



Risicomonitoring suppletie Roggenplaat

Monitoring effecten van de suppletie op nabijgelegen mosselkweekpercelen

J.W.M. Wijsman

Wageningen University &
Research rapport C014/23

Risicomonitoring suppletie Roggenplaat

Monitoring effecten van de suppletie op nabijgelegen mosselkweekpercelen

J.W.M. Wijsman

Wageningen Marine Research
Yerseke, april 2023

Wageningen Marine Research rapport C014/23

Keywords: Zandsuppletie, Oosterschelde, Mosselkweek, Veilingdata.

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Zee & Delta
T.a.v.: Kerst Buijs
Griffioenlaan 2
3526 LA Utrecht

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/629190> Wageningen Marine Research verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut
binnen de rechtspersoon Stichting
Wageningen Research, hierbij
vertegenwoordigd door
Drs.ir. M.T. van Manen, directeur
bedrijfsvoering

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
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 V32 (2021)

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond	5
1.2 Doelstelling	6
1.3 Afbakening	6
1.4 Leeswijzer	6
1.5 Dankwoord	6
2 Ontwikkeling van mosselen op de percelen	7
2.1 Doel	7
2.2 Aanpak	7
2.3 Resultaten	9
3 Analyse van de veilinggegevens	14
3.1 Doel	14
3.2 Aanpak	14
3.3 Resultaten	15
3.3.1 Aanvoer Oosterschelde en Roggenplaat	15
3.3.2 Aantal leveringen Roggenplaat	17
3.3.3 Vleespercentages	18
3.3.4 Analyses vleespercentages	20
4 Zand op de mosselpercelen	22
4.1 Doel	22
4.2 Aanpak	22
4.3 Resultaten	23
5 Onderwateropnames op de percelen	27
5.1 Doel	27
5.2 Aanpak	27
5.3 Resultaten	27
6 Conclusies en discussie	29
6.1 Conclusies	29
6.2 Discussie en aanbevelingen	30
7 Kwaliteitsborging	31
Literatuur	32
Verantwoording	33

Samenvatting

Om het, door de zandhonger veroorzaakte, verlies aan foerageergebied voor steltlopers in de Oosterschelde te compenseren is er in het najaar van 2019 een suppletie uitgevoerd op de Roggenplaat. In totaal zijn er 7 suppletie elementen gerealiseerd met een totaal volume van 1.13 miljoen m³. Omdat de suppleties zijn uitgevoerd in de nabijheid van mosselpercelen, welke behoren tot de beste percelen van de Oosterschelde, is er monitoring uitgevoerd om eventuele schade voor de mosselkwekers in kaart te brengen. Er zijn in de periode van april 2018 tot en met december 2021 maandelijks perceelbemonsteringen uitgevoerd op de percelen langs de Roggenplaat. Daarnaast zijn veilinggegevens geanalyseerd waarbij specifiek gekeken is of er effect is van de suppletiewerkzaamheden op de vleespercentages van de leveringen van de percelen langs de Roggenplaat. Ten slotte is er met steekbuizen en met onderwatercamera's gekeken of grof zand, afkomstig van de suppleties, terug was te vinden op de percelen.

In totaal zijn er tijdens de onderzoeksperiode 34 keer perceelbemonsteringen uitgevoerd waarbij er in totaal 923 monsters zijn genomen met een 1-meter mosselkor. De monsters zijn direct aan boord en in het lab verwerkt en binnen 1 tot 2 dagen na bemonstering, per perceel, gerapporteerd aan de betreffende kweker. Hierdoor hadden de kwekers een actueel beeld van de ontwikkeling van de mosselen op hun eigen perceel. De resultaten van de monitoring laten zien dat mosselen aan de noordzijde van de Roggenplaat doorgaans groter zijn en een hoger vleespercentage hebben dan mosselen aan de zuidzijde van de Roggenplaat. De gemiddelde grootte van de mosselen en ook het gemiddelde vleespercentage varieert door het seizoen als gevolg van fluctuerende omgevingscondities (voedsel, temperatuur), voortplanting en de activiteiten van de kwekers (opvissen van consumptiemosselen en opnieuw inzaaien met halfwas mosselen). In de maanden juni tot september 2019 is er een hoog percentage peulen (doublet van schelpen) aangetroffen op de percelen wat een indicatie is voor grote sterfte. Deze sterfte kan niet worden toegediend aan de suppletiewerkzaamheden omdat het plaatsvond voor aanvang van de suppletiewerkzaamheden en ook op grote schaal is waargenomen in de rest van de Oosterschelde.

De veilingdata bevestigen het belang van de percelen rond de Roggenplaat voor de Nederlandse mosselkweek. Over de seizoenen 2000_2001 (seizoen loopt van 1 mei tot en met 30 april) tot en met 2021_2022 is gemiddeld 16.8% (4.2 miljoen kg) van de totale mosselproductie in de Oosterschelde afkomstig van de percelen rond de Roggenplaat. De percelen in de monding van het Middengeultje, aan de noordzijde van de Roggenplaat (perceelblok 3), zijn nog niet zo lang in gebruik maar zijn sinds seizoen 2011_2012 goed voor ruim 30% van de totale mosselaanvoer van de percelen rond de Roggenplaat. Over de periode 2010 tot 2021 behoren de mosselen van dit perceelblok met een gemiddeld vleespercentage van 29.3% tot de beste van alle percelen in de Oosterschelde. In het algemeen zijn de vleespercentages van de mosselen van de percelen westelijk van de Zeelandbrug in de 2 jaar na de uitvoering van de suppleties hoger dan gemiddeld in de 5 jaar voor de suppletie. Dit komt voornamelijk door het extreem goede seizoen 2021_2022 met een gemiddeld vleespercentage van 31.3%. De verandering in vleespercentage van de mosselen aan de noordzijde van de Roggenplaat voor en na de suppletie is niet anders dan de rest van de Hammen percelen. Aan de zuidzijde van de Roggenplaat zijn de vleespercentages na de suppletie sterker toegenomen dan de overige percelen in het Hammen gebied (westelijk van de Zeelandbrug).

De monitoring met steekbuizen en onderwatercamera zijn beperkt in ruimte en tijd uitgevoerd. Daarnaast was een groot deel van de onderwaterbeelden niet geschikt voor analyse vanwege de troebelheid van het water. De verzamelde resultaten geven geen duidelijke aanwijzingen van de aanwezigheid van (grof) zand, dat afkomstig kan zijn van de suppletie, op de percelen.

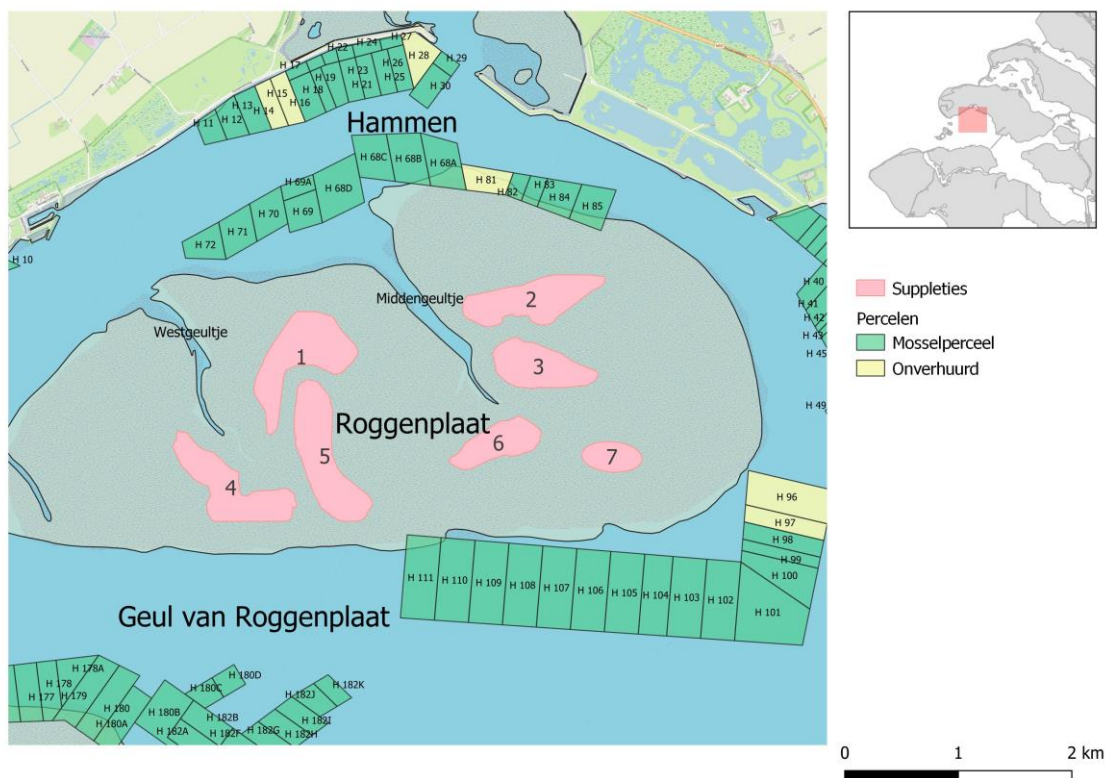
De resultaten van monitoring die is uitgevoerd en gepresenteerd in deze rapportage laten geen aanwijzingen zien die wijzen op schade door de aanleg van de Roggenplaatsuppleties op de omliggende mosselpercelen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Door aanleg van de stormvloedkering en compartimenteringswerkzaamheden is het getijvolume in de Oosterschelde afgenomen waardoor er zandhonger in de geulen is opgetreden. Door de zandhonger eroderen de slikken en platen. In combinatie met zeespiegelstijging neemt het areaal intergetijdengebied af en wordt tevens de droogvalduur van het resterende intergetijdengebied verkort (Van Zanten en Adriaanse, 2008, De Ronde et al., 2013). Het intergetijdengebied vormt een belangrijke basis (rust- en foerageergebied voor vis, zeezoogdieren en vogels) voor de natuurwaarden van de Oosterschelde.

Suppleren van slikken en platen in de Oosterschelde met zand is één van de maatregelen die zijn bedacht om de negatieve effecten van de zandhonger op de Natura-2000 natuurdoelen tegen te gaan (W&B, 2013). In het najaar van 2019 is een suppletie uitgevoerd op de Roggenplaat. In totaal zijn er 7 suppletie elementen gerealiseerd met een totaal volume van 1.13 miljoen m³ (Figuur 1). Het benodigde zand voor de suppleties is verkregen uit de nabijgelegen Roompotgeul. Middels een sleehopperzuiger is het zand naar de Roggenplaat getransporteerd, vanwaar het met persleidingen naar de suppletielocaties is gebracht. Met behulp van bulldozers is het zand ten slotte in de gewenste vorm geschoven. Om de ontwikkeling en effectiviteit van de suppleties te kunnen volgen wordt voor, tijdens en na aanleg een uitgebreide morfologische en ecologische monitoring uitgevoerd (Ysebaert et al., 2017, Walles et al., 2021a, Walles et al., 2021b).



