



Roggenplaatsuppletie (Oosterschelde): ontwikkelingen 2015 – 2019 (T0)

Auteur(s): Brenda Walles, Susanne van Donk, Alicia Hamer, Jeroen Wijsman, Tom Ysebaert,
Eugene Rurangwa, Lodewijk de Vet, Jebbe van der Werf, Arno Slager

Wageningen University &
Research rapport C017/21

Roggenplaatsuppletie (Oosterschelde): ontwikkelingen 2015 – 2019 (T0)

Auteur(s): Brenda Walles, Susanne van Donk, Alicia Hamer, Jeroen Wijsman, Tom Ysebaert, Eugene Rurangwa, Lodewijk de Vet, Jebbe van der Werf, Arno Slager

Wageningen Marine Research

Deltares

Rijkswaterstaat

Wageningen Marine Research
Yerseke, maart 2021

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C017/21

Keywords: Oosterschelde, Roggenplaat, suppletie, monitoring, morfologie, ecologie, bodemdieren, steltlopers, schelpdieren, mosselpercelen

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
T.a.v.: Eric van Zanten
3500 GE Utrecht

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/543102>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Edwin Pareae

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor gevolgschade, binnen de rechtspersoon Stichting noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van Wageningen Marine Research, hierbij werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen Marine Research. vertegenwoordigd door Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

KvK nr. 09098104,

WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.

Code BIC/SWIFT address: RABONL2U

IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

A_4_3_1 V31 (2021)

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	8
1.1 Achtergrond	8
1.1.1 Zandhonger	8
1.1.2 Suppleties	8
1.2 Project Roggenplaatsuppletie	9
2 Rolverdeling en verantwoording	11
3 Leeswijzer	12
4 De Roggenplaat: een situatieschets	14
4.1 Algemene kenmerken	14
4.2 Morfologische ontwikkeling tot en met 2019	15
5 T0 monitoring: een overzicht van de uitgevoerde metingen en activiteiten	21
6 Recente morfologische en ecologische toestand en ontwikkeling van de Roggenplaat (T0)	23
6.1 Doel	23
6.2 Morfologische ontwikkelingen	23
6.2.1 Recente hoogteontwikkeling Roggenplaat	23
6.2.2 Morfologie afwateringsgeulen	27
6.2.3 Droogvalduur	30
6.2.4 Sedimentsamenstelling	31
6.2.5 Stroom- en golfmetingen	34
6.3 Ecologische ontwikkelingen	40
6.3.1 Benthische macrofauna	41
6.3.2 kokkels	50
6.3.3 Oesterbanken	56
6.3.4 Laagwatersverspreiding steltlopers	57
6.3.5 Zeehondentellingen	68
7 Waterbeweging en -kwaliteit van het Middengeultje en nabij mosselpercelen	72
7.1 Doel	72
7.2 Turbiditeit en chlorofyl	73
7.3 Diatomeeën	76
8 Mosselpercelen rond de Roggenplaat: algemene karakteristieken en kwaliteit	77
8.1 Doel	77
8.2 Aanvoer van mosselen van de percelen	78
8.2.1 Aanvoer gehele Oosterschelde	78
8.2.2 Aanvoer Roggenplaat	80
8.3 Ontwikkeling van de mosselen op de percelen	81
8.4 Slib op de percelen	86
8.5 Onderwateropnames	89

9	Conclusies	92
9.1	Recente morfologie	92
9.2	Ecologische ontwikkeling	93
9.3	Voedselaanvoer Middengeultje	94
9.4	Mosselpercelen	95
9.5	Concluderend	95
10	Kwaliteitsborging	96
	Literatuur	97
	Verantwoording	100
Bijlage 1	Hoogte in cm NAP per droog-valduurklassen	101
Bijlage 2	Aantal en samenstelling vogels over de tijd	102
Bijlage 3	Methode Dataverwerking metingen Middengeultje	105
Bijlage 4	Resultaten Kwalitatieve Benthos Monitoring	107
	109	
Bijlage 5	Kwalitatieve benthosbemonstering	112

Samenvatting

Achtergrond

Als gevolg van de aanleg van de Oosterscheldekering en de compartimenteringsdammen is er in de Oosterschelde zandhonger opgetreden. De intergetijdengebieden eroderen en het vrijgekomen sediment komt in de getijdengeulen terecht, omdat het evenwicht tussen opbouw en afbraak van deze gebieden verstoord is. Omdat de intergetijdengebieden langzaam verdwijnen zal dit op termijn tot negatieve gevolgen leiden voor ecologie, veiligheid en recreatie. Intergetijdengebieden zijn van groot belang voor foeragerende steltlopers. Om de foerageerfunctie van de Oosterschelde voor steltlopers in stand te houden, is gekozen voor het suppleren van intergetijdengebieden. In dit kader heeft Rijkswaterstaat eind 2019 de Roggenplaat (1440 ha) gesuppleerd met ruim 1,13 miljoen m³ zand (in-situ volume). Deze hoeveelheid is vergelijkbaar met het ophogen van ruim 160 voetbalvelden met 1 meter zand.

Deze suppletie is uniek in zijn omvang, vormgeving en ligging. Niet eerder is er in Nederland, voor het behoud van ecologische waarden, een dermate grote hoeveelheid sediment direct op een intergetijdengebied gesuppleerd. Een grootschalige monitoring van de Roggenplaat loopt van 2015 tot en met 2024. Deze monitoring heeft als doel het effect van de suppletie op de hydrodynamica, morfodynamica en ecologie te onderzoeken. Ook is er specifiek aandacht voor de kwaliteit van de omliggende mosselpercelen. Rijkswaterstaat heeft samen met Wageningen Marine Research (WMR), Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ), Deltares, Delta Project Management en de Hogeschool Zeeland de situatie vóór aanleg van de suppleties (T0; tot oktober 2019) onderzocht.

Dit rapport bevat een beschrijving van de metingen, dataverwerking en de situatie van de Roggenplaat vóór aanleg van de suppleties (T0). De Roggenplaatdata vormen een unieke set, vanwege 1) het grote aantal meetlocaties, 2) de veelzijdigheid van de metingen zoals waterbeweging, zwevend stof, sedimentsamenstelling, morfologie, macrobenthos en vogels, en 3) en de lange duur van deze metingen. De T0 metingen vormen de referentie voor het duiden van veranderingen op de Roggenplaat als gevolg van de suppletie in de vervolgfases van het project. De verzamelde data worden gebruikt om fundamentele processen in intergetijdengebieden beter te begrijpen. Hiervoor is het belangrijk om verbanden te leggen tussen morfologie en ecologie. Deze verbanden zullen over de jaren nader worden onderzocht en helpen bij optimaliseren van beheer van deze gebieden. Tevens is in dit project aandacht voor de ontwikkeling van nieuwe monitoringsmethoden. Er worden in deze rapportage nog geen uitspraken gedaan over de te verwachten ontwikkelingen. Hieronder presenteren we kort de belangrijkste resultaten van de monitoring.

Morfologie

De foerageerfunctie voor vogels wordt bepaald door allerlei factoren, die voor deze rapportage zijn gemonitord. De bodemligging bepaalt hoelang de platen beschikbaar zijn voor foerageren en verandert door morfologische ontwikkelingen op de Roggenplaat. Abiotische condities beïnvloeden het voorkomen van prooidieren voor vogels. De Roggenplaat bestaat uit ~1440 hectare aan intergetijdengebied. De grootste veranderingen over de tijd zijn de erosie van de gehele plaat en vooral de zuidrand, en vermindering van het oppervlakte dat hoger ligt dan +0.5 m NAP. Het areaal met een droogvalduur van 50-80% en 80-100% is sterk afgenomen over de periode 1990 tot

2019, maar het areaal met een droogvalduur van 20-50% is juist toegenomen over deze periode. Sediment bestaat voornamelijk uit fijn zand. In het oostelijke deel is het percentage slib hoger, in het westelijke deel is het sediment iets grover. Wind kan de stroomsnelheid en -richting sterk beïnvloeden. Bij lage windsnelheden heeft de stroming een dominante oostelijke component tijdens het opstromen van de plaat en een dominante westelijke component tijdens het afstromen. Bij hoge windsnelheden is de stroming sterk in lijn met de windrichting.

Macrofauna

Voor de geschiktheid van het gebied als foerageergebied voor vogels is ook het voorkomen van bodemdieren belangrijk. Op de Roggenplaat vinden we ruimtelijk verschillen in de soortenrijkdom en dichtheid. Op de zuidrand van de Roggenplaat en laaggelegen delen zijn de soortenrijkdom en dichtheid laag. Een snelle veldscreening toont ruimtelijke variatie in de soortenrijkdom tussen locaties van de geplande suppletie-elementen. Ook hier valt de lage soortenrijkdom in het zuiden op, maar ook rond afwateringsgeul "het Middengeultje" is de soortenrijkdom laag. De Roggenplaat draagt gemiddeld 27% bij aan het totale kokkelbestand van de Oosterschelde. In het oostelijke deel van de Roggenplaat komen 1- en 2-jarige kokkels in hoge dichtheden voor. Ook nonnetjes worden frequent waargenomen op de Roggenplaat.

Vogels

Het uiteindelijke doel van de suppletie Roggenplaat is het instandhouden van voldoende foerageergebied voor steltlopers waarvoor de Oosterschelde van internationaal belang is. Om het effect van suppleties op het foerageergebied van de Roggenplaat te begrijpen moest eerst in kaart gebracht worden welke soorten het gebied gebruiken, in welke aantallen, en hoe het gebruik varieert in ruimte en tijd. Er zijn veel vogelsoorten die gebruik maken van de Roggenplaat als foerageergebied, de meest algemene soorten zijn de bonte strandloper, rosse grutto, scholekster, wulp en zilverplevier (gemiddeld meer dan 1700 individuen per telling per soort). De hoogste aantallen zijn drie uur na hoogwater op de Roggenplaat te vinden. De meeste vogels zitten in de delen met een droogvalduur tussen de 40-60%. Ruimtelijk gezien zijn de hoogste aantallen vogels op het oostelijk deel van de Roggenplaat geteld. Dit is het gebied waar de bodem iets slibrijker is en hoge dichtheden van 1- en 2- jarige kokkels en nonnetjes voorkomen, die belangrijke prooi-soorten zijn voor bepaalde vogelsoorten. Vervolgonderzoek zal uitgevoerd worden naar de relatie tussen de verspreiding van specifieke vogelsoorten en hun prooidieren.

Zeehonden

Zeehonden zijn verstoringsgevoelig en zouden mogelijk verstoord kunnen worden door de suppleties. Het aantal gewone zeehond is in de periode 2015-2018 stabiel gebleven in het Middengeultje en de Westgeul. De grijze zeehond is sinds 2018 niet meer gezien op de Roggenplaat.

Turbiditeit en chlorofyl

Onderzocht is of het Middengeultje een belangrijke rol speelt in de voedselaanvoer voor de mosselpercelen die in de monding van dit geultje liggen. Turbiditeit en chlorofylgehalten tonen een vast patroon binnen het getijdencyclus, waarbij in de Middengeul een piek bereikt wordt net voor hoog water. Dit is tevens het moment waarop de stroming in de Middengeul kentert en (algen)deeltjes, die vermoedelijk door het onderlopen van de plaat vanuit de zuidoostelijke richting in de geul zijn gespoeld, de kans krijgen om te bezinken. De verhoogde algenconcentratie door deze bezinking, zou het voedseltoelevering voor de mosselpercelen in de monding van de geul kunnen

betekenen. Buiten de Middengeul wordt juist consistent een piek net na hoog water geobserveerd.

Mosselpercelen

Omdat men ongerust was dat de suppletie van de Roggenplaat zou leiden tot schade aan de mosselpercelen zijn deze intensief gemonitord. De gemiddelde aanvoer van de perceelblokken rond de Roggenplaat is ongeveer 3,4 miljoen kg mosselen per seizoen, dit is 13,9% van de totale aanvoer van mosselen vanuit de Oosterschelde. De mosselen op de percelen in de monding van het Middengeultje zijn gemiddeld groter en hebben een hoger vleespercentage dan de mosselen aan de zuidzijde van de Roggenplaat.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

1.1.1 Zandhonger

De Oosterschelde is omwille van zijn biologische rijkdom aangewezen als Natura 2000-gebied en samen met het Markiezaatmeer als Ramsar Wetland van Internationaal belang. Sinds 2002 is de Oosterschelde ook een Nationaal Park. De Oosterschelde is een belangrijk leefgebied voor kustbroedvogels, moerasbroedvogels en doortrekkende en overwinterende watervogels. In het kader van Natura 2000 is de Oosterschelde aangewezen voor zes habitat(sub)typen. Veruit het grootste habitatype wordt gevormd door het habitatype 'grote baaien' (H1160). Dit habitatype betreft het open water in de Oosterschelde, inclusief droogvallende platen en slikken. De Oosterschelde is het enige gebied in Nederland dat voor dit habitatype is aangewezen. Het habitatype wordt begrensd of door de hoogwaterlijn óf door de habitatypes 'zilte pionierbegroeiingen', 'slijkgrasvelden' en 'schorren en zilte graslanden' die ook iets onder de gemiddelde hoogwaterlijn kunnen voorkomen.

Door de aanleg van de stormvloedkering (voltooiing in 1986) in de monding van de Oosterschelde is er sprake van 'zandhonger' in het gebied. Het horizontale getij (i.e. de stroomsnelheid in de geulen) is afgenomen, waardoor het evenwicht tussen erosie en sedimentatie is verstoord. Bij rustig weer bouwt het intergetijdengebied niet voldoende op, terwijl er wel afbraak optreedt tijdens stormen. Hierdoor neemt het oppervlak van platen, slikken en schorren in de Oosterschelde af en wordt tevens de droogvalduur van het resterende intergetijdengebied verkort (Van Zanten en Adriaanse, 2008; de Ronde et al. 2013). Dit zal op termijn negatieve gevolgen hebben voor de natuurlijke kwaliteit en veiligheid van de Oosterschelde (Zandvoort et al. 2019). Van de natuurwaarden wordt vooral het kenmerkende habitat voor steltlopers en watervogels bedreigd die voor hun voedsel afhankelijk zijn van de droogvallende slikken en platen.

1.1.2 Suppleties

Om na te gaan of de bovengenoemde negatieve effecten van de zandhonger zijn af te remmen of te stoppen heeft het ministerie van Infrastructuur & Milieu en het ministerie van Economische Zaken in 2007 opdracht gegeven aan Rijkswaterstaat om een MIRT-verkenning (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport) uit te voeren (Witteveen en Bos, 2011). Uit deze MIRT-verkenning Zandhonger Oosterschelde volgde suppleren van het intergetijdengebied met zand om de foerageerfunctie van het gebied voor steltlopers in stand te houden. Ten behoeve van de MIRT-verkenning liepen destijds verschillende onderzoeken en praktijkproeven. Essentiële kennis werd gegenereerd in de deelprojecten Suppletiestrategieën, de ANT (Autonome Neerwaartse Trend Oosterschelde) Studie (de Ronde et al. 2013) en het programma Building with Nature (Witteveen en Bos, 2011). Daarnaast werd ook een aantal praktijkproeven uitgevoerd: Proefsuppletie Galgeplaat (Van der Werf et al., 2015), Cascadeproef Schelphoek, Veiligheidsbuffer Oesterdam (Boersema et al. 2019) en Duinvoetsuppletie Sophiastrand. De studies en praktijkproeven hebben kennis opgeleverd over hoe het suppleren van zand in het intergetijdengebied het beste aan te pakken. In het Bestuurlijk Overleg MIRT Zeeland op 13 november 2014 is ervoor gekozen om als eerste de Roggenplaat te

suppleren om met name de foerageerfunctie voor steltlopers in stand te houden middels suppleties.

Steltlopers foerageren tijdens laagwater op de droogvallende slikken en platen op zoek naar voedsel. Dit voedsel bestaat vooral uit bodemdieren zoals schelpdieren, wormen en kreeftachtigen. Daarbij moeten vogels voldoende lang kunnen foerageren om in hun energiebehoefte te voldoen. Vooral in de winter en de doortrekperiodes moeten steltlopers langer foerageren, in de Oosterschelde 6-9 uur per getij (Zwarts et al. 2011, de Ronde et al. 2013). Het areaal dat grofweg tussen de 50% en 80% van de tijd droogvalt is dus van groot belang en juist dit areaal neemt sterk af in de Oosterschelde. Op de Roggenplaat neemt deze droogvalduurklasse het snelste af van alle deelgebieden in de Oosterschelde (de Ronde et al. 2013, Witteveen en Bos 2013). Vanwege deze urgentie besliste Rijkswaterstaat de Roggenplaat te suppleren ten behoeve van de volgende doelstellingen:

1. Behoud van de huidige foerageerfunctie van het Roggenplaat/Neeltje Jans-complex voor de komende 25 jaar.
2. Voorkomen van ongewenste golfaanval op de zuidkust van Schouwen.
3. Ontwikkelen van kennis voor flexibel, klimaatbestendig en kosteneffectief kustmanagement.

1.2 Project Roggenplaatsuppletie

Het hoofddoel van de suppletie van de Roggenplaat is "Behoud van de huidige foerageerfunctie van het Roggenplaat/Neeltje Jans-complex voor de komende 25 jaar" (van der Werf et al. 2016b). Dit doel komt voort uit de Natura2000 instandhoudingsdoelstellingen, in het bijzonder de Vogelrichtlijn (Rijkswaterstaat, 2015). Ten behoeve van de monitoring van de suppletie wordt de doelstelling aangescherpt tot het behoud van de foerageerfunctie van de Roggenplaat en wordt Neeltje Jans niet meegenomen in de monitoring. Het referentiejaar is bepaald op 2010, omdat dat het jaar is waarop de instandhoudingsdoelstellingen zijn gebaseerd (Rijkswaterstaat, 2015). Het doel van de suppletie kan dus nader gespecificeerd worden tot: In 2035 is de foerageerfunctie van de Roggenplaat gelijk of vergelijkbaar met de foerageerfunctie van de Roggenplaat in 2010 (van der Werf et al. 2016b).

De foerageerfunctie betreft 14 vogelsoorten – 13 steltlopers en de bergeend – die foerageren op intergetijdengebieden (van der Werf et al., 2016b):

1. Bergeend (*Tadorna tadorna*)
2. Bontbekplevier (*Charadrius hiaticula*)
3. Bonte Strandloper (*Calidris alpina*)
4. Groenpootruiter (*Tringa nebularia*)
5. Kanoet (*Calidris canutus*)
6. Kluut (*Recurvirostra avosetta*)
7. Rosse Grutto (*Limosa lapponica*)
8. Scholekster (*Haematopus ostralegus*)
9. Steenloper (*Arenaria interpres*)
10. Strandplevier (*Charadrius alexandrinus*)
11. Tureluur (*Tringa totanus*)
12. Wulp (*Numenius arquata*)
13. Zilverplevier (*Pluvialis squatarola*)
14. Zwarte Ruiters (*Tringa erythropus*)

Oorspronkelijk bestond het project uit de volgende drie fasen: Planfase (2015-2016), Uitvoeringsfase (2017-2018) en Evaluatiefase (2019-2024). De Planfase omvatte onder

meer de volgende onderdelen: Winplaatsenonderzoek, geotechnisch onderzoek, voorkomen van schade aan mosselkweek, variantenstudie en definitief ontwerp, monitoringsplan, stakeholderinspraak en vergunningaanvraag, en een T0 monitoring en beschrijving (uitgangssituatie vóór suppletie). De mosselkwekers waren tegen de Roggenplaatsuppletie vanwege mogelijke nadelige invloed op hun percelen. Door een aanvechting bij de Raad van State door mosselkwekers is het project Roggenplaatsuppletie echter vertraagd en is pas op 6 februari 2019 de definitieve uitspraak gekomen dat Rijkswaterstaat het project kan uitvoeren. De uiteindelijke uitvoering van de suppletie zelf heeft vervolgens plaatsgevonden in de periode oktober – december 2019.

Door dit uitstel is de T0 monitoring over een langere tijdsduur uitgevoerd, tot oktober 2019. De eerste resultaten van de monitoring, gerapporteerd in Ysebaert et al. (2016), vormde de basis van het uiteindelijke monitoringsplan Roggenplaatsuppletie (Ysebaert et al. 2017). Daarnaast zijn deze eerste data gebruikt voor de nadere beoordeling en selectie van de suppletievarianten op basis van de modellering. Daarom is een deel van de T0 resultaten ook gepresenteerd en deels besproken in de variantenstudie en het definitief ontwerp (van der Werf et al. 2016a en 2016b).

Naast het monitoringsplan van Ysebaert et al. (2017), dat als doel heeft de hierboven gestelde doelstelling van de Roggenplaatsuppletie te onderzoeken en te evalueren, is een plan opgesteld voor de zogenaamde risicomonitoring (Wijsman en Kraan, 2017). Deze risicomonitoring is bedoeld om eventuele negatieve effecten op nabijgelegen mosselkweekpercelen in kaart te brengen.

Het voorliggende rapport is een eerste evaluatierapport en gaat in op de onderzoeks- en monitoringsactiviteiten die zijn uitgevoerd binnen het project Roggenplaatsuppletie vóór aanleg van de suppleties. Voor bepaalde onderdelen worden verbanden gelegd tussen morfologie en ecologie. Dit helpt ons in algemene zin kennis te vergroten over het functioneren van getijdenplaten. Deze verbanden zullen over de jaren nader worden onderzocht. Er worden in deze rapportage nog geen uitspraken gedaan over de te verwachten ontwikkelingen.

2 Rolverdeling en verantwoording

Wageningen Marine Research is gevraagd invulling te geven aan de monitoring en te dienen als trekker voor de T0-monitoring en beschrijving in samenwerking met de consortiumpartners DPM, Hogeschool Zeeland, NIOZ en Deltares.

Om een zo volledig mogelijk beeld te schetsen zijn onderdelen overgenomen uit eerdere rapporten:

Hoofdstuk 4 is deels overgenomen uit het rapport van Van der Werf *et al.* (2016) en door Deltares geactualiseerd naar de situatie voor aanleg (t/m 2019).

Hoofdstukken 5, 7 en 8 zijn geschreven door Wageningen Marine Research.

Hoofdstuk 6 en 9 zijn geschreven door Wageningen Marine Research en Deltares. DPM heeft data aangeleverd voor Hoofdstuk 6.

Metingen uitgevoerd met de sensorboot, ontwikkeld door de HZ, zal opgenomen worden in de T1 rapportage. De metingen rondom de priming experimenten, uitgevoerd door NIOZ, zijn ten tijde van deze rapportage niet beschikbaar.

3 Leeswijzer

Dit rapport is opgedeeld in verschillende hoofdstukken die een overzicht geven van het onderzoek en de monitoring zoals uitgevoerd in het kader van de Roggenplaatsuppletie. Voor de hoofdstukken 6, 7 en 8 is voor elk subonderdeel een korte beschrijving gegeven van de methodiek, direct gevolgd door de resultaten.

Het rapport heeft de volgende hoofdstukken:

4. De Roggenplaat: een situatieschets

In de situatieschets worden de algemene kenmerken van de Roggenplaat geschetst en de morfologische ontwikkeling van de plaat in de decennia vóór aanleg van de suppleties gepresenteerd. Dit is grotendeels overgenomen uit van der Werf et al. (2016b) en in dit rapport geactualiseerd tot eind 2019.

5. T0 monitoring: een overzicht van de uitgevoerde activiteiten

In dit hoofdstuk worden alle metingen die zijn uitgevoerd in het kader van de T0-monitoring op een rijtje gezet. Deze metingen zijn gestart in 2015 en lopen tot oktober 2019, het moment van de start van de aanleg van de Roggenplaatsuppletie.

6. Recente morfologische en ecologische toestand en ontwikkeling van de Roggenplaat;

In dit hoofdstuk worden de resultaten getoond van de morfologische en ecologische toestand en ontwikkeling van de Roggenplaat op basis van de uitgevoerde monitoring sinds 2015 (de T0 monitoring). In tegenstelling tot de meer algemene schets in Hoofdstuk 4 ligt de focus in dit hoofdstuk dus specifiek op de laatste jaren voor de suppletie.

7. Waterbeweging en -kwaliteit van het Middengeultje en nabij de mosselpercelen;

In dit hoofdstuk worden de resultaten getoond van de water beweging en – kwaliteit van het Middengeultje en nabij de mosselpercelen op basis van de uitgevoerde monitoring sinds 2015. Deze data zal gebruikt worden om te onderzoeken of suppleties een effect hebben op voedselaanvoer naar de mosselpercelen.

8. Mosselpercelen rond de Roggenplaat: algemene karakteristieken en kwaliteit

Een van de zorgpunten zijn de consequenties van de suppletie voor de mosselpercelen rondom de Roggenplaat. In dit hoofdstuk worden de resultaten getoond van de karakteristieken en kwaliteit van de mosselpercelen rond de Roggenplaat op basis van de uitgevoerde monitoring voor aanleg van de suppleties.

9. Conclusies

In dit hoofdstuk geven we een overzicht van de belangrijkste bevindingen aan de hand van de ingewonnen data en scheppen hiermee een beeld van de situatie van de Roggenplaats voor de suppleties.

4 De Roggenplaat: een situatieschets

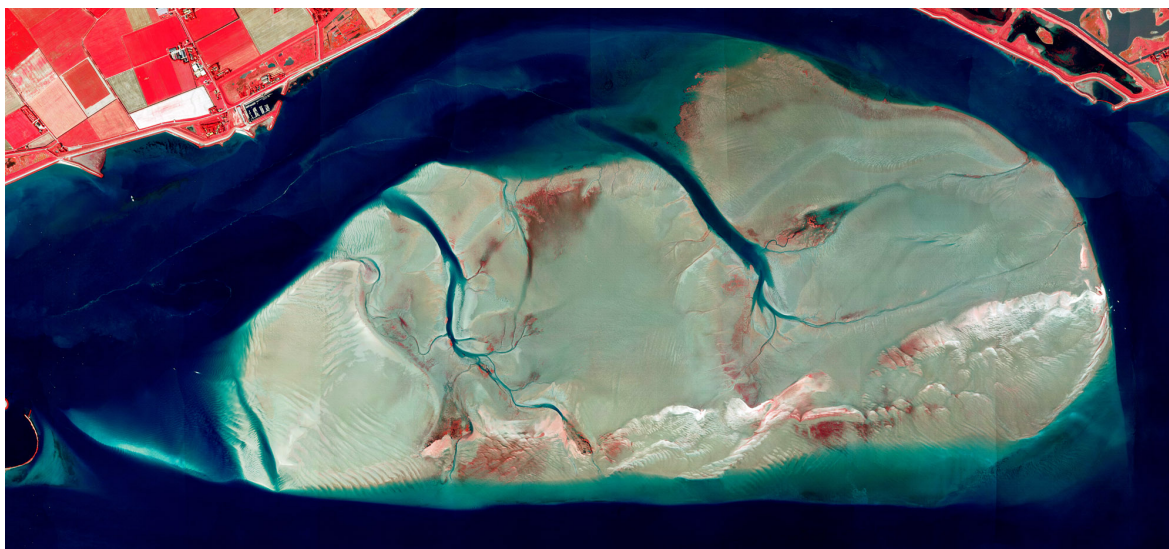
4.1 Algemene kenmerken

De Roggenplaat behoort tot de grootste intergetijdengebieden van de Oosterschelde (Figuur 4-1, Figuur 4-2). Het areaal intergetijdengebied, tussen gemiddeld hoogwater (NAP +1.3m) en gemiddeld laagwater (NAP -1.2m), is 14,4 km² oftewel 1440 ha (situatie 2019). De Roggenplaat ligt direct aan de binnenkant van de Oosterscheldekering, en wordt omringd door de getijgeulen Hammen in het noorden en Geul van de Roggenplaat in het zuiden. Noordelijk ligt de zuidkust van Schouwen-Duiveland met de voormalige haven en het voormalige buurtschap Schelphoek.

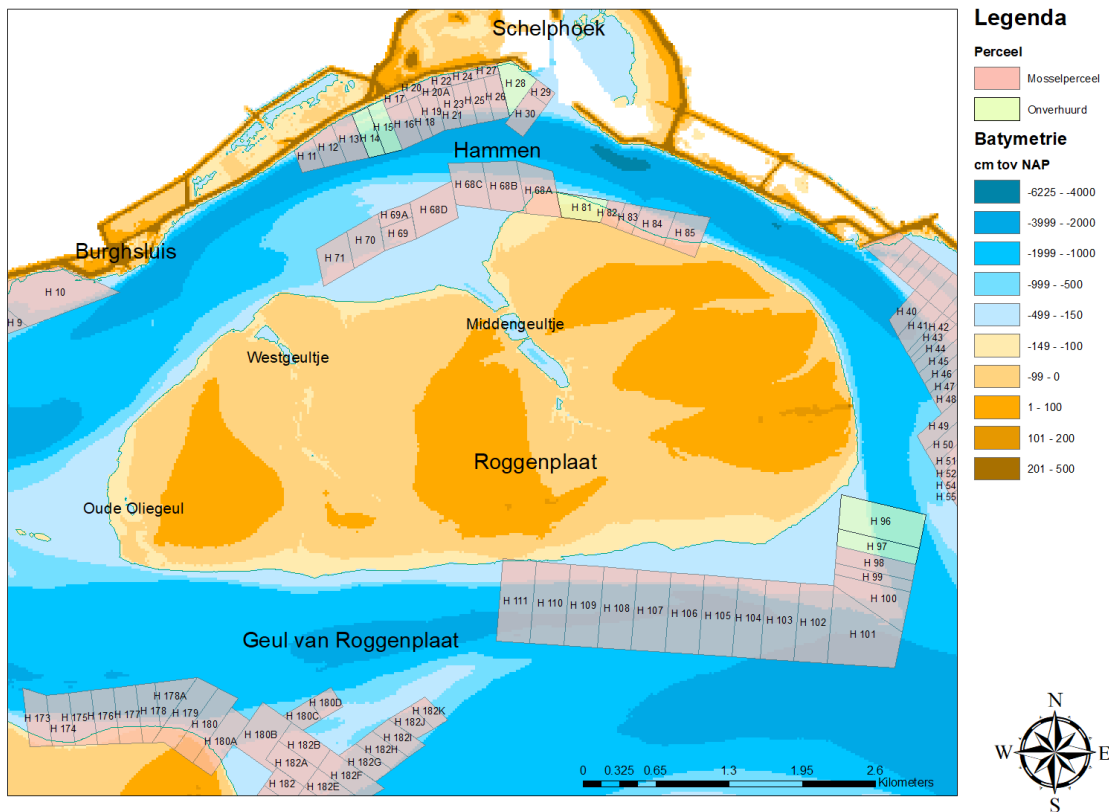
Er zijn twee noordwestelijk-georiënteerde afwateringsgeulen die de Roggenplaat in drie delen scheiden en uitmonden in de Hammen, het Westgeultje en het Middengeultje (ook wel "de Pijpe" genoemd). Verspreid over de Roggenplaat komen oesterriffen van de Japanse oester *Magallana gigas* voor. Op het zuidelijk gedeelte liggen schelpenruggen met een typische (zuid)west-(noord)oostelijke oriëntatie.

De Roggenplaat is een belangrijk voedselgebied voor vogels en tevens de belangrijkste rustplaats voor zeehonden in de Oosterschelde. De meeste zeehonden liggen langs het Westgeultje, maar ook het Middengeultje is een belangrijk rustgebied.

Het westelijk deel van de Roggenplaat is gesloten voor bodemberoerende (kokkel)visserij (De Mesel et al., 2009). In 2006 is er in het oostelijk deel, dat wel open is voor bodemberoerende visserij, voor het laatst mechanisch op kokkels gevist (Wijnhoven en Escavara, 2008; De Mesel et al., 2009). Sinds 2006 zijn kokkelbestanden te laag geweest voor kokkelvisserij in de Oosterschelde. Zowel langs de noordrand als de zuidrand van de Roggenplaat liggen een aantal percelen voor de mosselkweek (Figuur 4-2). Aan de noordrand liggen de percelen Hammen 68A, 68B, 68C, 68D, 69, 69A, 70, 71 en 81-85. Aan de zuidzijde liggen de percelen Hammen 96 tot en met 111. Het totale oppervlakte van deze percelen is 427 ha.



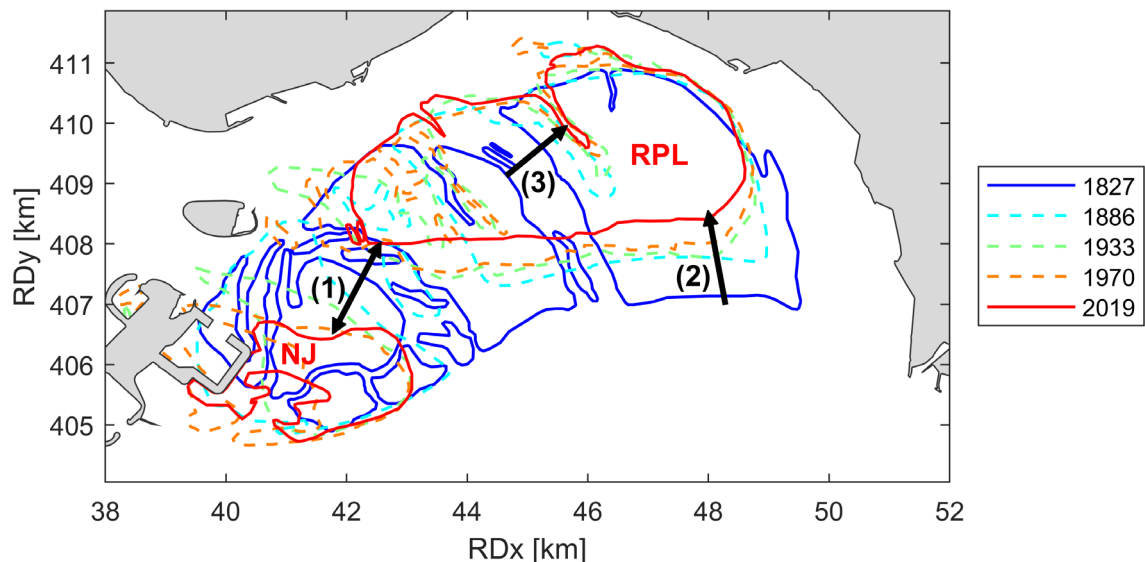
Figuur 4-1 Luchtfoto (*false colour*) van de Roggenplaat in 2014.



Figuur 4-2. Bodemligging Roggenplaat en omgeving (2013) met de belangrijkste geulen en platen. Tevens zijn de mosselpercelen rond de Roggenplaat weergegeven.

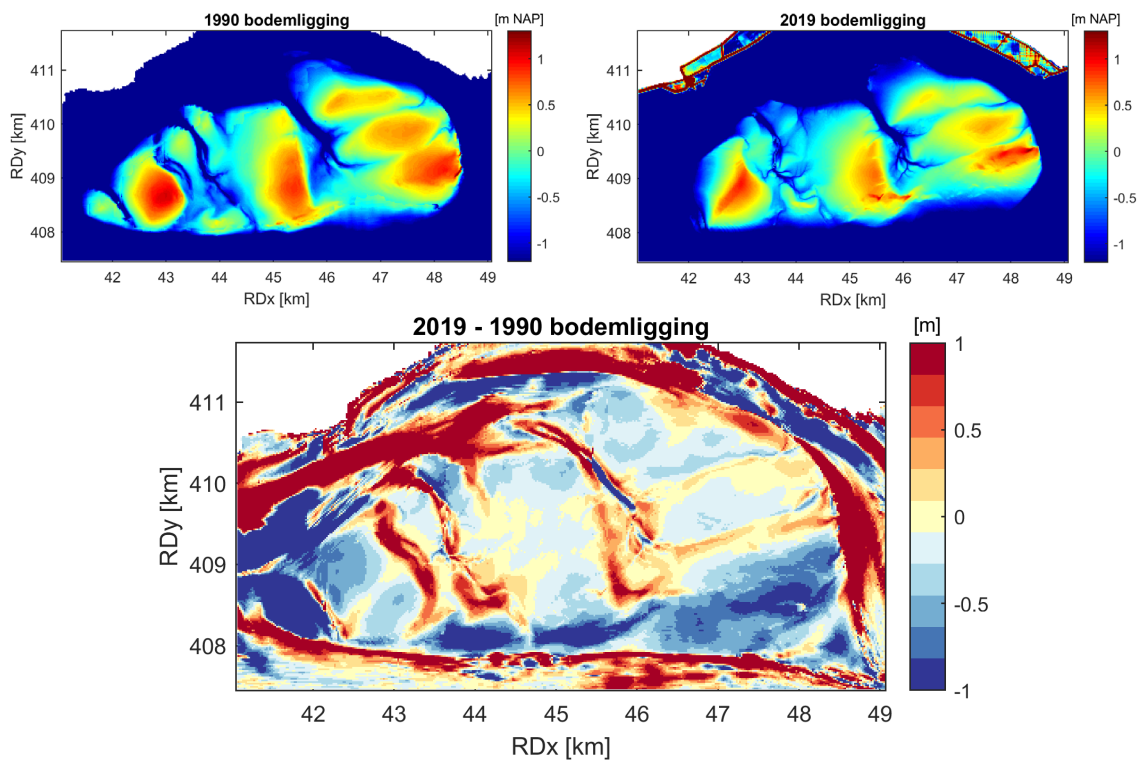
4.2 Morfologische ontwikkeling tot en met 2019

Figuur 4-3 toont de ontwikkeling van de laagwaterlijn van de Roggenplaat van 1827 tot 2019 op basis van historische kaarten afkomstig uit Van den Berg (1986), aangevuld met de 2019 vaklodingen. Deze figuur laat zien dat de Roggenplaat lang voor de aanleg van de Oosterscheldekering in 1986 onderhevig was aan significante morfologische veranderingen. Over de tijd is de Roggenplaat kleiner en meer aangesloten geworden (kortere waterlijn). Het zuidelijke, en dan met name het zuidwestelijke gedeelte is het meeste veranderd. De noordelijke plaatrand is vrij stabiel. De noordelijk gelegen getijgeul de Hammen houdt een sterke noordelijke verplaatsing van de Roggenplaat mogelijk tegen, omdat de ligging van de geul door de kust van Schouwen vastligt. In Figuur 4-3 zijn drie grootschalige ontwikkelingen met een pijl gemarkeerd: (1) het afsplitsen van Neeltje Jans en de Roggenplaat, (2) de noordelijke migratie van de zuidelijke plaatrand en (3) de noordoostelijke migratie van het Middengeultje (oorspronkelijk een volledige kortsluitgeul, nu een kleinere afwateringsgeul).



Figuur 4-3. Ontwikkeling laagwaterlijn Roggenplaat tussen 1827 en 2019, overgenomen uit De Vet et al. (2018) en geactualiseerd met de vaklodingen uit 2019. De hedendaagse ligging van het vaste land is grijs gemarkeerd. Aangegeven is de afsplitsing van Neeltje Jans (1), de noordelijke migratie van de zuidelijke plaatrand (2) en de migratie van het Middengeultje (3).

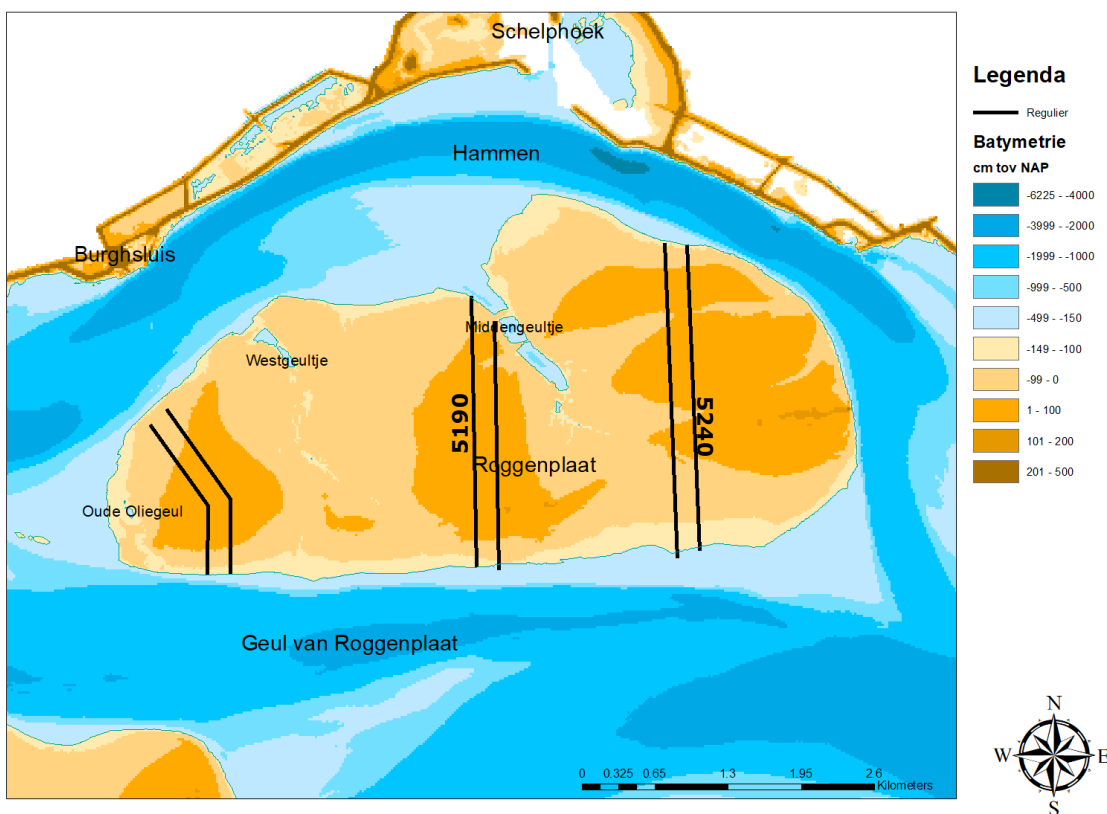
Figuur 4-4 toont de bodemligging in 1990 en 2019, en het verschil hiertussen. Deze zijn gebaseerd op de vaklodingen (een combinatie van echolodgingen en LiDAR data). De algehele plaaterosie is goed zichtbaar; met name het oppervlakte van de gebieden hoger dan NAP+0,5 m is sterk verminderd tussen 1990 en 2019. Verder is de zuidrand sterk geërodeerd (in lijn met de ontwikkeling voor 1990, zie Figuur 4-3) en lijken de geulen en plaatdelen zich in noordoostelijke richting te verplaatsen.



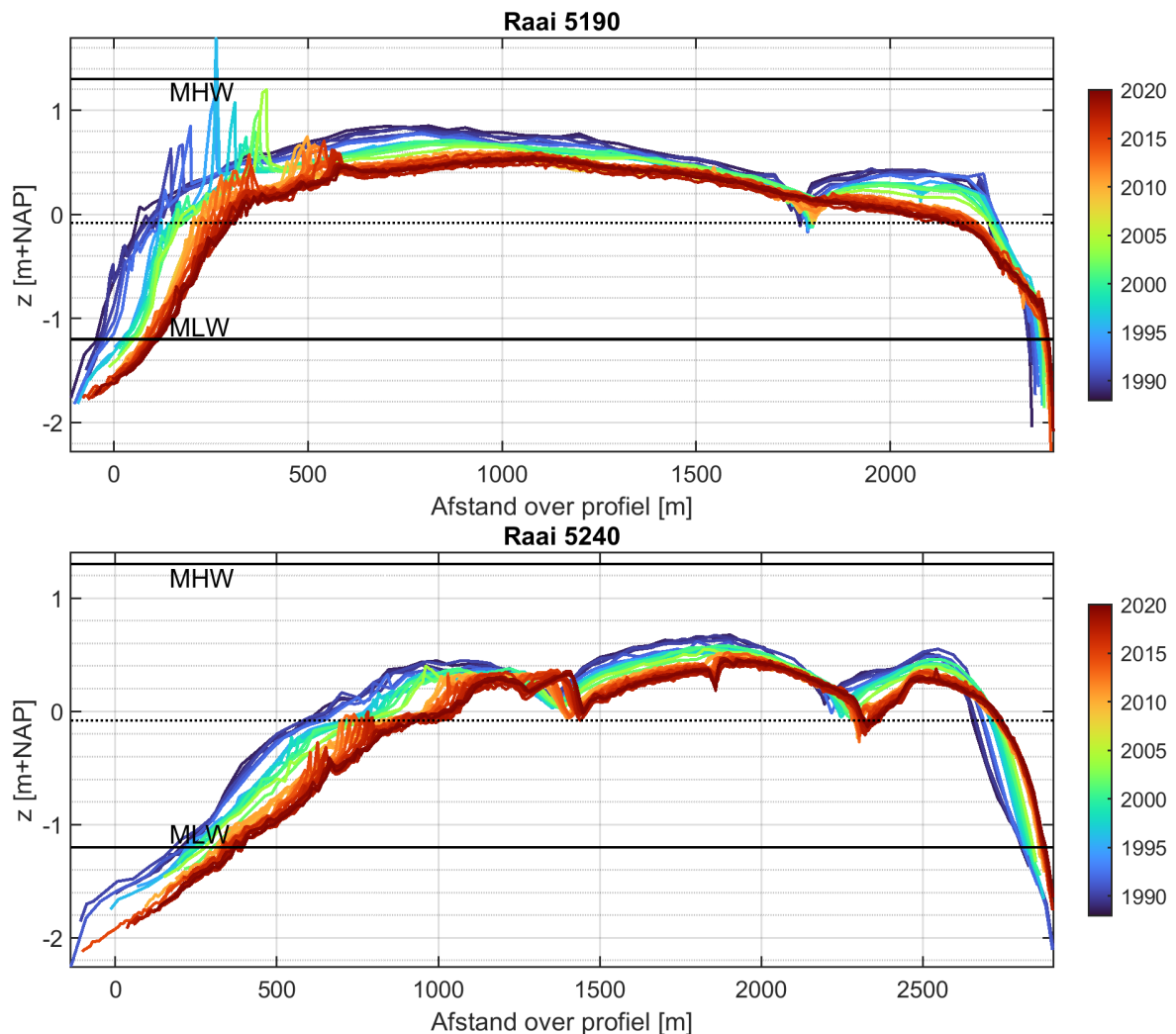
Figuur 4-4. Bodemligging Roggenplaat in 1990 en 2019, en het verschil hiertussen. De geulen zijn veel dieper dan de kleurschaal aangeeft. Een positief verschil in bodemligging is sedimentatie (rood) en een negatief verschil in bodemligging is erosie (blauw).

In aanvulling op de vaklodingen wordt de bodemligging sinds 1988 langs 6 raaien over de Roggenplaat met RTK-dGPS gemeten (Figuur 4-5). Deze metingen worden bijna jaarlijks uitgevoerd en zijn nauwkeuriger ($\pm 0,03$ m) dan de vaklodingen ($\pm 0,25$ m). Figuur 4-6 toont de bodemligging langs raaien 5190 (midden Roggenplaat) en 5240 (oostelijk deel). Ook hieruit blijkt de sterke erosie van de zuidelijke plaatrand. Deze is tussen 1988 en 2019 ongeveer 200 m verschoven in noordelijke richting. Het midden van de plaat erodeert met $\sim 0,2-0,5$ m over deze periode. De noordelijke plaatrand ligt vrij stabiel en vertoont een milde noordelijke migratie over deze periode (sedimentatie).

Vanaf de 1990 meting zijn er schelpenruggen op de zuidelijke rand van raai 5190 zichtbaar die in noordwaartse richting verplaatsen. Er ontstaan twee schelpenruggen. In 2019 zijn de schelpenruggen afgenomen in grootte. De oostelijke raai (5240) laat duidelijk de hogere gedeelten/ruggen van de Roggenplaat zien die ook in noordelijke richting verplaatsen (een sterkere migratie van het profiel dan waargenomen in raai 5190). Dit kan duiden op een netto sedimenttransport met een sterke noordwaartse component, in lijn met de overheersende zuidwestelijke windrichting. In De Vet et al. (2018) is aangetoond dat de wind tijdens stormen inderdaad in belangrijke mate de richting van de sedimenttransporten stuurt (middels windgedreven stroming en windgolven). En het is juist tijdens de stormen dat sedimenttransport op de Roggenplaat hoofdzakelijk plaatsvindt. Voor de zuidelijke zone kan het sediment ook (gedeeltelijk) in zuidelijke richting worden verplaatst tijdens stormen. De laatste jaren, 2010-2019, lijkt de bodemligging minder sterk te veranderen dan de jaren ervoor.



