorspronkelijk gestort materiaal
0	100 %
1	80 %
2	70 %
3	60 %
4	50 %
5	40 %

Door analyse van multibeam peilingen (Bijlage F) worden volumeveranderingen aan de plaatranden berekend. De waargenomen volumeveranderingen zijn een gevolg van de stortingen die er uitgevoerd worden en van autonome sedimentatie- en erosieprocessen. Naast de gewone peilingen die plaatsvinden, en waarbij tot een diepte van -2 m NAP wordt gepeild, zijn er ook zesmaandelijks zogenaamde grote peilingen die tot -1 m NAP peilen, wat kan leiden tot variaties in volumeberekeningen. De volumeveranderingen in de peilingen worden berekend binnen 'rekenpolygonen' die gelijk zijn aan de stortzones inclusief een buffer van 100 m. Deze volumeveranderingen worden vergeleken met de storthoeveelheden die door aMT zijn geregistreerd. De verschillende stortlocaties worden ook gekenmerkt door een langetermijntrend, de autonome evolutie. De Plaat van Walsoorden ondervond bijvoorbeeld autonome erosie, wat de stabiliteit van de plaatrandstortingen kan beïnvloeden (Plancke *et al.*, 2011).

Voor elk van de plaatrandstortzones worden hieronder resultaten weergegeven die het verloop van de stort- en peilvolumes tonen, en het verloop van de stabiliteit. De stabiliteit is bepaald als quotiënt van het gepeilde volume (= in-situ bodemveranderingen) en het gestort volume (= aangevoerde hoeveelheden, omgerekend naar in-situ volume).

Het oorspronkelijke referentietijdstip komt overeen met de start van de verdiepingsstortingen op 12 februari 2010. Bij de start van de tweede vergunningsperiode (12 februari 2015), is ook het referentietijdstip hieraan aangepast. De toetsing gebeurt dan per 12 februari van elk volgend jaar (of een nabijgelegen voorgaande of volgende peiling).

Voor elk van de vier platen Hooge Platen West (HPW), Hooge Platen Noord (HPN), Plaat van Walsoorden (PWA), en Rug van Baarland (RvB), worden maandelijks rapporten opgesteld met daarin de ontwikkeling van de bodemdiepte in de stortzone en de plaatranden. De bevindingen en resultaten in deze sectie zijn integraal overgenomen uit het "Statusrapport na de start van de plaatrandstortingen – jaar 10" (IMDC, 2020b).

Om de evolutie weer te geven van de plaatrandstortingen in deze periode zijn verschilkaarten opgemaakt tussen 2010 en 2019. Deze kaarten zijn opgenomen in Bijlage F.

Hooge Platen West

De eerste stortingen op de Hooge Platen West zijn uitgevoerd in 3 periodes. De eerste periode liep van 12/02/2010 tot 10/05/2010; er werd een volume van 1,95 Mm³ gestort. Kort na de stortingen (30/05/2010) was nog 97 % van het gestorte materiaal aanwezig. Na 1 jaar (T16, 16/02/2011) was dit nog 62% met een vrijwel lineaire terugval vanaf 30/05/2010.

Een tweede stortperiode (ca. 580 000 m³) liep van 11/05/2011 tot 17/07/2011 en omvatte vooral het storten van fijne onderhoudsbaggerspecie afkomstig van de Drempel van Borssele. Kort na deze bijkomende stortingen (T20, 26/07/2011) was de stabiliteit van het totale gestorte volume opnieuw gestegen tot 70%. Aan het einde van het tweede vergunningsjaar (T26, 08/02/2012) lag de stabiliteit van de gestorte specie nog steeds op 70%, alhoewel de stabiliteit tussen T20 en T26 varieerde tussen 60% en 80%.

De derde stortperiode liep van 18/06/2013 tot 25/06/2013; er werd ca. 130 000 m³ specie gestort, afkomstig van de Drempel van Vlissingen. Kort na de stortingen, bij T42 (3/07/2013) bedroeg de stabiliteit 70%. Deze stabiliteit neemt langzaam af en bedraagt op 5/02/2015 (T63) 59%.

Nadien is de stortstrategie gewijzigd en is er frequenter gestort, al zijn er tijdens deze continue stortingen ook periodes te herkennen waarin meer of minder intensief gestort werd. De eerste storting volgens deze strategie werd uitgevoerd op 27/03/2015. Periodes waarin meer intensief gestort werd zijn te herkennen tussen van oktober tot en met december 2015, in juli tot eind november 2016 en van juni 2017 tot en met september 2017.

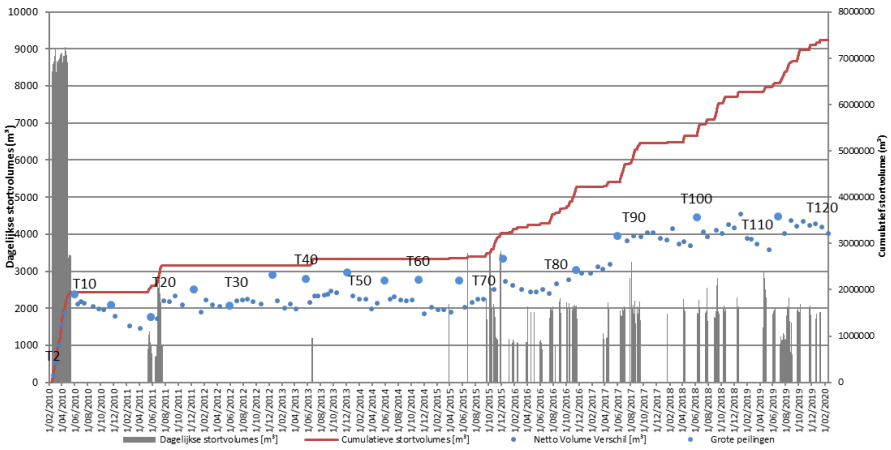
Tijdens vergunningsjaren 6 tot 9 waren de gestorte sedimenten grotendeels afkomstig van de Drempel van Borssele (ca. 2,5 miljoen m³) en de Pas van Terneuzen (ca. 900 000 m³). Aan het einde van vergunningsjaar 6 (T74, 24/01/2016) bedroeg de totale stabiliteit 64%. Tegen het einde van vergunningsjaar 7 (T85, 27/02/2017) is deze verder gedaald tot 59%, maar na vergunningsjaar 8 (T96, 14/02/2018) is de totale stabiliteit weer gestegen tot 63%. In vergunningsjaar 9 (T109, 20/02/2019) nam de totale stabiliteit echter weer af tot 49 % sinds de start van de eerste vergunning.

In het tiende vergunningsjaar (12/02/2019 - 11/02/2020) werd ca. 1 115 000 m³ (in-situ) baggermateriaal afkomstig van de Drempel van Borssele (ca. 943 000 m³) en de Pas van Terneuzen (ca. 173 000 m³) op de plaatrandstortzone Hooge Platen West aangebracht. **De stabiliteit sinds de start van de tweede vergunning bedraagt 30% aan het eind van het tiende vergunningsjaar (T121, 18/02/2019).** De totale stabiliteit na 10 jaar (sinds de start van de eerste vergunning) bedraagt 43%.

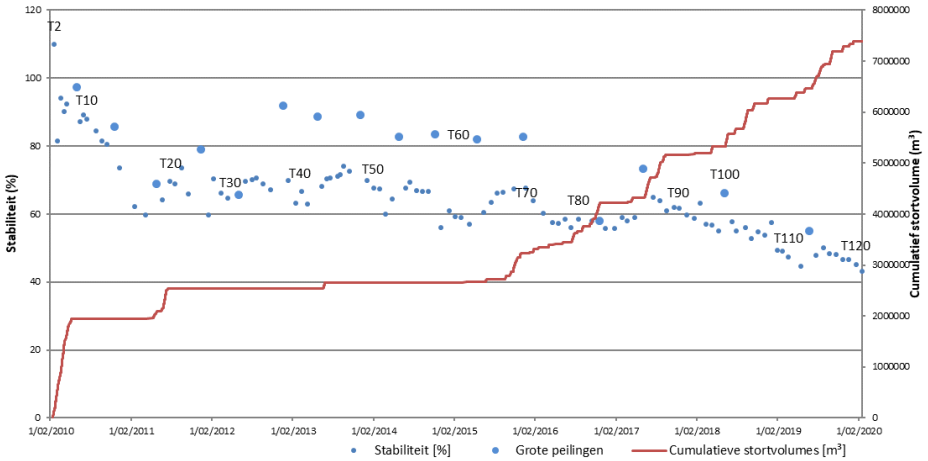
Het verloop van de stortingen en de gepeilde volumeverschillen wordt weergegeven in Figuur 6-111. De totale stabiliteit (t.o.v. T0) van de gestorte baggerspecie is voorgesteld in Figuur 6-112. De stabiliteit op enkele bovenvermelde tijdstippen wordt samengevat in Tabel 6-10.

Tabel 6-10: Samenvatting van de stabiliteit van de plaatrandstortingen op Hooge Platen West. Volumes in m³. Toetswaarden voor de verschillende vergunningsjaren staan in vet afgedrukt. Grote peilingen worden in de nummering met '-GP' aangeduid.

Datum	Peiling	Gepeild	Gestort tov. 11/02/2010	Stabiliteit t.o.v. To
04/02/2010	To	0	0	100%
12/02/2010	T_{start}	Aanvang plaatrandstorting		
30/05/2010	T7-GP	1 898 215	1 952 569	97%
16/02/2011	**T16**	**1 214 198**	**1 952 569**	**62%**
26/07/2011	T20	1 761 692	2 532 354	70%
08/02/2012	**T26**	**1 783 120**	**2 532 354**	**70%**
20/08/2012	T32-GP	1 790 500	2 532 354	71%
13/02/2013	**T37**	**1 597 878**	**2 532 354**	**63%**
3/07/2013	T42	1 871 435	2 660 047	70%
31/01/2014	**T50**	**1 799 806**	**2 660 047**	**68%**
24/06/2014	T55	1 799 835	2 660 047	68%
5/02/2015	**T63**	**1 572 337**	**2 660 047**	**59%**
17/07/2015	T68	1 721 697	2 712 388	63%
24/01/2016	**T74**	**2 099 818**	**3 280 757**	**64%**
17/11/2016	T82-GP	2 423 173	4 185 663	58%
27/02/2017	**T85**	**2 491 431**	**4 216 086**	**59%**
1/06/2017	T88-GP	3 170 560	4 323 931	73%
14/02/2018	**T96**	**3 312 116**	**5 245 817**	**63%**
7/06/2018	T100-GP	3 560 241	5 373 942	66%
20/02/2019	**T109**	**3 100 200**	**6 322 934**	**49%**
24/06/2019	T113-GP	3 588 778	6 522 947	55%
18/02/2020	**T121**	**3 213 780**	**7 438 386**	**43%**



Figuur 6-111: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal (m³) en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzicht van de beginsituatie) (m³) voor de stortzone Hooge Platen West.



Figuur 6-112: Verloop van de stabiliteit (%) van het gestorte volume en het cumulatief stortvolume (m³) voor de stortzone Hooge Platen West.

Hooge Platen Noord

De stortingen op Hooge Platen Noord zijn in verschillende fasen uitgevoerd. De stortingen werden gestart op 5/05/2010. Op 25/01/2011 (T17) was het gepeilde en gestorte volume (3,47 Mm³) bijna gelijk (stabiliteit 101%). Sindsdien is nog verder gestort, maar minder intensief.

In de eerste peiling na de laatste stortingen (T23, 02/08/2011) bedroeg de stabiliteit 104%; er was 4,006 Mm³ gestort, terwijl in de peilingen een volumetoename van 4,16 Mm³ werd geregistreerd. Na twee jaar (T29, 17/02/2012) is het volumeverschil verder toegenomen als gevolg van natuurlijke sedimentatie, tot 4,22 Mm³ wat een stabiliteit van 105% oplevert. Tijdens het derde vergunningsjaar werd in ondiep water gestort tussen de plaatrand en de oostelijke aangelegde arm om dit deel van het gebied verder te verondiepen. De omvang van deze stortingen was te klein om gelijktijdige autonome erosie tegen te gaan, waardoor het peilvolumeverschil en de gehele stabiliteit licht afnam. Gedurende het vierde vergunningsjaar werden geen verdere stortingen uitgevoerd op de plaatrand. De stabiliteit van de stortingen fluctueert tussen 100% en 105%. Enkel bij grote peilingen T43 (25/05/2013) en T49 (3/12/213) ligt het opgemeten volume hoger, op 108% resp. 107%. De stabiliteit bij peiling T51 (11/02/2014) bedraagt 103%. Gedurende het vijfde vergunningsjaar werd bijna 87 000 m³ extra baggerspecie gestort ten oosten van de oorspronkelijk aangelegde dam op de oostelijke zandtong. Ondanks de extra stortingen onderging de stabiliteit een beperkte daling. Bij het einde van de vijfde vergunningsjaar (T64, 3/02/2015) bedroeg deze 101%.

Tijdens het zesde vergunningsjaar zijn zeer beperkte bijkomende stortingen uitgevoerd op de plaatrand Hooge Platen Noord (18 333 m³). In deze periode is meer sediment geërodeerd, waardoor de stabiliteit ten opzicht van de start van de tweede vergunningsperiode 'netto' kleiner is dan nul (-3 016%). Bij peiling T71 (7/03/2016) bedraagt de stabiliteit op de Hooge Platen Noord 84% ten opzichte van het begin van de stortingen in 2010.

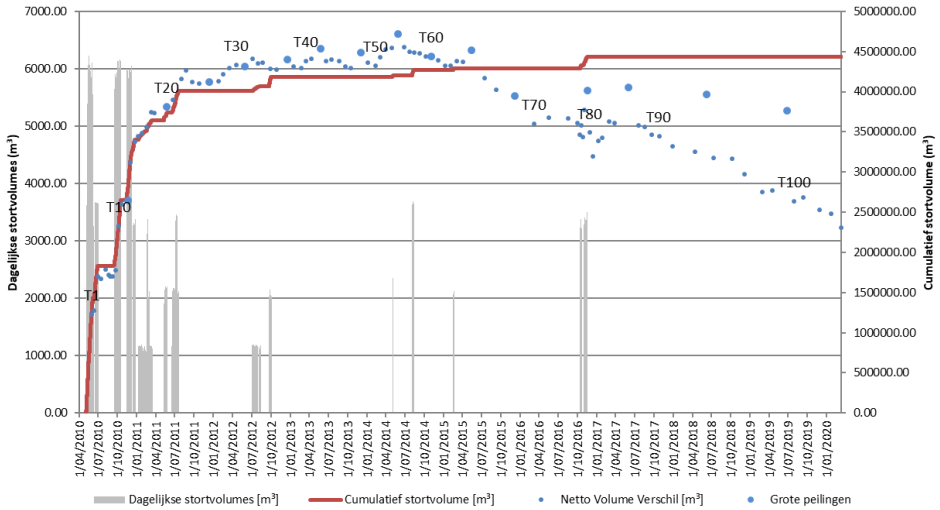
In oktober en november van het zevende vergunningsjaar is ca. 144 000 m³ sediment aangebracht op het zuidelijke deel van de oostelijke zandtong door middel van rainbowing, vlak tegen de Hooge Platen aan. De totale stabiliteit bij toetspeiling T84 (1/03/2017) bedroeg 82%. Na het rainbowen zijn geen sedimenten meer aangebracht, en aan het eind van het achtste vergunningsjaar (T91, 28/12/2017) bedraagt de stabiliteit ten opzichte van T0, 75%. In het negende vergunningsjaar is de totale stabiliteit sinds de start van de eerste vergunning verder gedaald tot 62 % (T97, 28/02/2019).

In het tiende vergunningsjaar zijn geen bijkomende stortingen uitgevoerd. **De stabiliteit ten opzichte van To bij toetspeiling T103 (22/01/2020) bedraagt 56%.** Echter kan bij de reguliere peilingen niet het volledige oppervlak ingepeild worden, waardoor de sedimenten die zich hoger in de stortzone hebben verplaatst niet worden meegenomen in de stabiliteitsberekeningen. Bij de laatste grote peiling T99, 24/06/2019) is de stabiliteit sinds de start van de eerste vergunning 85%. Voor de tweede vergunningsperiode kan de stabiliteit van de stortingen niet berekend worden, in verband met het kleine stortvolume in deze periode.

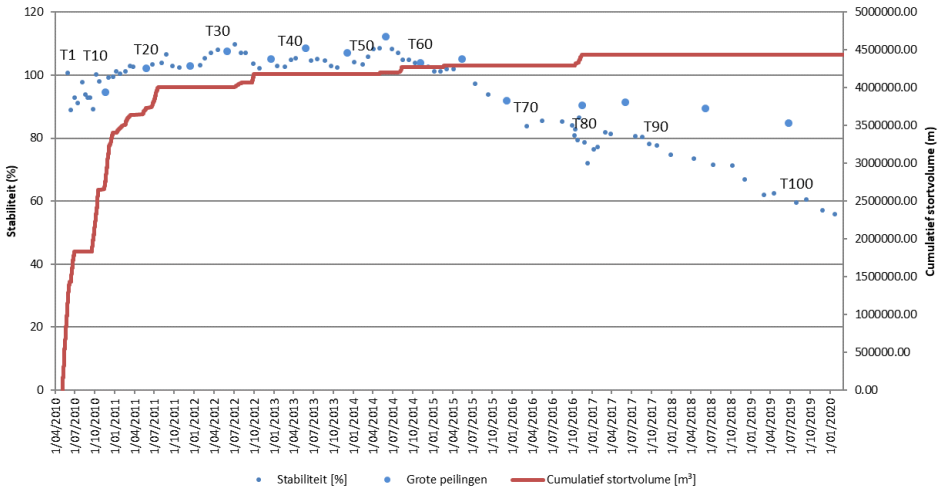
Het verloop van de stortingen en de gepeilde volumeverschillen wordt weergegeven in Figuur 6-113. De stabiliteit van de gestorte baggerspecie is voorgesteld in Figuur 6-114. De stabiliteit op enkele bovenvermelde tijdstippen wordt samengevat in Tabel 6-11.

Tabel 6-11: Samenvatting van de stabiliteit van de plaatrandstortingen op Hooge Platen Noord. Volumes in m³. Toetswaarden voor de verschillende vergunningsjaren staan in vet afgedrukt. Grote peilingen worden in de nummering met '-GP' aangeduid.

Datum	Peiling	Gepeild	Gestort	Stabiliteit t.o.v. To
25/04/2010	To		0	100%
5/05/2010	T_{start}	Aanvang plaatrandstorting		
25/01/2011	**T17**	**3 481 438**	**3 468 262**	**100%**
25/05/2011	T21	3 815 873	3 735 451	102%
2/08/2011	T23	4 157 902	4 005 770	104%
17/02/2012	**T29**	**4 219 753**	**4 005 770**	**105%**
23/08/2012	T36	4 359 163	4 007 044	107%
21/02/2013	**T41**	**4 295 173**	**4 185 575**	**103%**
23/08/2013	T46	4 379 044	4 185 575	105%
11/02/2014	**T51**	**4 323 818**	**4 185 575**	**103%**
30/04/2014	T54	4 543 146	4 185 575	109%
28/05/2014	T55	4 717 440	4 203 675	112%
24/07/2014	T57	4 501 377	4 203 675	107%
15/08/2014	T58	4 483 488	4 272 392	105%
3/02/2015	**T64**	**4 327 670**	**4 272 392**	**101%**
15/07/2015	T68	4172766	4 290 725	97%
7/03/2016	**T71**	**3 619 251**	**4 290 725**	**84%**
17/11/2016	T79-GP	4 014 136	4 434 497	91%
01/03/2017	**T84**	**3 625 483**	4 434 497	**82%**
01/06/2017	T86-GP	4 054 468	4 434 497	91%
28/12/2017	**T91**	**3 317 316**	**4 434 497**	**75%**
12/04/2018	T92	3 254 386	4 434 497	73%
9/10/2018	T95	3 163 177	4 434 497	71%
28/02/2019	**T97**	**2 748 558**	**4 434 497**	**62%**
24/06/2019	T99-GP	3 759 633	4 434 497	85 %
22/01/2020	**T103**	**2 480 266**	**4 434 497**	**56%**



Figuur 6-113: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzicht van de beginsituatie) voor de stortzone Hooge Platen Noord.



Figuur 6-114: Verloop van de stabiliteit (%) van het gestorte volume en het cumulatief stortvolume (m³) voor de stortzone Hooge Platen Noord.

Rug van Baarland

De stortingen op de rand van de Rug van Baarland zijn verspreid in de tijd uitgevoerd. In totaal werd 1,31 Mm³ gestort over een periode van 2 jaar.

Eén jaar na de start van de verdiepingswerken (T9, 02/02/2011) bleek dat de stabiliteit van de gestorte specie bijna 250% was, wat betekent dat naast de stortingen ook natuurlijke netto sedimentatie optreedt. Er werd op het Overleg Flexibel Storten besloten verder te storten. Na bijna twee jaar (T19, 26/01/2012) is de stabiliteit toegenomen tot 268%. Uit de gegevens en de grafiek in Figuur 6-116 blijkt wel dat deze waarde in het jaar daarvoor schommelde tussen 240 en 280%.

Om de natuurlijke processen te monitoren, is besloten op het Overleg Flexibel Storten van 28/02/2012 om gedurende het derde vergunningsjaar niet verder in dit gebied te storten. Tijdens het derde vergunningsjaar heeft de autonome sedimentatie zich voortgezet. Op 08/02/2013 (T30) bedroeg de stabiliteit binnen het stortgebied 343%. Ook in het vierde vergunningsjaar werden geen stortingen uitgevoerd, de autonome

sedimentatie zet zich onverminderd voort en de stabiliteit bedraagt reeds 480%. Op 21/01/2015 (T47), aan het einde van het vijfde vergunningsjaar, werd een stabiliteit opgemeten van 573%. De eerstvolgende peiling werd opgenomen drie maanden na het begin van het zevende vergunningsjaar en deze gaf een stabiliteit van 723%, wat een jaar later (in het achtste vergunningsjaar) was toegenomen tot 874% (T51, 22/05/2017). In het negende vergunningsjaar werd 1 peiling opgenomen bij de Rug van Baarland, T52 (10/05/2018). Het opgemeten volume was bij deze peiling 947% van het totale gestorte volume in de zone.

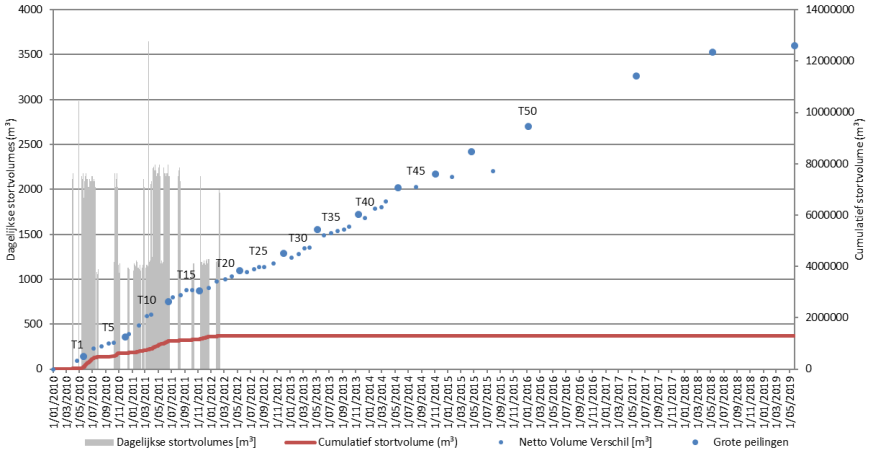
De meest recente peiling werd uitgevoerd drie maanden na het begin van het tiende jaar (T53, 24/05/2019). Het opgemeten volume was bij deze peiling 966% van het totale gestorte volume in deze zone. Deze waarde komt niet overeen met de 'stabiliteit van de gestorte baggerspecie', maar geeft de sterk autonome sedimentatietrend weer. Om die reden is de waarde ook niet in het toetsverslag opgenomen.

Het verloop van de stortingen en de gepeilde volumeverschillen wordt weergegeven in Figuur 6-115. De stabiliteit van de gestorte baggerspecie is voorgesteld in Figuur 6-116. Enkele belangrijke tijdstippen worden samengevat in Tabel 6-12.

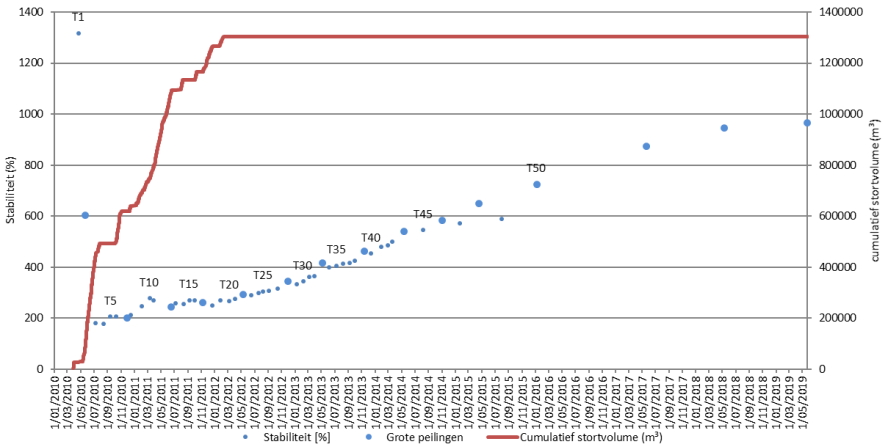
Tabel 6-12: Samenvatting van de stabiliteit van de plaatrandstortingen op de Rug van Baarland. Toetswaarden staan in vet afgedrukt.

Datum	Peiling	Gepeild	Gestort	Stabiliteit
12/02/2010	T0	0	0	100%
29/03/2010	T_{start}	Aanvang plaatrandstortingen		
2/02/2011	**T9**	**1 697 903**	**688 780**	**247%**
26/01/2012	**T19**	**3 413 582**	**1 272 388**	**268%**
08/02/2013	**T30**	**4 474 282**	**1 305 019**	**343%**
29/01/2014	**T41**	**6 261 111**	**1 305 019**	**480%**
21/01/2015	**T47**	**7 474 768**	**1 305 019**	**573%**
7/01/2016	**T50***	**9 439 865**	**1 305 019**	**723%**
22/05/2017	**T51***	**11 408 663**	**1 305 019**	**874%**
10/05/2018	**T52***	**12 352 664**	**1 305 019**	**947%**
24/05/2019	**T53***	**12 601 501**	**1 305 019**	**966%**

***** Grote peilingen, waarbij tot een ondieper niveau is ingepeild



Figuur 6-115: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzicht van de beginsituatie) voor de complete stortzone aan de Rug van Baarland.



Figuur 6-116: Verloop van de stabiliteit (%) van het gestorte volume en het cumulatief stortvolume (m³) voor de complete stortzone aan de Rug van Baarland.

Plaat van Walsoorden

De stortingen aan de Plaat van Walsoorden zijn in meerdere periodes uitgevoerd. De eerste periode liep van 12/02/2010 tot 25/09/2010. In totaal werd 3,72 Mm³ gestort. De eerste hierop volgende peiling is T16 (2/10/2010) waaruit blijkt dat 74% van de gestorte specie stabiel was. Ongeveer een jaar na het starten van de plaatrandstortingen, op 8/2/2011 (T22) bleek nog steeds 74% van de gestorte specie aanwezig.

De tweede stortperiode liep van 16/10/2011 tot 28/11/2011 en omvatte een volume van ruim 820 000 m³. Twee jaar na het start van de plaatrandstortingen was de totale stabiliteit van gestorte specie 62%. Tijdens het derde vergunningsjaar werd verder gestort in de zuidelijke vloedschaar op de plaatrand. Dit heeft geleid tot een volumetoename maar niet tot een toename van de totale stabiliteit. Tijdens het vierde vergunningsjaar werden stortingen uitgevoerd in de periode augustus-september 2013. Tussen T57 (31/07/13) en T62 (25/10/2013) is 496 000 m³ gestort. Bij T67 (17/02/2014) was het netto volume-effect van de stortingen reeds verdwenen: de stabiliteit bedroeg 40%. Ook gedurende het vijfde vergunningsjaar werd ca. 450 000 m³ gestort. Tot deze aanvullende stortingen daalde de stabiliteit verder van 40% op het einde van het vierde vergunningsjaar tot 29% bij T76 (22/10/2014), net voor de stortingen. Door de extra stortingen was de stabiliteit opnieuw gestegen tot 33% bij T80 (24/02/2015).

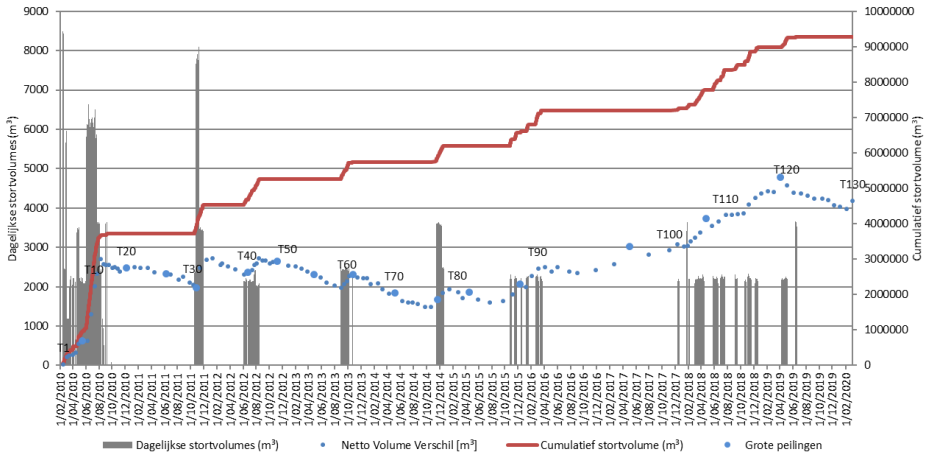
Tijdens het zesde vergunningsjaar werd ca. 604 000 m³ sediment op de plaatrand gestort. De stortingen waren geconcentreerd op de grens tussen de diepe en de ondiepe plaatpunt, ten westen van het eerder aangelegde sedimentlichaam. De stabiliteit bedroeg op het einde van het zesde vergunningsjaar (T89, 3/02/2016) 37%. In het begin van het zevende vergunningsjaar werd nog eens 400 000 m³ aangebracht langs de grens tussen de diepe en de ondiepe plaatpunt. Bij peiling T97 (20/02/2017) bedroeg de stabiliteit sinds het begin van de opvolging 40%. In het achtste vergunningsjaar werd ca. 158 000 m³ baggerspecie op de plaatrandstortzone gestort, voor de noordelijke vloedschaar. De totale stabiliteit aan het einde van het achtste jaar (T104, 10/02/2018) bedroeg 48%. In het negende vergunningsjaar werd opnieuw intensiever gestort bij de Plaat van Walsoorden, met een totaal volume van 1 680 000 m³. De totale stabiliteit aan het eind van het negende jaar (T117, 4/02/2019) bedraagt 54%.

In het tiende vergunningsjaar is beperkter gestort in de plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden, met een totaal volume van 309 000 m³. De totale stabiliteit ten opzichte van het begin van de eerste vergunningsperiode bedraagt aan het eind van het **tiende jaar (T129, 4/02/2020) 47%.** Ten opzichte van de start van de tweede vergunning bedraagt de stabiliteit van de plaatrandstortingen bij deze toetspeiling 80%.

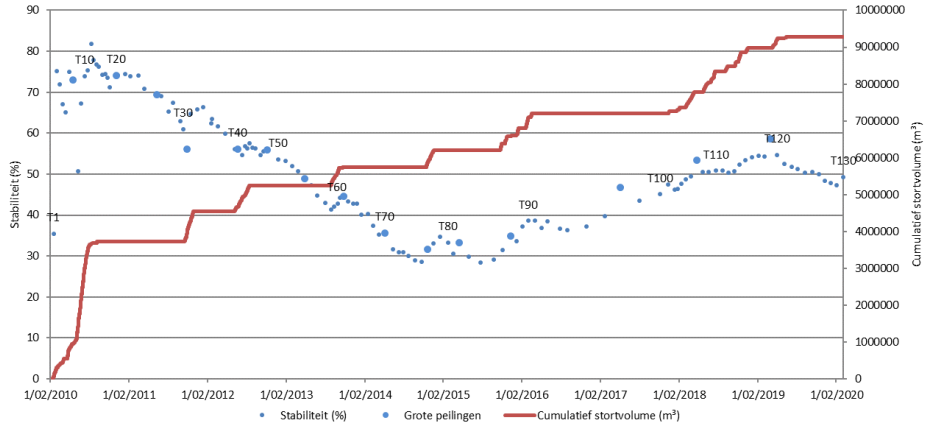
Het verloop van de stortingen en de gepeilde volumeverschillen wordt weergegeven in Figuur 6-117. De stabiliteit van de gestorte baggerspecie is voorgesteld in Figuur 6-118. Enkele belangrijke tijdstippen worden samengevat in Tabel 6-13.

Tabel 6-13: Samenvatting van de stabiliteit van de plaatrandstortingen op de Plaat van Walsoorden. Toetswaarden staan in vet afgedrukt.

Datum	Peiling	Gepeild	Gestort	Stabiliteit t.o.v. To
1/02/2010	To	0	0	100%
12/02/2010	T_{start}	Aanvang plaatrandstortingen		
2/10/2010	T16	2 760 957	3 717 468	74%
8/02/2011	**T22**	**2 746 777**	**3 717 468**	**74%**
12/10/2011	T30	2 268 680	3 717 467	61%
15/12/2011	T33	2 983 328	4 538 290	66%
17/02/2012	**T35**	**2 832 188**	**4 538 290**	**62%**
29/08/2012	T45	2 963 865	5 251 512	56%
27/02/2013	**T52**	**2 726 383**	**5 251 512**	**52%**
31/07/2013	T57	2 258 471	5 251 512	43%
8/10/2013	T61	2 534 326	5 724 504	44%
17/02/2014	**T67**	**2 318 163**	**5 747 386**	**40%**
22/10/2014	T76	1 644 899	5 747 386	29%
24/02/2015	**T80**	**2 063 831**	**6 200 722**	**33%**
24/07/2015	T84	1 766 896	6 200 722	28%
3/02/2016	**T89**	**2 533 047**	**6 805 113**	**37%**
27/06/2016	T94	2 641 890	7 204 383	37%
20/02/2017	**T97**	**2 864 491**	**7 204 383**	**40%**
4/05/2018	T98-GP	3 365 820	7 204 383	47%
10/02/2018	**T104**	**3 504 337**	**7 362 725**	**48%**
23/07/2018	T110	4 242 919	8 348 376	51%
4/02/2019	**T117**	**4 919 548**	**9 042 893**	**54%**
9/07/2019	T122	4 846 619	9 352 376	52%
4/02/2020	**T129**	**4 418 289**	**9 352 376**	**47%**



Figuur 6-117: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzicht van de beginsituatie) voor de stortzone aan de Plaat van Walsoorden.



Figuur 6-118: Verloop van de stabiliteit (%) van het gestorte volume en het cumulatief stortvolume (m³) voor de stortzone aan de Plaat van Walsoorden.

Toetswaarden

De T0 komt overeen met de start van de verdiepingsstortingen op 12 februari 2010. Vanaf dan wordt er gekeken hoe de stabiliteit van de plaatranden evolueert.

De toetswaarden voor de stabiliteit van de gestorte specie na 10 jaar worden samengevat in Tabel 6-14. De toetsing gebeurt echter ten opzichte van de start van de tweede vergunningsperiode. De berekende stabiliteit voor elk van de plaatrandstortzones sinds de start van de tweede vergunning wordt weergegeven in Tabel 6-15. De toetspeiling voor het vijfde vergunningsjaar wordt hierbij als start van de tweede vergunningsperiode aangenomen. Voor het tiende vergunningsjaar bedraagt de opgelegde grenswaarde conform het protocol 40 % (Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie, 2014). De toetsing van de resultaten gebeurt door het Overleg Flexibel Storten en wordt in een toetsingsverslag gerapporteerd.

Tabel 6-14: Toetswaarden stabiliteit plaatrandstortingen ten opzichte van de start van de verruiming.

Stortzone	To	Toetspeiling	Gepeild volume-verschil (m³)	Gestort volume (m³)	Stabiliteit t.o.v. start verruiming (%)
HPW	4/02/2010 (T0)	18/02/2020 (T121)	3 213 780	7 438 386	43%
HPN	25/04/2010 (T0)	22/01/2020 (T103)	2 480 266	4 434 497	56%
PWA	1/02/2010 (T0)	4/02/2020 (T129)	4 418 289	9 352 376	47%
RVB	12/02/2010 (T0)	24/05/2019 (T53)	12 601 501	1 305 019	Nvt
Grenswaarde conform protocol					Nvt

Tabel 6-15: Toetswaarden stabiliteit plaatrandstortingen ten opzichte van de start van de tweede vergunningsperiode.

Stortzone	Start 2de vergunning	Toetspeiling	Gepeild volume-verschil (m³)	Gestort volume (m³)	Stabiliteit t.o.v. start 2de periode
HPW	5/02/2015 (T63)	18/02/2020 (T121)	1 461 204	4 778 338	30%
HPN	8/01/2015 (T64)	22/01/2020 (T103)	-1 304 267	162 105	< 0%
PWA	24/02/2015 (T80)	4/02/2020 (T129)	2 573 284	3 151 654	80%
RVB	21/01/2015 (T47)	24/05/2019 (T53)	4 947 385	0	Nvt
Grenswaarde conform protocol					40%

Hooge Platen West (macrocel 1): 43%/30%. Netto is 43% van het gestorte materiaal 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.

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.

Hooge Platen Noord (macrocel 1): 56%/<0%. Netto is 56% van het sinds de aanvang van de stortingen gestorte materiaal nog in de plaatrandstortzone aanwezig in januari 2020. 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 wordt strikt genomen dus niet gehaald.

Plaat van Walsoorden (macrocel 5): 47%/80%. Netto ligt 47% van het gestorte materiaal 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.

6.6 Proefstortingen

Naast de stortingen binnen de regulieren vergunning zijn in 2018 en 2019 ook proefstortingen uitgevoerd in drie zones (zie sectie 3.1.3 voor de stortvolumes), namelijk de Inloop van Ossenisse en de Put van Hansweert (proefstortingen in diepe delen van de hoofdgeul) en de Suikerplaat (proefstorting op de plaatrand). De proefstortingen zijn gericht op onderzoek naar de effecten van het storten op deze locaties en op het creëren van bijkomende stortcapaciteit, en er zijn dus geen specifieke doelstellingen gesteld voor de creatie van ecologisch waardevolle gebieden. De proefstortingen zijn in detail beschreven in de maandrapporten Flexibel Storten (IMDC, 2019e), in de volgende paragrafen volgt een korte samenvatting.

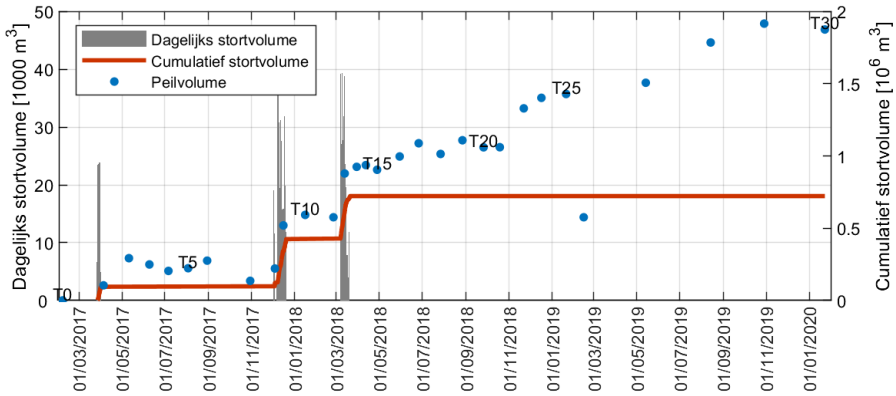
6.6.1 Suikerplaat

De proefstortingen op de Suikerplaat zijn in drie periodes uitgevoerd. In de eerste stortperiode, tussen 27/03/2017 en 1/04/2017, werd in de proefstortzone aan de Suikerplaat ca. 94 800 m^3 baggerspecie aangebracht (Figuur 6-119). De initiële stabiliteit van deze eerste stortcampagne bedroeg 110% bij T1 (5/04/2017). Bij T7 (30/10/2017) bedroeg de stabiliteit van de eerste stortcampagne nog 85%. Bij de berekening van deze stabiliteit werden de stortingen met zeezand op het westelijke deel van de proefstortzone in het kader van de zandruilproef niet meegenomen.

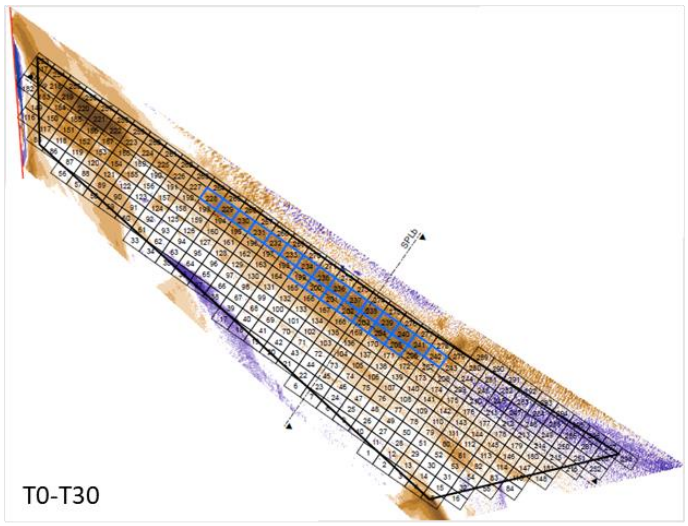
In de tweede campagne, in december 2017, is ca. 330 000 m^3 materiaal gestort op de Suikerplaat. Het materiaal is gestort ter hoogte en ten noorden van de locatie van de eerste stortcampagne. Tussen T7 en T10 (16/01/2018) is een netto volumetoename van ca. 456 000 m^3 opgemeten binnen de proefstortzone. De stabiliteit van de tweede stortcampagne (sinds T7) bedraagt ca. 109%. De netto stabiliteit na de tweede stortcampagne bedraagt ca. 101% ten opzichte van T0. Deze stabiliteiten werden berekend in een kleiner gebied direct rond de stortingen.

Tijdens de derde stortcampagne in maart 2018 werd ca. 300 000 m^3 specie gestort op de Suikerplaat. De specie werd gestort ter hoogte en ten noordwesten van de eerdere twee stortcampagnes (Figuur 6-120). Tussen T11 (25/02/2018) en T13 (30/03/2018) is de volumetoename in de proefstortzone ca. 350 000 m^3 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 6-119). 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 Mm^3 werd gestort in de stortvakken die met de proefstortzone Suikerplaat overlappen of daar direct aan grenzen. Wanneer al deze stortingen mee in rekening worden genomen ligt de stabiliteit van de stortingen aan de Suikerplaat in begin 2020 op 87%.

Er kan dus worden geconcludeerd dat het gestorte zand op de plaatrand van de Suikerplaat in hoge mate stabiel is.



Figuur 6-119: Verloop van het dagelijks en cumulatief 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.



Figuur 6-120: Morfologische veranderingen op de proefstortzone Suikerplaat. Verschilkaart T0-T30, de blauwe vakken geven de gebruikte stortvakken aan.

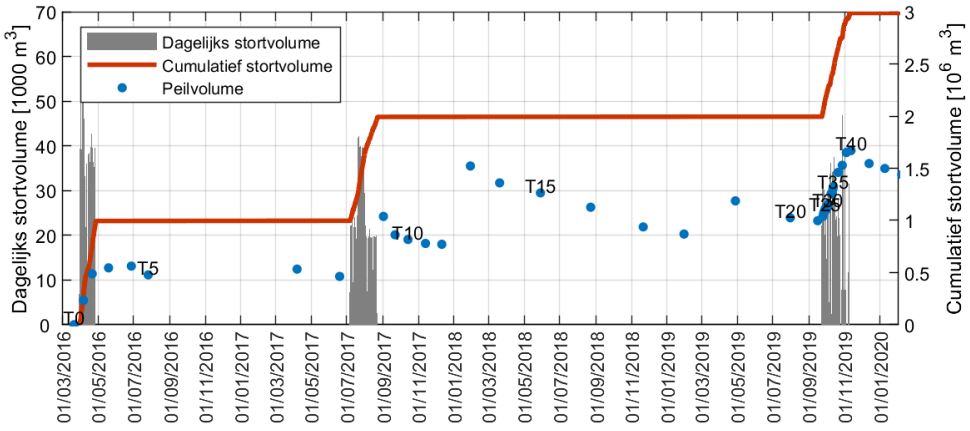
6.6.2 Put van Hansweert

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 Mm^3 sediment werd gestort. De eerste twee campagnes zijn in detail beschreven in het factual datarapport Diepe Delen 2017 (IMDC, 2018) en een bijkomend analyserapport van Deltares en IMDC (IMDC en Deltares, 2018). De derde stortcampagne is in detail beschreven in een factual datarapport (IMDC, 2020c) en aanvullend analyserapport (IMDC, 2020d).

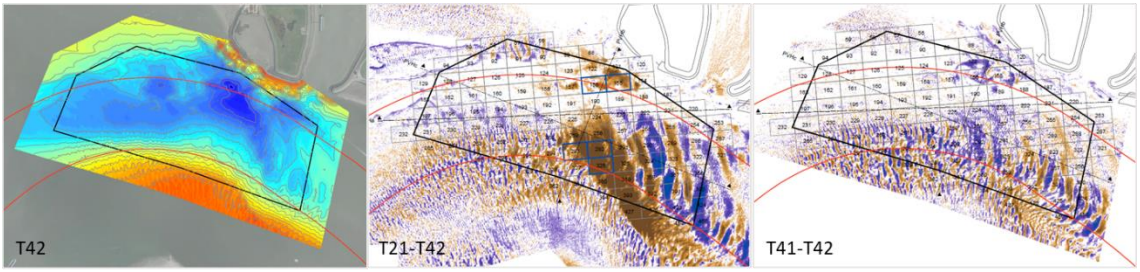
Op het einde van de eerste stortcampagne (peiling T2, 21/04/2016, 4 dagen voor het einde van de stortingen) werd slechts 62% van het gestorte sedimentvolume in de peilingen waargenomen (Figuur 6-121), en ook vlak na de tweede proefstortingen werd ca. 35% van het sediment niet in de stortzone waargenomen. Bij peiling T12 (11/12/2017) bedroeg de netto stabiliteit 39%; dit komt overeen met een netto verlies van ruim 1,2 Mm^3 gestort materiaal. Een belangrijk deel van dit materiaal werd door de helicoïdale stroming afgezet aan de binnenbocht van de hoofdgeul, waarna het langs de binnenbocht verder opwaarts migreerde. Eind 2017 of begin 2018 (tussen T12 en T13) trad een grote

zettingsvloeiing op, waarbij ca. 1,1 Mm^3 sediment vanuit de binnenbocht terug in de diepe put schoof, opwaarts van de oorspronkelijke stortzone.

De derde stortcampagne in september-oktober 2019 was gericht op het volgen van het sediment tijdens en kort na de stortingen. Er 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 6-121: 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.

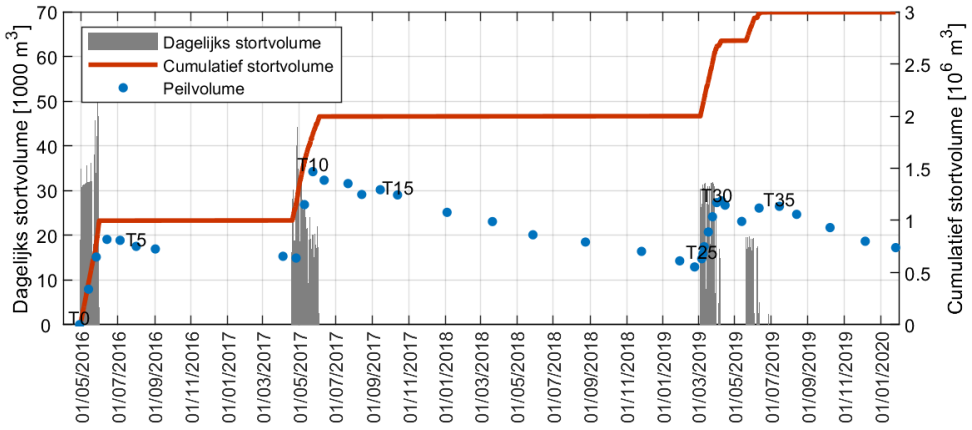


Figuur 6-122: Morfologische veranderingen in de proefstortzone Put van Hansweert.

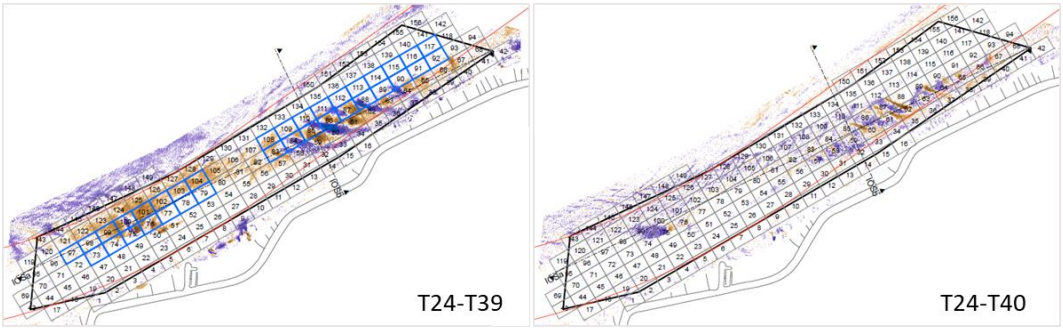
Uit de peilingen kan worden geconcludeerd dat het sediment dat in de Put van Hansweert wordt gestort, grotendeels terechtkomt op de zuidrand van de put, in de binnenbocht (Figuur 6-122). Ongeveer 30% van de stortingen verplaatst zich tijdens of zeer snel na de stortingen, en de andere 70% verplaatst 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.