Figuur 1: Overzicht van de ligging van de suppleties op de Roggenplaat in de Oosterschelde. Ook is de ligging van de mosselpercelen weergegeven.

De suppleties zijn uitgevoerd in de nabijheid van mosselpercelen die behoren tot de beste percelen van de Oosterschelde. Er was bezorgdheid bij de mosselkwekers dat de suppleties zouden leiden tot negatieve effecten (sterfte, verminderde groei of opbrengst) voor de mosselen op de percelen,

waardoor de bedrijfsvoering zou kunnen worden geschaad. In een risicoanalyse (Lievence et al., 2016) heeft Rijkswaterstaat in samenwerking met Natuurmonumenten, Ministerie van Economische zaken en de mosselsector (PO mossel) de risico's voor de mosselkwekers in kaart gebracht op basis van modelberekeningen en expert inschatting. De belangrijkste risico's die zijn gedefinieerd in deze risicostudie waren:

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 welke tot aanzanding leidt op de percelen.

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

1.2 Doelstelling

Om bovengenoemde risico's te adresseren is er een specifiek monitoringsplan opgesteld naar de effecten van de Roggenplaat-suppletie op de nabijgelegen mosselkweekpercelen (Wijsman en Kraan, 2017). In dit onderzoeksplan zijn drie verschillende typen van monitoring onderscheiden: (1) Basismonitoring; (2) Vinger aan de pols monitoring en (3) Calamiteiten monitoring. De huidige rapportage presenteert de monitoringsresultaten en bevat de volgende onderwerpen:

1. Ontwikkeling van de mosselen op de percelen (vinger aan de pols);
2. Analyse van de veilinggegevens (basismonitoring);
3. Sedimentsamenstelling op de mosselpercelen (vinger aan de pols);
4. Onderwateropnames op de percelen (vinger aan de pols).

Onder calamiteitenmonitoring valt alle niet-geplande monitoring die wordt uitgevoerd als er calamiteiten of onvoorziene effecten optreden. De calamiteitenmonitoring is geen onderdeel van deze rapportage.

1.3 Afbakening

Voorliggend rapport beschrijft uitsluitend de resultaten van de risicomonitoring die is uitgevoerd in het kader van de suppletie Roggenplaat. De monitoring van de morfologische en ecologische ontwikkeling op en rond de suppleties is beschreven in afzonderlijke rapportages (Wallis et al., 2021a, Wallis et al., 2021b). In die rapportages zijn ook de resultaten van de monitoring van het zwevend stof en Chl-a in het Middengeultje meegenomen.

1.4 Leeswijzer

De resultaten van de perceelbemonstering worden gepresenteerd in hoofdstuk 2 Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten van de analyses van de veilinggegevens. De resultaten van de sedimentbemonstering en onderwateropnames op de percelen zijn in respectievelijk hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 terug te vinden. De conclusies en een discussie van de resultaten is ten slotte terug te vinden in hoofdstuk 6.

1.5 Dankwoord

Voor de monitoring op de kweekpercelen is gebruik gemaakt van de MS Regulus van de Rijksrederij. Hierbij willen wij de bemanning, in het bijzonder vakdeskundige visserij, Harry Heidekamp van RVO, danken voor hun inzet en prettige samenwerking. Ook willen wij de mosselkwekers danken voor hun medewerking aan het periodieke onderzoek op hun percelen. De Nederlandse Mosselveiling heeft de veilingdata beschikbaar gesteld voor de analyses.

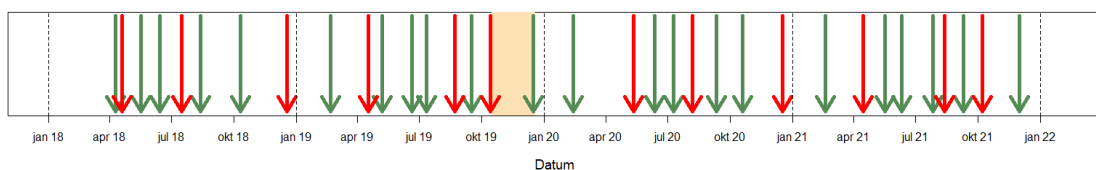
2 Ontwikkeling van mosselen op de percelen

2.1 Doel

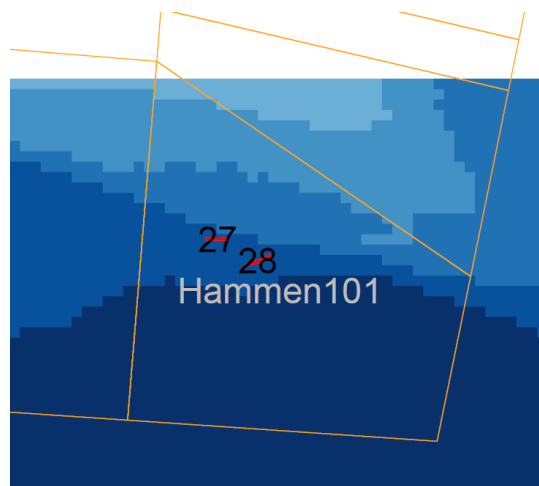
De kwaliteit van mosselen op kweekpercelen is zeer variabel en wordt beïnvloed door de afkomst van de mosselen, activiteiten van de kweker en de omgeving (e.g. voedsel, stroming, ondergrond). Door regelmatige bemonstering van de percelen wordt een beeld verkregen van de ontwikkeling in kwaliteit van de mosselen op de percelen. Schade aan percelen kan optreden in de vorm van een verhoogde sterfte of een vermindering van de groei en/of de kwaliteit van mosselen. Monitoring van mosselen op de percelen zit dicht bij de beleving van de kweker als het gaat om het al dan niet manifesteren van schade. Echter, om inzicht te verkrijgen in de causale verbanden tussen de observaties die worden gedaan op de kweekpercelen en de aanleg van de suppleties op de Roggenplaat zijn ook andere metingen nodig die zich richten op oorzaak-gevolg processen.

2.2 Aanpak

Om de ontwikkeling van mosselen op de percelen te volgen zijn er van april 2018 tot en met december 2021 (Figuur 2) bemonsteringen uitgevoerd op de alle kweekpercelen rond de Roggenplaat die bezaaid zijn met mosselen. In de periode april tot en met augustus is de bemonstering maandelijks uitgevoerd in de rest van het jaar is de bemonstering eens in de twee maanden uitgevoerd. De bemonstering is telkens uitgevoerd op met mosselen ingezaaide percelen. Er is regelmatig gecommuniceerd met de betreffende kwekers om een actueel beeld te hebben van de bezetting van de percelen. Op ieder perceel zijn telkens twee slepen uitgevoerd van ca 25 meter met een 1 meter mosselkor. De trekken zijn gelogd op de plotter (Figuur 3). De bemonstering is uitgevoerd met de MS Regulus van de Rijksrederij. In totaal zijn er tussen april 2018 en december 2021 34 perceelbemonsteringen uitgevoerd die direct aan boord zijn verwerkt. Van 12 bemonsteringsmomenten zijn, aanvullend aan de metingen aan boord, in het lab individuele lengtes van de mosselen gemeten en gemiddelde vleespercentages van de verzamelde monsters bepaald.



Figuur 2: Tijdsbalk met de momenten van de perceelbemonstering voor en na aanleg van de suppleties. De pijlen geven de momenten van de bemonstering. De rode pijlen geven de (12) momenten weer waar tevens individuele lengtes van de mosselen en de vleespercentages zijn bepaald. De periode waarin de suppleties op de Roggenplaat zijn uitgevoerd is aangegeven met de oranje band.



Figuur 3: Voorbeeld van twee trekken die zijn genomen op perceel Hammen 101. De rode lijnen geven de positie van de trekken.

Aan boord is van iedere trek de vangst gefotografeerd (Figuur 4) en is een schatting gemaakt van de vulling (%) van de kor. Ook is de aanwezigheid van krabben, zeesterren, brokkelsterren, pokken en slik semi-kwantitatief ingeschat en genoteerd.



Figuur 4: Foto van een volle kor op een willekeurig perceel. Te zien zijn de levende mosselen, schelpresten en een aantal zeesterren. Het label (11) wordt gebruikt voor de administratie.

Uit de kor is telkens een willekeurig deelmonster genomen van ca 2 liter, willekeurig verdeeld over de kor. Dit 2 liter-deelmonster is aan boord verder uitgezocht. Eerst zijn de levende mosselen uitgezocht en geteld. Ook is het aantal verse peulen (doublet van schelpen aan elkaar, zonder levende mossel) en de schelpresten (aantal umbo's¹) geteld. Het percentage peulen is bepaald door het aantal peulen te delen door de som van het aantal levende mosselen plus peulen ($\times 100\%$). Het percentage oude schelpresten is bepaald door het aantal umbo's ($\times 2$) te delen door de som van het aantal levende mosselen plus het aantal umbo's ($\times 2$) ($\times 100\%$). Van de levende mosselen in het 2 liter deelmonster is het versgewicht en het bustal (aantal exemplaren in een 880 ml blik) bepaald. Voor de analyse in het lab in Yerseke zijn de mosselen van het bustal meegenomen. De individuele

¹ Puntje of top van de schelp bij tweekleppigen. Het oudste deel van elke tweekleppige waar de groei van de schelp is begonnen.

schelpenlengtes van de mosselen zijn gemeten met een digitale schuifmaat. Het versgewicht van het monster is bepaald na ca 2 minuten 'drinken' in zeewater. Daarna zijn de mosselen gekookt en is het uitlekgewicht van het vlees (vleesgewicht) bepaald. Het vleespercentage is berekend uit het vleesgewicht (g) gedeeld door het versgewicht (g) x 100%.

De resultaten van de bemonstering zijn zo snel als mogelijk (binnen 1 á 2 dagen na bemonstering) voor ieder bemonsterd perceel afzonderlijk gerapporteerd en naar de betreffende kweker gestuurd zodat deze een actueel beeld had van de ontwikkeling van de mosselen op zijn eigen perceel. Dit is vergeleken met de ontwikkeling (geaggregeerd) van de mosselen op de rest van de percelen die zijn bemonsterd. Omdat het hier gaat om bedrijfsgevoelige informatie zijn de gegevens in voorliggende rapportage geanonimiseerd en/of geaggregeerd zodat deze niet zijn te herleiden naar perceel en/of kweker.