Figuur 4-5. RTK raaien op de Roggenplaat. Voor raai 5190 en raai 5240 is de data weergegeven in Figuur 4-6.

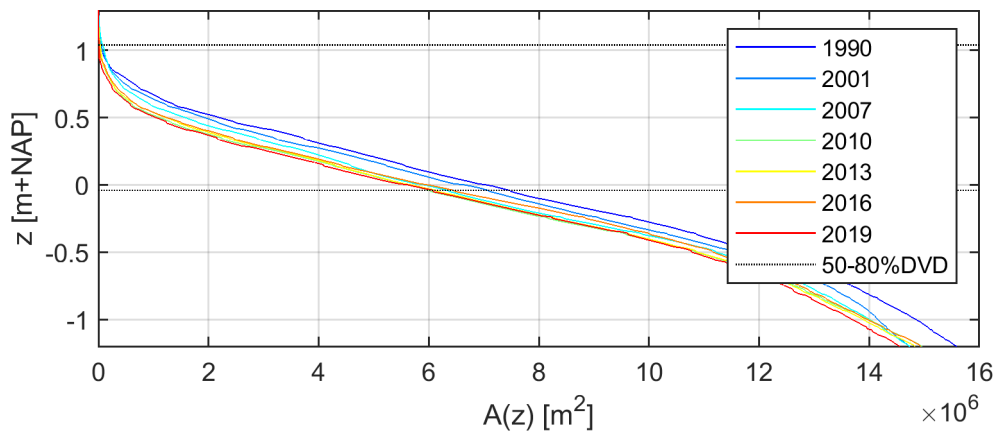


Figuur 4-6. Bodemligging langs RTK raaien 5190 en 5240. De afstand neemt toe in noordelijke richting. De gemiddeld-laagwater (MLW) en -hoogwater (MHW) lijnen zijn aangegeven, net als de gemiddelde water lijn (stippellijn). Zie Figuur 4-5 voor de ligging van de raaien.

Volgens De Ronde et al. (2013) is de erosie tussen 1990 en 2010 het sterkste in het noorden en zuiden van de plaat (24 mm/jaar). Het westelijk gedeelte erodeert 14 mm/jaar en het grote middengedeelte 5 mm/jaar. De Ronde et al. (2013) koppelen de sterke erosie van de zuidrand aan golfwerking. Dit gedeelte is onderhevig aan golven uit de dominante zuidwestelijke richting. Gemiddeld erodeerde de Roggenplaat de afgelopen decennia 0,7-1,0 cm/jaar (gebaseerd op de RTK data en de vaklodingen). De laatste jaren lijkt de erosietrend iets af te vlakken, maar dit wordt nog nader onderzocht.

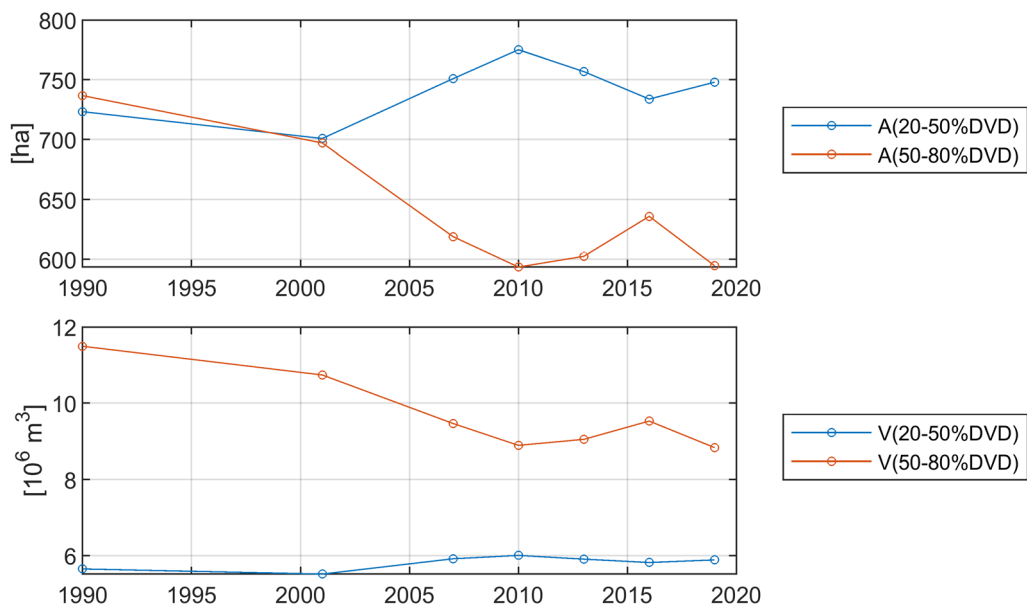
Hypsometrische curves zijn een manier om de morfologische ontwikkeling van de Roggenplaat te bestuderen. Deze curves tonen een cumulatieve verdeling van het plaatoppervlakte als functie van de hoogte. Figuur 4-7 laat deze zien voor de periode 1990-2019. Hierin zijn verticaal niveaus ingetekend die corresponderen met een 50% droogvalduur (NAP-0,04 m) en 80% droogvalduur (NAP+1,04 m) op basis van de waterstanden die in 2013 bij station Roompot Binnen zijn gemeten (representatief voor de recente jaren). Uit deze figuur blijkt dat de hoogteverandering op de Roggenplaat vrij uniform verloopt; na 2010 lijken de veranderingen wel kleiner. Een uitzondering hierop is de relatief snelle erosie van de plaatranden (dieper dan ca. NAP -0,8 m), wat ook zichtbaar is in de ruimtelijke verdeling van de erosie. Verder laat deze figuur zien dat er in deze periode nauwelijks areaal op de Roggenplaat is (en was) dat meer dan 80% van de tijd droogvalt (nog slechts 1 ha in 2019). Dit betekent dat het totale areaal dat meer

dan 50% van de tijd droogvalt nagenoeg identiek is aan het areaal met een 50-80% droogvalduur.



Figuur 4-7. Hypsometrische curves van de Roggenplaat voor de jaren 1990, 2001, 2007, 2010, 2013, 2016 en 2019. Op de y-as de hoogte, op de x-as de cumulatieve oppervlakte.

De foerageerfunctie van de Roggenplaat voor steltlopers wordt in belangrijke mate bepaald door de droogvalduur (DVD). Van 1990 tot 2019 is het areaal en volume 20-50% DVD toegenomen, terwijl tegelijkertijd het areaal en volume 50-80% DVD is afgenomen (Figuur 4-8, Tabel 1 en Tabel 2). Het zand wordt dus in hoofdlijnen van de hogere naar de lagere delen verplaatst. Afwijkingen in de trend, bijvoorbeeld in 2016, kunnen duiden op meetfouten. De afname is sterker dan de toename, in lijn met de algehele erosie van de Roggenplaat. In 2019 ligt 594 ha van de Roggenplaat tussen de 50 en 80% van de tijd droog (Tabel 2). Het grootste deel hiervan (429 ha) zit overigens in de 50-60% droogvalduurklasse. Van 1990 tot aan 2019 is er ca. 2,7 miljoen kuub aan zand tussen de 50-80% DVD klasse verloren gegaan (Tabel 2).



Figuur 4-8. Ontwikkeling areaal (boven) en volume (onder) 20-50% en 50-80% DVD (droogvalduur) op basis van de vaklodingen.

Tabel 1. Aandeel van de Roggenplaat (in ha) dat een bepaald percentage van de tijd droogvalt voor verschillende jaren in de periode 1990 - 2019.

	1990	2001	2007	2010	2013	2016	2019
A(>10%DVD)	1546	1462	1459	1480	1467	1479	1440
A(>20%DVD)	1462	1402	1377	1370	1362	1371	1343
A(>30%DVD)	1334	1293	1258	1233	1232	1243	1214
A(>40%DVD)	1111	1066	1027	990	998	1033	990
A(>50%DVD)	739	702	626	595	605	637	595
A(>60%DVD)	318	268	233	175	189	198	166
A(>70%DVD)	55	40	35	22	22	24	17
A(>80%DVD)	2	5	7	2	3	1	1
A(>90%DVD)	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 2. Areaal en volume van verschillende droogvalduurklassen op de Roggenplaat in 1990 en 2019.

Droogvalduurklasse	1990		2019	
	Areaal ha (%)	Volume 10 ⁶ m ³	Areaal ha (%)	Volume 10 ⁶ m ³
10-20	84 (5%)	0,1	97 (7%)	0,1
20-50	723 (47%)	5,7	748 (52%)	5,9
50-80	737 (48%)	11,5	594 (41%)	8,8
80-100	2 (0%)	0,1	1 (0%)	0,0

5 T0 monitoring: een overzicht van de uitgevoerde metingen en activiteiten

De verschillende monitoringsactiviteiten staan beschreven in de monitoringsplannen (Ysebaert et al. 2017, Wijsman & Kraan 2017). De monitoring maakt deels gebruik van lopende monitoring en bestaat deels uit nieuwe monitoring. In Tabel 3 staat aangegeven welke metingen uitgevoerd zijn in het kader van de T0 monitoring voor aanleg van de suppleties.

Tabel 3 Monitoringsactiviteiten tussen 2015 en september 2019. Per onderdeel staat aangegeven wanneer welke metingen zijn uitgevoerd.

		2015												2016												2017												2018												2019												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Fysische metingen	stroom- en golfmetingen	■																																																												
	LIDAR																				■																																									
	RTK																				■		■		■		■		■																																	
	Sedimentsamenstelling																				■																					§																				
Ecologische metingen	Verspreiding bodemdieren																				■																					§																				
	kwalitatieve benthosopname	■		■		■																					■																					Δ														
	WOT kokkels	■		■																					■		■		■																																	
	WOT oesters	■																					■		■		■		■																																	
	Laagwatertellingen vogels	■												■												■												■												■												
Zeehondentellingen MWTL	■												■												■												■												■													
Waterbeweging en -kwaliteit Middelgeultje	Multi-Beam																				■																																									
	stroom metingen diatomeeën																				■																																									
Mosselpercelen rond de Roggenplaat: algemene karakteristieken en	perceelbemonstering																				■		■		■		■																																			
	steekbuizen																				■		■		■		■																																			
	onderwatercamera																				■																																									
priming	bemonstering																																																													
	3D scan																																																													
	sed sensoren																																																													
	golf loggers																																																													

§ bemonsterd maar niet uitgezocht.

Δ gedeeltelijk

6 Recente morfologische en ecologische toestand en ontwikkeling van de Roggenplaat (T0)

6.1 Doel

In dit hoofdstuk worden de resultaten getoond van de morfologische en ecologische toestand en ontwikkeling van de Roggenplaat op basis van de uitgevoerde metingen sinds 2015. Dit betreft de T0 situatie. In de vervolgrapportages zullen de metingen vanaf de T1 situatie met deze T0 metingen worden vergeleken. Voor de lange-termijn ontwikkeling van de morfologie wordt verwezen naar Hoofdstuk 4.

6.2 Morfologische ontwikkelingen

Het areaal droogvalduur is een centrale doelindicator voor het evalueren van de Roggenplaatsuppletie. De ontwikkeling van het areaal droogvalduur is direct gekoppeld aan de morfologische ontwikkeling van de Roggenplaat. Voor het onderzoeken van de morfologische ontwikkeling van de Roggenplaat zijn verschillende metingen uitgevoerd. Middels deze metingen wordt onderzocht: (1) welke processen ten grondslag liggen aan veranderingen in areaal droogvalduur op de Roggenplaat; (2) wanneer en waar erosie optreedt en hoe het sediment zich verplaatst over de Roggenplaat.

In de eerstvolgende sectie wordt de analyse van de morfologie van de gehele Roggenplaat in de T0 situatie gepresenteerd. In de tweede secties wordt in meer detail ingegaan op de ontwikkeling van de afwateringsgeulen. Vervolgens komt de ontwikkeling in droogvalduur, de sedimentsamenstelling en de stroom- en golfmetingen aan bod.

6.2.1 Recente hoogteontwikkeling Roggenplaat

6.2.1.1 *Methode*

Hoogtekaarten zijn verkregen middels laseraltimetrie (ofwel LIDAR) in 2016, 2018, 2019. De hoogtekaart uit 2016 voldoet niet aan de kwaliteitseisen en wordt hier buiten beschouwing gelaten.

LIDAR (Laser Imaging Detection And Ranging) is een meting van de afstand tussen een vliegtuig of helikopter en het grondoppervlak waarmee, in combinatie met de plaatsbepaling van het vliegtuig, de hoogte van het grondoppervlak kan worden gemeten. De hoogtekaarten verkregen middels laseraltimetrie geven de hoogte weer ten opzichte van NAP op een 2 bij 2 meter rooster met een nauwkeurigheid van ± 15 cm.

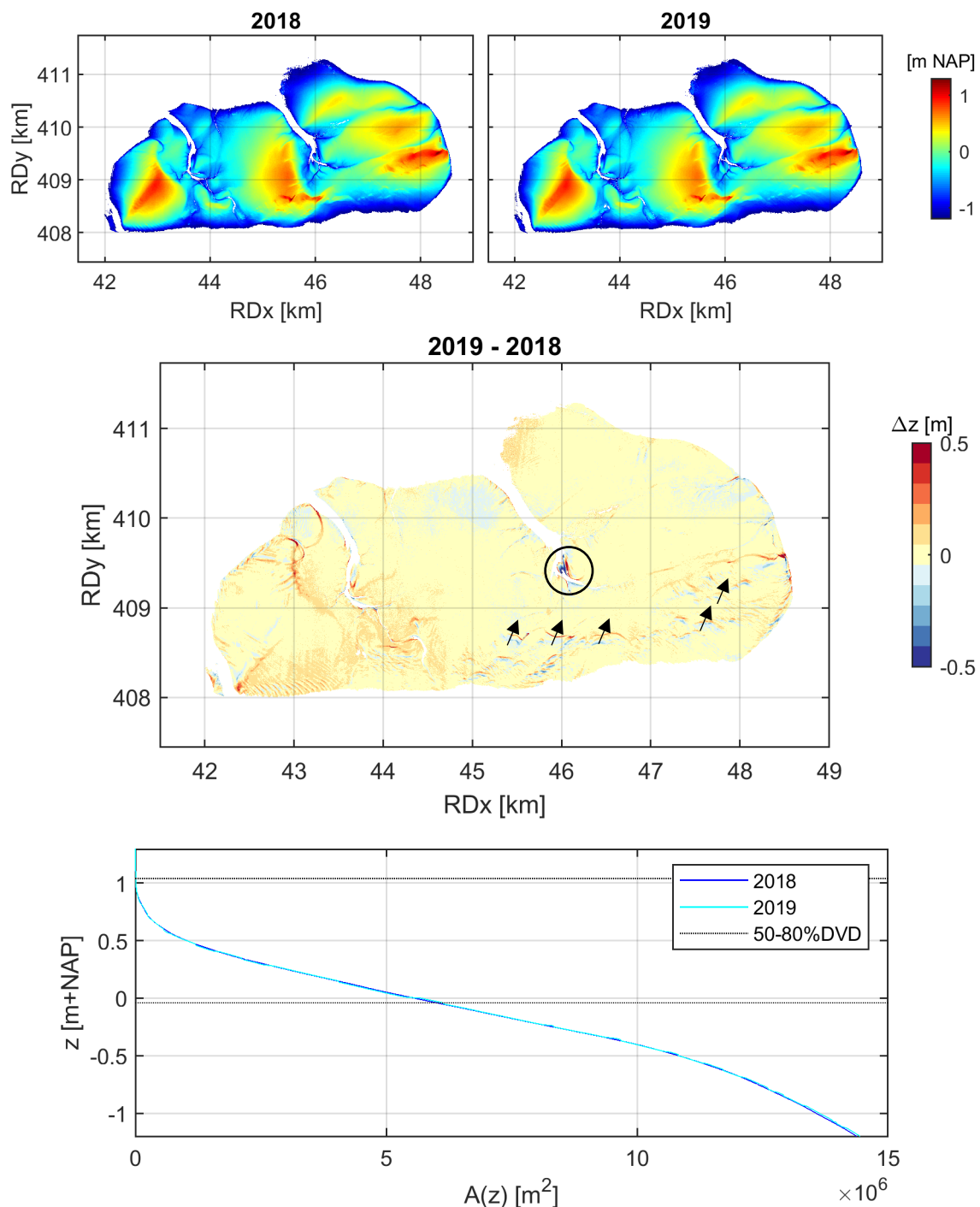
Uit een vergelijking tussen de LiDAR data en de vaklodingen data (LiDAR aangevuld met echolodungen) blijkt dat er in de LiDAR dataset van 2019 ongeveer 11 ha aan data op de Roggenplaat ontbreekt (tussen gemiddeld hoog- en laagwater). Delen van het intergetijdengebied die tijdens de opnamen onderwater lagen (poeltjes op de plaat en gebieden rond de laagwaterlijn) ontbreken in de LiDAR dataset omdat er met LiDAR niet onderwater gemeten wordt. Het gebrek aan data is in 2019 beperkt; 11 ha komt overeen

met 0.8% van het totale oppervlakte van de Roggenplaat. De reden dat in dit hoofdstuk de LiDAR data wordt geanalyseerd is omdat er alleen van 2019 vaklodings data beschikbaar zijn.

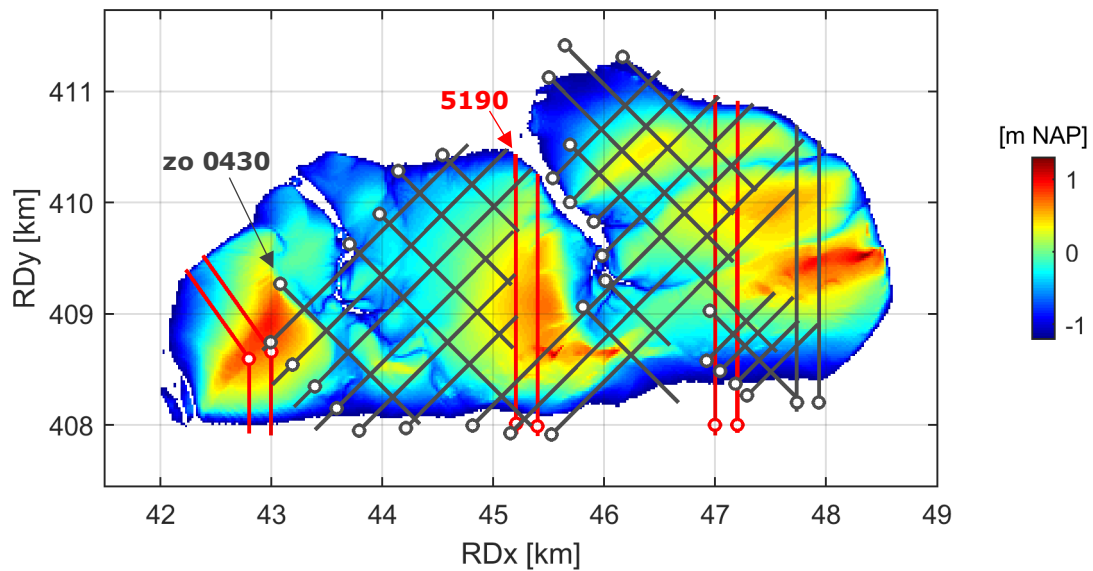
Aanvullend op de ruimtelijke LiDAR dataset zijn RTK (Real Time Kinematic)-dGPS raaien ingemeten, deze hebben een nauwkeurigheid van $\pm 0,03$ m. Op de Roggenplaat liggen zes raaien (waarvan de twee meest westelijke geknikte raaien formeel elk uit twee losse raaien bestaan) die jaarlijks eenmaal opgemeten worden sinds 1988 in het kader van de RWS lange-termijn monitoring van de slikken en platen van de Oosterschelde (Figuur 6-2). In het kader van de Roggenplaatsuppletie zijn aanvullend eenendertig extra RTK raaien uitgezet die sinds 2018 vier keer per jaar gemeten worden (Figuur 6-2). Specifiek is gekeken naar locaties waar erosie en sedimentatie optreden en hoe het sediment zich verplaatst over de Roggenplaat.

6.2.1.2 Resultaten

In Figuur 6-1 zijn de LiDAR data van 2018 en 2019 gepresenteerd en vergeleken. Omdat er slechts één jaar tussen de metingen zit en de ontwikkelingen op de Roggenplaat relatief gradueel verlopen (Hoofdstuk 4), zijn de verschillen tussen de hoogtekaarten zeer beperkt. Dit komt ook tot uitdrukking in de zeer vergelijkbare hypsometrische curves. Desondanks is er op de verschilkaart een aantal morfologische ontwikkelingen zichtbaar die de nauwkeurigheid van de LiDAR data overschrijden (± 15 cm). Er zijn in het zuidoosten van het Middengeultje tientallen centimeters aan veranderingen zichtbaar die duiden op een migratie van een van de aftakkingen van het Middengeultje (omcirkeld in Figuur 6-1). Deze veranderingen zijn in Sectie 6.2.2 nader onderzocht met de Multibeam data. Ten tweede migreren de bodemvormen op de Roggenplaat naar het noordoosten tussen 2018 en 2019 (gemarkeerd met de pijlen in Figuur 6-1). Dit is in lijn met de ontwikkeling zoals in de afgelopen decennia waargenomen (Hoofdstuk 4).

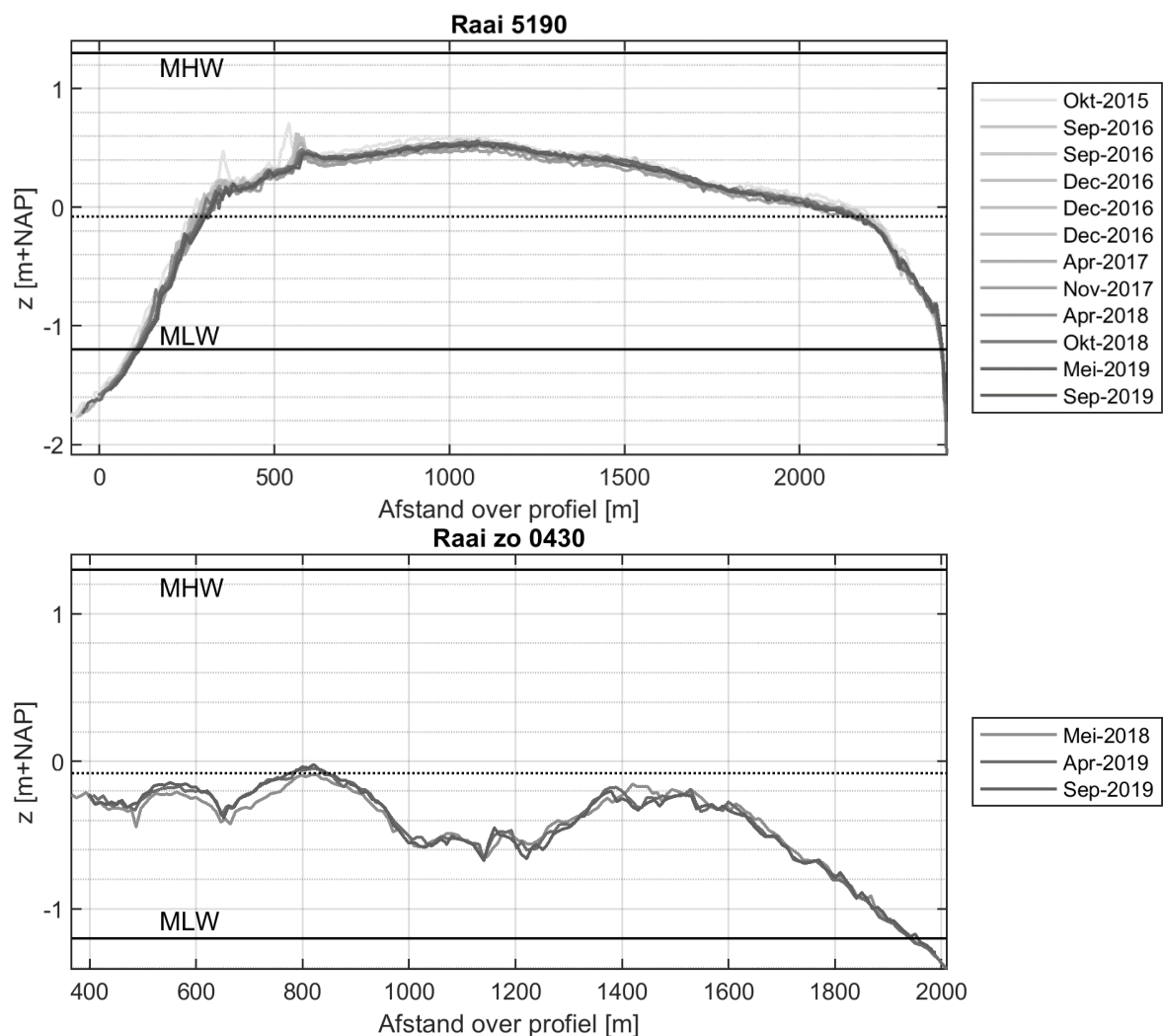


Figuur 6-1. LiDAR data van de Roggenplaat van 2018 en 2019. Hoogtekaarten (boven), een verschilkaart (midden) en hypsometrische curves (onder) zijn weergegeven. In de verschilkaart tonen de pijlen de migratierichting van de bodemvormen en de cirkel de veranderingen in het zuidoosten van het Middengeultje.



Figuur 6-2. Reguliere RTK raaien (rood) en aanvullende RTK raaien (donkergrijs) op de Roggenplaat. De cirkels geven het startpunt van elke raai aan. Op de achtergrond zijn de vaklodingen data van 2019 weergegeven (boven de laagwaterlijn).

In Figuur 6-3 is de ontwikkeling langs twee van de RTK-dGPS raaien (5190 en zo 0430) weergegeven. Omdat de metingen sinds 2015 zijn getoond (voor de aanvullende raaien zoals zo 0430 zijn er overigens pas metingen sinds 2018), zijn de ontwikkelingen veel beperkter dan de veranderingen op de lange termijn in Figuur 4-5. Wel is duidelijk dat de lange-termijnontwikkelingen doorzetten en de bodemvormen iets naar het noorden lijken te migreren. In de toekomstige rapportages zal de morfologische ontwikkeling van de suppleties (vanaf 2020) tegen deze data worden afgezet.



Figuur 6-3. Bodemligging langs RTK raaien 5190 en zo 0430. De afstand neemt voor de eerste raai toe in noordelijke richting en voor de tweede raai in zuidoostelijke richting. De gemiddeld laagwater- (MLW) en hoogwaterstanden (MHW) zijn aangegeven, net als de gemiddelde waterstand (stippellijn). Zie Figuur 6-2 voor de ligging van de raaien. De T0 situatie is in grijs tinten gepresenteerd.

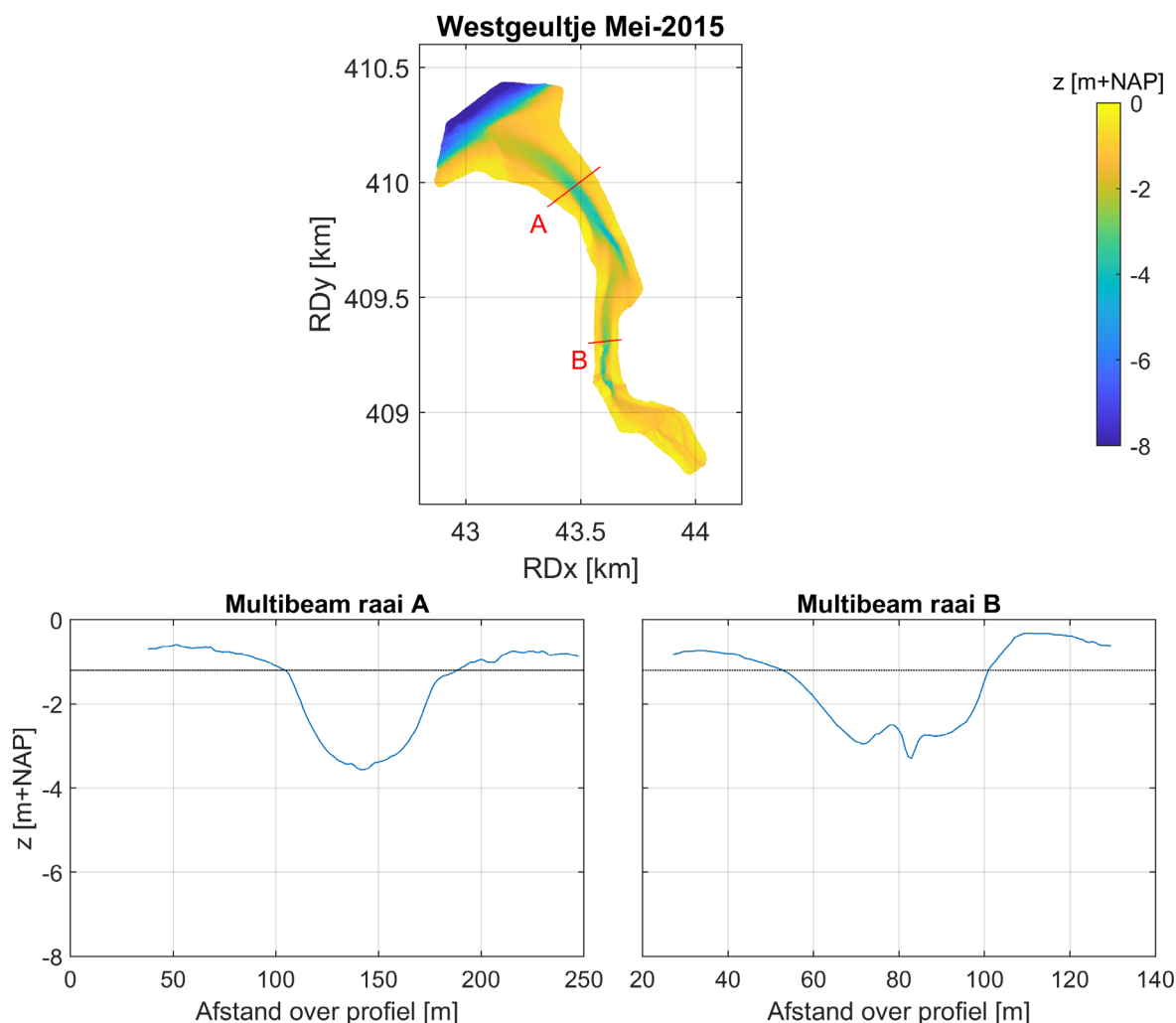
6.2.2 Morfologie afwateringsgeulen

6.2.2.1 Methode

In de Roggenplaat zijn twee grote afwateringsgeulen aanwezig (Middengeultje en Westgeultje, zie Figuur 4-2). Deze geulen vormen een belangrijk onderdeel van de morfologie van de Roggenplaat en beïnvloeden de stroming op de plaat. Beide geulen zijn voor dit project met Multibeam ingemeten in mei 2015. Voor het Middengeultje is de meting in april 2019 herhaald. Overigens is het Middengeultje ook in december 2019 ingemeten, maar deze meting wordt in deze T0 rapportage buiten beschouwing gelaten omdat deze meting al tijdens de aanleg van de suppleties plaatsvond. De metingen zijn beschikbaar op een 1 m bij 1 m rooster, hebben een verticale nauwkeurigheid van ongeveer 10 cm en zijn geschikt om te bepalen of het Middengeultje migreert en/of in omvang verandert. Voor het Westgeultje is één meting beschikbaar waardoor niet gekeken kan worden naar morfologische ontwikkelingen in de tijd. Deze meting geeft wel een goed beeld van de morfologie van het Westgeultje.

6.2.2.2 Resultaten

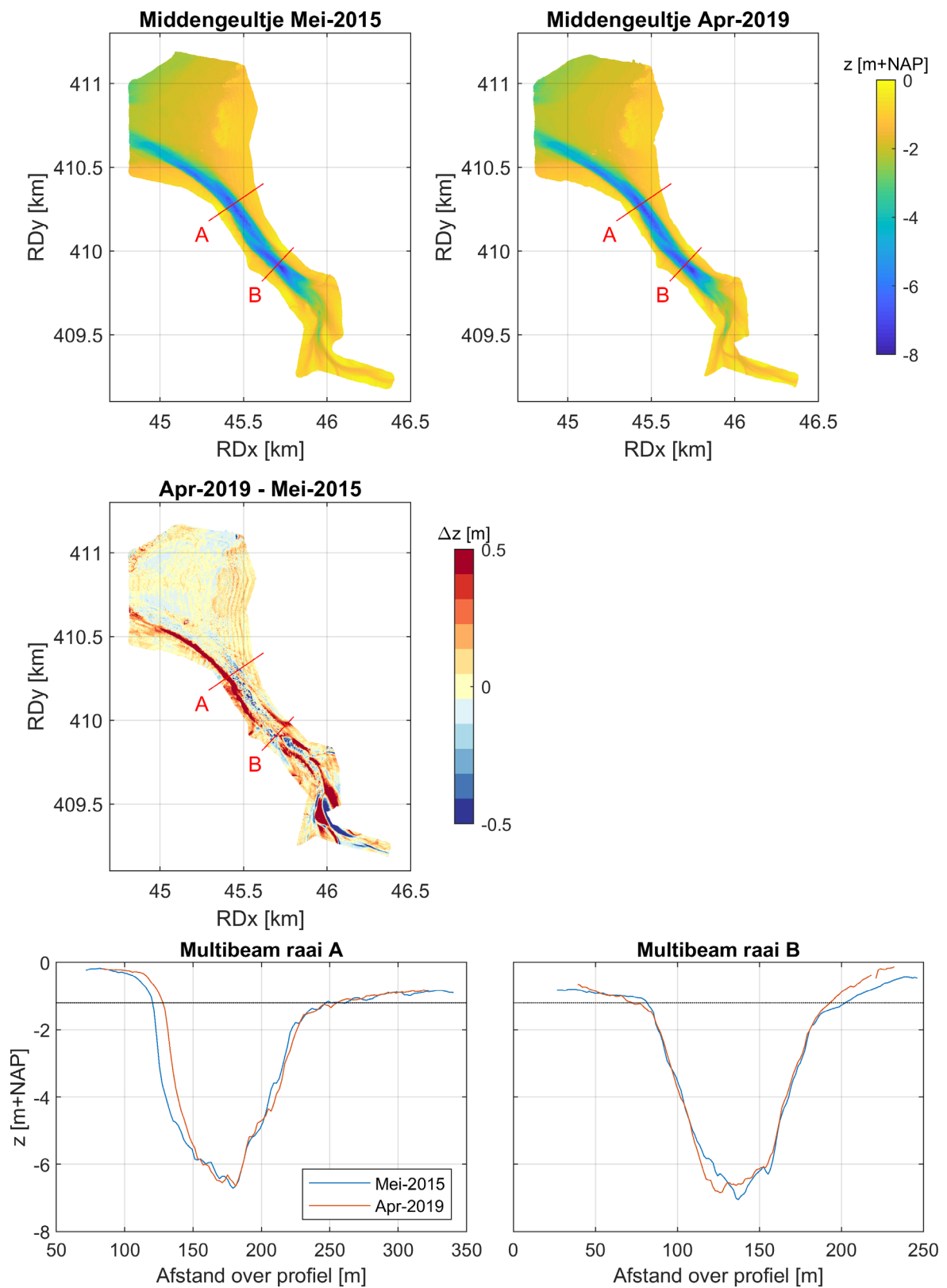
Het Westgeultje (Figuur 6-4) heeft een diepte van maximaal 4,5 m-NAP. Bij gemiddeld laagwater (1,2 m-NAP) heeft het geultje een breedte van ongeveer 50 m, zie hiervoor ook de raaien in Figuur 6-4.



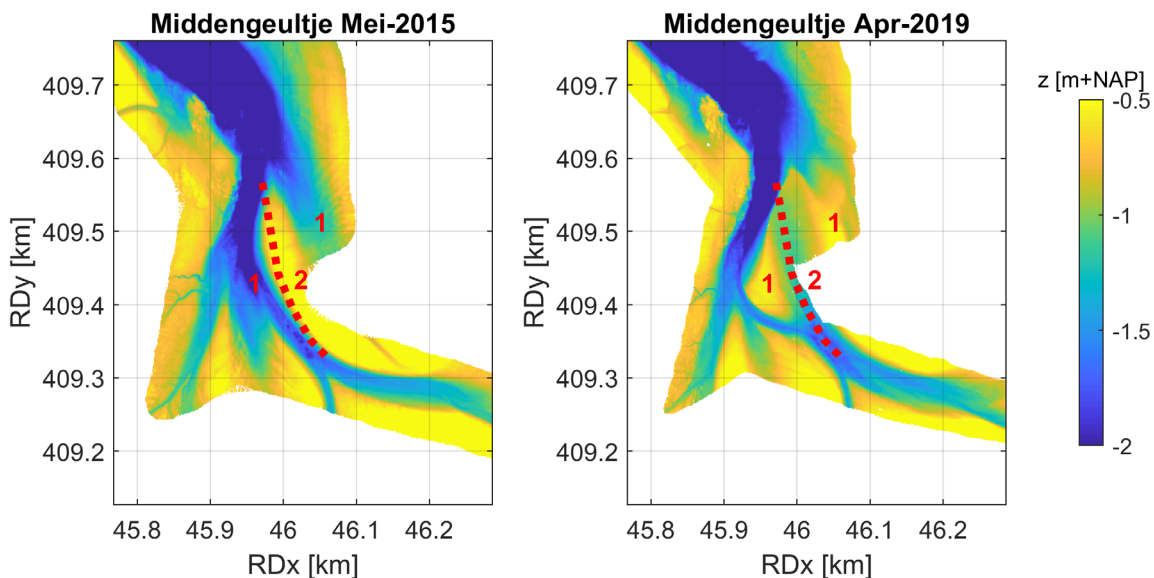
Figuur 6-4. Multibeam opname Westgeultje Roggenplaat in mei 2015 (boven) en profielen geïnterpoleerd langs raai A en raai B (onder). De afstand langs de profielen is positief in noordoostelijke richting. De gemiddeld laagwaterlijn is met de zwarte stippellijn weergegeven.

Het Middengeultje (Figuur 6-5) is groter in omvang. Deze heeft een maximale diepte van ruim NAP-7 m en een breedte van ongeveer 100 m bij gemiddeld laagwater. De morfologische veranderingen zijn in Figuur 6-5 van april 2019 tot mei 2015 weergegeven. In de verschilkaart is duidelijk te zien dat er aan de zuidwestkant van de geul een strook met sedimentatie aanwezig is. Deze noordoostelijke migratie van de zuidwestelijke geulwand van het Middengeultje is ook goed zichtbaar in het bodemprofiel langs Multibeam raai A. Deze migratie is in lijn met de lange-termijnontwikkeling van de Roggenplaat (Figuur 4-3). De noordoostelijke geulwand van het Middengeultje ligt een stuk stabiel wat betekent dat de geul smaller wordt. Overigens is het niet de gehele zuidwestelijke geulwand die naar het noordoosten migreert, het bodemprofiel langs Multibeam raai B is niet onderhevig aan migratie.

De oorsprong van het Middengeultje (in het midden van de Roggenplaat/zuidoosten van het Middengeultje) is een morfologisch dynamisch gebied (Figuur 6-6), zoals ook zichtbaar is in de LiDAR data (Figuur 6-1). Twee aftakkingen van het Middengeultje zijn lokaal meer dan een halve meter aangezand en de grootste lokale aftakking lag in 2019 ongeveer 50 m naar het oosten ten opzichte van 2015 (gemarkeerd in Figuur 6-6). Het is nog onduidelijk of de geul aan een cyclische ontwikkeling onderhevig is of dat dit een blijvende verandering in de lokale morfologie van het Middengeultje is.



Figuur 6-5. Multibeam opnamen Middengeultje Roggenplaat in mei 2015 en april 2019 (boven), een verschilkaart (midden) en profielen geïnterpoleerd langs raai A en raai B (onder). De afstand langs de profielen is positief in noordoostelijke richting. De gemiddeld laagwater lijn is met de zwarte stippellijn weergegeven.



Figuur 6-6. Detailopname van de Multibeam data, gefocust de morfologische patronen in het zuidoosten van het Middengeultje in mei 2015 (links) en april 2019 (rechts). Aangezande geultjes zijn met 1 gemarkeerd, de nieuwe locatie van het geultje is met de stippellijn en 2 gemarkeerd.

6.2.3 Droogvalduur

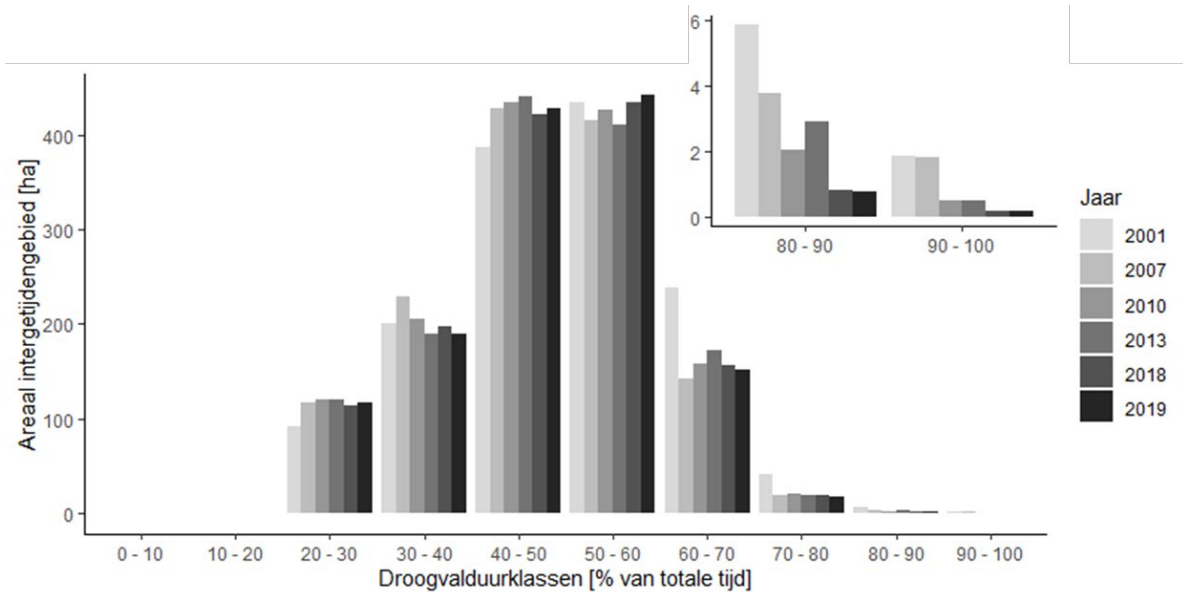
6.2.3.1 Methode

Voor de foerageerfunctie voor vogels is droogvalduur een belangrijke parameter. Voor het evalueren van de ontwikkeling van het areaal droogvalduur over de tijd zijn de LiDAR hoogtekaarten omgezet naar droogvalduur. Areaal droogvalduur is bepaald door de bodemligging te combineren met de cumulatieve verdeling van de waterstanden. Voor de omzetting naar droogvalduur (zie Bijlage 1) is gebruik gemaakt van de waterstanden gemeten bij 'Roompot binnen'. Vervolgens is per droogvalduurklasse het areaal per jaar berekend.

Opgemerkt wordt dat de bepalingen van de arealen in de droogvalduurklassen 0-10% en 10-20% (relatief) onnauwkeurig zijn omdat niet alle delen van de plaat met deze bodemhoogten in de LiDAR dataset zijn opgenomen. Toch heeft het gebruik van LiDAR data de voorkeur omdat niet voor elk jaar vaklodingen data beschikbaar zijn. In de LiDAR dataset ontbreken de delen van de plaat die onder water stonden tijdens de metingen zoals ook al opgemerkt in Sectie 6.2.1. Welke delen ontbreken varieert over de jaren. Kleine variaties in arealen in de hogere droogvalduurklassen kunnen te maken hebben met kleine gaten in de LiDAR dataset als gevolg van lokale metingen die niet voldoen aan de kwaliteitseisen (bijvoorbeeld het gevolg van poeltjes). Ondanks deze beperkingen is de LiDAR dataset nuttig voor het volgen van de ontwikkeling van de droogvalduurklassen.

6.2.3.2 Resultaten

Veranderingen in het areaal droogvalduur over de tijd, op de gehele Roggenplaat, zijn in Figuur 6-7 weergegeven basis van data verkregen uit laseraltimetrie ingewonnen tussen 2001 en 2019. Het areaal met 80-100% droogvalduur toont een duidelijke afname over de tijd. Arealen van de overige droogvalduurklassen laten afwisselend een periode van toename en afname zien.

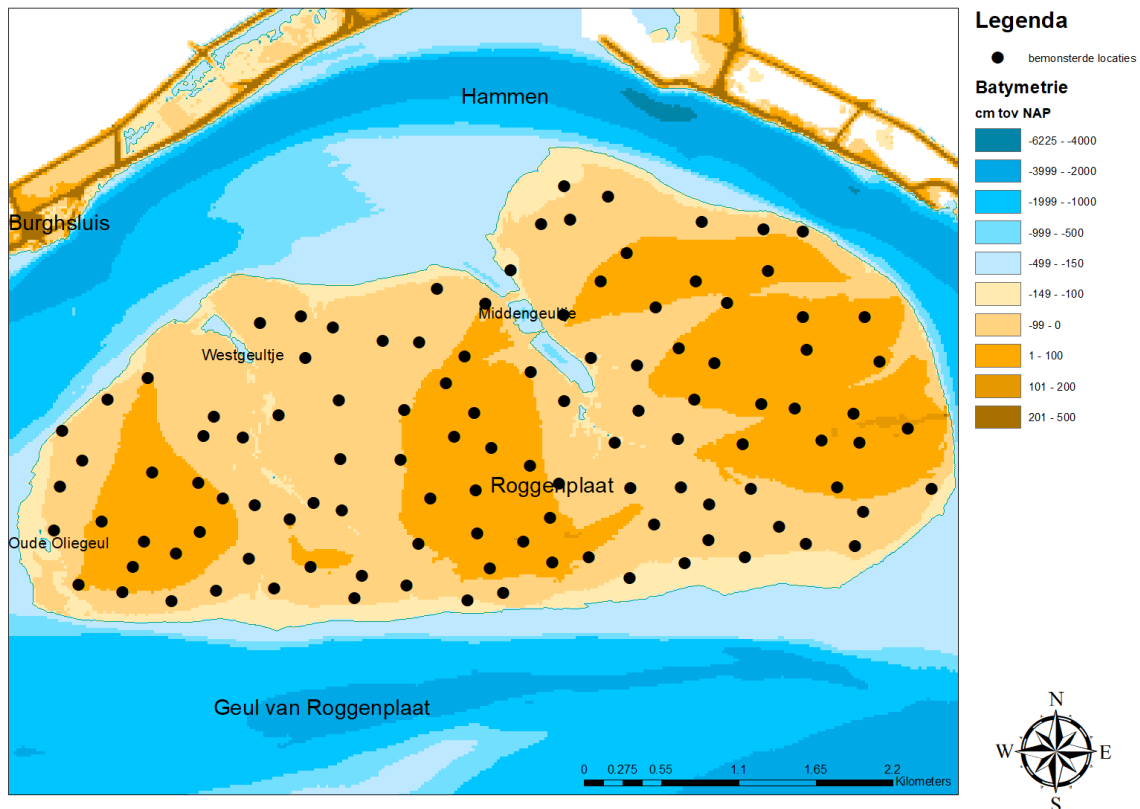


Figuur 6-7. Verandering in hectare areaal per droogvalduurklasse tussen 2001 en 2019. De 0-20 DVD wordt buiten beschouwing gelaten.