6.6.3 Inloop van Ossenisse

Ook in de Inloop van Ossenisse werden drie proefstortcampagnes van ca. 1 Mm³ sediment uitgevoerd. 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 gedurende bijna 2 jaar en trad erosie op. Het gestorte sediment van de eerste twee stortcampagnes, waarbij in het oostelijk deel van de stortzone werd gestort, migreert hoofdzakelijk in opwaartse richting (Figuur 6-124), zoals ook vooraf werd verwacht (IMDC, 2017c).



Figuur 6-123: 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 Ossenisse.



Figuur 6-124: Morfologische veranderingen bij de proefstortzone Inloop van Ossenisse. De blauwe vakken geven de gebruikte stortvakken aan.

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 Ossenisse 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 6-124). 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%.

6.7 Ecotooparealen

In deze sectie wordt de ontwikkeling van de ecotopenarealen in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde besproken. 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.

6.7.1 Westerschelde

De ecotopenkaarten (Bijlage H) zijn opgesteld op basis van reële metingen in combinatie met interpretatie van geomorfologische kaarten en modelberekeningen (Rijkswaterstaat, 2006). Eind 2013 werden de ecotopenkaarten van 1996, 2001, en 2004 onderling vergelijkbaar gemaakt met de kaarten van 2008 en 2010. Deze zijn aangevuld met kaarten van 2011, 2012, 2015, 2016, en 2018, ter beschikking gesteld door Rijkswaterstaat. Een kaart voor 2019 werd niet opgemaakt. De kaarten zijn niet enkel geschikt om algemene trends te onderscheiden, maar kunnen ook gebruikt worden voor een kwantitatieve benadering.

- Ecotopenkaart 2010 wordt gezien als de T0 situatie (Bijlage H);
- Ecotopenkaart 2011 geeft de situatie weer 1 jaar na de start van de verruiming (IMDC, 2013);
- Ecotopenkaart 2012 geeft de situatie weer 2 jaar na de start van de verruiming (IMDC *et al.*, 2015);
- Ecotopenkaart 2015 geeft de situatie weer 5 jaar na de start van de verruiming (IMDC, 2017a);
- Ecotopenkaart 2016 geeft de situatie weer 6 jaar na de start van de verruiming (IMDC, 2019b);
- Ecotopenkaart 2018 geeft de situatie weer 8 jaar na de start van de verruiming (Bijlage H).

Hier is ook de ecotoop turn-over kaart, met de veranderingen van ecotopentype naar ecotopentype tussen 2010 en 2018 ingesloten (Bijlage H). Deze kaart toont de ecotopenkaart van 2018 met de gewijzigde zones sinds 2010.

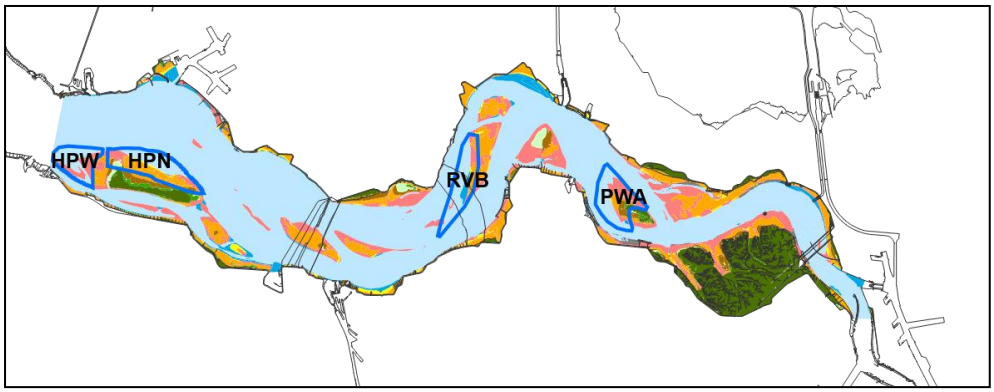
Toetsmethodiek

Het areaal laagdynamisch gebied ter hoogte van de plaatrandstortzones is één van de toetsparameters uit het Protocol voorwaarden voor flexibel storten.

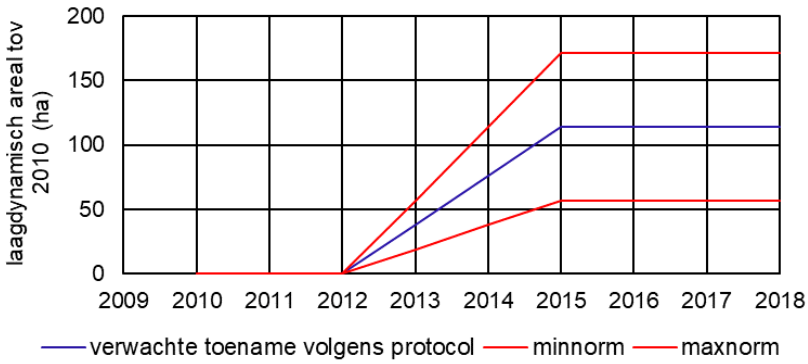
Op basis van de ecotopenkaart wordt de totale oppervlakte laagdynamisch gebied nabij de plaatranden bepaald, met behulp van polygonen die de zones voorstellen waarbinnen een effect van de plaatrandstortingen verwacht kan worden (Figuur 6-125). Deze vaste polygonen zijn bepaald door het Overleg Flexibel Storten. De laagdynamische ecotopen die samen het areaal laagdynamisch gebied vormen, zijn ondiep water en intergetijdengebied tot en met het hoog litoraal.

Als *gewenste* ontwikkeling wordt een geleidelijke toename van de oppervlakte laagdynamisch gebied met 114 hectare verwacht, binnen 5 jaar na de start van de verruimingswerkzaamheden. De T0 waarde (Figuur 6-126) wordt bepaald op basis van de ecotopenkaart van 2010. Per jaar kan een geïnterpoleerde verwachting aangegeven worden. Hiervoor is een lineaire benadering toegepast (in blauw weergegeven). In de aanlegfase van de verruiming wordt geen achteruitgang verwacht (zoals het Milieu-effectrapport in het slechtst mogelijke scenario aangeeft). Binnen de aangegeven bandbreedte (rood weergegeven) zal in de stabilisatiefase het laagdynamisch gebied

toenemen. De ruimte tussen de rode ondergrens en de verwachte uitkomst (blauw) is de waarschuwingsfase.



Figuur 6-125: Afbakening rekenpolygonen laagdynamisch gebied ter hoogte van de plaatrandstortzones op een ecotopenkaart.



Figuur 6-126: Gewenste ontwikkeling laagdynamisch gebied na afloop van de eerste vergunningsperiode.

Een bijkomende voorwaarde uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten is dat het laagdynamisch areaal over de gehele Westerschelde niet mag afnemen ten opzichte van het referentiejaar 2010.

Resultaten

Ecotopen in de gehele Westerschelde

Tabel 6-16 geeft de ecotopenontwikkeling sinds 1996 weer, en de wijziging van de ecotooparealen is weergegeven in Tabel 6-17 (zie ook turn-over kaart in Bijlage H). Een uitgebreide analyse van de evolutie van de ecotooparealen van 1996 tot 2012 werd uitgevoerd door Arcadis (2014). Voor dit voortgangsrapport is de ecotopenkaart van 2018 nieuw beschikbaar. De volgende veranderingen kunnen geobserveerd worden:

- Het aandeel laagdynamisch areaal in het subtidaal (de geulen) is in 2018 opnieuw toegenomen, nadat dit in 2016 ook reeds het geval was. Deze toename sinds 2010 vindt vooral plaats rond de Hoge en Lage Springer (ten zuidoosten van de Hooge Platen), aan de zuidwestrand van de Rug van Baarland, aan de noordzijde van de Molenplaat, bij de noordelijke drempel van het Middelgat, en in beperkte mate bij de Middelplaat, het Vaarwater langs Hoofdplaat, en de zuidkant van de Plaat van Ossenisse. Het gaat dus vooral om nevengeulgebied. De toename in laagdynamisch subtidaal areaal is voornamelijk afkomstig van de omzetting van hoogdynamisch subtidaal.

- Het hoogdynamisch litoraal gebied is tussen 2016 en 2018 met 220 ha afgenomen, nadat het tussen 2015 en 2016 met 140 ha was toegenomen. Ten opzichte van 2010 is er ook sprake van een afname in het hoogdynamisch litoraal, voornamelijk door een omzetting van hoogdynamisch litoraal naar hoogdynamisch sublitoraal en laagdynamisch middenlitoraal.
- Het laagdynamisch litoraal is tussen 2010 en 2018 met ca. 310 ha toegenomen, en ook ten opzichte van 2016 is een toename van ca. 265 ha zichtbaar. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door een sterke toename in het laagdynamisch middenlitoraal (vanaf het hoogdynamisch litoraal), maar ook in het laagdynamisch laag en hoog litoraal wordt een toename waargenomen.

De interpretatie van het hoog- en laagdynamisch litoraal is echter zeer complex. De bandbreedte voor het hoog- en laagdynamische litoraal over de gehele Westerschelde bedraagt ca. 375 ha (Arcadis, 2014). De grootste uitwisseling treedt op tussen hoogdynamisch litoraal en laagdynamisch middenlitoraal. Tussen het hoogdynamisch sublitoraal en hoogdynamisch litoraal vinden ook veel veranderingen plaats. Er wordt daarnaast ook 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.

- De toename is schorareaal is verder doorgezet (+60 ha sinds 2016, en +285 ha sinds 2010). Het areaal pionierschor is daarentegen met 63 ha afgenomen ten opzichte van 2016. Voornamelijk hooglitoraal en supralitoraal verandert (soms via pionierschor) naar schor. Vooral bij de Hooge Platen en de Plaat van Walsoorden is deze evolutie opmerkelijk (Figuur 6-127 en Figuur 6-130). Vóór 2004 kwam op de platen in de Westerschelde vrijwel geen vegetatie voor, behalve op het westelijke deel van de Hooge Platen. Sindsdien is het areaal schor en pionierschor op de platen sterk toegenomen. De aanwezigheid van vegetatie heeft een zelfversterkend karakter, waardoor het nieuwe areaal schor naar verwachting blijvend zal zijn (Arcadis, 2014). De evolutie van (pionier)schor langs de oevers van de Westerschelde (bijv. de achteruitgang van de schorranden) is relatief klein in vergelijking met de grote veranderingen op de platen.
- Het areaal hard substraat is in 2018 licht afgenomen ten opzichte van 2016, toen het hard substraat ook al afnam ten opzichte van 2015. Beide typen hard substraat, steen en veen/klei, beslaan nu opnieuw een kleiner areaal dan in 2010. Van 2004 tot 2015 werd een stijging van het areaal hard substraat waargenomen, die werd toegeschreven aan hard substraat (zowel steen als veen) dat aan de oppervlakte komt, voornamelijk in het oosten van de Westerschelde. Sinds 2015 is een omgekeerde trend zichtbaar.
- In het algemeen kan gesteld worden dat de grootste wijzigingen in ecotoopareaal plaatsvinden in de buurt van de plaat- en schorgebieden. De grootste veranderingen vinden plaats in het hoogdynamisch litoraal en laagdynamisch middenlitoraal.

Tabel 6-16: 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
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**

Tabel 6-17: Ecotopen turnover in de periode 2010-2018 voor de Westerschelde (in ha).

VAN 2010	Overgang 2010-2018	NAAR 2018													
		HSS	HSV	HDS	LDS	HDL	LDL	LDM	LDH	HSL	LSL	PI	S	O	T
	Hard substraat steen (HSS)	**132**	0	3	1	6	5	13	1	0	1	0	5	0	**166**
	Hard substraat veen/klei (HSV)	0	**57**	4	1	10	31	15	0	0	0	0	0		**119**
	Hoogdynamisch sublitoraal (HDS)	13	4	**18 381**	204	626	54	25		0	0				**19 307**
	Laagdynamisch sublitoraal (LDS)	3	2	72	**547**	36	25	9		0	0				**693**
	Hoogdynamisch litoraal (HDL)	5	33	482	33	**1 809**	116	766	64	7	10	3	3	0	**3 331**
	Laagdynamisch laaglitoraal (LDL)	2	4	11	13	65	**151**	74	2		0	0			**321**
	Laagdynamisch middenlitoraal (LDM)	4	7	66	1	455	37	**2 020**	229	1	10	19	8	0	**2 857**
	Laagdynamisch hooglitoraal (LDH)	0	0	0	1	24	0	44	**251**	8	59	70	134	0	**592**
	Hoogdynamisch supralitoraal (HSL)	1	1	1		16		3	16	**11**	16	1	3	1	**70**
	Laagdynamisch supralitoraal (LSL)	0	0			3	0	3	30	11	**70**	16	33	0	**167**
	Pionierschor (PI)	0	0	3	0	5		20	13	1	5	**14**	147	2	**211**
	Schor (S)	0	1	0	1	7	0	13	6	1	6	14	**2 793**	1	**2 843**
	Overig (O)	1	0	0		1	0	0		3	0	0	2	**79**	**85**
	Totaal (T)	**162**	**109**	**19 023**	**801**	**3 063**	**419**	**3 005**	**612**	**42**	**179**	**138**	**3 128**	**83**	**30 764**

Arealen ter hoogte van de plaatrandstortzones

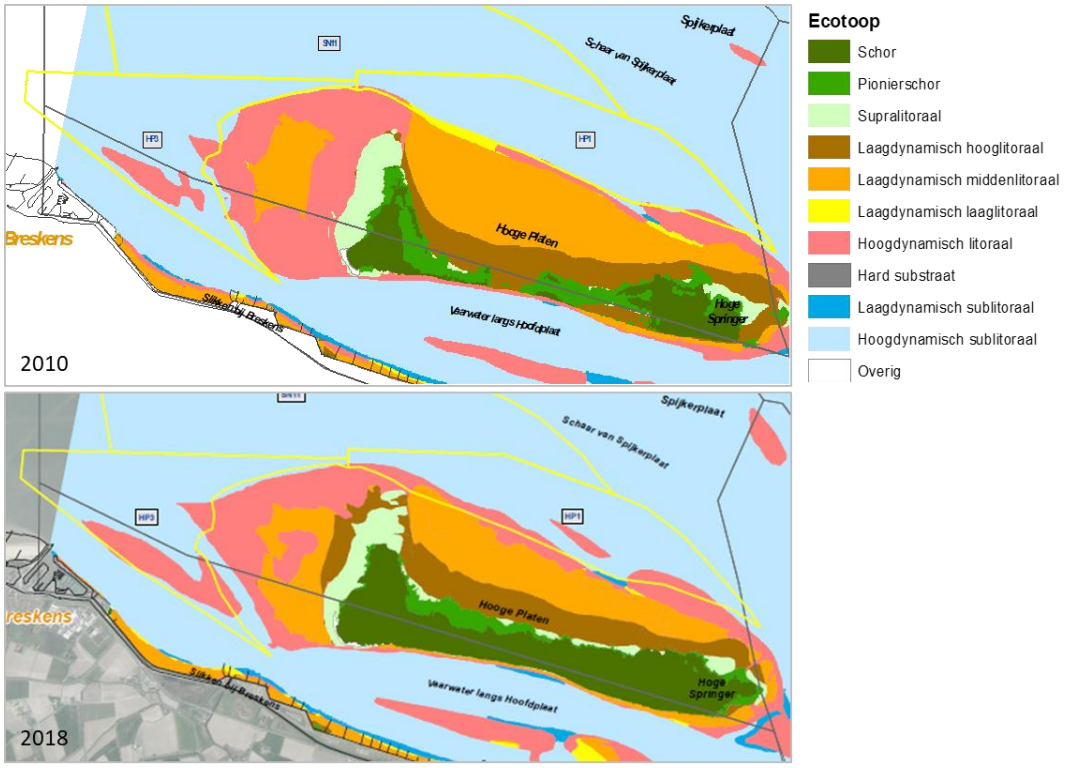
De oppervlaktes van het laagdynamisch gebied ter hoogte van de plaatrandstortzones (Figuur 6-125) zijn eveneens afgeleid van de beschikbare ecotopenkaarten tussen 1996 en 2018. De waargenomen veranderingen zijn ontwikkelingen die hebben plaatsgevonden sinds de plaatrandstortingen. Het is echter belangrijk om bij de interpretatie de voorafgaande trend mee te nemen.

Per plaatrand volgt een weergave (Tabel 6-18 tot Tabel 6-25, en Figuur 6-127 tot Figuur 6-134) met de evolutie sinds 1996 en de wijzigingen sinds 2010. Het laagdynamisch areaal wordt voor elke plaatrandstortzone bepaald binnen een vastgelegde toetspolygoon. Deze polygonen zijn vastgelegd voor de eerste vergunning in 2010 en effecten buiten deze polygonen worden voor de toetsing niet direct meegenomen.

Rekening houdend met de manier waarop ecotopenkaarten tot stand komen, is het niet zinvol om cijfers tot op één hectare nauwkeurig weer te geven. In dit verband rapporteert Arcadis (2014) over de bandbreedte, opgebouwd uit natuurlijke fluctuaties en het waarnemingsbias. Zonder kennis van de bandbreedte kan men geen uitspraken doen over waargenomen trends of veranderingen. De bandbreedte ter plaatse van de plaatranden is nog niet bepaald, maar werd voor de Westerschelde in zijn geheel voor het hoog- en laagdynamische litoraal geschat op ca. 375 ha (Arcadis, 2014).

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. 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. Ten oosten van de toetspolygoon wordt wel de ontwikkeling van laagdynamisch areaal waargenomen, veroorzaakt door de zandrug (van de aanlegstortingen) bij Hooge Platen West.

Op **Hooge Platen Noord** is het totaal waardevol laagdynamisch areaal ten opzichte van de referentiesituatie in 2010 toegenomen. 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.



Figuur 6-127: Ecotopenkaart Hooge Platen in 2010 (boven) en 2018 (onder).

Tabel 6-18: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal op de Hooge Platen West binnen de toetspolygoon (opp. in ha).

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**

Tabel 6-19: Verschil waardevol laagdynamisch areaal op de Hooge Platen West (opp. in ha).

HPW	2008-2018	2010-2018
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	-	-
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	-3	-0
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	-3	-12
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	-	-
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	+0	+0
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	**-6**	**-12**

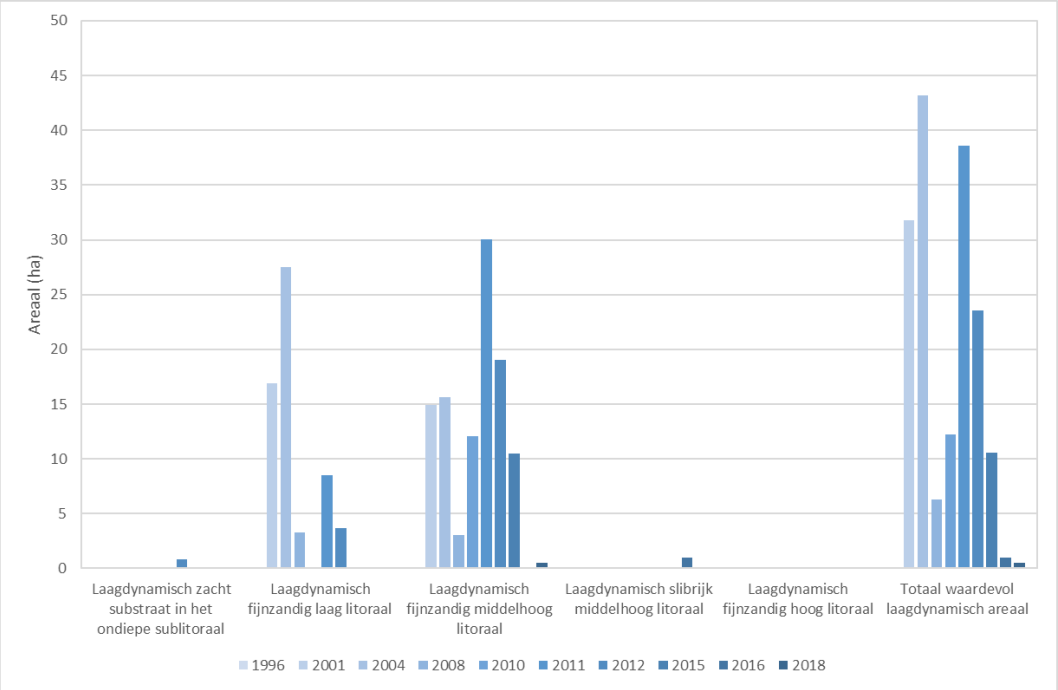
Tabel 6-20: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal op de Hooge Platen Noord binnen de toetspolygoon (opp. in ha).

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

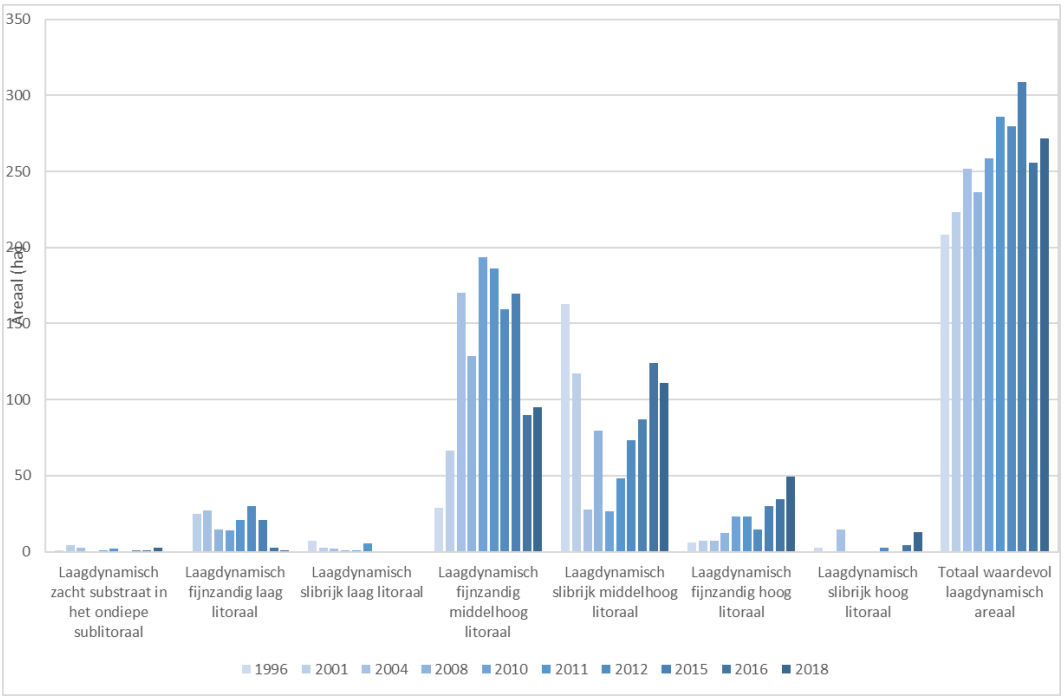
HPN	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016	2018
Laagdynamisch slibrijk laag litoraal	7	3	2	1	1	5	0	0	-	-
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	29	67	170	129	193	186	159	170	90	95
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	163	117	28	80	27	48	73	87	124	111
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	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**

Tabel 6-21: Verschil waardevol laagdynamisch areaal op de Hooge Platen Noord (opp. In ha).

HPN	2008-2018	2010-2018
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	+3	+2
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	-13	-13
Laagdynamisch slibrijk laag litoraal	-1	-1
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	-34	-99
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	+31	+84
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	+37	+27
Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal	+13	+13
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	**+35**	**+13**

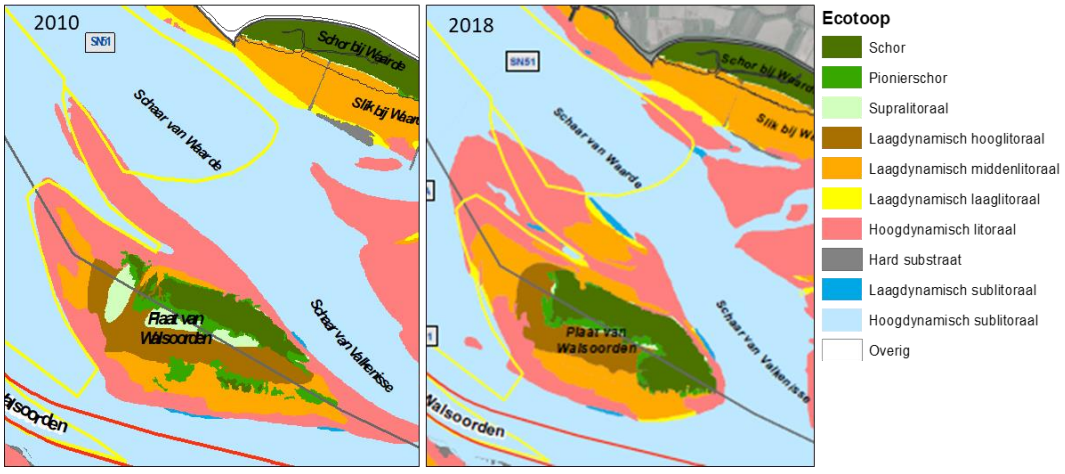


Figuur 6-128: Evolutie van het laagdynamische ecotoopareaal op Hooge Platen West.



Figuur 6-129: Evolutie van het laagdynamische ecotoopareaal op Hooge Platen Noord.

Het totaal waardevol laagdynamisch areaal op de **Plaat van Walsoorden** is hoger in 2018 dan de referentiesituatie van 2010. 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.



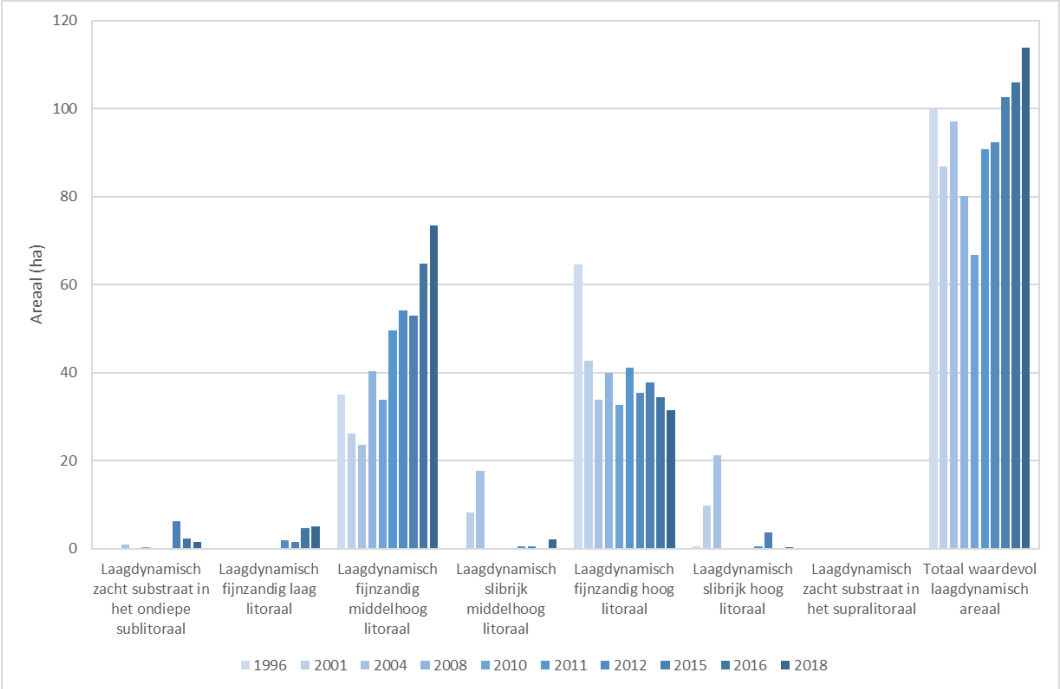
Figuur 6-130: Ecotopenkaart Plaat van Walsoorden in 2010 (links) en 2018 (rechts).

Tabel 6-22: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal
op de Plaat van Walsoorden binnen de toetspolygoon (opp. in ha).

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**

Tabel 6-23: Verschil waardevol laagdynamisch areaal
op de Plaat van Walsoorden (opp. in ha).

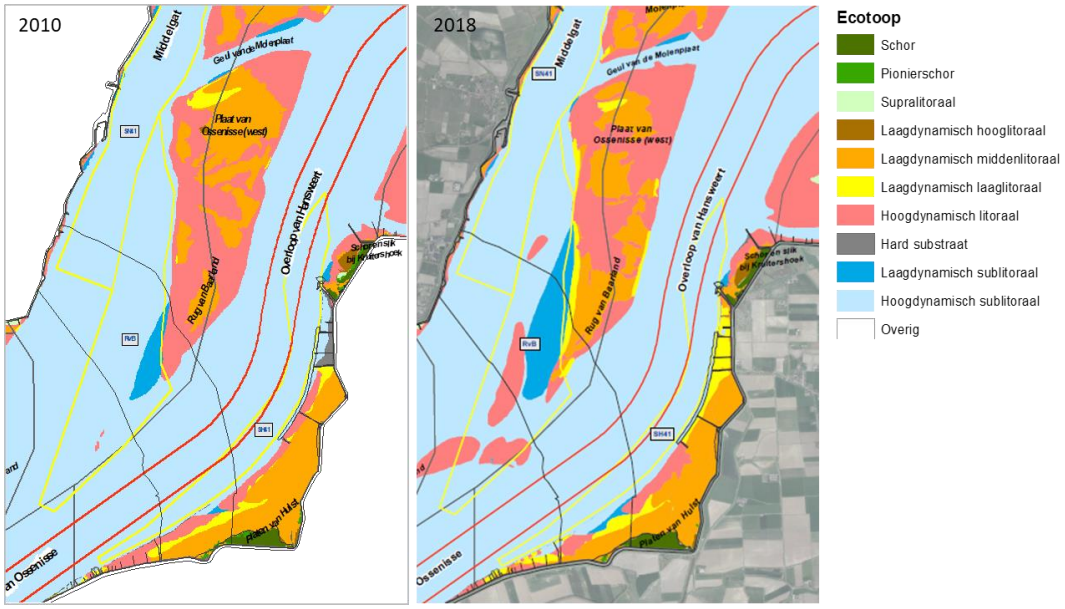
PWA	2008-2018	2010-2018
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	+1	+1
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	+5	+5
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	+33	+40
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	+2	+2
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	-8	-1
Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal	+0	+0
Laagdynamisch zacht substraat in het supralitoraal	-	-
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	**+34**	**+47**



Figuur 6-131: Evolutie van het laagdynamische ecotoopareaal op de Plaat van Walsoorden.

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. Ook sinds 2010 stijgt het laagdynamisch areaal fors ten opzichte van de referentiesituatie. 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.



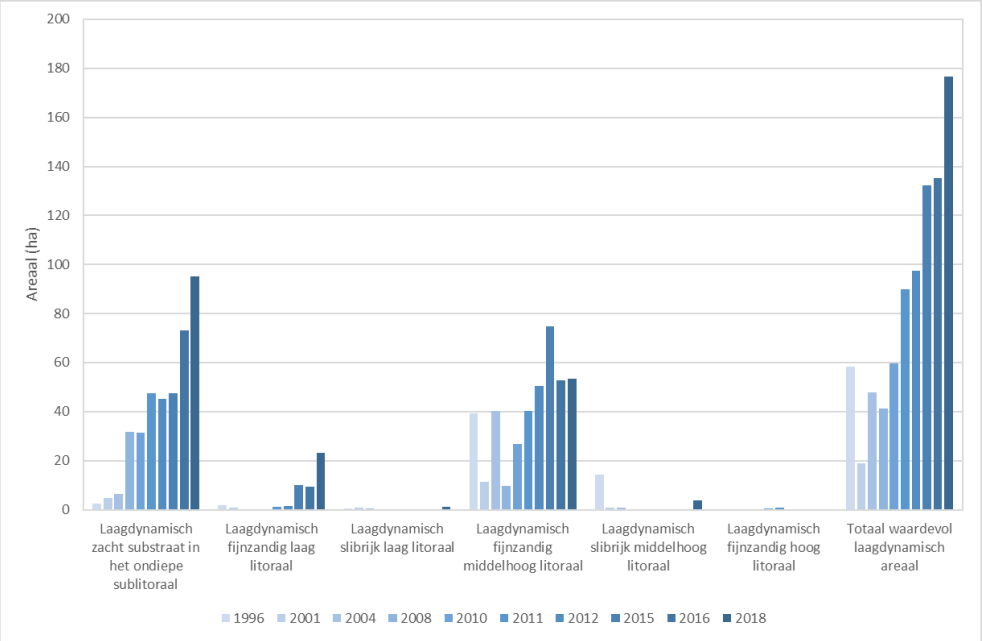
Figuur 6-132: Ecotopenkaart Rug van Baarland in 2010 (links) en 2018 (rechts).

Tabel 6-24: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal
op de Rug van Baarland binnen de toetspolygoon (opp. in ha).

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**

Tabel 6-25: Verschil waardevol laagdynamisch areaal
op de Rug van Baarland (opp. in ha).

RVB	2008-2018	2010-2018
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	+63	+64
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	+23	+23
Laagdynamisch slibrijk laag litoraal	+1	+1
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	+44	+27
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	+4	+3
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	-	-1
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	**+135**	**+117**



Figuur 6-133: Evolutie van het laagdynamische ecotoopareaal op de Rug van Baarland.

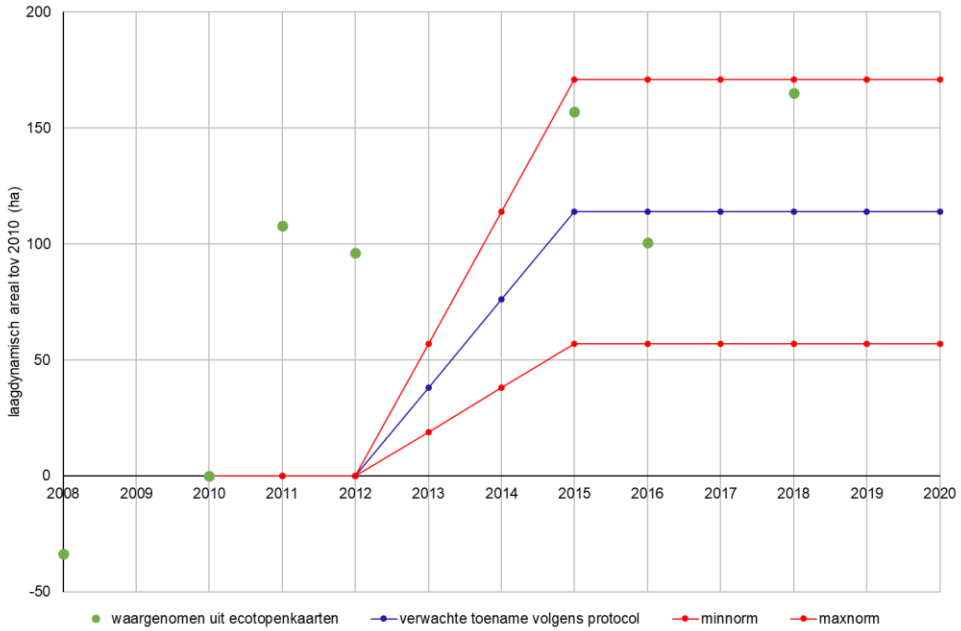
Totaal laagdynamisch waardevol areaal ter hoogte van de plaatrandstortzones

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. 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 de a verplaatsing van het laagdynamisch areaal buiten de rekenpolygoon van 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, en dat de verwachte ondergrens van de verwachte toename van het laagdynamisch areaal voor Hooge Platen 0 ha was. De verwachte toename van laagdynamisch areaal voor de verschillende platen wordt weergegeven in Tabel 6-26. Hieruit kan opgemaakt worden dat de toename in laagdynamisch areaal voor de verschillende plaatrandstortzones binnen de verwachting ligt.

Tabel 6-26: Verwachte bandbreedte toename LD (sub)litoraal na 5 jaar (Plancke *et al.*, 2009).

Locatie	Laagdynamisch sublitoraal	Laagdynamisch litoraal
Plaat van Walsoorden	20-50 ha	0-30 ha
Rug van Baarland	30-75 ha	25-45 ha
Hooge Platen	0-70 ha	0-35 ha
Totaal	**50-195 ha**	**30-110 ha**



Figuur 6-134: Evolutie van het waargenomen laagdynamisch areaal ten opzichte van 2010 (To) en de verwachte toename op de plaatranden volgens het Protocol Flexibel Storten.

6.7.2 Beneden-Zeeschelde

De ecotopenkaarten van 2010, 2017, en 2018 zijn opgenomen in Bijlage I. Naast de areaaloppervlaktes, zijn ook ecotoop oppervlakteveranderingen afgeleid (turnover). In de analyse wordt gekeken naar de Beneden-Zeeschelde algemeen, maar ook specifiek naar het Groot Buitenschoor, het Paardenschor, en het Galgeschoor.

Volledige Beneden-Zeeschelde

De ontwikkeling van de ecotooparealen in de Beneden-Zeeschelde is weergegeven in Tabel 6-27.

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).

Tabel 6-28 laat de verandering tussen de verschillende ecotopenklassen zien tussen 2010 en 2016. Deze cijfers 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 6-27: Evolutie van de ecotopen in de Beneden-Zeeschelde tussen 2010 en 2018 (ha).

	Ecotoop	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2018
Subtidaal	diep subtidaal	1 964,6	1 967,1	1 962,9	1 965,8	1 965,9	1 945,0	1969,3
	matig diep subtidaal	396,0	395,8	389,8	385,3	381,7	379,1	373,4
	ondiep subtidaal	242,3	250,8	248,5	238,8	250,1	250,8	261,4
Zacht substraat	laag slik zacht substraat	146,8	150,4	143,0	144,4	141,0	135,3	145,7
	middelhoog slik zacht substraat	210,7	194,1	215,4	222,6	218,6	216,5	221,1
	hoog slik zacht substraat	35,5	47,4	53,6	55,9	59,4	55,6	55,0
Natuurlijk hard substraat	laag slik hard natuurlijk	14,0	14,7	20,9	18,8	17,7	21,6	23,2
	middelhoog slik hard natuurlijk	3,5	2,6	1,8	2,5	2,2	3,4	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	15,5	19,9	20,6	20	20,8	20,2	21,7
	middelhoog slik hard antropogeen	48,8	46,8	47,9	49,8	48,7	47,6	48,3
	hoog slik hard antropogeen	10,8	10,9	9,2	10,3	10,2	9,9	9,4
	supralitoraal hard antropogeen	13,5	14,2	17,0	14,1	16,5	13,8	14,5
	hoog supralitoraal hard antropogeen						0,4	0,0
Supralitoraal	potentiële pionierzone	22,9	18,9	17,0	18,9	19,5	19,6	24,6
	schor	215,5	223,3	226,9	224,6	257,5	263,2	376,4
	getijdenplas	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,4	5,2
	hoog supralitoraal*	9,1	9,8	18,1	21,0	21,0	21,9	25,3
	antropogeen	0,9	0,8	1,0	1,2	1,8	1,8	2,2
Totaal		**3 350,4**	**3 367,6**	**3 393,7**	**3 393,95**	**3 433,7**	**3 407,3**	**3 580,4**

Groot Buitenschoor

Bij het Groot Buitenschoor (Tabel 6-29) neemt het areaal diep subtidaal toe door een omzetting van matig diep subtidaal naar diep subtidaal, netto is er sprake van een omzetting van ruim 5 ha. Tegelijkertijd is er een grote uitwisseling tussen matig diep subtidaal en ondiep subtidaal. Netto wordt er meer matig diep subtidaal naar ondiep subtidaal omgezet dan andersom, het verschil is ruim 5 ha. Daarnaast is er een uitwisseling tussen het ondiep subtidaal en het laag slik (zacht substraat). Hierbij is sprake van netto winst voor het laag slik, van 1,5 ha. Het totaal areaal laag slik zacht substraat toe, ook door verandering van middelhoog slik naar laag slik. Het areaal middelhoog slik neemt in totaal ook af, voornamelijk door omzetting naar laag en hoog slik zacht substraat, beide netto met ca. 3 ha. Het schor is tussen 2010 en 2018 met 2,5 ha in omvang toegenomen, vooral door omzetting van hoog slik zacht substraat en potentiële pionierzone. Het areaal hoog supralitoraal neemt toe door omzetting van areaal schor (+0,6 ha).

Paardenschor

Ook bij het Paardenschor (Tabel 6-30) vindt netto aanwinst van diep subtidaal plaats door omzetting van matig diep subtidaal, met ca. 17 ha. Daarnaast is er een kleine netto omzetting van matig diep subtidaal naar ondiep subtidaal van 1 ha. Het ondiep subtidaal wisselt ook areaal uit met laag slik zacht substraat, waarbij er netto 0,5 ha naar het laag slik gaat. Het totaal areaal laag slik zacht substraat neemt wel licht af door een omzetting naar het middelhoog slik zacht substraat van 0,7 ha netto. Het middelhoog slik neemt wel in omvang af door een omzetting van bijna 3 ha naar het hoog slik zacht substraat, wat daardoor met bijna 3 ha toeneemt. Het schor groeit tussen 2010 en 2018 met 3,5 ha aan, voornamelijk door de omzetting van potentiële pionierzone en van hoog slik zacht substraat naar schor.

Galgeschoor

Aan het Galgeschoor (Tabel 6-31), neemt het diep subtidaal toe met 3,5 ha. Deze aangroei is toe te schrijven aan de omzetting van areaal matig diep subtidaal. Netto neemt het matig diep subtidaal af met ca. 5,5 ha, ook door de omzetting naar ondiep subtidaal van netto 2 ha. Het ondiep subtidaal neemt licht af, door omzetting naar laag slik zacht substraat van ca. 2 ha. Echter neemt het laag slik zacht substraat ook af, met ca. 5,5 ha, door omzetting van 5 ha naar laag slik hard natuurlijk en 2,5 ha naar middelhoog slik zacht substraat. Het middelhoog slik zacht substraat neemt in areaal dan ook toe, en wint ook areaal van het middelhoog slik hard natuurlijk (0,5 ha), maar verliest areaal aan het hoog slik zacht substraat (0,5 ha). Het hoog slik zacht substraat neemt toe, door de omzetting vanaf het middelhoog slik en de potentiele pionierzone. Het areaal schor neemt iets toe, met 0,7 ha, met name door omzetting van potentiele pionierzone.

Tabel 6-28: Omzetting van de ecotopenarealen in de Beneden-Zeeschelde tussen 2010 en 2018 (in ha).

Overgang 2010-2018		NAAR 2018																			
		DS	MDS	OS	LSZS	LSHA	LSHN	MSZS	MSHA	MSHN	HSZS	HSHA	HSHN	GP	PP	S	SHA	SHAH	HS	A	Totaal
VAN 2010	diep subtidaal (DS)	**1928,1**	32,4	3,3	0,7	0,1			0,0			0,0			0,0	0,0			0,0	0,0	**1964,5**
	matig diep subtidaal (MDS)	38,9	**322,8**	31,1	2,8	0,0	0,0	0,2	0,0		0,0	0,0				0,0	0,0		0,0	0,1	**396,0**
	ondiep subtidaal (OS)	0,3	16,9	**192,3**	26,2	1,7	1,3	1,5	0,2	0,0						0,0				0,0	**240,5**
	laag slik zacht substraat (LSZS)	0,3	0,8	16,3	**96,6**	6,0	10,5	17,1	0,9	0,1	0,0	0,1				0,0	0,0		0,0	0,0	**148,6**
	laag slik hard antropogeen (LSHA)	0,0	0,1	1,0	1,5	**11,2**	0,1	0,5	1,1	0,0		0,0			0,0	0,0	0,0			0,0	**15,5**
	laag slik hard natuurlijk (LSHN)		0,0	0,5	1,9	0,3	**10,5**	0,5	0,3	0,1		0,0									**14,0**
	middelhoog slik zacht substraat (MSZS)	0,0	0,0	1,1	10,4	0,4	0,6	**179,6**	6,2	1,7	8,1	0,2	0,0		0,0	1,6	0,1		0,1	0,2	**210,4**
	middelhoog slik hard antropogeen (MSHA)	0,0	0,1	0,2	0,4	1,8	0,0	4,8	**37,0**	0,0	0,3	1,2	0,0		0,0	2,0	0,3		0,0	0,4	**48,8**
	middelhoog slik hard natuurlijk (MSHN)				0,2	0,0	0,3	1,6	0,2	**1,3**	0,0		0,0			0,0					**3,5**
	hoog slik zacht substraat (HSZS)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		1,0	0,1	0,1	**29,0**	0,6	0,0		0,9	3,6	0,1		0,1	0,0	**35,8**
	hoog slik hard antropogeen (HSHA)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	1,0	0,0	0,5	**5,6**	0,0		0,0	2,9	0,4		0,0	0,3	**10,8**
	hoog slik hard natuurlijk (HSHN)		0,0	0,0	0,0			0,0		0,0	0,0	0,0	0,0			0,0			0,0		**0,1**
	getijdenplas (GP)																				
	potentiele pionierzone (PP)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	3,6	0,1	0,0		**10,8**	7,9	0,4		0,1	0,0	**23,2**
	schor (S)			0,0	0,1	0,0		0,6	0,2	0,0	1,6	0,6	0,0		0,8	**201,2**	2,8		7,7	0,2	**217,1**
	supralitoraal hard antropogeen (SHA)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,1	0,1	0,0	0,2	0,8	0,0		0,1	4,3	**5,5**		0,9	0,4	**13,1**
	hoog supralitoraal hard antropogeen (SHAH)																				
	hoog supralitoraal (HS)		0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,1		0,0	0,0	1,0	0,8		**6,9**	0,0	**9,1**
	antropogeen (A)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0			0,0	0,2	0,3		0,0	**0,1**	**1,0**
	Totaal	**1967,7**	**373,1**	**245,9**	**141,0**	**21,6**	**23,2**	**207,4**	**47,3**	**3,3**	**43,4**	**9,2**	**0,1**	**0,0**	**12,7**	**224,6**	**10,6**		**15,8**	**1,7**	**3348,7**

Tabel 6-29: Omzetting van de ecotopenarealen op het Groot Buitenschoor tussen 2010 en 2018 (in m²).

Overgang 2010-2018		NAAR 2018													
Van 2010		**DS**	**MDS**	**OS**	**LSZS**	**LSHA**	**MSZS**	**MSHA**	**MSHN**	**HSZS**	**HSHA**	**PP**	**S**	**SHA**	**HS**	**Totaal**
	diep subtidaal (DS)	**735 506**	10 610	196												**746 312**
	matig diep subtidaal (MDS)	63 903	**493 735**	97 264	394											**655 296**
	ondiep subtidaal (OS)		47 096	**554 800**	71 287	1 419										**674 601**
	laag slik zacht substraat (LSZS)		944	56 025	**296 124**	1 069	10 001	7								**364 171**
	laag slik hard antropogeen (LSHA)			1 033	14	**13 211**	0	419								**14 678**
	middelhoog slik zacht substraat (MSZS)			7 781	42 756	518	**401 459**	1 133	164	29 453	10		1 361			**484 635**
	middelhoog slik hard antropogeen (MSHA)				5	903	210	**28 474**		16	189		24	0		**29 821**
	hoog slik zacht substraat (HSZS)				1		12			**150 889**	71		17 342			**168 316**
	hoog slik hard antropogeen (HSHA)							43		114	**1 679**		152	16		**2 004**
	potentiele pionierzone (PP)	13			0	1		2		14 412	15	**9 935**	12 511	465	44	**37 398**
	schor (S)						0			389		516	**150 675**	370	6 614	**158 565**
	supralitoraal hard antropogeen (SHA)									1	390	0	295	**3 705**	214	**4 605**
	hoog supralitoraal (HS)												1 196	0	**12 149**	**13 345**
	Totaal	**799 409**	**552 385**	**717 099**	**410 581**	**17 122**	**411 684**	**30 078**	**164**	**195 273**	**2 354**	**10 451**	**183 557**	**4 556**	**19 022**	**3 353 748**

Tabel 6-30: Omzetting van de ecotopenarealen op het Paardenschor tussen 2010 en 2018 (in m²).

Overgang 2010-2018		NAAR 2018															
VAN 2010		**DS**	**MDS**	**OS**	**LSZS**	**LSHA**	**LSHN**	**MSZS**	**MSHA**	**MSHN**	**HSZS**	**HSHA**	**PP**	**S**	**SHA**	**HS**	**A**	**Totaal**
	diep subtidaal (DS)	**1 534 712**	25 221	541														**1 560 474**
	matig diep subtidaal (MDS)	196 843	**596 426**	36 892	1 330	1												**831 491**
	ondiep subtidaal (OS)	284	29 786	**148 381**	31 713	1 838	52											**212 053**
	laag slik zacht substraat (LSZS)		485	26 667	**91 771**	1 579	1 304	26 172	88	304				2				**148 372**
	laag slik hard antropogeen (LSHA)		57	2 430	414	**15 215**		99	138									**18 353**
	laag slik hard natuurlijk (LSHN)			2 449	2 385		**8 137**	4										**12 976**
	middelhoog slik zacht substraat (MSZS)			127	19 438	4	64	**471 935**	2 054	1 929	27 532	87	12	293	2	13		**523 489**
	middelhoog slik hard antropogeen (MSHA)			46	66	845		5 823	**7 166**		599	783	0	231	64		25	**15 649**
	middelhoog slik hard natuurlijk (MSHN)				200		1 525	225	260	**1 061**								**3 271**
	hoog slik zacht substraat (HSZS)							370	69		**55 212**	658	4 204	4 691	8	3		**65 215**
	hoog slik hard antropogeen (HSHA)							13	337		1 360	**4 294**	8	1 930	439	0	100	**8 481**
	potentiele pionierzone (PP)							13	2		3 984	133	**32 674**	29 086	72	42		**66 008**
	schor (S)							191	1		2 030	425	283	**501 472**	1 729	216	0	**506 347**
	supralitoraal hard antropogeen (SHA)								1		52	815	2	3 525	**3 622**	0	11	**8 028**
	hoog supralitoraal (HS)											0	0	321	11	**21 291**	0	**21 623**
	antropogeen (A)											7		13	332	0	80	**431**
	Totaal	**1 731 839**	**651 975**	**217 532**	**147 319**	**19 482**	**11 081**	**504 845**	**10 116**	**3 293**	**90 769**	**7 201**	**37 183**	**541 564**	**6 280**	**21 564**	**215**	**4 002 259**

Tabel 6-31: Omzetting van de ecotopenarealen op het Galgeschoor tussen 2010 en 2018 (in m²).