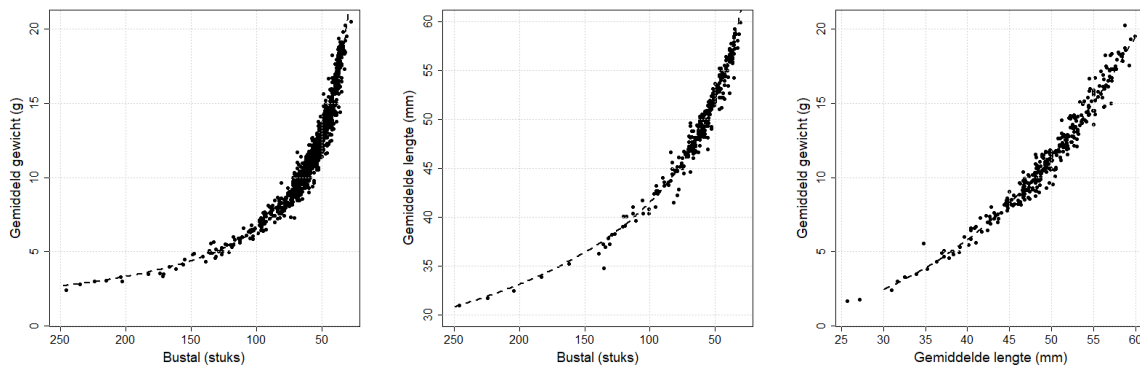
2.3 Resultaten

In totaal zijn er 923 monsters genomen op de percelen, waarvan er 329 zijn geanalyseerd op vleespercentage en schelpenlengte. In Figuur 5 is te zien dat er duidelijke relaties zijn tussen het gemiddeld versgewicht (FW), bustal (B) en de gemiddelde schelpenlengte (L) van de mosselen.

$$FW = 572 \cdot B^{-0.97} \quad (n=894; R^2 = 0.97)$$

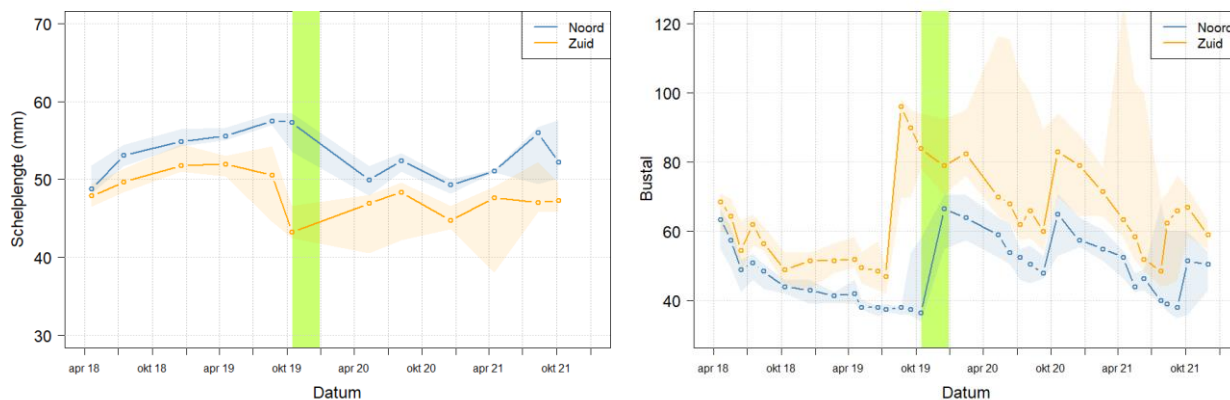
$$L = 186 \cdot B^{-0.33} \quad (n=314; R^2 = 0.97)$$

$$FW = 0.000095 \cdot L^{2.99} \quad (n=329; R^2 = 0.97)$$

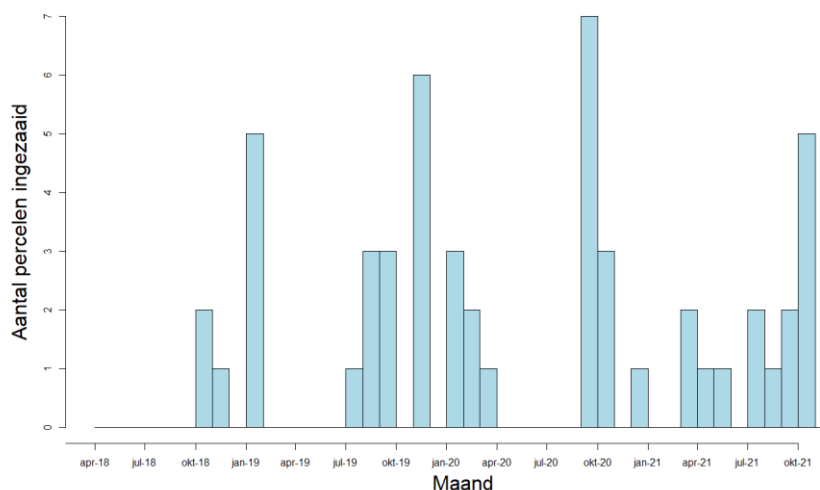


Figuur 5: Relaties tussen gemiddeld versgewicht, bustal en gemiddelde schelpenlengte van de mosselen uit de bemonsteringen.

De ontwikkeling van de gemiddelde schelpenlengte en bustal (reciproke van de gemiddelde lengte, zie Figuur 5) is uitgezet tegen de tijd (Figuur 6). Er is daarbij een onderscheid gemaakt tussen de percelen aan de noordzijde van de Roggenplaat (percelen H83, H68, H68b, H68c, H69, H69a, H70 en H71, weergegeven met de blauwe lijnen) en de percelen aan de zuidzijde van de Roggenplaat (H101 tot en met H111, weergegeven met oranje lijnen). De mosselen aan de noordzijde zijn over het algemeen gemiddeld groter dan aan de zuidzijde van de Roggenplaat. Dit komt doordat de percelen aan de zuidzijde vaker bezaaid zijn met mosselzaad en kleine halfwasmosselen. De ontwikkeling van gemiddelde lengte en het bustal van de mosselen wordt sterk beïnvloed door het opvissen van de grote consumptiemosselen en het opnieuw uitzaaien van kleinere halfwasmosselen en mosselzaad in het najaar (Figuur 7) waardoor het bustal toeneemt (en de gemiddelde lengte afneemt). Dit gebeurt doorgaans voornamelijk in het najaar, en zo ook vlak vóór (zuidzijde) en tijdens (noordzijde) de aanlegwerkzaamheden in 2019.

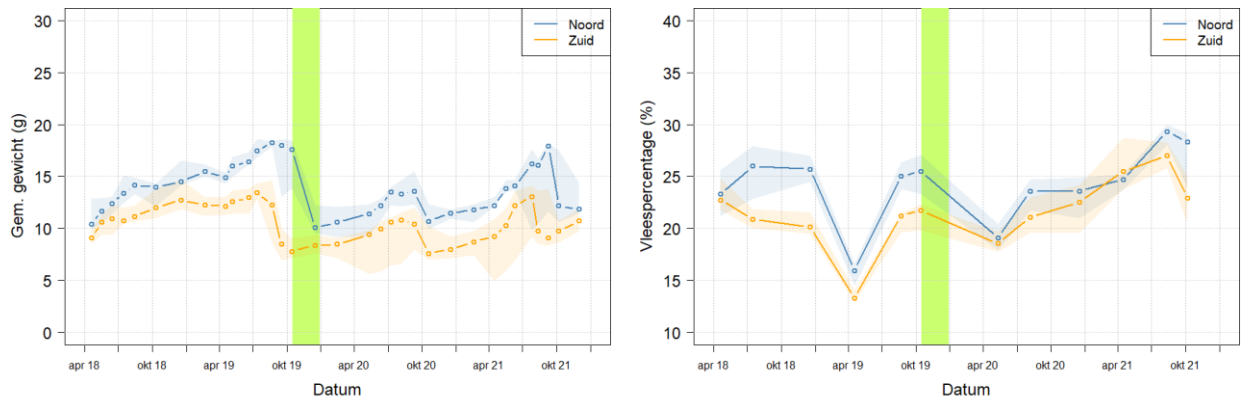


Figuur 6: Ontwikkeling van de schelpenlengte (mm, links) en het bustal (rechts) over de tijd voor de percelen aan de noordzijde (blauw) en de zuidzijde (oranje) van de Roggenplaat. De lijn geeft de gemiddelde waarde en het vlak geeft het gebied waarbinnen 50% van de waarnemingen vallen. In groen is de periode van de suppletie weergegeven.



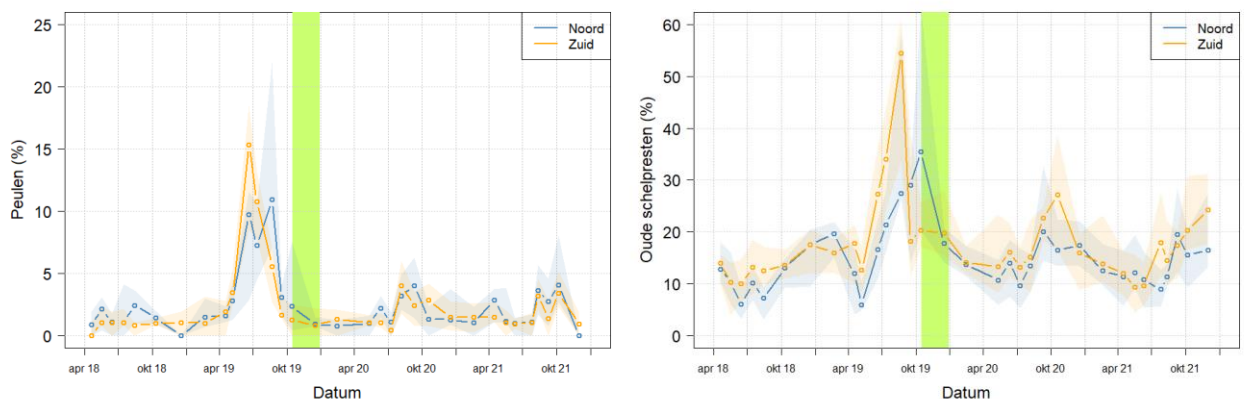
Figuur 7: Per maand het aantal percelen rond de Roggenplaat dat opnieuw is ingezaaid.

Het effect van het opvissen van de grotere mosselen en het weer uitzaaien van kleinere mosselen is ook terug te zien in de ontwikkeling van het gemiddeld versgewicht (Figuur 8). In 2018 tot en met 2020 zijn de vleespercentages aan de noordzijde van de Roggenplaat hoger dan aan de zuidzijde. In 2021 is dit alleen het geval in het najaar (als de consumptiemosselen worden geleverd). In het voorjaar van 2019 en 2020 is er duidelijk een dip te zien in het vleespercentage die waarschijnlijk het gevolg is van de voortplanting.



Figuur 8: Ontwikkeling van het gemiddeld versgewicht (g, links) en het vleespercentage (rechts) over de tijd voor de percelen aan de noordzijde (blauw) en de zuidzijde (oranje) van de Roggenplaat. De lijn geeft de gemiddelde waarde en het vlak geeft het gebied waarbinnen 50% van de waarnemingen vallen. In groen is de periode van de suppletie weergegeven.