6.2.4 Sedimentsamenstelling

6.2.4.1 Methode

Sedimentsamenstelling is een van de bepalende factoren voor bodemfauna en dus ook voor de foerageerfunctie voor kust- en strandvogels. Sedimentsamenstelling en het slibgehalte is bemonsterd in het najaar van 2015 en 2019 op 113 locaties (Figuur 6-8). Met een spuit (3 cm Ø) is een vast volume van de bovenste 3 cm van het sediment bemonsterd. Direct bij terugkomst op het lab zijn de monsters in een diepvries (-20°C) geplaatst. Vervolgens zijn ze gevriesdroogd en is de korrelgrootteverdeling geanalyseerd bij het NIOZ met behulp van laserdiffractie (Malvern Particle Analyzer P2000). Hieruit wordt de mediane korrelgrootte verkregen (D50) en de verdeling grof zand, middel fijn zand, fijn zand, zeer fijn zand en slib. De slibfractie betreft de fractie < 63 µm.



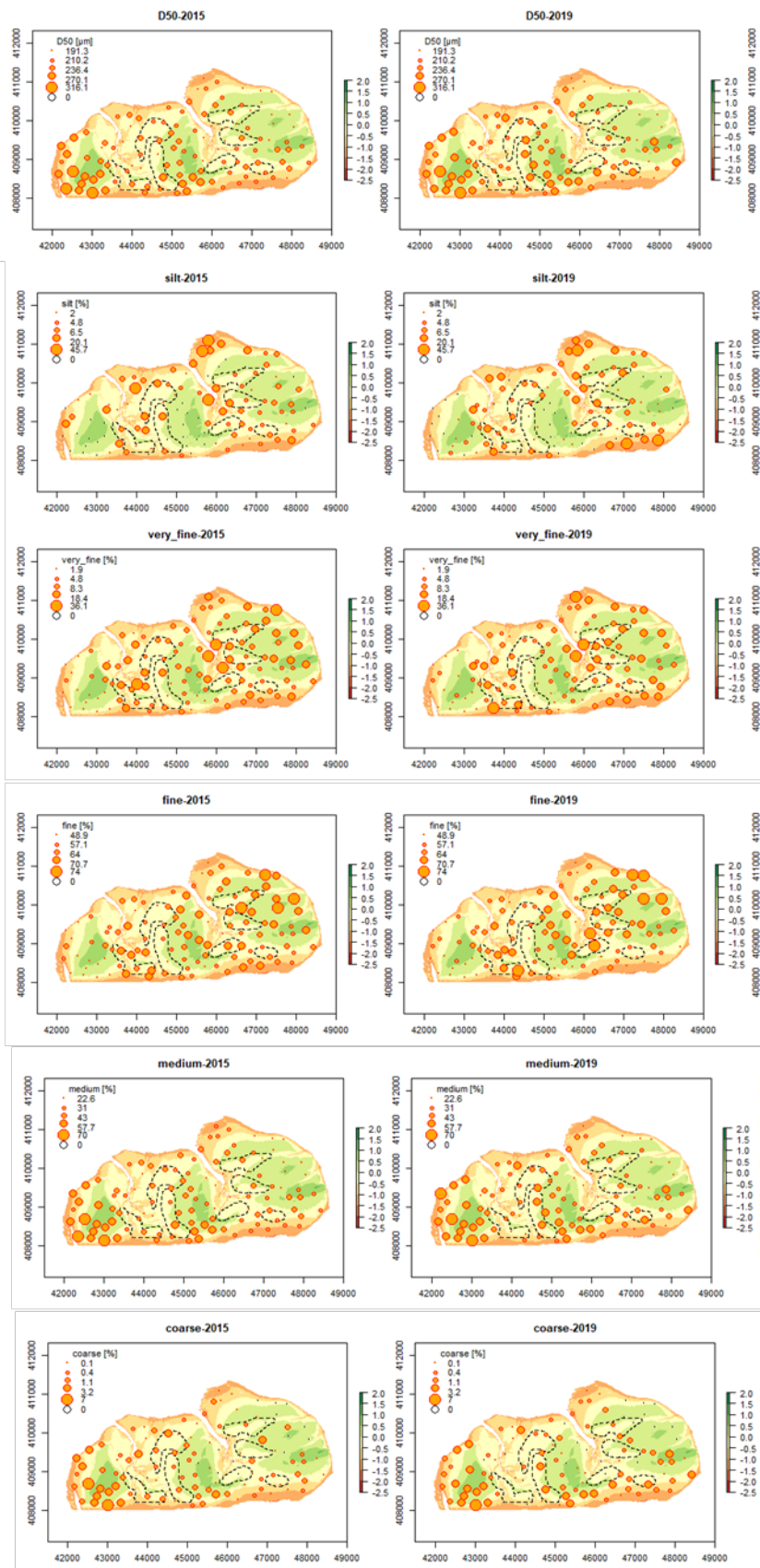
Figuur 6-8. Overzicht van de stations op de Roggenplaat bemonsterd voor sedimentsamenstelling in 2015 en 2019.

6.2.4.2 Resultaten

Het sediment op de Roggenplaat kan gemiddeld geclassificeerd worden als fijn zand (Tabel 4). De korrelgrootte verdeling is vergelijkbaar over de jaren. De ruimtelijke verdeling van het sediment toont vooral in het westelijke deel van de Roggenplaat een hogere mediane korrelgrootte, op deze locaties is vaak geen slib geobserveerd en is de fractie aan zeer fijn en fijn zand heel laag (Figuur 6-9). In de lager gelegen delen van de Roggenplaat is het sediment vaak fijner en het slibgehalte hoger.

Tabel 4. Sedimentsamenstelling op de Roggenplaat. Grof zand = fractie tussen 0.5 – 1.0 mm, Middel fijn zand = 0.25 – 0.5 mm, Fijn zand = 0.125 – 0.25 mm, Zeer fijn zand = 0.063 – 0.125 mm, Slib = < 0.063 mm; D50 = mediane korrelgrootte van de totale sedimentfractie.

	2015			2019		
	Gemiddelde	Min	Max	Gemiddelde	Min	Max
Grof zand (%)	0,5	0	3,5	0.5	0	3.7
Middel fijn zand (%)	31,4	3,4	60,9	32.3	4.4	59.9
Fijn zand (%)	57,4	33,0	74,0	56.8	36.5	73.3
Zeer fijn zand (%)	6,6	0,1	31,2	6.1	0.1	36.1
Slib (%)	4,1	0	32,6	4.2	0	31.7
D50 (µm)	210	99	282	212	119	281.4



Figuur 6-9. Ruimtelijke verdeling van de mediane korrelgrootte (D50), slib percentage en grof, middel, fijn en zeer fijn zand percentages voor 2015 en 2019. De grote van de bolletjes geven het 25^{ste}, 50^{ste}, 75^{ste} en 95^{ste} percentielen van de desbetreffende variabele aan. De achtergrondkaart is de hoogte kaart van 2019, verkregen uit laseraltimetrie. De contouren van de geplande suppletie-elementen (stippellijn) zijn weergegeven.

6.2.5 Stroom- en golfmetingen

6.2.5.1 Methode

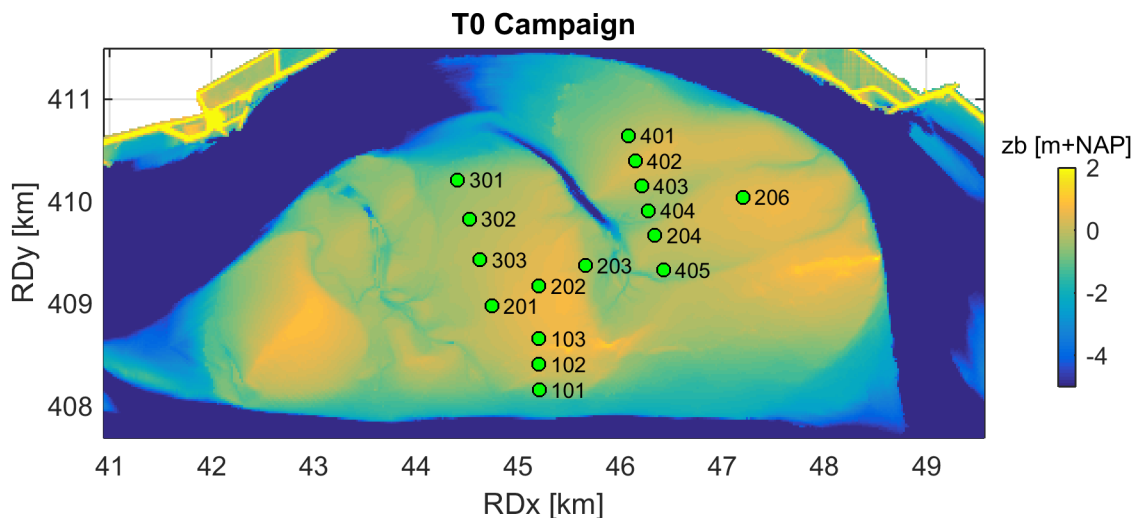
Stroming van het water is bepalend voor de morfologische ontwikkeling van de Roggenplaat. Aanleg van de suppleties zouden de bewegingen van het water kunnen veranderen en dus ook morfologische processen. Op 16 meetpunten verspreid over de Roggenplaat zijn stroom- en golfmetingen uitgevoerd tussen 24 februari en 25 maart 2015 (Van der Werf et al. 2016). Figuur 6-10 en Tabel 5 geven de ligging van de meetlocaties weer. Er is langs 4 raaien gemeten. De naam van de locaties bestaan uit een cijfer voor het raainummer (1-4) gevolgd door een cijfer voor de positie langs het betreffende raai. De meting bij locatie MP205 is mislukt en daarom is deze locatie niet opgenomen in de onderstaande figuur. De gekozen locaties laten toe inzicht te krijgen in hoe:

- Afstroming plaatsvindt van de hogere locaties;
- Het geulensysteem werkt (geulensysteem belangrijke basis voor de beweging van het water);
- Stromingspatronen (al dan niet onder invloed van wind en golven) en waterscheidingen optreden in de verschillende deelgebieden;
- Lokale golfwerking de korte termijn sedimentdynamiek beïnvloedt.

Op de locaties zijn de volgende meetinstrumenten geplaatst:

- ADCP/Aquadopps voor meten van stromingen;
- wave loggers voor meten van golven.

Daarnaast zijn golfmetingen m.b.v. Waverider uitgevoerd vanaf januari 2015. Hiervoor is de Waverider Schelphoek verplaatst naar de zuidrand van de Roggenplaat.



Figuur 6-10. Ligging Aquadopps tijdens de T0 meting van de stroomsnelheden (februari – maart 2015). De onderliggende bathymetrie betreft het jaar 2013.

6.2.5.2 Resultaten

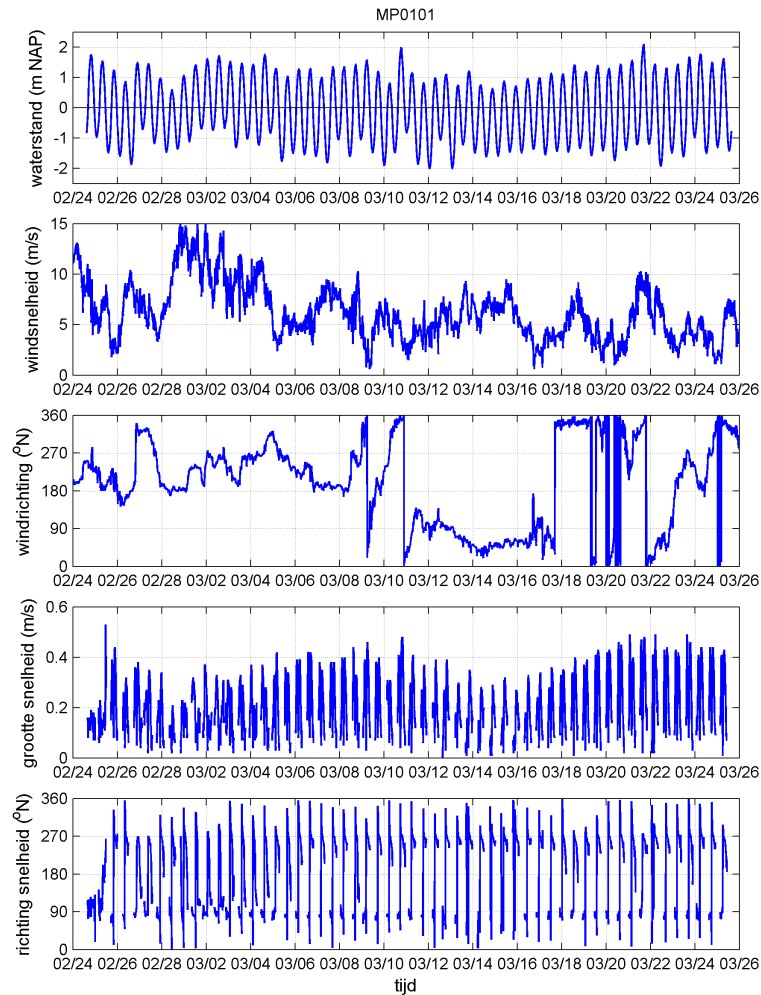
Figuur 6-11 toont de waterstanden bij het meetstation MP101 (o.b.v. gemeten waterstand bij station Roompot Binnen en een correctie van de M2 amplitude en fase, Marco Schrijver, pers. comm.), de windsnelheid en windrichting bij station Zeelandbrug Wind en de lokale, diepte-gemiddelde stroomsnelheden. De windrichting is nautisch gedefinieerd, i.e. 0° correspondeert met een wind afkomstig uit het noorden. Anders dan de wind correspondeert een richting van 0° met een stroming naar het noorden. Deze figuur laat zien hoe de waterstanden variëren door astronomische en meteorologische

invloeden. Zo is er op 1 maart een toename in de waterstanden te zien gekoppeld aan de relatief sterke wind vanuit het zuidzuidwesten. Op deze locatie variëren de pieksnelheden tussen de 0,2 en 0,5 m/s. De snelheden op de andere locaties hebben dezelfde orde van grootte. De springtij-doodtijcyclus is zichtbaar in de snelheden met hogere waarden rond 8 en 22 maart en lagere rond 1 en 15 maart.

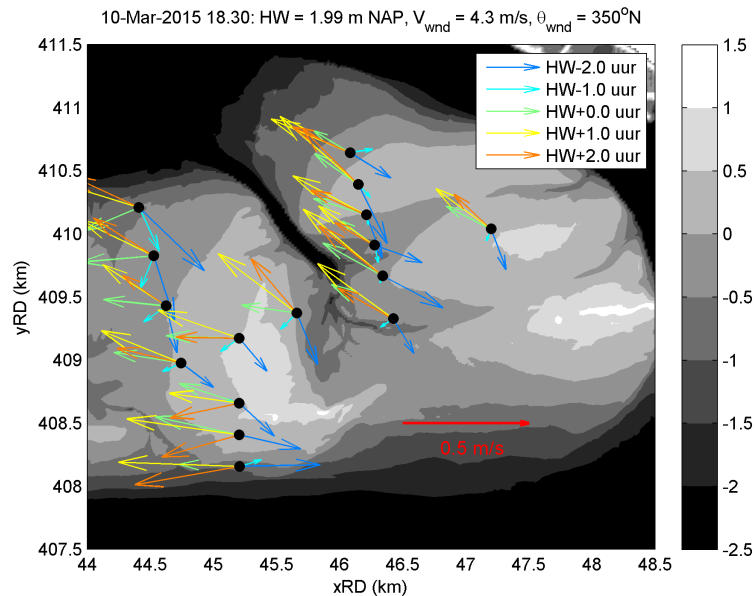
Tabel 5. Bodemligging (RTK gemeten) bij de Aquadops tijdens T-0 metingen.

Naam	Bodemligging (m NAP)
MP101	-0,82
MP102	+0,24
MP103	+0,46
MP201	+0,13
MP202	+0,52
MP203	-0,09
MP204	-0,05
MP206	+0,42
MP301	-0,61
MP302	-0,24
MP303	-0,01
MP401	-0,18
MP402	+0,34
MP403	-0,02
MP404	-0,44
MP405	-0,35

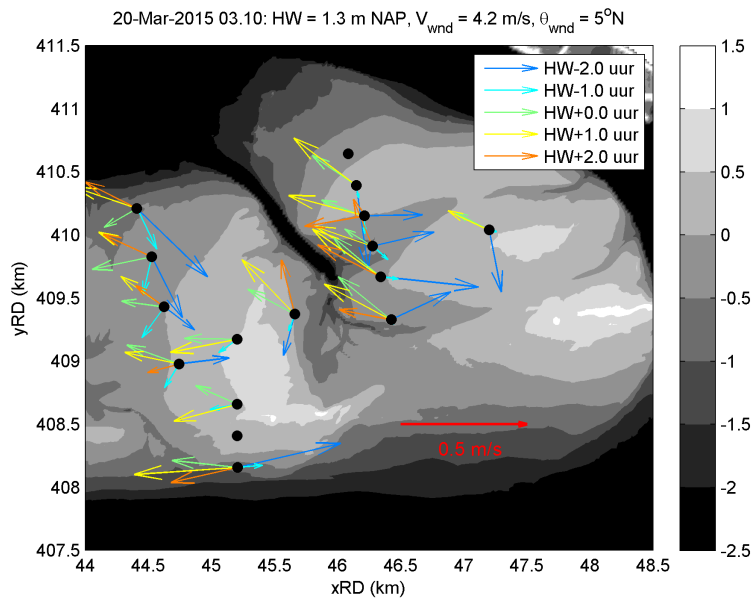
Figuur 6-12 en Figuur 6-13 tonen de gemeten diepte-gemiddelde stroomsnelheden 2 uur voor, 1 uur voor, tijdens, 1 uur na en 2 uur na hoogwater (HW) op de 16 meetlocaties op 10 en 20 maart 2015. De onderliggende bodemligging is in meters NAP en afkomstig uit 2013. In de titel van de figuren staat het tijdstip van het hoogwater, het lokaal opgetreden hoogwater en de windcondities (gemiddeld over de periode 2 uur voor t/m 2 uur na HW). Het betreft vergelijkbare windcondities (windkracht 3 Bft uit het noorden), en een respectievelijk hoger (Figuur 6-12) en lager (Figuur 6-13) hoogwater voor beide dagen.



Figuur 6-11 T0 metingen (2015) van de waterstand en stroomsnelheid bij locatie MP0101, en optredende windcondities bij het nabijgelegen station Zeelandbrug Wind.



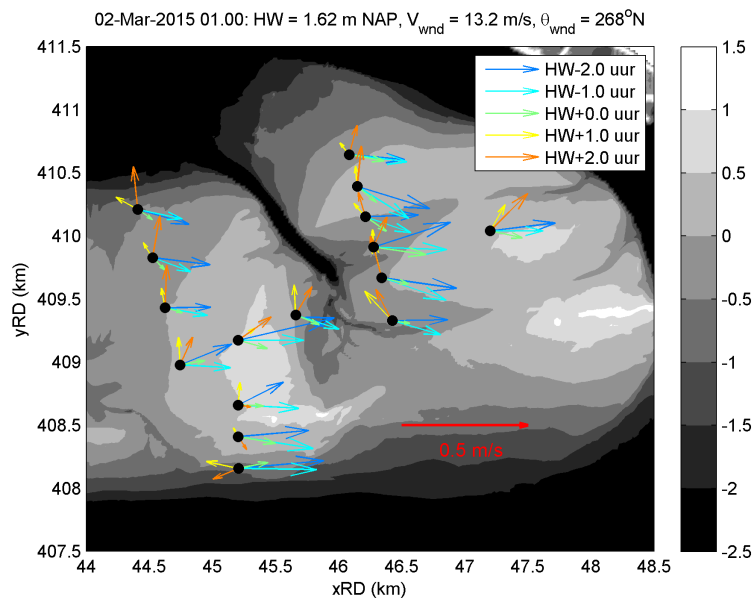
Figuur 6-12 Gemeten stroomsnelheden op de Roggenplaat rond het hoogwater van 10 maart 2015 om 18.30 uur met de 2013 bodemligging (in m NAP) eronder.



Figuur 6-13 Gemeten stroomsnelheden op de Roggenplaat rond het hoogwater van 20 maart 2015 om 03.10 uur met de 2013 bodemligging (in m NAP) eronder.

Deze figuren laten zien dat de stroomsnelheden een dominante oostelijke component hebben tijdens het opstromen van de plaat en een dominante westelijke component tijdens het afstromen. De stroming op de locaties direct ten oosten van de afwateringsgeul hebben een sterkere noordwestelijke oriëntatie tijdens afstroming, in lijn met de oriëntatie van de afwateringsgeul. De stroming tijdens het hogere hoogwater is aanzienlijk sterker. Bij de meeste stations draait de stromingsrichting het grootste gedeelte van de tijd met de klok mee.

De sterkste wind tijdens de T0 metingen was op 2 maart 2015: de windsnelheid was ruim 13 m/s (6 Bft) en afkomstig uit het westen. Figuur 6-14 laat zien dat de wind de snelheden op de Roggenplaat sterk beïnvloedt. De westwaartse snelheden tijdens eb zijn dan sterk gereduceerd. Tijdens vloed hebben de snelheden bij een hogere windsnelheid een sterkere oostelijke oriëntatie dan bij een lagere windsnelheid (Figuur 6-12 en Figuur 6-13).

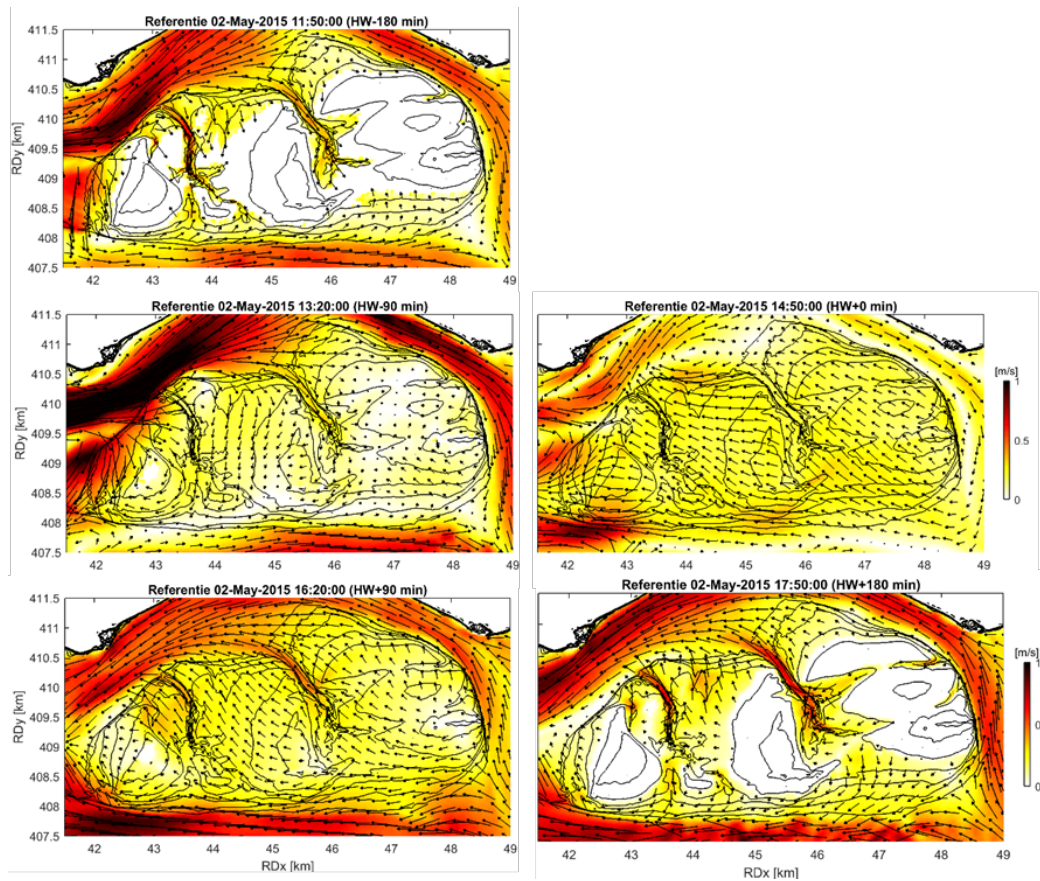


Figuur 6-14 Gemeten stroomsnelheden op de Roggenplaat rond het hoogwater van 2 maart 2015 om 01.00 uur met de 2013 bodemligging (in m NAP) eronder.

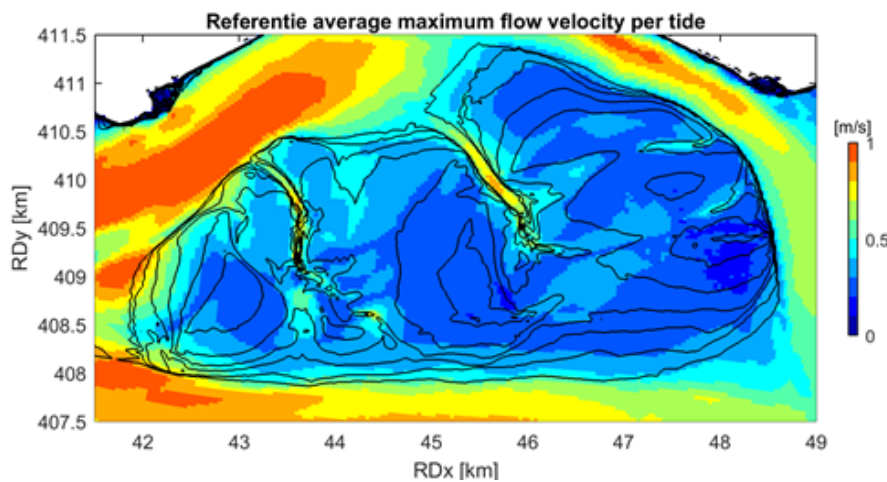
Om de meetdata te integreren tot T0 stromingspatronen is de T0 situatie doorgerekend met een proces-gebaseerd rekenmodel (Delft3D). Het model simuleert het effect van stroming op de plaat, gedreven door het getij, de wind en golven. Het zandtransport dat gedreven wordt door de stroming en de golven wordt door het model eveneens berekend. Het Delft3D model is een dieptegemiddeld (2DH) model. Variatie van de stroming over de verticaal (bijvoorbeeld helicoïdale stroming) wordt hierdoor enkel geparameteriseerd meegenomen. Er is gewerkt met een grofmazig model daar een fijnmazig model geen toegevoegde waarde heeft. Verdere details, kalibratie en validatie van het model zijn te vinden in van der Werf et al. (2016) en De Vet et al. (2018). Vergelijking met gemeten stroomsnelheden op de plaat in de periode februari-maart 2015 laten zien dat het model goed in staat is (gemiddelde afwijking < 4 cm/s, wortel van de gemiddelde afwijking in het kwadraat < 7 cm/s) om zowel de snelheid als de richting van de stroming op de plaat na te bootsen (De Vet et al., 2018).

Figuur 6-15 toont het berekende stroombeeld in de T0 referentie situatie op een aantal momenten voor en na het hoogwater van 2 mei 2015 om 14.50 uur. De wind was tijdens deze periode zwak tot vrij matig (~ 4 m/s) en afkomstig uit oostelijke richting. Deze figuur laat zien dat onder deze omstandigheden met relatief weinig wind de twee noordelijke kreek een belangrijke rol spelen in het op- en afstromen van het water op de Roggenplaat. Deze kreek zijn ook de plaats waar de hoogste snelheden op de plaat optreden. Op HW-90 min is zichtbaar hoe de zuidelijke en de noordelijke stroming elkaar treffen ongeveer waar nu de natuurlijke oesterriffen liggen. Tijdens HW stroomt het water over vrijwel de gehele Roggenplaat naar het noordwesten (eb-richting), terwijl de stroming in de noordelijk gelegen geul Hammen nog naar het oosten (vloedrichting) staat. Tijdens HW+90 min stroomt het water meer noord-zuid van de Roggenplaat af.

De huidige piekstroming in de oostelijke afvoergeul berekend op basis van het model is ~ 0.8 m/s. Het model toont voorts aan dat deze afvoergeul vloed-gedomineerd is qua piekwaarden. Figuur 6-16 toont de grootte van de stromingsmaxima in de T0-situatie.

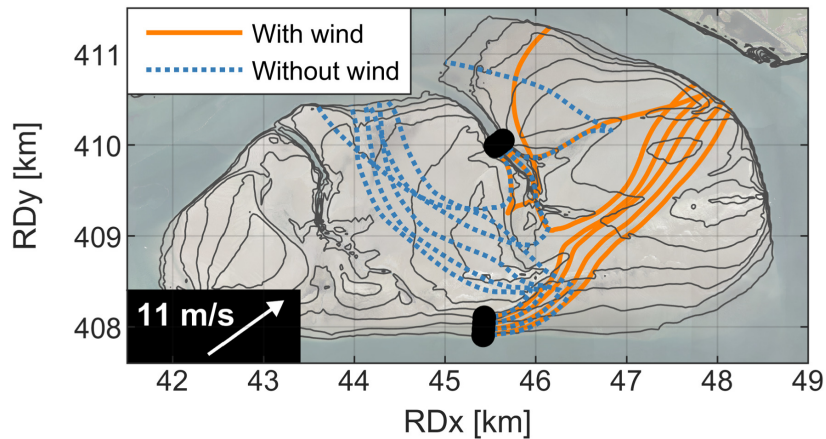


Figuur 6-15 Stroombeeld voor de referentiesituatie 3 uur voor, 1,5 uur voor, tijdens, 1,5 uur na en 3 uur na het hoogwater van 2 mei 2015 14:50.



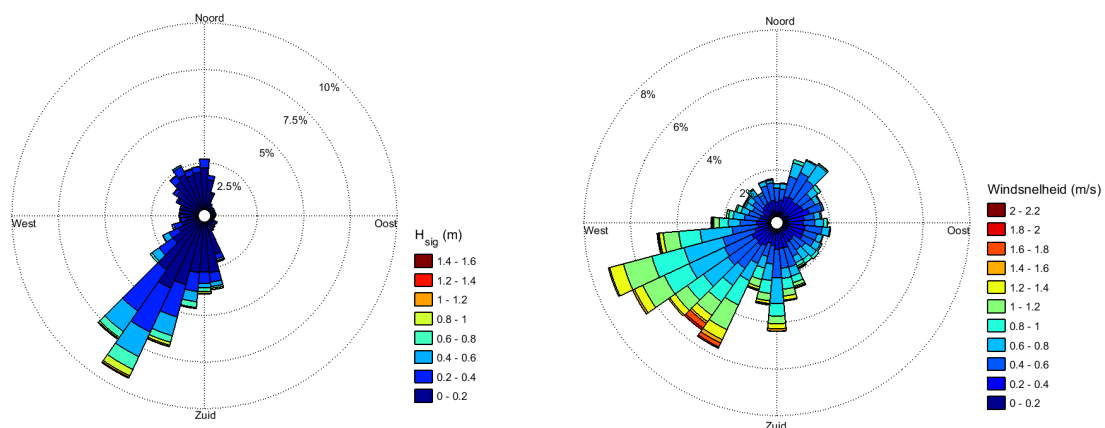
Figuur 6-16 Grootte van de stromingsmaxima in de referentiesituatie.

In De Vet et al. (2018) is de forcering van de stroming op de Roggenplaat nader onderzocht. In deze studie wordt het belang van de wind op de richting en sterkte van de stroming (en sedimenttransporten) onderschreven. Figuur 6-17 illustreert met het model dat de stroming over de Roggenplaat totaal anders is bij een windsnelheid van meer dan 10 m/s (komt ~12% van de tijd voor). De stroming over de Roggenplaat volgt dan de richting van de wind en niet de reguliere stromingsrichting (naar het noordwesten, in lijn met de afwateringsgeulen). Tijdens stormen, wanneer er grote windsnelheden plaatsvinden, zijn er over het algemeen ook hogere golven. Mede om deze redenen vindt het sedimenttransport op de Roggenplaat vooral tijdens stormen plaats. Zo zijn in een jaar getijden met de laagste windsnelheden slechts verantwoordelijk voor ~1-10% van het jaarlijkse sedimenttransport op de Roggenplaat.



Figuur 6-17 Een illustratie van de rol van de wind op de stroming over de Roggenplaat. Voor een simulatie van de stroming van 1 Maart (met een windsnelheid van 11 m/s vanuit het zuidwesten) is de stroming, startend bij de zwarte bolletjes, gevolgd (weergegeven met de lijnen). De simulatie is herhaald zonder wind. Overgenomen uit De Vet et al. (2018).

De golven bij de Roggenplaat zijn voornamelijk lokaal opgewekte windgolven. De gemiddelde significante golfhoogte bij de Waverider in de geul ten zuiden van de Roggenplaat was in de periode januari 2015 – januari 2016 0,2 m. De dominante golfrichting is zuidwestelijk, in lijn met de windcondities (Figuur 6-18).



Figuur 6-18 Golf- en windroos T0 metingen. De windsnelheden zijn gemeten in 2015 bij station Zeelandbrug Wind. De golfhoogtes bij de Waverider ten zuiden van de Roggenplaat in de periode januari 2015 – januari 2016.

6.3 Ecologische ontwikkelingen

Het uiteindelijke doel van de Roggenplaat suppletie is het in standhouden van voldoende foerageergebied voor steltlopers waarvoor de Oosterschelde van internationaal belang is. De draagkracht van een getijdenplaat voor steltlopers wordt primair bepaald door het voedselaanbod. De hoeveelheid geschikt voedsel dat aanwezig is, maar ook de bereikbaarheid van dat voedsel bepalen welke soorten en in welke dichtheden deze soorten kunnen voorkomen. Voor steltlopers zijn bodemdieren het belangrijkste voedsel. Bodemdieren stellen vaak specifieke eisen aan hun omgeving. Droogvalduur, dynamiek en sedimentsamenstelling bepalen in belangrijke mate het voorkomen. De ecologische ontwikkeling is hierdoor direct gekoppeld aan de morfologische ontwikkeling van de Roggenplaat.

Voor het onderzoeken van de ecologische ontwikkeling van de Roggenplaat zijn verschillende metingen uitgevoerd. Middels deze metingen wordt onderzocht: de ruimtelijke verspreiding van het bodemdierleven op de Roggenplaat; de ontwikkeling in laagwatersverspreiding van de steltlopers. Tevens komen de lange-termijn ontwikkeling van kokkels en oesterbanken aan bod. Tot slot bekijken we de trends in de zeehonden populatie.

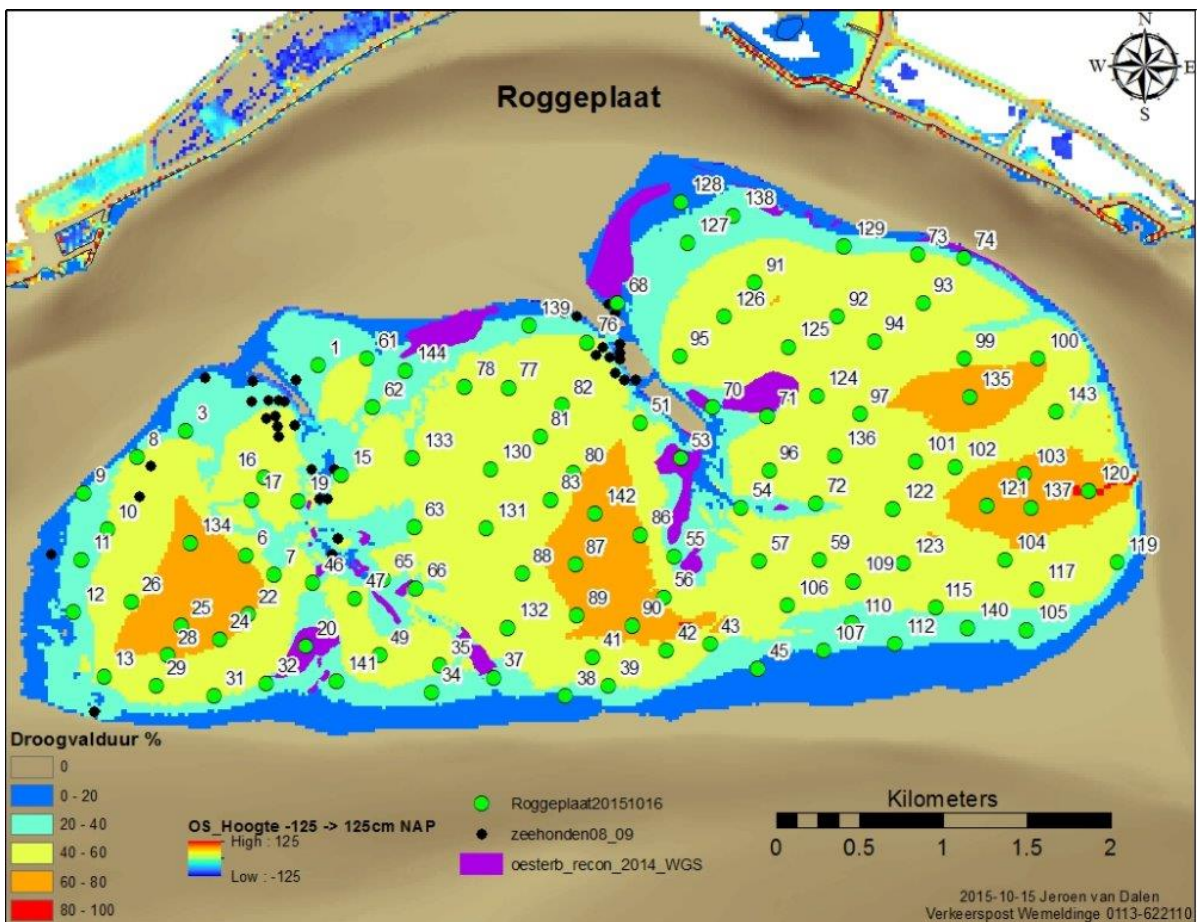
6.3.1 Benthische macrofauna

6.3.1.1 *Methode*

Om inzicht te krijgen in de (ruimtelijke) verspreiding van het macrozoöbenthos zijn twee bemonsteringen uitgevoerd op de Roggenplaat: kwantitatief en via een snelle veldscreening (kwalitatief). De kwantitatieve benthos bemonstering levert informatie over de voedselbeschikbaarheid op een bepaalde locatie, inclusief de biomassa. Middels de veldscreening kan een hogere ruimtelijke dekking verkregen worden, echter is de beperking van deze methode dat vooral gescoord wordt op aanwezigheid van een soort (en voor twee soorten, wadpier en kokkel, een indicatie van de aantallen), en er geen informatie beschikbaar is over aantallen of biomassa's. Tevens is het aantal soorten dat in het veld gemakkelijk en snel kan worden herkend beperkt.

In het verleden zijn drie grote, ruimtedekkende, bemonsteringscampagnes uitgevoerd op de Roggenplaat: in 1985 en 1989, waarbij een vergelijking gemaakt is tussen voor en na de aanleg van de Oosterscheldekering situatie (Seys, 1994). Deze bemonstering is in 2008 herhaald, op 90 van de oorspronkelijk 120 stations (Sistermans et al. 2008). Tevens zijn in het kader van MWTL een aantal vaste punten bemonsterd op de Roggenplaat. Na 2009 zijn deze vaste punten niet langer bemonsterd en is er overgegaan op een random bemonstering per ecotoop.

Een deel van de eerder bemonsterde locaties in 1985, 1989 en 2008 zijn opnieuw bemonsterd in het najaar (oktober) van 2015, 2018 en 2019. In totaal zijn 113 locaties bemonsterd op de Roggenplaat (Figuur 6-19). Op elke locatie zijn telkens 3 steekbuizen van 10 cm genomen. De steekbuizen zijn binnen een straal van 1 meter rondom het gedefinieerde monsterpunt circa 35 cm in het sediment gestoken. De inhoud van de steekbuizen is daarna samengevoegd en over een 1 mm zeef gezeefd. Het residu is in een monsterpot gedaan en op het lab geconserveerd door het toevoegen van geneutraliseerde formaline tot een uiteindelijke concentratie van 4%. Om de dieren beter zichtbaar te maken zijn de monsters voor analyse in het lab gekleurd met Bengaals roze. Daarna zijn ze gesorteerd en onder een microscoop op naam gebracht en per soort gewogen. Voor het wegen is het aanhangende water zoveel mogelijk met filtreerpapier verwijderd. Totale biomassa per locatie is nog niet beschikbaar voor 2019 ten tijde van deze rapportage. Tevens is op elke locatie 1 sediment core, 3 cm diep, genomen t.b.v. bepaling korrelgrootteverdeling (zie 6.2.4) en 3 chlorofyl-a cores, 1 cm diep, die zijn samengevoegd voor chlorofyl-a bepaling. De chlorofyl-data is nog niet beschikbaar. Dichtheden van *Arenicola* is in het veld bepaald door de hoopjes te tellen, op basis van tien keer tellen in een frame van 50x50 cm.



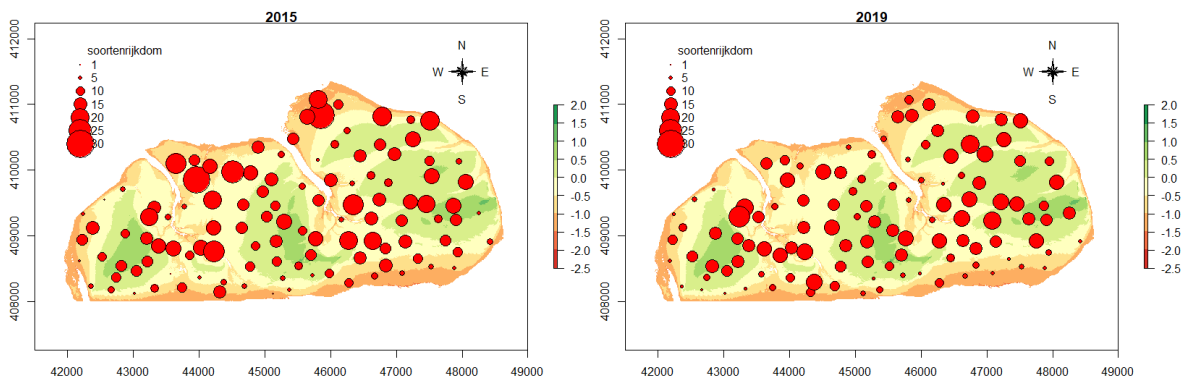
Figuur 6-19. Bemonsterde locaties Kwantitatieve benthosbemonstering.

In 2017 is op 305 locaties een veldscreening uitgevoerd. Via een snelle screening, visueel door het bekijken van het sedimentoppervlak en door enkele scheppen in het sediment, is de aanwezigheid van bepaalde soorten bepaald. Dit gebeurt door zowel te kijken naar de sporen die soorten nalaten (bijv. de pierenhoopjes van de wadpier) als de aanwezigheid van soorten zelf. Het gaat met name om in het veld gemakkelijk te herkennen soorten. Om een beeld te krijgen van de abiotiek is verder de oxidatielaag bepaald en is de aanwezigheid van slib, nat sediment, plofzand, golfribbels, stroomribbels, diatomeeën en wieren gescoord. De 305 locaties bedekken het gebied

waar suppletie-elementen 1 t/m 6 komen te liggen. Hierbij zijn 25 soorten en 7 omgevingsfactoren (incl. diatomeeën en wieren) gescoord, zie Bijlage 5.

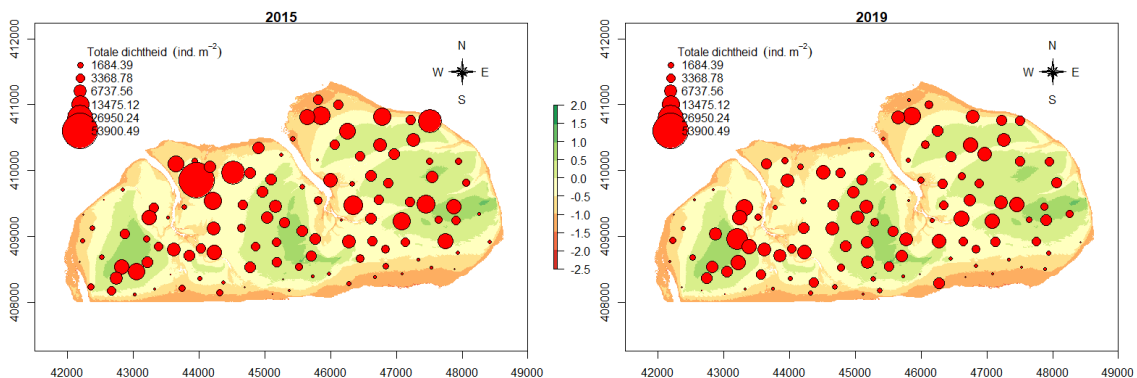
6.3.1.2 Resultaten

Op alle bemonsterde waar de kwantitatieve benthos bemonstering is uitgevoerd werden bodemdieren aangetroffen in het najaar van 2015 en 2019. In totaal zijn 72 en 62 verschillende taxa gevonden in 2015 en 2019, respectievelijk. Het gemiddelde aantal taxa per locatie was 12.0 ± 5.5 in 2015 en 11 ± 4.3 in 2019. De meest voorkomende soort in beide jaren was de wapenworm *Scoloplos armiger* (2015: 90%; 2019: 89%), gevolgd door het bulldozerkreeftje *Urothoe poseidonis* (2015 en 2019: 77%) (Tabel 6). In 1989 was *S. armiger* de meest voorkomende soort (90%) en 1985 (87%). Het bulldozerkreeftje werd toen veel minder vaak gevonden (14% in 1985 en 17% in 1989), Meire et al. 1994. Soortenrijkdom is in beide jaren laag in het laaggelegen deel aan de zuidkant van de Roggenplaat (Figuur 6-20).

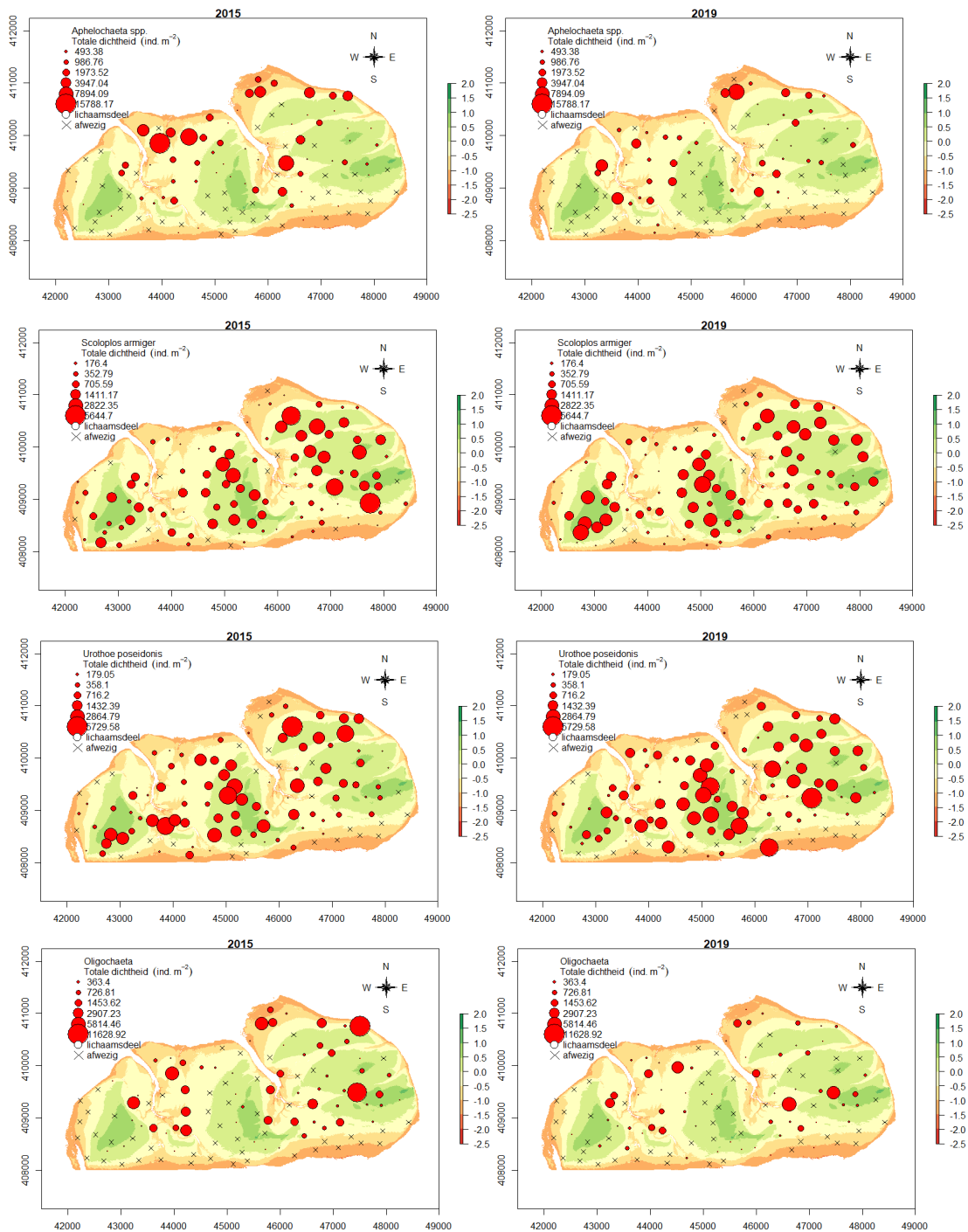


Figuur 6-20. Soortenrijkdom (aantal soorten) per bemonsteringslocatie. Hoe groter het bolletje hoe meer soorten. Achtergrondkaart: LiDAR RWS 2019.