Overgang 2010-2018		NAAR 2018															
VAN 2010		**DS**	**MDS**	**OS**	**LSZS**	**LSHA**	**LSHN**	**MSZS**	**MSHA**	**MSHN**	**HSZS**	**HSHA**	**PP**	**S**	**SHA**	**HS**	**A**	**Totaal**
	diep subtidaal (DS)	**466 832**	9 186	1 229	23													**477 270**
	matig diep subtidaal (MDS)	46 599	**293 474**	24 496	435													**365 005**
	ondiep subtidaal (OS)		8 314	**267 787**	26 959	74	2 055	99										**305 287**
	laag slik zacht substraat (LSZS)			4 957	**99 548**	64	52 222	31 412										**188 203**
	laag slik hard antropogeen (LSHA)			8	226	593	71	43	3									**944**
	laag slik hard natuurlijk (LSHN)			562	1 109		**42 319**	78		48								**44 116**
	middelhoog slik zacht substraat (MSZS)				4 453		2 613	**208 538**	295	2 044	5 663	3		76			0	**223 685**
	middelhoog slik hard antropogeen (MSHA)							2 044	**19 550**		364	624		28			50	**22 661**
	middelhoog slik hard natuurlijk (MSHN)				280		840	7 058		**2 799**								**10 976**
	hoog slik zacht substraat (HSZS)							48	17		**8 608**	682		2 870	14			**12 238**
	hoog slik hard antropogeen (HSHA)							1	718		439	**13 494**		823	120		15	**15 610**
	potentiele pionierzone (PP)							1			4 873	103		6 071	245		0	**11 293**
	schor (S)							74	7		4 001	614		**398 482**	152	455		**403 785**
	supralitoraal hard antropogeen (SHA)										57	956		1 186	**2 346**	48	8	**4 601**
	hoog supralitoraal (HS)													480		**6 623**		**7 102**
	antropogeen (A)													86		0		**86**
	Totaal	**513 431**	**310 974**	**299 040**	**133 033**	**731**	**100 120**	**249 396**	**20 589**	**4 892**	**24 006**	**16 475**		**410 102**	**2 877**	**7 126**	**74**	**2 092 864**

7 Fysicochemie en waterbodemkwaliteit

In het hoofdstuk Fysicochemie en Waterbodemkwaliteit wordt onderzocht of er een invloed is van de derde verruiming en de stortstrategie op de fysische eigenschappen en de chemische samenstelling van het Scheldewater. De analyse van fysicochemie en waterkwaliteit spitst zich toe op de volgende meetparameters (Schrijver en Plancke, 2008): gehalte aan zwevende stof (suspensiegehalte), doorzicht (eufotische diepte), gehalte aan chlorofyl-a in de waterkolom en op de schorren, chloridegehalte (saliniteit), en waterbodemkwaliteit (verontreinigingsparameters).

Voor verschillende parameters zijn de meetstrategie en de meetjaren in de loop der jaren gewijzigd. Binnen het OMES-programma (nu deel van het MONEOS-programma) werd tot ca. 2008 één keer per maand een meetcampagne uitgevoerd. Vanaf 2009 wordt er in de wintermaanden één keer per maand een meetcampagne uitgevoerd, en twee keer per maand in de zomermaanden. Om te vermijden dat de wijziging in de meetfrequentie zorgt voor een bias in de jaargemiddelde waarden, worden de metingen eerst gehomogeniseerd in de tijd (Cox *et al.*, 2019). Hiervoor wordt eerst een daggemiddelde genomen van de metingen, daarna een maandgemiddelde, en ten slotte een jaargemiddelde. Daarnaast wordt, op basis van de maandgemiddelden, ook een winter- en zomergemiddelde berekend. De winterperiode (periode met hogere bovenafvoer) wordt gedefinieerd van december tot mei, en de zomerperiode (periode met lagere bovenafvoer) van juni tot november. Omdat de winterperiode van een bepaald jaar begint in december van het jaar ervoor, is het jaargemiddelde niet exact gelijk aan het gemiddelde van het zomer- en wintergemiddelde. De meetlocaties van de verschillende parameters worden weergegeven op een kaart in sectie 2.4.

In het kader van de voorliggende rapportage werden eventuele stijgende of dalende trends in de jaargemiddelden 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. 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 geeft meer uitleg over de statistische methoden die zijn gebruikt voor de trend- en trendbreukanalyse.

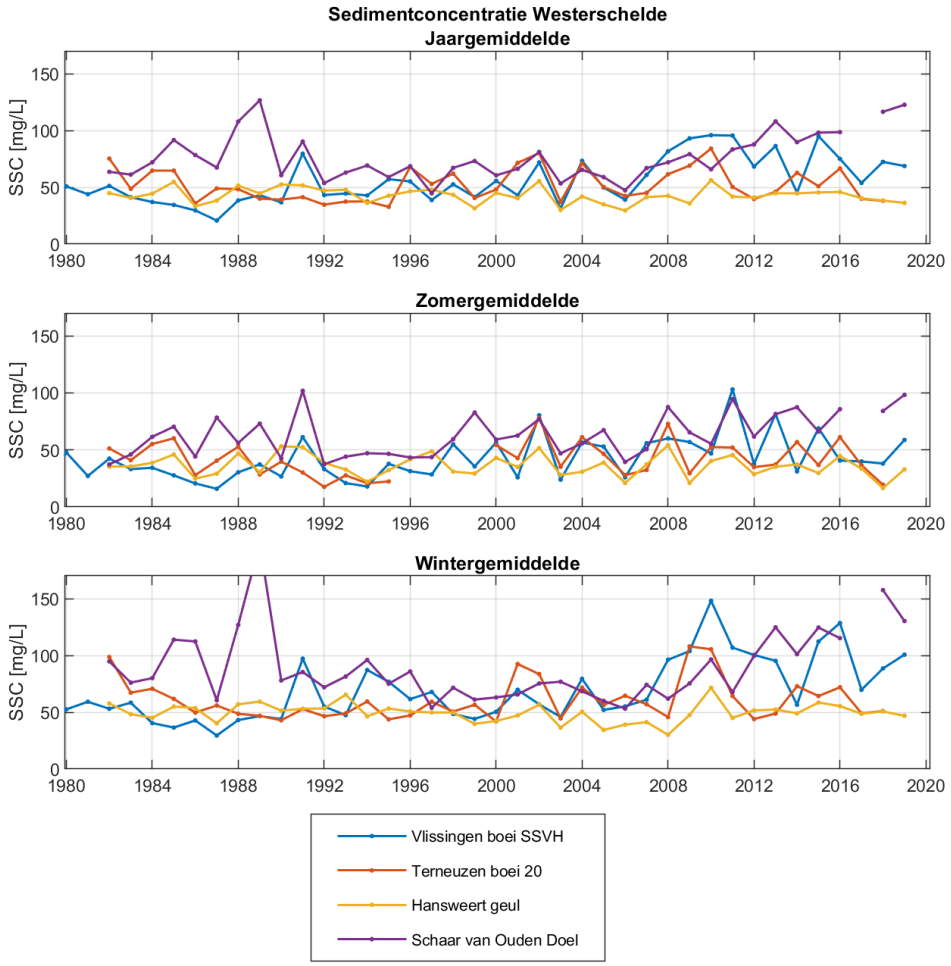
7.1 Zwevende stof

7.1.1 Westerschelde

Periodieke metingen van de sedimentconcentratie worden in de Westerschelde in het kader van het MWTL uitgevoerd tijdens laagwater op een diepte van 1 m onder het wateroppervlak. Jaargemiddelde waarden van het suspensiegehalte zijn weergegeven in Figuur 7-1, samen met het zomer- en wintergemiddelde. Bij meetlocatie Schaar van Ouden Doel was in 2017 geen data beschikbaar, maar in 2018 en 2019 weer wel. Echter is in 2019 geen data beschikbaar bij Terneuzen. Over het algemeen liggen de concentraties vanaf 2008 hoger ten opzichte van de jaren hiervoor. De jaar-, zomer- en wintergemiddelde sedimentconcentraties waren in 2017 echter laag in vergelijking met de jaren 2008-2016. De laatste jaren (2018 en 2019) laten de jaargemiddelde sedimentconcentraties echter een gevarieerd beeld zien ten opzichte van 2016 en 2017. Bij Terneuzen en Hansweert zijn de jaargemiddelde sedimentconcentraties (licht) gedaald. Bij Vlissingen oscilleren de jaargemiddelde sedimentconcentraties binnen de waarden die optraden in 2016-2017, terwijl bij Schaar van Ouden Doel de concentratie is

toegenomen. De grootste verandering in de zomer- en wintergemiddelde sedimentconcentratie doet zich voor bij de locatie Schaar van Ouden Doel (welke dicht bij de grens gelegen is), waar in 2018 en 2019 een respectievelijk hogere winter- en zomerconcentratie aanwezig was ten opzichte van voorgaande jaren (enkel omstreeks 1990 was de concentratie hoger). De wintergemiddelde sedimentconcentratie nam wel weer af in 2019.

Op de langere termijn is een toenemende trend in de jaargemiddelde 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. Waar bij Schaar van Ouden Doel de toenemende trend in de laatste jaren (2018-2019) lijkt voort te zetten, is bij Vlissingen een meer alternerend patroon zichtbaar. Bij Terneuzen en Hansweert wordt geen significante langetermijntrend waargenomen.



Figuur 7-1: Jaar- en seizoensgemiddelde van periodieke metingen sedimentconcentratie in de Westerschelde

7.1.2 Beneden-Zeeschelde

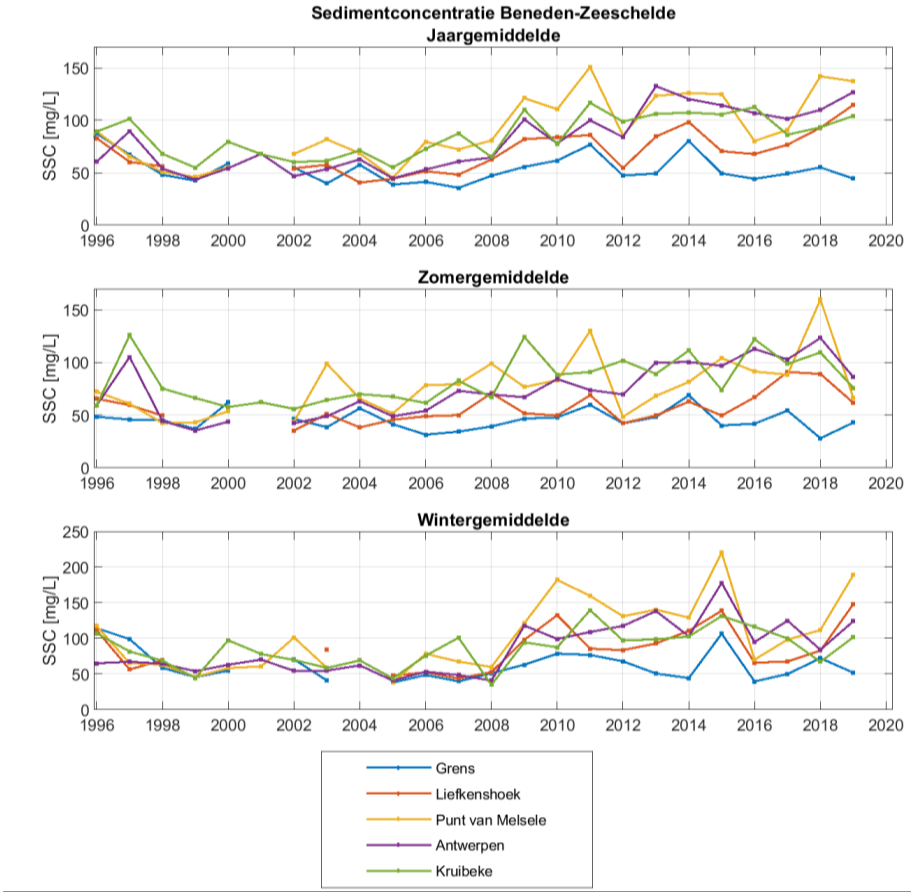
In de Beneden-Zeeschelde wordt de sedimentconcentratie gemeten aan de hand van zowel oppervlaktestalen als stalen in de waterkolom (dieptestalen), als deel van het OMES-meetprogramma. Een overzicht van de meetlocaties in de Beneden-Zeeschelde wordt weergegeven in sectie 2.4 en Figuur 2-7. De staalnames worden getijonafhankelijk uitgevoerd. Daarnaast worden binnen het MONEOS meetprogramma continue turbiditeitsmetingen uitgevoerd op 3 locaties met behulp van multiparametertoestellen en omgezet naar sedimentconcentraties.

7.1.2.1 Periodieke metingen: oppervlaktestalen

De jaargemiddelde waarden van sedimentconcentratie op basis van de periodieke metingen in de Beneden-Zeeschelde zijn weergegeven in Figuur 7-2. 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 2008-2009Waar de jaargemiddelde sedimentconcentratie bij Antwerpen een afname liet zien van 2013 tot 2017, is er in de laatste jaren (2018-2019) sprake van een stijging. Ook bij Punt van Melsele vond een afname van de jaargemiddelde sedimentconcentratie plaats sinds het maximum in 2011. De laatste jaren neemt de jaargemiddelde sedimentconcentratie weer toe, en liggen de waarden dicht bij het maximum uit 2011. Kruibeke had een hoge jaargemiddelde sedimentconcentratie van 2011 tot 2016, met het maximum in 2016 en vervolgens een afname naar 2017. In 2018 en 2019 is de jaargemiddelde concentratie toegenomen, maar deze ligt nog onder het maximum van 2016. 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 vertoond 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 deze locatie was er een piek in de sedimentconcentratie in 2014 met vervolgens een afname naar 2016 in het jaargemiddelde. Sindsdien zijn naar 2019 weer (lichte) schommelingen te zien, die naar voren komen in zowel het winter- als het zomergemiddelde. Bij locatie Liefkenshoek wordt de ingezette stijgende trend in jaargemiddelde sedimentconcentratie van 2016 doorgezet in 2017-2019. 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. De zomergemiddelde sedimentconcentraties bij Punt van Melsele, Antwerpen, en Kruibeke zijn na een stijging in 2018 weer gedaald in 2019.

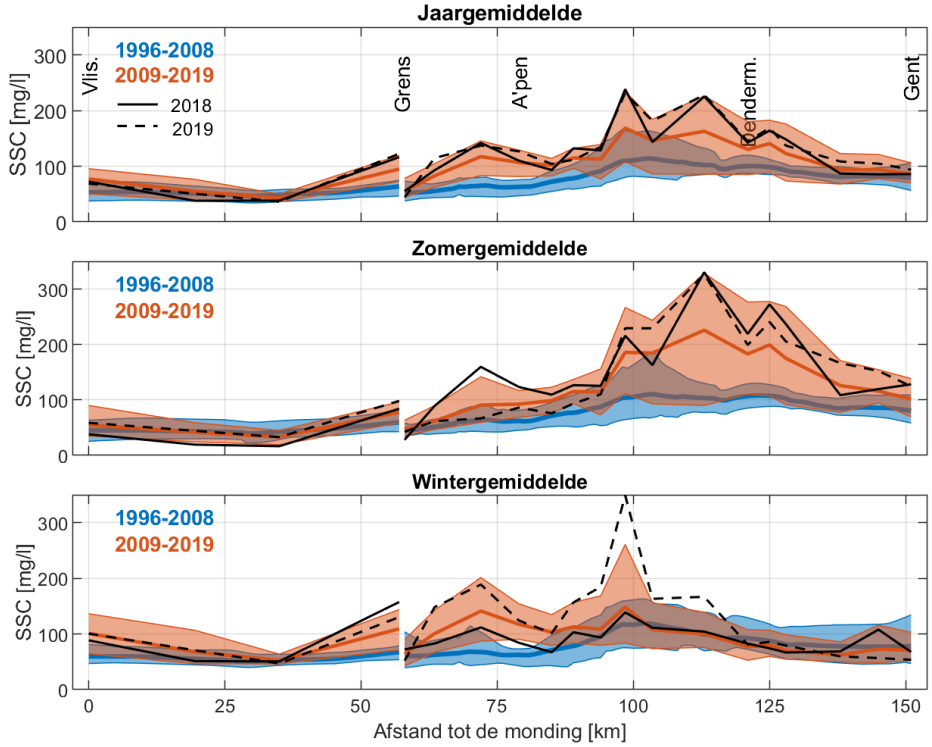
Figuur 7-3 geeft de langsverdeling van de sedimentconcentratie in het gehele Scheldeestuarium weer, van Vlissingen tot Melle. De metingen zijn hierbij opgedeeld in twee periodes, van 1996 tot 2008, en van 2009 tot 2019. Hierbij zijn de 10e en 90ste percentielen weergegeven, alsook het gemiddelde over deze jaren. Daarnaast worden de jaar- en seizoengemiddeldes van 2018 en 2019 individueel weergegeven.

De sedimentconcentraties zijn verhoogd in de periode van 2009-2019, voornamelijk in de Zeeschelde. Daarnaast lijken veranderingen plaats te vinden van de locatie van de piek in sedimentconcentratie (het Estuarien Turbiditeitsmaximum, ETM). In de periode van 1996-2008 lag deze piek rond 100 km opwaarts van Vlissingen, in de buurt van Temse, waarbij de piek in de winter iets verder afwaarts lag dan in de zomer. In de recentere periode van 2009-2019 is deze piek in de winter echter tweeledig, waarbij een piek verder afwaarts is verplaatst, voorbij Antwerpen, terwijl het tweede turbiditeitsmaximum zich voordoet rond Temse, 100 km opwaarts van Vlissingen. Deze piek was reeds zichtbaar wanneer data van 2009 tot en met 2017 werd gebruikt, maar wordt versterkt door de sedimentconcentraties uit 2019, wat duidelijk te zien is in Figuur 7-3. In de zomer is het turbiditeitsmaximum opwaarts bewogen ten opzichte van de periode 1996-2008, rond 110 km opwaarts van Vlissingen. De pieken in sedimentconcentratie zijn met name in de zomer hoger geworden, alhoewel de spreiding, tussen het 10e en 90ste percentiel, groot is.



Figuur 7-2: Jaar- en seizoensgemiddelde van periodieke metingen suspensiegehalte in de Beneden-Zeeschelde.

Voor de jaren 2018 en 2019 specifiek is te zien dat de piek in sedimentconcentratie in de Zeeschelde in de zomer van beide jaren bij de hoogste waardes van de periode 2009-2019 horen. Voor beide jaren ligt de piek op dezelfde locatie, namelijk op ongeveer 110 km opwaarts vanaf Vlissingen. De sedimentconcentratie in de zomer van 2018 ligt in het traject vanaf de Grens tot ongeveer 90 km stroomopwaarts van Vlissingen, boven het gemiddelde van de jaren 2009-2019. In 2019 ligt de sedimentconcentratie voor hetzelfde traject juist onder dit gemiddelde. Verder stroomopwaarts liggen de concentraties voor beide jaren meestal boven het gemiddelde. De hoge zomerconcentraties in 2018 en 2019 in de Boven-Zeeschelde kunnen mogelijk deels worden verklaard door het lage bovenafvoerdebiet tijdens de zomers van 2018 en 2019 (zie sectie 4.2). De wintergemiddeldes van 2018 liggen meestal onder of rond het gemiddelde van de periode 2009-2019 vanaf de Grens tot net stroomafwaarts van Gent, terwijl de wintergemiddeldes van 2019 meestal boven het gemiddelde van de periode 2009-2019 liggen vanaf de Grens tot net stroomafwaarts van Dendermonde. Deze variatie in sedimentconcentraties kan mogelijk ook deels worden verklaard door de hoge en lage wintergemiddelde bovenafvoer in respectievelijk 2018 en 2019. In de Westerschelde waren de sedimentconcentraties van 2018 en 2019 relatief laag en onder het gemiddelde van de jaren 2009-2019 voor het traject Vlissingen tot en met ongeveer 30 km stroomopwaarts, terwijl voor het traject verder stroomopwaarts tot aan de Grens de waarden rond of net boven het gemiddelde lagen.

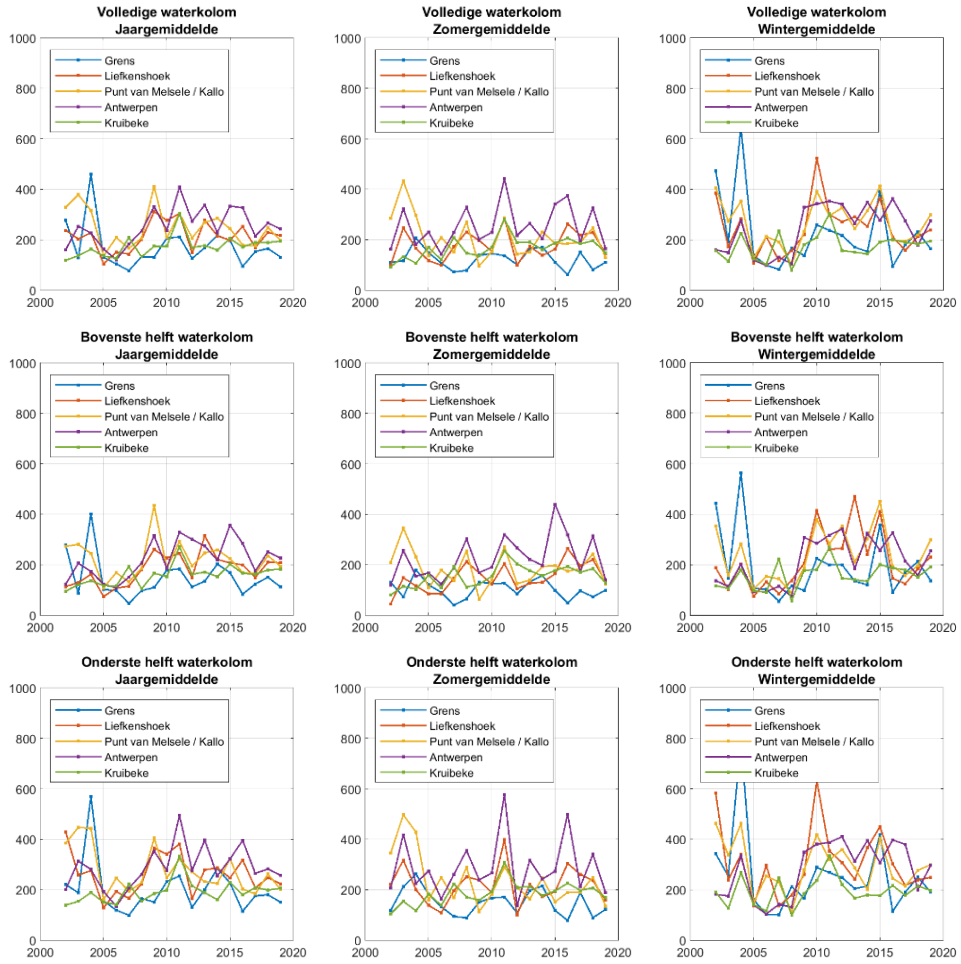


Figuur 7-3: Langsverdeling van sedimentconcentraties in het gehele Schelde-estuarium (naar Cox *et al.*, 2015). Brede, gekleurde lijn geeft het gemiddelde weer, gekleurde gebieden geven het 10e en 90ste percentiel van de jaargemiddelden weer over de beschouwde periode. De zwarte doorgetrokken en gestippelde lijn geven de waardes van respectievelijk 2018 en 2019 weer.

7.1.2.2 Periodieke metingen: dieptestalen

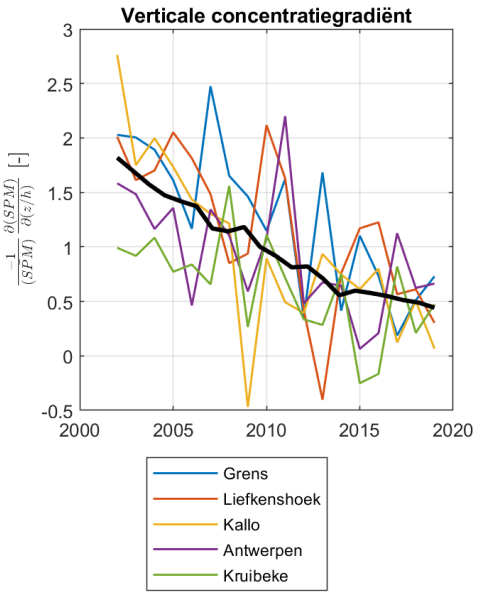
Naast de oppervlaktestalen wordt de sedimentconcentratie ook bepaald aan de hand van staalnames in de waterkolom (dieptestalen). Van 2002 tot 2009 werden de dieptestaalnames uitgevoerd als een op zichzelf staande parameter; vanaf 2010 worden de dieptestaalnames uitgevoerd in functie van de kalibratie van de ADCP-concentratiemetingen. Het aantal dieptestalen dat werd genomen per staalnamelocatie varieert sterk doorheen de monitoringperiode, en om deze reden wordt de verdeling over de waterkolom geanalyseerd aan de hand van vereenvoudigde parameters: enerzijds de verhouding tussen de sedimentconcentratie in de bovenste en onderste helft van de waterkolom (Figuur 7-4), en anderzijds door het berekenen van een verticale concentratiegradiënt met een gefitte lijn (Figuur 7-5).

De jaar- en seizoengemiddelde concentratiewaarden zijn weergegeven in Figuur 7-4, zowel voor de volledige dataset van dieptestalen, als onderverdeeld voor de bovenste en onderste helft van de waterkolom. Net als bij de oppervlaktemetingen is een verhoging in sedimentconcentratie te zien vanaf circa 2009 bij Antwerpen, Punt van Melsele en Liefkenshoek. De sedimentconcentraties bleven relatief hoog met enige variatie in de periode daarna, maar is over het algemeen in de laatste jaren weer afgenomen. Echter liggen de waarden nog steeds boven de waarden vóór de derde verruiming. Deze toename ten opzichte van vóór 2009 is voornamelijk in het winter- en jaargemiddelde zichtbaar, voor alle delen van de waterkolom. Het jaar- en zomergemiddelde bij Kruibeke vertoont een stijgende trend in alle delen van de waterkolom. Bij Antwerpen en Liefkenshoek laat respectievelijk de jaargemiddelde en zomergemiddelde sedimentconcentratie in de bovenste helft van de waterkolom een stijgende trend zien. In het wintergemiddelde worden geen stijgende trends in sedimentconcentratie waargenomen.



Figuur 7-4: Sedimentconcentratie op basis van dieptestalen. Boven: volledige waterkolom. Midden: bovenste helft van de waterkolom. Onder: onderste helft van de waterkolom. Links: jaargemiddelde. Midden: zomergemiddelde. Rechts: wintergemiddelde.

Op basis van de dieptestalen van sedimentconcentratie kan ook de verticale concentratiegradiënt worden bepaald. Deze (genormaliseerde) gradiënt wordt berekend als $-\frac{1}{\overline{SSC}}\frac{\delta(SSC)}{\delta(z/h)}$ waarbij z/h de relatieve hoogte boven de bodem van de staalname is en $\overline{SSC}$ de gemiddelde sedimentconcentratie. De jaargemiddelde verticale concentratiegradiënt is weergegeven in Figuur 7-5 per station in de Beneden-Zeeschelde. Daarnaast wordt de gemiddelde verticale concentratiegradiënt over alle stations weergegeven (zwarte lijn). Dit gemiddelde laat zien dat er sprake is van een afname van de verticale gradiënt met de tijd. Dit betekent dat het sediment meer uniform verdeeld is over de waterkolom, voornamelijk 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 7-5: Jaargemiddelde verticale concentratiegradiënt op basis van de dieptestalen. Brede zwarte lijn geeft een lopend gemiddelde weer door alle meetlocaties.

7.1.2.3 Continue metingen

Op de locaties Oosterweel, Boei 84, en Driegoten in de Beneden-Zeeschelde zijn tot en met 2015 turbiditeitsmetingen verricht met behulp van multiparametertoestellen. Sinds 2016 worden deze metingen van deze locaties enkel nog in Oosterweel uitgevoerd. De locatie Boei 84 is in oktober 2015 vervangen door meetpaal Lillo. Meetstation Driegoten is per januari 2016 ook buiten werking gesteld en wordt vanaf december 2017 vervangen door station Weert. Het meetstation bij Kruibeke is eind 2015 in werking gesteld. Voor de bespreking van de locaties Boei 84 en Driegoten wordt verwezen naar het voorgaande voortgangsrapport (IMDC, 2019b).

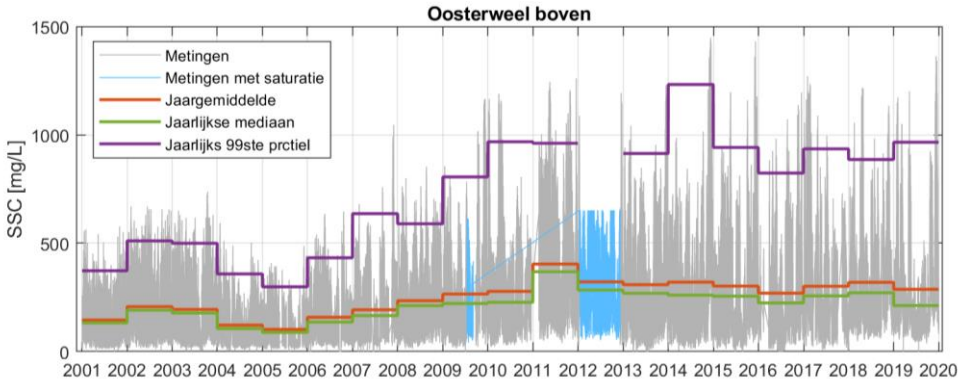
De turbiditeitsmetingen worden omgezet naar sedimentconcentraties aan de hand van kalibratierelaties, die worden opgesteld met behulp van staalnames naast de meettoestellen. Omdat elk jaar bijkomende kalibratiestalen worden genomen, worden de kalibratierelaties jaarlijks aangepast op basis van alle kalibratiestalen, en dit leidt ook tot een jaarlijkse actualisatie van de geschatte sedimentconcentraties. Bij meetstations Weert en Kruibeke wordt de turbiditeit (in NTU) weergegeven in plaats van de sedimentconcentratie, vanwege de nog beperkte dataset voor Weert en de matige overeenkomst tussen de metingen en gegenereerde kalibratierelatie voor beide stations (respectievelijk, R^2 = 0,35 en R^2 = 0,55) (Vandenbruwaene *et al.*, 2020).

Tijdreeksen van de continue metingen (meetinterval 10 minuten) zijn weergegeven in Figuur 7-6 tot Figuur 7-9. De turbiditeitsmetingen werden uitgevoerd met het Anderaa RCM9-toestel en het Anderaa Seaguard-toestel, behalve bij Weert en Kruibeke waar de metingen werden gedaan met het toestel van type YSI 6920. Tijdens bepaalde periodes bereikten turbiditeitsmetingen met het Seaguard-toestel een verzadigingspunt van 500 NTU. Hierdoor worden ook de afgeleide suspensiegehaltes afgetopt op een bepaald verzadigingsniveau. Periodes die gemeten zijn met het Seaguard-toestel worden aangegeven in blauw in Figuur 7-6 tot Figuur 7-9. De jaargemiddelden en de jaarlijkse mediaan (die normaal gezien weinig of niet wordt beïnvloed door de saturatie van het meetinstrument) worden ook weergegeven in de figuren, en zijn samengevat in Tabel 7-1.

De piekwaarden van sedimentconcentratie kunnen enkel worden ingeschat wanneer de meetinstrumenten geen plafonnering vertonen. In Figuur 7-6 tot Figuur 7-9 wordt de

jaarlijkse 99ste percentielwaarde weergegeven, en ook de absolute jaarmaxima kunnen worden ingeschat aan de hand van de tijdreeksen. De 99ste percentielwaarden worden voor de meetjaren zonder saturatie ook weergegeven in Tabel 7-1.

Meetpunt Oosterweel (Figuur 7-6) ligt tussen de locaties Punt van Melsele en Antwerpen waar periodieke metingen in de Beneden-Zeeschelde worden uitgevoerd (sectie 7.1.2.1), en in de nabijheid van de stortzones voor slib te Oosterweel en Punt van Melsele in de Beneden-Zeeschelde. De sensor voor de continue metingen is geplaatst 4,5 m boven de bodem (Oosterweel boven). Bij Oosterweel boven vond een toename van het jaargemiddelde en -mediaan plaats van 2005 tot 2011, waarin de sedimentconcentratie een maximum bereikte. Hierna namen het gemiddelde en de mediaan licht af en sinds 2012 zijn deze waardes vrij constant op dit hogere niveau. De 99ste percentiel laat een vergelijkbare toename zien vanaf 2005, met een maximum in 2014. Ook deze waarden namen in de laatste jaren weer terug af naar het niveau van 2010-2013. Dit geldt ook voor het percentage boven de drempelwaarde van 800 mg/l, welke een maximum (minimum) bereikte in 2014 (2016). De laatste jaren (2017-2019) zijn de percentages stabiel met 2% tot 3%. De sedimentconcentratie in Oosterweel vertoont een sterke correlatie met de stortingen van slib in de nabijgelegen stortzones, zoals is aangetoond met een multivariate regressie-analyse (IMDC, 2016). De jaarlijkse stortvolumes vertoonden ook een toename tot het piekjaar 2011 (sectie 3.2), daarna een afname tot 2015, een lichte toename tot 2018, gevolgd door een afname in 2019. De jaargemiddelde sedimentconcentratie laat niet dezelfde mate van veranderingen zien, maar het patroon is wel grotendeels vergelijkbaar. Het minimum van de sedimentconcentratie, dat hoog licht in 2018 en 2019, wordt mede bepaald door de kalibratie, waarbij de regressielijn bij een turbiditeit van 0, resulteert in een sedimentconcentratie groter dan nul. Hierdoor is er altijd een bepaalde minimale sedimentconcentratie aanwezig, wat een vertekend beeld kan geven, met name voor de lage sedimentconcentraties. Desondanks kan het niet uitgesloten worden dat de verhoogde minima van de metingen in 2018 en 2019 (deels) te wijten zijn aan de lage bovenafvoer van deze jaren.



Figuur 7-6: Continue metingen sedimentconcentratie Oosterweel. Metingen in blauw werden uitgevoerd met het Seaguard-500 toestel.

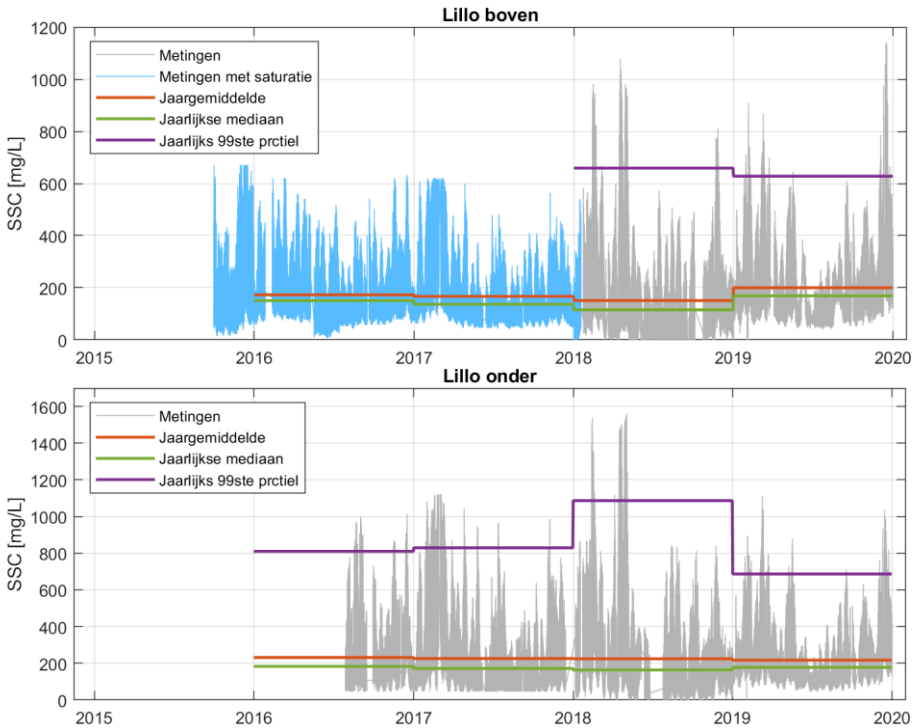
Tabel 7-1: Jaargemiddeldes, standaardafwijking, 99ste percentielwaarde, en percentage boven drempelwaarde 800 mg/l (op basis van volledige dataset) van de continue metingen suspensiegehalte, in mg/l. Lege velden: geen data of geen waarde door saturatie van de sensor.

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
OOSTERWEEL BOVEN	Gemiddelde	145	207	194	122	102	158	193	235	265	278	404	321	308	320	302	269	301	319	287
	Mediaan	132	191	178	106	88	136	166	212	222	227	368	284	269	260	255	224	257	271	212
	99ste perc.	373	511	500	358	299	433	636	589	806	968	961		914	1232	942	824	935	886	966
	% > 800 mg/l	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	4%		2%	5%	3%	1%	3%	2%	3%
LILLO BOVEN	Gemiddelde															213	173	167	151	200
	Mediaan															179	151	137	115	169
	99ste perc.																		659	628
	% > 800 mg/l																		0%	0%
LILLO ONDER	Gemiddelde																232	226	225	217
	Mediaan																184	172	164	178
	99ste perc.																811	830	1087	687
	% > 800 mg/l																1%	1%	2%	0%
WEERT	Gemiddelde																		151	200
	Mediaan																		115	169
	99ste perc.																		659	628
	% > 800 NTU																		0%	0%
	Gemiddelde															145	91	115	119	105
	Mediaan															129	79	101	99	84
	99ste perc.															406	280	353	363	345
	% > 800 NTU															0	0	0	0	0

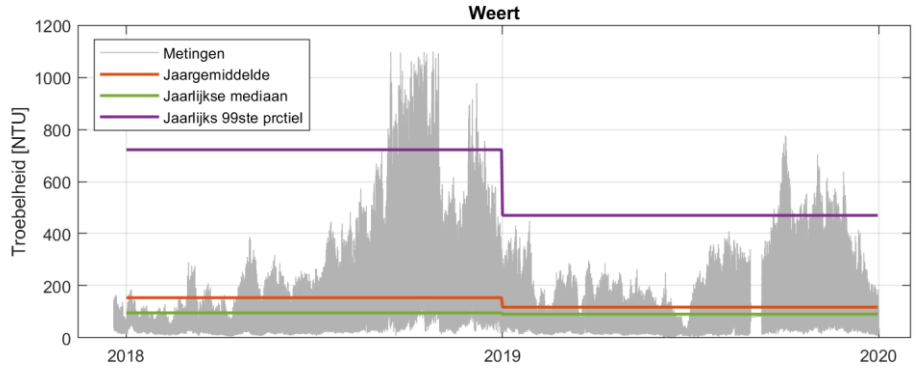
Bij Boei 84 boven en onder was een lichte toename van de jaargemiddelde sedimentconcentraties te zien van 2006 tot 2011, maar deze stijging was minder duidelijk en minder groot dan bij Oosterweel. De toename was iets sterker bij het bovenste meetpunt van Boei 84 dan bij het onderste meetpunt. Bij Boei 84 worden sinds oktober 2015 geen metingen meer verricht. De dataset bij het nieuwe meetstation Lillo (Figuur 7-7) is nog te kort om conclusies te trekken over een trend in de waardes. Wel daalden het jaargemiddelde en de jaarlijkse mediaan van 2016 tot 2018. Het 99ste percentiel bij Lillo onder is in 2018 het hoogste van de gemeten jaren, terwijl deze in 2019 onder het niveau van 2016 en 2017 ligt. Aangezien de metingen bij Boei 84 en Lillo niet in de tijd overlappen en de meetstations niet exact op dezelfde locatie zijn gesitueerd is het niet mogelijk om de datasets direct te vergelijken.

Bij Driegoten werden de hoogste gemiddelde en mediaan waardes geobserveerd in 2011, net als bij Oosterweel. In de jaren hierna was de sedimentconcentratie weer afgenomen naar het niveau van voor 2011. Sinds januari 2016 zijn geen nieuwe metingen bij Driegoten uitgevoerd. De dataset bij het nieuwe meetstation Weert (Figuur 7-8) is nog te kort om conclusies te trekken over een trend in de waardes. In 2018 was het jaargemiddelde en het 99ste percentiel hoger dan voor 2019.

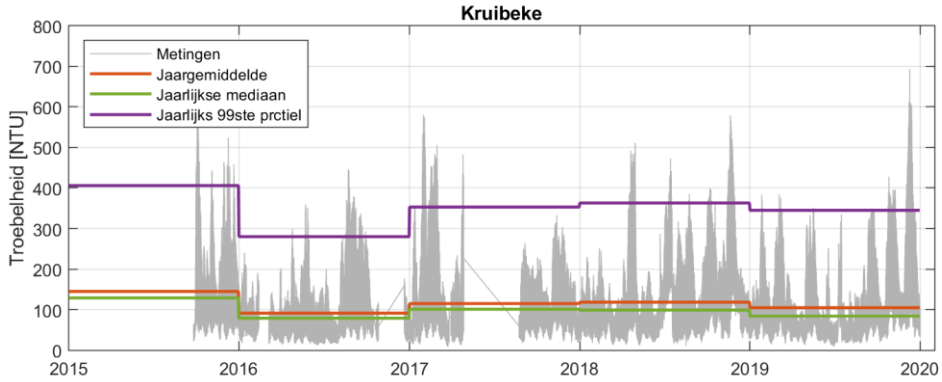
Bij Kruibeke is de dataset eveneens te kort om conclusies te trekken over trends in waardes. Wel kan een een minimum in jaargemiddelde sedimentconcentratie worden geobserveerd in 2016. In de jaren na 2016 zijn de jaargemiddelde sedimentconcentratie evenals de jaarlijkse mediaan en het jaarlijks 99ste percentiel iets hoger en vrij constant. De hoogste waarden werden gemeten in 2015, maar voor dit jaar was slechts beperkt data beschikbaar, waardoor de jaargemiddelde waarden niet goed te vergelijken zijn.



Figuur 7-7: Continue metingen suspensiegehalte meetpaal Lillo. Metingen in blauw werden uitgevoerd met het Seaguard-500 toestel.



Figuur 7-8: Continue metingen troebelheid Weert.



Figuur 7-9: Continue metingen troebelheid Kruibeke.

7.1.3 Bespreking en conclusies

In de Westerschelde is op de langere termijn een toenemende trend in sedimentconcentratie zichtbaar bij Vlissingen en Schaar van Ouden Doel. In de laatste jaren lijkt deze trend bij Schaar van Ouden Doel zich door te zetten. Bij Vlissingen is een meer alternerend patroon zichtbaar. Bij Terneuzen en Hansweert werd geen significante trend in sedimentconcentratie waargenomen. De jaar-, zomer- en wintergemiddelde sedimentconcentraties waren in 2019 bij Vlissingen en Schaar van Ouden doel hoger dan in 2017. Bij Terneuzen en Hansweert waren deze waarden in 2019 gelijkwaardig aan de waarden van 2017.

In de Beneden-Zeeschelde wordt op de lange termijn een toenemende trend in de sedimentconcentratie waargenomen in de zone van Liefkenshoek tot Kruibeke. Deze toename is consistent over de periodieke metingen van de oppervlaktestalen, dieptestalen, en de continue metingen. Echter is er in recentere jaren sprake van het gelijkblijven of een lichte afname van de sedimentconcentratie in dit gebied, en lijkt de stijgende trend dus niet door te zetten.

De staalnames in de waterkolom laten voornamelijk een toename van de sedimentconcentratie zien in de jaar- en zomergemiddeldes bij Antwerpen, Kruibeke, en Liefkenshoek, in de bovenste helft van de waterkolom. De duidelijkste toename vindt plaats bij Kruibeke en in de bovenste helft van de waterkolom. Daarmee neemt de verticale gradiënt van de sedimentconcentratie ook af, en is het sediment dus meer uniform verdeeld over de waterkolom. De afname van de verticale gradiënt lijkt minder sterk te worden vanaf 2014 en schommelt rond de 0,5.

De continue metingen van sedimentconcentratie in de Beneden-Zeeschelde laten een toename van het jaargemiddelde zien tot een maximum in 2011. In dit jaar was ook het

volume van de stortingen in de Beneden-Zeeschelde maximaal. Na dit piekjaar nam de jaargemiddelde sedimentconcentratie licht af naar 2012 en sindsdien zijn de waardes vrij constant.

Beschouwd over de periodes 1996-2008 en 2009-2019, in de Westerschelde en Zeeschelde van Vlissingen tot Melle, zijn de sedimentconcentraties verhoogd in deze laatste periode, voornamelijk in de Zeeschelde. De locatie van de piek in sedimentconcentratie is daarbij in de zomer verder opwaarts verschoven. In de winter is de piek na 2009 eerst verder afwaarts verschoven, terwijl er zich in de laatste jaren ook een tweede piek vormt op de locatie van de piek uit de periode 1996-2008, op ongeveer 100 km van de monding. De zomerpiek is daarmee in de Boven-Zeeschelde komen te liggen. De zomergemiddelde sedimentconcentraties van 2018 en 2019, en het wintergemiddelde van 2019 behoren tot de hoogste waardes opwaarts in de Zeeschelde over de beschouwde periode.

7.2 Lichtpenetratie

In het Schelde-estuarium, waar doorgaans veel nutriënten aanwezig zijn, vormt de hoeveelheid licht die doordringt in de waterkolom de belangrijkste limiterende factor voor de primaire productie. Het doorzicht is gerelateerd aan de troebelheid en wordt bepaald door onder andere de hoeveelheid sediment en organische materie in suspensie. Bovenafvoer, golfslag, getij, scheepvaart, sedimentbeschikbaarheid, en baggerwerkzaamheden spelen een rol bij de waargenomen variaties.

De lichtpenetratie wordt doorgaans gekwantificeerd aan de hand van de lichtextinctiecoëfficient k_d (in 1/m) of aan de hand van de eufotische diepte Z_{eu} (in m), die is gedefinieerd als de diepte waarop nog slechts 1 % van het licht kan doordringen. De twee parameters zijn gerelateerd als:

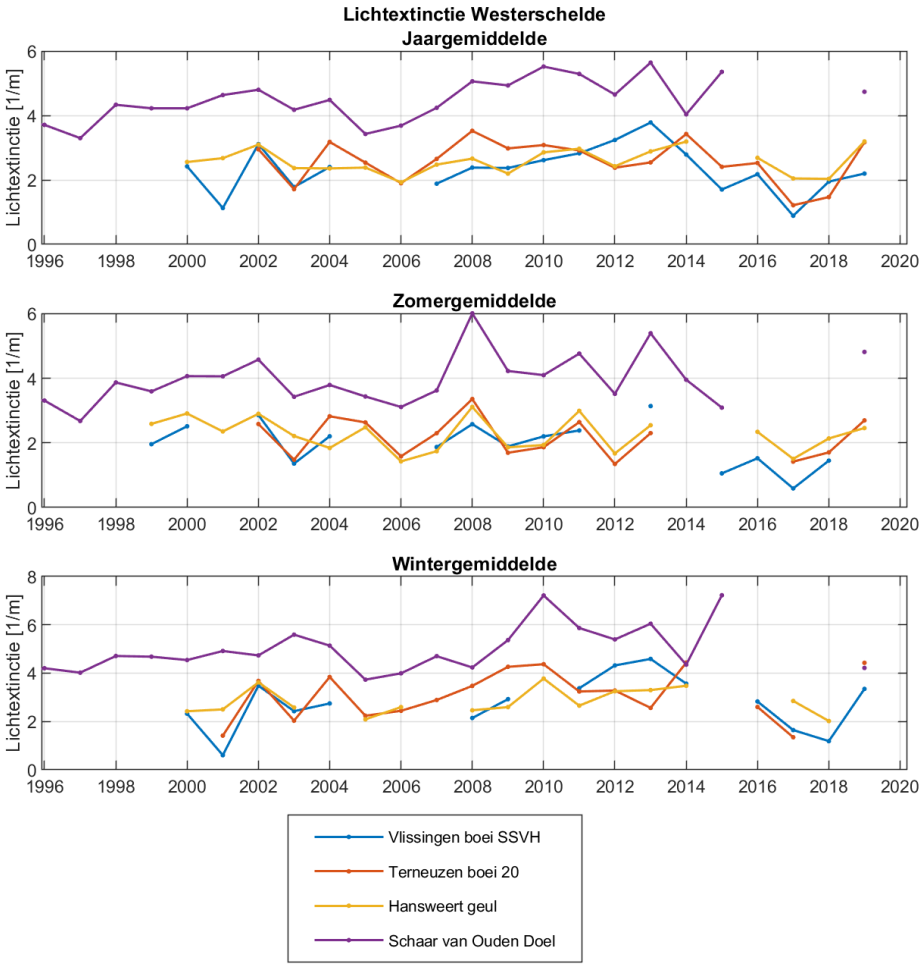
$$Z_{eu} = -\ln(0{,}01)/k_d$$

De dataset van metingen in de Westerschelde bevat een aantal waarden $k_d = 0\ m^{-1}$ (de lichtextinctie was dus kleiner dan de meetgevoeligheid van de sensor). De eufotische diepte is dan oneindig, waardoor geen jaargemiddelden kunnen worden berekend. Daarom wordt in dit rapport de lichtextinctiecoëfficient weergegeven.

In het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007c) werden de effecten van de verruiming of stortstrategie op de lichtpenetratie als gering bestempeld.