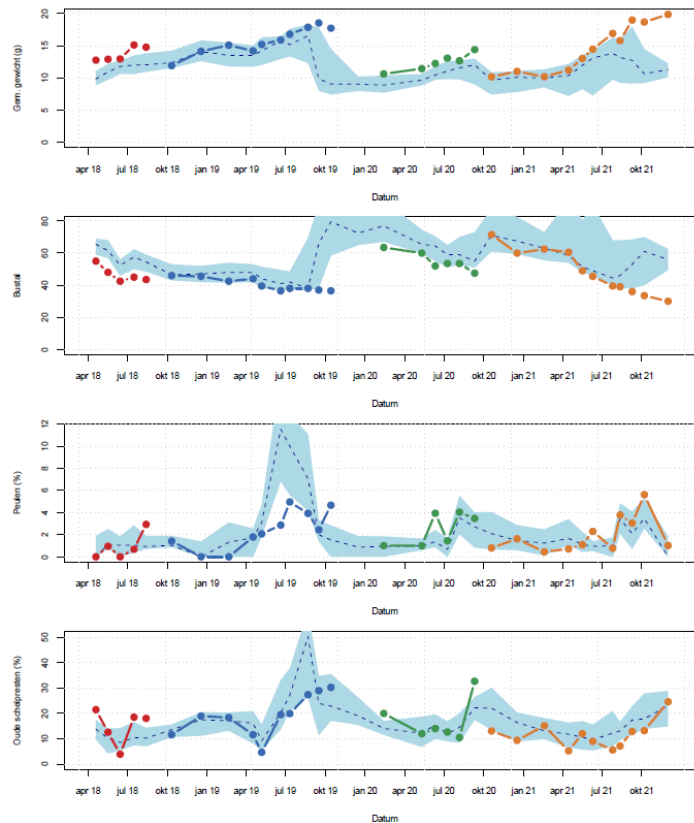
Sterfte van mosselen is doorgaans terug te zien in een toename van het percentage peulen en vervolgens een toename van oude schelpresten. In Figuur 9 is te zien dat het percentage peulen doorgaans piekt in de maanden augustus tot en met oktober wanneer de meeste leveringen plaatsvinden. Waarschijnlijk is dit het gevolg van het opvissen van mosselen van de percelen. Opvallend is dat in de zomer voordat de suppleties zijn aangelegd er veel peulen zijn aangetroffen op de percelen rond de Roggenplaat, eerst aan de zuidzijde en vervolgens aan de noordzijde. In deze periode was er ook in de rest van de Oosterschelde sprake van massale sterfte onder de mosselen op de percelen (Capelle et al., 2021). De sterfte begon in april-mei in de noordelijke tak en later in de hele Oosterschelde, en verplaatste zich later naar het middengebied en het de Hammen (Capelle et al., 2021). Vanwege de timing en de sterfte in de rest van de Oosterschelde kan worden geconcludeerd dat de sterfte van de mosselen bij de Roggenplaat in de maanden juni – september geen relatie heeft met de aanleg van de suppletie. In de winter en het voorjaar na de werkzaamheden was het percentage peulen relatief laag. De piek in oude schelpresten (Figuur 9) volgt vaak 1 of 2 maanden na de piek in peulen.



Figuur 9: Ontwikkeling van het percentage peulen (links) en oude schelpresten (rechts) over de tijd voor de percelen aan de noordzijde (blauw) en de zuidzijde (oranje) van de Roggenplaat. De lijn geeft de gemiddelde waarde en het vlak geeft het gebied waarbinnen 50% van de waarnemingen vallen. In groen is de periode van de suppletie weergegeven.

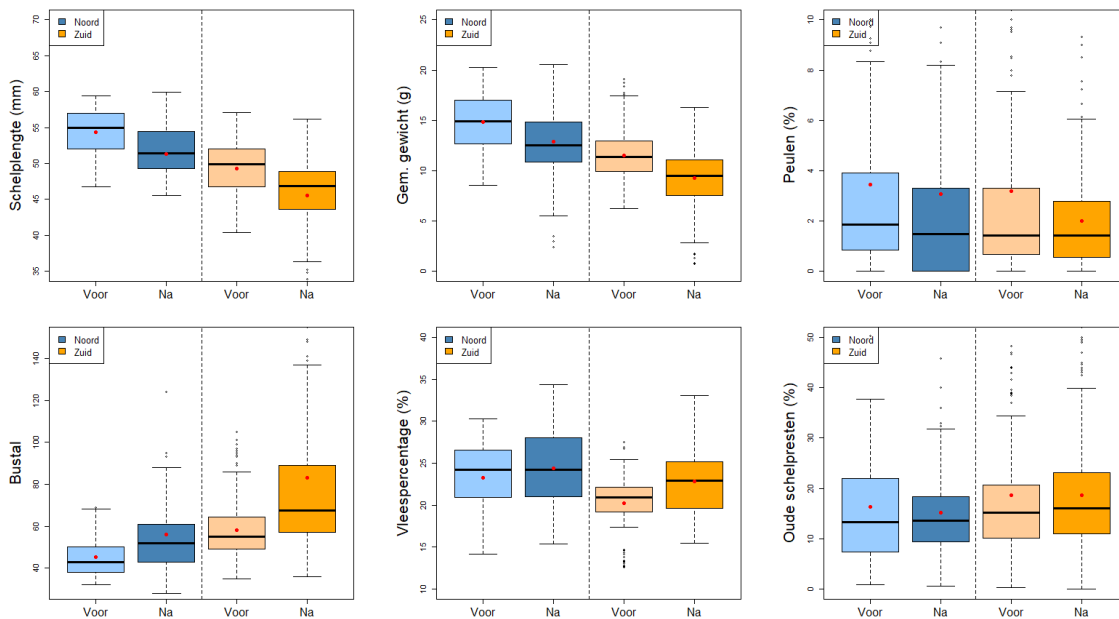
Voorgaande figuren (Figuur 6, Figuur 8 en Figuur 9) zijn gebaseerd op geaggregeerde gegevens. Dit is gedaan omdat de individuele gegevens op perceelsniveau bedrijfsgevoelig kunnen zijn. Hierdoor is het echter niet goed mogelijk om de ontwikkeling van de mosselen op de percelen en het effect van de

activiteiten van de kwekers, zoals het opvissen van de consumptiemosselen en het opnieuw uitzaaien van mosselzaad en kleine halfwasmosselen, uit elkaar te houden. Naar de individuele kwekers is deze informatie wel teruggekoppeld waardoor deze wel een actueel inzicht had in de ontwikkeling van de mosselen op zijn perceel in vergelijking tot de andere percelen rond de Roggenplaat (Figuur 10).



Figuur 10: Voorbeeld van de ontwikkeling van het gemiddelde versgewicht (g), bustal, percentage peulen en percentage oude schelpresten op een willekeurig perceel. Met de gekleurde lijnen zijn de verschillende cohorten op het betreffende perceel te volgen. De blauwe stippellijn geeft het gemiddelde voor alle percelen en de polygoon geeft de bandbreedte (50% interval) van de waarnemingen.

In Figuur 11 zijn de gemeten waarden vóór en ná de suppletie met elkaar vergeleken voor de percelen aan de noordzijde (blauw) en de percelen aan de zuidzijde (oranje) van de Roggenplaat. Opvallend hier is dat de gemiddelde grootte van de mosselen ná de suppletie lager is dan vóór de suppletie. In deze figuur is ook weer te zien dat de mosselen aan de zuidzijde gemiddeld kleiner zijn dan aan de noordzijde. De gemiddelde vleespercentages zijn ná de aanleg van de suppleties iets hoger dan vóór. Aan de zuidzijde is de toename groter dan aan de noordzijde.



Figuur 11: Gemiddelde schelplengte (mm), bustal, gemiddeld versgewicht (g), vleespercentage (%), percentage peulen en percentage oude schelpresten op de percelen aan de noordzijde (blauw) en de zuidzijde (oranje) vóór (april 2018 – oktober 2019, licht gekleurd) en ná (november 2019 – december 2021, donkergekleurd) de aanleg van de suppleties. De rode punten geven de gemiddelde waarden.

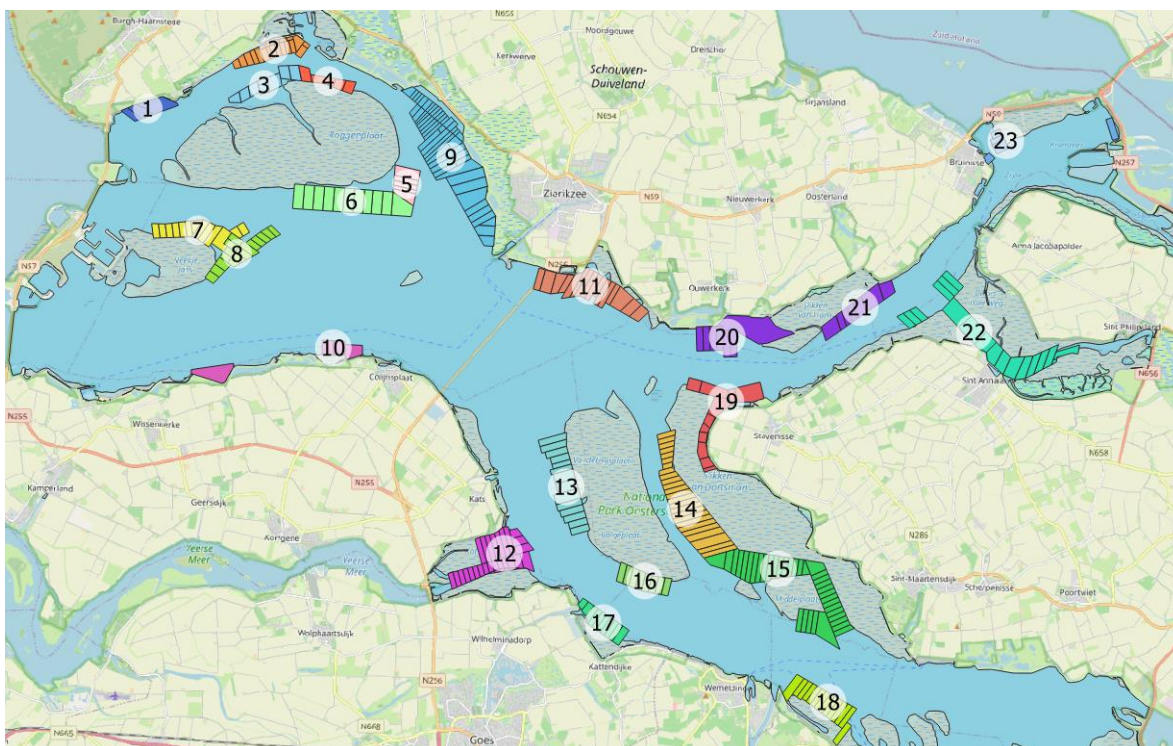
3 Analyse van de veilinggegevens

3.1 Doel

Als de mosselen groot genoeg zijn voor consumptie kunnen ze worden opgevist en aangevoerd. De registratie van de aanvoer vindt plaats bij de veiling in Yerseke, waarbij naast de hoeveelheid ook de kwaliteit (grootte, vleespercentage, tarrapercentage) van de mosselen wordt bijgehouden. Deze veilinggegevens kunnen tot op zekere hoogte worden gebruikt om effecten van de suppletiewerkzaamheden op de kwaliteit van de mosselen te onderzoeken (Wijsman, 2017). Als werkhypothese is gesteld dat de suppletie leidt tot verminderde vleespercentages van de mosselen op de percelen rond de Roggenplaat, in het bijzonder aan de noordzijde vanwege de afhankelijkheid van de aanvoer van voedsel via het Middengeultje.