Totale dichtheden per locatie verschillen ruimtelijk op de Roggenplaat (Figuur 6-21), variërend tussen 42 en 53900 individuen per m^2 in 2015 en 127 en 19225 individuen per m^2 in 2019. Ook dichtheden zijn in beide jaren laag in het laaggelegen deel aan de zuidkant van de Roggenplaat. In beide jaren vertegenwoordigden de borstelwormen *Aphelochaeta spp.*, *Urothoe poseidonis*, *Scoloplos armiger* en de ringwormen *Oligochaeta* de hoogste dichtheid op de Roggenplaat, zie Tabel 6.



Figuur 6-21. Totale dichtheid (individuen m^{-2}) per bemonsteringslocatie. Hoe groter het bolletje hoe meer individuen per m^2 . Achtergrondkaart: LiDAR RWS 2019.



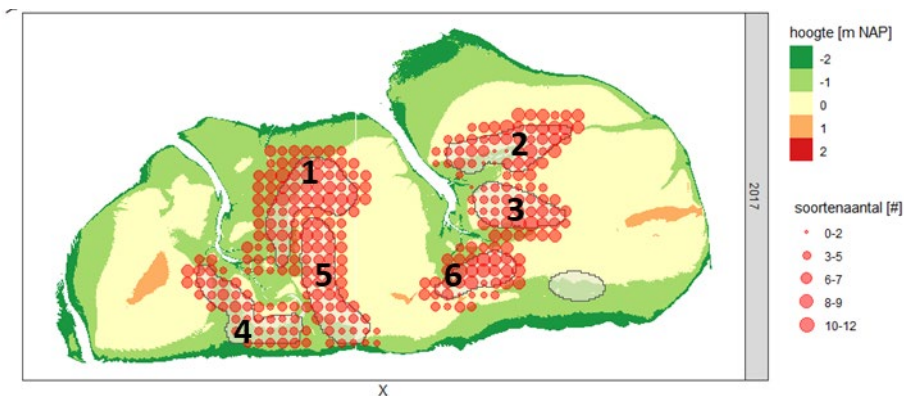
Figuur 6-22. Verspreidingskaart van *Aphelochaeta* spp., *Scoloplos armiger*, *Urothoe poseidonis* en *Oligochaeta* dichtheden op de Roggenplaat. Hoe groter het bolletje hoe meer soorten. Achtergrondkaart: LiDAR RWS 2019.

Tabel 6. Frequentie van voorkomen (% van de 113 locaties in 2015 en % van de 112 locaties in 2019 waar een soort is aangetroffen) en dichtheden (aantal individuen per m²) per aangetroffen taxon op de Roggenplaat in 2015 en 2019. Taxa staan geordend naar frequentie van voorkomen in 2019.

Taxa	2015				2019			
	Voorkome n (%)	dichtheid (gem)	±	sd	Voorkome n (%)	dichtheid (gem)	±	sd
<i>Scoloplos armiger</i>	90	719	±	977 104	89	746	±	809 113
<i>Urothoe poseidonis</i>	77	747	±	6	77	872	±	3
<i>Pygospio elegans</i>	50	68	±	155	66	170	±	298
<i>Hediste diversicolor</i>	28	20	±	46	62	152	±	191
<i>Limecola balthica</i>	71	165	±	365	61	107	±	227
<i>Arenicola marina</i>	52	47	±	92 171	61	48	±	59
<i>Oligochaeta</i>	56	693	±	8 220	55	347	±	885 134
<i>Aphelochaeta spp.</i>	58	860	±	5	53	574	±	4
<i>Nereidinae</i>	27	25	±	65 156	50	51	±	79
<i>Capitellidae</i>	49	293	±	8	44	100	±	300
<i>Eteone spp.</i>	41	45	±	90	43	42	±	74
<i>Cerastoderma edule</i>	46	60	±	103	40	66	±	184
<i>Heteromastus filiformis</i>	19	21	±	64	38	66	±	225
<i>Corophium arenarium</i>	39	218	±	654	38	112	±	388
<i>Lanice conchilega</i>	33	188	±	527	33	95	±	238
<i>Polydora cornuta</i>	12	15	±	63	27	55	±	241
<i>Spio martinensis</i>	17	10	±	29	27	25	±	56 110
<i>Malacoceros tetracerus</i>	15	18	±	67	25	219	±	7
<i>Streblospio benedicti</i>					25	27	±	76
<i>Crangon crangon</i>	29	18	±	32	22	15	±	38
<i>Phyllodoce mucosa</i>	32	69	±	267	20	16	±	43
<i>Ruditapes philippinarum</i>	23	21	±	50	20	11	±	24
<i>Nephtys hombergii</i>	34	16	±	24	19	8	±	18
<i>Peringia ulvae</i>	33	136	±	459	16	88	±	462
<i>Bathyporeia sarsi</i>	21	39	±	130	16	16	±	61
<i>Glycera tridactyla</i>	19	9	±	19	14	6	±	16
<i>Nemertea</i>	7	5	±	20	10	5	±	17
<i>Gammarus spp.</i>	27	88	±	342	8	16	±	73
<i>Malmgrenia spp.</i>	12	9	±	29	8	5	±	17
<i>Spiophanes bombyx</i>	19	23	±	81	6	3	±	14
<i>Scrobicularia plana</i>	21	13	±	32	6	3	±	14
<i>Nephtys cirrosa</i>	13	8	±	22	6	3	±	12
<i>Carcinus maenas</i>	10	5	±	16	6	3	±	10
<i>Hypereteone foliosa</i>	1	0	±	4	5	3	±	12
<i>Alitta virens</i>	12	6	±	21	4	2	±	11
<i>Spionidae</i>	5	4	±	25	4	17	±	168
<i>Bivalvia</i>	4	2	±	9	4	2	±	9
<i>Abra spp</i>	2	1	±	9	4	4	±	26
<i>Kurtiella bidentata</i>	12	11	±	43	3	1	±	7
<i>Alitta succinea</i>	1	0	±	4	3	1	±	7
<i>Nephtys spp.</i>	3	1	±	7	2	1	±	9

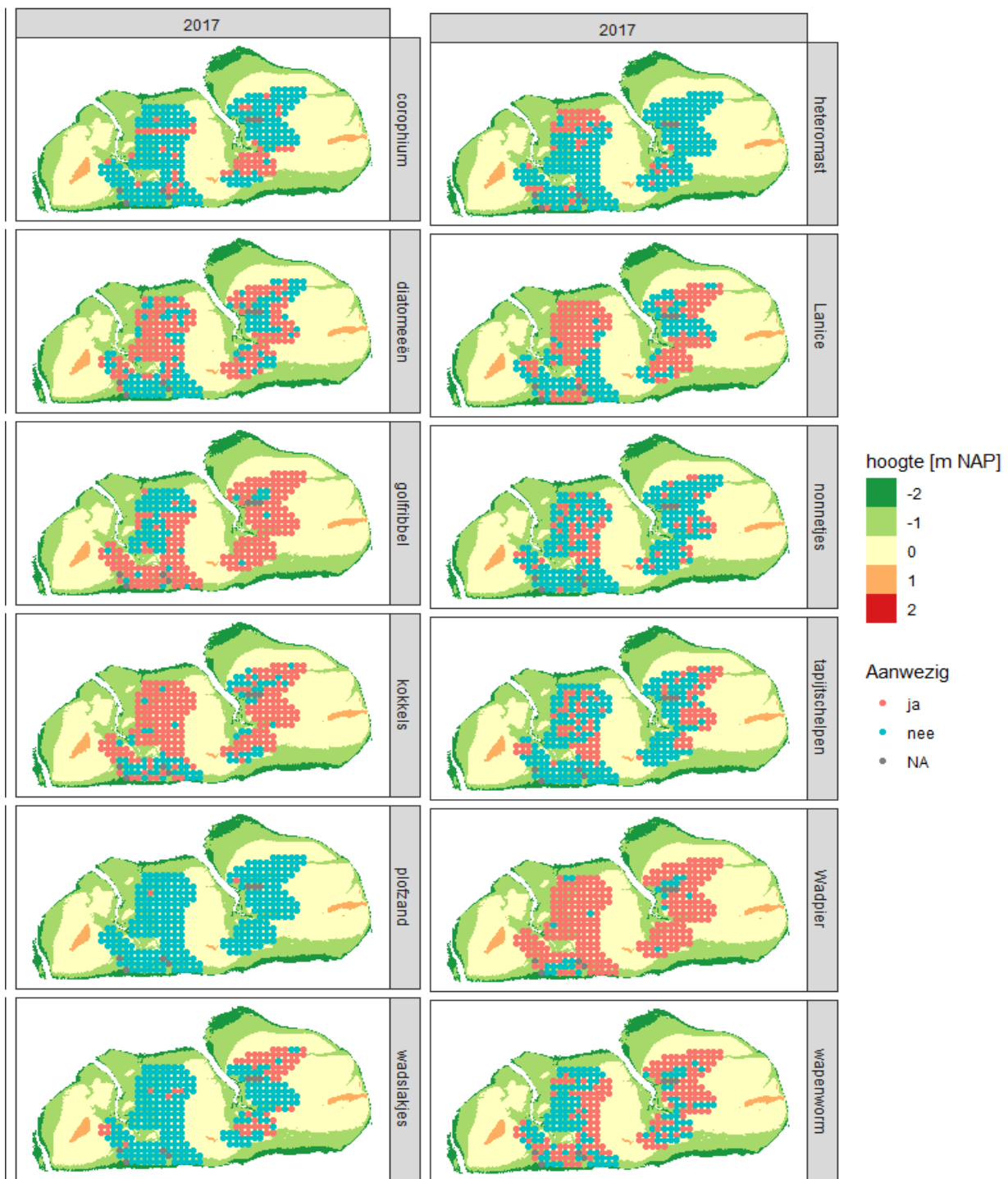
Taxa	2015				2019			
	Voorkome n (%)	dichtheid (gem)	±	sd	Voorkome n (%)	dichtheid (gem)	±	sd
<i>Myrianida</i>	2	1	±	9	2	1	±	6
<i>Magelona mirabilis</i>	1	0	±	4	2	1	±	6
<i>Venerida</i>					2	1	±	6
<i>Lepidochitona spp.</i>					2	1	±	9
<i>Eumida sanguinea</i>					2	1	±	6
<i>Ensis spp.</i>	7	4	±	16	1	0	±	4
<i>Eunereis longissima</i>	3	2	±	12	1	0	±	4
<i>Mya spp.</i>	3	1	±	7	1	0	±	4
<i>Mediomastus fragilis</i>	3	1	±	7	1	0	±	4
<i>Microphthalmus</i>	2	1	±	6	1	0	±	4
<i>Venerupis corrugata</i>	1	0	±	4	1	0	±	4
<i>Magelona johnstoni</i>	1	0	±	4	1	1	±	8
<i>Platyhelminthes</i>					1	0	±	4
<i>Oxydromus flexuosus</i>					1	0	±	4
<i>Ophiura</i>					1	0	±	4
<i>Melinna elisabethae</i>					1	0	±	4
<i>Isopoda</i>					1	0	±	4
<i>Enteropneusta</i>					1	0	±	4
<i>Diastylis bradyi</i>					1	0	±	4
<i>Bathyporeia spp.</i>					1	1	±	8
<i>Achelia echinata</i>					1	0	±	4
<i>Bathyporeia pilosa</i>	14	139	±	679				
<i>Austrominius modestus</i>	1	49	±	519				
<i>Eumida</i>	12	48	±	218				
<i>Streblospio shrubsolii</i>	19	41	±	164				
<i>Microdeutopus spp.</i>	1	15	±	164				
<i>Ophelia rathkei</i>	1	14	±	148				
<i>Pseudopolydora pulchra</i>	6	14	±	73				
<i>Microdeutopus anomalus</i>	1	4	±	40				
<i>Mytilus edulis</i>	2	3	±	27				
<i>Magallana gigas</i>	2	2	±	14				
<i>Magelona</i>	4	2	±	8				
<i>Monocorophium acherusicum</i>	1	1	±	12				
<i>Corophium volutator</i>	1	1	±	12				
<i>Notomastus latericeus</i>	2	1	±	6				
<i>Microprotopus maculatus</i>	2	1	±	6				
<i>Hesionidae</i>	1	1	±	8				
<i>Tellinacea</i>	1	0	±	4				
<i>Sthenelais boa</i>	1	0	±	4				
<i>Nephtys caeca</i>	1	0	±	4				
<i>Littorina littorea</i>	1	0	±	4				
GASTROPODA	1	0	±	4				
<i>Crepidula fornicata</i>	1	0	±	4				
<i>Crassikorophium bonellii</i>	1	0	±	4				

De snelle veldscreening toont dat de gemiddelde geobserveerde soortenrijkdom per locaties 5.2 ± 2.4 was in 2017, met een minimum aantal soorten van 0 en een maximum aantal soorten van 12 (Figuur 6-23). De hoogste soortenaantallen werden geobserveerd in het gebied van suppletie-element 1 (6.1 ± 2.0 , $n=32$), suppletie-element 2 (5.2 ± 2.8 , $n=27$), suppletie-element 5 (5.2 ± 2.2 , $n=31$) en suppletie-element 6 (7.4 ± 2.1 , $n=15$). Het gebied waar suppletie-element 4 (3.6 ± 1.6 , $n=22$) en suppletie-element 3 (4.9 ± 2.7 , $n=21$) gepland zijn, vertonen relatief iets lagere aantallen. Verder vertoont de zuidkant van het gebied waar suppletie-element 3 geplaatst wordt een hogere soortenrijkdom dan de noordkant. Bij suppletie-element 5 is in het zuidelijkste stukje juist een lagere soortenrijkdom te zien. Het gebied tussen suppletie-element 2 en suppletie-element 3, rondom de afwatering richting het Middengeultje, vertoont ook relatief lage soortenaantallen.

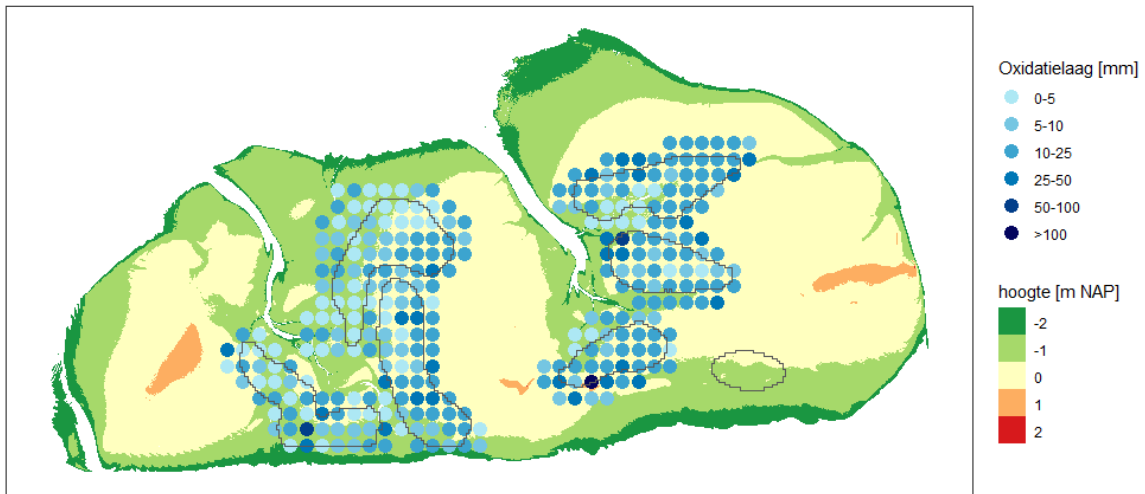


Figuur 6-23 Overzicht van soortenrijkdom, berekend op basis van in beide jaren gemeten soorten, geobserveerd per locatie tijdens de kwalitatieve benthos survey van 2016 en 2017. Achtergrondkaart: LiDAR RWS 2018

Veelvoorkomende soorten en soorten met een duidelijk verspreidingspatroon zijn weergegeven in Figuur 6-24. Andere soorten die meer verspreid (eg. *Nereis*) of zelden geobserveerd werden, zijn opgenomen in Bijlage 4. Wadpieren en kokkels werden zeer frequent geobserveerd. Alleen in het zuidelijke deel van de Roggenplaat en ten oosten van het Middengeultje komen ze minder vaak voor. Dit laatste gebied is tevens het gebied waar de totaal geobserveerde soortenaantallen het laagst is en waar een oesterbank aanwezig is. Ook de kokkerworm *Ianice* en de wapenworm zijn in bepaalde gebieden veel te vinden. Verder zijn wadslakjes alleen veel aanwezig in het gebied waar suppleties 2 en 6 komen te liggen en *heteromastus* alleen in het noorden van het gebied van suppletie 1. Op plekken waar golfribbels geobserveerd zijn, wat een indicatie kan zijn voor grotere stroomsnelheden, zijn diatomeeën vaak afwezig. Dit is vooral te zien aan de oostkant van de Roggeplaat. Plofzand is maar enkele keren geobserveerd tijdens de T0 monitoring.



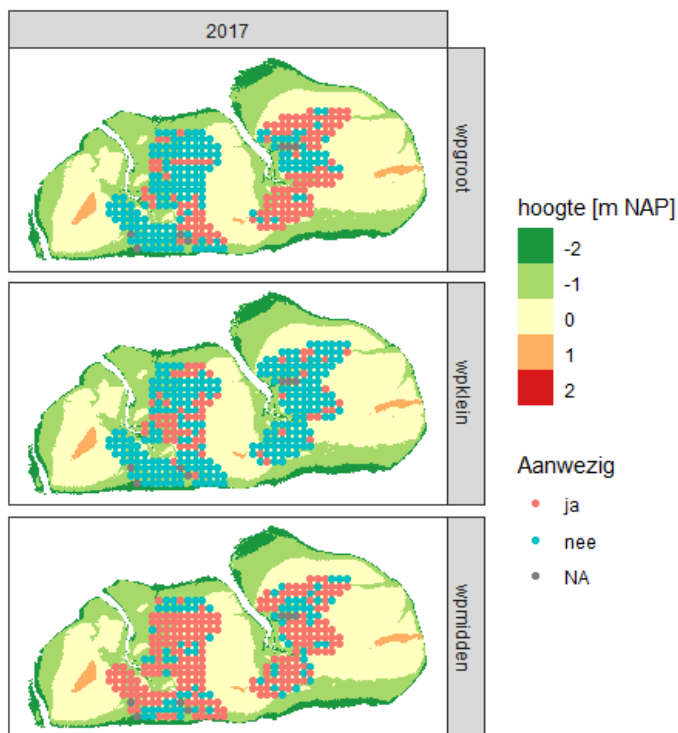
Figuur 6-24 Overzicht van locaties waar verschillende soorten tijdens de kwalitatieve survey in 2016 en 2017 zijn aangetroffen. Achtergrondkaart: LiDAR RWS 2018



Figuur 6-25 Oxidatielaag in mm op de verschillende bemonsteringslocaties in 2017.

De diepte van de oxidatielaag (Figuur 6-25) ligt rond de 10 en 25 mm. Op de westkant van de Roggenplaat was de oxidatielaag minder dik dan op de oostkant. In het gebied tussen de geplande suppletie-elementen 2 en 3 werd een dunne oxidatielaag geobserveerd. In dit gebied zien we ook een lagere soortenrijkdom.

Kleine wadpieren bevinden zich meer op het westelijke deel van de Roggenplaat, hier komen ze vooral in de buurt tussen geplande suppletie-elementen 1 en 5 voor (Figuur 6-26). Middelgrote wadpieren worden verspreid over de hele Roggenplaat waargenomen. Grote wadpieren komen vooral veel voor in het gebied tussen suppletie-elementen 2, 5, 6, en het zuidelijke deel van suppletie-element 3. De verspreiding van grote en kleine wadpieren overlapt nauwelijks met elkaar.



Figuur 6-26 Overzicht van locaties waar verschillende grootte wadpieren (boven groot, midden klein, onder middelmatig) voorkomen tijdens de kwalitatieve survey in 2016 en 2017.

6.3.2 kokkels

6.3.2.1 Methode

Om inzicht te krijgen in de schelpdierbestanden, specifiek de kokkels en oesters, op de Roggenplaat, is gebruik gemaakt van de WOT bestandopnames van Wageningen Marine Research. Deze metingen worden uitgevoerd in de Waddenzee, Oosterschelde, Westerschelde en Voordelta in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische zaken, in het kader van de Wettelijke OnderzoeksTaken (WOT Visserij) 'Schelpdieren'. De kokkelbestandsopname wordt sinds 1990 uitgevoerd in de Oosterschelde met als doel het totale litorale kokkelbestand te bepalen. De bestandsopnames worden uitgevoerd in het voorjaar. Monsterpunten zijn onderling gelijkmatig verdeeld waardoor een monsterpunt representatief is voor een vast oppervlak (26.67 ha) (Figuur 6-27). Monsters zijn gezeefd over 5 mm en vervolgens uitgezocht. Hierbij zijn alle dieren meegenomen, behalve vissen, garnalen en wormen. Wanneer een monster te groot was, is een representatief deelmonster genomen conform de procedure beschreven in Troost *et al.* (2016).

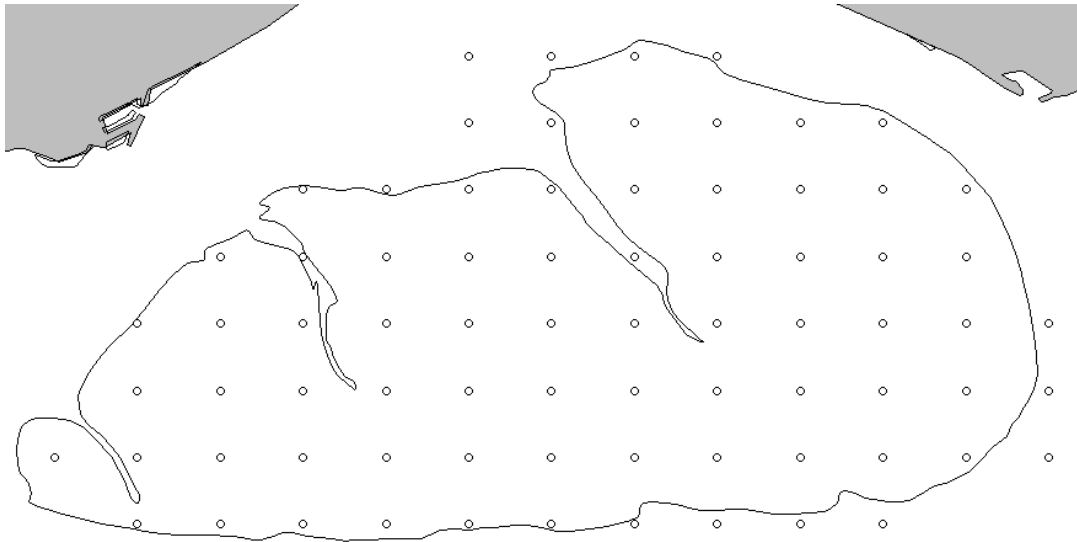
Op basis van groeiringen worden kokkels ingedeeld in 0-jarig (broed), 1-jarig, 2-jarig en meerjarig. Per leeftijdsklasse zijn het totale aantal (aantal m⁻²) en versgewicht (g m⁻²) per monster bepaald (zie voor verder details van Asch *et al.* 2018). Of kokkels een voedselbron zijn voor vogels hangt af van schelplengtes en in welke dichtheden kokkels voorkomen en verscheelt per vogelsoort. Scholekster steken kokkels open en foerageren bij voorkeur op kokkels groter dan 2,5 cm om in hun voedselbehoefte te voorzien. Kleine kokkels zijn alleen profijtelijk voor de scholekster wanneer deze een hoge dichtheden voor komt. Omgekeerd moeten bij lage dichtheden kokkels een bepaalde grote hebben om in hun voedselbehoefte te kunnen voorzien. De kanoet daarentegen slikt kokkels in zijn geheel door. Kokkels mogen in dit geval niet groter zijn dan 17 mm.

Het totale kokkelbestand in het voorjaar is berekend door per monsterpunt de aangetroffen biomassa te vermenigvuldigen met een voor het monsterpunt representatief oppervlak. Het aantal bemonsterde punten op de Roggenplaat varieert van jaar tot jaar tussen de 60 en 73. Middels een correctiefactor wordt voor variatie in het aantal monsterpunten gecorrigeerd om tot het totale kokkelbestand te komen. De resulterende biomassa's zijn vervolgens gesommeerd:

$$\text{Bestand Roggenplaat} = \sum_{i=1}^n \left\{ B_i * A_i * \left(1 + \left(1 - \frac{n_{\text{jaar}}}{n_{\text{max}}} \right) \right) \right\}$$

Waarbij:

- i = monsterlocatie i
- B = biomassa versgewicht (kg m⁻²)
- A = oppervlak van gridvak van monsterlocatie (26.67 ha = 266700 m²)
- n = totaal aantal monsters op de Roggenplaat
- n_{max} = max aantal monsterpunten genomen in 1 jaar tussen 1990 en 2019 op de Roggenplaat



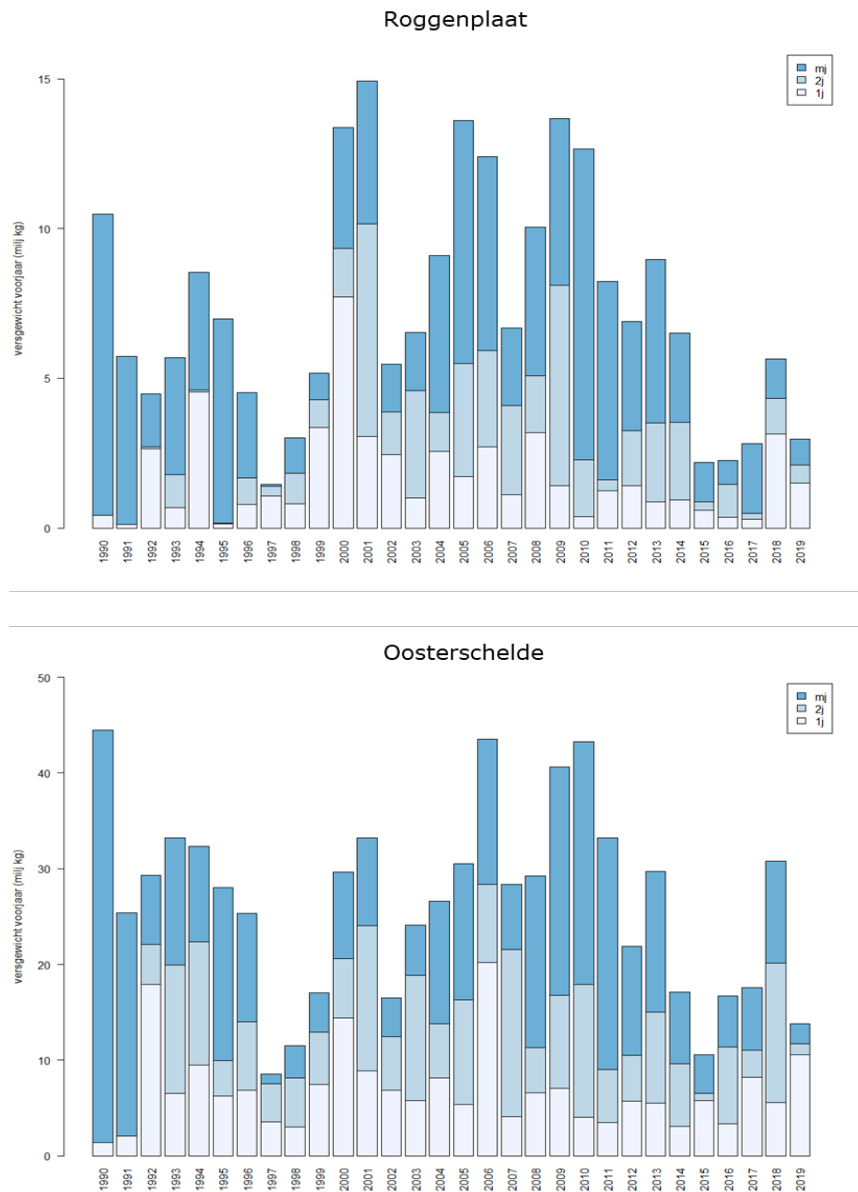
Figuur 6-27. Bemonsteringsgrid kokkelbestandsopname Roggenplaat.

6.3.2.2 Resultaten

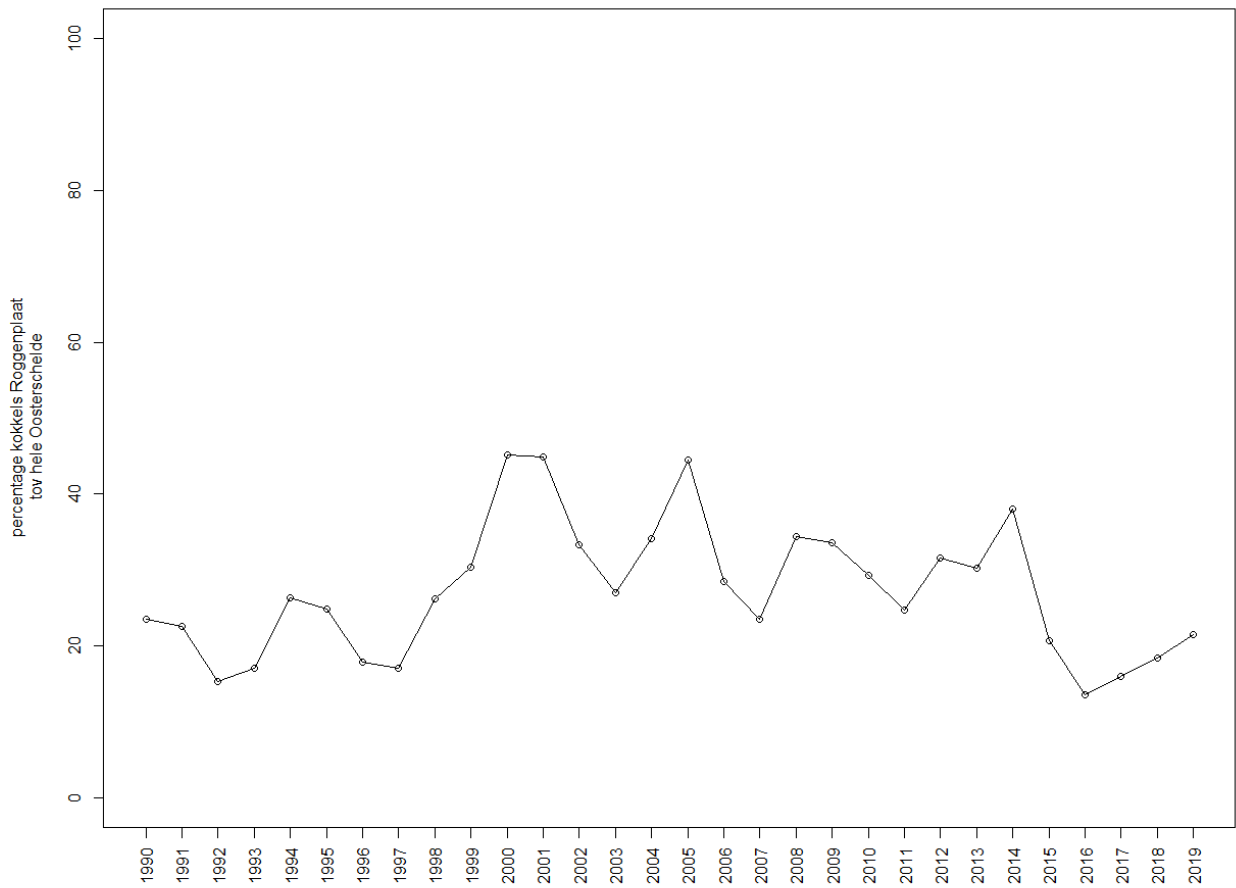
De jaar tot jaar variatie op de Roggenplaat correspondeert met de jaar tot jaar variatie waargenomen voor de gehele Oosterschelde (Figuur 6-28). In 2001 was het kokkelbestand op de Roggenplaat het grootst (14.9 miljoen kg). In de gehele Oosterschelde was deze in 1990 het grootst (44.9 miljoen kg). De Roggenplaat draagt gemiddeld $27.14 \pm 1.66\%$ (mean \pm se) bij aan het totale kokkelbestand van de Oosterschelde. In 2000 lag 45% van het totale kokkelbestand van de Oosterschelde op de Roggenplaat (Figuur 6-29). De laatste jaren is het aandeel relatief laag, maar toont een stijgende lijn sinds 2016. Het percentage van voorkomen van kokkels op de Roggenplaat tussen 2015 en 2019 is het hoogst in het midden van de plaat (Figuur 6-30). Over de periode 2015-2019 werden de hoogste biomassa's aangetroffen aan de oostkant van de Roggenplaat en midden op de plaat

Figuur 6-31. In augustus 2018 is massale kokkelsterfte vastgesteld in de Oosterschelde. Dit had vermoedelijk te maken met de zeer hoge temperaturen in deze periode.

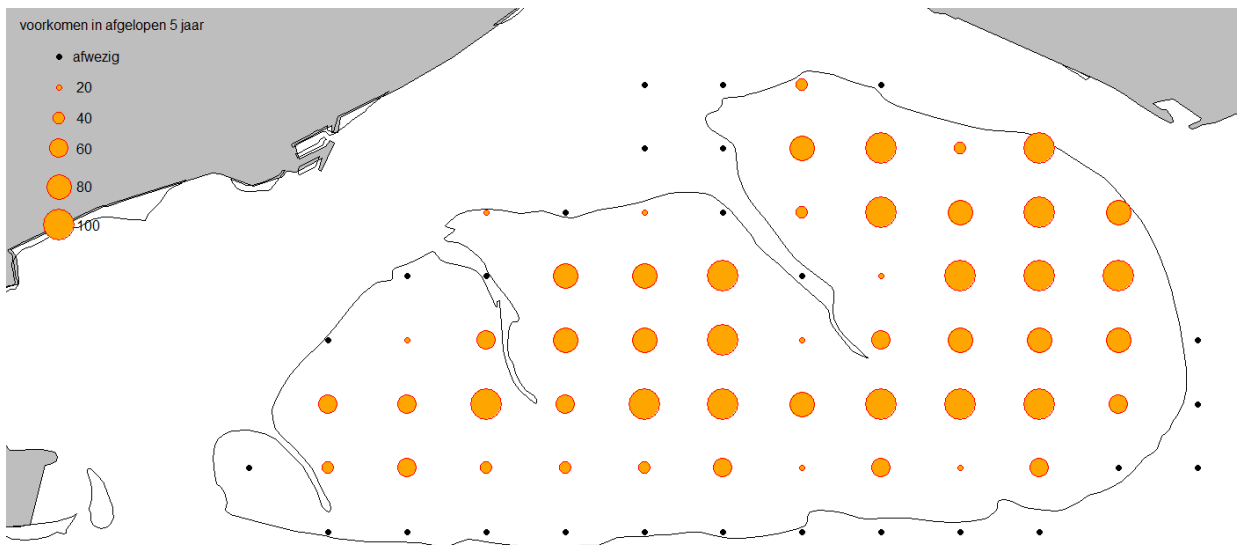
Naast kokkels geeft deze bestandsopname ook informatie over andere schelpdieren. Het nonnetje *Limecola balthica* (Figuur 6-33) en de tapijtschelp *Ruditapes philippinarum* (Figuur 6-34) worden net als de kokkel frequent aangetroffen op de Roggenplaat.



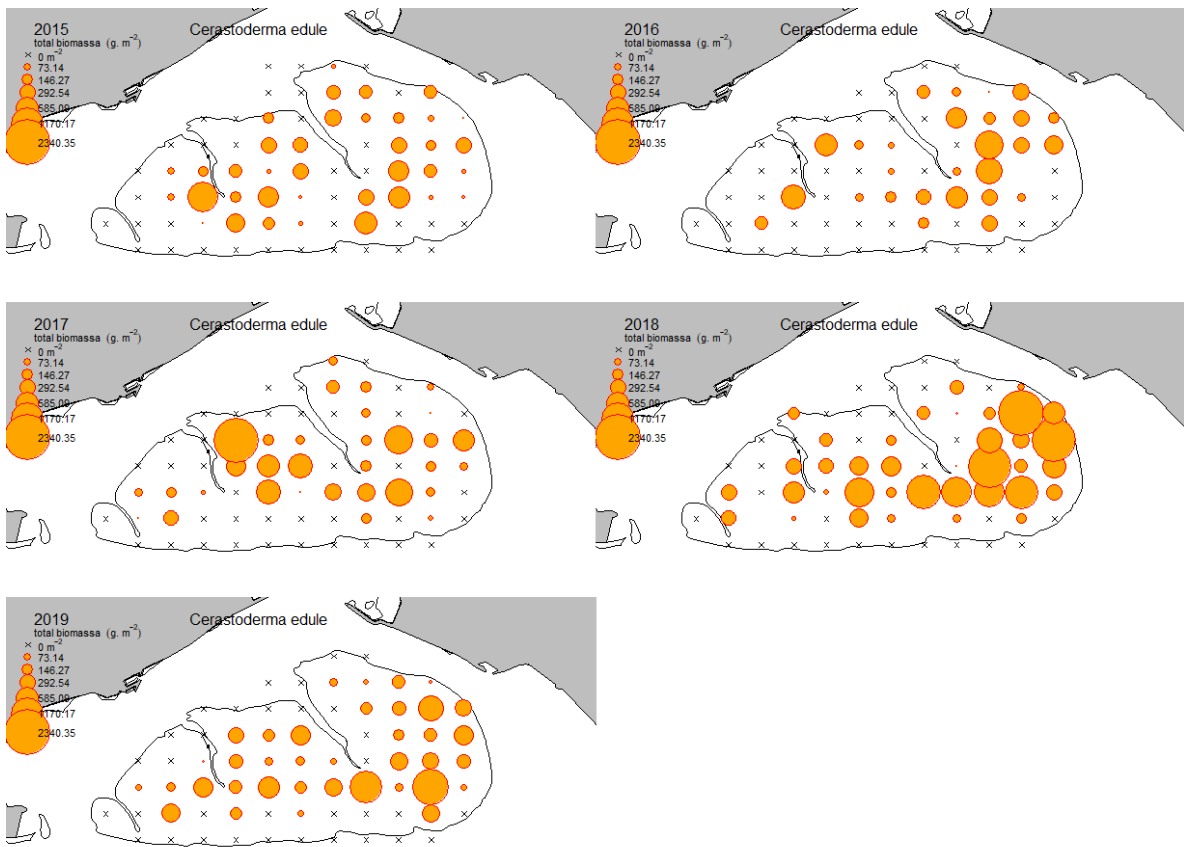
Figuur 6-28. De kokkelbiomassa (miljoen kg versgewicht) bij de voorjaarsbemonstering op de Roggenplaat (boven) en in de Oosterschelde (onder) in de periode 1990-2019, onderverdeeld in jaarklassen 1-jarig (inclusief incidenteel aangetroffen broed = 0-jarig), 2-jarig en meerjarig.



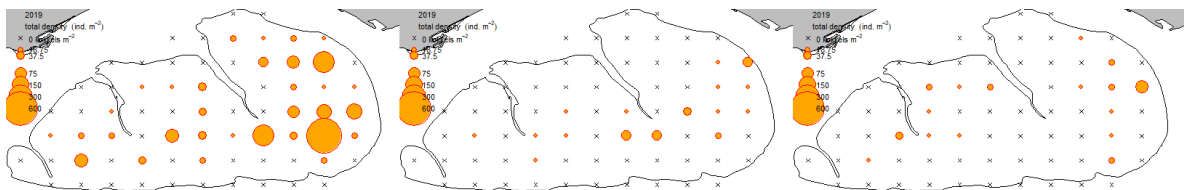
Figuur 6-29. Het aandeel kokkels, op basis van biomassa, op de Roggenplaat t.o.v. het hele Oosterschelde kokkelbestand, uitgezet per jaar.



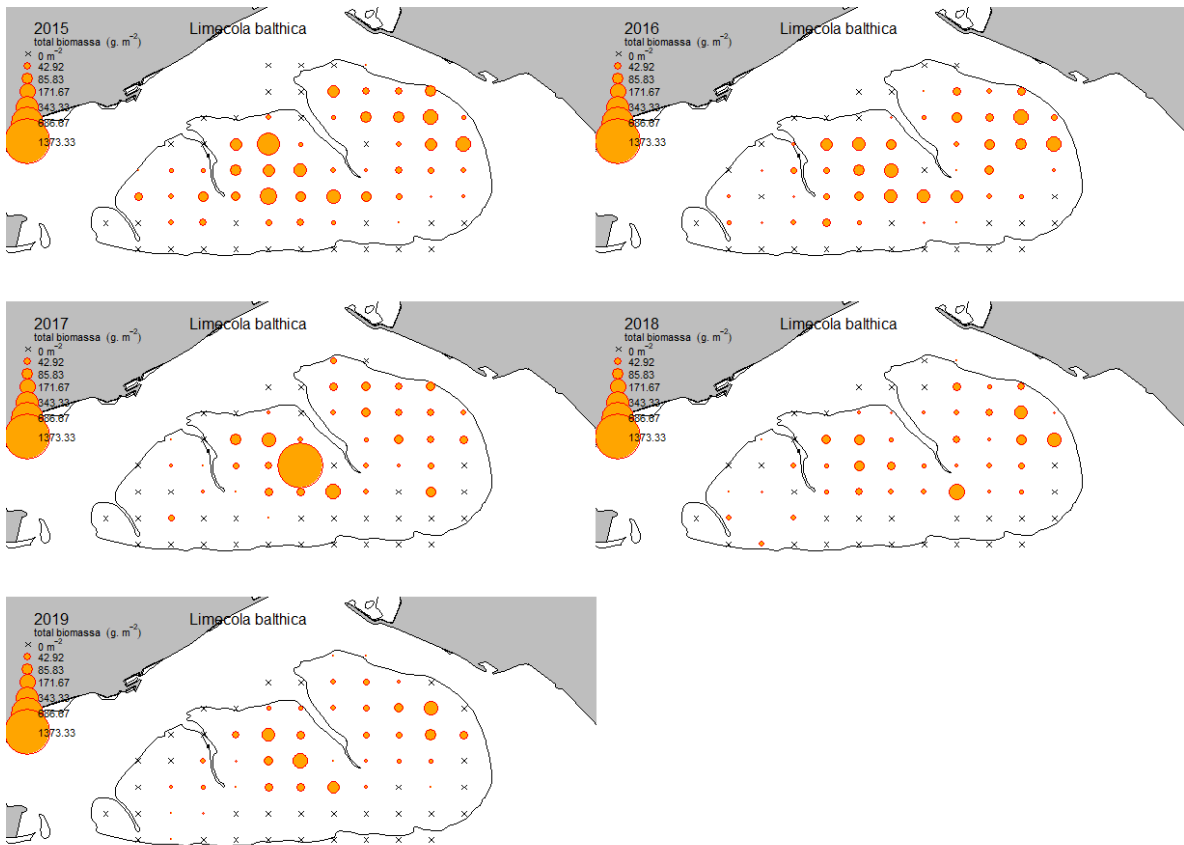
Figuur 6-30. Per bemonsterlocatie de frequentie van voorkomen (aantal jaar waarin de soort is aangetroffen) van kokkels tussen 2015 en 2019 op de Roggenplaat.



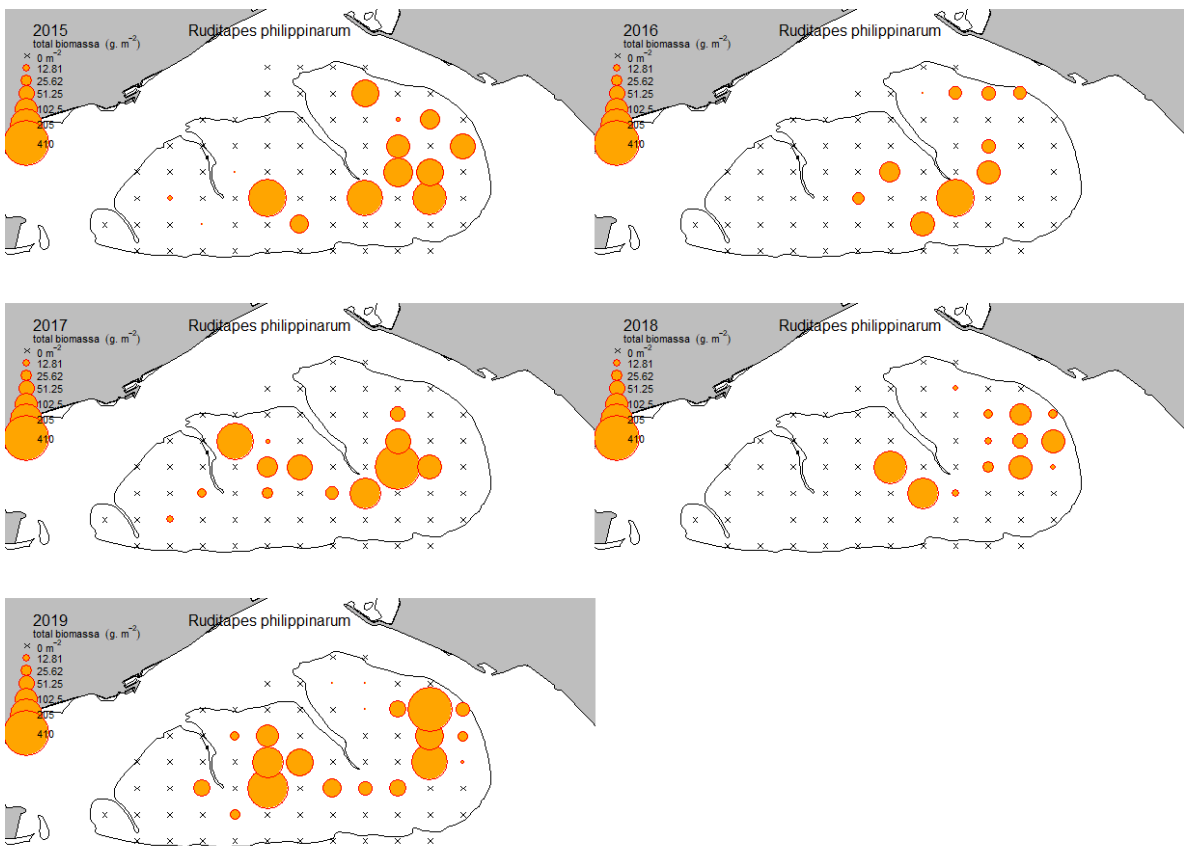
Figuur 6-31. Biomassa kokkels tussen 2015 en 2019 op de Roggenplaat.



Figuur 6-32. Kokkel dichtheden voor 1 jarige (links), 2 jarige (midden) en meerjarige (rechts) kokkels in 2019.



Figuur 6-33. Biomassa nonnetjes tussen 2015 en 2019 op de Roggenplaat.



Figuur 6-34. Biomassa tapijtschelpen tussen 2015 en 2019 op de Roggenplaat.