7.2.1 Westerschelde

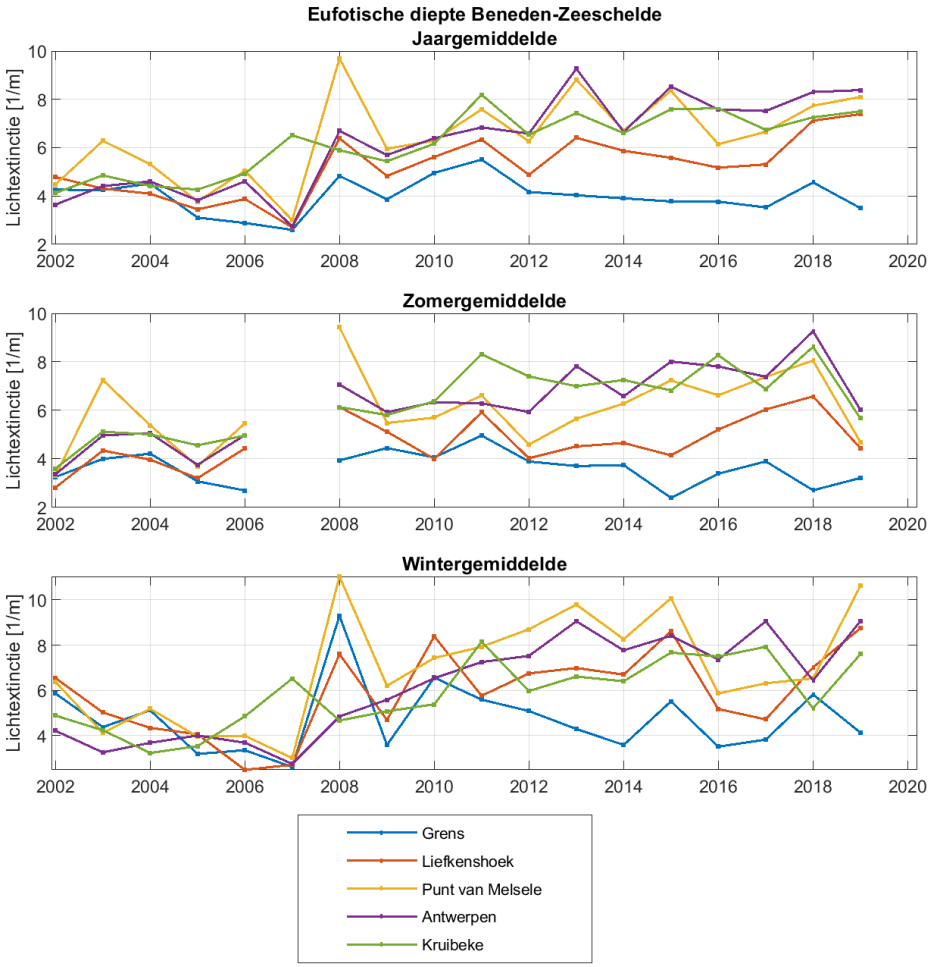
Bij Schaar van Ouden Doel werd vanaf 2008 een verhoogde lichtextinctie waargenomen, hoewel van 2016-2018 geen data beschikbaar was. Op de overige meetlocaties wordt op de lange termijn geen significante trend waargenomen (Figuur 7-10). Dit terwijl bij Vlissingen wel een significante stijging van de sedimentconcentratie werd waargenomen, en de lichtextinctie en sedimentconcentratie gerelateerd zijn. 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 extinctiecoëfficient. In de jaren sinds 2013-2014 lijkt voor de locatie Vlissingen een afname van de lichtextinctie plaats te vinden, hoewel er in 2018-2019 wel weer een toename is, terwijl bij de overige locaties de waarde in 2019 dicht bij het maximum van 2013-2014 ligt.



Figuur 7-10: Jaar- en seizoengemiddelde lichtextinctie in de Westerschelde

7.2.2 Beneden-Zeeschelde

De jaargemiddelde lichtextinctie vertoont een toenemende trend bij Antwerpen en Kruibeke (Figuur 7-11). Een trendbreukanalyse laat zien dat de meest recente trendwijziging hierbij plaatsvond met een sprong 2007-2008, en beperkte stijging sindsdien. Deze toename lijkt voornamelijk veroorzaakt 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, waarbij over het algemeen de waarde dicht bij het niveau van 2012 komt te liggen. Bij Punt van Melsele en Liefkenshoek werd over de periode 2002-2017 net geen significante toenemende trend waargenomen in de jaargemiddelde lichtextinctie, maar door een afname van de eufotische diepte in de meest recente jaren, wordt nu wel een significante trend waargenomen bij Punt van Melsele en Liefkenshoek. 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 (sectie 7.1.2.1).



Figuur 7-11: Jaar- en seizoengemiddelde lichtextinctie Beneden-Zeeschelde

7.3 Chlorofylgehalte

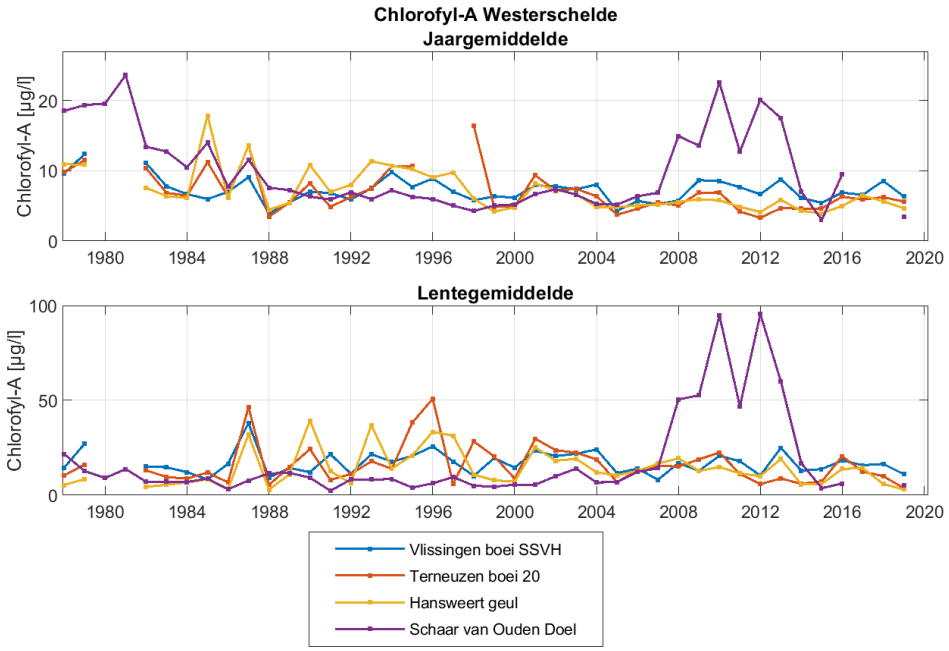
7.3.1 Westerschelde

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. Het chlorofyl-a gehalte wordt dikwijls gekenmerkt door één of meerdere bloeiperiodes, waarvan de voorjaarsbloei de belangrijkste is. Daarom worden in Figuur 7-12 naast de jaargemiddelde concentratie, niet de winter- en zomerconcentratie weergegeven, maar de gemiddelde concentratie tijdens de voorjaarsmaanden (april en mei). Ook worden in Figuur 7-13 de volledige tijdreeksen met alle metingen weergegeven om de hoge pieken in het voorjaar duidelijker in beeld te brengen.

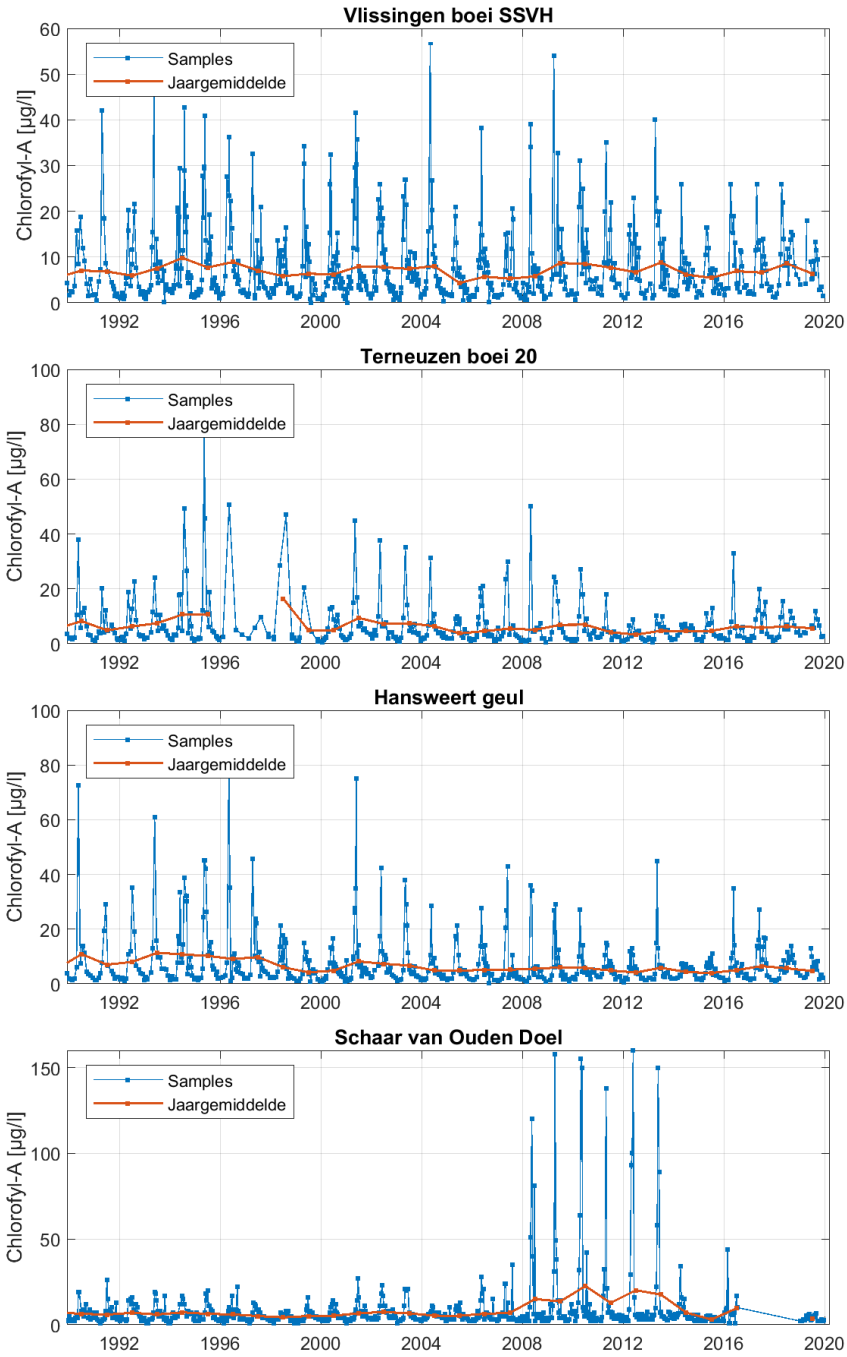
Het jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte bij Schaar van Ouden Doel vertoonde een toenemende trend sinds midden jaren ’90 gebaseerd op data tot en met 2017, die voornamelijk veroorzaakt werd door hoge piekwaarden in de lente in de jaren 2008 tot 2013 (Figuur 7-12). Deze hoge piekwaarden in de lente werden echter in de recente jaren, sinds 2014, niet meer gemeten en de waarde in 2019 is samen met de gemeten waarde in 2015 de laagste van de dataset waardoor net geen significante trend meer wordt waargenomen (p = 0,0507). Er lijkt dus eerder sprake van een tijdelijke toename in chlorofyl-a gehalte in 2008 met hoge waardes tot 2013, waarna het chlorofyl-a terug

afneemt naar het oorspronkelijke niveau. Deze sterk verhoogde voorjaarspiek van 2008 tot 2013 wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de verhoogde bloei van *Thalassiosira nodulolineata* die ook opwaarts in de Beneden-Zeeschelde werd waargenomen (zie 7.3.2).

Bij Hansweert wordt daarentegen een dalende trend in jaargemiddeld chlorofyl-a gehalte waargenomen (Figuur 7-12). Deze daling vindt voornamelijk plaats in de periode van ca. 1994-2012, sindsdien lijkt er geen sprake meer te zijn van een daling. Bij Terneuzen wordt net geen dalende trend waargenomen (p = 0,086). In het lentegemiddelde wordt op deze locaties de laatste jaren minder variatie waargenomen, alhoewel er voor beide locaties sinds 2016 sprake lijkt van een daling in het chlorofyl-a gehalte. Bij Vlissingen is geen significante trend in het jaargemiddeld chlorofyl-a gehalte zichtbaar, en ook de pieken in de lente lijken niet te veranderen (Figuur 7-13).



Figuur 7-12: Jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte in oppervlaktewater in de Westerschelde, samen met het lentegemiddelde (april en mei). Bemerk de verschillende verticale schaal in de panelen.



Figuur 7-13: Metingen chlorofyl-a gehalte in oppervlaktewater, Westerschelde.

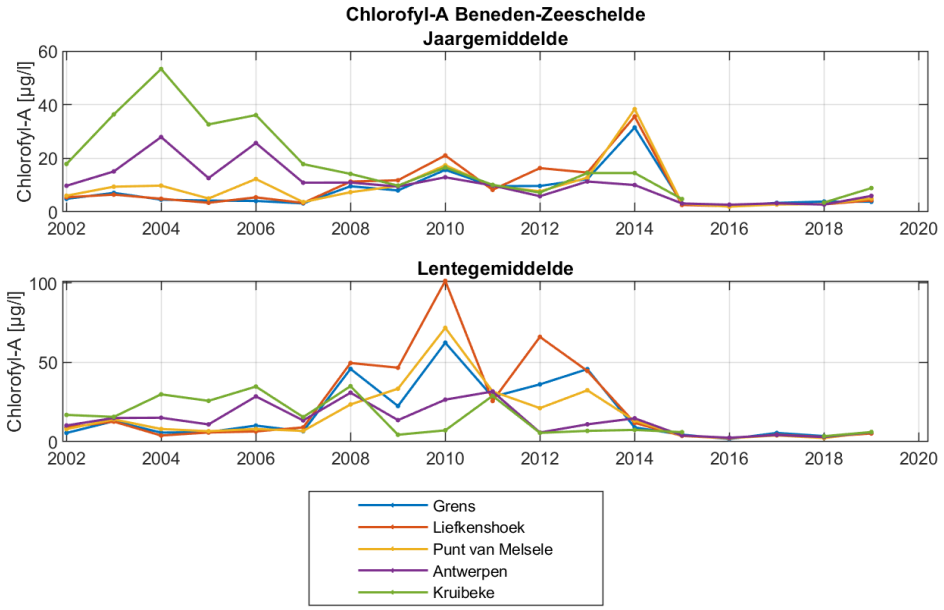
7.3.2 Beneden-Zeeschelde

Metingen in de waterkolom

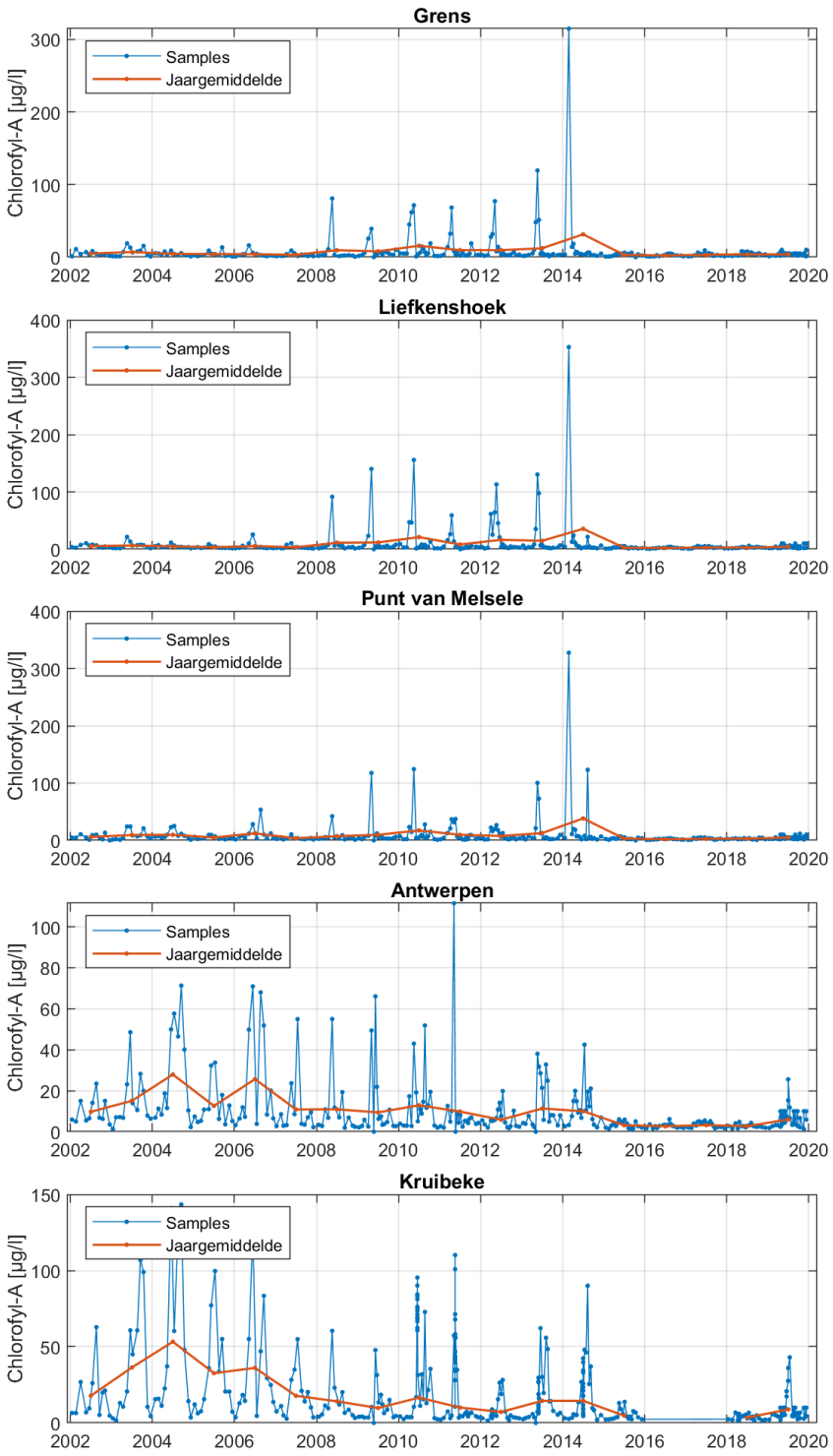
De jaar- en voorjaarsgemiddelden van chlorofyl-a in de Beneden-Zeeschelde zijn weergegeven in Figuur 7-14, en de volledige tijdreeksen per meetlocatie (inclusief pieken) in Figuur 7-15. In 2009 is de bemonsteringsstrategie gewijzigd voor periodieke metingen in de Zeeschelde als onderdeel van het OMES-programma. Tot en met 2008 werd één staalname per maand uitgevoerd, sinds 2009 worden tijdens de voorjaars- en zomermaanden (april-september) meestal twee staalnames per maand uitgevoerd.

Net als op de meetlocatie Schaar van Ouden Doel wordt op de locaties Grens, Liefkenshoek en Punt van Melsele vanaf 2008 in het voorjaar een verhoogde piek chlorofyl-a waargenomen, die wordt toegeschreven aan de centrische diatomee *Thalassiosira nodulolineata* (Buyze *et al.*, 2015). Deze verhoogde voorjaarsbloei kwam het laatst voor in 2014 op deze meetlocaties (in Schaar van Ouden Doel was dit in 2013). Vanaf 2015 wordt op geen enkele locatie meer een voorjaarspiek waargenomen en zijn de waardes doorlopend laag, en ook lager dan de waardes uit de periode vóór de verhoogde voorjaarsbloei. Dit heeft mogelijk te maken met verslechterde lichtcondities of verhoogde begrazing door zoöplankton.

De meetlocaties Antwerpen en Kruibeke vertoonden geen verhoogde voorjaarspiek in 2008-2014. Op deze twee meetlocaties wordt echter een dalende trend in het chlorofylgehalte waargenomen over de meetperiode (2002-2019). De laatste jaren zijn de jaargemiddelde chlorofyl-a gehaltes doorlopend laag en blijven de waardes continu onder de 10 µg/l, ondanks de lichte stijging bij meetlocatie Kruibeke in 2019. Uit Figuur 7-15 wordt duidelijk dat in 2019 bij Kruibeke en Antwerpen sprake zou kunnen zijn van een beperkte voorjaarsbloei met waarden onder de respectievelijk 50 en 30 µg/l. Bij de locaties Grens, Liefkenshoek en Punt van Melsele wordt geen voorjaarsbloei meer waargenomen. De daling in het chlorofyl-a gehalte in Antwerpen en Kruibeke heeft waarschijnlijk te maken met toegenomen begrazing door zoöplankton, dat in de voorbije jaren aan een opmars bezig is in de Schelde door het toegenomen zuurstofgehalte (Maris *et al.*, 2015). Het valt echter niet uit de sluiten dat ook de toegenomen troebelheid in de zone een impact heeft op de biomassa aan fytoplankton, aangezien er op deze locaties sprake is van een toename van de lichtextinctie (sectie 7.2.2).



Figuur 7-14: Jaargemiddelde chlorofyl-a gehalte in de waterkolom in de Beneden-Zeeschelde, samen met het lentegemiddelde (april en mei). Bemerk de verschillende verticale schaal in de twee panelen.



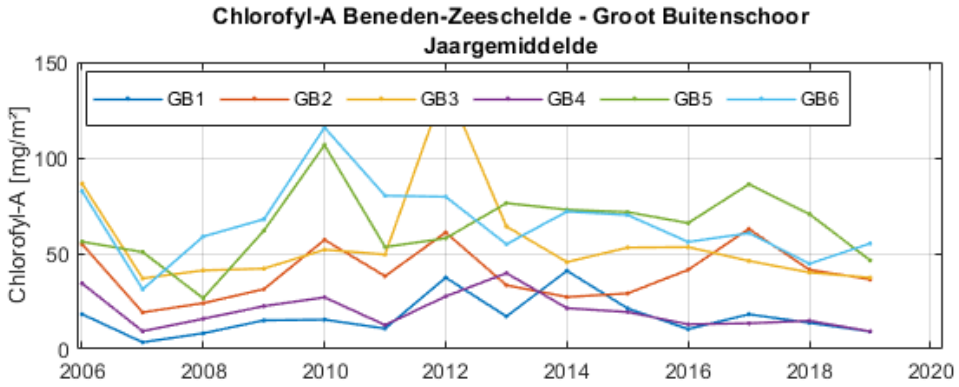
Figuur 7-15: Chlorofyl-a gehalte in de Beneden-Zeeschelde.

Bodemstalen

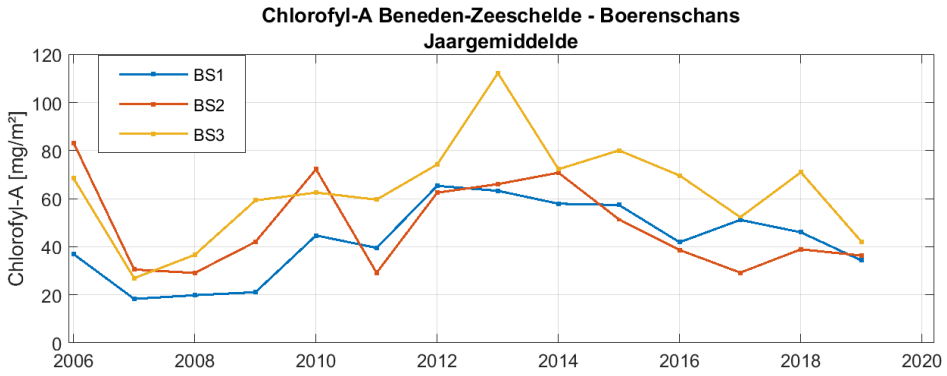
In de Beneden-Zeeschelde wordt op de slikken bij twee schorgebieden het chlorofylgehalte gemeten in bodemstalen: op 6 meetlocaties op het Groot Buitenschoor

(Figuur 7-16 en Figuur 7-18) en op 3 meetlocaties op de Boerenschans[5] (Figuur 7-17 en Figuur 7-19). De jaargemiddelden worden sterk beïnvloed door het al dan niet optreden van een voorjaarsbloei. Omdat er per meetpunt slechts één bodemstaal per maand genomen wordt, is het mogelijk dat tijdens sommige jaren de voorjaarsbloei wel optreedt, maar wordt gemist in de staalnames. Het is daarom niet zeker of stijgingen en dalingen afkomstig zijn van een reële verandering in de biomassa, of dat er toevallig meer of minder voorjaarspieken werden gemeten de laatste jaren.

Op geen enkele meetlocatie wordt een significante trend waargenomen. Over het algemeen waren de chlorofyl-a gehaltes op Groot Buitenschoor in 2019 lager dan in 2018, en op de meeste van die meetpunten ook lager dan in de jaren daarvoor. Op Boerenschans lijkt een verdere afname plaats te vinden van het chlorofyl-a gehalte sinds 2013-2014.

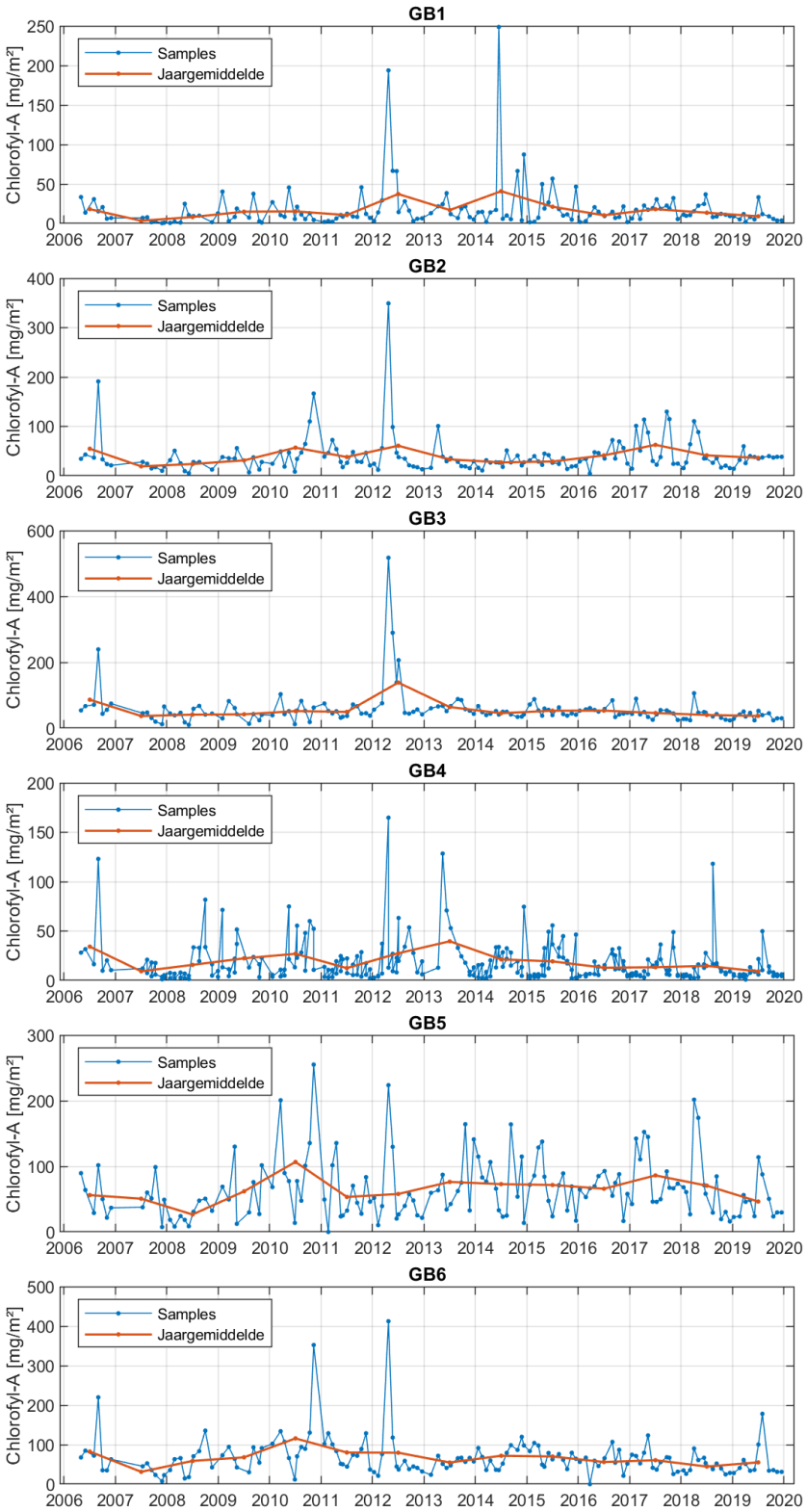


Figuur 7-16: Jaargemiddelde chlorofylgehaltes uit bodemstalen op het Groot Buitenschoor.

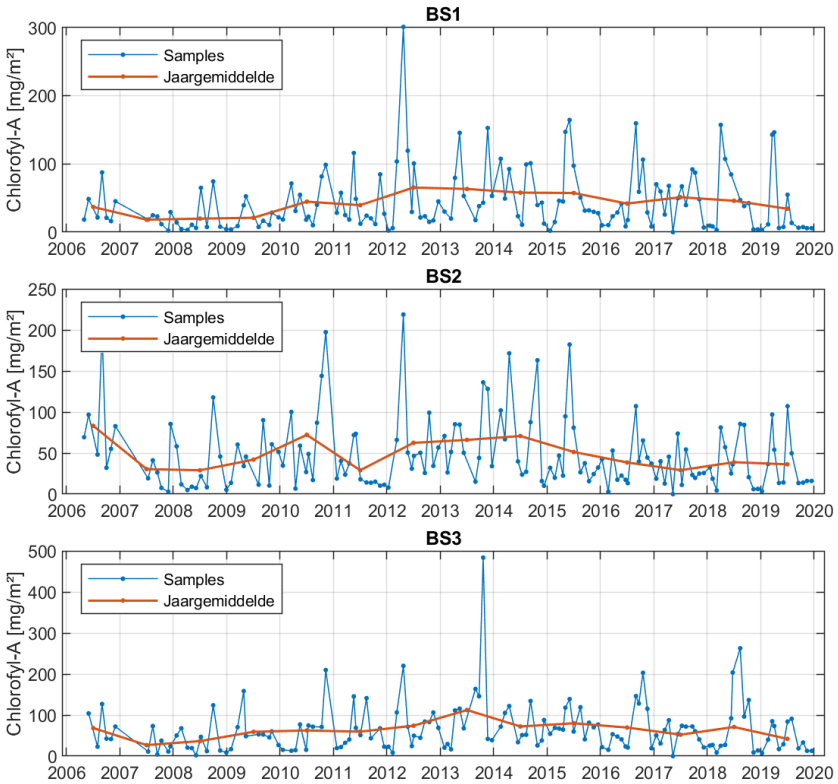


Figuur 7-17: Jaargemiddelde chlorofylgehaltes uit bodemstalen op de Boerenschans

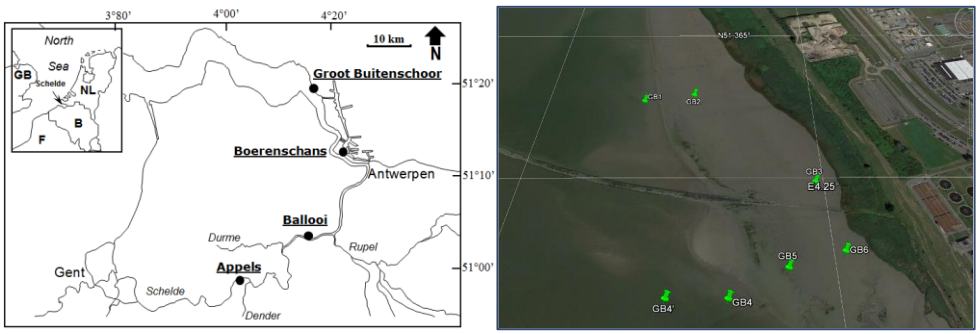
[5] De metingen van het chlorofylgehalte in de bodemstalen afkomstig van het Groot Buitenschoor en de Boerenschans werden uitgevoerd en ter beschikking gesteld door de Universiteit van Antwerpen.



Figuur 7-18: Periodieke metingen chlorofyl-a gehalte op Groot Buitenschoor.



Figuur 7-19: Periodieke metingen chlorofyl-a gehalte op Boerenschans



Figuur 7-20: Meetlocaties bodemstalen chlorofyl-a. Links: algemeen. Rechts: detailweergave Groot Buitenschoor. Detailligging van de meetpunten op de Boerenschans was niet beschikbaar. Bron: Maris en Meire (2017)

7.4 Chloridegehalte

Het chloridegehalte is een maat voor de indringing van zeewater in het estuarium. Bovenafvoer speelt hierbij een belangrijke rol, en daarom vertoont het chloridegehalte zowel seizoensgebonden schommelingen als tijdelijke verlagingen gedurende periodes van verhoogde bovenafvoer.

In het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007c) werd een lichte toename van de zoutindringing verwacht, maar vooral als gevolg van de autonome ontwikkelingen, waaronder de zeespiegelstijging.

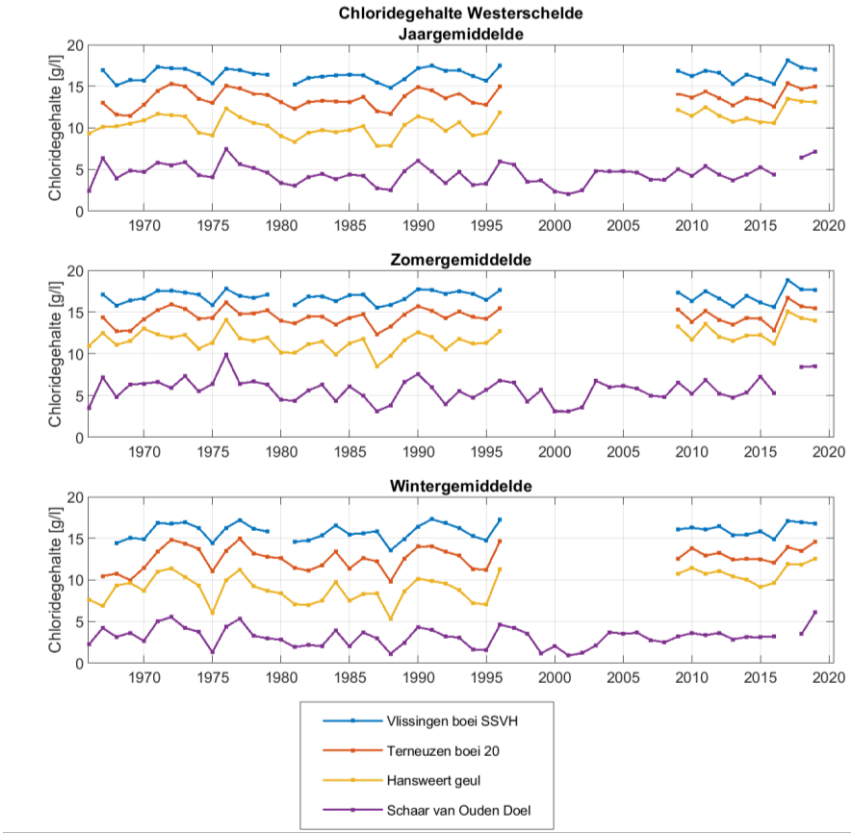
7.4.1 Westerschelde

7.4.1.1 Periodieke metingen

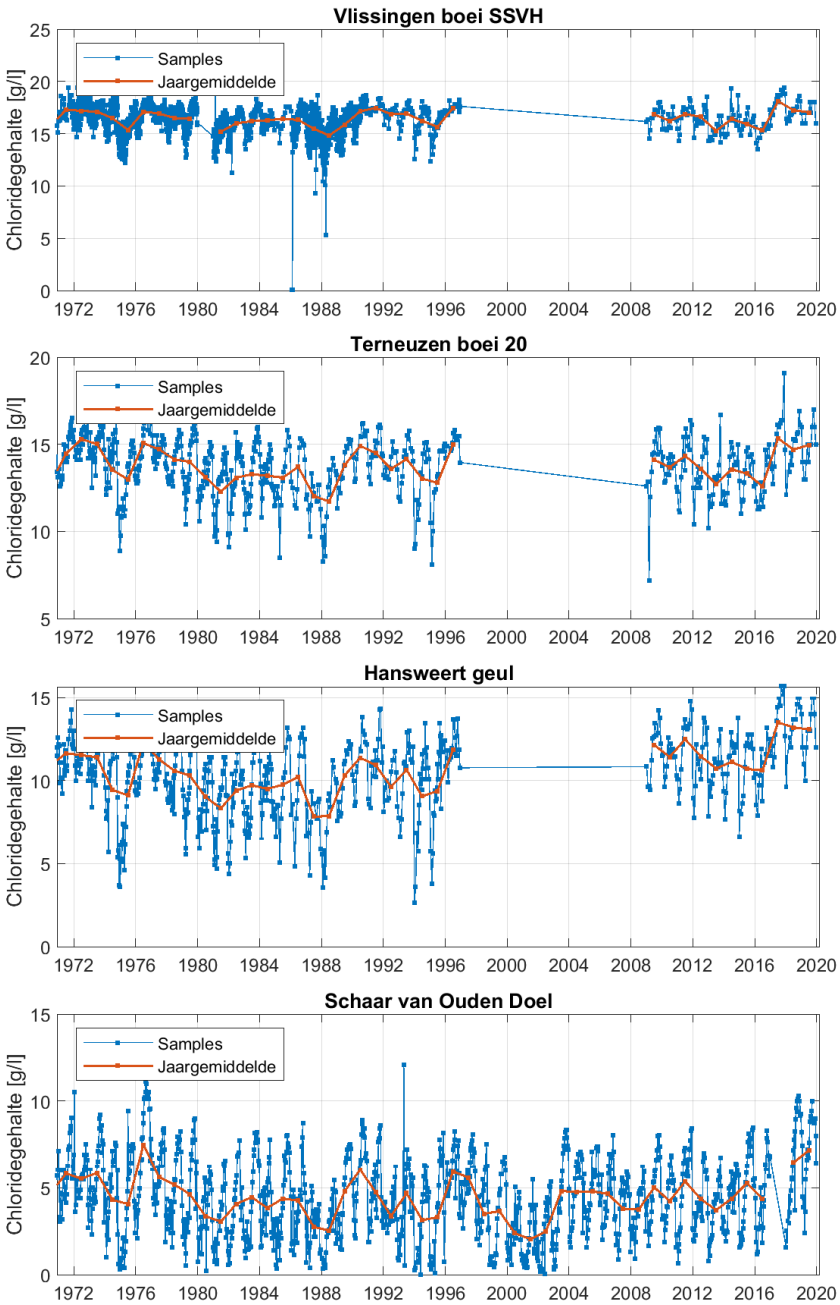
Figuur 7-21 geeft de jaar- en seizoengemiddelde metingen van het chloridegehalte weer. Het chloridegehalte neemt af in opwaartse richting in het estuarium en is hoger in de zomer dan in de winter, wat wordt veroorzaakt door de verhoogde bovenafvoer in de winter (sectie 4.2). De bovenafvoer heeft een groter effect op het chloridegehalte bij de opwaartse meetlocaties dan bij de afwaartse.

Voor de meetlocaties Vlissingen, Terneuzen, en Hansweert zijn enkel meetgegevens beschikbaar tussen ca. 1965 en 1996, en tussen 2009 en 2019. De onderbreking van 13 jaar maakt het moeilijk om eventuele wijzigingen als gevolg van de derde verruiming nauwkeurig in te schatten, maar op basis van een Mann-Kendall trendanalyse over de gehele dataset blijkt dat het chloridegehalte op deze drie locaties geen significante wijzigingen heeft ondergaan, alhoewel bij Hansweert bijna sprake is van een toenemende trend (p = 0,057). Bij Schaar van Ouden Doel is er wel een ononderbroken tijdreeks rondom de derde verruiming, echter zijn er geen significante wijzigingen in het chloridegehalte waargenomen.

Bij meetlocaties Vlissingen, Terneuzen, en Hansweert wordt een lichte verlaging van het chloridegehalte waargenomen voor 2019 ten opzichte van 2017. Deze verlaging volgt na een sterkere verhoging van het chloridegehalte in 2017. Deze verhoging werd verklaard door de lage neerslag en bovenafvoer van dat jaar ten opzichte van 2016, vergelijkbaar met bijvoorbeeld 1996, toen ook vergelijkbare chloridegehaltes werden gemeten (sectie 4). De jaargemiddelde seizoenafvoer van 2019 is echter vergelijkbaar met die uit 2017, terwijl het chloridegehalte wel licht gedaald is. Bij Schaar van Ouden Doel wordt een verhoging waargenomen in 2019 ten opzichte van 2016 (voor 2017 is er geen data beschikbaar).



Figuur 7-21: Jaar- en seizoengemiddelde chloridegehaltes in de Westerschelde

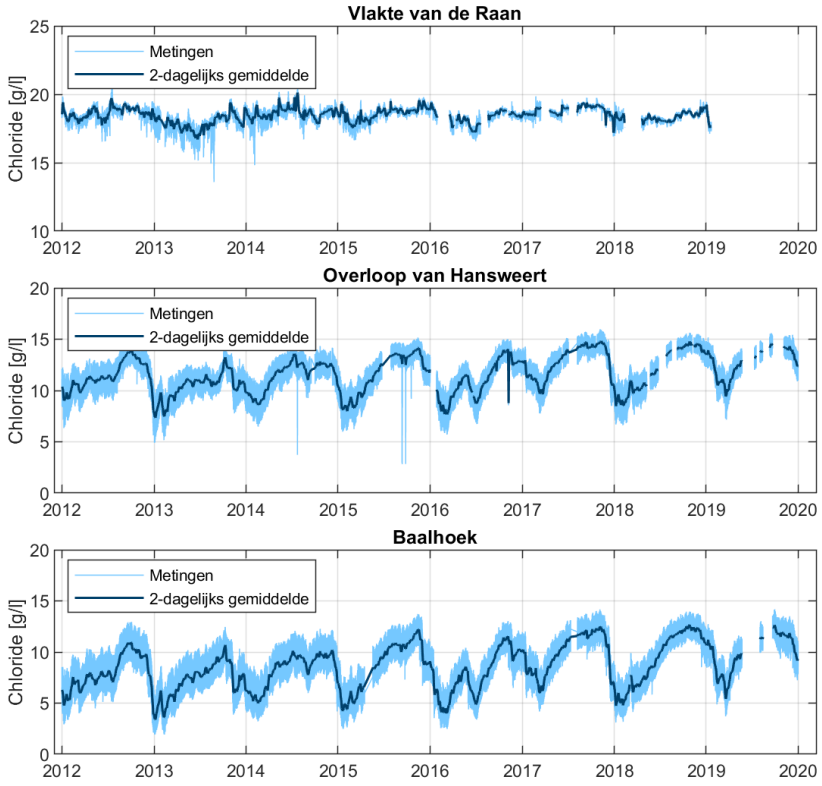


Figuur 7-22: Periodieke metingen chloridegehalte in de Westerschelde

7.4.1.2 Continue metingen

Naast periodieke metingen worden ook continue metingen van chloride gedaan in de Westerschelde (Figuur 7-23). Voornamelijk bij de opwaartse meetstations is een duidelijke getijgebonden variatie zichtbaar in de metingen, daarom wordt ook een 2-daags gemiddelde waarde weergegeven (donkerblauwe lijn). De variatie in chloridegehalte is klein bij Vlakte van de Raan, buiten de monding van de Schelde. Verder opwaarts in de Westerschelde is naast de getijgebonden variatie ook seizoensvariatie zichtbaar in het chloridegehalte. Deze seizoensgebonden verschillen worden veroorzaakt door een toename van de neerslag en bovenafvoer in de winter. Door de relatief korte duur van de metingen kunnen geen conclusies getrokken worden over de langetermijntrends vanaf vóór de derde verruiming. Echter, is voor de periode vanaf 2012

wel een stijgende trend aanwezig voor de locaties Overloop van Hansweert en Baalhoek. In 2018 en 2019 zijn naast de getijgebonden en seizoensgebonden variatie geen bijzonderheden zichtbaar.



Figuur 7-23: Continue metingen chloridegehalte Westerschelde. Lichtblauwe lijn: continue metingen. Donkerblauwe lijn: lopend gemiddelde met een venster van 2 dagen.

7.4.2 Beneden-Zeeschelde

7.4.2.1 Periodieke metingen

Figuur 7-24 geeft de jaar- en seizoengemiddelde chloridegehaltes in de Beneden-Zeeschelde weer. De seizoensverschillen in chloridegehalte zijn hier nog duidelijker dan in de Westerschelde, veroorzaakt door sterkere invloed van variaties in de bovenafvoer. Ook het jaargemiddelde chloridegehalte hangt nauw samen met het jaargemiddelde afvoerdebiet[6] (T2015 Consortium, 2018b; IMDC, 2019b), zoals geïllustreerd in het spreidingsdiagram in Figuur 7-26. De chloridegehaltes in de Beneden-Zeeschelde worden daarom aan de hand van de lineaire relatie tussen de bovenafvoer en chloridegehalte gecorrigeerd (Figuur 7-27). Na correctie van het chloridegehalte met de bovenafvoer is de variatie per jaar sterk verminderd. Met name de lage waardes in de natte jaren 2000 en 2001 worden hierbij duidelijk opgehaald.

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.

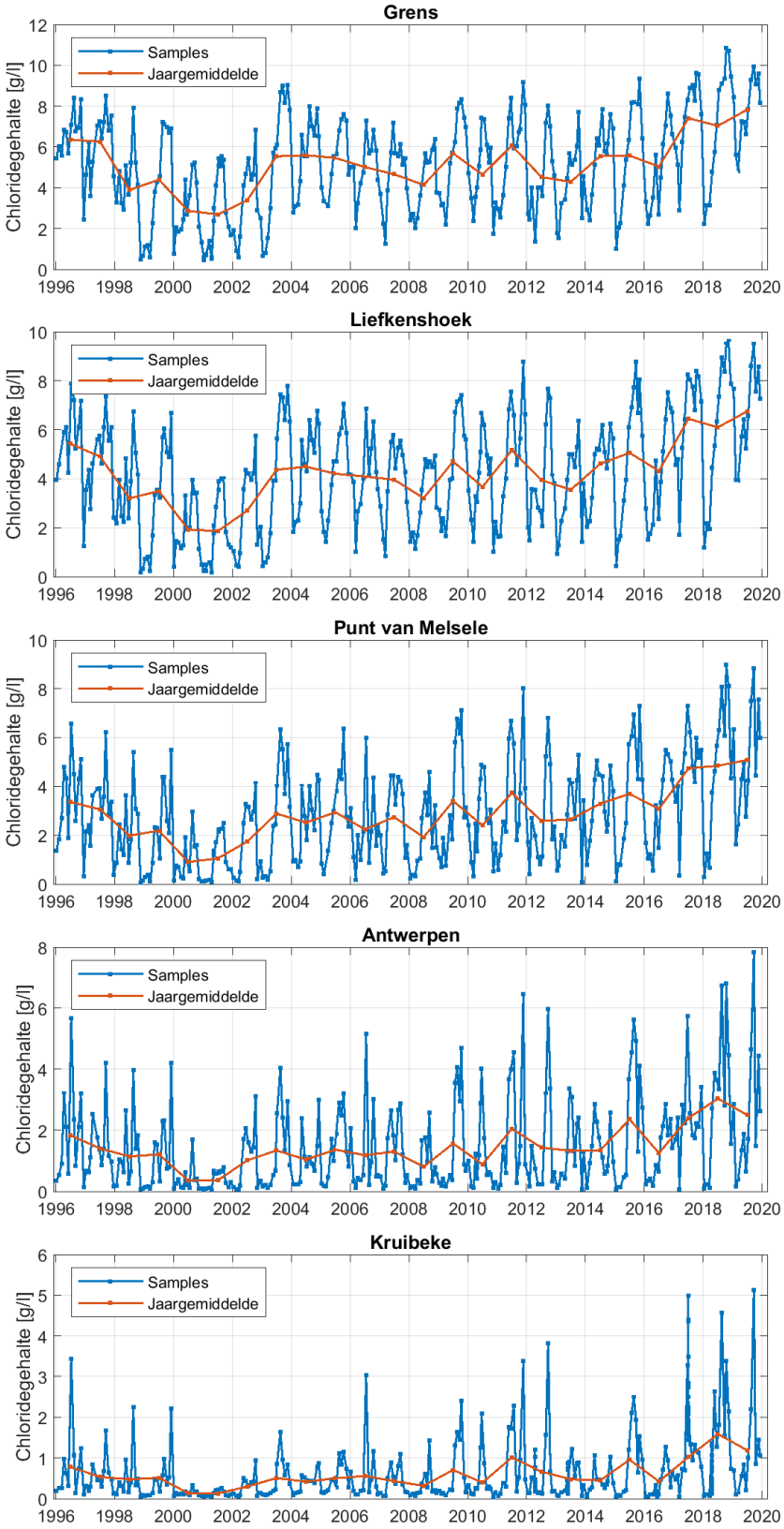
[6] De relatie tussen chloridegehalte en afvoerdebiet is potentieel nog sterker dan wat Figuur 7-26 aangeeft omdat enkel kalenderjaren met elkaar worden vergeleken, en een hoge of lage afvoer op het einde van het voorgaande jaar heeft uiteraard ook een invloed op het chloridegehalte.

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.