3.2 Aanpak

Op basis van de veilingdata worden vleespercentages voor en na aanleg van de suppletie met elkaar vergeleken. Om te kunnen corrigeren voor jaar op jaar variatie moeten de leveringen van de percelen rond de Roggenplaat worden vergeleken met andere percelen in de Oosterschelde, die niet worden beïnvloed door de suppletie op de Roggenplaat. De vergelijking is gedaan met een linear mixed-model aanpak waarbij is gecorrigeerd voor seizoen fluctuaties, jaarlijkse variatie en verschillen tussen perceelblokken (e.g. Wijsman, 2017).



Figuur 12: Ligging van de mosselpercelen in de Oosterschelde. De percelen zijn in deze figuur gegroepeerd in 23 perceelblokken.

In totaal liggen er 340 mosselpercelen (waarvan 29 onverhuurd) in de Oosterschelde met een totaal oppervlak van ca 4000 ha (Figuur 12). In de praktijk wordt slechts een deel van het beschikbare areaal aan percelen daadwerkelijk gebruikt voor mosselkweek. De rest is niet geschikt omdat het er bijvoorbeeld te ondiep is of omdat er te veel stroming staat. De kwaliteit van de mosselpercelen varieert ruimtelijk. Ten behoeve dan deze studie zijn de percelen gegroepeerd in 23 perceelblokken (zie Figuur 12). Op hoger niveau worden de mosselpercelen ook wel ingedeeld in de gebieden

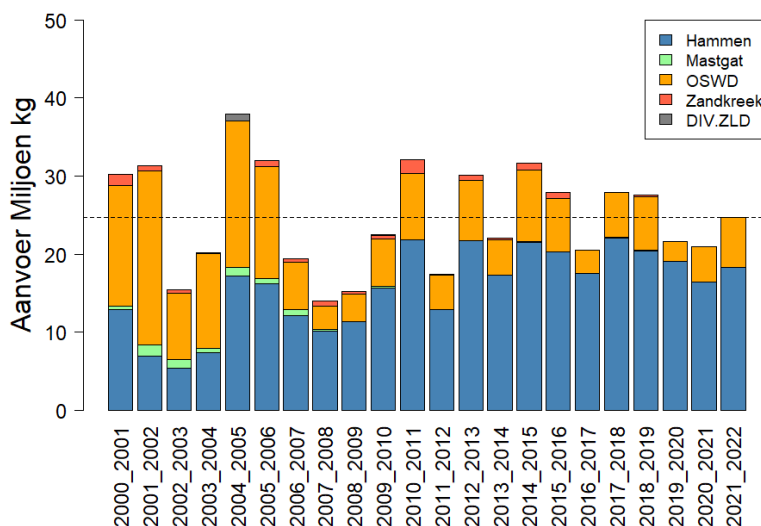
Hammen (blokken 1 tot en met 9), OSD (blokken 11 en 13 tot en met 20), Zandkreek (blok 10 en 12) en Mastgat (blokken 21 tot en met 23). In deze studie is de aanvoer en de kwaliteit (vleespercentages) van de mosselen van de perceelblokken rond de Roggenplaat (blokken 3, 4, 5 en 6) vergeleken met de aanvoer van de rest van de Hammenpercelen (blokken 1, 2, 7, 8 en 9).

Voor de statistische analyse van de gegevens is het van belang te weten dat er vaak meer leveringen zijn van eenzelfde partij mosselen op een perceel. De mosselen worden doorgaans namelijk niet in een keer opgevist, maar dat wordt vaak over meerdere leveringen uitgespreid. Hierdoor zijn de individuele leveringen afhankelijk van elkaar. De 276 leveringen van Blok 3 in het seizoen 2021_2022 waren bijvoorbeeld afkomstig van 6 percelen, waarbij 96 leveringen van een en hetzelfde perceel afkomstig was. Het is uit de beschikbare veilinggegevens niet te achterhalen of de 96 leveringen daadwerkelijk dezelfde partij mosselen betrof. Vaak zijn de percelen opgedeeld in een aantal perken die door de kweker apart zijn ingezaaid. Deze gegevens worden niet geregistreerd in de database van de veiling.

3.3 Resultaten

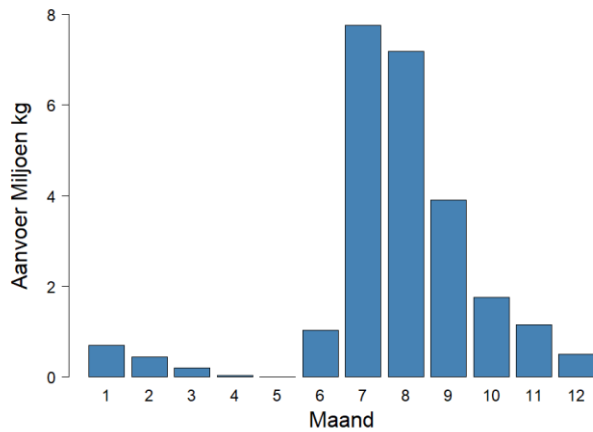
3.3.1 Aanvoer Oosterschelde en Roggenplaat

De gemiddelde netto aanvoer van percelen in de Oosterschelde over de seizoenen 2000_2001 tot en met 2021_2022 is 24.7 miljoen kg mosselen per jaar (Figuur 13). Seizoen is hierbij gedefinieerd als de periode van 1 mei tot en met 30 april het jaar erop. De start van het officiële mosselseizoen is doorgaans ergens in juli, afhankelijk van het aanbod en de kwaliteit van de mosselen. 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 (63.5%) en OSD (33.3%). Leveringen uit de andere deelgebieden zijn beperkt (4.2% van de totale aanvoer). Uit de figuur is duidelijk dat het gebied Hammen door de tijd steeds belangrijker is geworden voor de totale aanvoer van mosselen uit de Oosterschelde. In de seizoenen 2000_2001 tot en met 2009_2010 kwam gemiddeld 48.4% van de totale aanvoer uit de Oosterschelde van de Hammenpercelen. In de seizoenen 2010_2011 tot en met 2021_2022 is dit gestegen naar 75.3%.



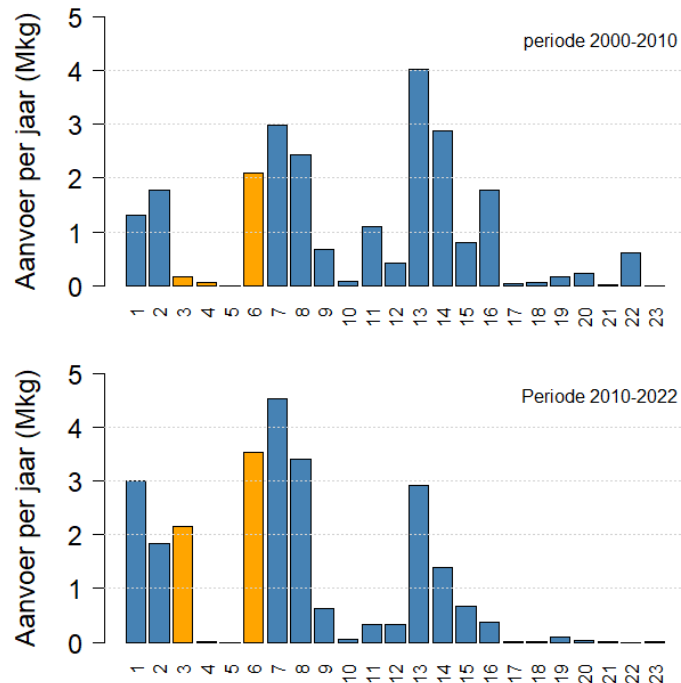
Figuur 13: Netto aanvoer (miljoen kg) per seizoen van de percelen in de Oosterschelde. De kleuren geven aan uit welk deelgebied er is geleverd.

In Figuur 14 is te zien dat de leveringen niet over het hele jaar plaatsvinden. Er is een duidelijke piek na de zomer. In de maanden juli tot en met oktober wordt 83.5% van alle mosselen uit de Oosterschelde geleverd. Het seizoen begint doorgaans in juli. Soms wordt er in juni al wat geleverd. De meeste mosselen uit de Oosterschelde worden in juli geleverd omdat de vleespercentages in de Oosterschelde dan doorgaans goed zijn. Na juli neemt de aanvoer uit de Oosterschelde geleidelijk af.



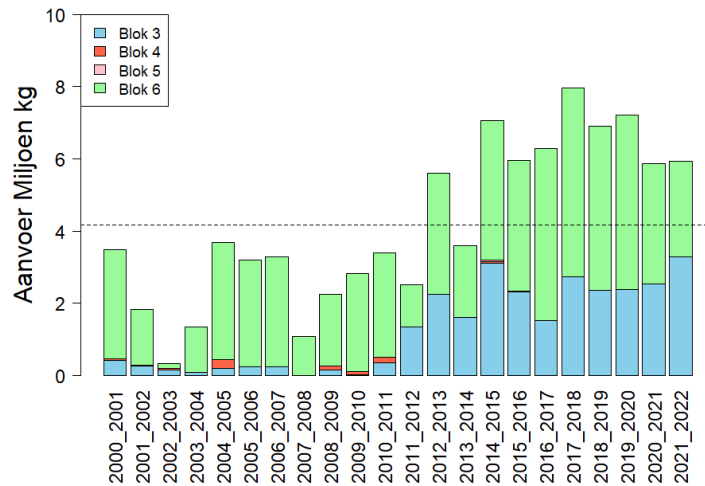
Figuur 14: Netto aanvoer van mosselen (miljoen kg) per maand uit de Oosterschelde.

De belangrijke perceelblokken waar mosselen uit worden geleverd zijn perceelblokken 1 (westelijk van Burghsluis), 3 en 6 (respectievelijk noord- en zuidzijde Roggenplaat), 7 en 8 (respectievelijk noord- en zuidzijde Neeltje Jans), 13 (Vondelingsplaat) en 14 (Dortsman) (Figuur 15). Na 2010 is vooral de aanvoer uit de blokken 1, 3, 6, 7 en 8 toegenomen. Een deel van deze toename is het gevolg van het beschikbaar komen van nieuwe percelen binnen deze blokken. Deze figuur geeft een beeld van het belang van bepaalde perceelblokken voor de totale aanvoer. Voor de interpretatie van de figuur is het van belang dat de oppervlaktes van de perceelblokken varieert (Figuur 12). 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 soms maar ten dele gebruikt voor de kweek.



Figuur 15: Netto aanvoer van mosselen (miljoen kg) per perceelblok in de Oosterschelde. 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.