6.3.3 Oesterbanken

6.3.3.1 *Methode*

Jaarlijks worden de oesterbanken in de Oosterschelde geïnventariseerd door Wageningen Marine Research als onderdeel van de Wettelijke Onderzoekstaken Visserij (WOT) in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Omwille van de beschikbare tijd is het niet elk jaar mogelijk alle banken in te meten. Banken die niet bezocht zijn in een surveyjaar worden op basis van uitkomsten van eerdere surveys, luchtfoto's en satellietfoto's ingetekend volgens de methode die beschreven is in Van Zweeden *et al.* (2011). De banken op de Roggenplaat zijn in 2015 (op 3 riffen na), 2017 en 2018 ingemeten en in 2016 en 2019 geconstrueerd uit de gegevens van het voorgaande jaar.

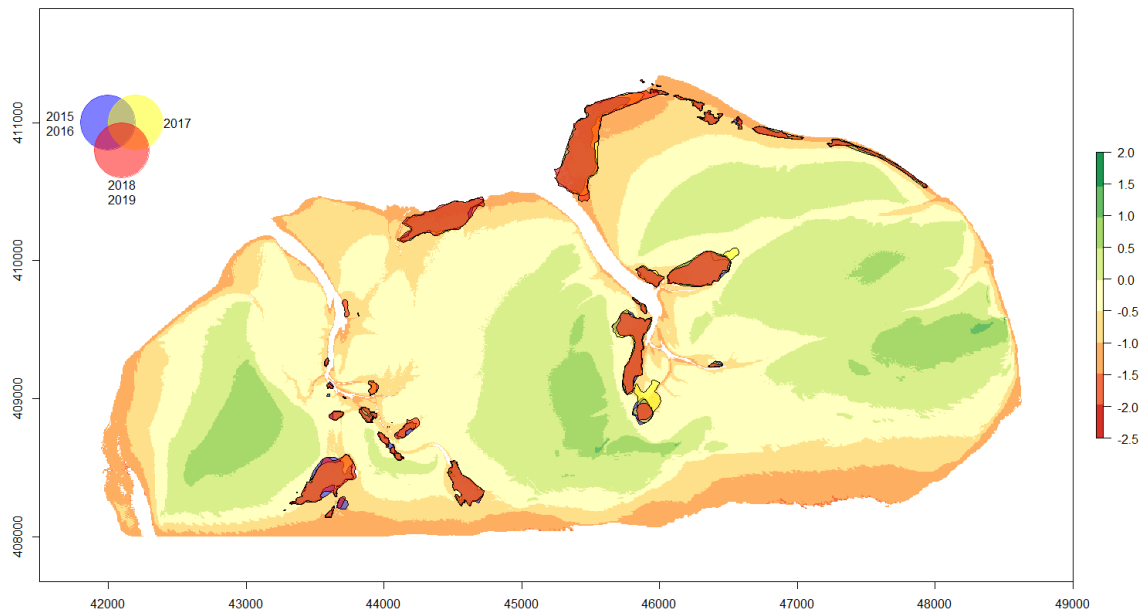
De banken worden bij laagwater te voet ingemeten volgens een vast protocol (Troost *et al.* 2019; De Vlas *et al.* 2005). Lopend rond de banken worden merkpunten vastgelegd met een GPS. De merkpunten worden ingelezen in het GIS-systeem ArcMap (10.6.1, ESRI). Op basis van deze punten worden de contouren ingetekend en de oppervlakte van de bank berekend.

Tijdens het inmeten in het veld worden voor elke bank de volgende gegevens genoteerd:

- Samenstelling van de bank: mossel, oester, gemengd;
- De leeftijd/grootte van de aanwezige mosselen in de bank (kwalitatieve schatting: zaad, halfwas, consumptie-maat of een samenstelling van verschillende leeftijden/grootte);
- De grootte van de oesters (kwalitatieve schatting: klein, middelgroot en groot);
- De dichtheid in de bank (kwalitatieve schatting: dik, redelijk, matig, dun);
- Hoogte van de bulten (cm);
- Bedekkingspercentage door bulten van het ingelopen oppervlak (schatting in %) en een bezettingspercentage van deze bulten met schelpdieren (schatting in %). Bij dit laatste wordt onderscheid gemaakt tussen de bezetting met mosselen en de bezetting met oesters voor zover aanwezig;
- Mosselen of oesters in lage dichtheden (<5% bedekking) aanwezig, deze worden niet als bank genoteerd maar als "strooi" aangeduid;
- Inschatting van de dikte van de sliblaag in en rondom de bank (cm);
- Overige bijzonderheden (aanwezigheid wieren, pokken, alikruiken, dode mosselen etc.).

6.3.3.2 *Resultaten*

Tussen 2015 en 2019 is het areaal bedekt met oesterriffen variërend tussen de 57.9 en 63.4 hectare (2015 en 2016: 57.9; 2017: 63.4; 2018 en 2019: 61.9). De grootste verschillen tussen de jaren treden op bij de oorsprong van het middelgeultje (Figuur 6-35). In 2017 waren de riffen in dit gebied groter dan de voorgaande of navolgende jaren.



Figuur 6-35. Oesterbanken op de Roggenplaat ingelopen in 2015, 2017 en 2018. In 2016 en 2019 zijn de oesterbanken gekopieerd uit voorgaande jaren. De kleuren geven het jaar van voorkomen aan (blauw: 2015 en 2016; geel: 2017; rood: 2018 en 2019). Voor banken geobserveerd in alle jaren overlappen de kleuren. Gele, blauwe en rode gebieden geven dus afwijkingen tussen de jaren weer. De zwarte lijn geeft de contouren van de banken weer.

Binnen de contouren van de oesterbanken, ingelopen in 2018, varieerde het bedekkingspercentage tussen de 10 en 90%. Tussen de 20 en 95% hiervan bestond uit oesters en tussen de 0 en 60% uit mosselen. Merendeel van de banken hadden kleine, middelgrote en grote oesters, op enkele banken na die bestonden uit kleine of middelgrote oesters. De hoogte van de bulten binnen de banken varieerde tussen de 10 en 80cm. Rond de meeste riffen was de sliklaag beperkt.

6.3.4 Laagwatersverspreiding steltlopers

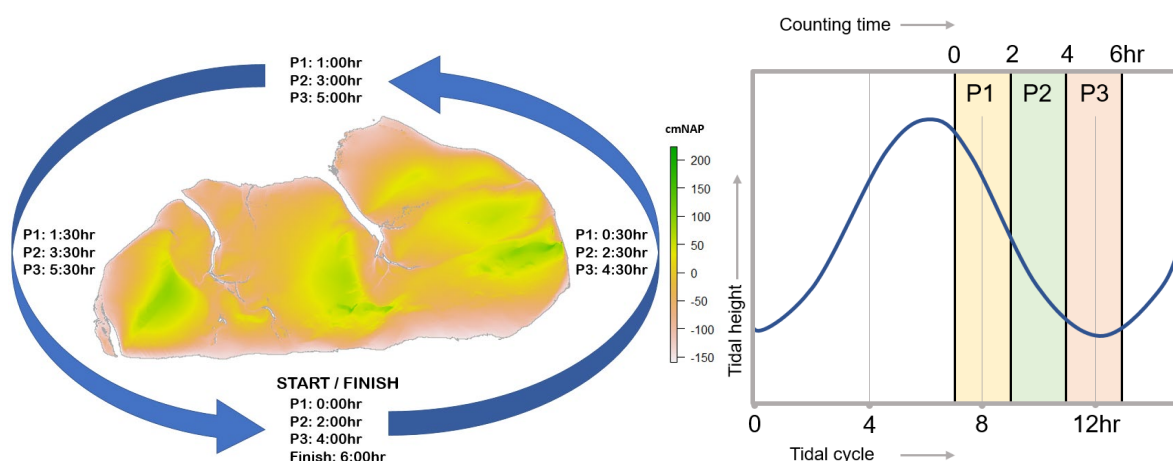
6.3.4.1 Methode

Het uiteindelijke doel van de suppletie Roggenplaat is het instandhouden van voldoende foerageergebied voor steltlopers waarvoor de Oosterschelde van internationaal belang is (scholekster, kanoet, wulp, bonte strandloper, strandplevier, zilverplevier, rosse grutto, bontbekplevier, groenpootruiter, kluut, steenloper, tureluur en zwarte ruiter) en waarvoor Natura 2000-doelstellingen zijn geformuleerd in het Oosterschelde beheerplan (als onderdeel van het beheerplan voor de Deltawateren). Voor deze vogels is niet alleen het areaal foerageergebied van belang, maar ook de tijdsduur die de vogels kunnen foerageren per laagwaterperiode. Ligt het gebied te laag, dan kan niet voldoende lang gefoerageerd worden om in de energiebehoefte te voorzien. Gebieden die bijna de hele tijd droog liggen bevatten daarentegen over het algemeen weinig bodemdieren. Daarom zijn gebieden met de droogvalduurklasse 40-80% cruciaal.

Het is belangrijk om een goed beeld te hebben van het huidige gebruik tijdens laagwater door watervogels. Voor de start van dit monitoringsprogramma werd de vogelstand in de Oosterschelde uitsluitend bepaald op basis van hoogwatertellingen. Om inzicht te krijgen welke steltlopers de Roggenplaat bezoeken, in welke aantallen en hoe deze steltlopers de Roggenplaat gebruiken in ruimte en tijd zijn, in samenwerking met ervaren

vogeltellers van Delta Project Management, integrale laagwatertellingen van de Roggenplaat uitgevoerd in de maanden januari, februari, maart, mei, augustus, oktober, november en december. Deze laagwatertellingen verschaffen inzicht in het gebruik en de verspreiding van watervogels op de Roggenplaat. De tellingen zijn minder gericht op het verloop in aantallen, omdat groepen vogels binnen een telperiode gemakkelijk dubbel geteld kunnen worden.

In de winter van 2015 is gestart met deze laagwatertellingen (Arts et al. 2016, van de Werf et al. 2016a, b). De tellingen zijn uitgevoerd bij afgaand water. Vanaf hoog naar laagwater is de plaat driemaal geteld. Tellingen werden uitgevoerd 1-2 uur na hoogwater, 3-4 na hoogwater, en rond de laagwaterperiode (5-6 uur na hoogwater), Figuur 6-36. Er werd geteld vanaf een boot die voldoende hoogte had zodat ook tijdens laagwater de vogels midden op de plaat geteld konden worden. De boot voer in twee uur tijd rond de Roggenplaat (tegen de klok in), op die manier konden drie integrale tellingen worden uitgevoerd door twee tellers aan boord. In het voorbijvaren werden de vogels vanaf de boot op het zichtbare deel van de plaat geteld zover als het zicht reikt. Met een telescoop kon bij gunstige omstandigheden tot midden op de plaat worden geteld, dat was voldoende om de hele plaat te tellen tijdens 1 ronde om de plaat. Om een goed beeld te krijgen van de ruimtelijke verspreiding zijn de groepen ingetekend op een kaart. Per polygoon werd de soort, het aantal en het gedrag genoteerd. Tijdens de tellingen zijn alle steltlopers, meeuwen, bergeend en rotgans tot op soort geteld. Viseters zoals bijvoorbeeld aalscholvers, zaagbekken en sterns zijn niet structureel geteld en zijn daarom weggelaten uit de analyses. Voor de analyse is een selectie gemaakt van soorten die structureel geteld zijn en gebruik maken van de Roggenplaat als foerageergebied. Soorten die hierdoor niet zijn meegenomen in de analyse, zijn viseters, roofvogels, grondeleenden en steltlopers zoals Kievit en goudplevier die de Roggenplaat vooral als rustplek gebruiken. Verder zijn een aantal uitermate zeldzame steltlopers weggelaten uit de analyse. Meeuwen zijn wel meegenomen. Alhoewel de focus niet op deze soorten ligt, maken zij wel gebruik van de Roggenplaat als foerageergebied. In totaal zijn 26 soorten meegenomen in de analyse. Er is onderscheid gemaakt tussen foeragerende en niet foeragerende vogels. Daarnaast zijn voor zover mogelijk en relevant vliegbewegingen genoteerd. Tijdens de tellingen werd geen verstoring waargenomen door het passeren van de boot vanaf waar geteld werd. Er zijn 25 tellingen uitgevoerd in de periode november 2015 – september 2019 (Bijlage 2).



Figuur 6-36. Drie telrondes rond de Roggenplaat. Telrondes startten 1, 2 en 4 uur na hoogwater aan de zuidzijde van de Roggenplaat. De boot voer tegen de wijzers van de klok in rond de Roggenplaat.

Voor de aantallen over de tijd hebben we eerst het aantal individuen per teldag, telperiode en soort berekend, en vervolgens voor elke soort het maximaal aantal getelde individuen per teldag genomen voor de berekening van totaal aantal vogels. Voor het soortverloop over de tijd, zijn soorten die 40% of meer van de teldagen gezien zijn geselecteerd. Verder is het seizoenspatroon van de soorten die 5 teldagen of vaker gezien zijn gepresenteerd.

Voor het ruimtelijk gebruik, zijn de ingetekende shapefiles over een grid van 100 bij 100 meter gelegd. Per cel is het percentage overlap met iedere shapefile berekend. Vervolgens is het gemiddelde aantal vogels berekend per cel, waarbij gecorrigeerd is voor het percentage overlap met het desbetreffende shapefile.

Vogels hebben over het algemeen een voorkeur voor bepaald gebied. Op een plaat wordt dit vaak bepaald door de droogvalduur. Deze droogvalduur beïnvloedt de toegankelijkheid; hoe langer droog, hoe langer toegankelijk. Maar het beïnvloedt ook de dichtheid en kwaliteit van voedsel; filterende dieren kunnen langer voedsel opnemen bij een kortere droogvalduur. Eerst is de gemiddelde hoogte berekend per gridcel (100*100m) met de LiDAR diepte kaart van 2019. Er zijn 4 categorieën bepaald met droogval van 0-20%, 20-40%, 40-60% en 60-80%. Droogval >80% komt nauwelijks voor op de Roggenplaat en valt volledig weg bij het berekenen van een gemiddelde over een gridcel.

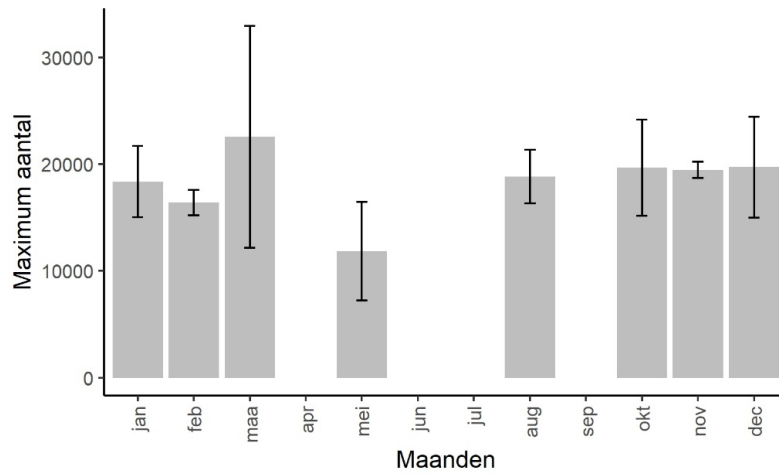
6.3.4.2 *Resultaten: Soorten en aantallen*

In totaal zijn er 65 vogelsoorten geteld op de Roggenplaat. Omdat maar een deel van de vogelsoorten daadwerkelijk foerageert op de Roggenplaat, is de verdere analyse uitgevoerd met deze selectie van 26 soorten. Van deze soorten zijn 20 soorten 5 teldagen of meer geteld voor de suppleties (De variatie tussen tellingen is vrij groot, maar de aantallen zijn vrij vergelijkbaar over de verschillende maanden (Figuur 6-37). In mei is het gemiddelde echter duidelijk lager. Ook in februari zakt het gemiddelde iets. In maart is het gemiddelde aantal het hoogst; dit wordt veroorzaakt door één telling (Bijlage 2, Figuur 10-1). Bij deze grafiek moet worden aangemerkt dat de manier van tellen meer gericht is op soortsaamenstelling en gebiedsgebruik dan het schatten van aantallen. Het gemiddeld aantal soorten fluctueert maar ligt meestal tussen de 15-20 soorten per teldag. In december, januari en februari ligt het gemiddelde aantal soorten iets lager (Figuur 6-38). Met name bonte strandloper, rosse grutto, scholekster, wulp en zilverplevier komen veel voor op de Roggenplaat (gemiddeld meer dan 1700 individuen per soort).

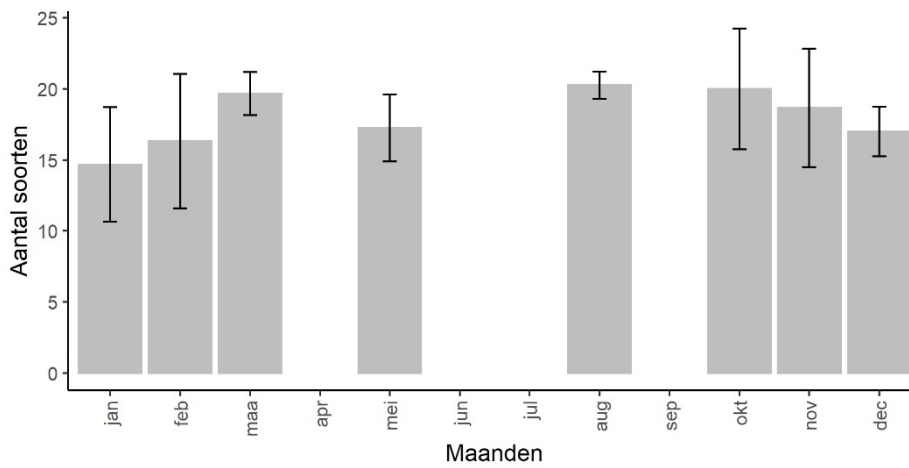
De variatie tussen tellingen is vrij groot, maar de aantallen zijn vrij vergelijkbaar over de verschillende maanden (Figuur 6-37). In mei is het gemiddelde echter duidelijk lager. Ook in februari zakt het gemiddelde iets. In maart is het gemiddelde aantal het hoogst; dit wordt veroorzaakt door één telling (Bijlage 2, Figuur 10-1). Bij deze grafiek moet worden aangemerkt dat de manier van tellen meer gericht is op soortsaamenstelling en gebiedsgebruik dan het schatten van aantallen. Het gemiddeld aantal soorten fluctueert maar ligt meestal tussen de 15-20 soorten per teldag. In december, januari en februari ligt het gemiddelde aantal soorten iets lager (Figuur 6-38).

Tabel 7. Vogelsoorten die 5 teldagen of vaker geobserveerd zijn op de Roggenplaat voor aanleg van de suppleties. Het gaat hier om soorten die foerageren op de Roggenplaat en structureel geteld zijn. Natura 2000 doel geeft aan of instandhoudingsdoelstellingen wel of niet behaald worden voor deze soort in de Oosterschelde. Vogels staan geordend van hoogst naar laagst gemiddelde dagmaximum. De schuingedrukte soorten zijn later meegenomen in de samenstelling van soorten over de tijd.

Soort	Latijn	Teldagen aanwezig	Gemiddelde dag-maximum	Dag maximum	Natura2000 doel
<i>Bonte strandloper</i>	<i>Calidris alpina</i>	25	4838	12341	ja
<i>Rosse grutto</i>	<i>Limosa lapponica</i>	25	2690	5417	ja
<i>Scholekster</i>	<i>Haematopus ostralegus</i>	25	2688	5811	ja
<i>Wulp</i>	<i>Numenius arquata</i>	25	1990	5216	ja
<i>Zilverplevier</i>	<i>Pluvialis squatarola</i>	25	1787	3309	ja
<i>Kokmeeuw</i>	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	21	1338	8668	nee
<i>Kanoetstrandloper</i>	<i>Calidris canutus</i>	25	1056	8705	ja
<i>Zilvermeeuw</i>	<i>Larus argentatus</i>	21	729	2661	nee
<i>Drieteenstrandloper</i>	<i>Calidris alba</i>	25	371	1581	ja
<i>Rotgans</i>	<i>Branta bernicla</i>	20	231	1418	nee
<i>Stormmeeuw</i>	<i>Larus canus</i>	20	133	511	nee
<i>Bergeend</i>	<i>Tadorna tadorna</i>	23	68	815	ja
<i>Tureluur</i>	<i>Tringa totanus</i>	23	43	174	ja
<i>Bontbekplevier</i>	<i>Charadrius hiaticula</i>	17	28	144	ja
<i>Lepelaar</i>	<i>Platalea leucorodia</i>	15	19	144	ja
<i>Grote mantelmeeuw</i>	<i>Larus marinus</i>	21	19	72	ja
<i>Steenloper</i>	<i>Arenaria interpres</i>	22	8	40	ja
<i>Kleine mantelmeeuw</i>	<i>Larus fuscus</i>	14	5	29	nee
<i>Groenpootruiter</i>	<i>Tringa nebularia</i>	11	4	31	ja
<i>Kleine zilverreiger</i>	<i>Egretta garzetta</i>	14	2	14	nee

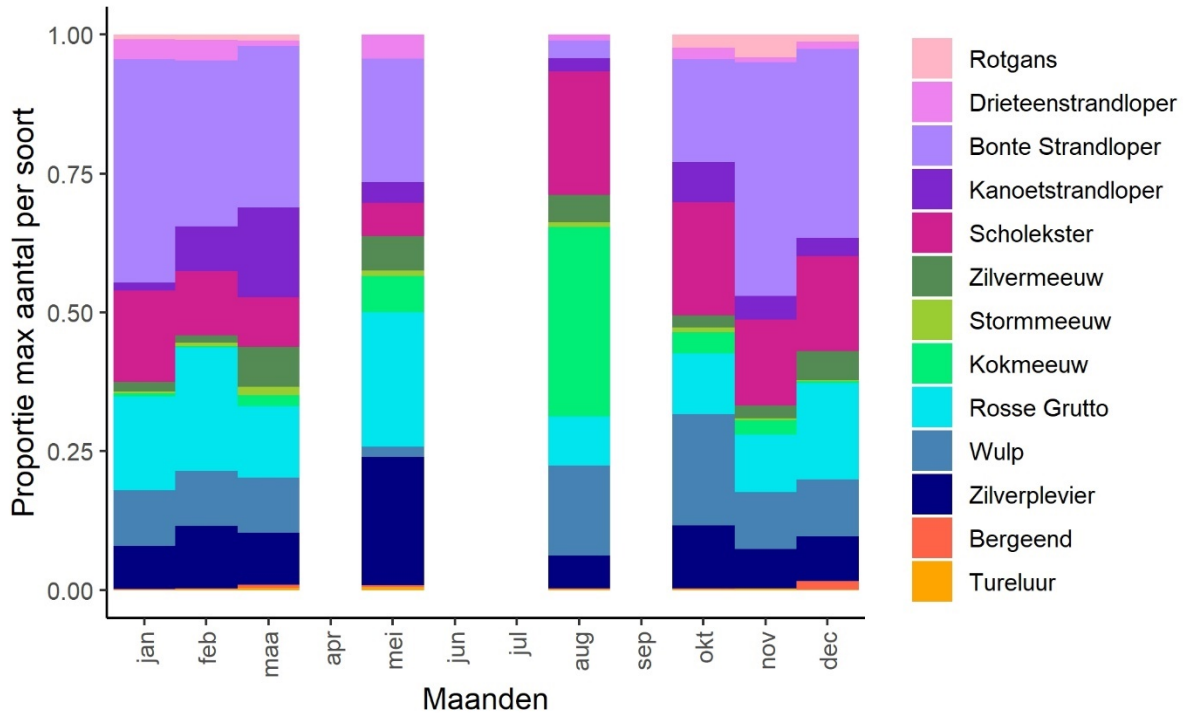


Figuur 6-37 Gemiddelde maximale aantallen per maand en hun standaarddeviatie. Oktober is slechts twee keer geteld, de andere maanden 3 of 4 keer tussen 2015 en 2019. Maart is in 2017 echter tweemaal geteld.

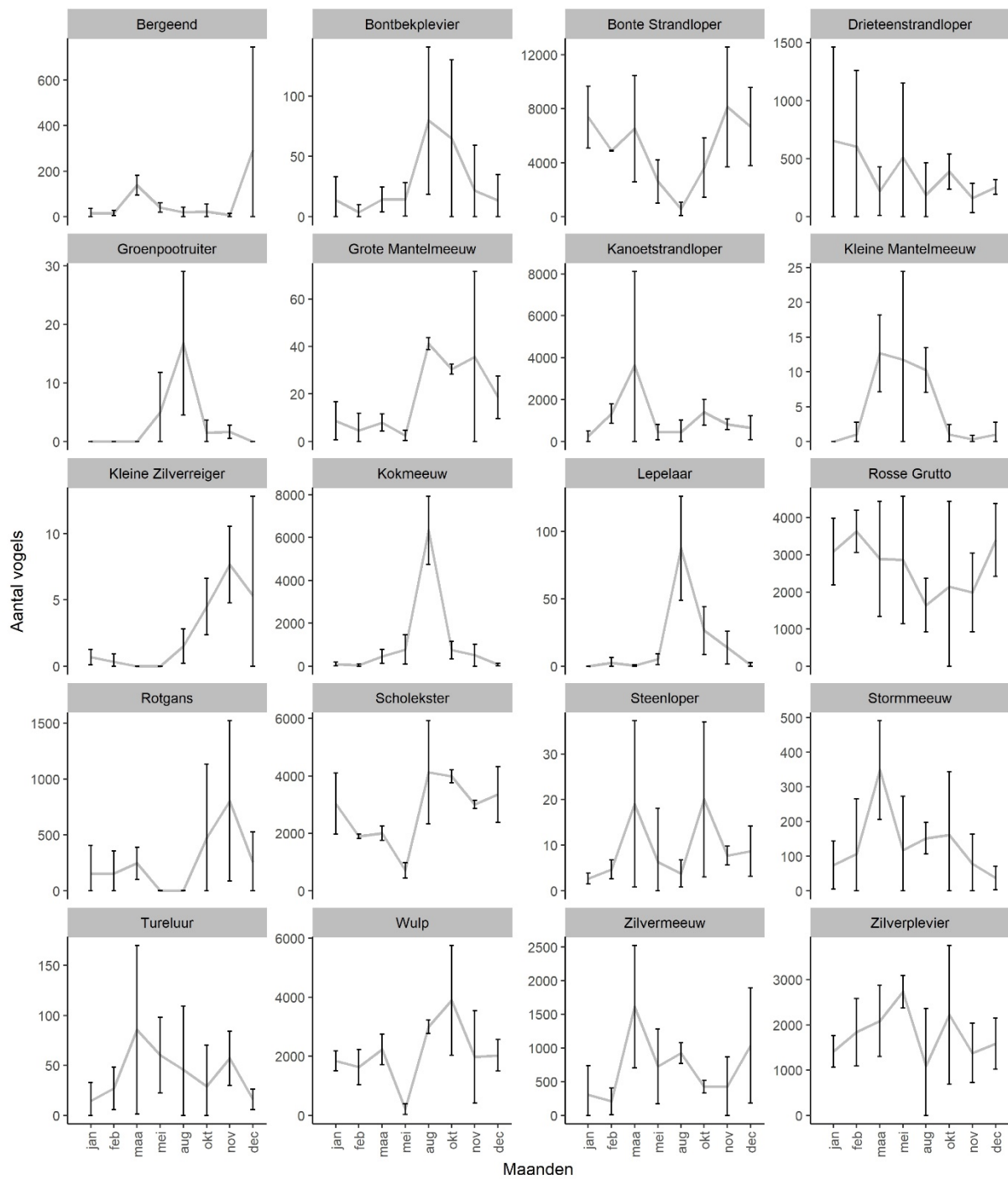


Figuur 6-38 Gemiddeld aantal soorten per maand met standaarddeviatie voor de suppletie. Oktober is enkel twee keer geteld, de andere maanden 3 of 4 keer tussen 2015 en 2019. Maart is echter tweemaal geteld in 2017.

De soortensamenstelling verandert over het seizoen (Figuur 6-39, Figuur 6-40), alhoewel we hier ook soms fluctuaties zien tussen jaren en binnen maanden (Bijlage 2, Figuur 10-2). De zomer (augustus) wordt gekenmerkt door veel kokmeeuwen die in de andere maanden bijna afwezig zijn en lage relatieve aantallen van de anders frequente bonte strandloper (Figuur 6-41, 6-42). De scholekster en wulp vertonen beide een piek in augustus en oktober. De wintermaanden november tot en met januari komen vrij sterk overeen qua soortensamenstelling. In deze maanden is de bonte strandloper de meest frequente soort. In het vroege voorjaar (februari, maart) neemt de kanoetstrandloper iets toe en de scholekster en bonte strandloper iets af in aantallen. In mei komen grote aantallen rosse grutto's en zilverplevieren voor op weg naar hun noordelijke broedgebieden.

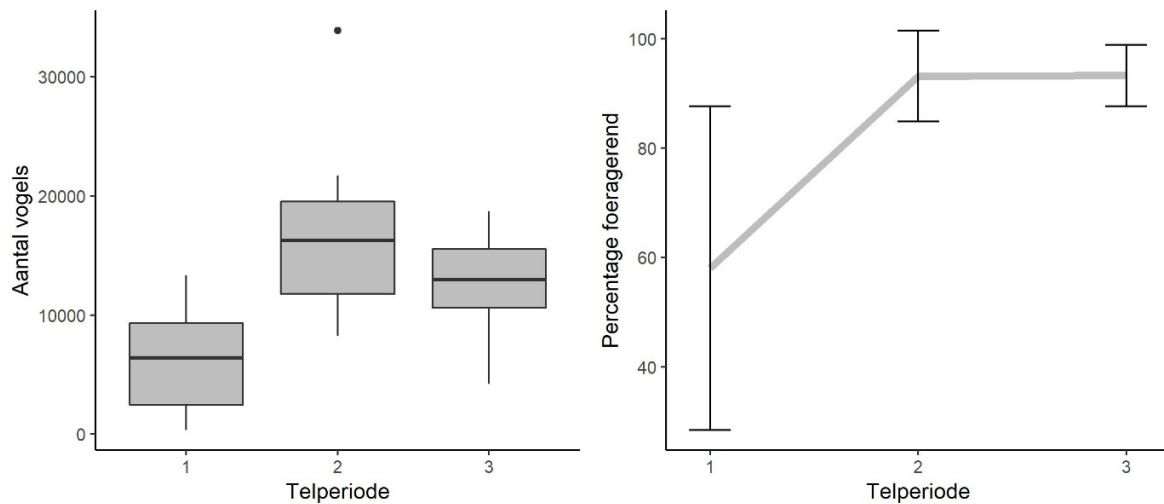


Figuur 6-39 Gemiddelde maximale aantallen per maand voor 13 geselecteerde soorten voor aanleg van de suppleties. De 13 soorten zijn geselecteerd op hun gemiddelde maximale aantallen (gemiddeld >40 individuen per teldag). Soorten zijn alfabetisch geordend op genusnaam. Oktober is slechts twee keer geteld, de andere maanden 3 of 4 keer tussen 2015 en 2019. Maart is echter tweemaal geteld in 2017.



Figuur 6-40 Verloop van 20 meest voorkomende soorten per maand (in alfabetische volgorde) over alle getelde maanden voor aanleg van de suppletie. Gemiddeldes met de standaarddeviatie zijn getoond.

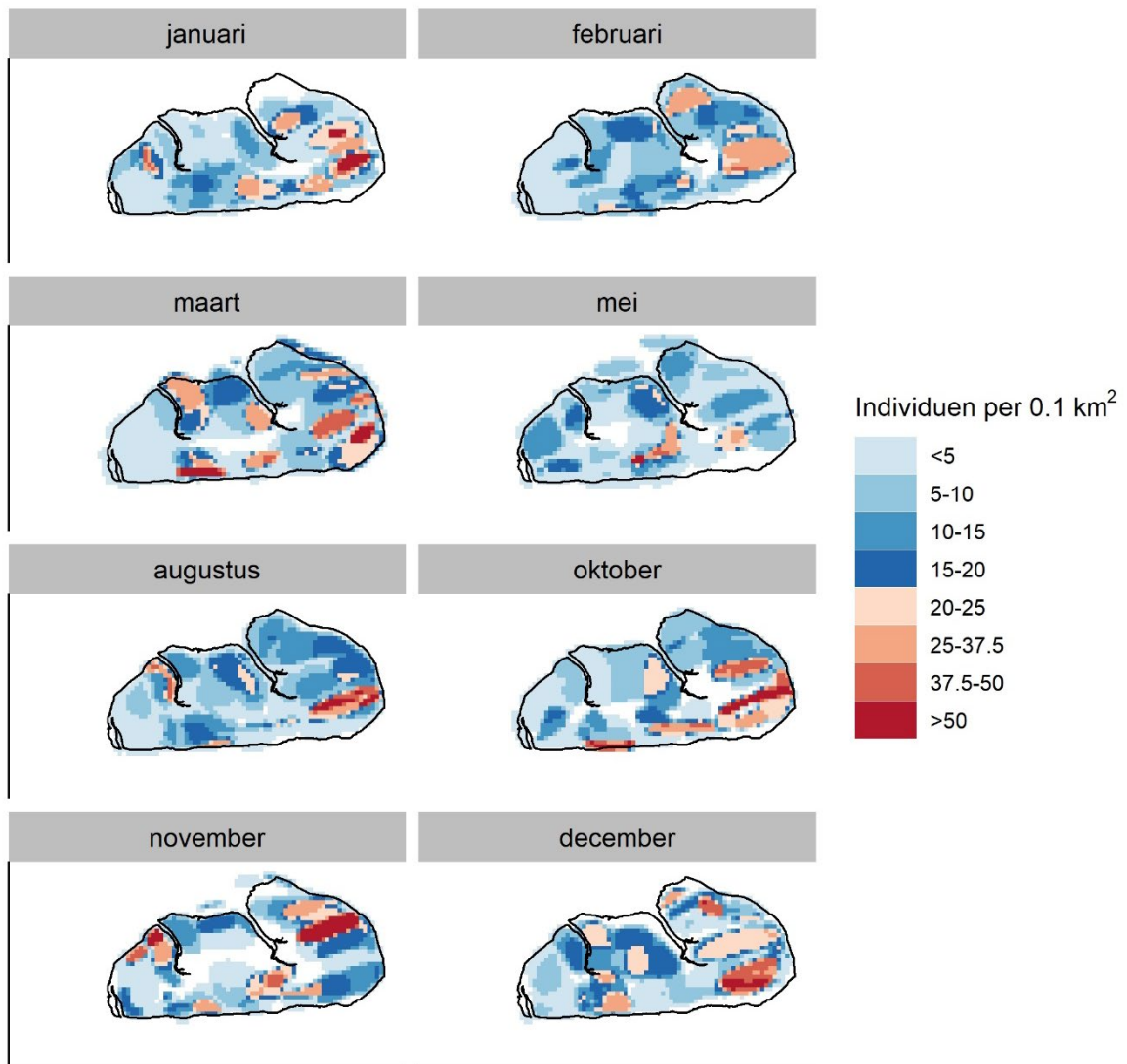
Aantallen vogels fluctueren over de drie telperiodes (Figuur 6-41, links). De meeste vogels zijn op de Roggenplaat te vinden in telperiode twee en drie. In de eerste telperiode is het percentage foeragerende vogels kleiner dan in telperiode twee en drie ten opzichte van rustende vogels (Figuur 6-41, rechts). In de eerste telperiode ligt het percentage foeragerende vogels rond de 60 procent, in telperiode twee en drie gaat dit omhoog naar meer dan 90%. Dit patroon is te zien in alle maanden, maar met name het percentage foeragerende vogels in telperiode 1 fluctueert nogal. Er is echter geen duidelijke relatie tussen het percentage foeragerende vogels in koude of warmere maanden (Bijlage 2).



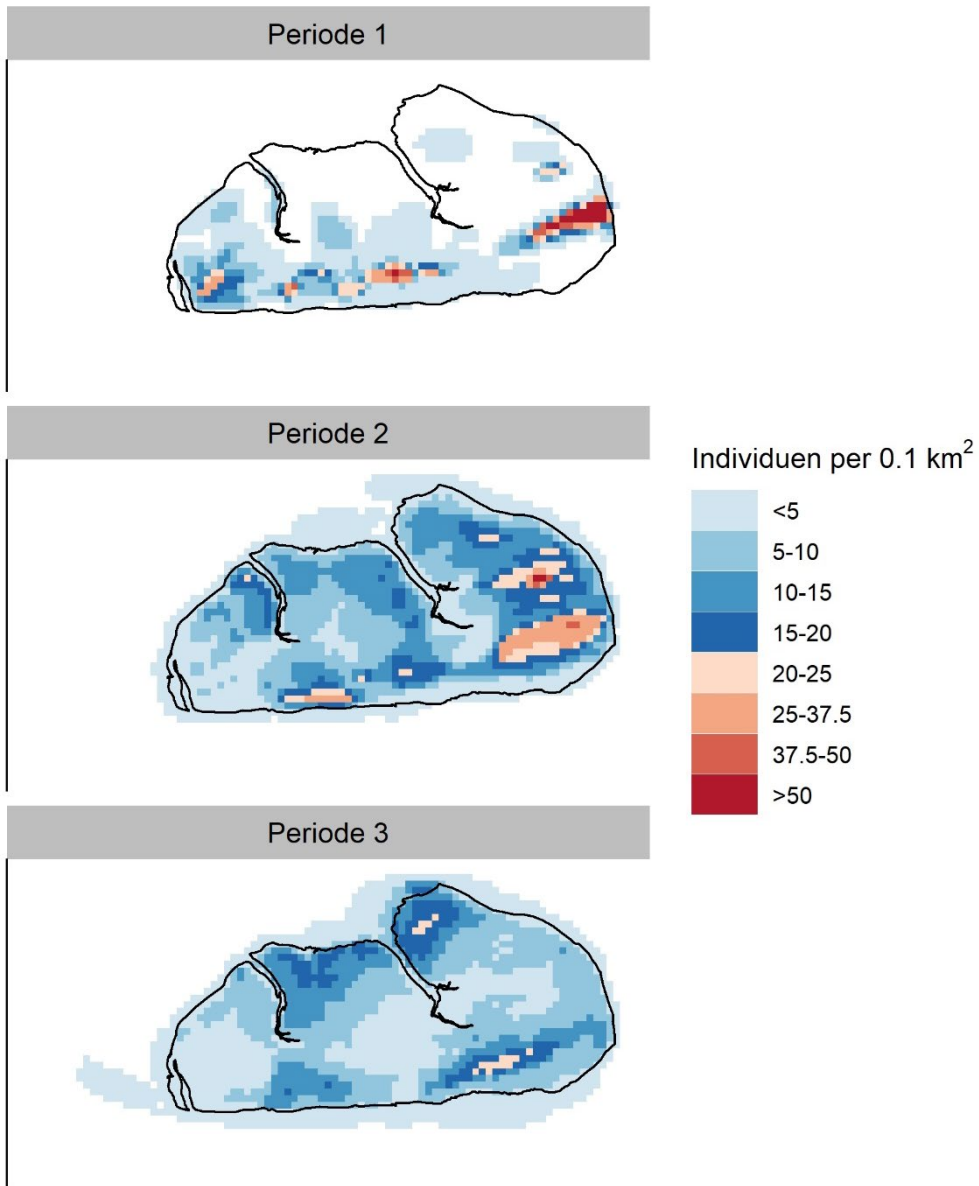
Figuur 6-41 Aantal vogels per telperiode (links) en de percentage foeragerende vogels per telperiode (rechts).

6.3.4.3 Resultaten: Ruimtelijke verspreiding

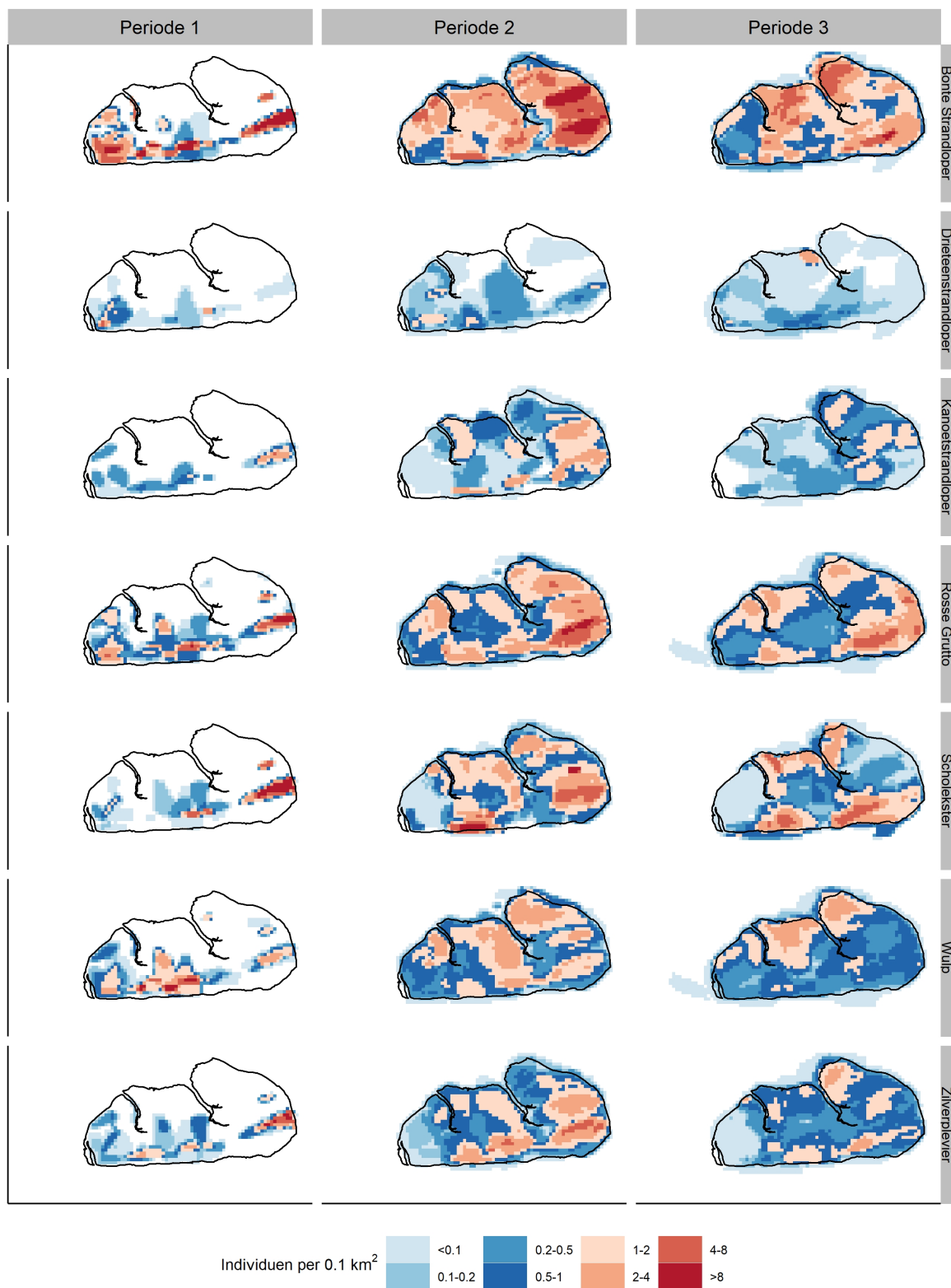
Niet elk gebied van de Roggenplaat wordt evenveel gebruikt door de vogels (Figuur 6-42). Alhoewel er enige verschillen zijn tussen de maanden, zijn de hoogste aantallen vogels over het algemeen te vinden op de oost- en zuidkant van de Roggenplaat, en de laagste aantallen vogels op de westpunt. De verspreiding verandert over de telperiodes, doordat meer gebieden beschikbaar komen (Figuur 6-43). Alhoewel de laagste aantallen vogels geteld zijn in telperiode 1, zijn de dichtheden relatief hoog. In telperiode 2 verspreiden de vogels zich meer over de plaat, maar de 'hotspots' in oost en zuid zijn hier nog duidelijk te zien. Tijdens telperiode 3 zijn de vogels het meest verspreid. Verschillende vogelsoorten gebruiken het gebied mogelijk op andere manieren. Een aantal veel voorkomende Natura 2000 soorten verspreiden zich over het gebied over de periodes (Figuur 6-44). De scholekster lijkt zich meer naar de waterlijn te bewegen over het getij terwijl de rosse grutto in telperiode 2 en 3 min of meer op dezelfde plekken blijft. De drieteenstrandloper heeft de hoogste dichtheden in het zuidwesten van de plaat.



Figuur 6-42 Verspreiding gemiddeld aantal vogels in telperiode 2 over de verschillende maanden



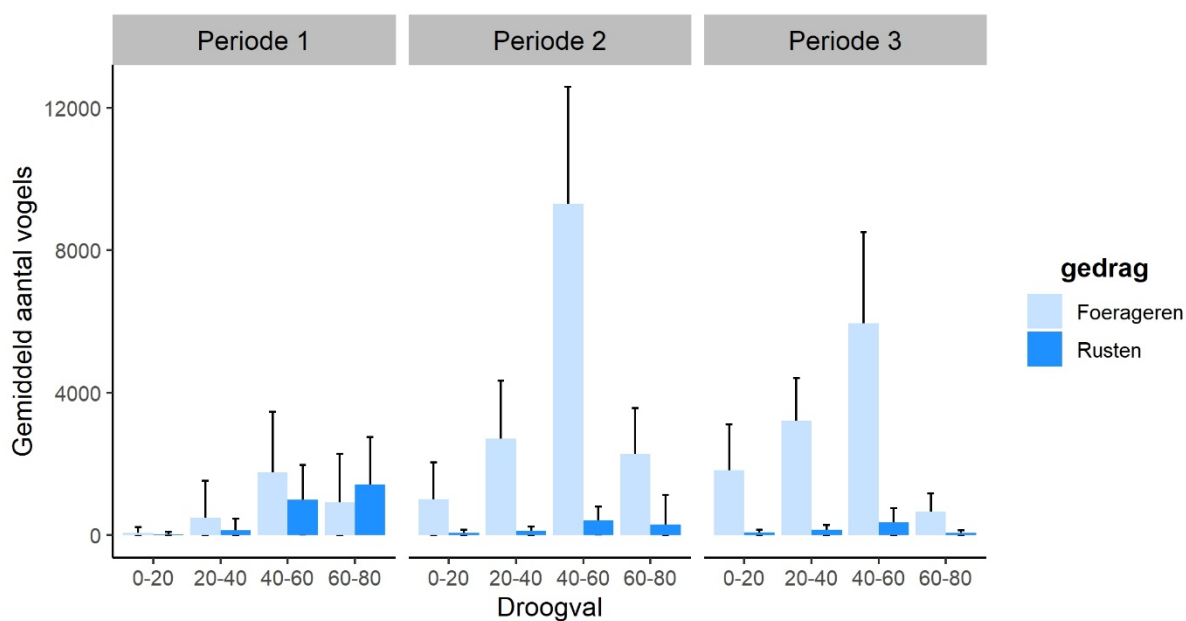
Figuur 6-43 Verspreiding gemiddeld aantal vogels over alle tellingen per telperiode



Figuur 6-44 Verspreiding per periode van de vier meest voorkomende Natura2000 soorten

6.3.4.4 Resultaten: Voorkeur droogvalgebieden

De droogvalduur zal mogelijk veranderen door zandsuppletie van de Roggenplaat. Het is daarom van belang om inzicht te krijgen welk gebied het meest gebruikt wordt door de vogels voor foerageren en rusten. De meeste vogels zitten, onafhankelijk van gedrag, in gebieden met droogvalduur tussen de 40-60% (Figuur 6-45). In periode 2 en vooral periode 3 zitten er relatief meer vogels in de dieper liggende delen met korte droogvalduur.



Figuur 6-45 Gemiddeld aantal vogels per percentage droogval. Er is hier onderscheid gemaakt tussen foeragerende en rustende vogels.

6.3.5 Zeehondentellingen

In Nederland komen twee soorten zeehonden voor: de gewone zeehond (*Phoca vitulina*) en de grijze zeehond (*Halichoerus grypus*) (CBS, PBL, RIVM, WUR, 2020). In de Zeeuwse wateren groeit het aantal zeehonden snel. Exacte aantallen zijn niet bekend, maar op basis van beschikbare data zijn er momenteel iets meer dan 2000 individuen. De meeste van hen leven in de Voordelta: meer dan 50% van de gewone zeehonden en meer dan 90% van de grijze zeehonden.