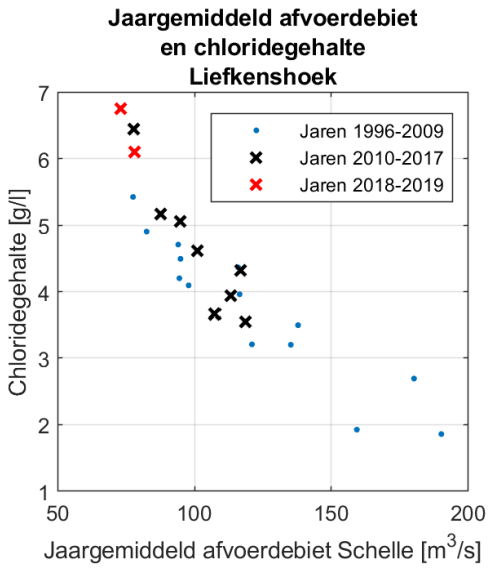
Figuur 7-25 laat duidelijk de hoge chloridegehaltes in (de winter van) 2019 zien bij meetstations Grens, Liefkenshoek en Punt van Melsele. Ook de hoge jaargemiddelde chloridegehaltes in 2018 bij meetstations Antwerpen en Kruibeke zijn duidelijk waar te nemen. Over het algemeen wordt gedurende de wintermaanden een periode met lagere chloridegehaltes gemeten. Bovendien worden bij alle stations in 2018 en/of 2019 de hoogste chloridegehaltes gemeten sinds het begin van deze dataset in 1996. 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.



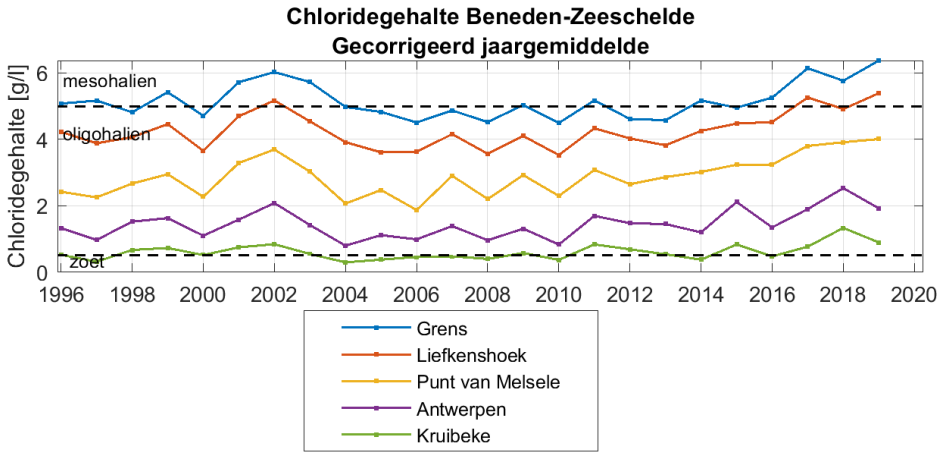
Figuur 7-24: Jaar- en seizoengemiddelde chloridegehaltes Beneden-Zeeschelde.



Figuur 7-25: Periodieke metingen chloridegehalte in de Beneden-Zeeschelde.



Figuur 7-26: Spreidingsdiagram van jaargemiddeld chloridegehalte in Liefkenshoek en afvoerdebiet in Schelle.

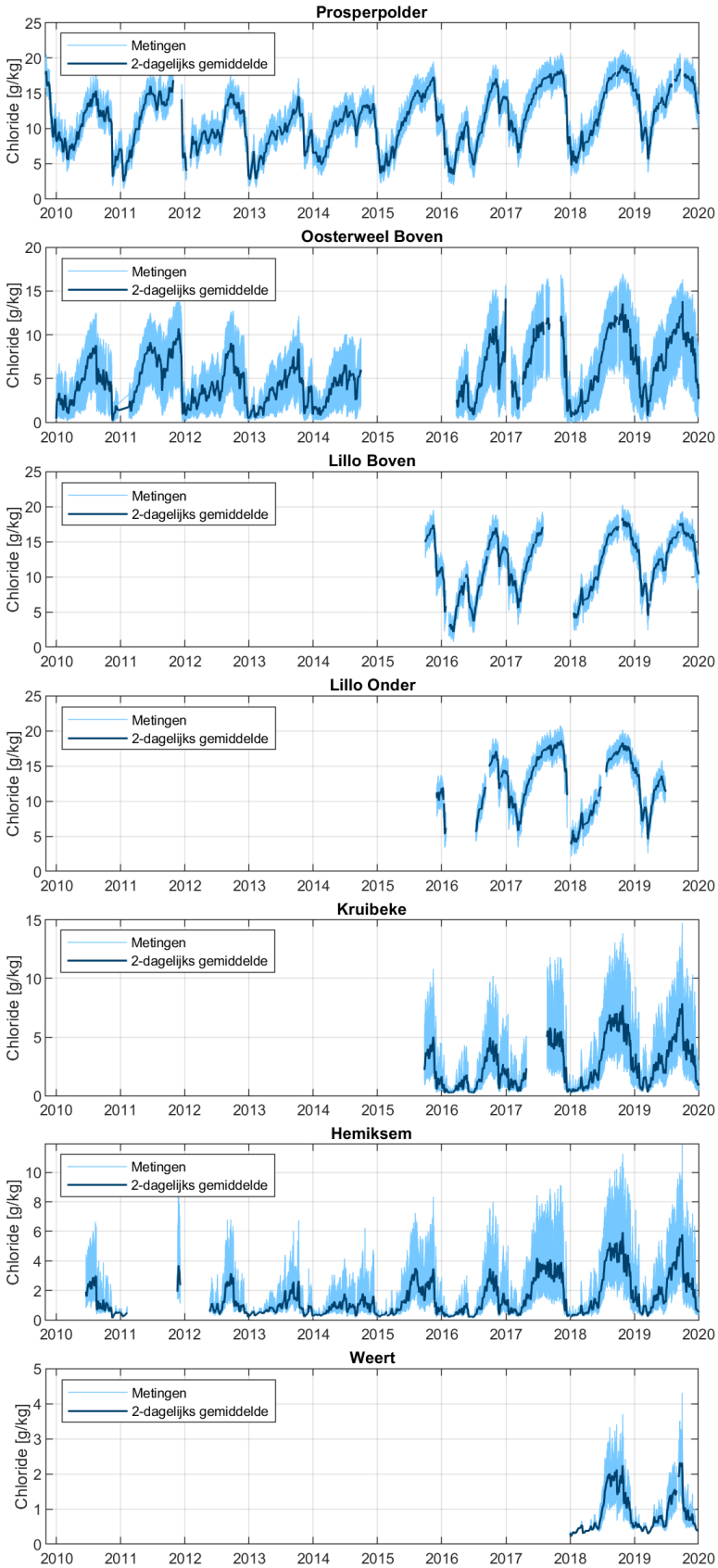


Figuur 7-27: Jaargemiddeld chloridegehalte in de Beneden-Zeeschelde, gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met de bovenafvoer.

7.4.2.2 Continue metingen

Chloridegehaltes worden ook continu gemeten op dezelfde meetlocaties als de continue metingen van het suspensiegehalte (sectie 7.1.2.3), en enkele andere locaties. Net als bij de zwevende stof, zijn meetlocaties Boei 84 en Driegoten voor de continue chloridemetingen eind 2015 buiten werking gesteld. Boei 84 wordt hierbij sinds oktober 2015 vervangen door meetpaal Lillo, terwijl metingen bij Driegoten per december 2017 worden overgenomen door station Weert. Voor de meetlocatie Prosperpolder en Hemiksem zijn net als voor Oosterweel metingen over relatief lange termijn beschikbaar (sinds respectievelijk 2003 en 2010), terwijl Kruibeke net als meetstation Lillo eind 2015 in werking is gesteld. Voor de bespreking van de locaties Boei 84 en Driegoten wordt verwezen naar het voorgaande voortgangsrapport (IMDC, 2019b).

Bij Oosterweel en Prosperpolder werden in 2017 tot 2019 de hoogste chloridegehaltes gemeten, wat gerelateerd zou kunnen zijn aan de lage bovenafvoer in die jaren. Op langere termijn, vanaf het begin van de dataset in 2010, net na de 3e verruiming, is er in Oosterweel een significante trend aanwezig. Bij Prosperpolder is er tevens een significante trend aanwezig. Bij meetpaal Lillo (boven) en Prosperpolder worden eind



Figuur 7-28: Continue metingen chloridegehalte Beneden-Zeeschelde. Lichtblauwe lijn: continue metingen. Donkerblauwe lijn: lopend gemiddelde met een venster van 2 dagen.

2015 hoge waardes gemeten, voordat een (lokaal) minimum werd bereikt begin 2016, gevolgd door een tweede minimum aan het begin van de zomer in 2016, zoals ook werd waargenomen in de Westerschelde. Deze lage waardes kunnen worden verklaard door de hoge neerslag en bovenafvoer in deze periode. In 2017 tot en met 2019 lagen de chloridegehaltes daarentegen hoger door de lage bovenafvoer, zoals ook in de periodieke metingen wordt geobserveerd. Bij meetstation Kruibeke worden in 2018 en 2019 ook relatief hoge chloridegehaltes waargenomen, ondanks de korte tijd-serie. De gemeten tijdserie bij station Hemiksem vertoont een significante toenemende trend. Bij meetstation Weert, Kruibeke en Lillo zijn de tijdreeksen erg kort om trendanalyses op uit te voeren.

7.5 Chemische kwaliteit van de waterbodem

In opdracht van de afdeling Maritieme Toegang bemonstert de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) jaarlijks de bodem- en waterkwaliteit in een aantal vaste punten in de Beneden-Zeeschelde (België) ter hoogte van de baggerplaatsen. In de Westerschelde (Nederland) wordt de bemonstering uitgevoerd door een externe dienstverlener die erkend is om waterbodems te bemonsteren in Nederland. De analyse van de monsters wordt voor zowel de Westerschelde als de Beneden-Zeeschelde uitgevoerd door VMM.

In de Westerschelde werden in 2010 op 25 verschillende locaties monsters genomen, dit werd in 2011 uitgebreid naar 26 locaties en in 2016 naar 27 locaties.

In het MER Verruiming vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007b) wordt gesteld dat op basis van een meetcampagne uit 2004 de verruimingsspecie vrij gestort kan worden in zoute wateren, uitgezonderd van specie afkomstig van de Drempel van Zandvliet. Voor de onderhoudsspecie werd de campagne van 2006 bekeken. Binnen het gebied van de verruiming vertoont enkel de Drempel van Borssele normoverschrijding, waarbij dit een eerste maal is sinds 1994 en er steeds voldaan wordt aan de andere zijde van de vaargeul. Er kan geconcludeerd worden dat geen systematische en grote normoverschrijdingen verwacht worden, maar dat meetcampagnes en grondige analyses noodzakelijk blijven om het terugstorten van specie te rechtvaardigen.

In de Beneden-Zeeschelde gebeurt de monstername reeds sinds 1989. Het aantal bemonsterde punten is met de jaren toegenomen. Dit is te wijten aan het feit dat het meetnet werd uitgebreid met meetpunten in de haven van Antwerpen (vanaf 1995) en ter hoogte van de Rupelmonding (vanaf 1998), en ontwikkelingen zoals Deurganckdok, en dergelijke. In zowel 2018 als in 2019 werden 26 punten bemonsterd (periode januari-februari). De vergunningen voor het terugstorten van baggerspecie afkomstig van baggerwerken in dezelfde rivierzone van de Schelde betreffen die van 12 januari 2017 (Provincie Antwerpen, ref. MLAV1-2016-0304) en 19 januari 2017 (Provincie Oost-Vlaanderen, ref. M03/46003/331/1/A/5).

De meetpunten in de haven van Antwerpen zijn echter niet representatief voor de Beneden-Zeeschelde, aangezien het systeem van de havendokken via sluisdeuren is afgesloten van de Beneden-Zeeschelde. Voor de bestudering van de resultaten zullen voor de Beneden-Zeeschelde enkel de locaties op de baggerplaatsen beschouwd worden, aangezien enkel deze relevant zijn in de huidige rapportage.

Vanuit het MER Verruiming vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007c) verwachte men geen verhoogde water- en bodemverontreiniging):

"*Extra bodem- en waterverontreiniging ten gevolge van het project is niet te verwachten. Er zijn natuurlijk steeds de onverwachte verontreinigingen die kunnen optreden ten gevolge van accidenten of calamiteiten, maar gezien de reeds uitgevoerde*

onderhoudsbaggerwerken kan men ervan uitgaan dat hier de nodige veiligheidsmaatregelen getroffen zijn."

7.5.1 Westerschelde

7.5.1.1 Monstername

Voor de monstername wordt er per locatie met een Van Veen grijper een zestal happen genomen, die vervolgens gemengd worden. De geteste monsters zijn dus mengmonsters, waarvan de resultaten representatief geacht worden te zijn voor de kwaliteit van een bepaald baggergebied (voor een verdere beschrijving van de monsternames zie (ATKB, 2019)).

De volgende meetpunten van waterbodemkwaliteit komen voor in de Westerschelde (Figuur 7-29).

- MT-01 Wielingen - Zwin
- MT-02 Wielingen - Cadzand Bad
- MT-03 Wielingen - Zwarte Polder
- MT-04 Wielingen - Kruishoofd
- MT-05 Drempel van Vlissingen - rode kant
- MT-06 Drempel van Vlissingen - groene kant
- MT-07 Drempel van Borssele - groene kant
- MT-08 Drempel van Borssele - rode kant
- MT-09 Pas van Terneuzen
- MT-10 Terneuzen
- MT-11 Overloop van Hansweert - afwaarts
- MT-12 Overloop van Hansweert - opwaarts
- MT-13 Drempel van Hansweert - afwaarts boei 51
- MT-14 Drempel van Hansweert - opwaarts boei 51
- MT-15 Walsoorden
- MT-16 Rand Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse - omgeving boei 52
- MT-17 Rand Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse - omgeving boei 56
- MT-18 Rand Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse - omgeving boei 60
- MT-19 Drempel van Valkenisse - omgeving boei 64
- MT-20 Drempel van Valkenisse - omgeving Schaarboei
- MT-21 Nauw van Bath - afwaarts
- MT-22 Nauw van Bath - opwaarts
- MT-23 Drempel van Bath - afwaarts boei 70
- MT-24 Drempel van Bath - opwaarts boei 70
- MT-25a Vaarwater boven Bath
- MT-68 Gat van Ossenisse – boei 28a-32
- MT-69 Zone Honte



Figuur 7-29: Situering bemonsteringsplaatsen VMM in de Westerschelde.

7.5.1.2 Monsteranalyse en aanvaardbaarheid terugstorten

Op elk meetpunt wordt een set van verscheidene parameters geanalyseerd. In Tabel 7-2 wordt een overzicht van deze parameters weergegeven, evenals het principe van de analysemethode (VMM, 2019a).

Tabel 7-2: Geanalyseerde parameters waterbodem en analysemethode (VMM, 2019a).

Parameter	Analysemethode
Droge stof	Gravimetrisch, door middel van drogen
TOC	Thermische oxidatie, het organisch stofgehalte wordt berekend uit het % organisch koolstof x 1,724
Granulometrie	Sedimentatie met pipetmethode
Metalen	Ontsluiting met salpeterzuur, bepaling met ICP-MS
Minerale olie	Extractie met aceton-hexaan, verwijderen van polaire verbinding met florisil, meting met GC-FID
EOX	Extractie met aceton en petroleumether, microcoulometrische bepaling
Polyaromaten (PAK)	Extractie met dichloormethaan, bepaling met HPLC met variabele fluorescentiedetectie
Organochloorpesticiden en PCB's	Extractie d.m.v. QuEChERS methode en analyse met hoge resolutie GC-MS (OCP) en extractie met aceton en hexaan, ontzwavelen (TBA), clean-up en fractionering, bepaling met GC en hoge resolutie massaspectrometrie (PCB)
ORganotinverbindingen	Derivatisering met natriumtetraethylboraat, gevolgd door headspace – SPME en GC-MS

Poly-aromatische koolwaterstoffen (PAK10) hebben betrekking op de onderstaande stoffen:

- naftaleen, , fluorantheen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)anthraceen, benzo(ghi)peryleen, benzo(a)pyreen, fenantreen, indeno(1,2,2-cd)pyreen,

en Polychloorbifenylen (PCB) hebben betrekking op de volgende:

- PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180;

Overeenkomstig het Nederlandse Besluit bodemkwaliteit (bepaalt dat de te baggeren specie, vóór het baggerproces, bemonsterd en geanalyseerd wordt) heeft het toetsingskader voor verspreiding van baggerspecie in oppervlaktewater betrekking op het terugbrengen van baggerspecie in het watersysteem waardoor het sediment zijn natuurlijke ecologische en (hydro)morfologische functies weer kan vervullen. Daarom

worden de resultaten van de analyse door het laboratorium van VMM getoetst aan de hand van het Besluit bodemkwaliteit – Regeling Bodemkwaliteit[7]: normwaarden voor het toepassen van grond en baggerspecie in oppervlaktewater en voor de bodem of oever van een oppervlaktewaterlichaam waarop grond of baggerspecie wordt toegepast (Tabel 2 in Bijlage B[8]).

De volgende waarden worden gebruikt voor de beoordeling volgens de Regeling Bodemkwaliteit in de Westerschelde:

Cd – 4 mg/kg DS

Cr* – 120 mg/kg DS

Cu* – 60 mg/kg DS

Hg – 1,2 mg/kg DS

Ni – 45 mg/kg DS

Pb – 110 mg/kg DS

Zn* – 365 mg/kg DS

As* – 29 mg/kg DS

Minerale olie* – 1250 mg/kg DS

Som PAK10 – 8 mg/kg DS

Som PCB7* – 0,10 mg/kg DS

Hexachloorbenzeen – 0,02 mg/kg DS

Som DDT-DDE-DDD – 0,02 mg/kg DS

Tributylin* – 0,25 mgSn/kg DS

Asbest# 100 mg/kg DS

* Betreft normwaarde voor een niet prioritaire stof op grond van de KRW.

Gewogen norm (concentratie serpentijn asbest + 10 x concentratie amfibool asbest). Deze eis bedraagt 0 mg/kg DS indien niet is voldaan aan artikel 2, onder b, van het Productenbesluit Asbest.

Bij de toetsing aan de maximale waarden, zoals hierboven vermeldt, mogen de gehalten van de gemeten stoffen voor ten hoogste twee niet-prioritaire stoffen hoger zijn dan de maximale waarden, waarbij de verhoging per stof ten hoogste 50% ten opzichte van de maximale waarde bedraagt. De stoffen behorend tot de groep van de PCB's zijn hiervan uitgezonderd.

7.5.1.3 Resultaten

Resultaten van de bodemmonsters voor de Westerschelde zijn samengevat in Tabel 7-3. Sinds 2007 voldeden alle stalen aan de Regeling Bodemkwaliteit; het sediment mag dus worden teruggestort.

[7] https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0023085&z=2020-06-09&g=2020-06-09

8 https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0023085&bijlage=B&z=2020-06-09&g=2020-06-09

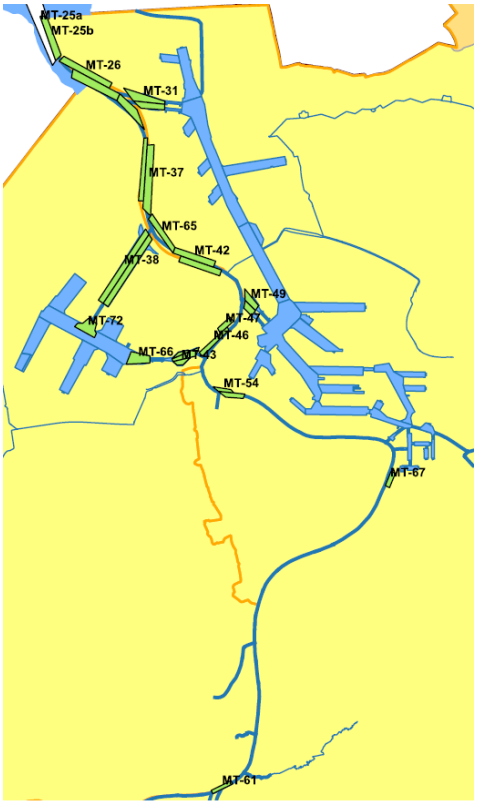
Tabel 7-3: Evolutie bodemkwaliteit Westerschelde voor storting in zoute wateren (VMM, 2019a).

Omschrijving		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
MT-01	Wielingen - Zwin							J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-02	Wielingen - Cadzand Bad							J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-03	Wielingen - Zwarte Polder							J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-04	Wielingen - Kruishoofd							J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-05	Drempel van Vlissingen - rode kant			J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-06	Drempel van Vlissingen - groene kant			J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-07	Drempel van Borssele - groene kant	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	N	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-08	Drempel van Borssele - rode kant	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-09	Pas van Terneuzen			J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-10	Terneuzen	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-11	Overloop van Hansweert - afwaarts	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-12	Overloop van Hansweert - opwaarts	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-13	Drempel van Hansweert - afwaarts boei 51	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-14	Drempel van Hansweert - opwaarts boei 51	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-15	Walsoorden	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-16	Rand Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse - omgeving boei 52	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-17	Rand Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse - omgeving boei 56	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-18	Rand Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse - omgeving boei 60	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-19	Drempel van Valkenisse - omgeving boei 64	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-20	Drempel van Valkenisse - omgeving Schaarboei	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-21	Nauw van Bath - afwaarts	J	J	N	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-22	Nauw van Bath - opwaarts	J	J	N	J	J	J	J	N	N	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-23	Drempel van Bath - afwaarts boei 70	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-24	Drempel van Bath - opwaarts boei 70	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-25a	Vaarwater boven Bath	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-68	Gat van Ossenisse – boei 28a-32																	J	J	J	J	J	J	J	J	J
MT-69	Zone Honte																						J	J	J	J

J: storting toegestaan, N: storting niet toegestaan, lege cel: geen metingen

7.5.2 Beneden-Zeeschelde

Zowel de monstername als de analyse in de Beneden-Zeeschelde wordt uitgevoerd door VMM. . De volgende meetpunten van de baggerplaatsen werden beschouwd voor dit rapport (Figuur 7-30).



Figuur 7-30: Situering bemonsteringsplaatsen VMM in de Beneden-Zeeschelde (VMM, 2018).

- MT25 Afwaarts Zandvliet
- MT26 Drempel van Zandvliet - rode kant
- MT27 Drempel van Zandvliet - groene kant
- MT28 Rand Plaat van Doel
- MT31 Geul Zandvlietsluis
- MT32 Geul Berendrechtsluis
- MT36 Drempel van Frederik - groene kant
- MT37 Drempel van Frederik - rode kant
- MT38 Deurganckdok - ingang
- MT39 Deurganckdok - midden
- MT40 Deurganckdok - einde
- MT41 Drempel van Lillo - groene kant
- MT42 Drempel van Lillo - rode kant
- MT43 Geul Kallosluis – opwaarts
- MT44 Geul Kallosluis - midden
- MT45 Geul Kallosluis - afwaarts
- MT46 Plaat & drempel vd Parel - rode kant
- MT47 Plaat & drempel vd Parel - groene kant
- MT48 Geul Van Cauwelaertsluis
- MT49 Geul Boudewijnsluis
- MT53 Drempel van Krankeloon - groene kant
- MT54 Drempel van Krankeloon - rode kant
- MT61 Zeesluis Wintam – afwaarts
- MT65 Vaarwater Plaat van Lillo
- MT67 Kaai 23-27

7.5.2.1 Monsteranalyse en aanvaardbaarheid terugstorten

De monsters worden op dezelfde manier geanalyseerd als deze van de Westerschelde.

- De volgende waarden worden gebruikt voor de beoordeling volgens de vergunningen van 12 januari 2017 (Provincie Antwerpen, ref. MLAV1-2016-0304) en 19 januari 2017 (Provincie Oost-Vlaanderen, ref. M03/46003/331/1/A/5), voor standaard baggerspecie met 5% organisch materiaal en 25% lutum (VMM, 2019b):Cd – 12,5 mg/kg DS
- Cr – 750 mg/kg DS
- Cu – 200 mg/kg DS
- Hg – 5 mg/kg DS
- Ni – 250 mg/kg DS
- Pb – 500 mg/kg DS
- Zn – 1750 mg/kg DS
- As – 150 mg/kg DS
- Minerale olie – 1000 mg/kg DS
- Som 10 PAK* – 5 mg/kg DS
- EOX – 3,5 mg/kg DS
- Som 7 PCB** – 0,10 mg/kg DS

* naftaleen, fenantreen, fluorantheen, benzo(a)antraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, benzo(ghi)peryleen, indeno(1,2,2-cd)pyreen.

** PCB nrs 28, 52, 101, 118, 138, 153, en 180.

Vooraleer een kwaliteitsklasse kan toegekend worden moeten de resultaten omgerekend worden naar een standaardbodem welke 25% lutum en 5% organische stof bevat, overeenkomstig met de gegevens vermeldt in VMM (2019).

De analysemethoden die worden toegepast ter controle van de toetsingswaarden zijn deze die door de Vlaamse Milieumaatschappij worden gehanteerd in het kader van de jaarlijkse meetcampagne in de Wester- en Beneden-Zeeschelde. Bij overschrijding van voormelde toetsingswaarden dient de vergunningverlenende overheid alsmede de Afdeling Milieu-inspectie van het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie hiervan onmiddellijk in kennis te worden gesteld.

Om de aanvaardbaarheid van het terugstorten van de baggerspecie na te gaan, dient gehandeld te worden volgens volgend stramien:

- Indien voor maximaal 2 parameters de toetsingswaarde met niet meer dan 50 % wordt overschreden, mag de baggerspecie teruggestort worden;
- Indien voor meer dan twee parameters de toetsingswaarde overschreden wordt, of voor één parameter de toetsingswaarde met meer dan 50 % overschreden wordt, dient de betreffende partij aan bijkomend onderzoek onderworpen te worden door:
    - een analyse van 3 bijkomende mengstalen voor alle bovenvermelde individuele parameters;
    - bijkomend dienen de volgende specifieke parameters onderzocht te worden: aldrin, endrin, DDT en derivaten, endosulfan, HCH's, heptachloor(epoxide), HCB, di-, tri-, tetra-, penta-, en hexachloorbenzeen, di- en pentachloorfenol;

- Indien de overschrijding bevestigd wordt, volgt een ecotoxicologische evaluatie van het impactrisico, rekening houdend met de karakteristieken van het ontvangend milieu. Deze ecotoxicologische evaluatie dient te geschieden in overleg met en volgens de modaliteiten van de bevoegde overheidsinstanties ter zake;

Indien de verontreinigde specie toch moet weggebaggerd worden, dan moet deze verontreinigde specie binnen een zone met minimale erosie-effecten teruggestort worden en wordt ook deze zone onderworpen aan hetzelfde ecotoxicologisch onderzoek. De verontreinigde specie moet bij voorkeur aan land worden behandeld. Naast deze bijzondere voorwaarden gelden onverminderd:

- De bepalingen van het decreet van 27 oktober 2006 betreffende de bodemsanering en de bodembescherming, alsmede haar wijzigingen en uitvoeringsbesluiten;
- De bepalingen van het besluit van de Vlaamse Regering tot vaststelling van het Vlaams reglement betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen (Vlarema) d.d. 17 februari 2012.

7.5.2.2 Resultaten

Resultaten van de monsternames zijn weergegeven in Tabel 7-4. In 2018 werd één normoverschrijding waargenomen bij "MT42 Drempel van Lillo - rode kant" . Maar dit is slechts voor 1 parameter en lager dan 50% overschrijding dus extra onderzoek is niet nodig en verspreiding is toegestaan. In 2019 werden 2 normoverschrijdingen waargenomen, één bij "MT-53 Drempel van Krankeloon - groene kant", maar onder de 50% overschrijdingsdrempel waardoor verspreiding is toegestaan. Meetpunt MT61 (Zeesluis Wintam – afwaarts) zorgde in 2013-2015 voor (hoge) overschrijdingen voor PAK10 en werd niet bemonsterd in 2016. In de jaren daarna (2017-2018) werden op die locatie geen overschrijdingen meer gemeten. Bij de meting in 2019 werd wel een overschrijding gemeten, namelijk boven de 50% voor PAK10. Na een her-analyse werd geen overschrijding meer vastgesteld, waardoor verspreiding is toegestaan.

Tabel 7-4: Normoverschrijdingen organische parameters in de Beneden-Zeeschelde (2002 t/m 2019). Een lege cel wil zeggen dat er geen normen overschreden zijn. De rode waarden duiden erop dat de criteria met meer dan 50 % werden overschreden
(VMM, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019c).

Meetpunt	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
MT25 Afwaarts Zandvliet	*Geen metingen*																	
MT26 Drempel van Zandvliet - rode kant					+ 11% EOX				+ 5% PAK10									
MT27 Drempel van Zandvliet - groene kant		+ 22% EOX	+ 140% EOX	+ 155% EOX					+ 212% PAK10		+14,29% EOX							
MT28 Rand Plaat van Doel								+ 87% EOX										
MT31 Geul Zandvlietsluis	+ 7% EOX												+58,00% EOX					
MT32 Geul Berendrechtsluis																		
MT36 Drempel van Frederik – groene kant																		
MT37 Drempel van Frederik - rode kant	+ 22% min. olie + 86% EOX + 195% PAK10						+ 45% PAK10											
MT38 Deurganckdok - ingang	*Geen metingen omdat het Deurganckdok nog niet in gebruik was.*																	
MT39 Deurganckdok - midden																		
MT40 Deurganckdok - einde										+ 6% EOX		+ 18% EOX			*Geen metingen*	*Geen metingen*	*Geen metingen*	*Geen metingen*
MT41 Drempel van Lillo - groene kant						+12,46% PAK10	+14% EOX + 5% PAK10											
MT42 Drempel van Lillo - rode kant																	+1% PAK10	
MT43 Geul Kallosluis - opwaarts	+ 10% EOX	+ 4% EOX			+ 2% EOX													
MT44 Geul Kallosluis - midden	+ 2% EOX	+ 54% EOX																

Meetpunt	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
MT45 Geul Kallosluis - afwaarts	+ 1% EOX							+ 7% EOX										
MT46 Plaat en drempel van de Parel - rode kant		+ 4% PAK10					+ 9% PAK10											
MT47 Plaat en drempel van de Parel - groene kant												+ 1,09% PAK10						
MT48 Geul Van Cauwelaertsluis				+ 57% PAK10														
MT49 Geul Boudewijnsluis				+ 7% PAK10				+ 57% EOX										
MT53 Drempel van Krankeloon - groene kant																		
MT54 Drempel van Krankeloon - rode kant																		
MT61 Zeesluis Wintam - afwaarts					+ 174% PAK10					+ 4% Cu		+ 514,74% PAK10	+171,00 PAK10	+80,00% PAK10	*Geen metingen*			+ 132% PAK10
MT65 Vaarwater Plaat van Lillo	*Geen metingen*			*Geen metingen*														
MT67 Kaai 23-27	*Geen metingen*												+10,00% EOX; +252,00% PAK10					

7.6 Samenvatting fysiochemie en waterbodemkwaliteit

Sedimentconcentratie

In de Westerschelde is sprake van een significante toenemende trend bij Vlissingen en Schaar van Ouden Doel bekeken over de volledige meetperiode (1980-2019), en in de Beneden-Zeeschelde (1996-2019) is dit het geval bij Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, en Kruibeke. Bij meetlocatie Grens in de Beneden-Zeeschelde wordt er geen significante trend waargenomen, terwijl de dichtbijgelegen meetlocatie Schaar van Ouden Doel in de Westerschelde wel een toename vertoond 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). Bij de stations tussen Schaar van Ouden Doel (Westerschelde) en Antwerpen (Beneden-Zeeschelde) zijn de jaargemiddelde sedimentconcentraties de laatste jaren toegenomen ten opzichte van 2017 en zijn de waarden hoger of gelijkwaardig aan de hoge waarden van 2013. De maximale sedimentconcentraties in de continue metingen in de Beneden-Zeeschelde werden waargenomen in 2011. In dit jaar was ook het volume van de stortingen maximaal in de Beneden-Zeeschelde. De zomergemiddelde sedimentconcentratie in de bovenste helft van de waterkolom neemt toe bij Liefkenshoek en Kruibeke. Doordat de concentratie in de bovenste helft van de waterkolom meer toeneemt dan in de onderste helft, neemt de verticale concentratiegradiënt af. Het sediment is dus meer uniform verdeeld over de waterkolom.

In ruimtelijke zin is de locatie van de sedimentconcentratiepiek in de zomer opwaarts verschoven in de Schelde ten opzichte van de situatie in 1996-2008. In de winter is de piek eerst afwaarts verschoven ten opzichte van de situatie in 1996-2008 waarna er de afgelopen jaren een tweede piek is ontstaan op de locatie van de piek uit de periode 1996-2008, op ongeveer 100 km van de monding. De piek ligt daarmee in de zomer in de Boven-Zeeschelde, terwijl de (meest afwaarts gelegen) winterpiek rond Antwerpen is gelegen. Bij een vergelijking van de periodes 1996-2008 en 2009-2019 valt verder op dat de sedimentconcentraties in de laatste periode zijn verhoogd. De zomergemiddelde sedimentconcentraties van 2018 en 2019 in de Boven-Zeeschelde waren de hoogste gemeten in de beschouwde periode. Ook de jaargemiddelde sedimentconcentraties van 2018 en 2019 in de Beneden-Zeeschelde en het meest opwaartse deel van de Westerschelde (35 km vanaf Vlissingen) waren hoog ten opzichte van eerdere jaren. In het meest afwaartse deel van de Westerschelde lagen de jaargemiddelde sedimentconcentraties juist beneden het gemiddelde van de periode 2009-2019.

Lichtpenetratie

De lichtextinctie is sterk gerelateerd aan de sedimentconcentratie. In de Beneden-Zeeschelde wordt bij dezelfde meetstations een toenemende trend in lichtextinctie waargenomen als in sedimentconcentratie (Liefkenshoek, Antwerpen, Kruibeke, Punt van Melsele). Recente waardes van 2019 zijn hoger dan in 2017, behalve bij meetstation Grens. In de Westerschelde wordt bij Schaar van Ouden Doel een toenemende trend waargenomen, net als bij de sedimentconcentratie. Bij Vlissingen is dit echter niet het geval. Bij Vlissingen lijkt sinds 2013-2014 een afname van de lichtextinctie plaats te vinden, terwijl bij de overige locaties de waarde in 2019 dicht bij het maximum van 2013-2014 ligt.

Chlorofyl-a

Het chlorofyl-a gehalte was verhoogd bij Schaar van Ouden Doel van 2008 tot 2013 (voorjaarsbloei). Verder afwaarts, bij Hansweert in de Westerschelde wordt een afnemende trend in het chlorofyl-a gehalte waargenomen. Bij Vlissingen en Terneuzen was geen sprake van een significante trend.

Bij de afwaartse stations in de Beneden-Zeeschelde was net als bij Schaar van Ouden Doel vanaf 2008 een verhoogde voorjaarsbloei zichtbaar. De opwaartse locaties van Antwerpen en Kruibeke hadden voor 2008 hogere chlorofyl-a gehaltes dan de afwaartse stations, maar lieten in de periode vanaf 2008 geen verhoging zien. Deze twee locaties vertonen een dalende trend in het chlorofyl-a gehalte. Vanaf 2015 zijn de chlorofyl-a gehaltes bij alle stations in de Beneden-Zeeschelde doorlopend laag en lager dan de waardes uit de periode vóór de verhoogde voorjaarsbloei, met name voor de meest opwaartse stations. Echter, worden in 2019 bij Kruibeke en Antwerpen weer hogere pieken in het voorjaar waargenomen.

Op de schorren in de Beneden-Zeeschelde worden geen duidelijke trends in chlorofyl-a gehalte waargenomen. Dit wordt mogelijk mede veroorzaakt door de korte voorjaarsbloei en de frequentie van de metingen die 1 keer per maand worden opgenomen.

Chloride

Op de lange termijn is er in de Westerschelde geen sprake van een significante trend. 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. In 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. Voor de continue chloridemetingen in de Westerschelde geldt dat er een stijgende trend wordt waargenomen vanaf het begin van de metingen in 2012 bij de locaties Baalhoek en Overloop van Hansweert. Bij de Vlakte van de Raan wordt geen trend waargenomen. In de Beneden-Zeeschelde is er bij Punt van Melsele sprake van een significante toenemende trend in chloridegehalte, die niet wordt waargenomen op de overige locaties. Voor de continue chloridemetingen in de Beneden-Zeeschelde geldt dat er een stijgende trend aanwezig is bij meetstation Prosperpolder, Oosterweel en Hemiksem. Bij de overige stations zijn de gemeten tijdreeksen te kort voor een goede trendanalyse.

Waterbodemkwaliteit

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 het geval sinds 2007. 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) in 2019 werd ook een overschrijding gemeten, namelijk boven de 50% voor PAK10. Na een her-analyse werd geen overschrijding meer vastgesteld, waardoor verspreiding was toegestaan. Alle gebaggerde sedimenten konden dus worden teruggestort.

8 Fauna

8.1 Macrozoöbenthos

8.1.1 Inleiding

Benthos is de verzamelnaam voor alle organismen die leven op, in of net boven de bodem van zoete en zoute wateren. Benthos kan worden onderscheiden volgens de grootte van de organismen:

- macrobenthos: > 1 mm; bv. krabben, zeesterren, vlokreeftjes;
- meiobenthos: tussen 1 mm en 32 µm; bv. mosbeertjes, eenoogkreeftjes;
- microbenthos: < 32 µm; bv. klokdiertjes, bacteriën.

Daarnaast kan benthos ook ingedeeld worden volgens de plaats waar ze leven:

- endobenthos: leven in de bodem; bv. tweekleppigen;
- epibenthos: leven op de bodem; bv. zee-egels;
- hyperbenthos: leven juist boven de bodem; bv. aasgarnalen.

In het MER Verruiming Vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007d) wordt een negatief effect verwacht op korte (2010), middellange (2015) en lange termijn (2030) op het benthos, aangezien deze organismen op, in of net boven de bodem vertoeven. Op korte termijn (tijdelijke effecten) werd een vernietiging van 0,9 % tot 2,2 % van de benthos biomassa als gevolg van de aanlegwerken en de hierbij horende stortactiviteiten verwacht. Door het onderhoud van de vaargeul, de stortingen die hierbij horen, en de veranderingen van de ecotooparealen, werd een gecombineerde verandering van de totale biomassa verwacht tussen +1,6 % en -7,5 % tegen 2015.

Met betrekking tot de kokkelbestanden, werd op basis van de verwachte veranderingen in ecotopen berekend dat er weinig effecten zouden zijn, en dat de verwachte veranderingen minimaal zijn ten opzichte van de grote jaarlijkse variatie van de kokkelbestanden in de Westerschelde (Wijsman en Kesteloo, 2007). Het kokkelbestand wordt immers meer bepaald door populatiedynamlsche processen (broedval, groei en sterfte) dan door de beschikbaarheid van de geschikte ecotopen.

Tot op heden worden benthossoorten niet beschermd bestaat er dus geen Rode Lijst van benthos organismen. Er worden ook geen benthossoorten vermeld in de Habitatrichtlijn (bijlage II en V) als te beschermen soorten, ook niet binnen het 1130 habitattype (estuaria).

Het doel van onderhavige analyses is om de evolutie na te gaan van de (macrobenthos)populaties tussen 2009 en 2019 in de Westerschelde in het algemeen, en specifiek op de plaatranden. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat benthos van nature erg geclusterd voorkomt. Er zal dus steeds een grote variatie zichtbaar zijn tussen verschillende monsters. Om conclusies te kunnen trekken uit de benthosdata dient de steekproefgrootte daarom voldoende groot te zijn.

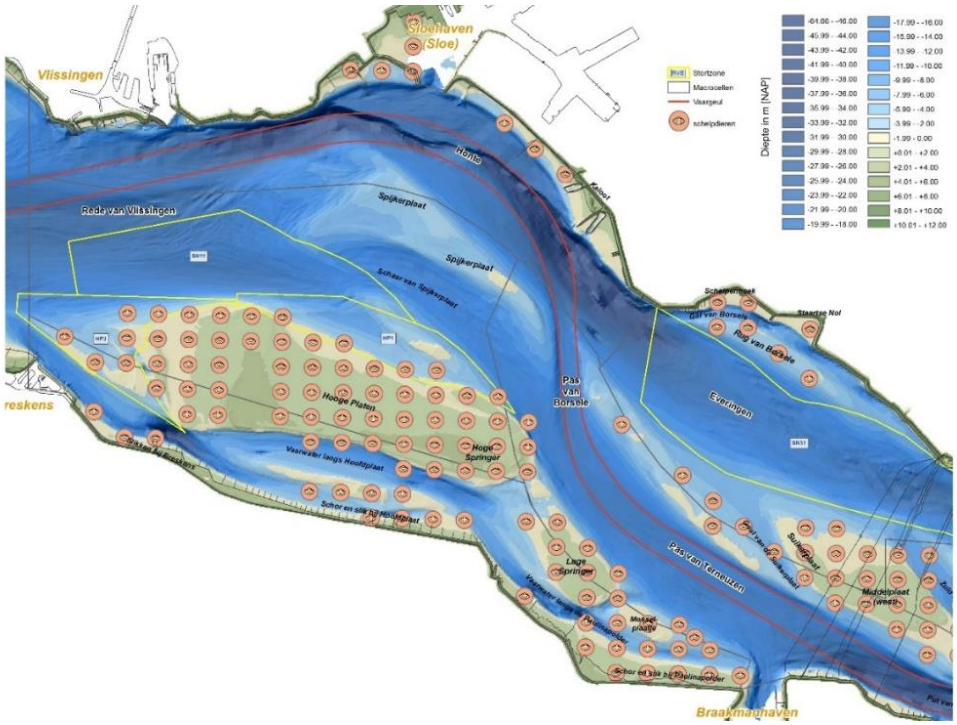
8.1.2 Data

8.1.2.1 Schelpdierdata – WOT 1992-2019

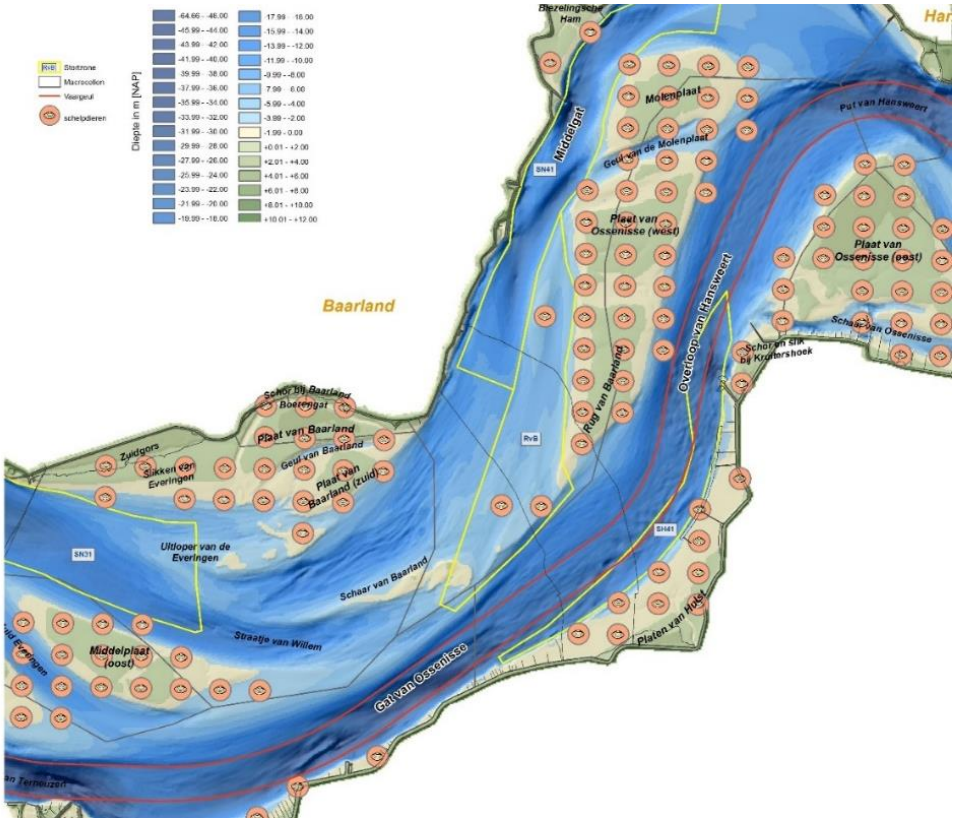
Het schelpdierbestand in het litoraal van de Westerschelde wordt ieder voorjaar onderzocht sinds 1992 (WOT Westerschelde: kokkelsurvey). Niet alle soorten zijn altijd waargenomen. In de eerste jaren werden niet altijd alle bijvangsten vermeld. De platte

slijkgaper (*Scrobicularia plana*) werd bijvoorbeeld pas vanaf 1999 opgenomen in de database. Het bemonsteringstuig is daarenboven specifiek op kokkels (*Cerastomderma edule*) gericht. Andere soorten die bijvoorbeeld dieper in de bodem zitten (zoals *Ensis sp.*), kunnen hierdoor onderschat worden in aantallen. De densiteiten van de platte slijkgaper *Scrobicularia plana* en de exoot Amerikaanse boormossel *Petricolaria pholadiformis* waren zeer laag ten opzichte van het nonnetje (*Limecola Balthica*) en de kokkel (*Cerastoderma edule*). Daarom zullen enkel deze laatste twee soorten besproken worden aan de hand van densiteit (aantallen per m²) en biomassa in *versgewicht* (g/m²).

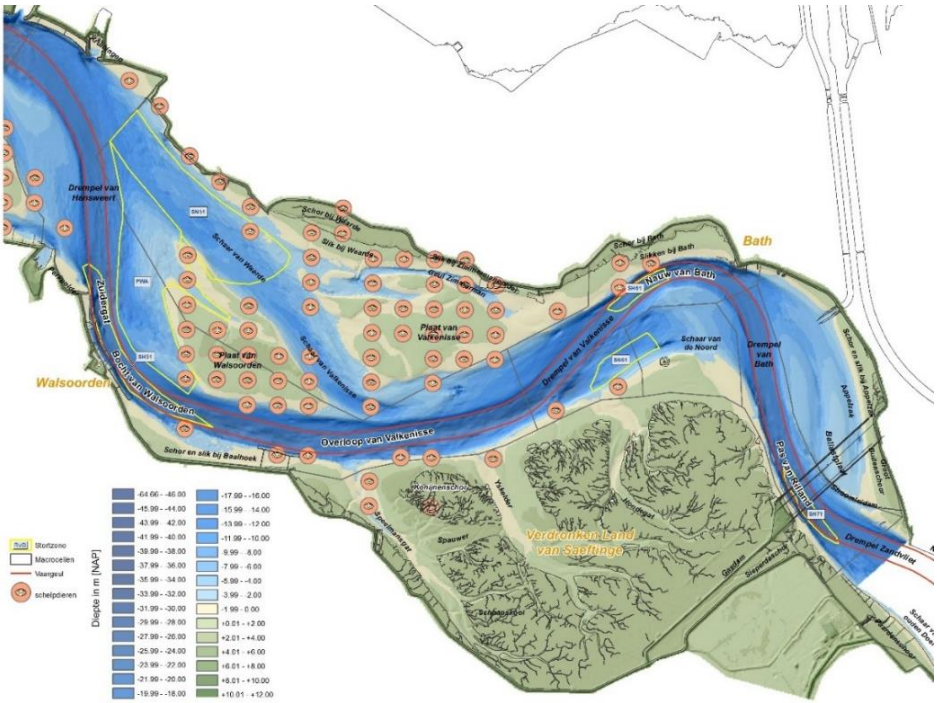
De schelpdierdata is beschikbaar per coördinaat. Voor de ruimtelijke analyse werden vijf 'plaatcomplexen' onderscheiden: Hooge Platen & Hooge Springer, Suikerplaat & Middelplaten, Rug van Baarland, Plaat van Ossenisse, en Plaat van Walsoorden en Valkenisse. De monsternamepunten zijn weergegeven in Figuur 8-1 tot Figuur 8-3.



Figuur 8-1: Monsternamepunten Schelpdierensurvey in westelijk gebied Westerschelde.



Figuur 8-2: Monsternamepunten Schelpdierensurvey in middengebied Westerschelde.



Figuur 8-3: Monsternamepunten Schelpdierensurvey in oostelijk gebied Westerschelde.