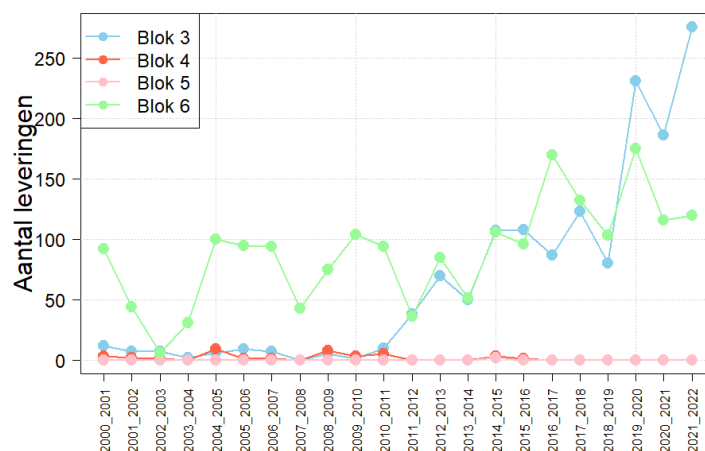
De gemiddelde aanvoer vanaf de percelen rond de Roggenplaat (Blok 3 tot en met Blok 6) over de seizoenen 2000_2001 tot en met 2021_2022 is 4.2 miljoen kg per seizoen (Figuur 16). Dit is ongeveer 16.8% van de totale aanvoer van mosselen vanuit de Oosterschelde. De meeste mosselen (69.1%) zijn in deze 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 de 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 in gebruik zijn genomen.



Figuur 16: Netto aanvoer van mosselen (miljoen kg) van de verschillende perceelblokken rond de Roggenplaat (Blok 3, Blok 4, Blok 5 en Blok 6).

3.3.2 Aantal leveringen Roggenplaat

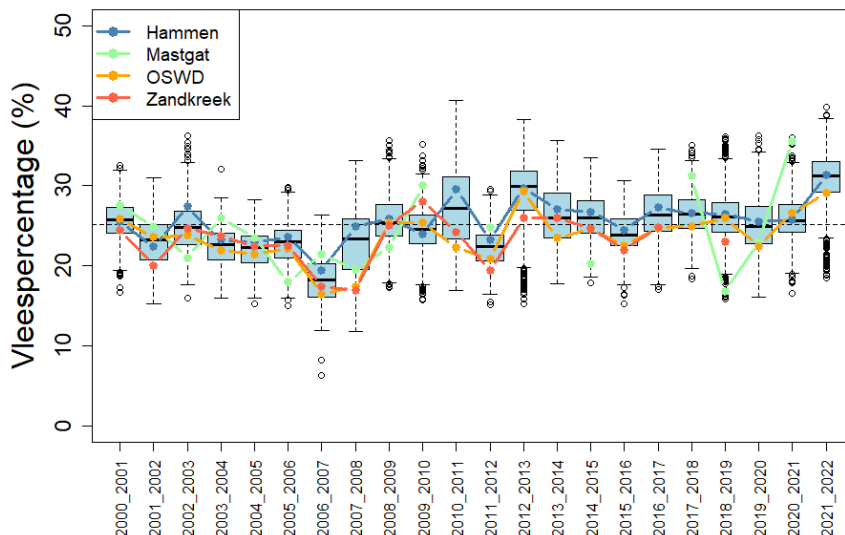
In Figuur 17 is het aantal leveringen weergegeven uit de perceelblokken rond de Roggenplaat. Van de perceelblokken 4 en 5 wordt slechts weinig geleverd. Ook hier is te zien dat het aantal leveringen van perceelblok 3 na 2010_2011 sterk is toegenomen als gevolg van het in gebruik nemen van een aantal nieuwe percelen binnen dit perceelblok. Percelen in dit blok zijn voor een deel uitgegeven als compensatie van verlies van percelen in verband met dijkwerkzaamheden bij Zierikzee (Anonymous, 2009).



Figuur 17: Variatie van het aantal leveringen van de perceelblokken rond de Roggenplaat (Blok 3, Blok 4, Blok 5 en Blok 6) over de seizoenen.

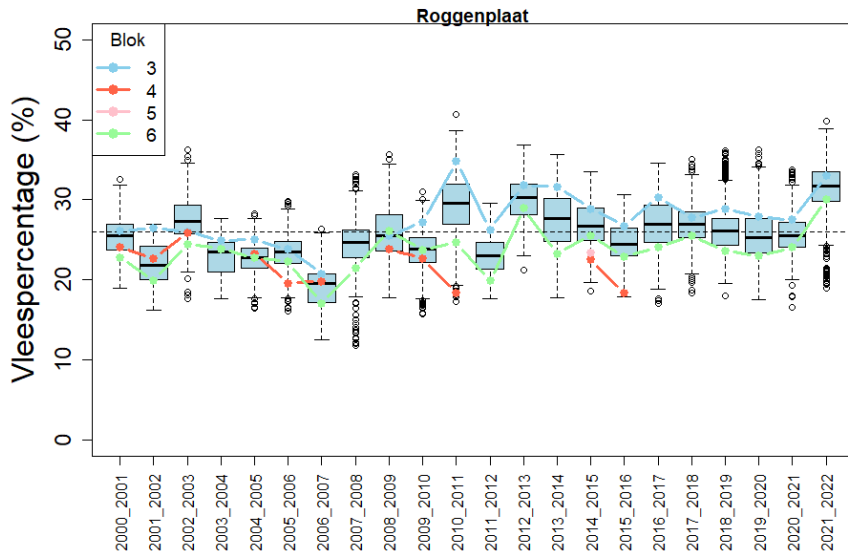
3.3.3 Vleespercentages

Het gewogen (naar netto aanvoer) gemiddelde vleespercentage van alle leveringen uit de Oosterschelde vanaf het seizoen 2000_2001 tot en met 2021_2022 is 25.1% (standaarddeviatie $\sigma=4.1\%$). In Figuur 18 is te zien dat vleespercentages van de mosselen in de Oosterschelde sterk variëren van jaar tot jaar. De laagste vleespercentages zijn gehaald in het seizoen 2006_2007. Daarna zijn de vleespercentages weer toegenomen, met een zeer goed seizoen in 2012_2013. Het seizoen 2021_2022 is wat betreft de vleespercentages het beste seizoen met een gewogen gemiddelde vleespercentage van 30.7%. In de figuur is ook te zien dat vanaf 2005_2006 doorgaans de beste vleespercentages in het Hammengebied zijn behaald.



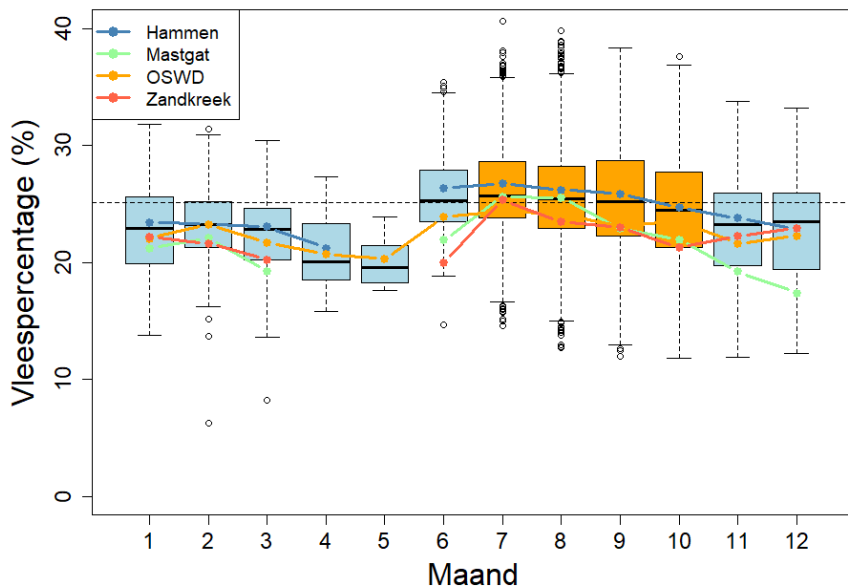
Figuur 18: Variatie van de vleespercentages (gewogen voor de Netto aanvoer) over de seizoenen in de Oosterschelde. De horizontale stippellijn geeft het overall gemiddelde weer. De gekleurde lijnen geven de gewogen gemiddelde vleespercentages per deelgebied.

Figuur 19 toont hoe vleespercentages variëren over de seizoenen voor de Hammen percelen ten westen van de Zeelandbrug (perceelblokken 1 tot en met 9, zie Figuur 12). Het gemiddelde vleespercentage van deze percelen over de hele periode is 26.0%. De vleespercentages van de leveringen uit perceelblok 3 (percelen aan de noordzijde van de Roggenplaat, voor de monding van het Middengeultje) hebben relatief hoge vleespercentages sinds het seizoen 2011_2012, wanneer het gebruik van deze percelen toeneemt. De gemiddelde vleespercentages van de blokken 5 en 6 zijn over het algemeen lager. Van Blok 4 en Blok 5 is niet of slechts zeer beperkt geleverd (zie Figuur 17).



Figuur 19: Variatie van de vleespercentages (gewogen voor de netto aanvoer) over de seizoenen voor het gebied ten westen van de Zeelandbrug (perceelblokken 1 tot en met 9). De horizontale stippellijn geeft het overall gemiddelde weer (26.0%). De gekleurde lijnen geven de gewogen gemiddelde vleespercentages voor de vier perceelblokken rond de Roggenplaat.

In de maanden dat de meeste leveringen plaatsvinden (juli tot en met oktober) neemt het vleespercentage geleidelijk af van gemiddeld 26.1% in juli naar 24.1% in oktober (Figuur 20). In deze periode neemt gemiddelde vleespercentage van de leveringen uit de Waddenzee over het algemeen toe (Wijsman et al., 2014). De lage vleespercentages in mei zijn deels het gevolg van het voortplanten van de mosselen, maar het betreft hier ook maar een beperkt aantal leveringen die mogelijk betrekking hebben met het "schoonmaken" van de percelen.



Figuur 20: Maandelijkse variatie van de vleespercentages (gewogen voor de netto aanvoer) over de maanden in de Oosterschelde (data vanaf seizoen 2020_2021). De horizontale stippellijn geeft het overall gemiddelde weer (26.0%). De oranje balken geven de maanden juli tot en met oktober weer, wanneer de meeste mosselen worden geleverd vanuit de Oosterschelde. De gekleurde lijnen geven de gewogen gemiddelde vleespercentages per deelgebied.

Er is ook een sterke variatie in de vleespercentages tussen de perceelblokken (Figuur 21). In de periode 2000-2010 waren Blok 1 en Blok 3 maar ook Blok 21, in de Noordelijke tak langs de Slikken van Viane, goede perceelblokken wat betreft gemiddeld vleespercentage. Blok 3 en Blok 21 betreffen echter slechts een beperkte hoeveelheid mosselen (zie Figuur 15). In de periode 2010-2021 ziet het er anders uit. De hoogste vleespercentages komen duidelijk van de Hammenpercelen, echter de perceelblokken 4 en 5, rond de Roggenplaat blijven opvallend achter, maar het betreft ook een gering aantal leveringen (zie Figuur 15). De vleespercentages van perceelblok 3 zijn in deze periode bijna net zo hoog als die van het beste perceelblok in de Oosterschelde, Blok 1.