In de Oosterschelde vormt de Roggenplaat de belangrijkste lig- en rustplaats voor de gewone zeehond, met name in het Middengeultje en de Westgeul. De Roggenplaat is de enige belangrijke lig- en zoogplaats voor jongen van de gewone zeehond in de Oosterschelde (Arts et al. 2016). De gewone zeehond baart jongen in de zomer. Pups worden waargenomen in de maanden april t/m augustus. De grijze zeehond wordt in de Oosterschelde waargenomen op de Roggenplaat en Galgenplaat. Op de Roggenplaat is vooral de Westgeul een belangrijk liggebied (Arts et al. 2016). De grijze zeehond baart jongen in de winter. Pups worden in de Delta waargenomen in de maanden november t/m april maar niet in de Oosterschelde.

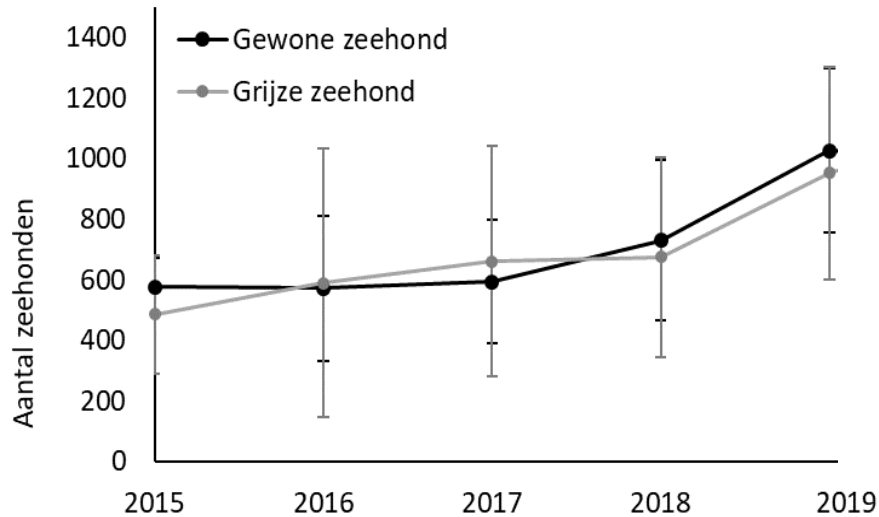
Zeehonden zijn verstoringsgevoelig en er kan mogelijk een verstoring optreden van de zeehonden tijdens de aanleg van de suppletie. Er wordt niet direct een effect verwacht van de suppleties na aanleg, tenzij de geulen(randen) waar de zeehonden rusten dusdanig veranderen dat ze niet meer geschikt zijn als ligplaats.

6.3.5.1 Methode

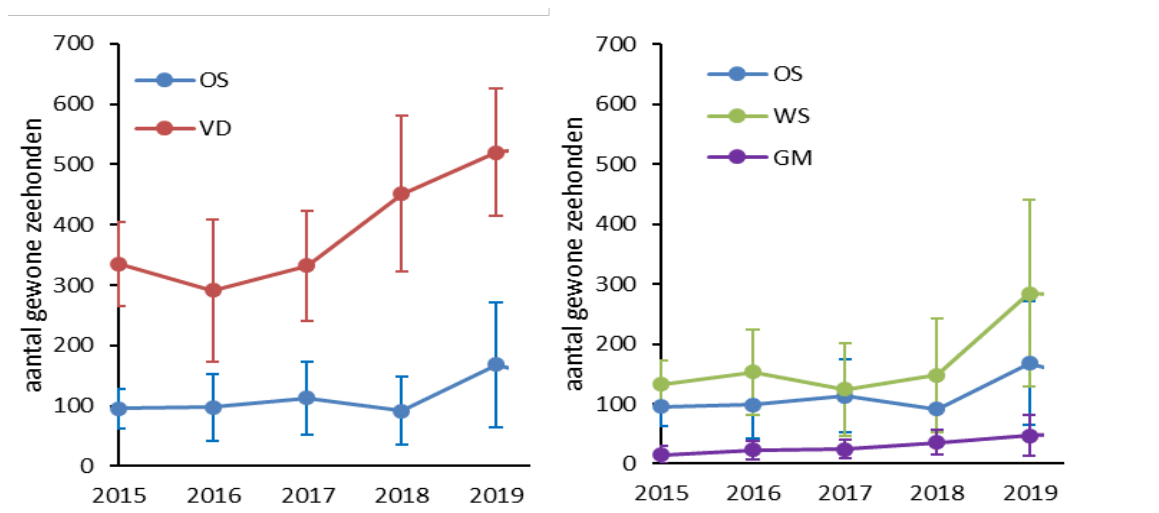
Om te onderzoeken hoe de zeehondenpopulatie zich op de Roggenplaat ontwikkelt t.o.v. de trends in de gehele Oosterschelde en Deltais gebruik gemaakt van MWTL maandelijkse zeehondtellingen (opgenomen in het biologisch monitoringprogramma van de Zoute Rijkswateren) vanaf 2015. Zeehondtellingen worden gedaan vanuit een vliegtuig. In de maanden september en oktober wordt niet gevlogen. In november wordt alleen de Voordelta geteld. Alleen het Grevelingenmeer wordt elke maand geteld.

6.3.5.2 Resultaten: Zeehonden in de Zeeuwse wateren

Sinds 2015 nemen de gewone en grijze zeehond in aantallen toe in de Zeeuwse wateren (Figuur 6-46). De Voordelta is het belangrijkste gebied voor zowel gewone als voor de grijze zeehond (Figuur 6-47). Van beide soorten is de trend hier positief. De grijze zeehond komt minder vaak voor in de Oosterschelde, Westerschelde en het Grevelingenmeer dan in de Voordelta. Het aantal grijze zeehonden in de Westerschelde is sinds 2015 verdubbeld. Deze soort neemt af in de Oosterschelde en blijft stabiel in het Grevelingenmeer.



Figuur 6-46 Trend van het jaargemiddelde van zeehonden in Zeeuwse wateren tussen 2015 en 2019. De waarden (gemiddelde ± standaarddeviatie) zijn gebaseerd op jaarlijkse gemiddelden van maandelijkse tellingen vanuit het vliegtuig en vanaf de boot (Grevelingenmeer).

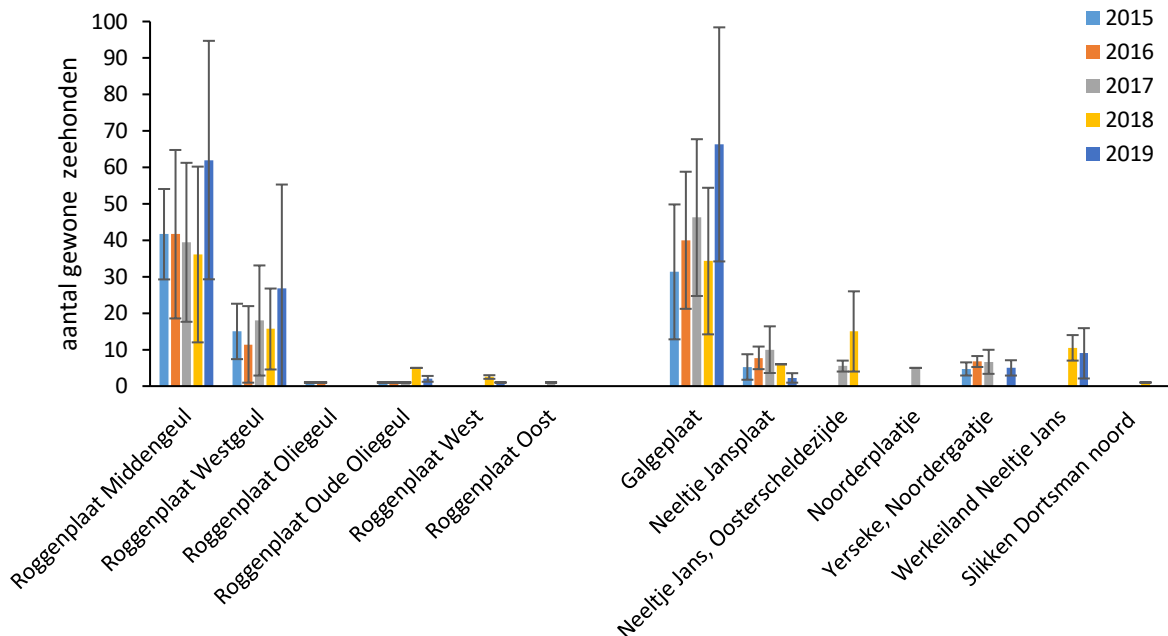


Figuur 6-47 Trend van het jaargemiddelde van de gewone zeehond per gebied tussen 2015 en 2019. De waarden (gemiddelde ± standaarddeviatie) zijn gebaseerd op jaarlijkse gemiddelden van maandelijkse tellingen vanuit het vliegtuig en vanaf de boot (Grevelingenmeer). OS: Oosterschelde, VD: Voordelta, WS: Westerschelde, GM: Grevelingenmeer.

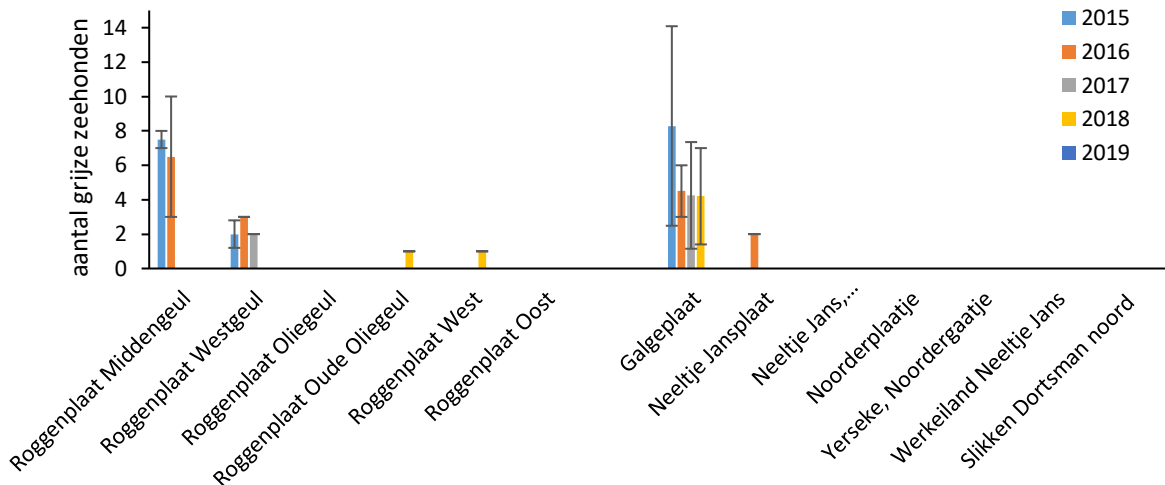
6.3.5.3 Zeehonden op de Roggenplaat en op andere platen in de Oosterschelde sinds 2015

Met name het Middengeultje en de Westgeul zijn belangrijke rustgebieden voor zeehonden op de Roggenplaat en in de Oosterschelde (Figuur 6-48 en Figuur 6-49). De Galgeplaat, iets verder naar het oosten, is ook een belangrijke ligplaats.

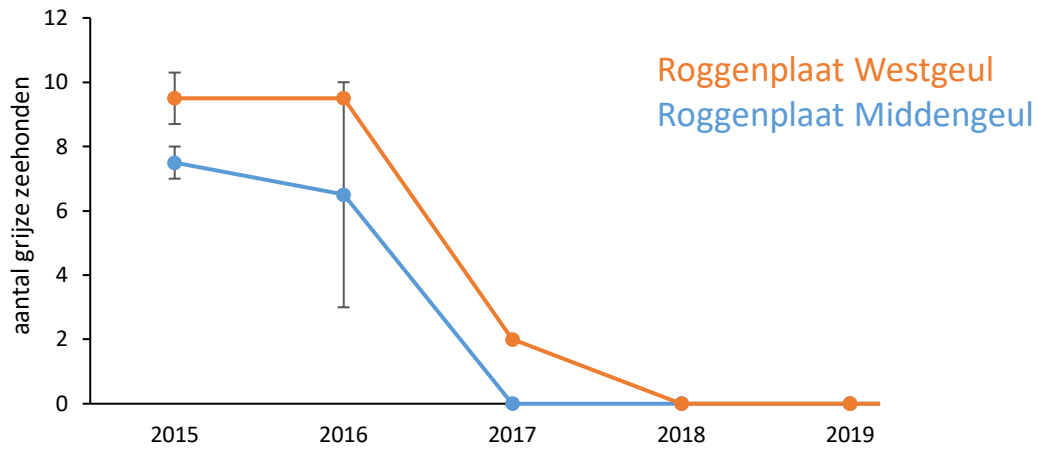
In het Middengeultje en de Westgeul is de populatie van de gewone zeehonden stabiel gebleven tussen 2015 en 2018. Na 2018 lijken de aantallen iets te stijgen (Figuur 6-50). De grijze zeehond is verdwenen in het Middengeultje sinds 2017 en in de Westgeul sinds 2018 (Figuur 6-51).



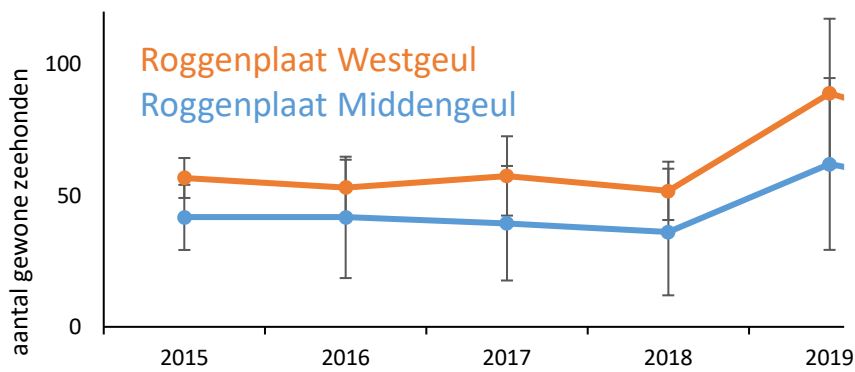
Figuur 6-48 Trend van het jaargemiddelde van de gewone zeehond op verschillende platen binnen de Oosterschelde. De waarden (gemiddelde ± standaarddeviatie) zijn gebaseerd op jaarlijkse gemiddelden van maandelijkse tellingen vanuit het vliegtuig.



Figuur 6-49 Trend van het jaargemiddelde van de grijze zeehond op verschillende platen binnen de Oosterschelde. De waarden (gemiddelde ± standaarddeviatie) zijn gebaseerd op jaarlijkse gemiddelden van maandelijkse tellingen vanuit het vliegtuig.



Figuur 6-50 Trend van het jaargemiddelde van de gewone zeehond op de twee belangrijkste plaatsen op de Roggenplaat. De waarden (gemiddelde \pm standaarddeviatie) zijn gebaseerd op jaarlijkse gemiddelden van maandelijkse tellingen vanuit het vliegtuig.

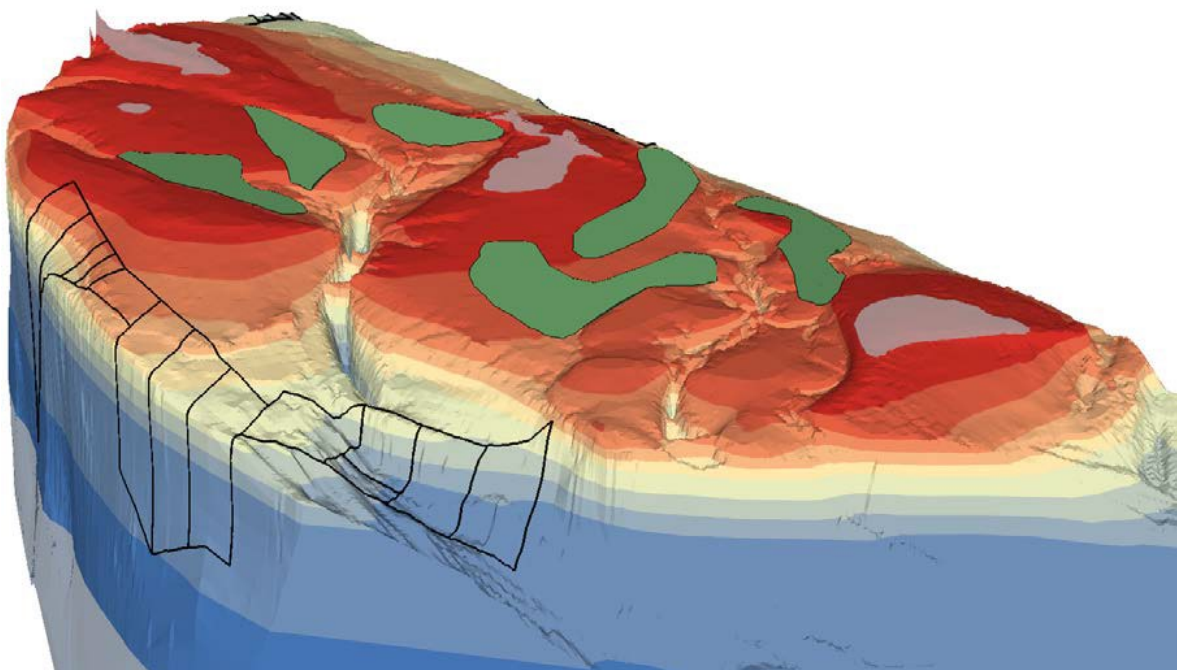


Figuur 6-51 Trend van het jaargemiddelde van de grijze zeehond op de twee belangrijkste plaatsen op de Roggenplaat. De waarden (gemiddelde \pm standaarddeviatie) zijn gebaseerd op jaarlijkse gemiddelden van maandelijkse tellingen vanuit het vliegtuig.

7 Waterbeweging en -kwaliteit van het Middengeultje en nabij mosselpercelen

7.1 Doel

Het Middengeultje is een belangrijke afvoergeul voor het water en mogelijk ook voor benthische diatomeeën vanaf de Roggenplaat tijdens de eb fase (Van der Werf e.a., 2016). Het Middengeultje mondt uit in de Hammen en stroomt daarbij over een aantal kweekpercelen (Figuur 7-1). Het is mogelijk dat deze geul een belangrijke rol speelt in de voedselaanvoer voor de mosselen op deze percelen, in het bijzonder de percelen Hammen 68C, 68D, 69, 70 en 71. Verandering in de morfologie van de geul (aanzanding/erosie of verlegging) kan gevolgen hebben voor de volumetransporten en daarmee de voedselaanvoer naar de percelen. Ook de verandering in concentraties slib en chlorofyl in het Middengeultje kan effect hebben op de voedselaanvoer en daarmee de productie op de percelen beïnvloeden. Als de benthische diatomeeën van de plaat een belangrijk onderdeel vormen van het voedsel van de mosselen in de monding van het Middengeultje zou een verandering in benthische primaire productie op de plaat als gevolg van de suppletie ook effect kunnen hebben voor de mosselen op de betreffende percelen.



Figuur 7-1. 3D Overzicht van de Roggenplaat gezien vanuit het noordwesten. Te zien zijn de monding van het Middengeultje en het Westgeultje. De suppleties zijn ingetekend in het groen. De ligging van de kweekpercelen aan de noordkant zijn ingetekend door middel van zwarte lijnen. Door de oriëntatie van het plaatje, lijken de percelen steiler af te lopen dan in werkelijkheid.

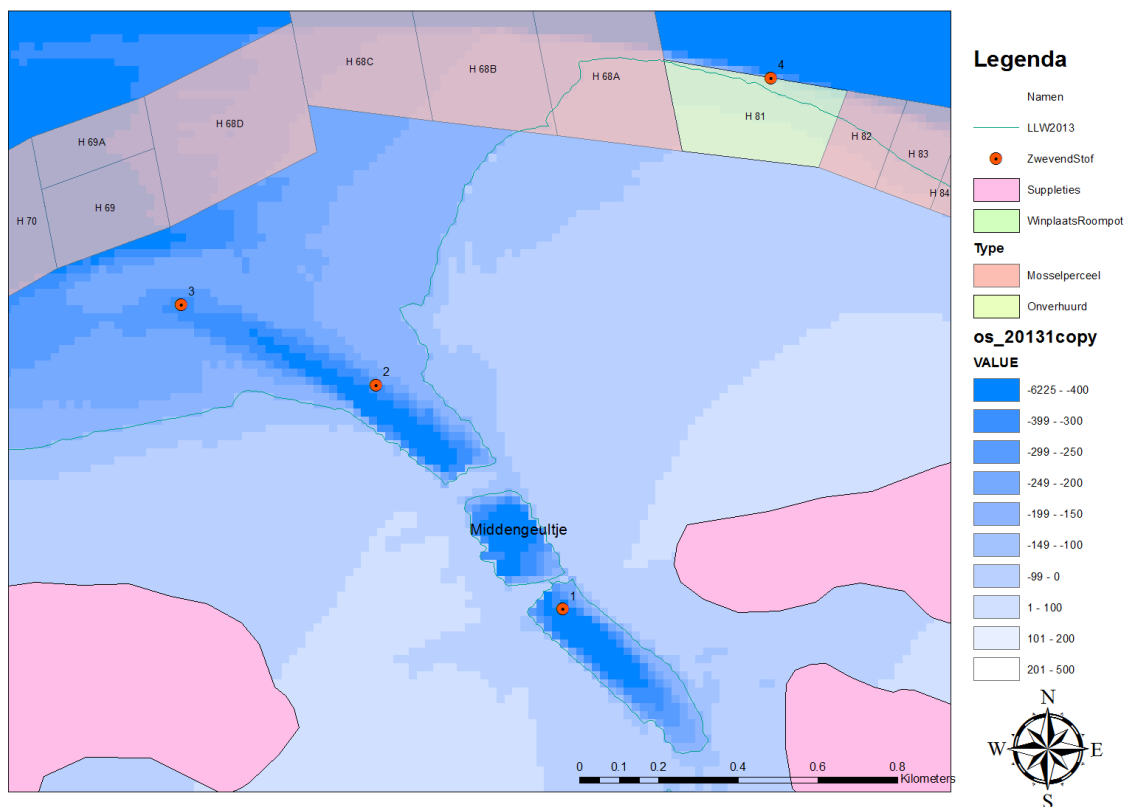
Om het belang van het Middengeultje voor de voedselaanvoer (in het bijzonder gesuspendeerde benthische diatomeeën) naar de nabijgelegen kweekpercelen te onderzoeken is gekeken naar veranderingen in morfologie (zie hoofdstuk 6), debieten,

concentraties algen en zwevend stof en het aandeel benthische diatomeeën. Met deze metingen kan onderzocht worden of de aanleg van de suppleties effect hebben op de voedselaanvoer door het Middengeultje naar de percelen.

7.2 Turbiditeit en chlorofyl

7.2.1.1 Methode

Voedselaanvoer vanuit het Middengeultje is onderzocht door middel van continue slib en chlorofyl metingen. Op drie locaties in de geul zijn in januari 2019 meetpalen geplaatst voorzien van onder andere een turbiditeitsmeter en chlorofylmeter die continue metingen uitvoeren op een meter van de bodem (Figuur 7-2). Als referentie is er tegelijkertijd een meetpaal geplaatst in de Hammengeul buiten de directe invloed van het Middengeultje. De analyse van deze data richt zich op het verschil in concentraties tussen de eb en de vloedstroom voor de situatie vóór en na aanleg van de suppleties. Om een indicatie te krijgen van de dynamica van het systeem is er zowel naar de lange-termijn trends als de korte-termijntrends gekeken. De langetermijntrends geven inzicht in de fluctuaties door het jaar heen en seizoenseffecten (algenbloei), terwijl korte termijn trends inzicht geven over variatie binnen een getijdencyclus. Alvorens deze langetermijnmeetreeks gebruikt kon worden voor analyse moest de data op een consistente manier opgeschoond worden van ruis en eventuele foutieve metingen, zie Bijlage 3.



Figuur 7-2. Positie van de vier vaste meetstations nabij het Middengeultje en de mosselpercelen. Nr 4 is de meetpaal in de Hammen.

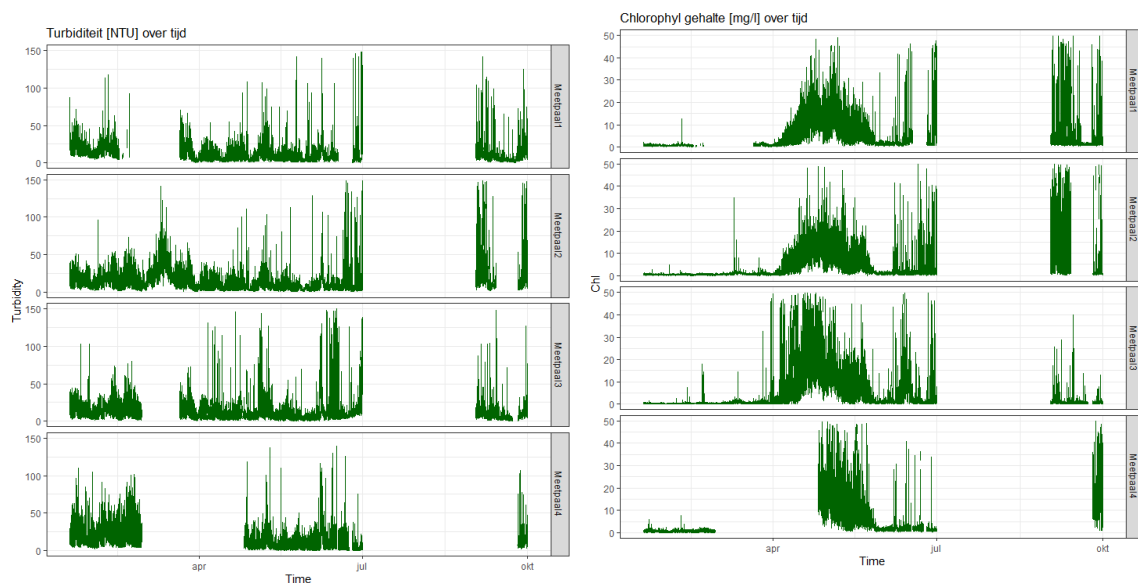
7.2.1.2 Resultaten

Op basis van de meetgegevens verkregen uit de sensoren is te zien dat de concentratie zwevend stof (turbiditeit) en chlorofyl een patroon laten zien over een langere termijn met een piek tijdens de lentebloei, voor beide variabelen (Figuur 7-3). Verder zijn veel extreme waarden tijdens de zomermaanden, juli en augustus, geobserveerd. Dit komt waarschijnlijk door de piek van zeesla in deze maanden.

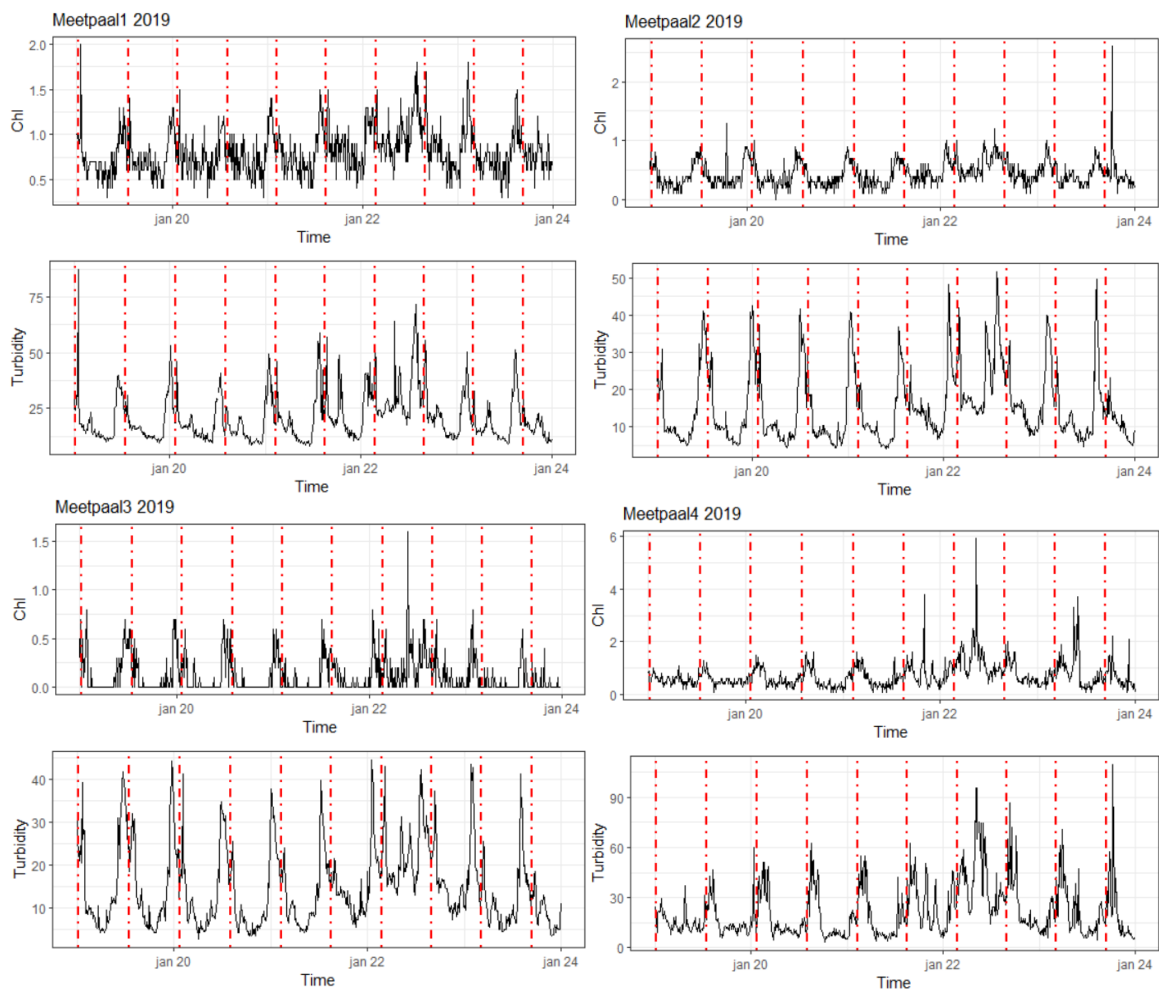
Turbiditeit en chlorofyl laten op dagniveau een duidelijk patroon zien, waarbij beide parameters pieken in het Middengeultje (meetpalen 1, 2 en 3) net voor hoogwater, en in de Hammen (meetpaal 4) net na hoogwater (Figuur 7-4). Om te onderzoeken of deze patronen consistent zijn over een langere periode zijn turbiditeit en chlorofyl ten opzichte van het moment in het getij uitgezet (Figuur 7-5). Over de periode januari tot september 2019, waarbij afwijkende perioden zijn verwijderd van de analyse (zie Bijlage 3), is te zien dat er inderdaad een vast patroon is binnen de getijdencyclus.

Chlorofyl en zwevend stof pieken net voor hoogwater. Dat kan mogelijk verklaard worden door het wegspoelen van geaccumuleerde deeltjes op de plaat. Het gedeelte van de plaat dat vlak voor de hoge metingen onder water ligt, waar vermoedelijk de algen van afkomstig zijn, wordt weergegeven in Figuur 6-15. Een uur voor hoogwater kentert het getij in het Middengeultje, hierbij neemt de stroomsnelheid af. Dit is rond het moment waar bij meetpaal 1, 2 en 3 de hoogste concentraties aan chlorofyl wordt geobserveerd. De stroomsnelheid neemt vlak voor hoogwater weer toe en keert vervolgens richting het noordwesten. In deze periode neemt de chlorofylconcentratie af. Bij meetpaal 4 vindt de piek in chlorofyl en turbiditeit later plaats, namelijk net na hoogwater. Het vermoeden is dat bij deze meetpaal tijdens de periode net voor hoogwater het water lang genoeg stil ligt zodat de algen kunnen bezinken en hoge concentraties gemeten kunnen worden. Zodra het water kentert en de andere kant op stroomt, worden deze algen weggespoeld en gemeten bij meetpaal 4.

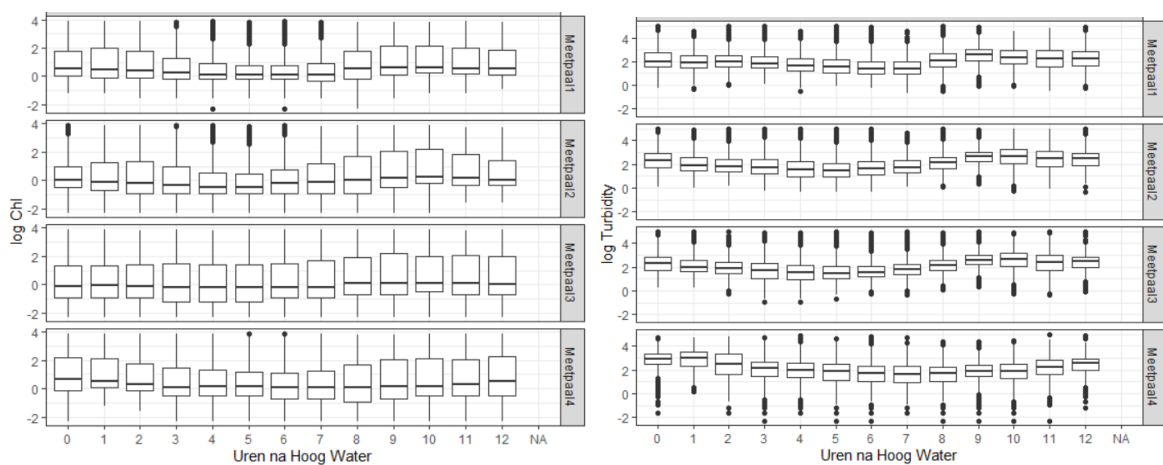
Mogelijke draagt afwatering, van de plaat door het Middengeultje bij aan de voedselaanvoer richting de percelen. Vanuit het Middengeultje zien we een verhoogde concentratie voedsel (chlorofyl) net voor hoogwater. Rond de kentering komt het water tijdelijk stil te staan en kunnen algen neerslaan. De verhoogde algenconcentratie die net voor de kentering richting de percelen stroomt zou voedseltoelevering voor de mosselpercelen in de monding van de geul kunnen betekenen.



Figuur 7-3 Verloop turbiditeit en chlorofyl over de periode januari tot september 2019 voor alle meetpalen. Een duidelijke lentebloei is zichtbaar.



Figuur 7-4 Voorbeeld van verloop van chlorofyl en turbiditeit over vijf dagen van alle meetpalen in 2019, rode stippellijnen geven het tijdstip van hoogwater aan.



Figuur 7-5 Concentratie gemeten chlorofyl en turbiditeitswaarden ten opzichte van uren na het laatst gemeten hoogwatermoment. Uitschieters zijn voor het maken van deze grafiek verwijderd.

7.3 Diatomeeën

7.3.1.1 *Methode*

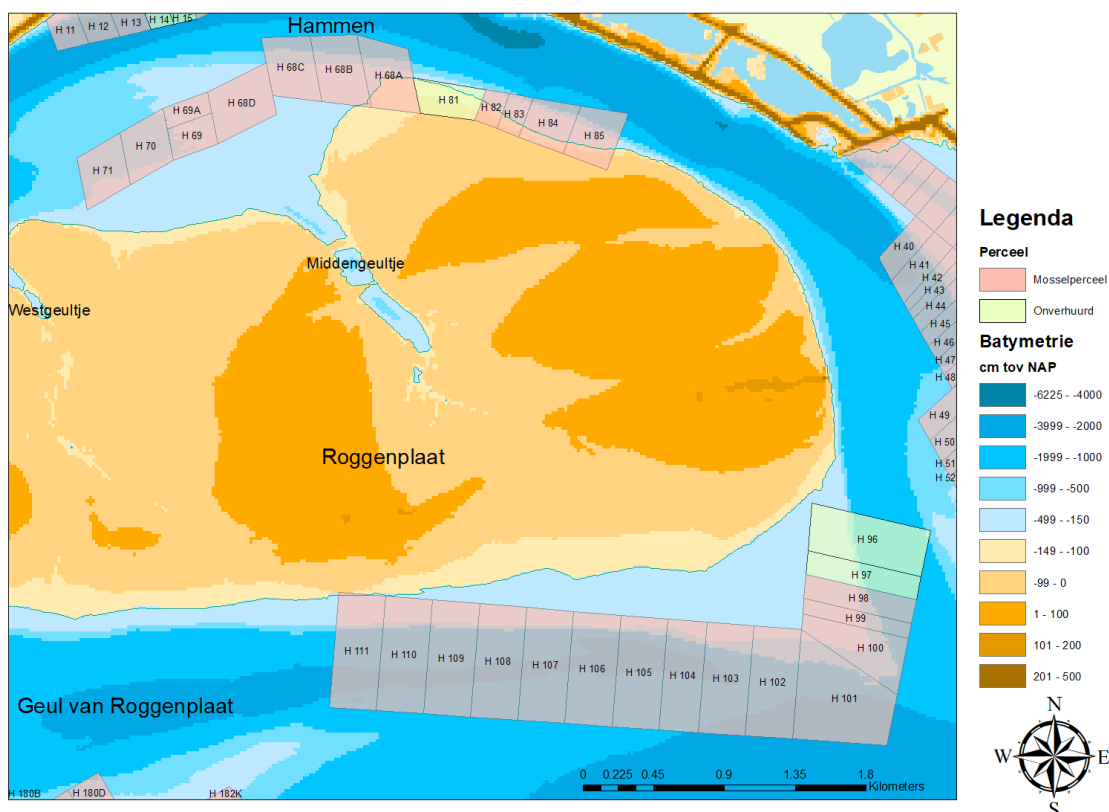
Om te onderzoeken hoe belangrijk het aandeel van bentische diatomeeën (microfyto-benthos) is in de algenbiomassa van het Middengeultje, zijn watermonsters genomen. Watermonsters zijn genomen op 11 juni, 26 augustus en 22 december 2019. Bij de vier meetpalen (zie Figuur 7-2) werd ieder uur, van twee uur voor tot vier uur na hoogwater (7 bemonsteringsmomenten) 5 liter water verzameld op een diepte van 1 m van de bodem (t.h.v. de sensor). Daarna werd een deel (2 liter) gefixeerd met 4% formaline en koel bewaard voor analyse van de diatomeeëngemeenschap. Op het lab werd 1 liter monster afgemeten in een maatcilinder en door een 5µm plankton net gefiltreerd tot een restvolume van ongeveer 30 ml. In een 10 ml Hydro-Bios telkamer werden 2 ml (gefixeerd) monster gebracht. Na minimaal 2 uur bezinktijd werden de telkamers onder een "inverted" microscoop bekeken. Alle diatomeeën soorten werden geïdentificeerd (tot genus of soort niveau) en geteld. Ze werden daarna opgesplitst in bentische en pelagische groepen. Het aantal diatomeeën cellen per liter monster werd als volgens berekend: $X = \frac{(Y * \text{ml rest volume})}{(\text{start volume in liters})}$. Waarin X het aantal cellen per liter is en Y het aantal cellen per soort geteld in de hele telkamer. Het andere deel van het watermonster is gefilterd en geanalyseerd voor SPM (suspended particulate matter), chlorofyl-a en stabiele isotopen. Aan de hand van stabiele isotopen kan onderscheid gemaakt worden tussen bentische en pelagische diatomeeën. Resultaten worden in de T1 rapportage opgenomen.

8 Mosselpercelen rond de Roggenplaat: algemene karakteristieken en kwaliteit

8.1 Doel

Om de eventuele effecten op de mosselpercelen in kaart te brengen is een specifiek monitoringsplan opgesteld voor de mosselpercelen rond de Roggenplaat (Wijsman en Kraan, 2017). In de volgende paragrafen worden de resultaten van deze monitoring gepresenteerd tot 1 oktober 2019 (T0, voor de aanleg van de suppletie).

Langs de randen van de Roggenplaat liggen een groot aantal percelen die door mosselkwekers worden gebruikt voor consumptiemosselen (Figuur 8-1). Aan de noordzijde, in de Hammen liggen 13 mosselpercelen waarvan er 12 zijn verhuurd (Wijsman en Kraan, 2017). De oostelijke percelen (H68A tot en met H85) worden beperkt gebruikt. De percelen H68B tot en met H71 liggen relatief ondiep in de monding van het Middengeultje. Aan de zuidzijde in de Geul van de Roggenplaat liggen 16 percelen, waarvan er 14 zijn verhuurd. De percelen H98, H99 en H100 worden beperkt gebruikt.



Figuur 8-1 Ligging van de mosselpercelen rond de Roggenplaat.

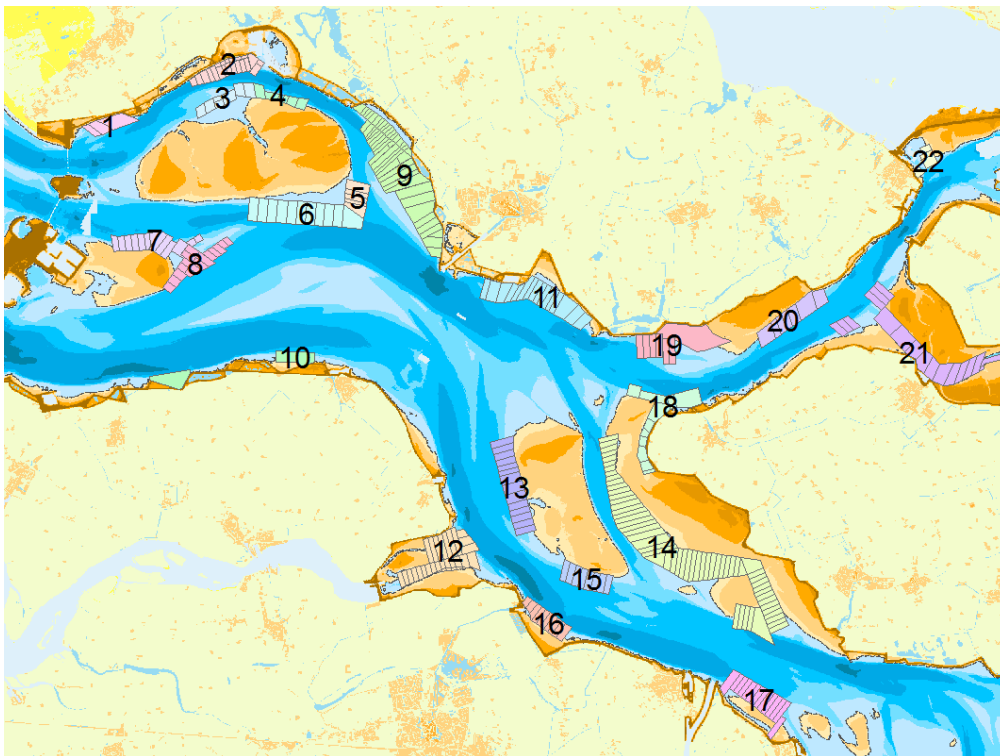
De mogelijke effecten van de Roggenplaatssuppletie op de nabijgelegen mosselpercelen zijn uitgewerkt in een risicostudie (Lieveense et al., 2016). Deze risicobeoordeling is tot stand gekomen vanuit een samenwerking tussen Rijkswaterstaat Zee en Delta, Natuurmonumenten, het Ministerie van Economische Zaken en de mosselkwekers (PO mossel). De belangrijkste risico's die zijn gedefinieerd binnen de risicostudie zijn:

1. Verstikking van mosselen op de percelen door begraving aan de noordzijde van de Roggenplaat door uitzakken van fijn gesuspendeerd sediment dat opwervelt vanaf de suppleties;
2. Vermindering van de kwaliteit van de percelen door toename van aanzanding;
3. Verslechtering van kweekomstandigheden door een toename van verstuivend zand naar de percelen wat tot aanzanding leidt op de percelen.

Tevens zou de aanvoer van voedsel via het Middengeultje van de plaat naar de percelen aan de Noordzijde kunnen veranderen.

8.2 Aanvoer van mosselen van de percelen

De aanvoer van de mosselen van de percelen wordt geregistreerd door de mosselveiling. Voor deze studie zijn de veilinggegevens van de leveringen uit de Oosterschelde. In totaal liggen er 336 mosselpercelen in de Oosterschelde (waarvan 27 onverhuurd) met een totaal oppervlak van ca 4000 ha (Figuur 8-2). In de praktijk wordt slechts een deel van het perceel daadwerkelijk gebruikt voor mosselkweek (Wijsman et al., 2010).

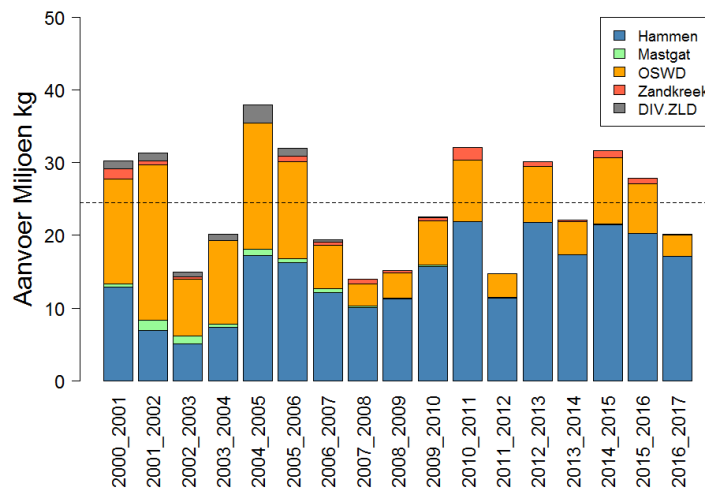


Figuur 8-2: Ligging van de mosselpercelen in de Oosterschelde. De percelen zijn in deze figuur gegroepeerd in 22 perceelblokken (Wijsman, 2017).

8.2.1 Aanvoer gehele Oosterschelde

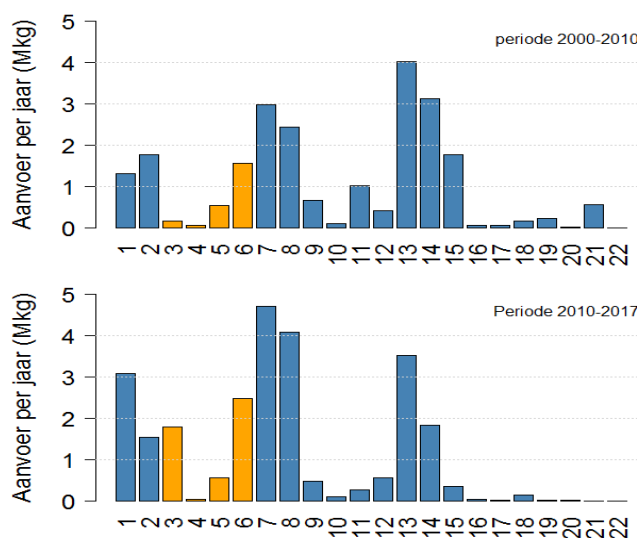
De gemiddelde aanvoer van de percelen in de Oosterschelde is 24.5 miljoen kg mosselen per jaar (Figuur 8-3). De maximale aanvoer was 38.0 miljoen kg in het seizoen 2004_2005 en de minimale aanvoer was 14.0 miljoen kg in het seizoen 2007_2008. De meeste mosselen komen uit de deelgebieden Hammen (59.1%) en OSDW (35.3%). Leveringen uit de andere deelgebieden zijn beperkt (5.6% van de totale aanvoer). Uit de figuur is duidelijk dat het gebied Hammen door de tijd steeds belangrijker is geworden voor de totale aanvoer uit de Oosterschelde. In de seizoenen 2000_2001 tot en met

2007_2008 kwam 43.9% van de totale aanvoer uit de Oosterschelde van de Hammenpercelen. In de seizoenen 2008_2009 tot en met 2016_2017 kwam 73% van de totale aanvoer van de Hammenpercelen.



Figuur 8-3: Netto aanvoer (miljoen kg) per seizoen uit de verschillende deelgebieden in de Oosterschelde: Hammen (blokken 1 tot en met 9), OSD (blokken 11 en 13 tot en met 19), Zandkreek (blok 10 en 12) en Mastgat (blokken 20 tot en met 22)(zie ook Wijsman, 2017).