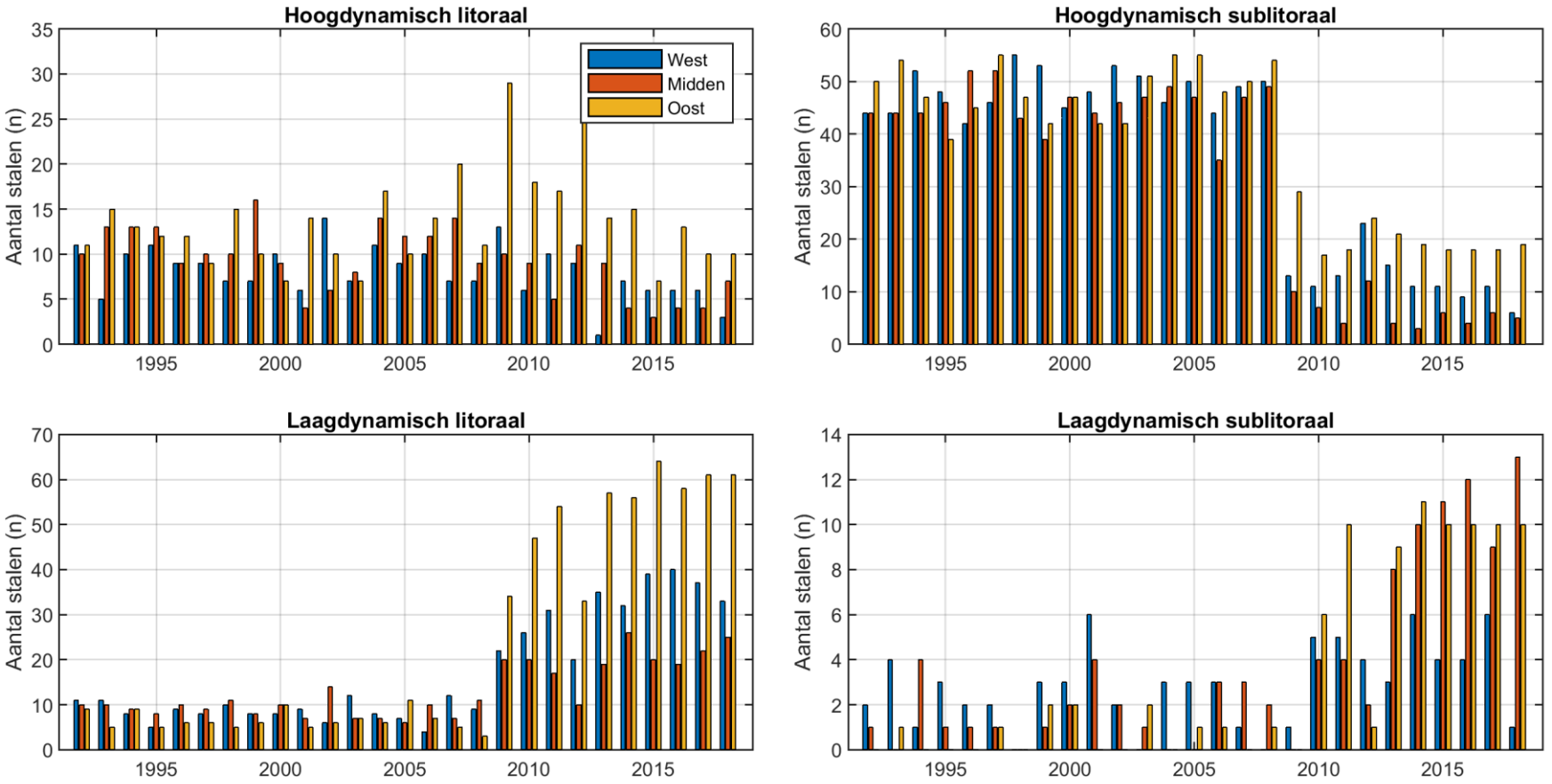
8.1.2.2 MWTL 1992-2018

De Water, Verkeer en Leefomgeving dienst (WVL) van Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de uitvoering van het MWTL meetplan (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands – Milieumeetnet Rijkswateren). In het kader van het MWTL meetplan werd de benthosgemeenschap onderzocht op verschillende locaties in de Westerschelde in de periode 1992-2018. In deze databases bevinden zich biomassa (mg *asvrij drooggewicht* per m^2) en densiteiten (aantallen per m^2). Er werd zo veel als mogelijk tot op soort gedetermineerd. Om de soortenrijkdom te bepalen werden het aantal soorten per staal berekend.

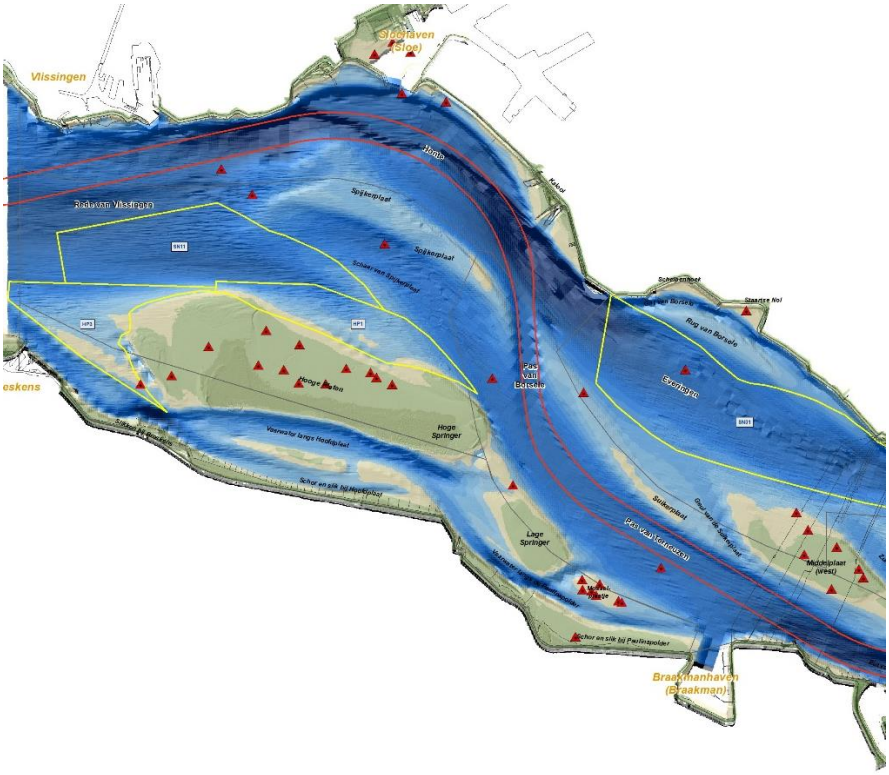
De MWTL data zijn ruimtelijk gedetailleerd. Sinds 2009 is de bemonstering verhoudingsgewijs meer in het teken van de ecotopen komen te staan, waardoor de staalname van dan af minder uniform is verspreid. Het aantal stalen in het laagdynamisch areaal zijn toegenomen terwijl er minder stalen in het hoogdynamisch sublitoraal worden genomen (Figuur 8-4).

Voor de analyses werden de MWTL data gegroepeerd per zone (west, midden, oost; Figuur 8-5 tot Figuur 8-7 voor het jaar 2018) en per ecotoop (laag- en hoogdynamisch litoraal en sublitoraal). Hierbij vallen alle locaties ten westen van Terneuzen onder west en alle locaties ten oosten van Hansweert onder oost. Midden omvat dan alle locaties tussen Terneuzen en Hansweert. De ecotopen werden door MWTL bepaald op basis van het Zoute Wateren Ecotopen Stelsel (ZES).

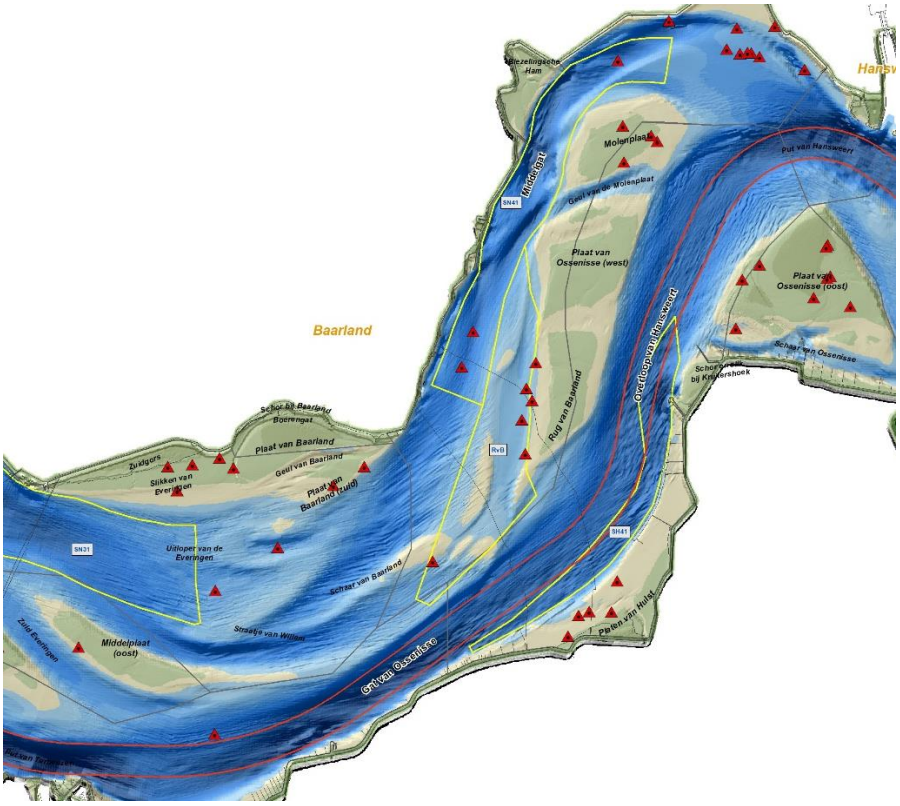
De gegevens van 2019 ontbreken in het rapport, aangezien er vertraging is opgelopen bij de verwerking en aanlevering van de ruwe data door de coronacrisis in 2020.



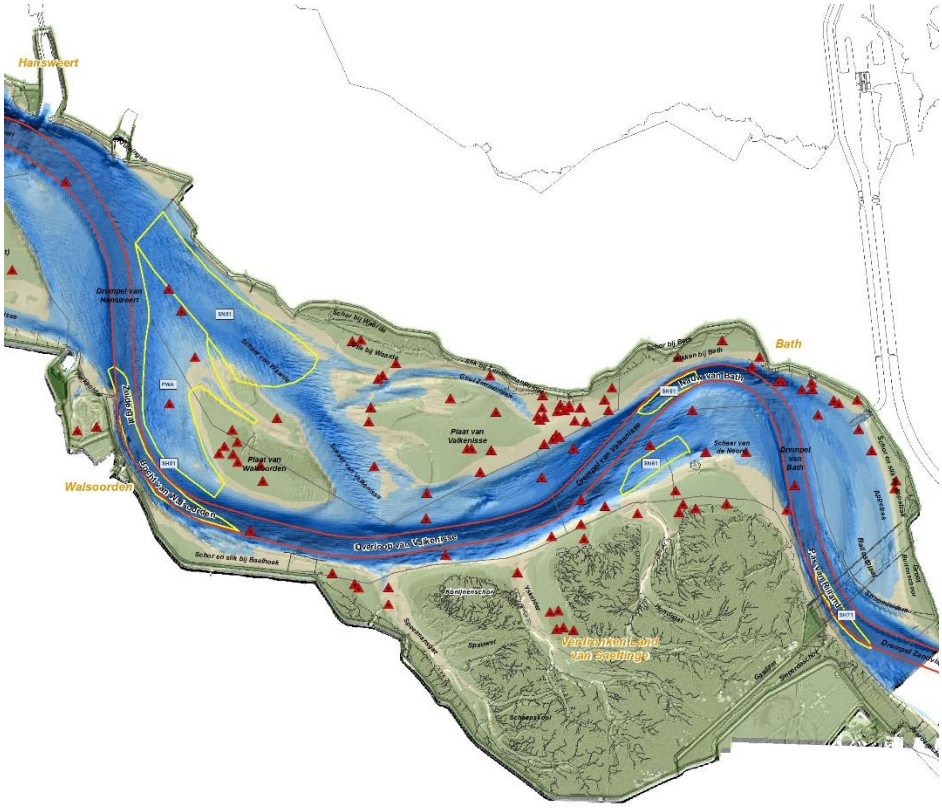
Figuur 8-4: Temporele evolutie van het totaal aantal stalen genomen per deelgebied van de Westerschelde tussen 1992 en 2018. (MTWL bemonstering)



Figuur 8-5: Staalnamelocaties MWTL 2018 in westelijk gebied Westerschelde.



Figuur 8-6: Staalnamelocaties MWTL 2018 in middengebied Westerschelde.



Figuur 8-7: Staalnamelocaties MWTL 2018 in oostelijk gebied Westerschelde.

8.1.2.3 Kwalitatieve Westerschelde data

Op ca. 130 locaties in de Westerschelde bevinden zich zogenaamde sedimentatie-erosiepunten. Bij alle sedimentatie-erosiepunten wordt de "globale indicatie bodemleven" bepaald op basis van veldwaarneming ter plaatse. Dit houdt in dat wordt aangegeven of er geen/weinig/gemiddeld/veel wadpieren, Corophium sp. en/of kokkels aanwezig zijn en of het bodemleven geen/sporadisch/gemiddeld/rijk is. Iedere locatie werd sinds 2009 vier maal per jaar gemeten, in de maanden maart, mei, september en december, maar sinds 2015 worden de punten slechts 2 maal per jaar, in maart en september opgemeten. Er wordt op iedere sedimentatie-erosieplot ook een foto genomen van de directe omgeving in een voor het meetpunt vaste richting.

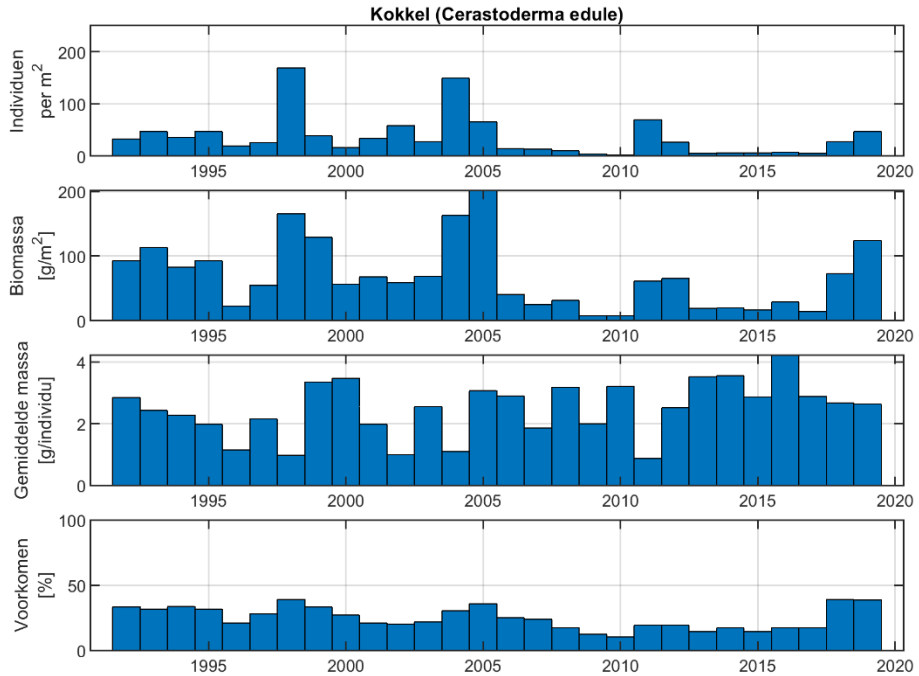
Deze gegevens worden besproken in combinatie met geomorfologische en sedimentologische parameters in sectie 6.3.

8.1.3 Analyses

8.1.3.1 Schelpdieren (WOT 1992-2019)

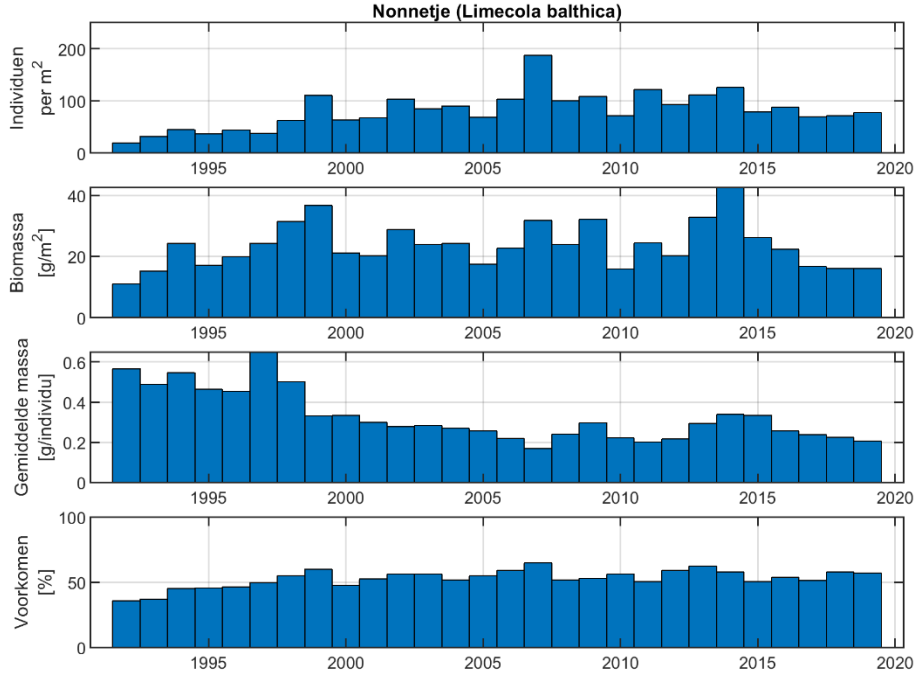
Totale densiteit en biomassa (versgewicht)

Uit Figuur 8-8 blijkt dat in 2018 en 2019 er opnieuw een stijging is in de totale densiteit, biomassa en voorkomen van de kokkel (*Cerastoderma edule*). De laatste densiteitspiek dateerde van 2011. 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 jaren met minder, maar grotere (meerjarige) kokkels.



Figuur 8-8: 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.

Voor het nonnetje (*Limecola balthica*) is de densiteit, biomassa en het voorkomen sinds de begin jaren '90 gestegen, maar blijft sinds 2000 redelijk stabiel. De gemiddelde massa is afgenomen sinds de eind jaren '90 (Figuur 8-9). In de periode 2017-2019 is er een heel lichte toename in de densiteit zichtbaar, terwijl de biomassa stabiel blijft. Ook voor de nonnetjes betekent dit dat er wellicht meer juvenielen aanwezig zijn.

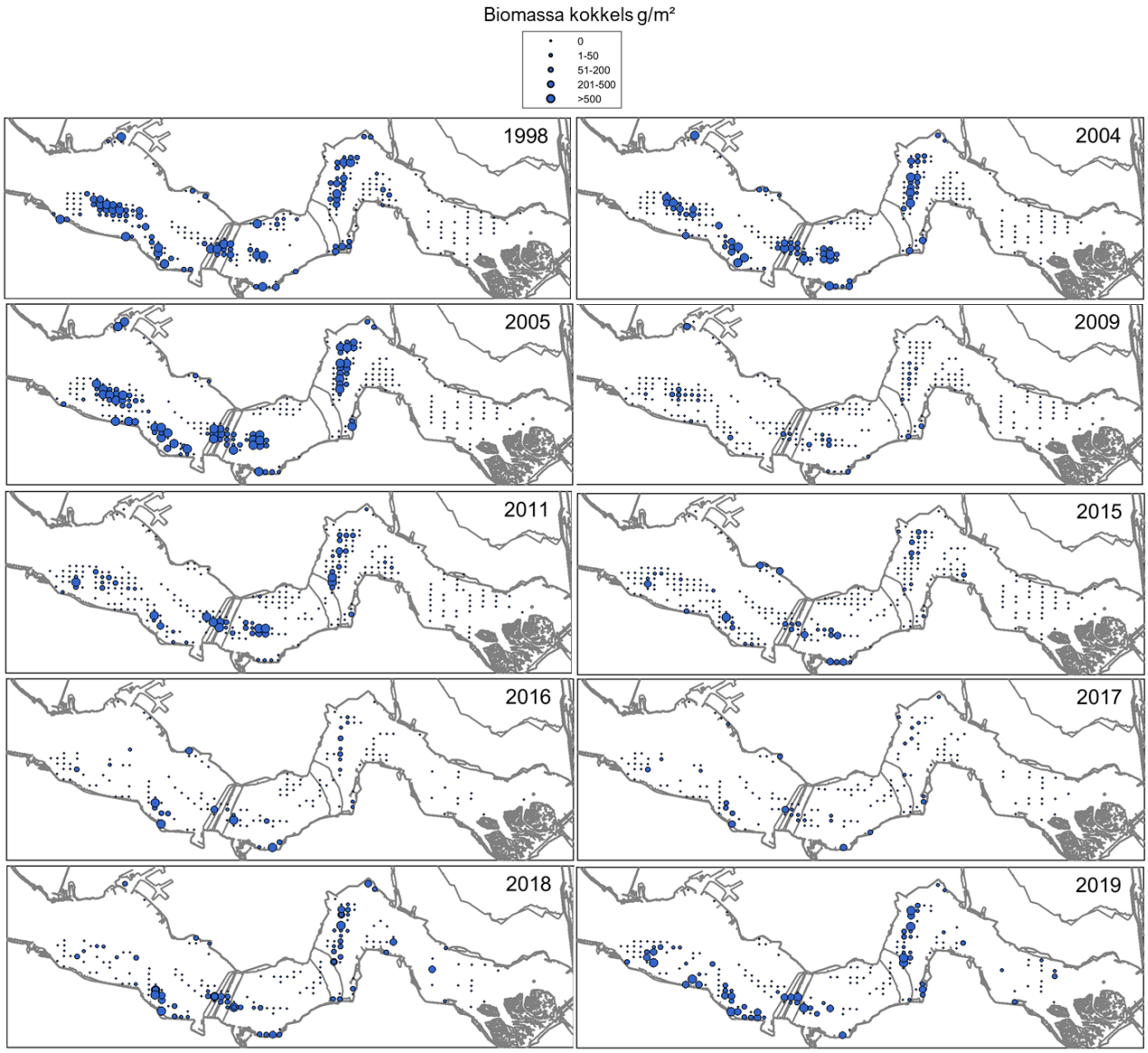


Figuur 8-9: Temporele evolutie van de totale densiteit, en biomassa, massa per individu en voorkomen van nonnetjes in de gehele Westerschelde tussen 1992 en 2019 op basis van de WOT-data.

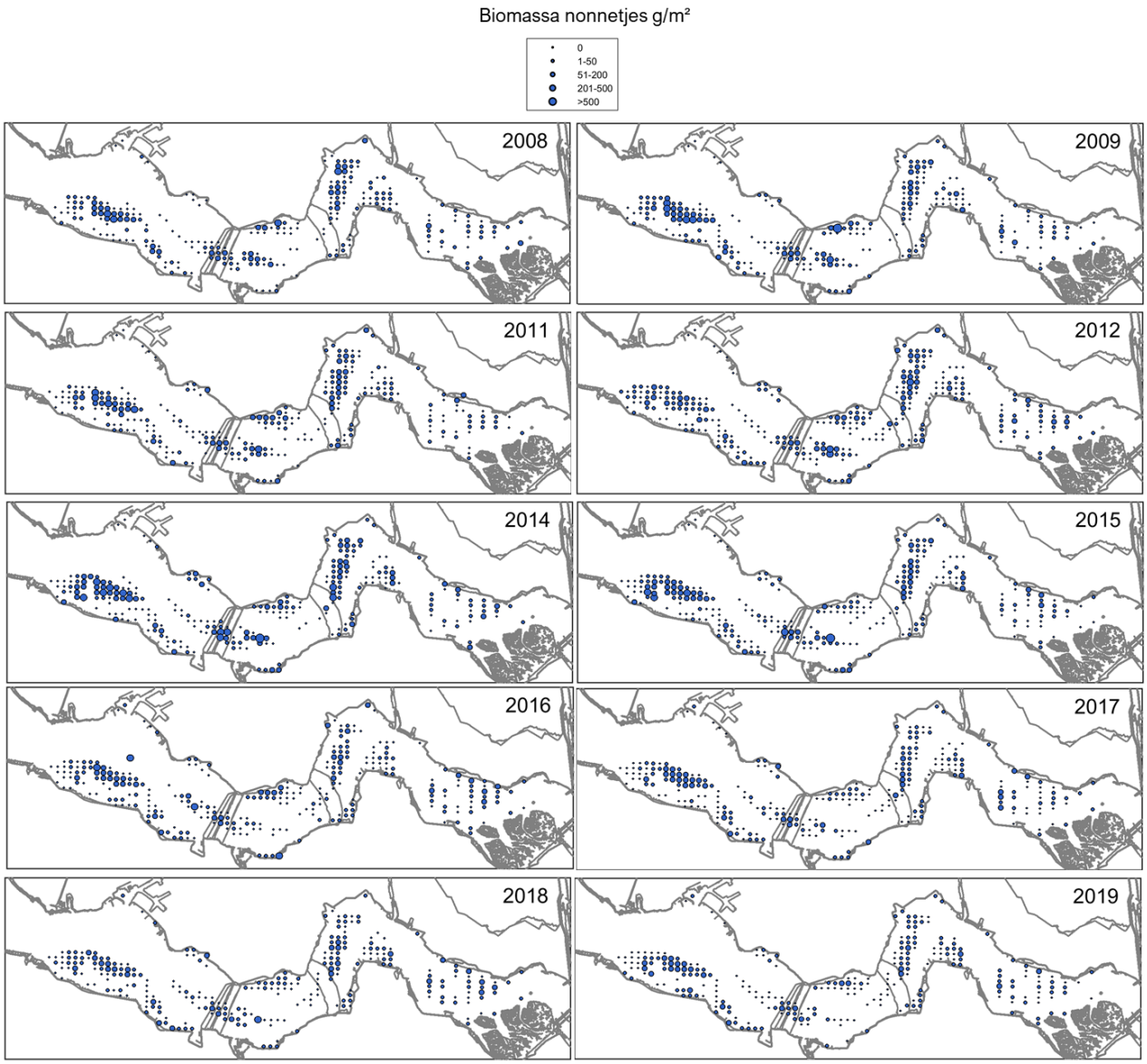
Per plaat(complex)

Uit de ruimtelijke verspreiding van kokkels tussen 1998 en 2019 wordt duidelijk dat kokkels steeds minder voorkomen op Hooge Platen, en dat ook over heel de Westerschelde de biomassa steeds verder afneemt (Figuur 8-10 en Bijlage J). 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 zoutcondities. In 2018 en 2019 zijn er ter hoogte van Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse echter wel kokkels aangetroffen. Deze ontwikkelingen zijn ook duidelijk zichtbaar in de evolutie per plaatcomplex (Figuur 8-12). Bij het berekenen van de gemiddelde densiteit en biomassa is rekening gehouden met nulmetingen.

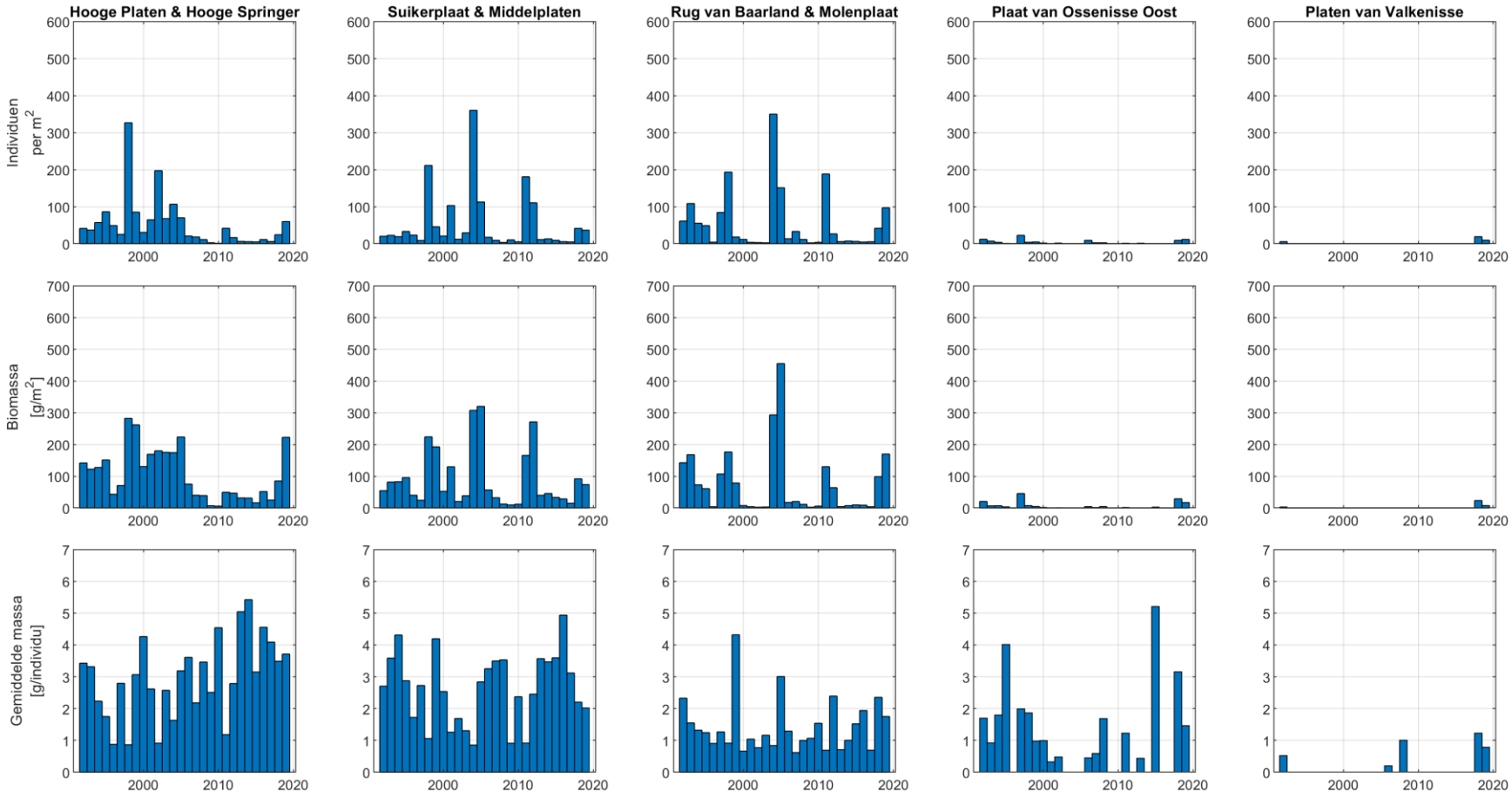
Nonnetjes komen wel voor in het oosten van de Westerschelde maar beduidend minder dan in het westen en midden (Figuur 8-11 en Bijlage J). Voor deze schelpdieren is er sinds de afname in 2015 in densiteit en biomassa geen duidelijke evolutie op de meeste plaatcomplexen, terwijl er voordien nog een toename zichtbaar was (Figuur 8-13). Ook de gemiddelde massa per individu neemt voornamelijk af.



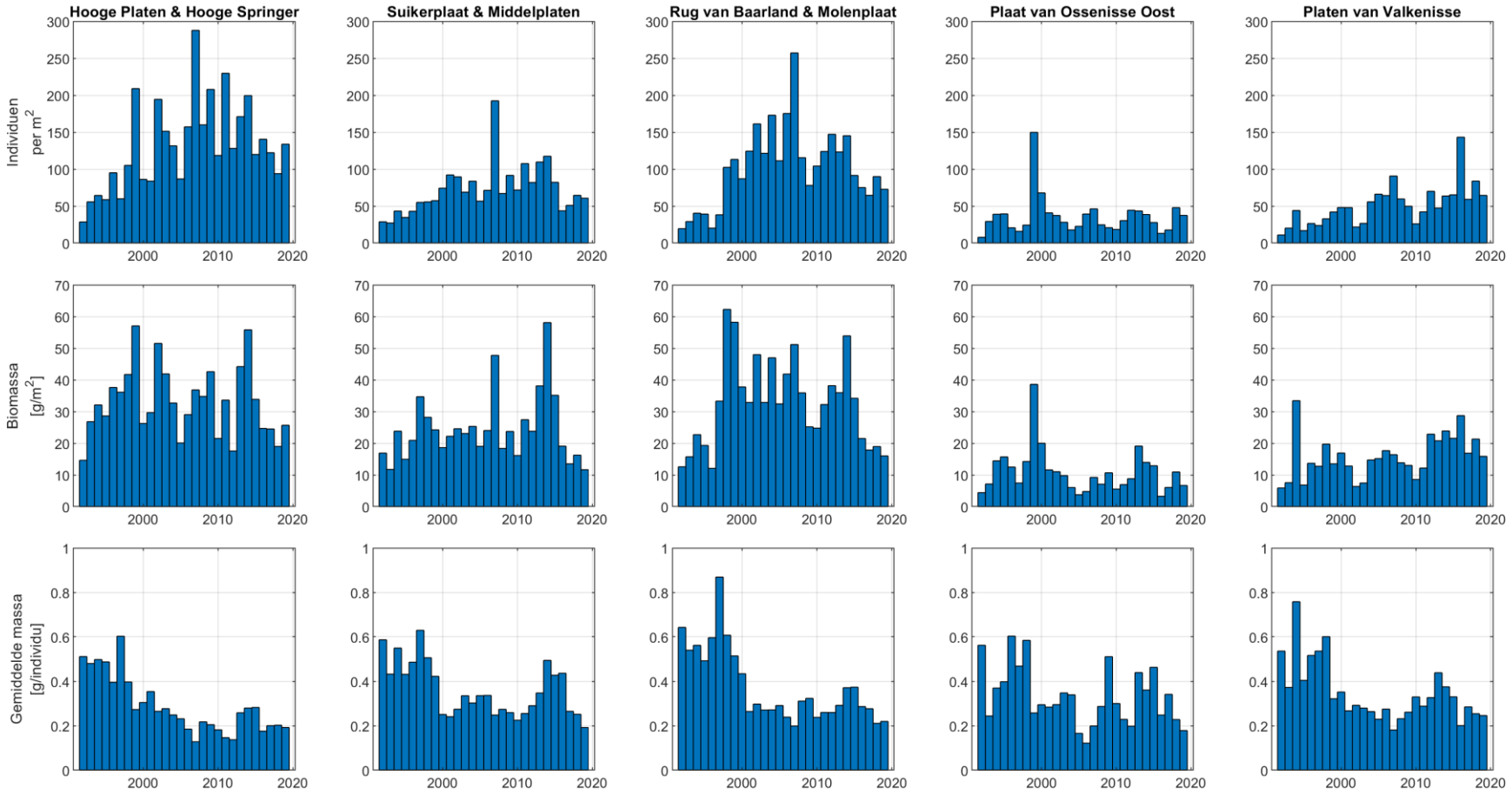
Figuur 8-10: De verspreiding van kokkels in de Westerschelde op basis van de WOT-data voor een aantal geselecteerde jaren tussen 1998 en 2019. Voor de volledige tijdreeks wordt verwezen naar Bijlage J.



Figuur 8-11: De verspreiding van nonnetjes in de Westerschelde tussen 2008 en 2019 op basis van de WOT-data voor een aantal geselecteerde jaren. Voor de volledige tijdsreeks tussen 1992 en 2019 wordt verwezen naar Bijlage J.



Figuur 8-12: Gemiddelde densiteit (boven), biomassa (versgewicht, midden) en massa per individu (onder) kokkels, op basis van WOT-data, per plaat en jaar.



Figuur 8-13: Gemiddelde densiteit (boven), biomassa (versgewicht, midden) en massa per individu (onder) nonnetjes, op basis van WOT-data, per plaat en jaar.

8.1.3.2 Benthos (MWTL 1992-2018)

Per ecotoop

De temporele evolutie in de biomassa en de soortenrijkdom van het benthos in het hoog- en laagdynamisch litoraal en sublitoraal wordt weergegeven Figuur 8-14 en Figuur 8-15.

De tijdreeksen vertonen geen significante trends. Algemeen genomen wordt een grotere biomassa aangetroffen in het laagdynamisch litoraal dan in het hoogdynamisch litoraal (Figuur 8-14). Er wordt wel vaker een hogere waarde in biomassa (>100 g/m^2) bemonsterd in het laagdynamisch sublitoraal, dan in de andere beschouwde ecotopen, maar het aantal stalen is te laag om hieruit conclusies te trekken (zie Figuur 8-4). Dit wordt ook duidelijk in Figuur 8-16, waar de minimale en maximale waarden, de mediaan en het eerste en derde kwartiel voor de biomassa worden weergegeven. Grote pieken in biomassa in het laag- en hoogdynamisch sublitoraal zijn waarschijnlijk te wijten aan de lokale aanwezigheid van schelpdierbanken.

Het is duidelijk dat ook de gemiddelde soortenrijkdom het hoogst is in het laagdynamisch litoraal; grofweg tweemaal zo hoog als in het hoogdynamisch litoraal (Figuur 8-15). Een trend in de tijd is er niet, het gemiddeld aantal soorten is vrij stabiel gebleven sinds 1992. Mogelijk is er sprake van een toename van de soortenrijkdom in het sublitoraal (hoog- en laagdynamisch) na 2010, in de gehele Westerschelde. Echter, gezien de wijziging in het aantal staalnames rond deze periode (Figuur 8-4), kan dit niet met zekerheid worden vastgesteld.

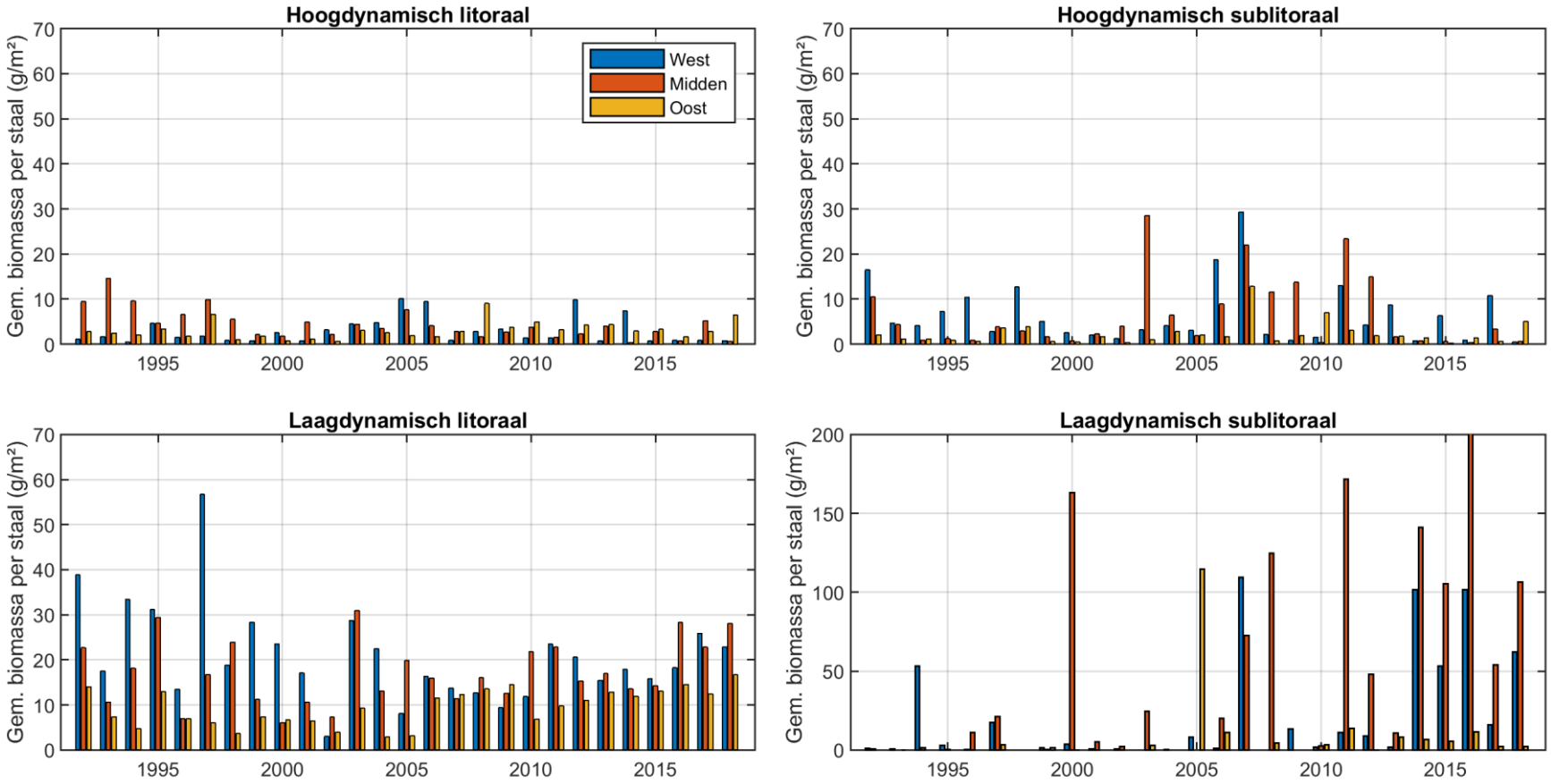
Gemeenschapsanalyse

De Commissie Monitoring Westerschelde beveelt een doorgedreven soortenanalyse / gemeenschapsanalyse van de benthosgegevens aan. Een dergelijke analyse valt buiten het opzet van de Voortgangsrapportages.

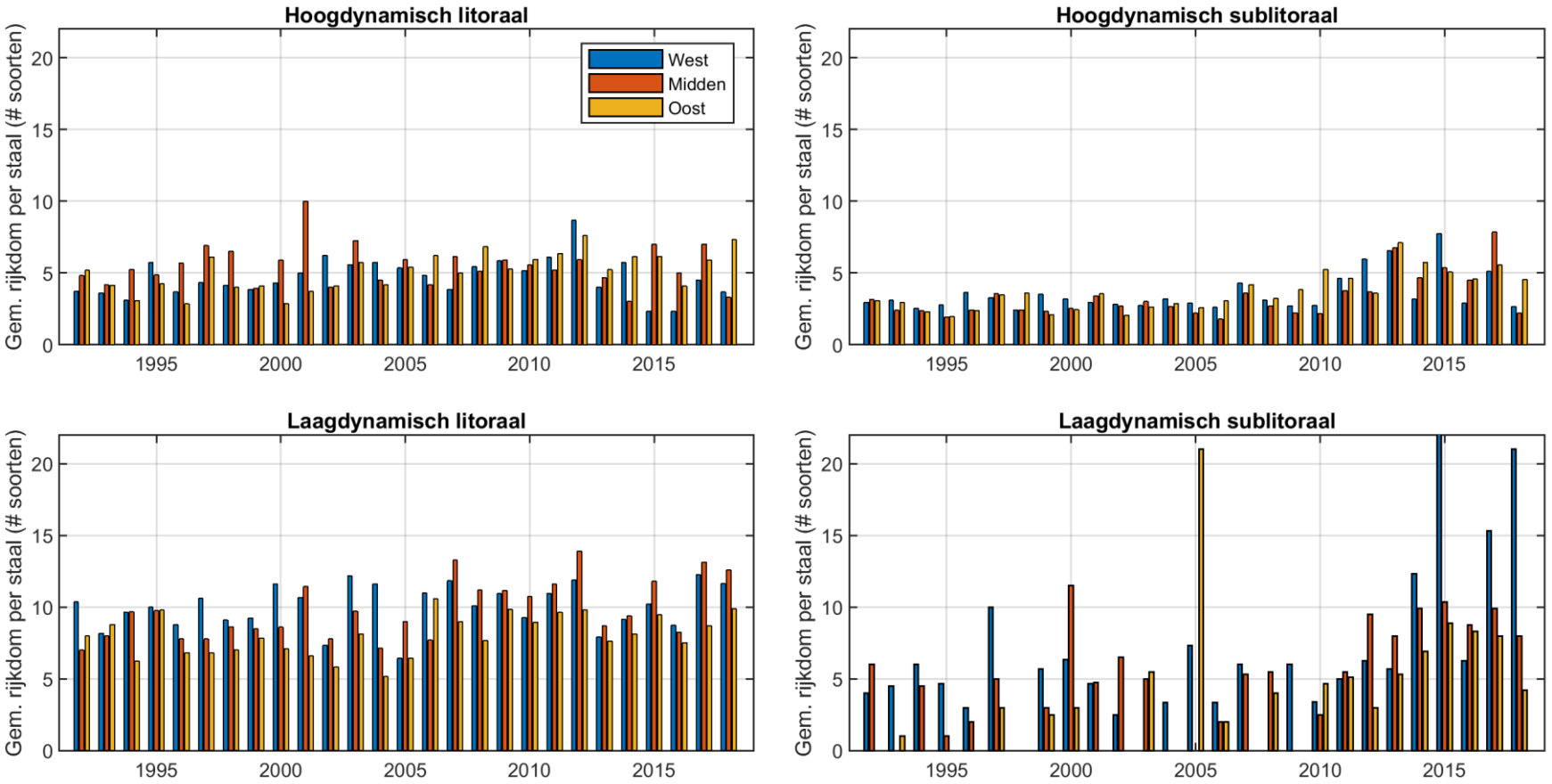
Er wordt verwezen naar de Ecologische Validatie Plaatrandstortingen (Schellekens en Vanagt, 2018a, 2018b), waarin uitgebreider wordt beoordeeld of plaatrandstortingen een ecologische meerwaarde (o.a. verrijking benthos) met zich meebrengen.

Kwalitatieve bodemrijkheid

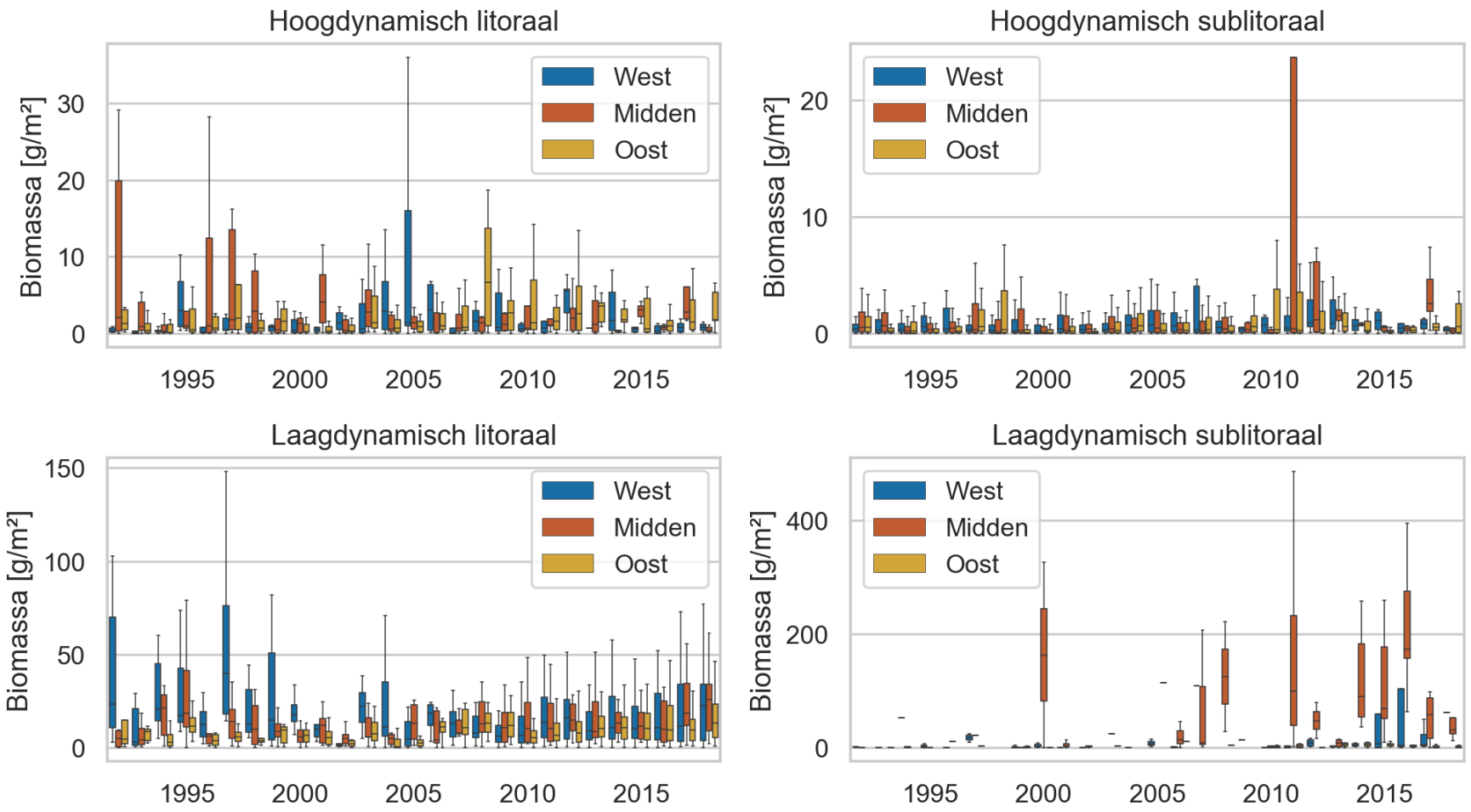
Naast de gegevens uit de kokkelsurvey zijn in sectie 6.3 kwalitatieve bodemrijkheid schattingen besproken per plaatrand. De evolutie is erg afhankelijk van het meetpunt; zowel toenames als afnames komen voor. De veranderingen hangen in de meeste gevallen samen met veranderingen in de gemeten bodemhoogte en dynamiek in het staalnamepunt. Voor meer detail wordt verwezen naar het desbetreffende hoofdstuk.



Figuur 8-14: Temporele evolutie per ecotoop van gemiddelde biomassa per deelgebied van de Westerschelde tussen 1992 en 2018. Bemerk de verschillende verticale schaal bij het laagdynamisch sublitoraal.



Figuur 8-15: Temporele evolutie per ecotoop van de gemiddelde soortenrijkdom voor de drie deelgebieden van de Westerschelde tussen 1992 en 2018.



Figuur 8-16: Temporele evolutie per ecotoop van biomassa per deelgebied van de Westerschelde tussen 1992 en 2018 (box plot: de whiskers stellen de laagste en hoogste data voor die binnen 1.5x de interkwartielafstand van de onderste en bovenste kwartiel vallen).

8.2 Vogels

8.2.1 Inleiding

De Westerschelde herbergde rond de eeuwwisseling meer dan 200 000 **watervogels** maar deze aantallen zijn drastisch afgenomen tot een seizoenmaximum 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 voorkomt in het Schelde-estuarium (Ysebaert *et al.*, 2000).

Het Schelde-estuarium ligt voor watervogels, zoals steltlopers, eenden en ganzen, op de zogenaamde Oost-Atlantische trekroute. Dit is één van de grote trekroutes waarlangs vogels vanuit hun Arctische broedgebieden in Rusland, Scandinavië, Groenland en Canada, of gematigde Noord- en West-Europese streken, naar hun winterkwartieren trekken. Afhankelijk van de soort migreren ze via de estuaria en kustgebieden van Noordwest-Europa, de Afrikaanse kusten van Mauritanië en Guinee-Bissau, tot de kustlijn van Zuid-Afrika. In het mondingsgebied en de polyhaliene zone van de Westerschelde komen veel steltlopers voor, zoals de scholekster, bonte strandloper, drieteenstrandloper en zilverplevier. In de mesohaliene zone speelt het Verdronken Land van Saeftinghe (ruim 3300 ha) een bijzondere rol voor eenden en ganzen als een uitgebreid foerageergebied en rustplaats. De smient is hier een algemene soort, net als de grauwe gans en pijlstaart. Langs de oligohaliene en zoete Zeeschelde domineren dan weer eenden, zoals wintertaling, krakeend, pijlstaart en tafeleend (T2009 Consortium, 2013).