Figuur 21: Variatie van de vleespercentages (gewogen voor de Netto aanvoer) over de perceelblokken. De oranje balken zijn de vleespercentages van de perceelblokken rond de Roggenplaat.

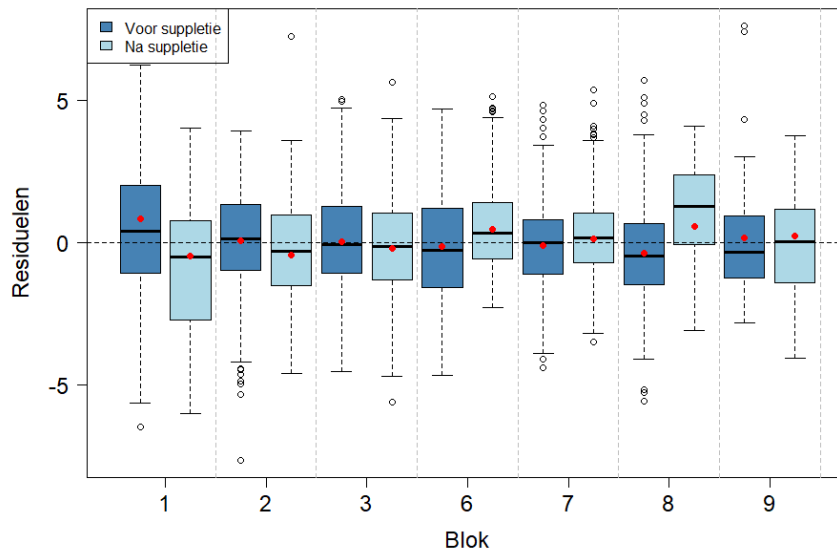
3.3.4 Analyses vleespercentages

Om te onderzoeken of de aanleg van de suppleties zijn terug te zien in de vleespercentages van de mosselen is er een statistische analyse uitgevoerd op de veilingdata. Hierbij is gekozen voor een BACI (Before, After, Control, Impact) waarbij de vleespercentages van de mosselen van de percelen binnen perceelblokken 3 en 6 (Impact) zijn vergeleken met de rest van percelen ten westen van de Zeelandbrug (Control). Voor de analyse zijn alleen de leveringen in de maanden juli tot en met oktober gebruikt, dit zijn de maanden waarin bijna 85% (nettogewicht) van de leveringen uit de Oosterschelde plaatsvindt. Als periode vóór (Before) de aanleg van de suppletie is gekozen voor de seizoenen 2015_2016 tot en met 2019_2020 (vijf seizoenen) en voor de periode ná (After) zijn de seizoenen 2020_2021 en 2021_2022 gebruikt (twee seizoenen). Omdat er vanaf 2015_2016 geen leveringen zijn geweest van de perceelblokken 4 en 5 zijn deze perceelblokken niet meegenomen in de analyse. Gemiddeld waren de vleespercentages in de twee seizoenen ná de suppletie hoger (gewogen gemiddelde 29.2%) dan in de laatste vijf seizoenen vóór de suppletie (gewogen gemiddelde 26.4%). Dit komt voornamelijk door het extreem goede vleespercentage in seizoen 2021_2022 (zie Figuur 18).

Met behulp van de functie *lmer* in R is een linear mixed-model opgesteld waarbij het vleespercentage van de mosselen (*Vlees*) wordt berekend uit de hoofdtermen *Seizoen* (2015_2016 tot en met 2021_2022), *Maand* (juli, augustus, september en oktober) en *Blok* (Blok 1 tot en met Blok 9) en alle interactietermen:

$$Vlees = f(\text{Seizoen} + \text{Maand} + \text{Blok} + \text{Seizoen: Maand} + \text{Seizoen: Blok} + \text{Maand: Blok} + \text{Seizoen: Maand: Blok})$$

In Figuur 21 zijn de residuen (verschil tussen de observatie en de berekeningen met het model) uitgezet voor de verschillende perceelblokken. Positieve residuen geven aan dat de gemeten vleespercentages hoger zijn dan berekend met het model en negatieve waarden geven aan dat de gemeten vleespercentages lager zijn dan berekend met het model. In de figuur valt af te lezen dat op een aantal perceelblokken (6, 7, 8 en 9) de gemiddelde vleespercentages sterker zijn toegenomen dan gemiddeld en op de overige perceelblokken (1, 2 en 3) zijn de gemiddelde vleespercentages minder toegenomen dan gemiddeld. Uit deze figuur blijkt dus ook dat de vleespercentages van de mosselen uit perceelblok 3 (noordzijde Roggenplaat) weliswaar zijn toegenomen na de werkzaamheden maar dat deze toename, net als in de perceelblokken 1 en 2, minder is dan gemiddeld over alle percelen ten westen van de Zeelandbrug.



Figuur 22: Residuen van de berekende en gemeten vleespercentages voor de perceelblokken ten westen van de Zeelandbrug, vóór en ná de uitvoering van de Roggenplaatsuppletie. Positieve waarden wijzen op hogere vleespercentages dan berekend door het model. Rode punten geven de gemiddelde waarden.

Om de effecten statistisch te kunnen toetsen moet rekening worden gehouden met het feit dat de leveringen van een perceel binnen een seizoen sterk aan elkaar zijn gecorreleerd, en dus niet onafhankelijk van elkaar zijn. Veel van de leveringen van hetzelfde perceel binnen een seizoen betreffen namelijk dezelfde partij mosselen. Om toch te kunnen toetsen zijn de vleespercentages van de leveringen gemiddeld (gewogen naar netto aanvoer) per perceel en per seizoen. Deze gemiddelde vleespercentages zijn statistisch getoetst in een linear mixed-model. Hiervoor is een dummy factor aangemaakt met een waarde 1 in het beïnvloede gebied (de blokken 3 en 6) in de seizoenen na aanleg (2020_2021 en 2021_2022) van de suppletie en een waarde nul voor alle andere observaties. Met behulp van de functie *lmer* in R is er getoetst of er een effect is van de factor dummy ("effect suppletie") waarbij als random factors seizoen en perceelblok zijn meegenomen. De nulhypothese is dat er geen effect is van de suppletie (dummy factor) op de vleespercentages in de perceelblokken 3 en 6.

De analyse laat zien dat het effect van de suppletie (factor dummy) niet significant is voor perceelblok 3 (noordzijde Roggenplaat). Voor perceelblok 6 aan de zuidzijde van de Roggenplaat is er echter wel een significant ($p < 0.01$) effect van de factor dummy. De toename in vleespercentages van de mosselen binnen dit blok na de aanleg van de suppletie is groter dan gemiddeld binnen de overige perceelblokken ten westen van de Zeelandbrug.

4 Zand op de mosselpercelen

4.1 Doel

De ondergrond van een perceel is een belangrijke factor voor de kwaliteit van een perceel. Gedurende de kweekcyclus verandert de ondergrond doordat de mosselen slib uit het water invangen met hun kieuwen en 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 nog schoongevist waarbij deze sliblaag weer wordt opgewoeld en verdwijnt.

Als er aanzanding plaatsvindt op een perceel van het zand van de suppleties kan dit effect hebben op de kwaliteit van het perceel en daarmee leiden tot schade voor de betreffende kweker. Omdat de ondergrond van de percelen langs de Roggenplaat bestaan uit fijner zand dan dat gebruikt is bij de suppletie is dit mogelijk visueel dan wel organoleptisch is te onderscheiden.

4.2 Aanpak

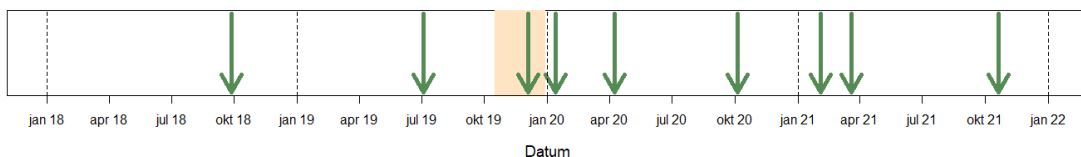
Om de aanwezigheid van zand van de suppletie op de percelen aan te kunnen tonen zijn er op de percelen monsters genomen met een steekbuis (c.f. Van Stralen, 2012). Op ieder bezaaid perceel is een monster genomen. De bemonstering is gedaan met een 6 meter lange aluminium buis met een pvc-kraan waaraan een doorzichtige steekbuis kan worden bevestigd (Figuur 23). Tijdens de bemonstering is een perspex steekbuis (Ø 5 cm) in de bodem van een perceel gestoken met behulp van de 6 meter lange aluminium 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 die is gearhiveerd. 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. Ook 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 23: 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 bemonstering met de steekbuizen is uitgevoerd op negen momenten, waarvan 2 momenten voor de aanleg van de suppleties (Figuur 24). In februari 2021 is er een uitgebreide bemonstering uitgevoerd op de percelen aan de noordzijde (Hammengeul) omdat er vermoedens waren bij de kwekers dat er zand van de suppletie op de percelen terecht was gekomen.



Figuur 24: Tijdsbalk met de momenten van de bemonstering met de steekbuis (groene pijlen). De periode waarin de suppleties zijn uitgevoerd is aangegeven met de oranje band.

De bemonstering is onderdeel van de zogenaamde "vinger aan de pols monitoring" (Wijsman en Kraan, 2017) om het systeem in de gaten te houden en te kijken of er geen onvoorziene effecten optreden die schadelijk kunnen zijn voor de kweekpercelen. Er is slechts op een beperkt aantal momenten gemeten op een beperkt aantal locaties waardoor het niet zinnig is om de resultaten statistisch te analyseren.

4.3 Resultaten

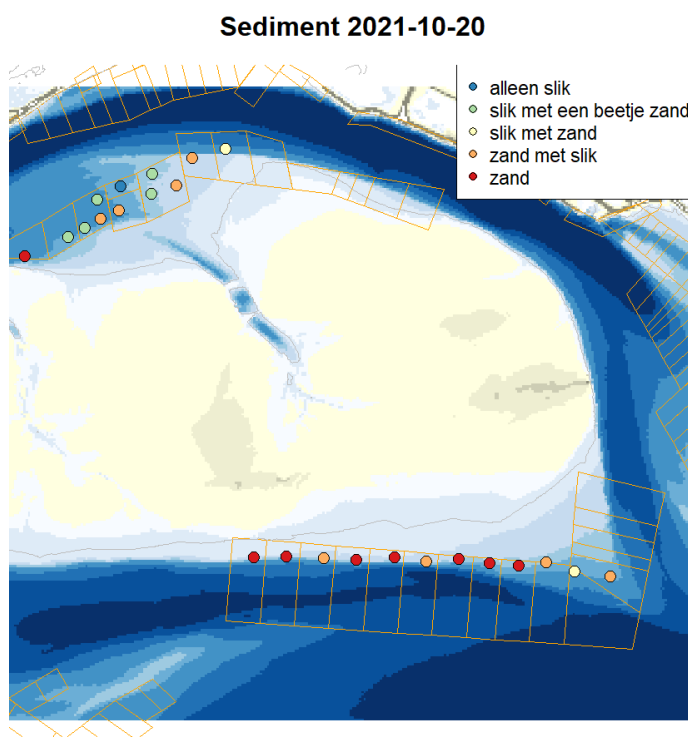
In totaal zijn er 234 monsters genomen met de steekbuis (Tabel 1). De bemonstering van 3 februari heeft zich beperkt tot 3 percelen aan de noordzijde van de Roggenplaat. In Figuur 25 is een voorbeeld van de ruimtelijke verspreiding van de monsterpunten. De percelen aan de noordzijde zijn relatief ondiep en kunnen relatief eenvoudig worden bemonsterd met de steekbuis. Aan de zuidzijde wordt het al snel te diep (> 6 meter waterdiepte), waardoor alleen de ondiepe delen van de percelen konden worden bemonsterd. De ondiepere delen van deze percelen waren niet altijd bezaaid met mosselen.