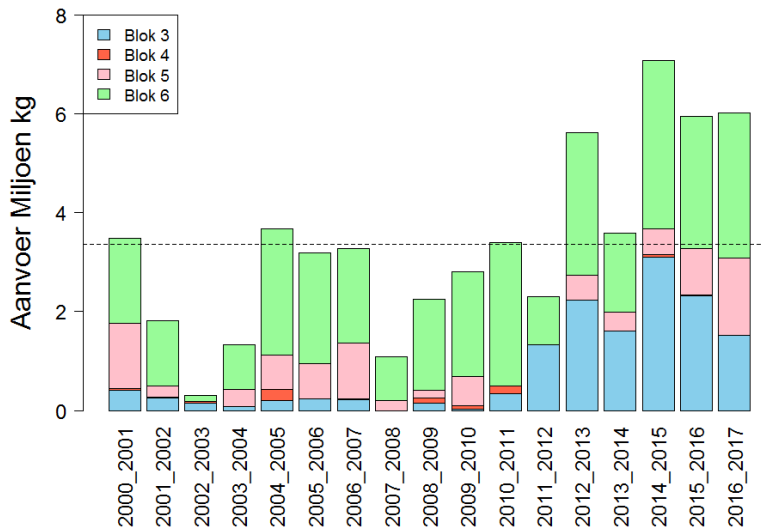
De belangrijke perceelblokken waar de mosselen uit worden geleverd zijn de perceelblokken 1 (Burghsluis), 2 (Schelphoek), 3 en 6 (respectievelijk noord- en zuidzijde Roggenplaat), 7 en 8 (respectievelijk noord- en zuidzijde Neeltje Jans), 13 (Vondelingenplaat) en 14 (Dortsman) (Figuur 8-4). Na 2010 is vooral de aanvoer uit de blokken 1, 3, 6, 7 en 8 toegenomen. Een deel van de toename is het gevolg van het beschikbaar komen van nieuwe percelen in deze blokken. Voor de interpretatie is het van belang dat de oppervlaktes van de perceelblokken sterk variëren (Figuur 8-2). Daarnaast is het van belang dat niet het volledige oppervlakte van het perceelblok wordt gebruikt voor de kweek. Binnen de perceelblokken liggen percelen die niet zijn verhuurd en ook de verhuurde percelen worden maar ten dele gebruikt voor de kweek.



Figuur 8-4: Netto aanvoer (miljoen kg) per perceelblok (zie Figuur 8-2). In de bovenste figuur voor de seizoenen 2000_2001 tot en met het seizoen 2009_2010. De onderste figuur voor de periode vanaf het seizoen 2010_2011. De perceelblokken rond de Roggenplaat zijn met de oranje balken aangegeven (zie ook Wijsman, 2017).

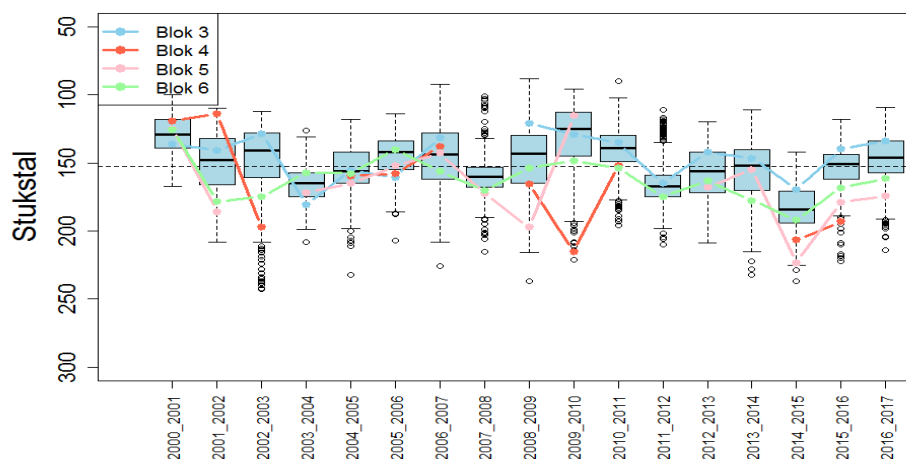
8.2.2 Aanvoer Roggenplaat

De gemiddelde aanvoer van de perceelblokken rond de Roggenplaat is ongeveer 3.4 miljoen kg per seizoen (Figuur 8-5). Dit is ongeveer 13.9% van de totale aanvoer van mosselen vanuit de Oosterschelde. De meeste mosselen (57%) zijn in deze periode geleverd van de percelen aan de zuidkant van de Roggenplaat (Blok 6). De laatste jaren echter (vanaf seizoen 2011_2012) is het belang van Blok 3, aan de noordkant van de Roggenplaat, in de monding van het Middengeultje, toegenomen. Dit is voornamelijk veroorzaakt door een aantal nieuwe percelen die hier zijn aangelegd.



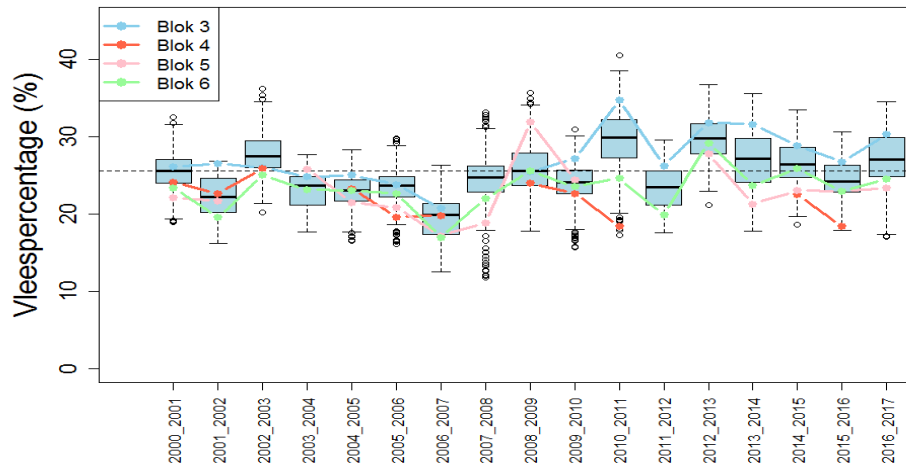
Figuur 8-5: Netto aanvoer (miljoen kg) van de perceelblokken rond de Roggenplaat (zie ook Wijsman, 2017).

Stukstal is een maat voor de grootte van de mosselen die zijn geleverd (aantal mosselen, teruggerekend naar 2.5 kg netto versgewicht). Hoe lager het stukstal, hoe groter de mosselen zijn. De mosselen vanuit blok 3, aan de noordzijde van de Roggenplaat zijn, zeker de laatste seizoenen, relatief groot vergeleken met de rest van de Hammenpercelen (Figuur 8-6). De mosselen van blok 6 aan de zuidkant van de Roggenplaat zijn gemiddeld wat kleiner dan de rest van de Hammenpercelen.



Figuur 8-6: Boxplots van het stukstal (gewogen voor de Netto aanvoer) van de Hammen percelen (Blok 1 tot en met 9). De horizontale stippellijn geeft het overall gemiddelde weer. De gekleurde lijnen geven het gewogen gemiddelde stukstal voor de blokken rond de Roggenplaat (Blok 3, Blok 4, Blok 5 en Blok 6). De y-as is omgedraaid (zie ook Wijsman, 2017).

Het vleespercentage is een maat voor de kwaliteit van de mosselen en is een belangrijke variabele voor de prijs van de mosselen op de veiling. Het gemiddelde vleespercentage over de hele periode is 25.6% (Figuur 8-7). In de figuur is te zien dat de vleespercentages van de leveringen uit perceelblok 3 (percelen aan de noordzijde van de Roggenplaat, voor de monding van het Middengeultje) sinds het seizoen 2010_2011 relatief hoge vleespercentages hebben. De gemiddelde vleespercentages van de blokken 5 en 6 is over het algemeen lager in deze seizoenen. Van Blok 4 is ook maar beperkt geleverd.

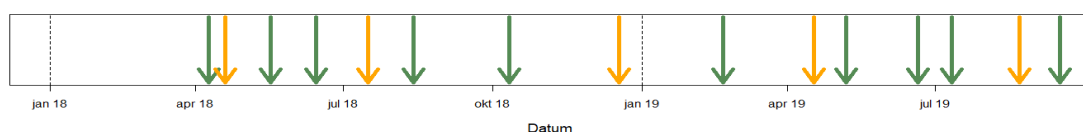


Figuur 8-7: Boxplots van de ontwikkeling van de vleespercentages (gewogen voor de Netto aanvoer) van de Hammen percelen (Blok 1 tot en met 9). De horizontale stippellijn geeft het overall gemiddelde weer. De gekleurde lijnen geven het gewogen gemiddelde vleespercentage voor de blokken rond de Roggenplaat (Blok 3, Blok 4, Blok 5 en Blok 6) (zie ook Wijsman, 2017).

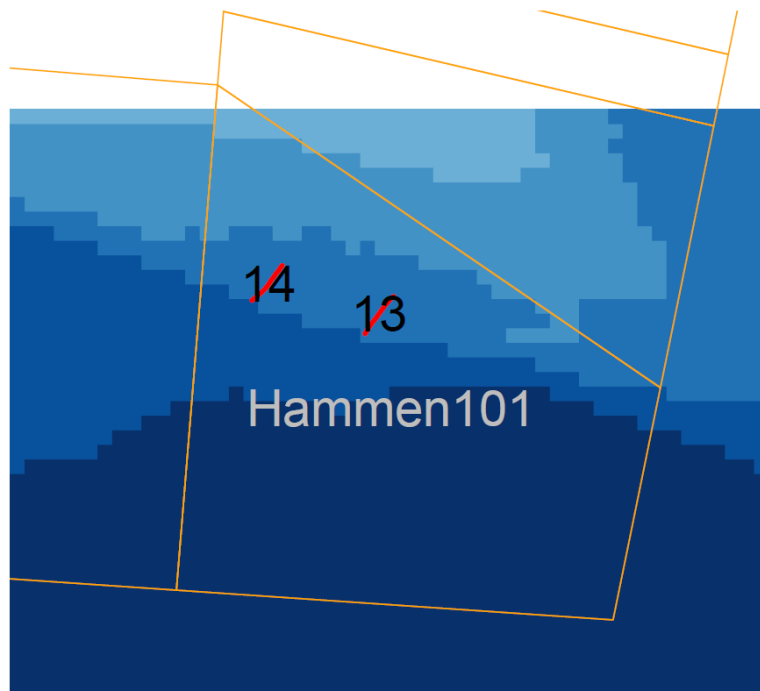
8.3 Ontwikkeling van de mosselen op de percelen

8.3.1.1 Methode

Om de ontwikkeling van de mosselen op de percelen te volgen is er sinds begin april 2018 een bemonstering van de percelen uitgevoerd (Figuur 8-8). In de periode april tot en met augustus vindt deze bemonstering maandelijks plaats en in de rest van het jaar is de bemonstering eens in de twee maanden. De bemonstering is telkens uitgevoerd op de percelen die zijn ingezaaid met mosselen. Er is regelmatig overleg met de betreffende kwekers om een actueel beeld te hebben van de bezetting van de percelen. Op ieder perceel zijn er twee slepen uitgevoerd van ca 25 meter met een 1 meter mosselkor. De trekken zijn gelogd op de plotter (Figuur 8-9). De bemonstering is uitgevoerd met de MS Regulus van de Rijksrederij. In totaal zijn er tussen april 2018 en 1 oktober 2019 15 perceelbemonsteringen uitgevoerd.



Figuur 8-8: Tijdsbalk met de momenten van de perceelbemonstering. De pijlen geven de momenten van de bemonstering. De oranje pijlen geven de momenten aan waarbij tevens het vleespercentage is bepaald.



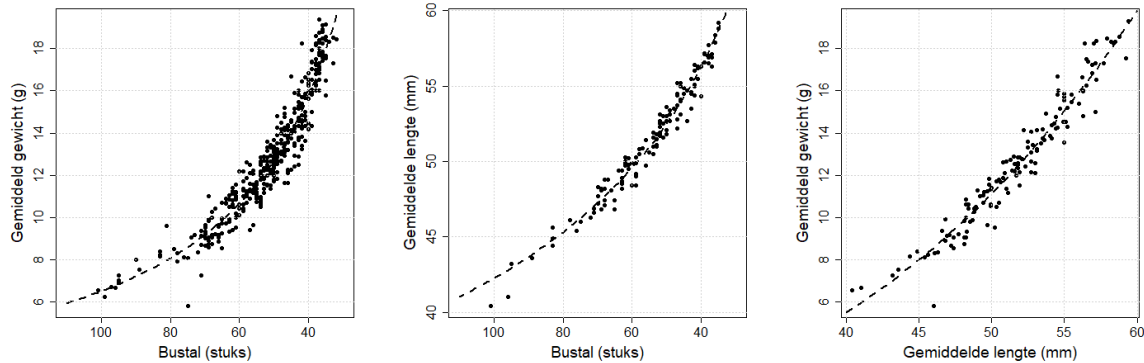
Figuur 8-9: Voorbeeld van twee trekken die zijn genomen op perceel Hammen101. De rode lijnen geven de positie van de trekken.

Aan boord is een foto gemaakt van de vangst (Figuur 8-10) en is een schatting gemaakt van de vulling (%) van de kor. Tevens is de aanwezigheid van krabben, zeesterren, brokkelsterren, pokken en slik semi-kwantitatief ingeschat en genoteerd.



Figuur 8-10: Foto van een volle kor op een willekeurig perceel. Te zien zijn de levende mosselen schelpresten en een aantal zeesterren te zien. Het label wordt gebruikt voor de administratie.

Uit de kor is telkens een willekeurig deelmonster genomen van ca 2 liter, verdeeld over de kor. Dit deelmonster is aan boord verder uitgezocht. Van het deelmonster zijn de levende mosselen, verse peulen (twee schelpheften aan elkaar, zonder levende mossel), en schelpresten (aantal umbo's) geteld. Van de levende mosselen is het versgewicht bepaald en het bustal (aantal exemplaren in een 880 ml blik). Op een aantal momenten (oranje pijlen in Figuur 8-8) zijn de mosselen van het bustal meegenomen naar het lab in Yerseke voor de bepaling van het vleesgewicht en de individuele schelp lengtes.

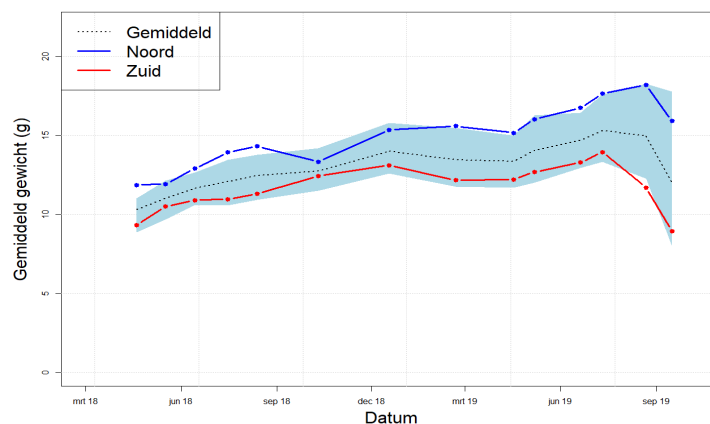


Figuur 8-11: Relaties tussen gemiddeld gewicht en gemiddelde lengte en bustal van de mosselen. $W = 558 \cdot B^{-0.967}$, $L = 179 \cdot B^{-0.314}$ en $W = 4.8E - 5 \cdot L^{-3.158}$

Zowel het gemiddeld gewicht en de gemiddelde lengte vertonen een goede relatie met het bustal (Figuur 8-11). Er zit wel wat meer variatie in het gemiddeld gewicht. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de variatie in het vleespercentage gedurende het seizoen.

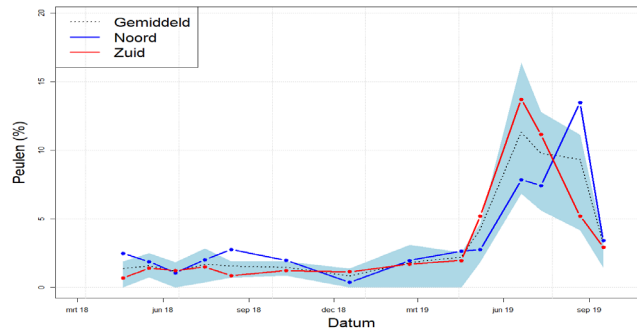
8.3.1.2 Resultaten

Het gemiddeld gewicht is het resultaat van groei, uitzaaien en oogsten. De afname van het gemiddeld gewicht in de maanden augustus en september van 2019 wordt voornamelijk veroorzaakt door het oogsten van de grote consumptierijpe mosselen van de percelen (Figuur 8-12). Opvallend is dat het gemiddeld gewicht van de percelen aan de noordzijde van de Roggenplaat (H83, H68, H68b, H68c, H69, H69a, H70 en H71) in alle gevallen groter is dan het gemiddeld gewicht van de mosselen op de percelen aan de zuidzijde van de Roggenplaat (H101 tot en met H111).



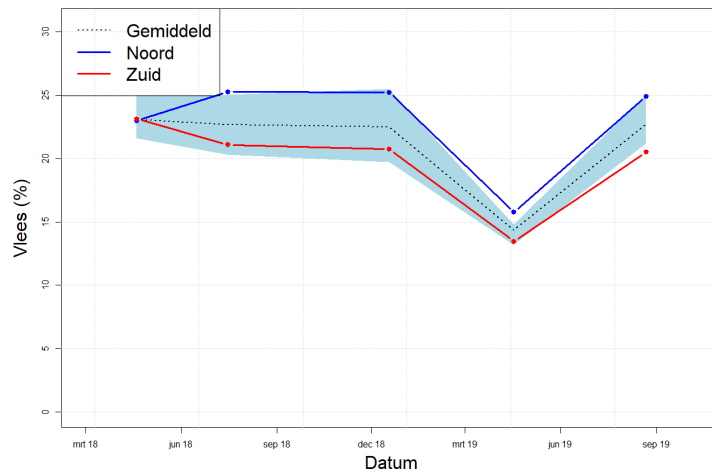
Figuur 8-12: Ontwikkeling van het gemiddeld gewicht van de mosselen op de percelen langs de Roggenplaat van 19 april 2018 tot en met 16 september 2019. Het lichtblauw gebied geeft de bandbreedte waarbinnen 50% van de waarnemingen liggen en de zwarte stippellijn geeft het gemiddelde voor alle percelen. De blauwe lijn geeft de het gemiddelde gewicht van de percelen aan de noordkant van de Roggenplaat en de rode lijn de percelen aan de zuidkant van de Roggenplaat.

Peulen zijn de schelpresten van mosselen die recent zijn dood gegaan en zijn daarmee een indicatie voor sterfte. Tot de bemonstering van 17 april 2019 is het percentage peulen gemiddeld 1.5%. Vanaf mei 2019 is het percentage toegenomen (Figuur 8-13). Dit vond eerst plaats op de percelen aan de zuidkant van de Roggenplaat, met een piek in juni en daarna op de percelen aan de noordzijde van de Roggenplaat, met een piek in augustus. Sterfte van mosselen is in het voorjaar van 2019 op meerdere locaties in de Oosterschelde aangetroffen en heeft tot veel schade geleid voor de mosselkwekers. Het is nog niet duidelijk waardoor de sterfte is veroorzaakt (Jansen et al., 2019).



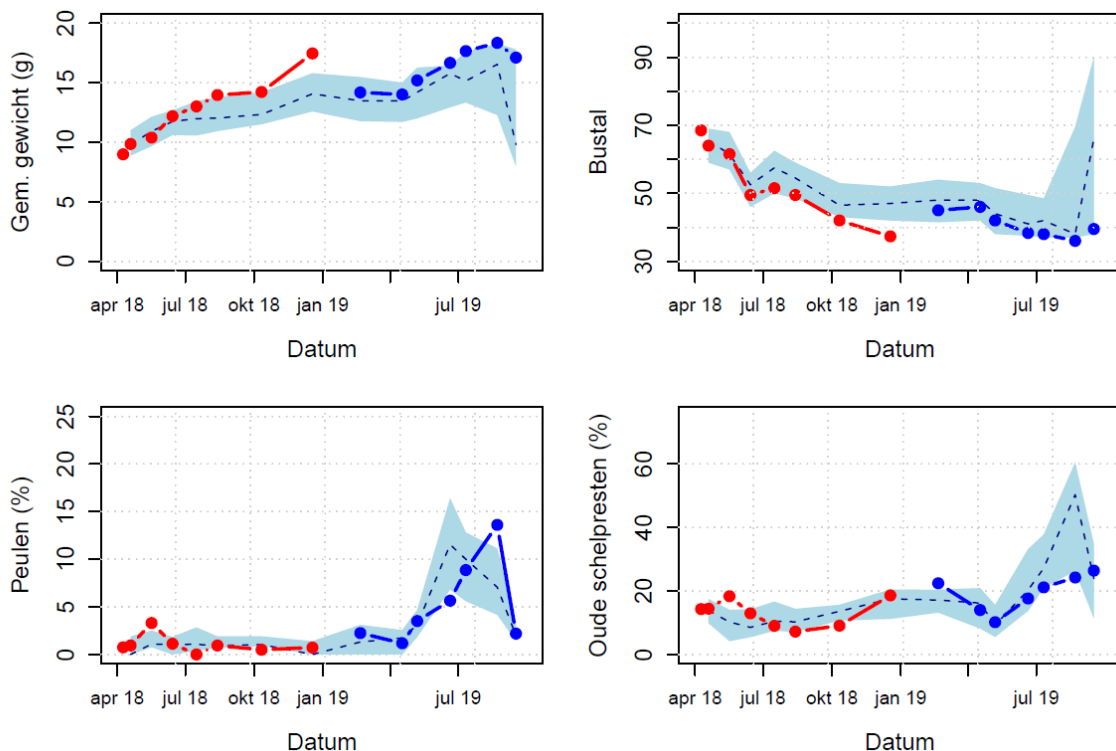
Figuur 8-13: Ontwikkeling van het percentage peulen op de percelen langs de Roggenplaat van 19 april 2018 tot en met 16 september 2019. Het lichtblauw gebied geeft de bandbreedte waartussen 50% van de waarnemingen liggen en de zwarte stippellijn geeft het gemiddelde voor alle percelen. De blauwe lijn geeft de het percentage peulen van de percelen aan de noordkant van de Roggenplaat en de rode lijn van de percelen aan de zuidkant van de Roggenplaat.

Het vleespercentage is een maat voor de kwaliteit van de mosselen en is afhankelijk van de grootte van de mossel, de voedselsituatie en voortplanting. De bepaling van het vleespercentage zoals uitgevoerd tijdens deze bemonstering is niet identiek aan de bepaling die wordt uitgevoerd bij de mosselveiling. De resultaten kunnen daardoor niet direct met elkaar worden vergeleken. Omdat de methode binnen dit monitoringproject op een gestandaardiseerde wijze is uitgevoerd kunnen beide methodes binnen het project wel met elkaar worden vergeleken. Het vleespercentage is niet tijdens iedere bemonstering gemeten (zie Figuur 8-8). Over het algemeen is het gemiddelde vleespercentage rond de 23% (maximaal 30% en minimaal 12.6%, Figuur 8-14). De laagste vleespercentages zijn aangetroffen in april 2019 (gemiddeld 14%). Deze lage vleespercentages zijn mogelijk het gevolg van voortplanting. De mosselen aan de noordzijde van de Rottenplaat hebben (met uitzondering van april 2018), een vleespercentage dat 2.3 tot 4.5 procentpunt hoger ligt dan de mosselen van de percelen aan de zuidkant van de percelen.



Figuur 8-14: Ontwikkeling van het vleespercentage van de mosselen op de percelen langs de Roggenplaat van 19 april 2018 tot en met 16 september 2019. Het lichtblauw gebied geeft de bandbreedte waartussen 50% van de waarnemingen liggen en de zwarte stippellijn geeft het gemiddelde voor alle percelen. De blauwe lijn geeft de het vleespercentage van de percelen aan de noordkant van de Roggenplaat en de rode lijn van de percelen aan de zuidkant van de Roggenplaat.

De resultaten van de perceelbemonstering worden iedere keer direct teruggekoppeld naar de betreffende mosselkwekers. Omdat deze gegevens bedrijfsgevoelige informatie bevatten krijgt de kweker alleen de resultaten van zijn eigen percelen te zien. De resultaten van de overige percelen worden als gemiddelde gegeven (Figuur 8-15).



Figuur 8-15: Voorbeeld van een resultaat van de perceelbemonstering zoals die is teruggekoppeld naar een kweker. Met de verschillende kleuren worden verschillende cohorten weergegeven.

8.4 Slib op de percelen

8.4.1.1 *Methode*

De ondergrond van een perceel is een belangrijke factor voor de kwaliteit van een perceel. Gedurende de kweekcyclus verandert de ondergrond doordat de mosselen het slib dat ze invangen met hun kieuwen afzetten in de vorm van faeces en pseudofaeces. Na verloop van tijd wordt deze sliblaag steeds dikker. Voordat er nieuwe mosselen worden uitgezaaid op een perceel wordt het perceel vaak schoongevist waarbij deze sliblaag wordt omgewoeld en verwijderd.

Als er aanzanding plaatsvindt op een perceel kan dit effect hebben op de kwaliteit van het perceel en daarmee leiden tot schade voor de kweker. De ondergrond van de percelen langs de Roggenplaat bestaan voornamelijk uit relatief fijn materiaal. Het zand dat bij de suppletie wordt gebruikt is aanzienlijk grover. Het is te verwachten dat als het zand van de suppletie op de percelen terecht komt dit visueel dan wel via bemonstering is te onderscheiden. Door monsters te nemen van de bovenste decimeters van de bodem op en rond de percelen kan er een indruk worden verkregen van de bodemgesteldheid en kan er worden onderzocht of het zand van de suppletie is terug te vinden op de percelen.

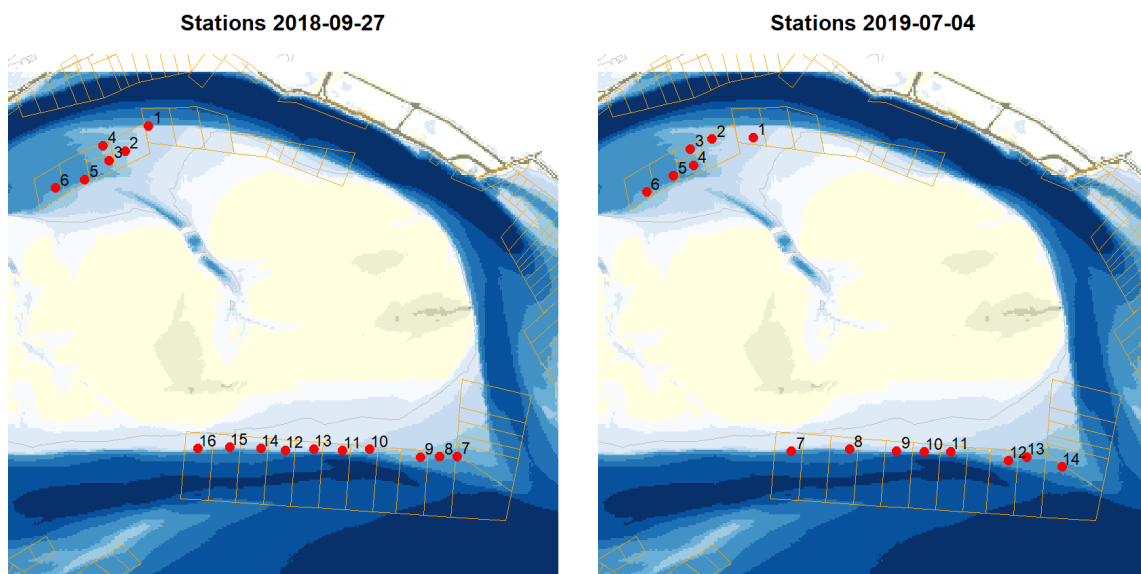
Om de aanwezigheid van zand van de suppletie op de percelen aan te kunnen tonen zijn er op de percelen monsters genomen met een steekbuis. De bemonstering is gedaan met een 6 meter lange aluminium buis met een pvc kraan waaraan een doorzichtige steekbuis kan worden bevestigd (Figuur 8-16). Tijdens de bemonstering is de steekbuis in de bodem van een perceel gestoken met de 6 meter lange buis. Door de pvc-kraan dicht te trekken met het touw wordt er een vacuüm gecreëerd waardoor het monster kan worden genomen en aan boord kan worden gebracht. Aan boord is er een foto genomen van de steekbuis met het monster. Deze kan later opnieuw bekeken worden als veranderingen opgetreden zijn. Vervolgens is er van de bovenste laag (ca 3 cm) een deelmonster genomen en verzameld in een 50 ml potje. Deze potjes zijn gelabeld en bewaard in de vriezer zodat, indien gewenst, er op een later moment het sediment kan worden geanalyseerd op korrelgrootte. Tevens is er een grove inschatting gemaakt van de kwaliteit van het sediment door het te wrijven tussen de vingers. Er is daarbij onderscheid gemaakt in de volgende klassen:

- s: alleen slik;
- s(z): slik met een beetje zand (afzonderlijke korrels goed voelbaar);
- sz: slik met zand;
- zs: zand met slik;
- z: zand;



Figuur 8-16: Bemonstering met de steekbuis. Te zien is het onderste deel van de 6-meter aluminium buis met daaronder de kraan en de doorzichtige steekbuis met het genomen monster.

De bemonsteringen zijn uitgevoerd op 27 september 2018 en 4 juli 2019. In totaal zijn er 30 steekbuizen genomen (Figuur 8-17). Er zijn alleen steekbuizen genomen op percelen die bezaaid waren met mosselen. Omdat de percelen aan de noordrand van de Roggenplaat relatief ondiep zijn was het mogelijk om de steekbuizen te verspreiden over het perceel. De percelen aan de zuidkant van de Roggenplaat liggen voor een groot deel te diep (> 6 meter) om een monster te kunnen nemen. Daarom zijn er alleen monsters genomen in het hoger gelegen deel van deze percelen.

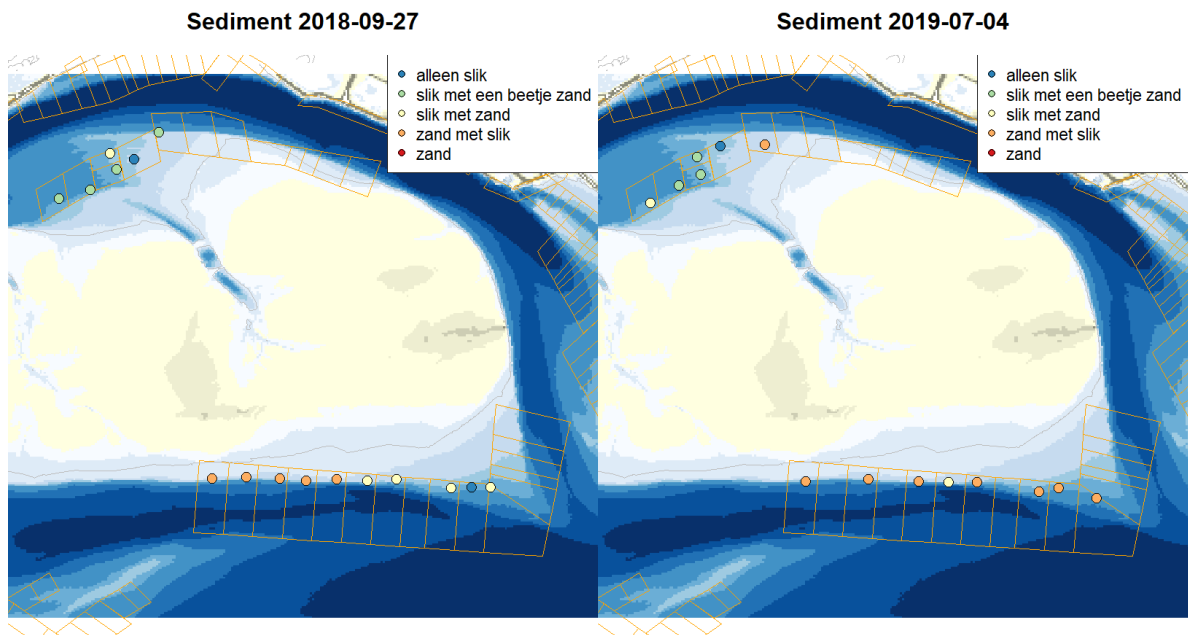


Figuur 8-17: Bemonsteringslocaties de steekbuis op 27 september 2018 (links) en 4 juli 2019 (rechts).

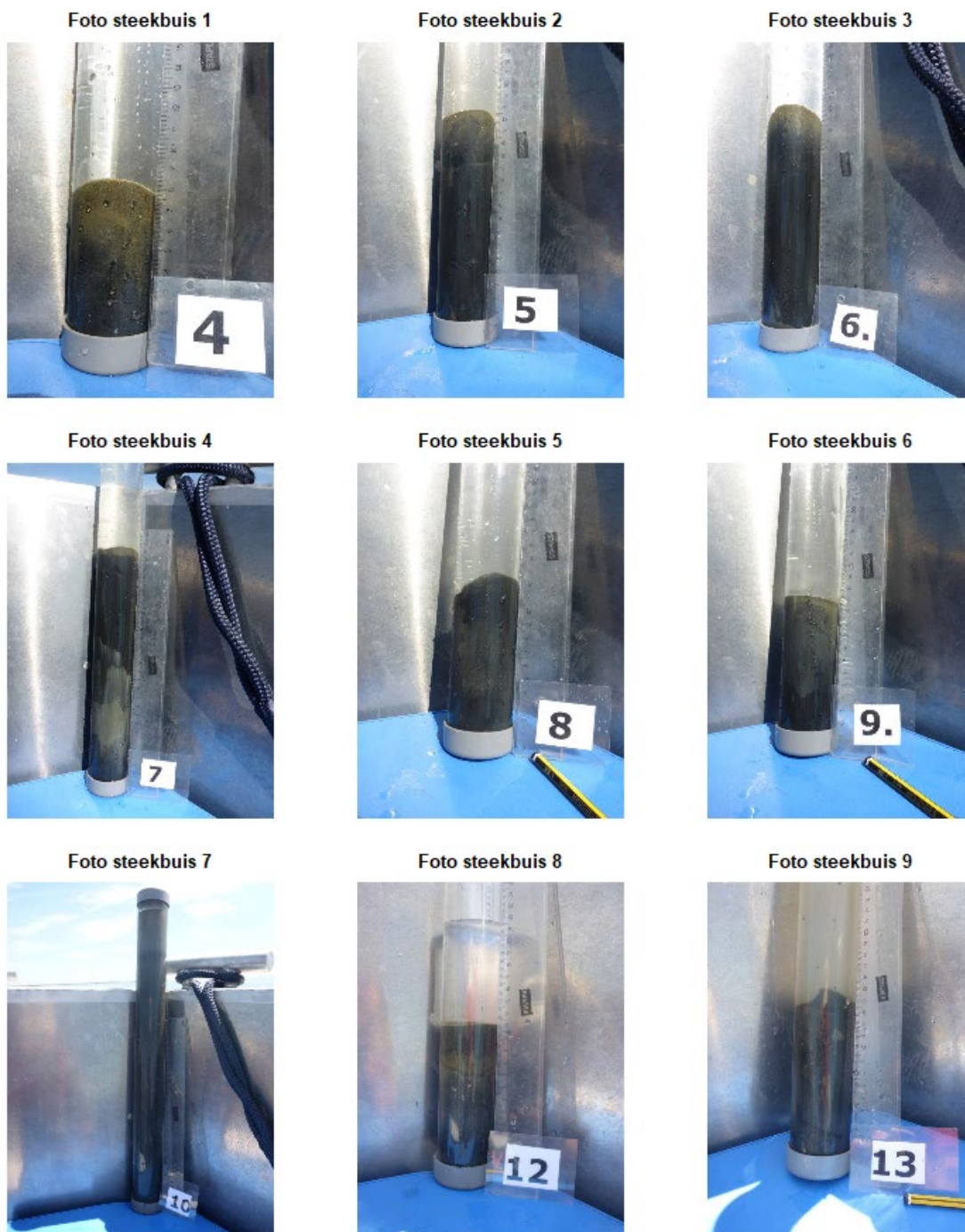
8.4.1.2 Resultaten

Op beide momenten zijn de percelen in het noorden slibrijker dan aan de zuidkant van de Roggenplaat (Figuur 8-18). In het noorden is het voornamelijk slijk met een beetje zand. Aan de zuidzijde is het voornamelijk zand met slijk. Ter illustratie zijn er een aantal

foto's van de steekbuizen weergegeven in Figuur 8-19. Het nummer van de steekbuis dat boven de foto staat komt overeen met de nummers in Figuur 8-17 (rechter figuur).



Figuur 8-18: Resultaten bemonstering steekbuizen.



Figuur 8-19: Voorbeeld van foto's die zijn genomen van de steekbuizen op 4 juli 2019. De nummers van de steekbuizen die boven de foto staan komen overeen met de nummers met de nummers in Figuur 8-17 (rechter figuur).

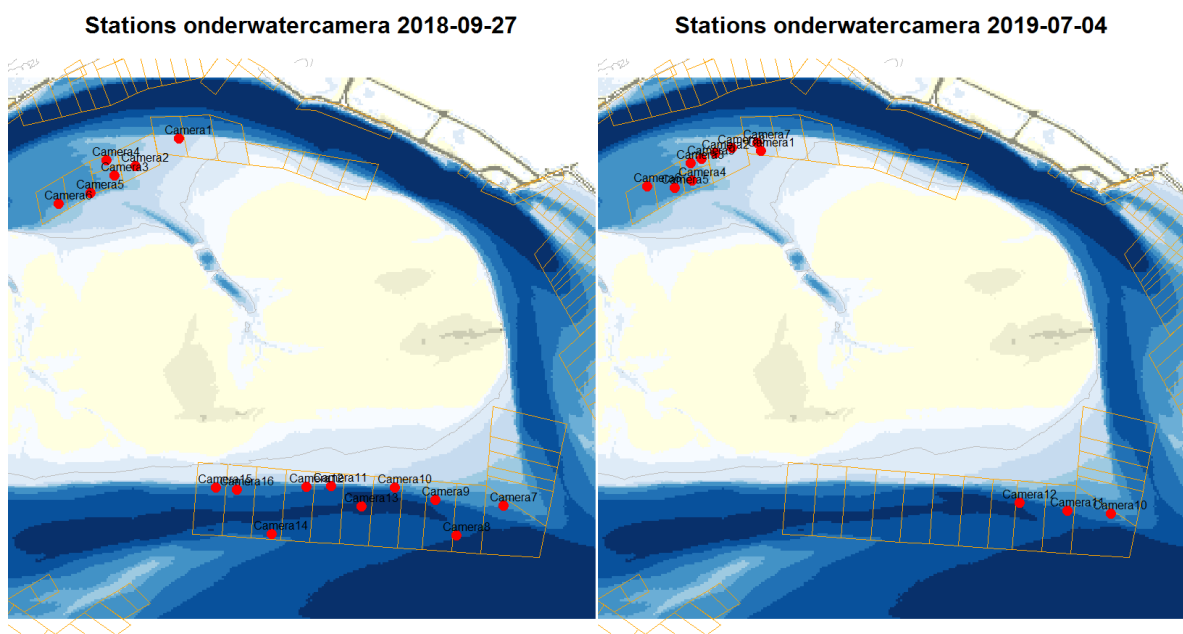
8.5 Onderwateropnames

8.5.1.1 Methode

Visuele inspecties geven vaak een goed beeld van hoe mosselen er op het perceel bij liggen. Foto's van onderwatercamera's zijn een handig middel om een kwalitatieve indruk te krijgen van mosselen op de percelen. Te zien is of de mosselen getrost dan wel los liggen, of er veel schelpresten liggen van dode mosselen (peulen), of er predatoren (zeesterren of krabben) aanwezig zijn en of er zand dan wel slib over de mosselen ligt. Deze beelden kunnen helpen bij het interpreteren van de overige

bemonsteringen die op de percelen worden uitgevoerd (perceelbemonstering, steekbuizen). Tevens zijn de beelden te gebruiken om kwantitatieve informatie beschikbaar te krijgen zoals bedekkingsgraad van de mosselen en dichtheid zeesterren.

De bemonsteringen zijn uitgevoerd op 27 september 2018 en 4 juli 2019. In totaal zijn er 28 locaties bemonsterd (Figuur 8-20). Op iedere locatie zijn er meerdere (ca 5) foto's genomen. Er zijn alleen foto's genomen op delen van de percelen die bezaaid waren met mosselen. De onderwateropnames worden niet gehinderd door diepte zoals met de steekbuizen. Echter op grote diepte is het zicht vaak minder omdat met lampen moet worden gewerkt. Goed zicht is een belangrijke randvoorwaarde bij het analyseren van onderwaterfoto's. Uit de praktijk blijkt dat het zicht het beste is tijdens de laagwaterkentering. Als het water gaat stromen is het zicht al snel te slecht om een goed beeld te krijgen (Figuur 8-21). Alle foto's zijn geanalyseerd op de bedekking met mosselen (%), het aantal krabben en het aantal zeesterren.



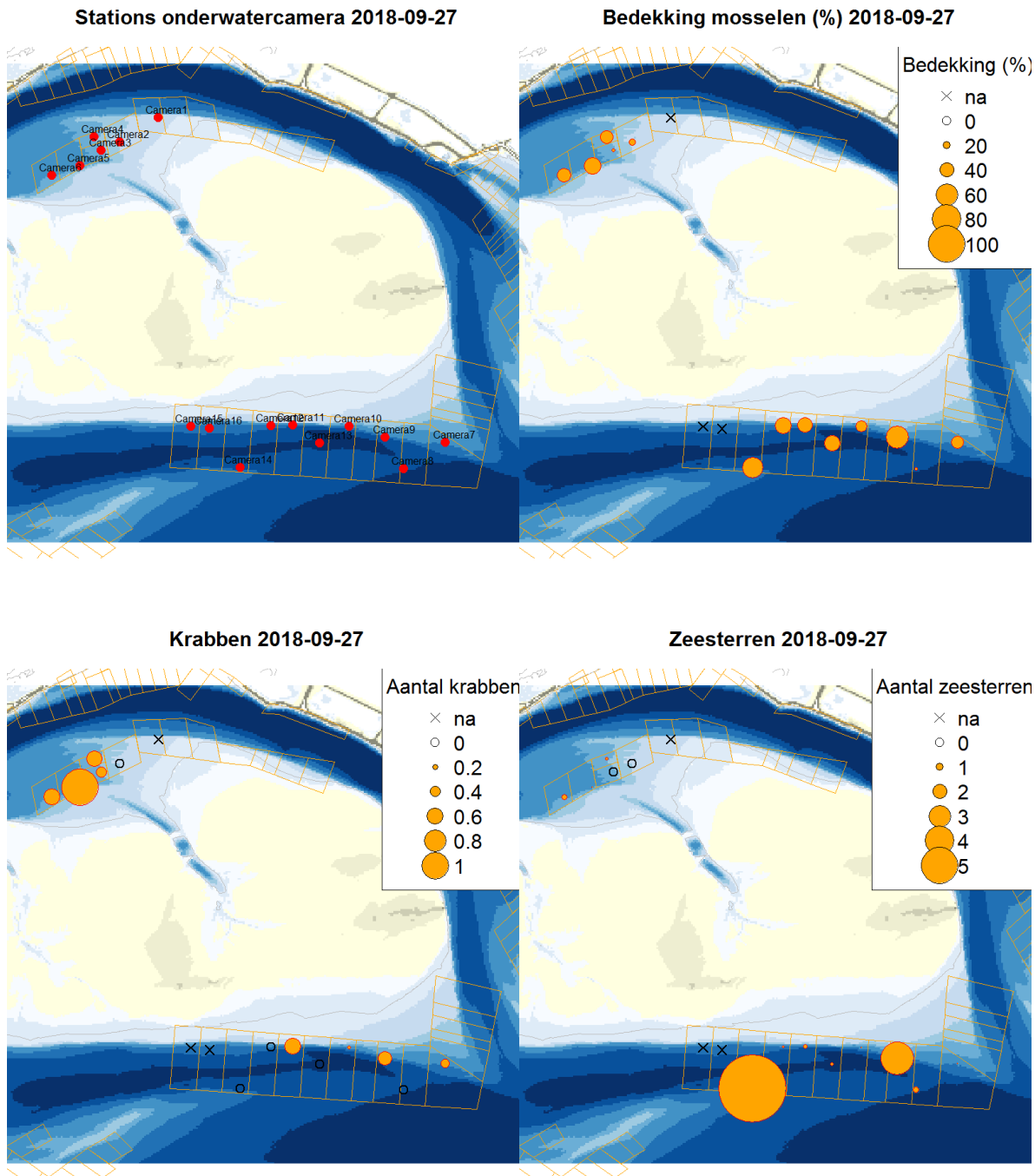
Figuur 8-20: Bemonsteringslocaties onderwatercamera op 27 september 2018 (links) en 4 juli 2019 (rechts).



Figuur 8-21: Voorbeelden van foto's met de onderwatercamera bij goed zicht (links) en slecht zicht (rechts).

8.5.1.2 Resultaten

Figuur 8-22 geeft het resultaat voor de bemonstering van 27 september 2018 weer. Krabben worden voornamelijk op de noordelijk percelen aangetroffen en zeesterren op de zuidelijke percelen.



Figuur 8-22: Locaties, mosselbedekking, aantal krabben en aantal zeesterren. Bij een kruisje waren de foto's van onvoldoende kwaliteit om te worden geanalyseerd.

9 Conclusies

De situatie van de Roggenplaat vóór aanleg van de suppleties is in dit rapport gepresenteerd. Het rapport gaat in op alle onderzoeks- en monitoringsactiviteiten die zijn uitgevoerd binnen het project Roggenplaatsuppletie vóór aanleg van de suppleties, zoals de morfologie, hydrodynamica, droogval, sedimentkarakteristieken, benthische soortenverdeling, vogelverspreiding, en de kwaliteit van omliggende mosselpercelen. Deze kennis helpt ons in algemene zin, door kennis te vergroten over het functioneren van getijdenplaten zoals welke morfologische kenmerken van belang zijn voor het voorkomen van organismen. Hiervoor zijn in deze rapportage de eerste stappen gezet, en deze analyses zullen komende jaren uitgebreid worden. Vooral dient deze rapportage als een situatieschets van de Roggenplaat, en zal de informatie helpen om de veranderingen na suppleren op de getijdenplaat in kaart te brengen.

De Roggenplaat biedt 1440 hectare intergetijdengebied, en is een belangrijk foerageergebied voor vogels. Over de tijd is de morfologie van de Roggenplaat veranderd, ook al voor de aanleg van de Oosterscheldekering in 1986. Grote veranderingen waren bijvoorbeeld de afsplitsing van de Neeltje Jans plaat van de Roggenplaat tussen 1827 en 1886 en de noordelijke migratie van de zuidelijke plaatrand en de noordoostelijke migratie van het Middengeultje. Na de voltooiing van de kering, vanaf ongeveer 1990, bestaan de voornaamste veranderingen uit een sterke erosie van vooral de zuidrand van de Roggenplaat, een sterke vermindering van het oppervlakte van de gebieden hoger dan +0.5 m NAP en een noordoostelijke verplaatsing van geulen en plaatdelen.

Door de erosie is ten opzichte van 1990 het areaal met een droogvalduur van 50-80% afgenomen, maar het areaal met een droogvalduur van 20-50% toegenomen. Het zand wordt dus in hoofdlijnen van de hogere naar de lagere delen verplaatst. Droogvalduur bepaalt in belangrijke mate de foerageerfunctie voor vogels. Delen die kort droogvallen kunnen een kortere periode per getij door de vogels benut worden.

9.1 Recente morfologie

Het areaal droogvalduur is, vanwege de foerageerfunctie voor vogels, een centrale indicator voor het evalueren van de Roggenplaatsuppletie. De droogvalduur wordt bepaald door de morfologische ontwikkeling. Middels allerlei morfologische metingen is onderzocht welke processen ten grondslag liggen aan veranderingen in areaal droogvalduur, wanneer en waar erosie optreedt en hoe het sediment zich verplaatst over de Roggenplaat. Hieronder zijn de eerste bevindingen samengevat.