In het Deltagebied broeden ook nationaal en internationaal belangrijke populaties van diverse soorten **kustbroedvogels** (Lilipaly *et al.*, 2020). Vooral voor de sternsoorten (dwergstern, grote stern, visdief) is de Westerschelde van groot belang aangezien de Hooge Platen een belangrijk broedgebied vormt. In de loop der jaren vond op diverse plaatsen binnendijks langs de Westerschelde natuurontwikkeling plaats. Hierdoor ontstonden er voor diverse soorten kustbroedvogels aantrekkelijke nieuwe broedgebieden.

De langetermijntrends of veranderingen in vogelaantallen kunnen gerelateerd worden aan veranderingen in het beheer van het systeem, zoals habitatverandering en waterkwaliteit, maar zijn ook gekoppeld aan (Europese of internationale) populatieontwikkelingen. Bovendien worden ze beïnvloed door klimatologische omstandigheden zoals de strengheid van de winter.

Voor de **verruiming** van de vaargeul en het onderhoud in de jaren daarna is een ontheffing verleend in het kader van de Flora- en faunawet (kenmerk FF/75C/2008/0505). In deze ontheffing wordt geadviseerd om de volgende aanbevelingen uit te voeren: afstand van ten minste 600 meter aanhouden tot de foerageergebieden van steltlopers of storten tijdens hoog water wanneer de vogels op de hoogwatervluchtplaatsen zitten. Gedurende de werkzaamheden (in het bijzonder bij storten op land) moet verstoring van het broedseizoen van aanwezige soorten vermeden worden. Tevens kunnen voorbereidende maatregelen worden getroffen om te voorkomen dat vogels tot broeden kunnen komen binnen het plangebied. Er wordt evenwel geen standaardperiode voor broedseizoen gehanteerd in het kader van de Flora- en faunawet. Van belang is of nesten aanwezig zijn, ongeacht de periode (aMT, 2010).

In het MONEOS-T Uitvoeringsplan zijn vogels niet opgenomen en is er enkel voor geopteerd om de directe abiotische effecten op te volgen. De evaluatie van (diversiteit van) vogels komt wel aan bod in de evaluatiemethodiek Schelde-estuarium (Holzhauer *et al.*, 2011a). Ook in de Nederlandse natuurbeschermingsvergunning wordt gevraagd dit

onderwerp mee te rapporteren, vandaar dat de gegevens voor de Westerschelde in dit Voortgangsrapport zijn opgenomen.

Uit de Passende Beoordeling in het MER Verruiming Vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007e), blijkt dat er voor drie niet-broedende watervogels kleine niet-significante negatieve effecten verwacht werden op korte tot middellange termijn (2015): de tureluur *Tringa totanus*, zwarte ruiter *Tringa erythropus* en groenpootruiter *Tringa nebularia* (Figuur 8-17). De effecten zouden 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, wordt het effect als niet-significant beoordeeld. Op middellange termijn (2015) zou er ook een niet-significant negatief effect verwacht worden op één soort broedvogel, namelijk de visdief *Sterna hirundo*. Negatieve effecten op broedende visdieven zouden het gevolg zijn van een afname in het doorzicht door de voorspelde toename van het slibgehalte in het water in het oostelijk deel van de Westerschelde. Het effect is begroot op een afname van vier broedparen in het Verdronken Land van Saeftinghe, wat overeenkomt met 0,3 % van het totale aantal. Dit effect werd als niet significant bestempeld.

In de Passende Beoordeling voor de onderhoudswerken in de vaargeul (2015-2021) werden de effecten op de geschiktheid van het rust- of leefgebied van (broed)vogels uitgesloten (Arcadis, 2013).



Figuur 8-17: Tureluur (links; © Andreas Trepte, www.photo-natur.de), zwarte ruiter (midden links), groenpootruiter (midden rechts) en visdief (rechts; © Andreas Trepte, www.photo-natur.de (bron: Wikimedia Commons)

In Rappoldt & Ens (2007) werd specifiek de invloed van de derde verruiming op de draagkracht voor overwinterende scholeksters bestudeerd aan de hand van droogvalduurkaarten en kokkel biomassa, gekoppeld aan ecotopenveranderingen. De droogvalduur beïnvloedt de foerageertijd en de kokkelpopulatie.

De effecten van de verruiming op vogels werden als klein ingeschat, met een mogelijk positief effect in het westen en een klein negatief effect in het middengedeelte van de Westerschelde. Uit de analyse bleek ook dat de invloed van de mechanische kokkelvisserij een grotere impact heeft op de draagkracht. De kokkelvisserij is echter sinds 2006 niet meer uitgevoerd in de Westerschelde.

8.2.2 Data

De Water, Verkeer en Leefomgeving dienst (WVL) van Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de uitvoering van het MWTL meetplan.

In de analyses zal specifiek gekeken worden naar de vogelsoorten (niet-broedvogels en broedvogels) in de Westerschelde waarvoor een instandhoudingsdoelstelling bestaat en die bovendien afhankelijk zijn van het gebied (Tabel 8-1).

Tabel 8-1: Niet-broedvogels en broedvogels in de Westerschelde waarvoor een instandhoudingsdoelstelling bestaat en die afhankelijk zijn van het gebied (Consortium Arcadis-Technum, 2007e; Ministerie van Economische Zaken van Nederland, 2014)

Niet-broedvogels	Broedvogels
Bergeend	Bontbekplevier
Bontbekplevier	Dwergstern
Bonte strandloper	Grote stern
Drieteenstrandloper	Kluut
Fuut	Strandplevier
Goudplevier	Visdief
Grauwe gans	Zwartkopmeeuw
Groenpootruiter	
Kanoet	
Kievit	
Kleine zilverreiger	
Kluut	
Kolgans	
Krakeend	
Lepelaar	
Middelste zaagbek	
Pijlstaart	
Rosse grutto	
Scholekster	
Slobeend	
Smient	
Steenloper	
Strandplevier	
Tureluur	
Wilde eend	
Wintertaling	
Wulp	
Zilverplevier	
Zwarte ruiter	

8.2.2.1 Niet-broedvogels

De niet-broedvogelgegevens omvatten vogeltellingen voor de volledige Westerschelde per maand tussen juli 2009 en juni 2019. Deze worden weergegeven in de rapportages "Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta" (Strucker *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2013; Arts *et al.*, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019b; Hoekstein *et al.*, 2020).

Sinds maart 2013 is het telprogramma echter gewijzigd: in zes maanden van het jaar worden niet alle telgebieden meer geteld, maar alleen een aantal steekproefgebieden. Deze steekproefgebieden maken 20 % uit van het totaal aantal telgebieden. Echter, doordat de focus ligt op de belangrijkste soorten, kan deze data niet zomaar geëxtrapoleerd worden waardoor een vergelijking met de voorgaande jaren niet meer mogelijk is. Aangezien Sovon Vogelonderzoek Nederland wel al een vergaande analyse heeft gemaakt van deze vogelteldata, is er hier gekozen om deze resultaten in het rapport over te nemen. Deze analyse is gebaseerd op tellingen tussen 1987 en 2018.

8.2.2.2 Broedvogels

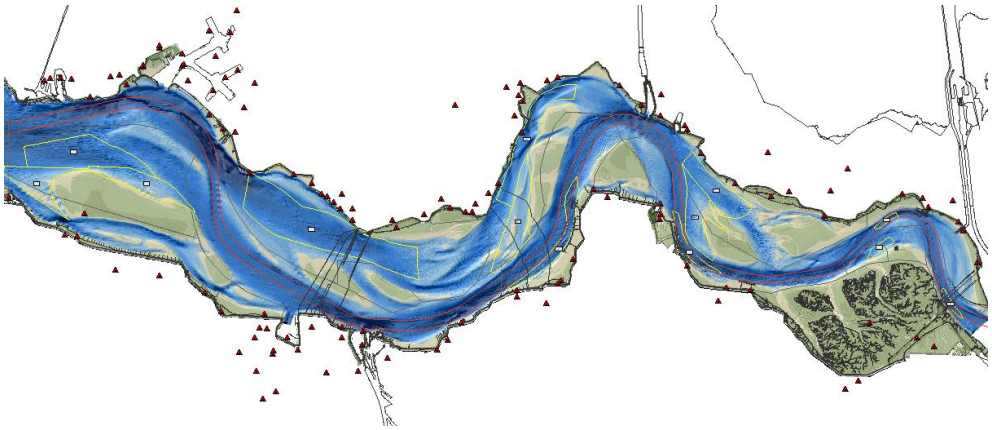
De broedvogelgegevens tussen 1979 en 2019 werden ter beschikking gesteld door MWTL. Deze tellingen zijn ruimtelijk gedetailleerd, met aparte tellingen per telgebied, voorzien van een beschrijving en coördinaten.

In het Natura 2000 gebied Westerschelde en Saeftinghe zijn de blauwborst en de bruine kiekendief eveneens aangewezen als broedvogelsoorten en zijn er instandhoudingsdoelstelling voor opgesteld, maar aangezien ze minder afhankelijk zijn van de Westerschelde om te foerageren, is het in het kader van dit project niet relevant om ze mee te nemen in de analyse. Bovendien zijn er geen MWTL telgegevens beschikbaar van deze twee soorten.

8.2.2.3 Locaties

De watervogelgegevens zijn beschikbaar per deelgebied (west, midden, oost). Hierbij vallen alle locaties ten westen van Terneuzen onder west en alle locaties ten oosten van Hansweert onder oost. Midden omvat dan alle locaties tussen Terneuzen en Hansweert.

De data voor de broedvogels zijn ruimtelijk gedetailleerder (Figuur 8-18 en Tabel 8-2). Het voorkomen van de soort in de tellingen wordt ruimtelijk weergegeven, samen met de ontwikkeling van het totaal aantal broedparen.



Figuur 8-18: Telplaatsen broedvogels Westerschelde.

Tabel 8-2: Telplaatsen broedvogels Westerschelde

Telgebied	Telgebied
Baalhoek, Schor Baalhoek-Paal	Kruiningen, Simon Hendrikshoek, zeedijk
Baarlandpolder, Kruispolder, zeedijk	Kruiningen, Veerhaven-Waarde, zeedijk
Baarland, Baarlandpolder, St.Jacobspolderweg	Nieuwdorp, Sloekreek Noord
Baarland, Schor van Baarland	Oudelande, Everingepolder
Baarland, Uienfabriek	Ritthem, Rammekenshoek, natuurbouw
Bath, Bath-Grens	Ritthem, Strand Rammekenshoek
Bath, voormalig Schor	's-Gravenpolder, Biezelingse Ham binnendijks
Biervliet, Elizabethpolder	's-Gravenpolder, Biezelingse Ham, zeedijk
Borssele, Borsselepolder, Sloebos	's-Gravenpolder, Boonepolder, natuurbouw

Telgebied	Telgebied
Borssele, Kaloot	's-Gravenpolder, Hoedekenskerke-Biez.Ham, zeedijk
Borssele, Kerncentrale-Hoek van Borssele, zeedijk	's-Gravenpolder, Willem-Annapolder, zeedijk
Borssele, Luxemburgweg, noordzijde	Terneuzen, Braakman Noord
Borssele, Quarleshaven	Terneuzen, Braakman Noord, eiland
Borssele, Sloehaven	Terneuzen, Braakmanhaven
Borssele, Staartsche Nol-Coudorpe, zeedijk	Terneuzen, Braakmanpolder, Noord
Borssele, Staartsche Nol-Hoek van Borssele,zeedijk	Terneuzen, Braakmanpolder, Savoyaard
Borssele, Total e.o.	Terneuzen, Braakmanpolder, West
Borssele, van Cittershaven	Terneuzen, centrum
Ellewoutsdijk, Coudorpe, natuurbouw	Terneuzen, DOW Nieuw Neuzenpolder II
Ellewoutsdijk, Inlaag Ellewoutsdijk	Terneuzen, Eendragtpolder, zeedijk
Ellewoutsdijk, Trenteweg, natuurbouw	Terneuzen, haven, schiereiland
Ellewoutsdijk, Zuidgors	Terneuzen, Margarethapolder, natuurbouw
Hansweert, Haven	Terneuzen, sluiscomplex
Hansweert, Kapellebank-Hansweert, zeedijk	Verdronken land van Saeftinge
Hoedekenskerke, Polder Hoedekenskerke, natuurbouw	Vlissingen, Bijleveldhaven
Hoofdplaat, Hoofdplaat-Nummer Een, zeedijk	Vlissingen, havengebied
Hoofdplaat, Hoofdplaatpolder, natuurbouw	Waarde, Schor
Hoofdplaat, Plaskreek	Walsoorden, Perkpolder, natuurbouw
Kloosterzande, Hellegatpolder, zeedijk	Walsoorden, Perkpolder, zeedijk
Kloosterzande, Molenpolder, natuurbouw	Westerschelde, Hooge Platen
Kloosterzande, Molenpolder, zeedijk	

8.2.2.4 Foerageergebied (droogvalduur 30-70%)

Omdat de aantallen vogels (zoals bepaald door vogeltellingen) sterk fluctueren en ook sterk afhankelijk zijn van factoren buiten het estuarium, werd ook een analyse uitgevoerd naar het areaal aan potentieel foerageergebied voor steltlopers in de Westerschelde, concreet het laagdynamisch litoraal. 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. Echter, het droogvallen gedurende een groot deel van het getij levert minder goede leefomstandigheden op voor de bodembewoners van de platen. En kort droogvallen betekent dat vogels die bodemdieren eten minder tijd hebben om hun voedsel te verzamelen. De combinatie van het voedselaanbod (bodemdieren) en de foerageerduur tezamen bepaalt de omstandigheden voor de steltlopers. De optimale droogvalpercentages voor foeragerende steltlopers variëren echter tussen soorten. In deze rapportage wordt uitgegaan van een algemene voorkeur van steltlopers voor een droogvalpercentage tussen de 30% en 70% (Alkyon, 2006).

Om waterstanden die corresponderen met een droogvalduur van 30% en 70% te bepalen werden de ruwe waterstandsmetingen in Vlissingen, Terneuzen, Hansweert, Bath en Prosperpolder gebruikt (zie sectie 5.1). Hierop werd per jaar de 30ste en 70ste percentiel van het waterpeil bepaald. De 30%- en 70%-peilen werden vervolgens ruimtelijk geïnterpoleerd over het laagdynamisch litoraal van de Westerschelde. Vervolgens werden deze peilen vergeleken met de jaarlijks opgemeten bathymetrieën (zie Bijlage D).

8.2.3 Niet-Broedvogels

8.2.3.1 Temporele analyse seizoensgemiddelden 1987-2018

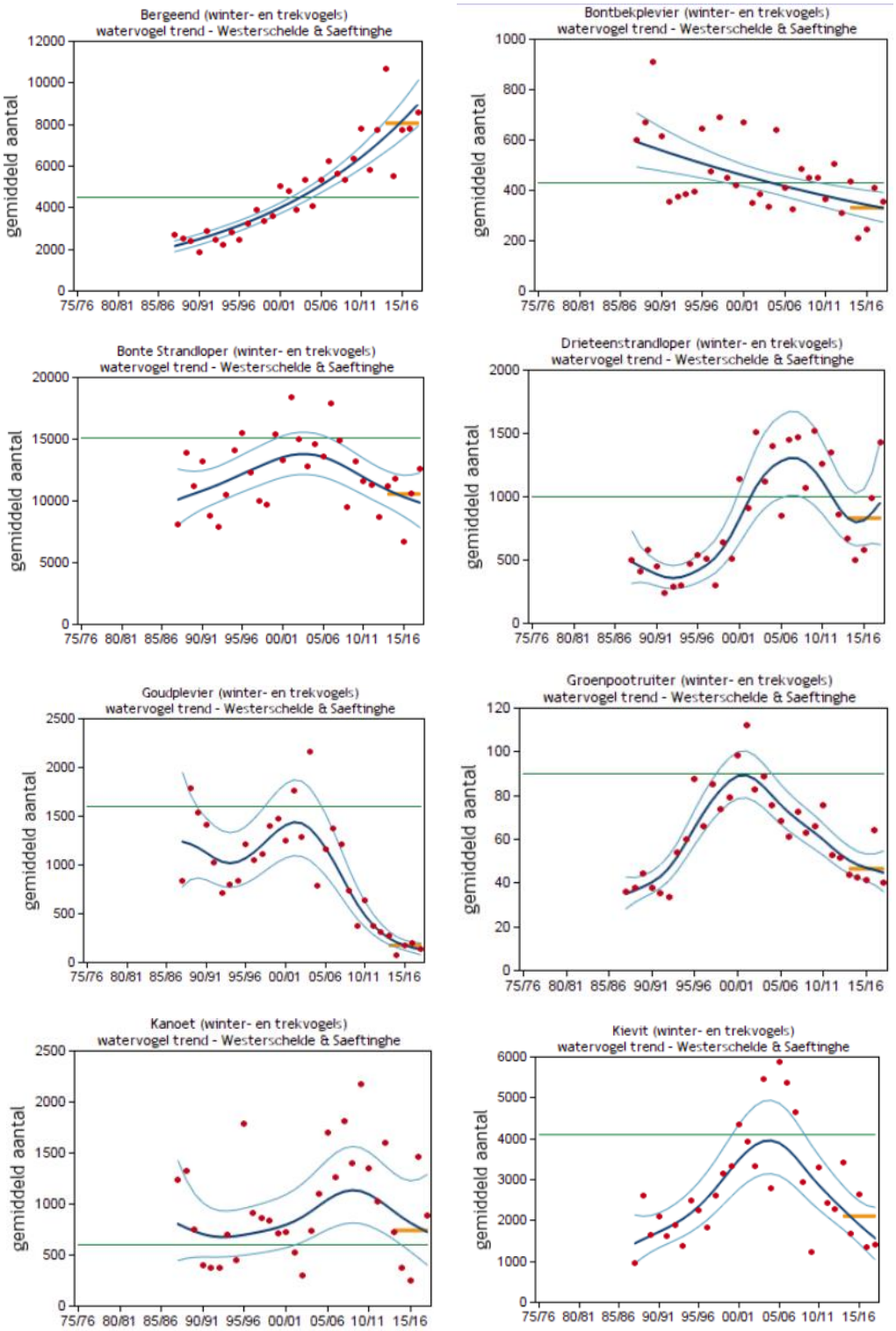
Hieronder worden de resultaten van de vogeltellingen tussen 1987 en 2018 weergegeven (Figuur 8-19 t/m Figuur 8-23). Alle hier getoonde grafieken en gegevens zijn ontleend aan het watervogelmeetnet dat door Sovon Vogelonderzoek Nederland in het kader van het Netwerk Ecologische Monitoring wordt georganiseerd.

Voor de **benthivore soorten** blijkt dat enkel de bergeend en wulp een langdurige positieve trend kennen, terwijl er bijna voor alle andere soorten voornamelijk een langdurige afname van de populatie zichtbaar is (Figuur 8-19 tot Figuur 8-21). Voor enkele soorten bestond deze achteruitgang van de populatie reeds sinds de jaren '80 of '90 van de vorige eeuw, zoals bij de bontbekplevier en strandplevier. Ook voor de meeste andere vogelsoorten is de negatieve trend reeds zichtbaar vóór de derde verruiming. Bij de drieteenstrandloper, kanoet en kluut vond een afname in populatie plaats sinds 2009-2010, maar deze kende opnieuw een toename tijdens de laatste 2 seizoenen.

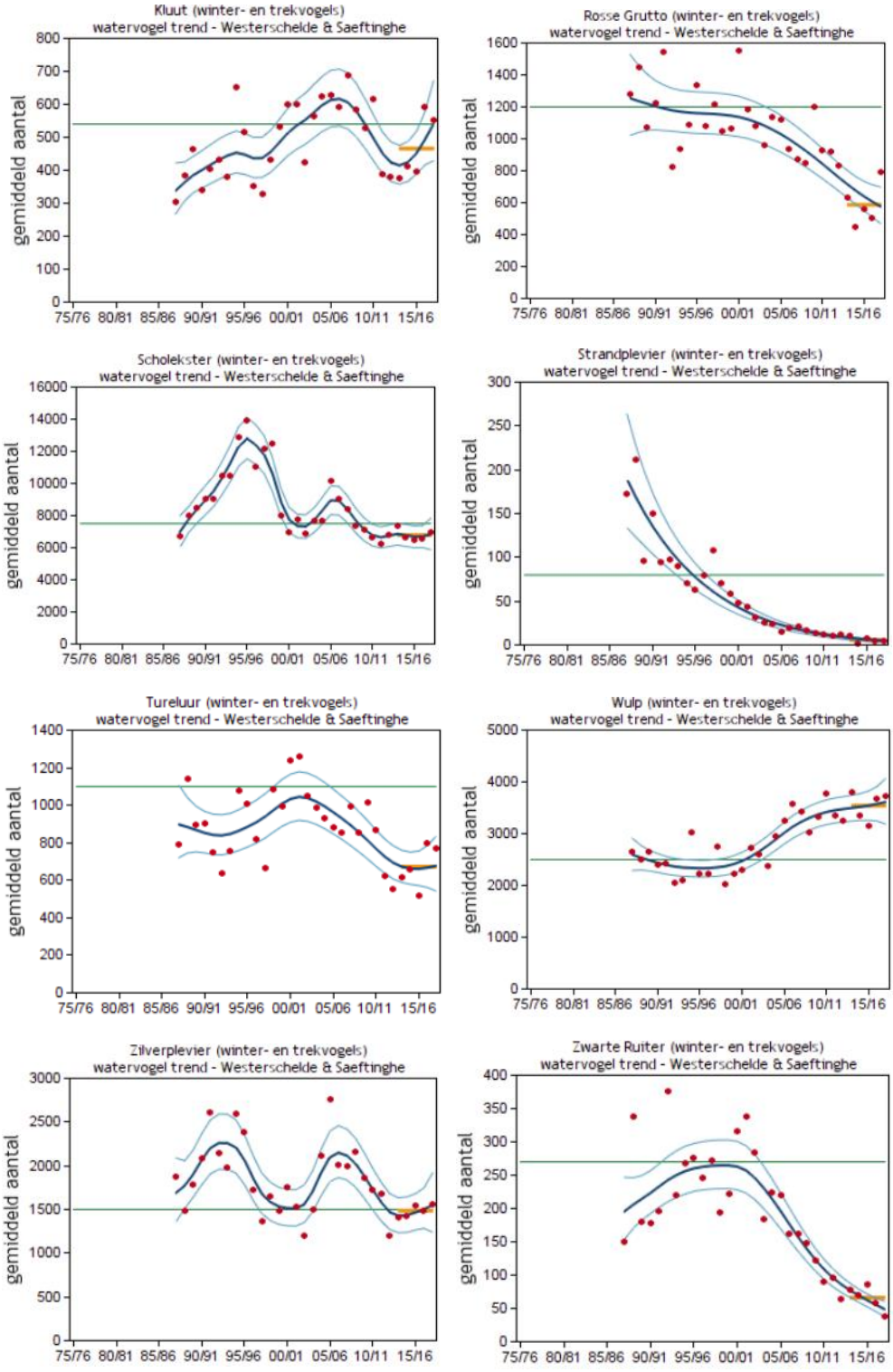
Voor de **herbivore soorten**, waaronder de ganzen en eenden, is in de seizoensgemiddelden een toename zichtbaar voor de krakeend. De pijlstaartaantallen blijven na een afname sinds de eeuwwisseling de laatste 10 jaar min of meer stabiel. Voor de andere herbivore soorten is er echter reeds 15 jaar of meer een afname zichtbaar.

Bij de **omnivore soorten** gaan de populaties van de wintertaling (sinds 2005) en de slobeend (sinds 1995) erop vooruit, maar de steenloper blijft sinds de jaren '80 achteruitgaan.

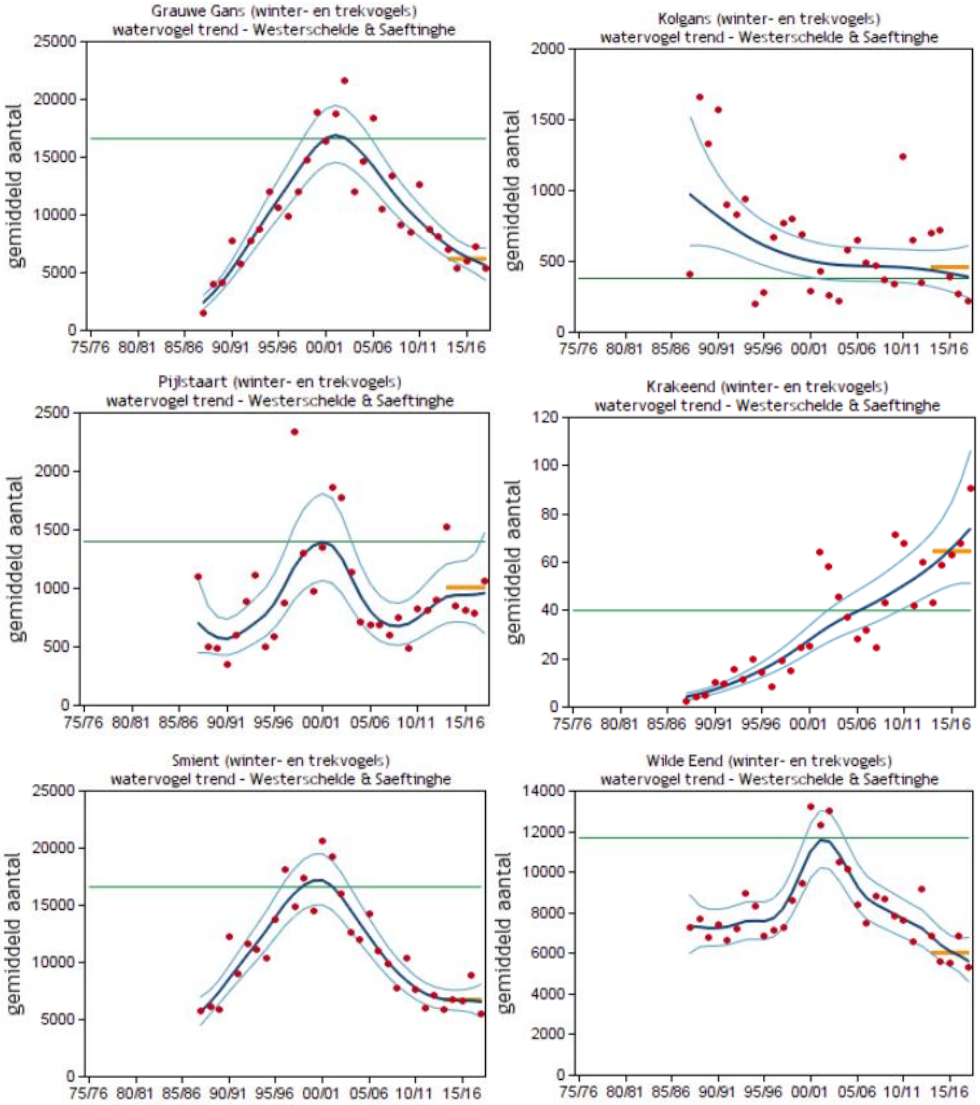
Als besluit wordt gesteld dat voor de belangrijkste groep gerelateerd aan het estuarium, de benthivoren, hoofdzakelijk een negatieve trend wordt vastgesteld in de populatieomvang, maar dat deze voor een belangrijk deel reeds bestond vóór de derde verruiming. Omwille van het beperkt aantal datapunten, is een significante statistische uitspraak hieromtrent moeilijk te maken. Daarom wordt in het syntheserapport ingegaan op enkele invloedsfactoren.



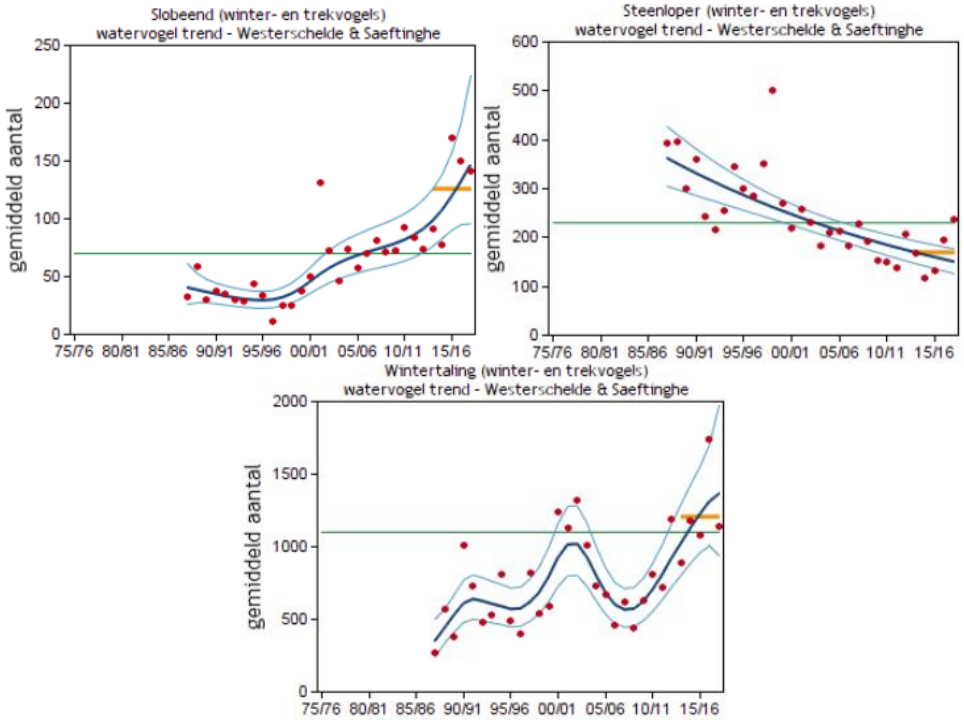
Figuur 8-19: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **benthivore vogels** in de Westerschelde. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)



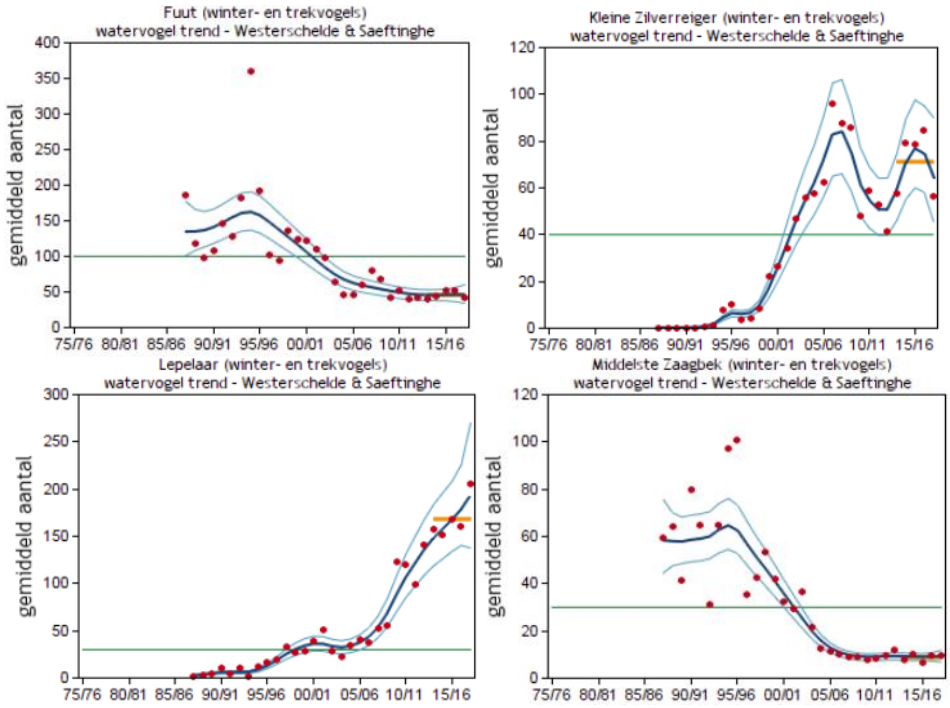
Figuur 8-20: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **benthivore vogels** in de Westerschelde. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)



Figuur 8-21: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **herbivore vogels** 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 instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)



Figuur 8-22: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **omnivore vogels** 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 instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)



Figuur 8-23: Evolutie van de seizoensgemiddelde juli t/m juni (rode punten) van de **vogels die minder afhankelijk zijn van 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 instandshoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)

8.2.3.2 Instandhoudingsdoelstellingen en Ramsar

Er zijn een aantal niet-broedvogels in de Westerschelde waarvoor er een instandhoudingsdoelstelling (IHD) bestaat, gebaseerd op seizoengemiddelden. Voor de IHD soorten van de Westerschelde zijn de seizoengemiddeldes (juli jaar n – juni jaar n+1) afgewogen ten opzichte van de Natura 2000 instandhoudingsdoelstelling. In Tabel 8-3 is weergegeven of de soorten al dan niet aan de IHD voldoen. Ook in Figuur 8-19 tot Figuur 8-23 zijn de IHD's aangegeven voor de niet-broedvogels. Tussen 2009 en 2018 voldeden de bergeend, de kleine zilverreiger, de krakeend, de lepelaar, de slobeend en de wulp aan de IHD norm. De kanoet voldoet na 2 slechte seizoenen sinds 2017 opnieuw aan de norm. Ook de kluut haalt na lange tijd opnieuw de IHD sinds 2017, en de drieteenstrandloper en steenloper sinds 2018. De kolgans daarentegen voldoet de laatste 2 seizoenen niet meer aan de norm. De andere soorten halen de IHD helemaal niet of slechts sporadisch.

Enkel de bergeend, lepelaar en pijlstaart voldeden de laatste 3 seizoenen aan de 1% norm van Ramsar (wpe.wetlands.org). Onder de Ramsar Conventie (Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat) zijn naast twee criteria in algemene bewoordingen ook numerieke criteria geformuleerd voor een wetland van internationale betekenis. Wetlands zijn onder andere van internationaal belang wanneer er regelmatig meer dan 20 000 watervogels voorkomen, of er regelmatig meer dan 1% van een totale geografische populatie van een watervogelsoort van het gebied gebruik maakt.

Tabel 8-4 geeft de trends weer in de rest van het Deltagebied gebaseerd op het rapport van Van der Winden *et al.* (2017), en in Nederland en de Westerschelde gebaseerd op onderzoek van Sovon. Uit deze tabel blijkt dat voor enkele soorten (o.a. bontbekplevier, grauwe gans 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).

Tabel 8-3: Vergelijking seizoensgemiddeldes (juli jaar 1 – juni jaar 2) 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
Bergeend	4500	6379	7815	5796	7756	10703	5540	7718	7791	8585
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
Fuut	100	42	52	41	42	40	44	53	52	41
Goudplevier	1600	373	638	374	316	279	74	180	205	143
Grauwe gans	16600	9617	12750	7612	8146	7008	5314	5967	7270	5432
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
Kleine zilverreiger	40	48	59	53	41	58	79	78	85	56
Kluut	540	529	616	386	378	378	410	397	594	551
Kolgans	380	156	1182	556	345	697	716	391	272	223
Krakeend	40	71	68	42	60	43	59	63	68	90
Lepelaar	30	123	120	100	142	157	152	168	160	205
Middelste zaagbek	30	8	9	10	12	8	10	6	10	9
Pijlstaart	1400	493	821	812	895	1526	850	810	794	1058
Rosse grutto	1200	1203	925	923	834	633	449	557	508	789
Scholekster	7500	7138	6678	6250	6782	7370	6604	6495	6528	6923
Slobeend	70	72	93	83	74	91	77	170	150	141
Smient	16600	10330	7627	5952	7153	5932	6737	6599	8876	5541
Steenloper	230	152	151	139	208	168	116	133	195	236
Strandplevier	80	13	12	10	12	11	2	8	4	5
Tureluur	1100	1013	866	624	554	619	659	515	796	773

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
Wilde eend	11700	7854	7613	6550	9157	6869	5581	5517	6878	5336
Wintertaling	1100	631	811	715	1189	890	1182	1084	1739	1138
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

Tabel 8-4: Trends in aantalsveranderingen van een aantal pleisterende watervogelsoorten in de Westerschelde, Nederland (Sovon, RWS, CBS) en in het Deltagebied (van der Winden et al., 2017)

Soort	Trend Westerschelde 2006/2007-2017/2018	Trend Deltagebied 2005-2015	Trend Nederland 2006/2007-2017/2018
Bergeend	Toename	Stabiel	Toename
Bontbekplevier	Afname	Afname	Toename
Bonte strandloper	Afname	Stabiel	Stabiel
Drieteenstrandloper	Onzeker	Stabiel	Toename
Fuut	Onzeker	Stabiel	Stabiel
Goudplevier	Sterke afname	Afname	Afname
Grauwe gans	Afname	Afname	Toename
Groenpootruiter	Afname	Sterke afname	Afname
Kanoet	Onzeker	Sterke afname	Toename
Kievit	Afname	Niet gekend	Afname
Kleine zilverreiger	Onzeker	Niet gekend	Onzeker
Kluut	Stabiel	Afname	Afname
Kolgans	Onzeker	Stabiel	Stabiel
Krakeend	Toename	Sterke toename	Toename
Lepelaar	Sterke toename	Toename	Toename
Middelste zaagbek	Stabiel	Stabiel	Stabiel
Pijlstaart	Onzeker	Stabiel?	Toename
Rosse grutto	Afname	Stabiel	Stabiel
Scholekster	Afname	Afname	Afname
Slobeend	Toename	Toename	Toename
Smient	Afname	Afname	Stabiel
Steenloper	Afname	Niet gekend	Stabiel
Strandplevier	Sterke afname	Niet gekend	Sterke afname
Tureluur	Afname	Afname	Afname
Wilde eend	Afname	Niet gekend	Afname
Wintertaling	Toename	Niet gekend	Stabiel
Wulp	Stabiel	Toename	Stabiel
Zilverplevier	Afname	Stabiel	Stabiel
Zwarte ruiter	Sterke afname	Sterke afname	Afname

8.2.4 Broedvogels

De hiernavolgende figuren (Figuur 8-24 tot en met Figuur 8-26) illustreren de waarnemingen sinds 1979 voor de beschouwde broedvogelsoorten. Er zijn geen MWTL telgegevens van de blauwborst en de bruine kiekendief (als broedvogels opgenomen in de IHD doelstellingen). In de volgende tekst wordt verwezen naar de ontwikkelingen van de Deltapopulatie; deze informatie is verkregen uit de datarapporten van de kustbroedvogeltellingen (Arts *et al.*, 2019a; Lilipaly *et al.*, 2020).

De **grote stern** is sinds eind jaren '80 opgekomen in de Westerschelde, toen ook op Deltapopulatieniveau een toename ingezet werd. Hun voorkomen is beperkt tot de Hooge Platen. In het verleden fluctueerde het aantal broedparen in de Westerschelde; in 2006 werden geen paren geteld, terwijl er wel aan de Haringvliet en op de zuidkust van Schouwen voorkwamen. In 2011 werden eveneens een relatief laag aantal broedparen waargenomen (705), in 2010 nog 3700. Sinds 2012 is het aantal broedparen stabiel en varieert het tussen 2000 en 2600, waarmee deze kolonie een derde tot de helft van de Deltapopulatie vormt.

Het aantal broedparen van de **dwergstern** schommelde op lange termijn rond de 100 à 150. In 2018 en 2019 nam het aantal broedparen opnieuw beduidend af, na enkele jaren van herstel, naar respectievelijk 48 en 34 broedparen. De afname sinds 2013 doet zich voor in het hele Deltagebied. De Hooge Platen vormen de laatste jaren de belangrijkste broedplaats in de Westerschelde.

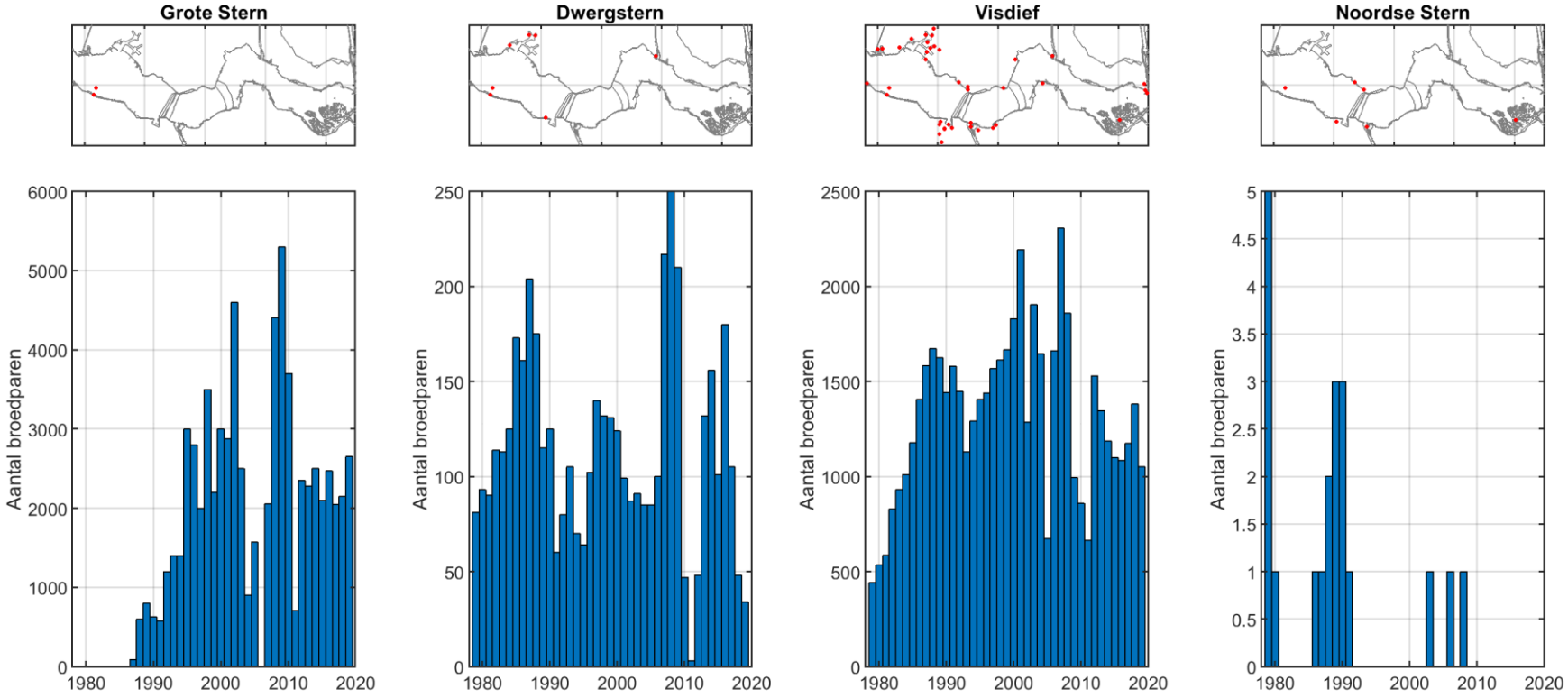
De **visdief** is sinds de jaren '90 vrij stabiel gebleven, afgezien van een periode met een terugval naar minder dan 1000 paren tussen 2009 en 2011. De periode 2012-2019 kent wel een dalende trend in de Westerschelde populatie, hoewel de aantallen in 2018 opnieuw hoger lagen. De Deltapopulatie is echter de laatste 10 jaar stabiel gebleven. 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 **Noordse stern** is komt slechts occasioneel voor in de Westerschelde, en wordt niet nader besproken.

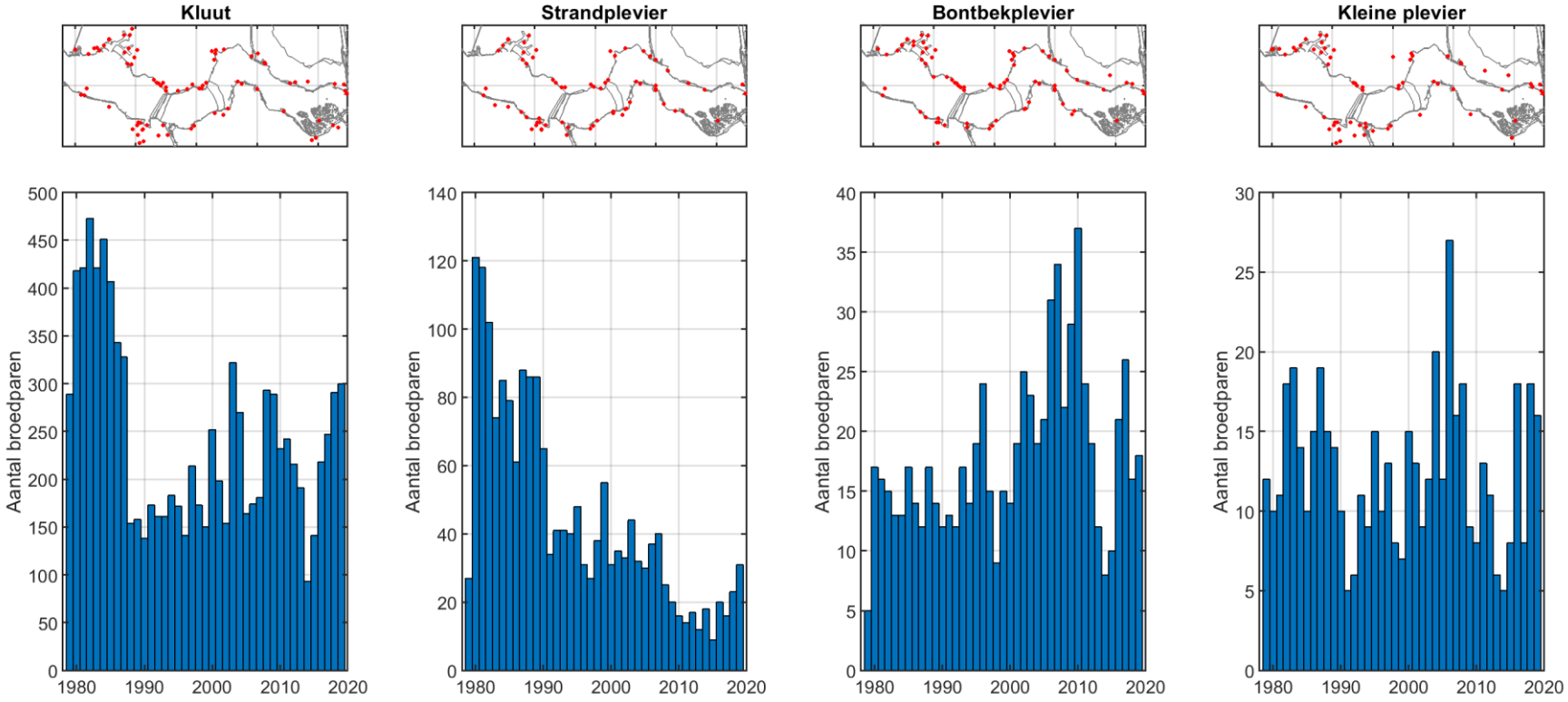
De **kluut** kende in de Westerschelde een sterke terugval in het aantal broedparen eind jaren '80. De kluut leek de voorbije twee decennia enigszins te herstellen, tot populaties van rond de 300 broedparen in 2003, 2008 en 2009. In 2014 daalde de populatie opnieuw sterk tot minder dan 100 paren, maar steeg vervolgens gestaag weer tot 300 paren in 2019. De Deltapopulatie is stabieler gebleven over deze lange periode hoewel er na 2003 een afname zichtbaar is; de Westerscheldepopulatie is slechts een fractie van de gehele populatie (grootteorde van 10% in 2019).

De **strandplevier** kent op Deltapopulatieniveau een terugval van ca. 500 broedparen in 1980 tot een dieptepunt van ca. 106 broedparen in 2018. Gezien de negatieve trend is het verrassend dat er in 2019 135 broedparen werden geteld, het hoogste jaartotaal sinds 2012. Ook op niveau van de Westerschelde lijkt er opnieuw een licht positieve trend te bestaan na een decennialange afname. Sinds 2015 nemen de aantallen toe, van 9 in 2015 tot 31 in 2019.

De **bontbekplevier** en **kleine plevier** kennen een beperkte populatie in de Westerschelde. Doorheen de tijd varieert het aantal kleine plevieren sterk, maar in het Deltagebied kent de soort op lange termijn een toename. De bontbekplevier kende na een groei van de populatie tot 2010 een dieptepunt in 2014. In 2018 is het aantal broedparen opnieuw afgenomen ten opzichte van 2017, mogelijk veroorzaakt door extra sterfte onder volwassen broedvogels tijdens een late vorstinval eind februari 2018. De totale Deltapopulatie van de bontbekplevier is relatief stabiel.