Bodemligging

De veranderingen op korte termijn (tussen 2018 en 2019) zijn over het algemeen in lijn met de lange termijn trends.

- Bodemvormen op de Roggenplaat migreren hoofdzakelijk naar het noordoosten.
- Het zuidoosten van Middengeultje is dynamisch

Afwateringsgeulen

Er zijn twee grote afwateringsgeulen: Middengeultje en Westgeultje. Alleen de morfologische veranderingen van het Middengeultje zijn opgevolgd.

- De zuidwestelijke geulwand van het Middengeultje migreert in noordoostelijke richting.
- De noordoostelijke geulwand van het Middengeultje ligt een stuk stabiel wat betekent dat de geul smaller wordt.

Droogvalduur

- In de periode 2001-2019 is het areaal met 80-100% droogvalduur vrijwel volledig afgenomen.
- Arealen van de overige droogvalduurklassen laten wisselend een periode van toename en afname zien.

Sedimentsamenstelling

- Het sediment op de Roggenplaat bestaat voornamelijk uit fijn zand.
- In het westelijk deel ligt relatief grover zand.
- In het oostelijk deel is het percentage slib hoger, slib komt in het westelijk deel zo goed als niet voor.

Stroom- en golfmetingen

- Stroomsnelheden hebben bij een lage windsnelheid een dominante zuidoostelijke component tijdens het opstromen van de plaat en een dominante noordwestelijke component tijdens het afstromen.
- Hoe hoger de waterstand hoe sterker de stroming. Bij de meeste meetlocaties draait de stromingsrichting het grootste gedeelte van de tijd met de klok mee.
- Sterke wind kan de snelheid en richting van de stroming sterk beïnvloeden.

9.2 Ecologische ontwikkeling

Bentische macrofauna

De draagkracht van een getijdenplaat voor steltlopers wordt primair bepaald door het voedselaanbod. De hoeveelheid geschikt voedsel, maar ook de grootte en de bereikbaarheid van de verschillende soorten bepalen welke vogelsoorten er voorkomen en in welke aantallen. Deze data vormt de basis voor het bepalen van de voedselbeschikbaarheid voor vogels, maar er is in deze rapportage is nog geen berekening gedaan voor de werkelijke beschikbaarheid voor vogels, rekening houdend met prooivoorkeur en diepte.

- In totaal kwamen 72 (2015) en 62 (2019) verschillende benthostaxa voor op de Roggenplaat (gemiddeld 12 taxa per locatie).
- De laagste dichtheid en soortenrijkdom bevindt zich op de zuidrand van de Roggenplaat en de lager gelegen delen rond de afwateringsgeulen.
- De Roggenplaat draagt gemiddeld met 27% bij aan het totale kokkelbestand van de Oosterschelde en kokkels vormen hier een belangrijke voedselbron voor steltlopers. In 2000 lag zelfs 45% van het totale kokkelbestand van de Oosterschelde op de Roggenplaat.
- Tussen 2016 en 2019 zien we een toename in het kokkelbestand op de Roggenplaat van 13% naar 21%.
- Vervolgonderzoek zal uitgevoerd worden om een idee te krijgen van de benthosgemeenschappen op de verschillende plekken en eventuele verschuivingen daarin met multivariate analyse technieken.

Oesterriffen

- Tussen 2015 en 2019 was het areaal oesterriffen op de Roggenplaat vrij stabiel, variërend tussen de 57,9 en 63,4 hectare.
- Het is niet wenselijk om bovenop bestaande riffen te suppleren, vanwege de grote soortenrijkdom en het vermogen van riffen om erosie tegen te gaan.

Vogels

Het uiteindelijke doel van de suppletie Roggenplaat is het in standhouden van voldoende foerageergebied voor steltlopers waarvoor de Oosterschelde van internationaal belang is. Om het effect van suppleties op het foerageergebied van de Roggenplaat te begrijpen moest eerst in kaart gebracht worden welke soorten het gebied gebruiken, in welke aantallen, en hoe het gebruik varieert in ruimte en tijd.

- In totaal zijn er 65 vogelsoorten geteld, waarvan 25 soorten tijdens minimaal 40% van de tellingen geobserveerd werden.
- De meest algemene soorten zijn bonte strandloper, rosse grutto, scholekster, wulp en zilverplevier (gemiddeld meer dan 1700 individuen per telling per soort).
- De soortsaamenstelling toont ene duidelijk seizoensverloop.
- De hoogste aantallen zijn 3 uur na hoogwater te vinden.
- In de periode 1-2 uur na hoogwater ligt het percentage foeragerende vogels rond de 60% over het totaal aantal vogels, in de periode 3-6 uur na hoogwater stijgt dit naar meer dan 90%.
- De hoogste aantallen vogels zijn over het algemeen te vinden op de oostkant van de Roggenplaat. Dit is het gebied waar de bodem iets slibrijker is en hoge dichtheden van 1- en 2- jarige kokkels voorkomen, belangrijke prooi-soorten voor bepaalde vogelsoorten.
- De meeste vogels, zitten, onafhankelijk van hun gedrag, in de delen met een droogvalduur tussen de 40-60%.
- Vervolgonderzoek zal uitgevoerd worden naar de relatie tussen de verspreiding van specifieke vogelsoorten en hun prooidieren.

Zeehonden

Zeehonden zijn verstoringsgevoelig. Tijdens het suppleren kunnen de zeehonden verstoord worden.

- In het Middengeultje en de Westgeul zijn de aantallen van de gewone zeehonden stabiel gebleven tussen 2015 en 2018.
- De grijze zeehond is verdwenen in het Middengeultje sinds 2017 en in de Westgeul sinds 2018.

9.3 Voedselaanvoer Middengeultje

- Onderzocht is of het Middengeultje een belangrijke rol speelt in de voedselaanvoer voor de mosselpercelen die in de monding van dit geultje liggen. Voedselaanvoer vanuit het Middengeultje is onderzocht middels continue slib en chlorofyl metingen. Turbiditeit en chlorofyl laten op dagniveau een duidelijk patroon zien, waarbij beide parameters pieken in het Middengeultje (meetpalen 1, 2 en 3) net voor hoogwater, en in de Hammen (meetpaal 4) net na hoogwater
- Mogelijke draagt afwatering van de plaat, via het Middengeultje bij aan de voedselaanvoer naar de percelen.

9.4 Mosselpercelen

Langs de randen van de Roggenplaat ligt een groot aantal percelen die door mosselkwekers worden gebruikt voor consumptiemosselen. Om te onderzoeken of het rendement van de percelen als gevolg van de suppleties verandert is de kwaliteit van de mosselen onderzocht.

- De gemiddelde aanvoer van de perceelblokken rond de Roggenplaat is ongeveer 3,4 miljoen kg mosselen per seizoen, dit is 13,9% van de totale aanvoer van mosselen vanuit de Oosterschelde.
- De percelen in de monding van het Middengeultje en in mindere mate de percelen aan de zuidzijde van de Roggenplaat worden intensief gebruikt door mosselkwekers. De percelen aan de oostzijde en aan de noordzijde, ten oosten van het Middengeultje worden nauwelijks gebruikt.
- De mosselen aan de noordzijde van de Roggenplaat zijn relatief groot. De mosselen aan de zuidkant van de Roggenplaat zijn gemiddeld wat kleiner.
- Ook het gemiddelde gewicht en het vleespercentage van mosselen is groter op de percelen aan de noordzijde (verschil vleespercentage 2,3-4,5 procentpunt).
- De percelen in het noorden zijn slibrijker dan aan de zuidkant van de Roggenplaat.

9.5 Concluderend

De dataset van de Roggenplaat geeft een grote verscheidenheid aan inzichten van de hydrodynamica, morfodynamica, bodemdieren, het gebruik van de Roggenplaat als foerageergebied en de ontwikkeling van de omliggende mosselpercelen. In het vervolg van het Roggenplaatonderzoek wordt de rol van de suppletie integraal op deze aspecten onderzocht. Uiteindelijk kunnen de verkregen inzichten worden gebruikt bij het optimaliseren van toekomstige suppleties in intergetijdengebieden.

10 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. Dit certificaat is geldig tot 15 december 2021. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV GL.

Literatuur

- Arts, F., S. Lilipaly, R.C.W. Strucker (2016). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2014 / 2015. RWS Centrale Informatievoorziening Rapport BM 16.09. 97 pages.
- Boersema, M., J.J. van de Werf, J.N. Salvador de Paiva, A. van den Brink, L. Soissons, B. Walles, T.J. Bouma, P.L.M. de Vet, T.J.W. Ysebaert (2018). Oesterdam sand nourishment. Ecological and morphological development of a local sand nourishment. Centre of Expertise Delta Technology
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2020). Gewone en grijze zeehond in Waddenzee en Deltagebied, 1960 – 2020. Gepubliceerd op Compendium voor de Leefomgeving (<https://www.clo.nl>)
- De Mesel, I., C. Smit, J. Craeymeersch, J. Wijsman (2009). Evaluatie effectiviteit gesloten gebieden in de Oosterschelde, Westerschelde en Voordelta. IMARES Rapport C015/09
- De Ronde, J.G., J.P.M. Mulder, L.A. Van Duren, T.J.W. Ysebaert (2013). Eindadvies ANT Oosterschelde, Deltares rapport 1207722-000-ZKS-0010.
- De Vet, P. L. M., B.C. van Prooijen, R.A. Schrijvershof, J.J. van der Werf, T. Ysebaert, M.C. Schrijver, Z.B. Wang (2018). The importance of combined tidal and meteorological forces for the flow and sediment transport on intertidal shoals. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 123, 2464– 2480.
- De Vlas, J., A. Brinkman, C. Buschbaum, N. Dankers, M. Herlyn, P. Kristensen, G. Millat, M. Ruth, J. Steenbergen, A. Wehrmann (2005). Intertidal Blue Mussel Beds. Trilateral Monitoring and Assessment Group. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany
- Jansen, H., J.J. Capelle en M.Y. Engelsma (2019). Neoplasie in schelpdieren. Wat weten we? Een korte Q&A. Wageningen Marine Research, Rapport, 3 pagina's. Rijkswaterstaat, 2015
- Lievense, P., M. Schrijver en E. Van Zanten (2016). Risico beoordeling van de Roggenplaat suppletie. Effecten van zandwinning en -suppletie op schelpdierpercelen. RWS Zee en Delta, Rapport, 42 pagina's.
- Meire, P.M., J. Seys, J. Buijs, J. Coosen (1994). Spatial and temporal patterns of intertidal macrobenthic populations in the Oosterschelde: are they influence by the construction of the storm-surge barrier? *Hydrobiologia* 282/283: 157-182.
- Seys, J.J., P.M. Meire, J. Coosen and J.A. Craeymeersch (1994). Long-term changes (1979–89) in the intertidal macrozoobenthos of the Oosterschelde estuary: are patterns in total density, biomass and diversity induced by the construction of the storm-surge barrier. *Hydrobiologia* 282/283: 251–264.

-
- Sistermans W.C.H., M.A. Bergmeijer, E. Hartog, O.J.A. van Hoesel, M.M. Markusse, L. de Witte – Dek (2008). Het macrobenthos van de Roggenplaat in het najaar van 2008. Monitor Taskforce Publication Series 2008-13.
- Troost, K., M. van Asch, E. Brummelhuis, D. van den Ende, J. Jol, J. Perdon, C. van Zweeden (2016). Handboek bestandsopnames schelpdieren WOT. Versie2, mei 2016. CVO rapport: 16.005.
- Troost, K., M. van Asch., E.B.M. Brummelhuis., D. van den Ende., J. Perdon., C. van Zweeden., J. van Zwol., J. v. d. Pool (2019). Handboek bestandsopnames schelpdieren WOT Versie 3, december 2019. CVO rapport: 18.013.
- Van Asch, M., E.B.M. Brummelhuis, D. van den Ende, K. Troost, C. van Zweeden (2018). Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2018. CVO rapport: 18.011
- Van den Berg, J.H. (1986). Aspects of sediment-and morphodynamics of subtidal deposits of the Oosterschelde (the Netherlands). PhD thesis. Technical University of Delft.
- van der Werf, J., M. Boersema, A. Nolte, R. Schrijvershof, J. Stronkhorst, L. De Vet, B. Walles, T. Ysebaert (2016b). Definitief ontwerp Roggenplaat suppletie. Centre of Expertise Delta Technology, Deltares rapport 1220324-000-ZKS-0009.
- van der Werf, J., M. Boersema, A. Nolte, R. Schrijvershof, J. Stronkhorst, L. De Vet, B. Walles, T. Ysebaert (2016a). Variantenstudie Roggenplaat suppletie. Centre of Expertise Delta Technology, Deltares rapport 1220324-000-ZKS-0008.
- Van der Werf, J., J. Reinders, A. van Rooijen, H. Holzhauer, T. Ysebaert (2015). Evaluation of a tidal flat sediment nourishment as estuarine management measure. *Ocean & Coastal Management* 114: 77-87.
- Van Zanten, E., L.A. Adriaanse, (2008). Verminderd getij. Verkenning naar mogelijke maatregelen om het verlies van platen, slikken en schorren in de Oosterschelde te beperken, Rijkswaterstaat rapport.
- Van Zweeden, C., K. Troost, D. van den Ende, M. van Stralen (2011). Het areaal aan mosselbanken op de droogvallende platen in de waddenzee in het voorjaar van 2011. C097/12, IMARES.
- Wijnhoven, S., V. Escaravage (2008). Effecten van kokkelvisserij op de Slikken van de Dortsman (Oosterschelde): Bodemdier gemeenschappen en sediment karakteristieken voor en na het vissen en één jaar later. NIOO, Yerseke. NIOO-CEME rapport 2008, Monitor Taskforce Publication Series 2008-01. 51 pp.
- Wijsman, J.W.M., J. Jol, J. Perdon (2010). Bepaling bestand op de mosselpercelen in de Waddenzee najaar 2009. Wageningen IMARES, Rapport nummer: C050/10, 50 pagina's.
- Wijsman, J.W.M. (2017). Poweranalyse van de vleespercentages van mosselen aan de veiling. Onderzoek naar de mogelijkheden om eventuele effecten van de Roggenplaat suppletie op de mosselweek aan te tonen aan de hand van de veilingdata. Wageningen Marine Research, Rapport nummer: C114/17, 34 pagina's.

- Wijsman, J.W.M., M. Kraan (2017). Plan van aanpak risicomonitoring Roggenplaatsuppletie; Monitoring effecten op de nabijgelegen mosselkweekpercelen. Wageningen Marine Research, Rapport nummer: C037.17, 51 pagina's.
- Witteveen en Bos (2011). MIRT-Verkenning Zandhonger Oosterschelde. Ontwerp-structuurvisie, Witteveen+Bos rapport RW1809-28/torm/231.
- Ysebaert, T., J. van der Werf, M. Boersema, R. Schrijvershof, J. Stronkhorst, L. de Vet, A.O. Debrot, T. Bouma (2016). T0-rapportage Roggenplaat suppletie. Centre of Expertise Delta Technology, Imares rapport.
- Ysebaert, T., J. van der Werf, L. de Vet, T. Bouma (2017). Monitoringsplan Roggenplaat suppletie. Centre of Expertise Delta Technology, Wageningen Marine Research rapport.
- Zandvoort, M., E. van der Zee, V. Vuik (2019). De effecten van Zeespiegelstijging en Zandhonger op de Oosterschelde. Eindrapport van de studie EZZO: Tauw BV, Altenburg & Wymenga en HKV Lijn in Water. I.o.v. Rijkswaterstaat Zee en Delta. Utrecht / Middelburg.
- Zwarts, L., A-M. Blomert, D. Bos, M. Sikkema (2011). Exploitation of intertidal flats in the Oosterschelde by estuarine birds, A&W rapport 1657 Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Verantwoording

Rapport C017/21

Projectnummer: 4313100081


Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord: Dr. I.Y.M. Tulp
Onderzoeker

Handtekening: 

Datum: 9 maart 2021

Akkoord: Drs. J. Asjes
Manager Integratie

Handtekening: 

Datum: 9 maart 2021

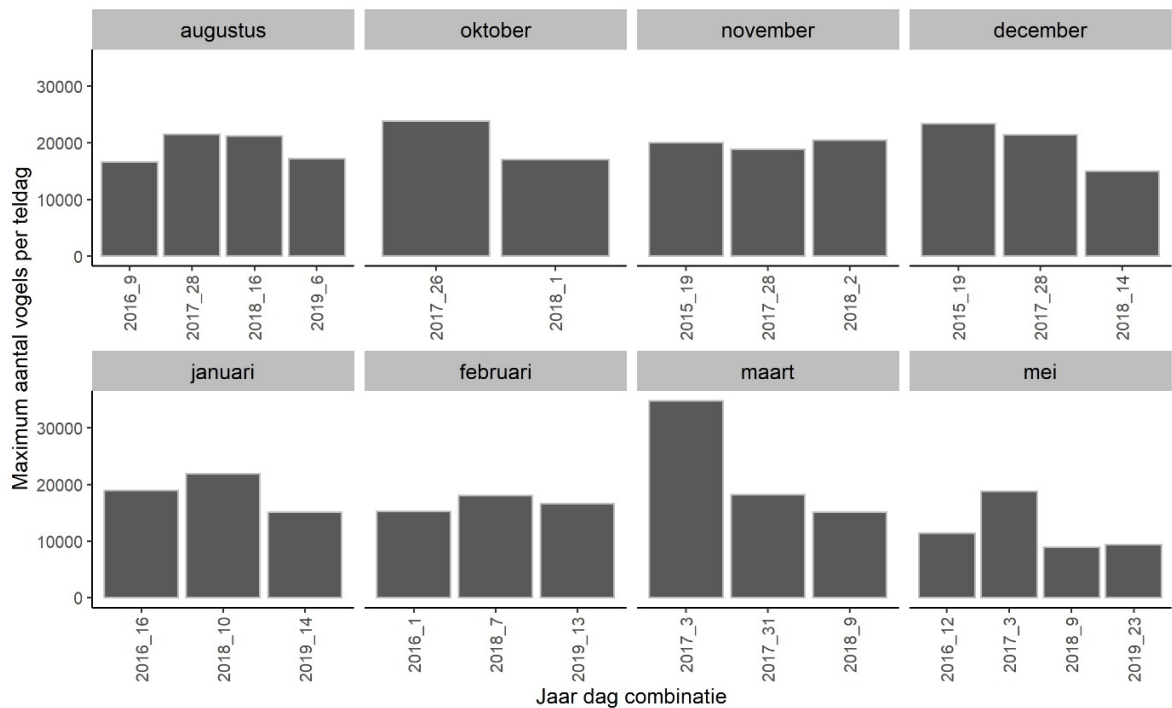
Bijlage 1 Hoogte in cm NAP per droogvalduurklassen

Droogvalduurklassen	Hoogte \geq in cm NAP	Hoogte $<$ in cm NAP
0-10	-2.01	-1.19
10-20	-1.19	-0.97
20-30	-0.97	-0.73
30-40	-0.73	-0.44
40-50	-0.44	-0.05
50-60	-0.05	0.39
60-70	0.39	0.76
70-80	0.76	1.02
80-90	1.02	1.24
90-100	1.24	2.07

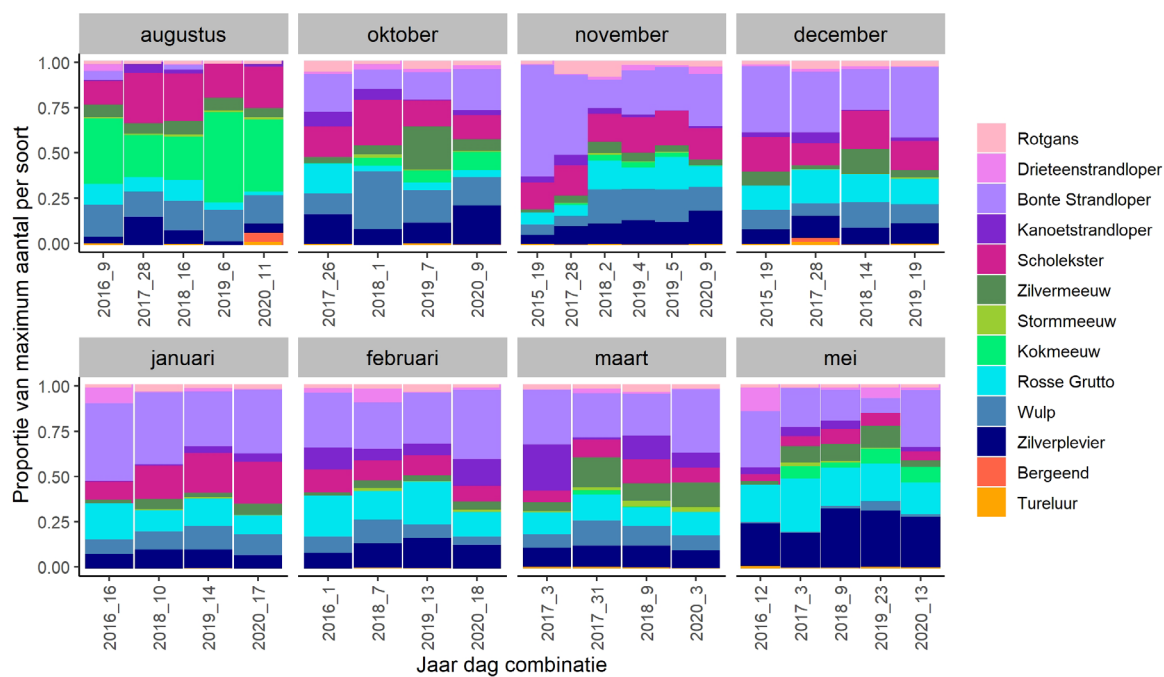
Bijlage 2 Aantal en samenstelling vogels over de tijd

Tabel 8. De 25 teldagen, inclusief het hoogwater (HW) moment en de starttijd van iedere telronde (Periode 1 (P1), P2, P3) en het weer.

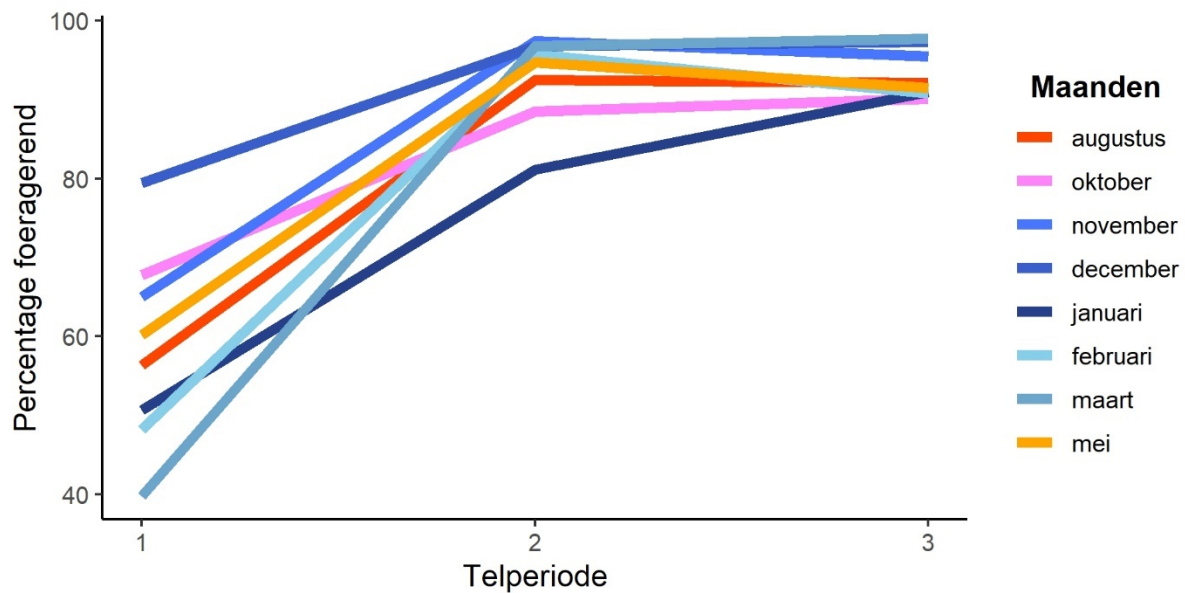
#	Datum	HW	P1	P2	P3	Weer	°C	Wind	opmerking
1	19 / 11 / 2015	8.10	9.00	11.00	13.00	motregen	10	WSW 7	
2	18 / 12 / 2015	7.50	8.45	10.45	12.45	droog	12	SW3 4	
3	16 / 01 / 2016	7.50	8.35	10.30	12.30	regen / hagel	5	NW 6	
4	01 / 02 / 2016	8.00	9.00	11.00	13.00	droog	10	WSW 6	
5	12 / 05 / 2016	7.25	8.50	10.50	12.50	droog	18	ENE 3-4	
6	09 / 08 / 2016	7.30	8.30	10.30	12.25	droog / p2: regen	20	NW 3-4	
7	03 / 03 / 2017	6.30	7.55	9.25	11.25	droog / p2: regen	10	SSW 4	
8	31 / 03 / 2017	5.40	8.15	9.45	11.40	droog	14	S 1 / SW 4	
9	03 / 05 / 2017	8.50	10.30	12.20	14.20	regen	10	ENE 3-4	
10	28 / 08 / 2017	7.25	9.25	11.25	13.25	droog	25	NNE 0-1	
11	26 / 10 / 2017	7.00	8.45	10.45	12.45	motregen	13	WSW 3	Verstoring P2&3
12	28 / 11 / 2017	9.30	11.50	13.20	15.00	droog	5-10	NW 4	
13	28 / 12 / 2017	10.00	10.45	12.45	14.45	droog	5	NW 4-5	
14	10 / 01 / 2018	9.30	10.05	12.05	14.05	droog	5-7	SW 3	
15	07 / 02 / 2018	8.00	9.00	11.00	13.00	droog	5	NE 3	
16	09 / 03 / 2018	8.00	9.20	11.20	13.00	droog	3-9	SSW 2-3	
17	09 / 05 / 2018	9.50	11.35	13.35	15.35	droog	11-18	NW 3-4	Verstoring P1
18	16 / 08 / 2018	7.00	8.55	10.55	12.55	droog	21	SW 3-4	
19	01 / 10 / 2018	7.10	9.00	11.00	13.00	motregen	7-12	NW 6-7	
20	02 / 11 / 2018	10.00	11.00	13.00	15.00	droog	10	WNW 3	
21	14 / 12 / 2018	7.20	8.45	10.15	12.05	droog	0-4	E 3-4	
22	14 / 01 / 2019	8.00	9.05	11.00	12.55	motregen	5-7	NW 5	
23	13 / 02 / 2019	8.30	9.20	11.20	13.20	droog	6	SW 2-3	
24	23 / 05 / 2019	6.20	8.15	10.00	12.00	droog	12-18	SW 2-3	
25	06 / 08 / 2019	7.20	9.10	11.10	13.10	droog	17-21	SW 5 / W 4	



Figuur 10-1 Maximum aantal vogels per teldag per maand voor de suppletie



Figuur 10-2. Samenstelling vogels over de tijd per teldag per maand voor de suppletie.




Figuur 10-3. Percentage vogels die foerageren per maand over de drie telperiodes.

Bijlage 3 Methode Dataverwerking metingen Middengeultje

Data opruimen

Tabel 9 geeft een overzicht van de periodes waarbij er vermoed wordt dat de sensor over een langere periode niet de juiste waarde heeft doorgegeven, en of de data vervolgens is verwijderd in de verdere analyse.

Tabel 9 Perioden per meetmaal waar data ontbreekt of waar vreemde metingen zijn geobserveerd. De laatste kolom geeft aan of deze data is behouden of verwijderd in de verdere analyse.

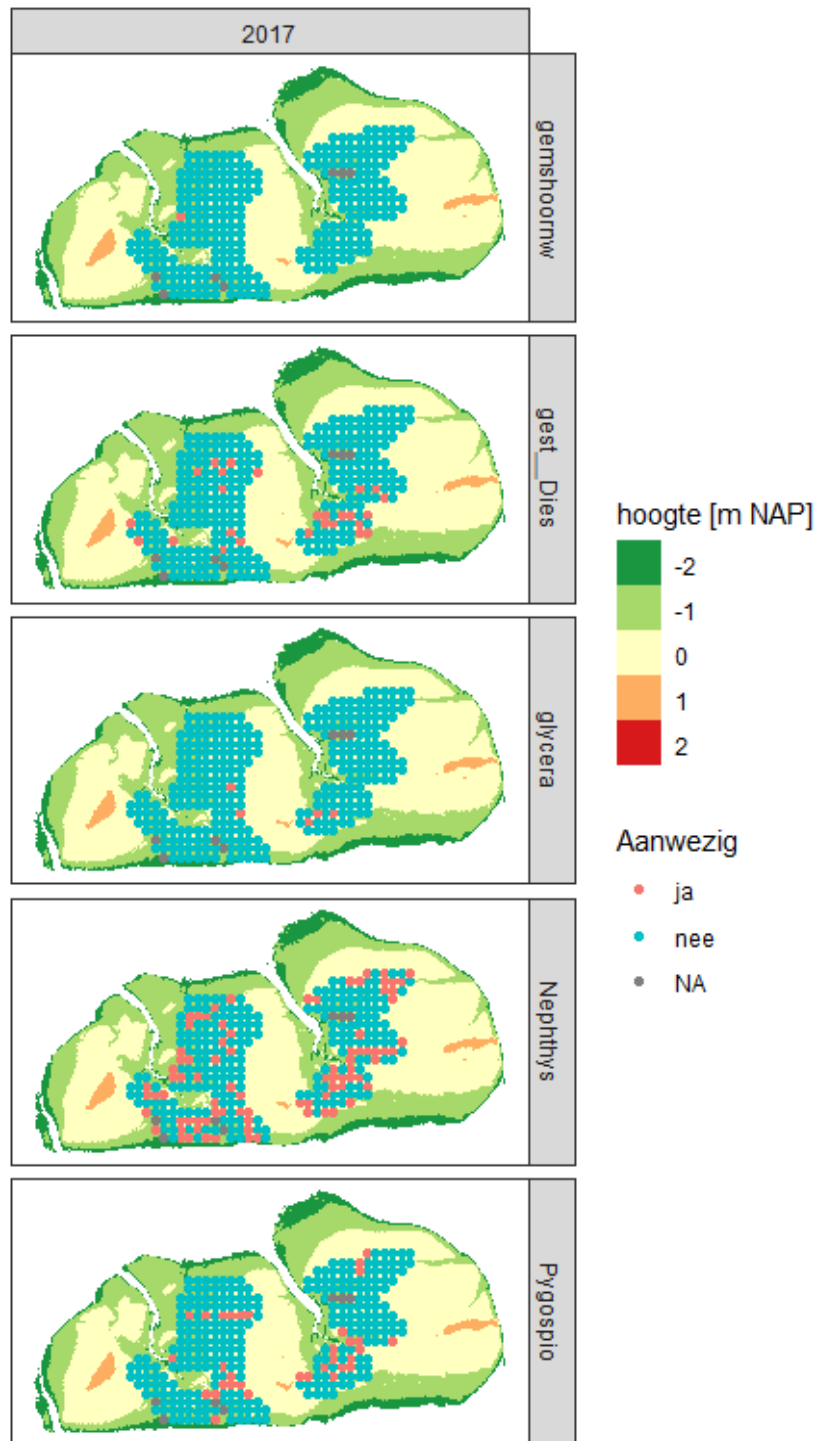
	Periode	Opmerking	Chl-a	Turb	
Meetpaal 1	01-03-2019 t/m 20-03-2019	Data Ontbreekt	X		X
	07-04-2020 t/m 19-05-2020	Data Ontbreekt	X	X	X
Meetpaal 2	03-08-2020 t/m 07-08-2020	Negatieve Waarden, aaneenvolgend	X		X
Meetpaal 3	12-12-2019 t/m 22-12-2019	Data Ontbreekt	X	X	X
	01-11-2019 t/m 06-02-2020	Meet dagelijks negatieve waarden, echter is er nog wel een patroon zichtbaar.	X		
	20-07-2020 t/m 31-08-2020	Hele hoge turbiditeit meting, mogelijk is de sensor geblokkeerd door iets. Fluctueert heel erg, maar lijkt geen patroon in te zitten.		X	X
Meetpaal 4	28-02-2019 t/m 20-03-2019	Negatieve waarden chl, turbiditeit heel hoog (aaneenvolgend, constant), na installatie nieuwe sensor.	X	X	X
	20-03-2019 t/m 25-04-2019	Opeens hoge waarden voor chlorofyl, nog wel een patroon	X		X
Alle meetpalen	01-07-2019 t/m 01-09-2019	Bloei van zeesla	X		X
	01-07-2019 t/m 01-09-2020	Bloei van zeesla	X		X

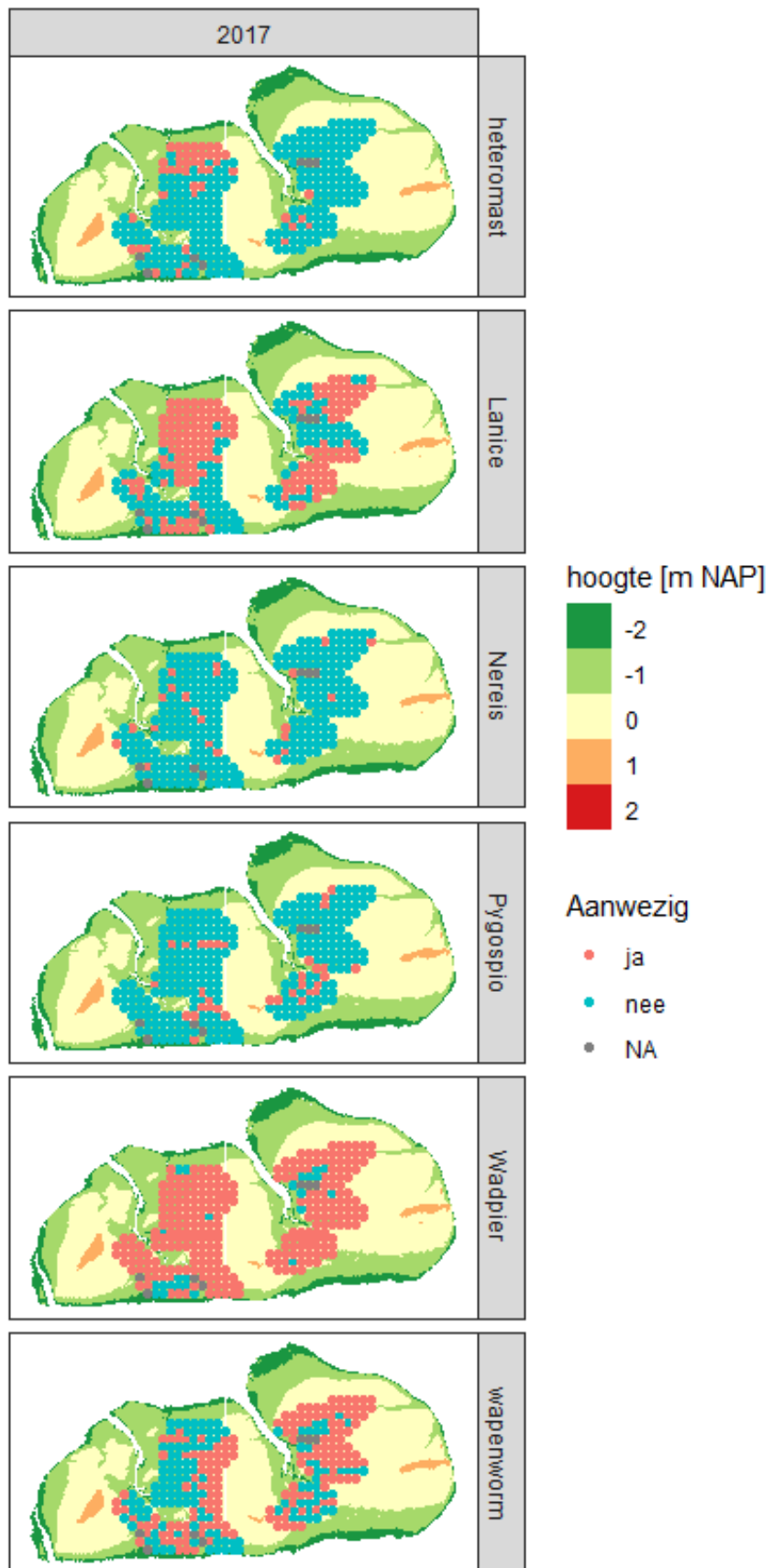
Tijdens het vergelijken van de T0 en de T1 data zullen alleen de metingen tussen januari en september worden meegenomen, dit zodat een eventuele verandering in het patroon in de maanden niet opgenomen in de T0 geen vertekend beeld kunnen geven.

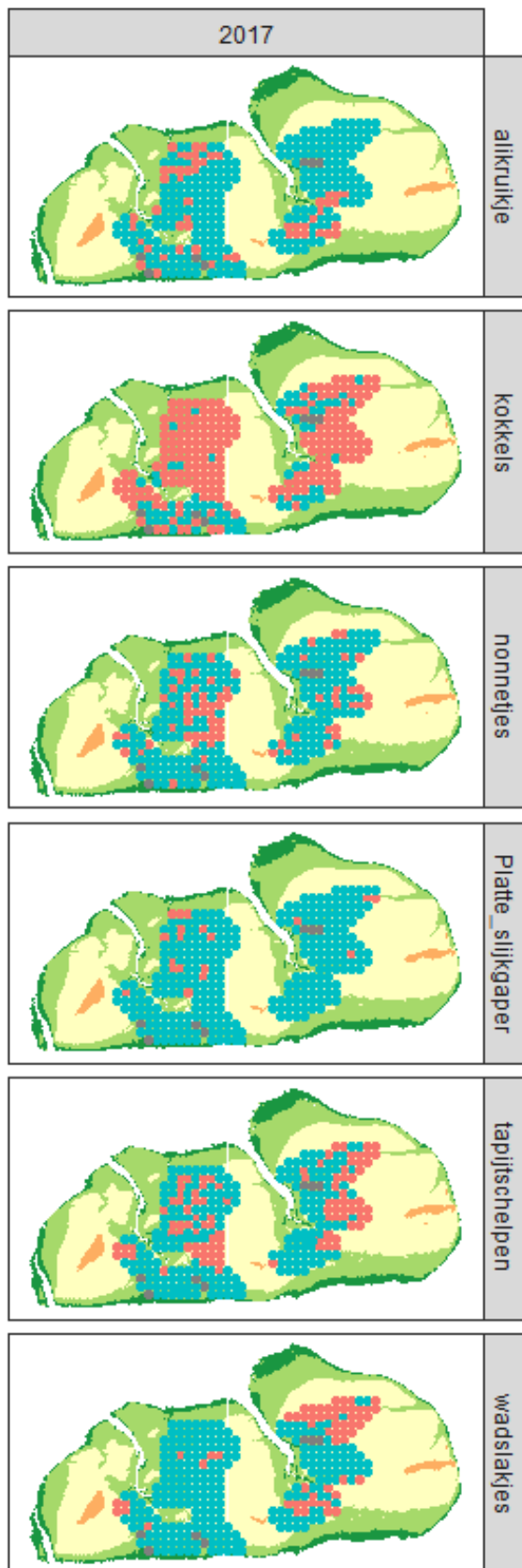
Statistische analyse

Tijdreeks observaties zijn vaak sterk aan elkaar gecorreleerd, dit wil zeggen data een observatie op tijdstip t afhankelijk is van een observatie op tijdstip t-1 en t+1. Hierdoor is het niet mogelijk om gebruikelijke testen zoals een ANOVA te gebruiken. Een poging is gedaan om een repeated measures ANOVA uit te voeren op de data, echter blijkt de data hier niet bruikbaar voor te zijn.

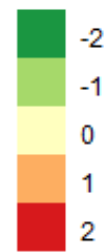
Bijlage 4 Resultaten Kwalitatieve Benthos Monitoring





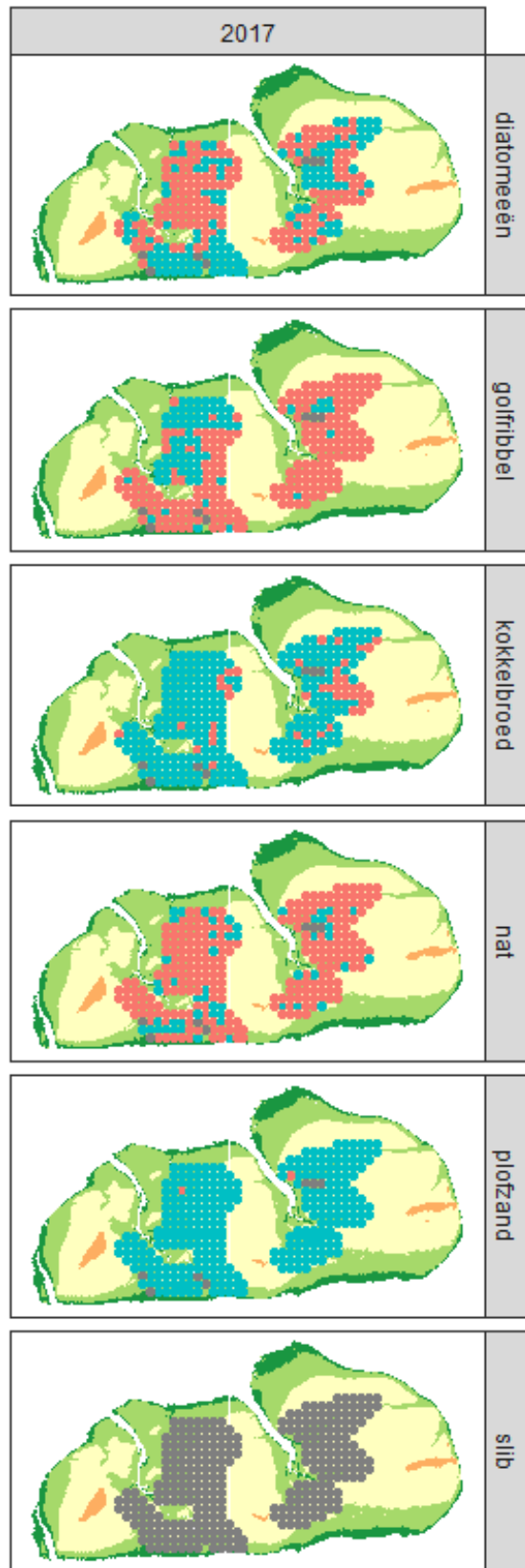


hoogte [m NAP]

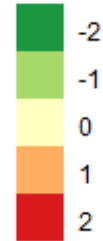


Aanwezig

- ja
- nee
- NA

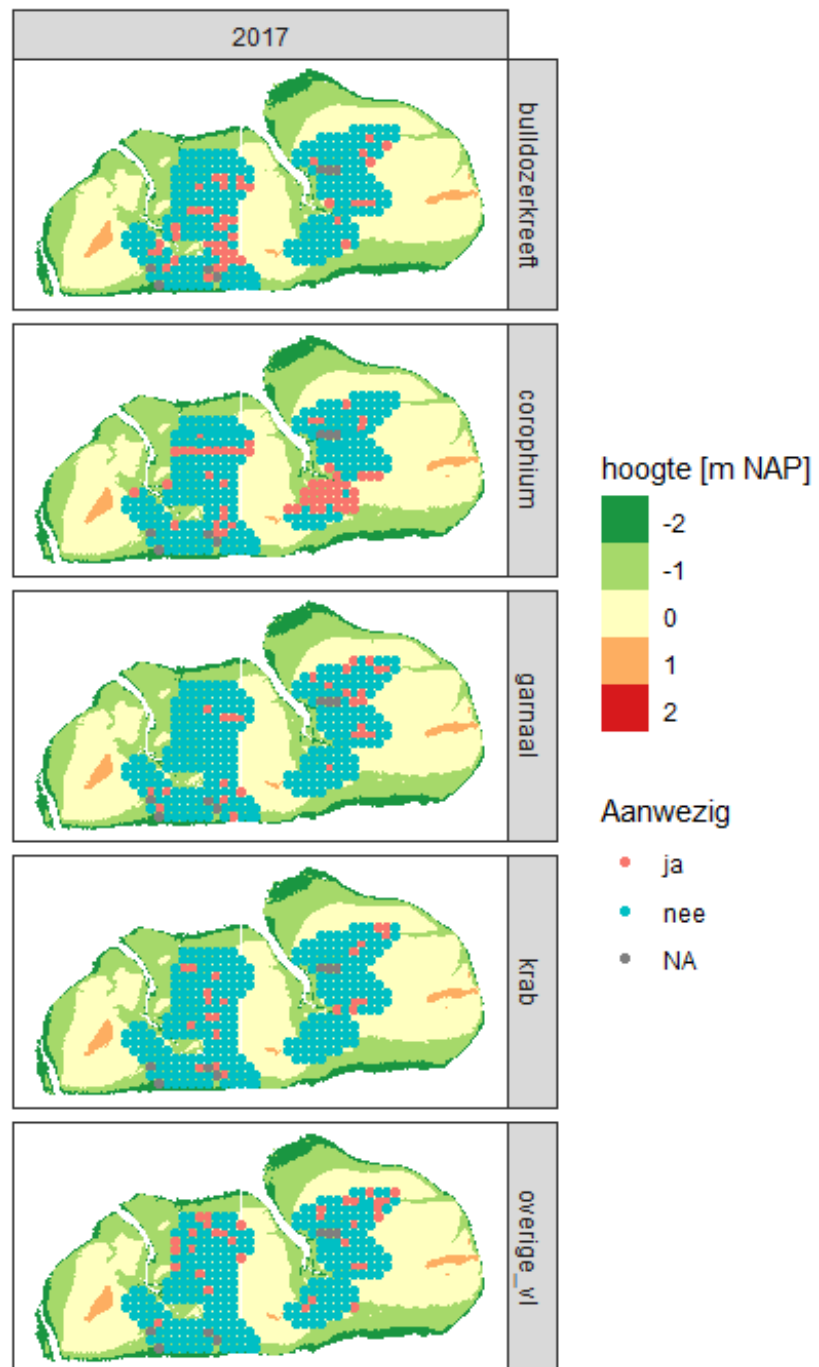


hoogte [m NAP]



Aanwezig

- ja
- nee
- NA



Bijlage 5 Kwalitatieve benthosbemonstering

Tabel 9 geeft een overzicht van soorten die per jaar in de kwalitatieve survey zijn opgenomen. Hier moet met vergelijken van soortenrijkdom tussen jaren rekening mee worden gehouden. De laatste kolom geeft weer welke soorten zijn meegenomen in de berekening voor de soortenrijkdom voor de kwalitatieve benthos data. Deze soorten zijn gekozen op basis van een vergelijking tussen 2017 en 2020, aangezien het bemonsteringspatroon van deze jaren het meest op elkaar lijken. In totaal zijn dit 23 soorten.

Tabel 10. Gescoorde parameters in het veld tijdens de kwalitatieve benthosbemonstering in 2016 en 2017.

	2017	Soortenrijkdom
<i>Nat</i>	X	
<i>Plofzand</i>	X	
<i>Golfribbel</i>	X	
<i>Stroomribbel</i>	X	
<i>Oxidatie laag</i>	X	
<i>Diatomeeën</i>	X	
<i>Kokkelbroed</i>	X	
<i>Wadpierhoopjes</i>	X	
<i>Wier</i>	X	
<i>Wadpier</i>	X	X
<i>Nereis</i>	X	X
<i>Nepthys</i>	X	X
<i>Heteromastus</i>	X	X
<i>Wapenworm</i>	X	X
<i>Dieselreinworm</i>	X	X
<i>Lanice</i>	X	X
<i>Pygospio</i>	X	X
<i>Nonnetje</i>	X	X
<i>Tapijtschelp</i>	X	X
<i>Wadslak</i>	X	X
<i>Kokkels</i>	X	X
<i>Ensis</i>	X	X
<i>Mya</i>	X	X
<i>Alikruikje</i>	X	X
<i>Platte slijkgaper</i>	X	X
<i>Corophium</i>	X	X
<i>Glycera</i>	X	X
<i>Bloedworm</i>	X	X
<i>Bulldozerkreeftje</i>	X	X
<i>Garnaal</i>	X	X
<i>Krab</i>	X	X
<i>Overige vlokreeft</i>	X	X

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 70 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Koringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden

Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.



Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'