Figuur 8-24: Ontwikkeling van het aantal broedparen van sternen tussen 1979 en 2019



Figuur 8-25: Ontwikkeling van het aantal broedparen van steltlopers tussen 1979 en 2019

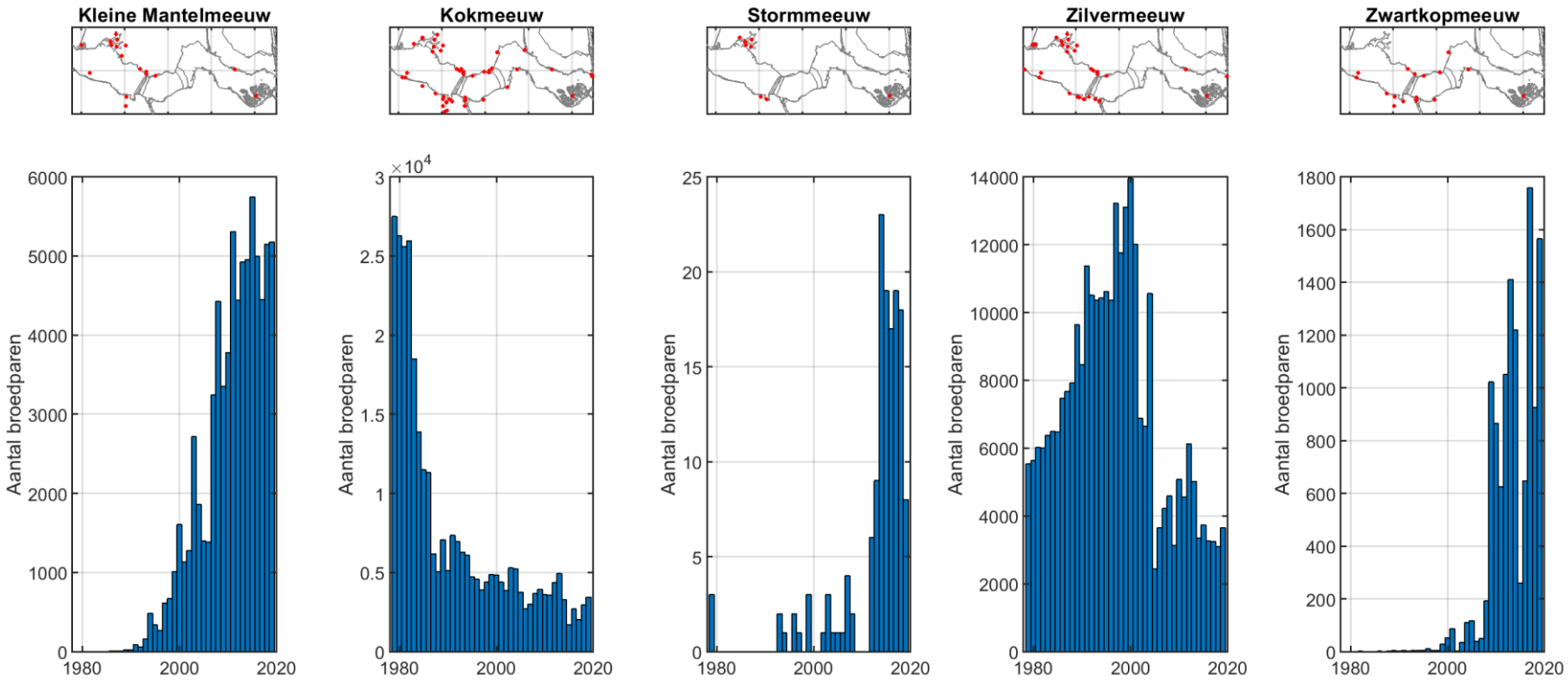
De **kleine mantelmeeuw** broedt in de Westerschelde hoofdzakelijk in het havengebied van Vlissingen. Sinds midden de jaren '90 is de soort aan een sterke toename bezig, maar de populatie lijkt zich te stabiliseren sinds 2011. In het Deltagebied stabiliseert de populatie zich sinds de eeuwwisseling. Het Sloegebied is een van de belangrijkste gebieden voor de soort, naast het Rotterdams havengebied (meer dan 20 000 paren). Merk op dat de **grote mantelmeeuw** nog niet is waargenomen in de Westerschelde, maar op populatieniveau in de Delta ook aan het toenemen is (48 paren in 2019).

Ook de **zwartkopmeeuw** doet het sinds 2009 goed in de Westerschelde met het aantal broedparen rond de 1000, hoewel er grote fluctuaties zijn tussen de verschillende jaren. Dit wordt veroorzaakt doordat vogels van de Deltapopulatie zich het ene jaar in Nederland vestigen en het andere jaar net over de grens in het Antwerps havengebied en in Het Zwin. Ook overspoelingen van Hooge Platen, de grootste kolonie, zorgt af en toe voor een terugval, zoals bijvoorbeeld gebeurde in 2015. De populatie herstelde zich echter en in 2017 en 2019 werden opnieuw hoge aantallen geteld.

De broedpopulatie van de **kokmeeuw** blijft na een forse afname in de eerste helft van de jaren negentig lichtjes afnemen, al stijgen de aantallen sinds 2015. Ook in de Delta nam het aantal na enkele magere jaren (2015 en 2017) in 2018 en 2019 weer toe tot het hoogste aantal broedparen sinds 1994.

De **stormmeeuw** kwam in de Westerschelde slechts occasioneel voor tot 2012, maar sindsdien lijkt er een groeiende populatie te ontstaan, hoofdzakelijk in het Sloegebied en de Braakman. In 2019 kende de populatie in de Westerschelde een sterke achteruitgang. Op Deltaniveau kent de stormmeeuw een vrij stabiele populatie van 500 à 700 paren. Tussen 2015 en 2017 werd een groter gebied geteld (in het Rotterdamse havengebied), waardoor de grote populatie nu rond 1000 paren ligt.

De **zilvermeeuw** kende een piek in de populatie eind jaren '90 (14 000 paren), en is sindsdien teruggevallen naar 3000 à 4000 paren die relatief stabiel lijkt te zijn. De trend van de zilvermeeuw in het Deltagebied is negatief op de lange termijn.



Figuur 8-26: Ontwikkeling van het aantal broedparen van meeuwensoorten tussen 1979 en 2019

Voor een aantal broedvogels bestaat een **instandhoudingsdoelstelling** (IHD) gebaseerd op seizoengemiddelden (Holzhauer *et al.*, 2011b). De toetsing in dit rapport omvat zeven soorten kustbroedvogels die ook in de T2009 en T2015 rapportage (T2009 Consortium, 2013; T2015 Consortium, 2018b) aan bod komen, namelijk de bontbekplevier, dwergstern, grote stern, kluut, strandplevier, visdief, zwartkopmeeuw. Tabel 8-5 geeft voor deze soorten het IHD regiodoel voor de volledige ZW Delta, het in (Holzhauer *et al.*, 2011b) vermelde streefdoel voor de Westerschelde, en het maximaal aantal broedparen waargenomen in de periode 2014-2019 weer.

Het behalen van het streefdoel voor de Westerschelde verschilt van soort tot soort. Enkel voor de bontbekplevier en zwartkopmeeuw wordt het streefdoel in minstens 5 van de voorbije 6 jaar gehaald. Voor de kluut is er opnieuw een stijging in aantallen waardoor het streefdoel de laatste 4 jaar opnieuw gehaald wordt. Ook de strandplevier kent een stijging, maar blijft onder de IHD grens. De grote stern en visdief halen ook in geen enkel jaar binnen de periode 2014-2019 het streefdoel. De dwergstern kent een sterke terugval in 2018 en 2019 waardoor de IHD niet meer gehaald wordt.

Tabel 8-5: 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

8.2.5 Potentieel foerageergebied (droogvalduur 30-70%)

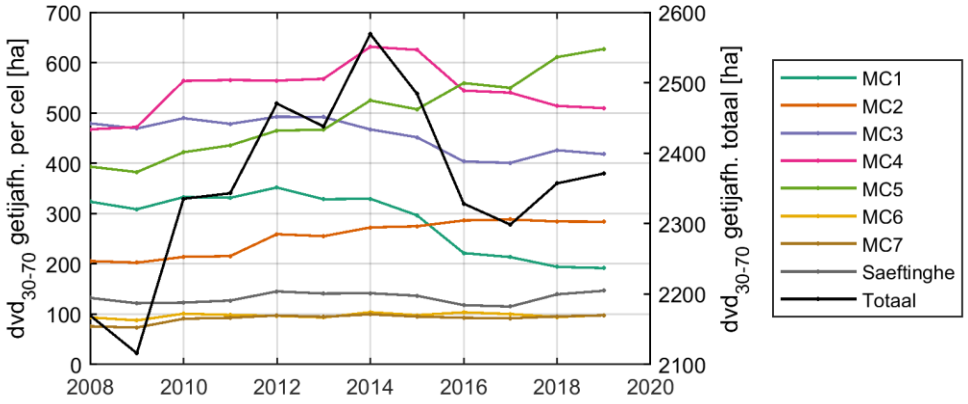
Het potentieel foerageergebied voor steltlopers wordt in het kader van deze rapportage gedefinieerd als laagdynamisch litoraal met droogvalduur tussen 30% en 70% (zie ook sectie 6.7.1). Veranderingen in het areaal kunnen ofwel het gevolg zijn van morfologische veranderingen (bv. het steiler worden van de platen, aangroeien van slikken) of door wijzigingen in de waterstanden, bv. de getijslag (waardoor het 30%- en 70%-waterpeil wijzigt). De areaalveranderingen zijn daarom op twee manieren berekend.

De eerste berekeningsmethode, die zowel de morfologie als de veranderingen in waterstanden in rekening neemt, geeft het beste de evolutie van het effectieve foerageergebied voor vogels weer, gezien dit de werkelijke droogvalduur betreft. Voor de totale Westerschelde is er een geleidelijke stijging van het foerageerareaal zichtbaar van 2009-2014, gevolgd door een daling in 2014-2017. In 2018 en 2019 neemt het foerageerareaal echter opnieuw toe (Figuur 8-27). Op niveau van de macrocellen heeft zich in de periode 2008-2019 een stijging voorgedaan in macrocel 2 en 5 en een daling in macrocel 1 en 3, hoewel deze daling tijdens de laatste 4 jaar is afgezwakt. macrocel 4 kende een stijging tot 2014 gevolgd door een daling.

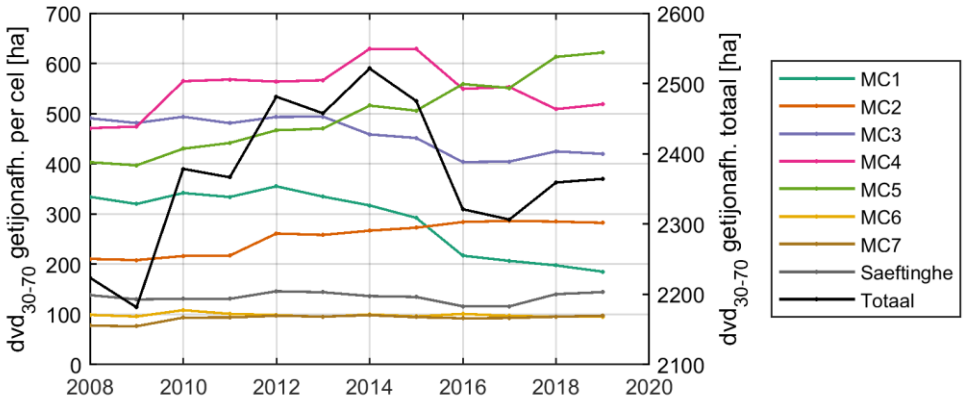
Echter, deze evolutie is het gevolg van twee variabelen – bathymetrie en waterstanden – en de achterliggende oorzaak van de waargenomen variatie in foerageergebied is daarom moeilijk te interpreteren. De getijslag kende in de periode 2008-2019 namelijk ook een stijging en daling als gevolg van de 18,6-jarige cyclus, en is daarom waarschijnlijk één van de verklaringen voor de wijzigingen in het foerageerareaal.

De evolutie op basis van de tweede berekeningsmethode is enkel het gevolg van morfologische veranderingen (Figuur 8-28). De resultaten volgen echter dezelfde, hoewel iets zwakkere, trends als de eerste berekeningsmethode. Het grootste effect is dus waarschijnlijk te wijten aan de morfologische veranderingen.

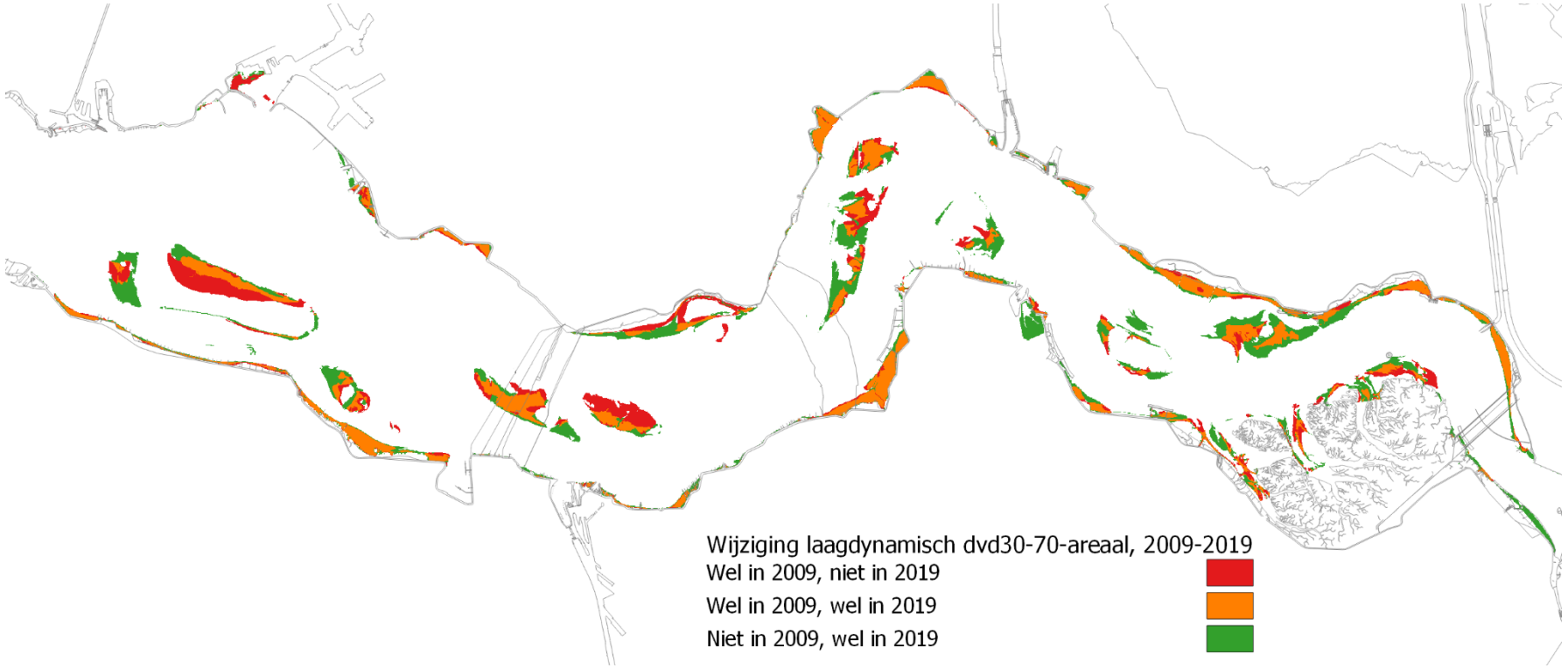
Figuur 8-29 geeft de wijzigingen in het potentieel foerageergebied ruimtelijk weer tussen 2009 en 2019. In macrocel 1 is zichtbaar dat het uitbreiden en verhogen van de Hooge Platen Noord nieuw potentieel foerageergebied heeft gecreëerd aan de noordrand van de plaat (groene kleur), maar dat er tegelijk een groot areaal 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 foerageergebied uitgebreid naar het zuiden en noorden, terwijl het centrale gedeelte is verhoogd. In macrocel 3 is een afname van het potentieel foergeergebied zichtbaar door ophoging ter hoogte van de Middelplaat, 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 8-27: dvd_{30-70}-laagdynamisch areaal berekend op basis van veranderende waterstanden, per macrocel.



Figuur 8-28: dvd_{30-70}-laagdynamisch areaal berekend op basis van constante waterstanden, per macrocel.



Figuur 8-29: Wijzigingen droogvalduurareaal tussen 2009 en 2019.

8.3 Zeehonden

8.3.1 Inleiding

Door de jaren heen is er sprake van een permanente aanwezigheid van drie zeezoogdiersoorten in de Westerschelde (Holzhauer *et al.*, 2011a), namelijk de gewone zeehond *Phoca vitulina*, grijze zeehond *Halichoerus grypus,* en bruinvis *Phocoena phocoena*. Deze drie soorten hebben een bijzondere status met specifieke instandhoudingsdoelstellingen in het kader van Natura 2000. In het Natura 2000 gebied Westerschelde en Saeftinghe moet bijvoorbeeld het areaal aan ongestoord gebied toenemen zodat het beter geschikt wordt voor de voortplanting van de gewone zeehond. Zowel de gewone als de grijze zeehond staan op de Rode Lijst van zoogdieren, in de Habitatrichtlijn (bijlage II en V) en in de Conventie van Bonn en Bern.

Zeehonden staan bovendien aan de top van de voedselketen en stellen belangrijke habitatvereisten. 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 zijn bij laagwater in de Westerschelde hoofdzakelijk te vinden op droogvallende zandplaten met een steile rand langs vrij diep water. Typische rustplaatsen zijn de Hooge Platen, de Molenplaat, de Rug van Baarland en de Zimmermangeul. Op die zandplaten worden in juni – juli bij laagwater jongen geboren en gezoogd.

Het aantalsverloop van gewone zeehonden in Nederland is redelijk goed gedocumenteerd. De pelsjacht op jonge dieren duurde tot begin jaren zestig (1961 in de Delta, 1962 in de Waddenzee) waarna gedurende een korte tijd enig herstel optrad. De populatie daalde vervolgens tot een dieptepunt door de voortzetting van de jacht tot 1974 op de populatie in het Duitse en Deense deel van de Waddenzee, door verontreiniging door PCB's, door de toename van verstoring door beroepsvaart en door watertoerisme. Sinds eind jaren negentig is een voorzichtig herstel waarneembaar in de Delta, voornamelijk dankzij immigratie vanuit de snel groeiende populatie in de Waddenzee. Inmiddels nemen de aantallen steeds meer toe en zijn de populaties in staat zich te herstellen na het uitbreken van virusziektes zoals in 1988 en 2002 (CLO, 2018; Hoekstein *et al.*, 2020). In 1994 werden voor het eerst na lange afwezigheid weer jonge zeehonden gevonden in de Westerschelde (Meininger *et al.*, 2003).

Sindsdien wordt jaarlijks een klein aantal jongen geboren, wat echter niet voldoende is om de groei te verklaren. De populatie is dus nog steeds aangewezen op immigratie vanuit andere gebieden in de Noordzee (Brasseur, 2018).

De grijze zeehond geeft de voorkeur aan rotsige kusten bij open zee en dankzij een dikke speklaag is deze zeehond goed beschermd tegen het koude zeewater. De grijze zeehond is slechts recent teruggekeerd en wordt de laatste jaren steeds vaker waargenomen in de Westerschelde.

Voor de verruiming van de vaargeul en het onderhoud in de jaren daarna is een ontheffing verleend in het kader van de Flora- en faunawet (kenmerk FF/75C/2008/0505). Het onderwerp van deze ontheffing is de verbodsbepalingen genoemd in artikel 11 van de Flora- en faunawet voor zover dit betreft het verstoren van voortplantings- of vaste rust- en verblijfplaatsen van de gewone zeehond en de grijze zeehond (aMT, 2010).



Figuur 8-30: Gewone zeehond (links) en grijze zeehond (rechts)
(bron: Wikimedia Commons)

In de Passende Beoordeling voor het onderhoud van de vaargeul (2015-2021) werden effecten op de geschiktheid van het leefgebied van zeezoogdieren uitgesloten (Arcadis, 2013).

De Natura 2000 instandhoudingsdoelstellingen voor de gewone zeehond in het Deltagebied omvat een regionale populatiedoelstelling van 200 exemplaren, en daarnaast moet in de Westerschelde en Saeftinghe het areaal aan ongestoord gebied toenemen om het geschikter te maken voor de voortplanting.

Het doel van onderhavige analyses is de evolutie nagaan van de zeehondenpopulatie in de Westerschelde tussen 2009 en 2019.

8.3.2 Data

8.3.2.1 MWTL

De Water, Verkeer en Leefomgeving dienst (WVL) van Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de uitvoering van het MWTL meetplan (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands – Milieumeetnet Rijkswateren). Sinds 2013 werken ze hiervoor samen met de Provincie Zeeland. Tellingen worden maandelijks uitgevoerd vanuit het vliegtuig.

Er wordt steeds een systematische vlucht tijdens laagwater gevlogen waarbij de gespotte jonge en volwassen individuen gewone zeehond *Phoca vitulina* en grijze zeehond *Halichoerus grypus* worden geteld.

Deze gegevens worden weergegeven in de rapportages "Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta" (Strucker *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2013; Arts *et al.*, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019b; Hoekstein *et al.*, 2020). Deze tellingen zijn volledig, met als uitzondering dat sinds seizoen 2014/2015 in september, oktober en november geen tellingen meer werden uitgevoerd.

8.3.2.2 Locaties

De getelde gegevens werden voor de analyse geaggregeerd per deelgebied (west, midden, oost). Hierbij vallen alle locaties ten westen van Terneuzen onder west en alle locaties ten oosten van Hansweert onder oost. Midden omvat dan alle locaties tussen Terneuzen en Hansweert. Het gebied waar volgens de Passende Beoordeling een negatief effect op de populatie werd verwacht (zie sectie 8.2.1) valt dus onder het gebied 'Oost'.

Tabel 8-6: Ligplaatsen per macrocel en deelgebied van de Westerschelde

Plaatnaam	Macrocel	Locatie in de Westerschelde
Hooge Platen (= De Bol)	1	West
Plaat bij Hoofdplaat	1/2	West
Hoge Springer	1	West
Lage Springer	3	Midden
Middelplaat	3	Midden
Molenplaat	4	Midden
Everingen	3	Midden
Plaat van Baarland	4	Midden
Plaat bij Straat van Willem	3	Midden
Rug van Baarland	4	Midden
Plaat van Ossenisse	4	Midden
Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse	5	Oost
Zimmermangeul	5	Oost

8.3.3 Analyses

8.3.3.1 Gewone zeehond

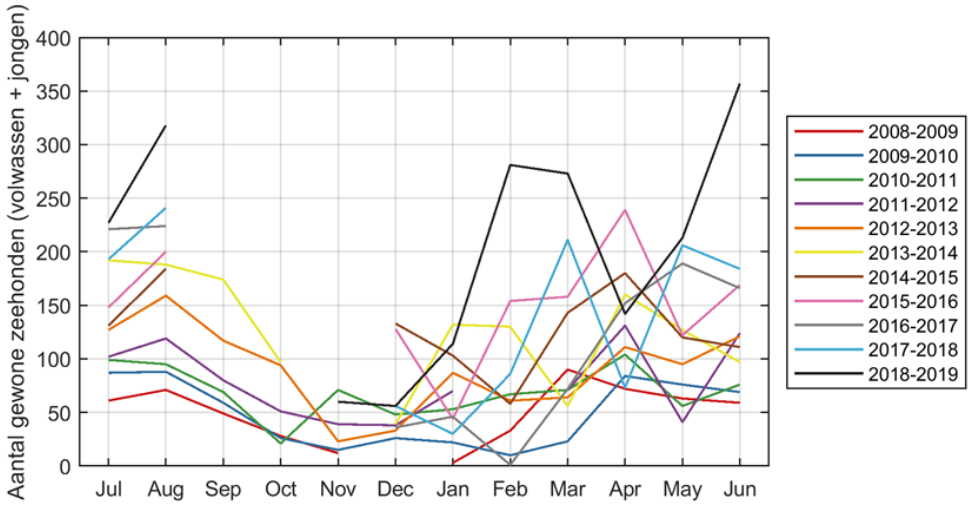
Uit de MWTL gegevens (Tabel 8-7) blijkt dat er een positieve trend bestaat voor de populatie gewone zeehonden in de Westerschelde. Zeker tijdens het seizoen van 2018-2019, zijn de aantallen opnieuw sterk gestegen tot een recordaantal. De hoogste aantallen gewone zeehonden, inclusief de jongen worden jaarlijks aangetroffen tussen april en augustus (Figuur 8-31).

Tabel 8-7: Tellingen MWTL van de gewone zeehond, inclusief de jongen ("-": tellingen werden niet uitgevoerd in de Westerschelde).

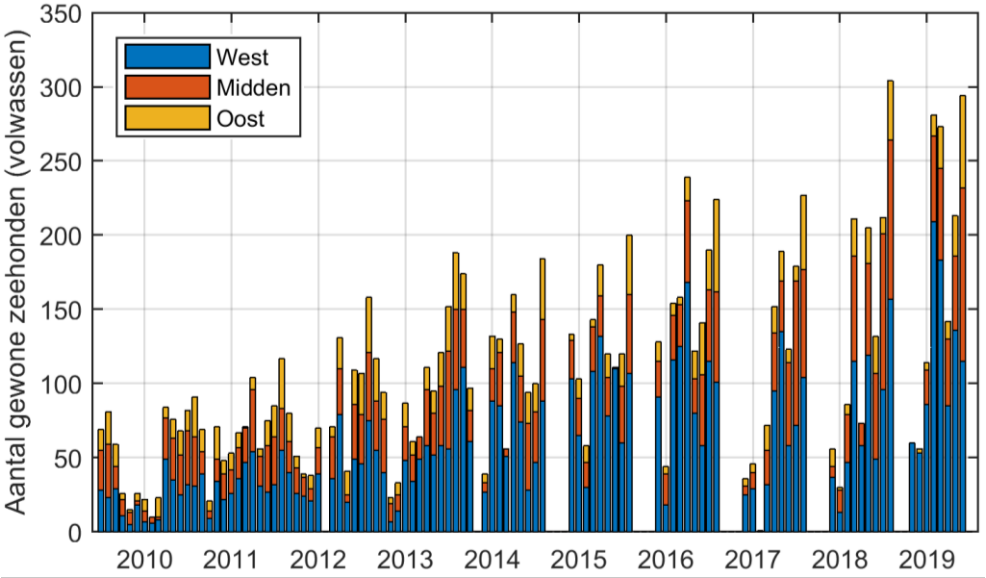
Totalen	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	Totaal
2000-2001	19	31	23	14	10	11	14	0	25	5	11	17	**180**
2001-2002	30	33	22	12	13	20	12	7	33	33	33	33	**281**
2002-2003	43	45	26	17	25	1	14	13	12	23	36	30	**285**
2003-2004	45	25	32	6	22	-	15	-	1	37	11	26	**220**
2004-2005	40	49	31	30	12	9	21	-	35	42	49	46	**364**
2005-2006	47	43	39	19	29	18	11	4	36	46	40	29	**361**
2006-2007	50	50	44	13	10	24	9	5	31	28	56	53	**373**
2007-2008	55	70	41	11	32	11	28	-	-	63	57	39	**407**
2008-2009	61	71	49	28	12	-	3	33	90	72	63	59	**541**
2009-2010	87	88	59	26	15	26	22	10	23	84	76	69	**585**
2010-2011	99	95	69	21	71	48	53	67	71	104	56	76	**830**
2011-2012	102	119	80	51	39	38	70	-	71	131	41	124	**866**
2012-2013	127	159	117	94	23	33	87	61	64	111	95	121	**1092**
2013-2014	192	188	174	97	-	39	132	130	56	160	127	97	**1392**

Totalen	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	Totaal
2014-2015	131	184	-	-	-	133	103	58	143	180	120	111	**1163**
2015-2016	148	200	-	-	-	128	44	154	158	239	122	169	**1362**
2016-2017	221	224	-	-	-	36	46	1	72	152	189	166	**1107**
2017-2018	193	241	-	-	-	56	30	86	211	73	206	184	**1280**
2018-2019	227	318	-	-	60	56	114	281	273	142	213	357	**2041**

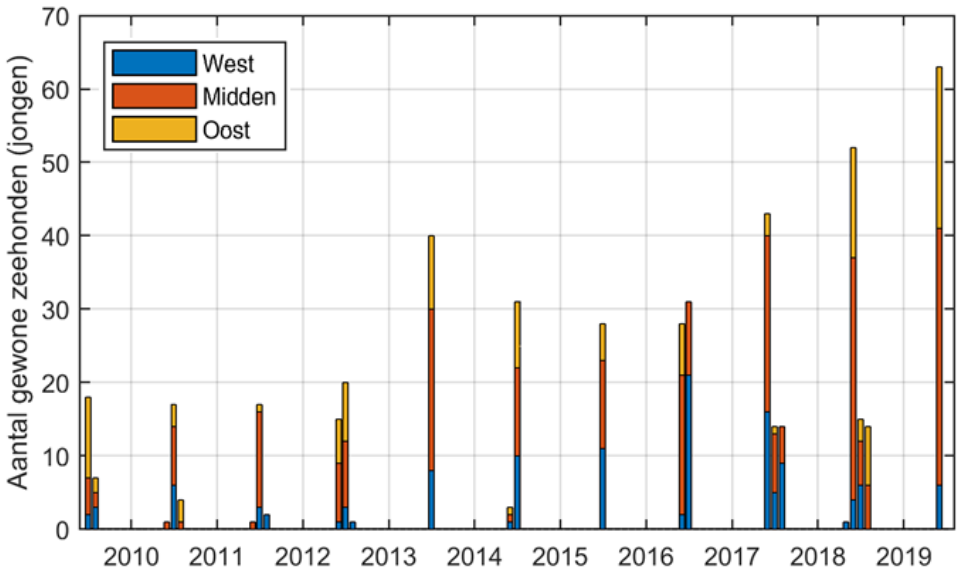
De hogere aantallen volwassen individuen worden voornamelijk geteld in het westelijk deel van de Westerschelde (Figuur 8-32) terwijl de hoogste aantallen jongen voornamelijk worden aangetroffen in het midden en de laatste jaren ook het oosten van de Westerschelde. Ook voor het aantal jongen is de trend positief (Figuur 8-33).



Figuur 8-31: Temporele evolutie van het aantal gewone zeehonden, inclusief de jongen, in de Westerschelde tussen juli 2008 en juli 2019.



Figuur 8-32: Spatiotemporele evolutie van het aantal volwassen gewone zeehonden in de Westerschelde tussen juli 2009 en juni 2019. De maanden zonder zeehondenaantallen zijn maanden zonder tellingen.

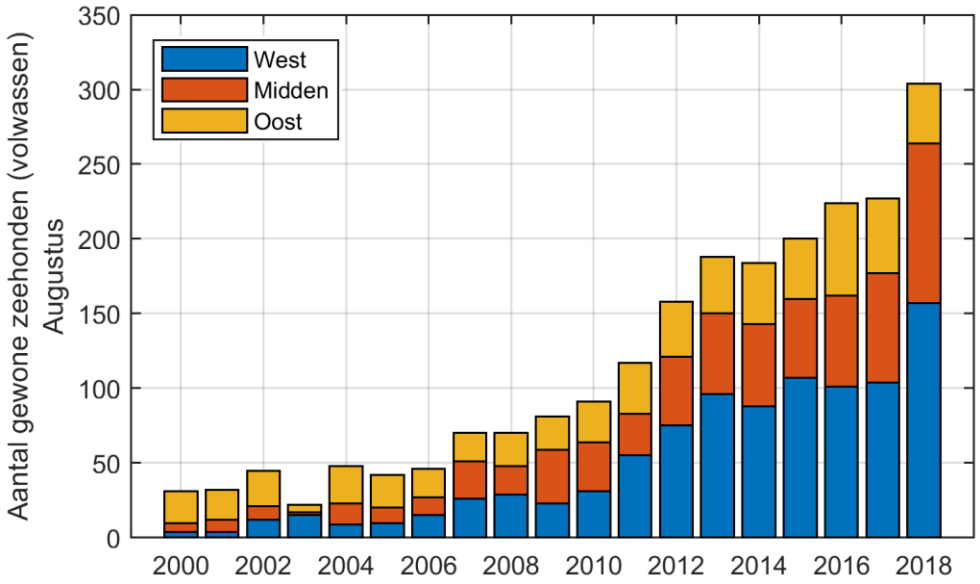


Figuur 8-33: Spatiotemporele evolutie van het aantal jonge gewone zeehonden in de Westerschelde tussen juli 2009 en juni 2019

Een niet-parametrische Seasonal Kendall test geeft aan dat de stijging van het aantal getelde gewone zeehonden tussen seizoen 2009/2010 en 2018/2019 significant is ($p<0,05$) en de trendmatige toename in aantal wordt op 13 individuen per jaar geschat.

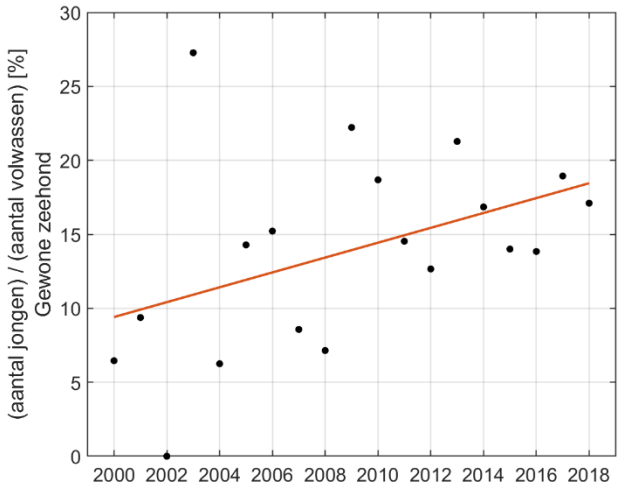
Uit onderzoek is gebleken dat de maand augustus de kleinste variatie in totale aantallen vertoont en bijgevolg het meest geschikt is voor het uitvoeren van een trendanalyse (Holzhauer *et al.*, 2011a).

In Figuur 8-34 worden de augustustellingen van de gewone zeehond weergegeven tussen 2000 en 2018. Hierin is duidelijk een stijging merkbaar in aantallen in de tijd en dan voornamelijk in het midden en westen van de Westerschelde. In 2018 zijn er in het midden en westen van de Westerschelde ook beduidend meer zeehonden geteld in vergelijking met de vorige jaren.



Figuur 8-34: Spatiotemporele evolutie van het aantal gewone zeehonden in de maand augustus in de Westerschelde tussen 2000 en 2018.

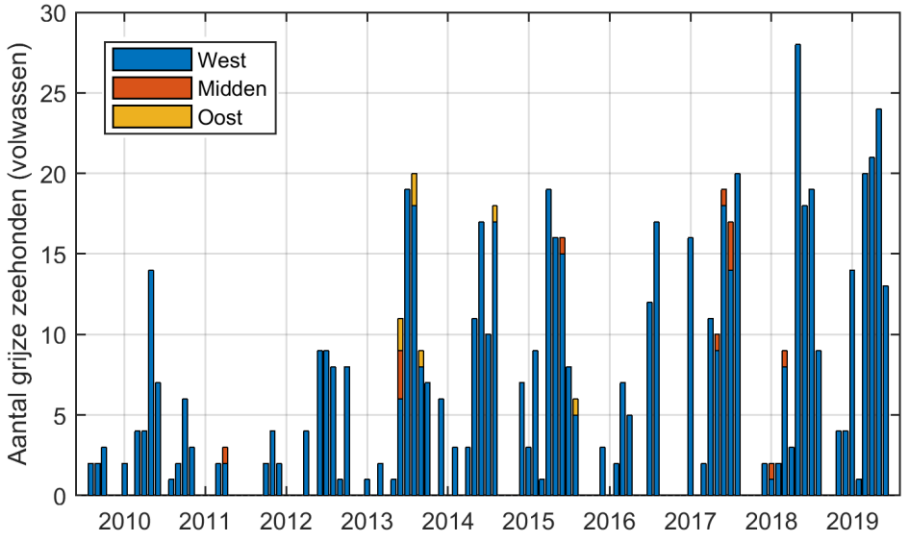
Figuur 8-35 geeft het percentage jongen weer van de populatie gewone zeehonden in de Westerschelde dat jaarlijks in juli werd geteld. Voor 2017 en 2018 werd echter de junitelling gebruikt, gezien de piek in het aantal pups in deze jaren vroeger in het seizoen plaatsvond (zie ook Figuur 8-33). Voor het aantal volwassen zeehonden werd steeds de augustustelling gebruikt. Ook in deze verhouding is een stijging waar te nemen, wat aanduidt dat de populatie steeds stabieler wordt.



Figuur 8-35: Percentage van het aantal jongen (2000-2016: juli telling; 2017-2018: juni telling) in de populatie gewone zeehonden (augustus telling).

8.3.3.2 Grijze zeehond

Er worden beduidend minder grijze zeehonden (maximum aantal: 28) dan gewone zeehonden (maximum aantal: 304) aangetroffen in de Westerschelde. Uit Figuur 8-36 blijkt dat er sinds de zomermaanden van 2013 meer grijze zeehonden worden 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, en slechts enkele malen ook in het midden en het oosten. Het aantal jonge grijze zeehonden blijft beperkt, er werden slechts 9 pups aangetroffen in de Westerschelde tussen 2009 en 2019, namelijk in 2 in februari 2014, 1 in januari 2017, 1 in januari 2018, 2 in december 2018, 1 in januari 2019 en 2 in april 2019, allen in het westelijke deel.



Figuur 8-36: Spatiotemporele evolutie van het aantal volwassen grijze zeehonden in de Westerschelde tussen juli 2009 en juni 2019.

9 Referenties

Alkyon (2006). Plaatmorfologie Westerschelde. Veranderingen in de plaatmorfologie van de Westerschelde en de gevolgen voor het steltloperhabitat: onderzoeksrapport.

aMT (2010). Voortgang van de verruiming vaargeul Westerschelde en resultaten monitoring gewone zeehond. Rapportage i.k.v. Flora- en faunawetontheffing.

Arcadis (2013). Passende beoordeling en natuurtoets. Onderhoud vaargeul Westerschelde (vergunning 2015-2021). B02043.000247.0100.

Arcadis (2014). Ecotopen in de Westerschelde. 7210A/KR-RVB-2–2014.

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. (2019a). Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2018. Rijkswaterstaat, Delta Project Management.

Arts F.A., Hoekstein M.H.J., Lilipaly S., van Straalen K.D., Wolf P.A. & Sluijter M. (2018). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2015/2016. Rijkswaterstaat, Delta Project Management.

Arts F.A., Hoekstein M.H.J., Lilipaly S., van Straalen K.D., Wolf P.A. & Sluijter M. (2019b). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2017/2018. Rijkswaterstaat, Delta Project Management.

Arts F.A., Hoekstein M.H.J., Lilipaly S., van Straalen K.D., Wolf P.A. & Wijnants L. (2017). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2015/2016. Rijkswaterstaat, Delta Project Management.

Arts F.A., Lilipaly S. & Strucker R.C.W. (2014). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2012/2013.

Arts F.A., Lilipaly S. & Strucker R.C.W. (2015). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2013/2014.

Arts F.A., Lilipaly S. & Strucker R.C.W. (2016). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2014/2015.

ATKB (2019). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Westerschelde, Monsternamecampagne 2019.

Bouma H., de Jong D.J., Twisk F. & Wolfstein F. (2005). Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1) Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren. (RIKZ/2005.024). Rijkswaterstaat.

Brasseur S. (2018). Stranding and rehabilitation in numbers: population development and stranding data on the Dutch coasts 1990-2016 : analysis of new data from a public database. Wageningen Marine Research.

Brouwers J., Peeters B., Van Steertegem M., van Lipzig N., Wouters H., Beullens J., Demuzere M., Willems P., De Ridder K., Maiheu B., De Troch R., Termonia P., Vansteenkiste T., Craninx M., Maetens W., Defloor W. & Cauwenberghs K. (2015). MIRA klimaatrapport 2015: over waargenomen en toekomstige klimaatveranderingen. Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)/KU Leuven/VITO/KMI.

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.

CLO (2018). Gewone en grijze zeehond in Waddenzee en Deltagebied, 1960 - 2017 | Compendium voor de Leefomgeving.

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). Milieueffectenrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport Overige Aspecten. Consortium Arcadis – Technum.

Consortium Arcadis-Technum (2007d). Hoofdrapport Milieueffectenrapport Verruiming vaargeul Beneden- Zeeschelde en Westerschelde. Consortium Arcadis-Technum.

Consortium Arcadis-Technum (2007e). Hoofdrapport Passende Beoordeling: verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Consortium Arcadis-Technum.

Cox T., Maris T. & Meire P. (2015). Wijzigingen in slib- en zoutconcentraties in de Boven-Zeeschelde sinds 2009. Universiteit Antwerpen, ECOBE015-R186.

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.

De Roo S. (2013). Experimental study of the hydrodynamic performance of a nature-friendly bank protection subject to ship waves in a confined, non-tidal waterway. Doctoraatsthesis, Universiteit Gent.

De Roo S., Van Crombrugge W., Troch P., Van Acker J. & Maes E. (2010). Field monitoring of ship-induced loads on (alternative) bank protections of non-tidal waterways. Book Abstr. 32nd PIANC Congr., Liverpool, UK.

De Roo S., Vanhaute L. & Troch P. (2012). How ship wave action influences the sediment budget of a nature friendly bank protection in a confined, non-tidal waterway. Geophys. Res. Abstr., Vienna, Austria.

Deltares (2013). Instandhouding vaarpassen Schelde Milieuvergunningen terugstorten baggerspecie LTV – Veiligheid en Toegankelijkheid. Aanvullend onderzoek historische ontwikkeling getij Basisrapport grootschalige ontwikkeling G-8. 1207720-000-ZKS-0005, I/RA/11387/12.300/GVH.

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.

Holzhauer H., Maris T., Meire P., Van Damme S., Nolte A., Kuijper K., Taal M., Jeuken C., Kromkamp J., van Wesenbeeck B., Van Ryckegem G., Van den Bergh E. & Wijnhoven S. (2011a). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium. Fase 2. Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC). Projectnummer Deltares: 1204407.

Holzhauer H., Maris T., Meire P., Van Damme S., Nolte A., Kuijper K., Taal M., Jeuken C., Kromkamp J., van Wesenbeeck B., Van Ryckegem G., Van den Bergh E. & Wijnhoven S. (2011b). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium. Fase 2. Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC). Projectnummer Deltares: 1204407, in opdracht van 00000.

Huisman B.J.A., Schroevers M. & van der Wal M. (2010). Erosie van het slik van Bath : onderzoek naar de drijvende kracht achter erosie. Deltares.

IMDC (2012). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 7: Analyse van stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul. I/RA/11353/11.076/MIM.

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

IMDC (2014a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 5: Analyse van de stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul - fase 3 (najaar 2012- najaar 2013). I/RA/11353/14.079/KVT.

IMDC (2014b). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 12: Analyse van de stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul - fase 2. I/RA/11353/12.198/DDP, in opdracht van afdeling Maritieme Toegang.

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

IMDC (2015b). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 5: Analyse van de stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul - jaarrapport 2014. I/RA/11353/15.031/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 (2019d). Monitoringprogramma Flexibel Storten - Maandrapport augustus-september 2019. I/RA/11498/19.131/CPA/.

IMDC (2019e). Vaarwegbeheer 2016-2021 - Bestelopdracht 6: Flexibel Sorten 2018-2019 - Maandrapportage 2018-2019. I/RA/11498/19.148/CPA/.

IMDC (2020a). Vaarwegbeheer 2016-2021 - Flexibel Storten Periode 3 - 2020-2021 - Maandrapport april-mei. I/RA/11498/20.078/CPA/.

IMDC (2020b). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Statusrapport na start verdiepingswerken - jaar 10. I/RA/11498/20.070/API/.

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

IMDC (2020d). Analyserapport proefstortcampagne Inloop van Ossenisse en Put van Hansweert. I/RA/11498/20.063/API/.

IMDC & Arcadis (2013). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Areaalontwikkeling 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 & Deltares (2018). Detailanalyse Morfologische respons op de proefstortingen in de put van Hansweert. I/RA/12161/18.013/THL/.

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

Jentink R. (2014). Analyse van de erosie bij Saeftinge Oost. Rijkswaterstaat, CIV, 7210A/RA-SO-1–2013.

Jentink R., de Klerk J. & Schrijver M. (2017). Opvolging effecten Flexibel Storten, datarapportage 2016. 7210A/DR-2017–01.

Jentink R., de Klerk J. & Schrijver M. (2018). Opvolging effecten Flexibel Storten, datarapportage 2017. Rijkswaterstaat, 7210A/DR-2017–01.

Jentink R., de Klerk J. & Schrijver M. (2019). Opvolging effecten Flexibel Storten, Datarapportage 2018. Rijkswaterstaat, 7210A/DR-2018–01.

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., Bruens A., van Duren L., Vroom J., Holzhauer H., De Jonge M., Van Damme S., Nolte A., Kuijper K., Taal M., Jeuken C., Kromkamp J., van Wesenbeeck B., Van Ryckegem G., Van den Bergh E., Wijnhoven S. & Meire P. (2014). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium Update 2014. Deltares, Universiteit Antwerpen, NIOZ en INBO.

Maris T., Cox T. & Meire P. (2015). OMES. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2014. Universiteit Antwerpen ism VUB, IMDC, UGent, NIOO, Ecolab en VLIZ, ECOBE 016-R191, in opdracht van Vlaamse Overheid, Waterwegen & Zeekanalen – afdeling Zeeschelde.

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 & Zeekanalen – afdeling Zeeschelde.

Maris T., Oosterlee L. & Meire P. (2013). OMES. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2011. Universiteit Antwerpen ism VUB, IMDC, UGent, NIOO, Ecolab en VLIZ, ECOBE 013-R155, in opdracht van Vlaamse Overheid, Waterwegen & Zeekanalen – 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.

Ministerie van Economische Zaken van Nederland (2014). Beschermde natuur in Nederland: soorten en gebieden in wetgeving en beleid. Geraadpleegd 16 oktober 2014, http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=10&id=n2k122&topic=introductie.

Plancke Y. (2018). Memo: Korrelanalyse en natte densiteit baggerstalen.

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., Taverniers E. & Mostaert F. (2011). Overleg Flexibel Storten: To morfologie plaatranden. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten 791_08. Versie 2.0.

Projectgroep Flexibel Storten (2016). Toetsing Kwaliteitsparameters 2016.

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

Rappoldt C. & Ens B.J. (2007). Scholeksters en de verruiming van de Westerschelde: Modelberekeningen voor de periode 1992-2015 aan het effect van de voorgenomen verruiming van de vaargeul op het aantal scholeksters. *SOVON-Onderz.*

Rijkswaterstaat (2006). Ecotopenkaarten Westerschelde. Werkdocument bij de edities 1996, 2001 en 2004. Rijkswaterstaat Zeeland.

Rijkswaterstaat, Zee en Delta (2013). Vergunning voor het storten van bodemmateriaal in de Westerschelde. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Nummer WTW11682.RWS-2013/47368.

Roose F. (2008). Nota - Toelichting formaat BIS-gegevens (26 mei 2008). Maritieme Toegang, Departement MOW, Vlaamse Overheid.

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

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

Schrijver M. (2018). Monitoring meergeulensysteem Westerschelde - Toetsing criteria nevengeulen 2017. Rijkswaterstaat Zeeland, 7210A/MMGW-2018–01.

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

Schrijver M. (2020b). Toelichting op de resultaten toetsing criterium sedimentatie/erosie plaathoogtes. Rijkswaterstaat.

Schrijver M. & Plancke Y. (2008). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2008-2018. Rijkswaterstaat Zeeland/Vlaamse Overheid. Departement voor Mobiliteit en Openbare Werken, MONEOS-T-2008-033 /WL2008R791-3_1ref1_0.

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

Sinke O. (2011). Monitoring geulwanden Westerschelde. Locaties Ossenisse, Zuidergat, Valkenisse, Saeftinge en Bath. (Rapportnr. WVM_GWVD_2011/01.). Rijkswaterstaat Zeeland.

Sinke O. (2017). Monitoring geulwanden Westerschelde 2016. Locaties Ossenisse, Zuidergat, Baalhoek, Valkenisse, Bath en Saeftinge. Rijkswaterstaat.

Spronk G. & Vereecken H. (2010). Verslag Afstemming monitoring - Saliniteit, Geleidendheid, Chloride. Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC).

Storm (1994). Experimenten schorverdedigingen Zuidgors en Slaak onder de loep. Rijkswaterstaat, RIKZ Werkdocument OS-94.813X.

Strucker R.C.W., Arts F.A. & Lilipaly S. (2011). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2009/2010. Rijkswaterstaat Waterdienst, RWS Waterdienst BM 11.10.

Strucker R.C.W., Arts F.A. & Lilipaly S. (2012). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2010/2011. Rijkswaterstaat Waterdienst, RWS Waterdienst BM 12.07.

Strucker R.C.W., Arts F.A. & Lilipaly S. (2013). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2011/2012. Rijkswaterstaat Waterdienst, RWS Waterdienst BM 13.19.

Strucker R.C.W., Hoekstein M.S.J. & Wolf P.A. (2010). Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2009. Delta Project Management/Rijkswaterstaat Waterdienst, RWS Waterdienst BM 10.09.

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

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

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

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 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.

Van Veen J. (1944). Schelderegiem en Schelderegie; Opmerkingen over Scheldepublicaties. Rijkswaterstaat.

Van Veen J. (1950). Eb- en Vloedschaar Systemen in de Nederlandse Getijwateren. *Tijdschr. Van Het K. Ned. Aardrijkskd. Genoot.*, 67, 303–325.

Vandenbruwaene W., Hertoghs R., Michielsen S., Van de Moortel I., Vos G., Plancke Y., Vereecken H., Meire D., Deschamps M. & Mostaert F. (2018). MONEOS - Jaarboek monitoring 2017: Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in de Zeeschelde in 2017. Waterbouwkundig Laboratorium, WL2018R12_070_7.

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.

Vandenbruwaene W., Thant S., Michielsen S., Van de Moortel I., Brackx M., Hertoghs R., Claeys S., Plancke Y., Vereecken H., Meire D., Deschamps M. & Mostaert F. (2020). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) - Jaarboek monitoring 2019: Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in het Schelde estuarium in 2019. Waterbouwkundig Laboratorium, WL rapporten PA047_9, versie 4.0.

Vanlierde E., Ferket B., Pauwaert Z., Michielsen S., Van De Moortel I., Levy Y., Plancke Y., Meire D., Deschamps M., Verwaest T. & Mostaert F. (2016). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2015: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische

parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2015. Waterbouwkundig Laboratorium, WL2016R12_070_5.

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

VMM (2002). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2002.

VMM (2003). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2003.

VMM (2004). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2004.

VMM (2005). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2005.

VMM (2006). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2006.

VMM (2007). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2007.

VMM (2009). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2009. Vlaamse Milieumaatschappij.

VMM (2010). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2010.

VMM (2011). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2011.

VMM (2012). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2012.

VMM (2013). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2013.

VMM (2014). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2014.

VMM (2015). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2015.

VMM (2016). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2016.

VMM (2017). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2017.

VMM (2018). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2018.

VMM (2019a). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Westerschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde. Campagne 2019.

VMM (2019b). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2019.

VMM (2019c). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2019.

Vroom J., Van Gils J.A.G. & Holzhauer H. (2013). Eerstelijnsrapportage Westerschelde 2012. Beschikbare data van 1996 t/m 2012. Deltares.

WBR (2009). Vergunning voor het storten van bodemmateriaal in de Westerschelde. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Zaaknummer Z 8500187272.

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.