Tabel 1

Overzicht van de monsters met de steekbuis

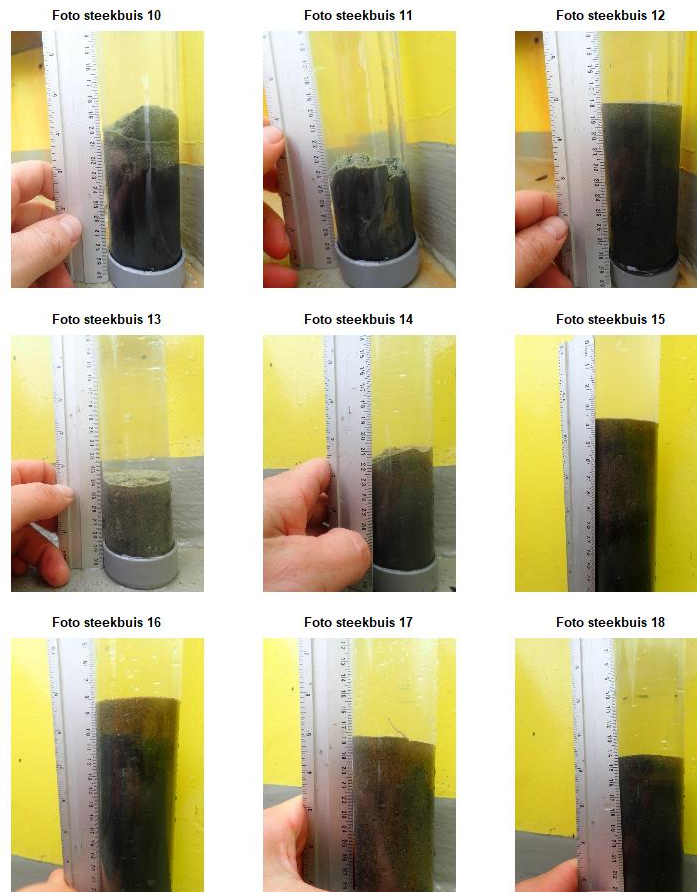
Datum	# monsters
27 september 2018	16
4 juli 2019	14
4 december 2019	20
13 januari 2020	27
8 april 2020	22
5 oktober 2020	20
3 februari 2021	69 ¹
19 maart 2021	22
20 oktober 2021	24

¹uitgebreide bemonstering



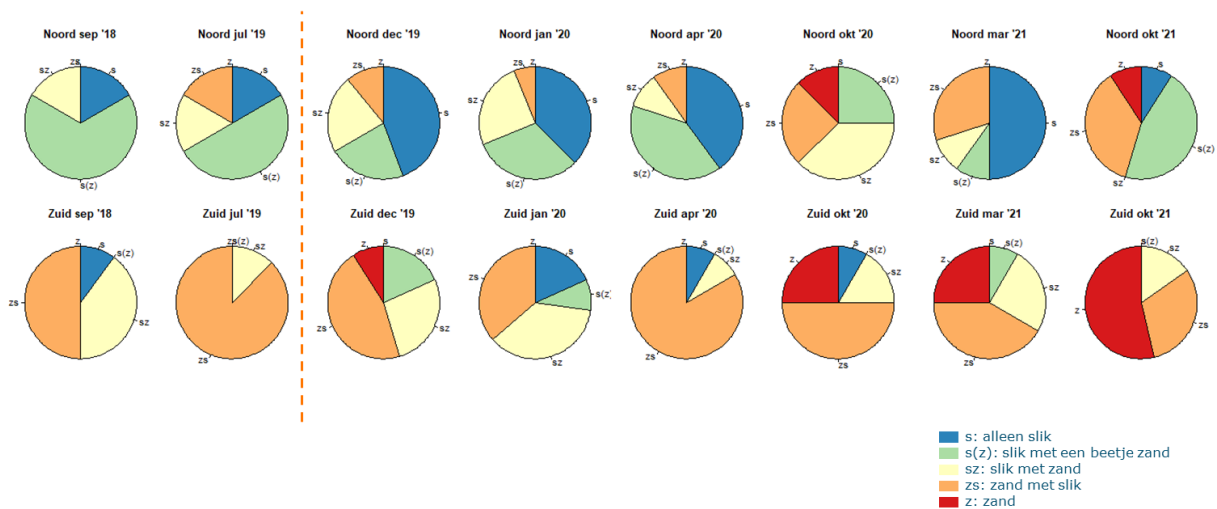
Figuur 25: Voorbeeld van de resultaten van de bemonstering met steekbuizen die is uitgevoerd in oktober 2021.

Figuur 26 geeft een voorbeeld van de foto's die van iedere steekbuis is genomen. Te zien is dat het niet mogelijk was om de steekbuis overal even diep in het sediment te steken. Ook is te zien dat de bovenste (aerobe) laag vaak lichter van kleur is dan de diepere (anaerobe) laag. In geen van de steekbuizen is visueel grof zand aangetroffen.

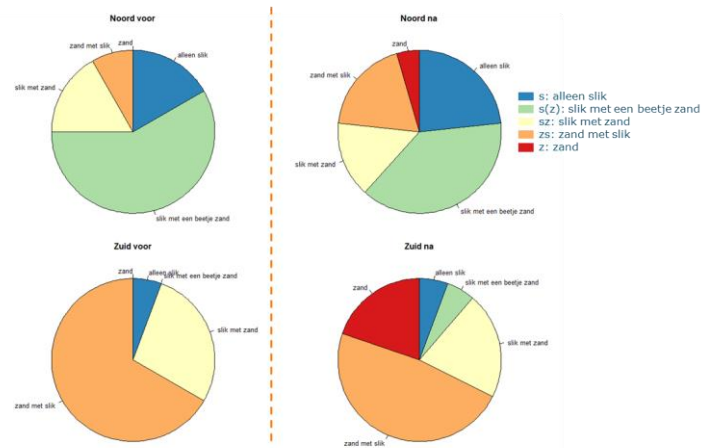


Figuur 26: Voorbeeld van foto's die zijn gemaakt en gearchiveerd van de steekbuizen uit de bemonstering van oktober 2021.

Figuur 27 laat zien dat er veranderingen optreden in de sedimentsamenstelling over de tijd. Deels heeft dit te maken met de aanwezigheid van mosselen op de locatie waar de steekbuis is gestoken. De mosselen vangen namelijk slib uit de waterkolom met hun kieuwen en zetten dat af op de bodem. Aan de zuidzijde van de Roggenplaat is er meer zand aangetroffen in de monsters (Figuur 27 en Figuur 28). Dit heeft voor een belangrijk deel te maken met het feit dat de monsters zijn genomen in de ondiepere delen waar weinig of geen mosselen zijn uitgezaaid.

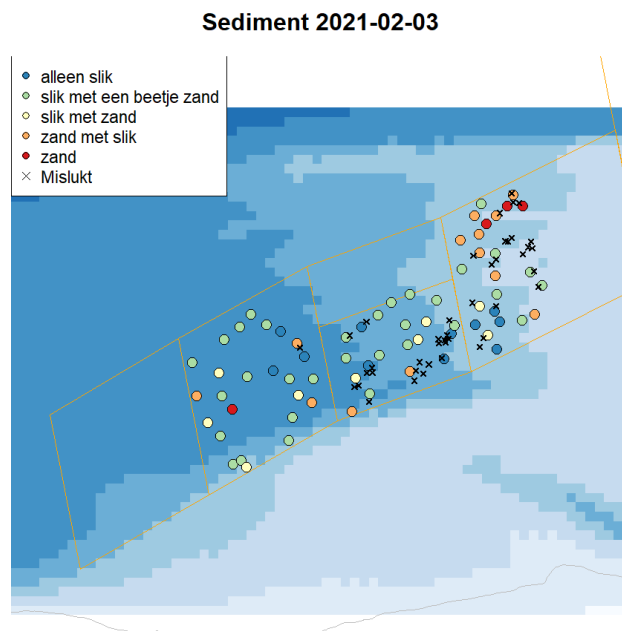


Figuur 27: Verdeling sedimentklassen over de monsters voor de verschillende momenten van bemonstering. Bovenste rij, percelen aan de noordzijde van de Roggenplaat en onderste rij percelen aan de zuidzijde van de Roggenplaat De oranje lijn geeft het moment van suppleren.



Figuur 28: Verdeling sedimentklassen over de monsters vóór (links van de oranje lijn) en ná (rechts van de oranje lijn) de aanleg van de suppleties. Bovenste rij, percelen aan de noordzijde van de Roggenplaat en onderste rij percelen aan de zuidzijde van de Roggenplaat.

Figuur 29 geeft een overzicht van de resultaten van de uitgebreide bemonstering die heeft plaatsgevonden op 3 februari 2021. In totaal zijn er die dag 69 locaties bemonsterd. Door middel van kruisjes is in deze figuur aangegeven waar de monsternamen was mislukt. Het kan zijn dat de bodem daar te hard was zodat de steekbuis niet diep genoeg in de bodem kon worden gestoken of dat de bodem te zandig was waardoor het zand uit de steekbuis is gelopen. Van de 69 sedimentproeven waren er 4 gekarakteriseerd als zand en 13 als zand met slijk. Dit wijkt niet sterk af van de reguliere metingen die zijn uitgevoerd op de percelen.



Figuur 29: Resultaten van de uitgebreide sedimentbemonstering in februari 2021 op de percelen aan de noordzijde van de Roggenplaat.

5 Onderwateropnames op de percelen

5.1 Doel

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 losliggen, 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.

5.2 Aanpak

Er zijn opnamen gemaakt van de percelen met een onderwatercamera die bevestigd is aan een frame. Vanaf een boot is het frame neergelaten op het perceel en als deze op de bodem staat is er een foto genomen van een vast oppervlak. Op iedere locatie zijn 5 foto's genomen. Het idee was om van iedere foto de bedekking met mosselen te bepalen en het aantal krabben en zeesterren te tellen. Bij de uitvoering bleek echter dat de kwaliteit en daarmee de bruikbaarheid van de opnamen sterk afhankelijk zijn van het zicht onderwater (Figuur 30).

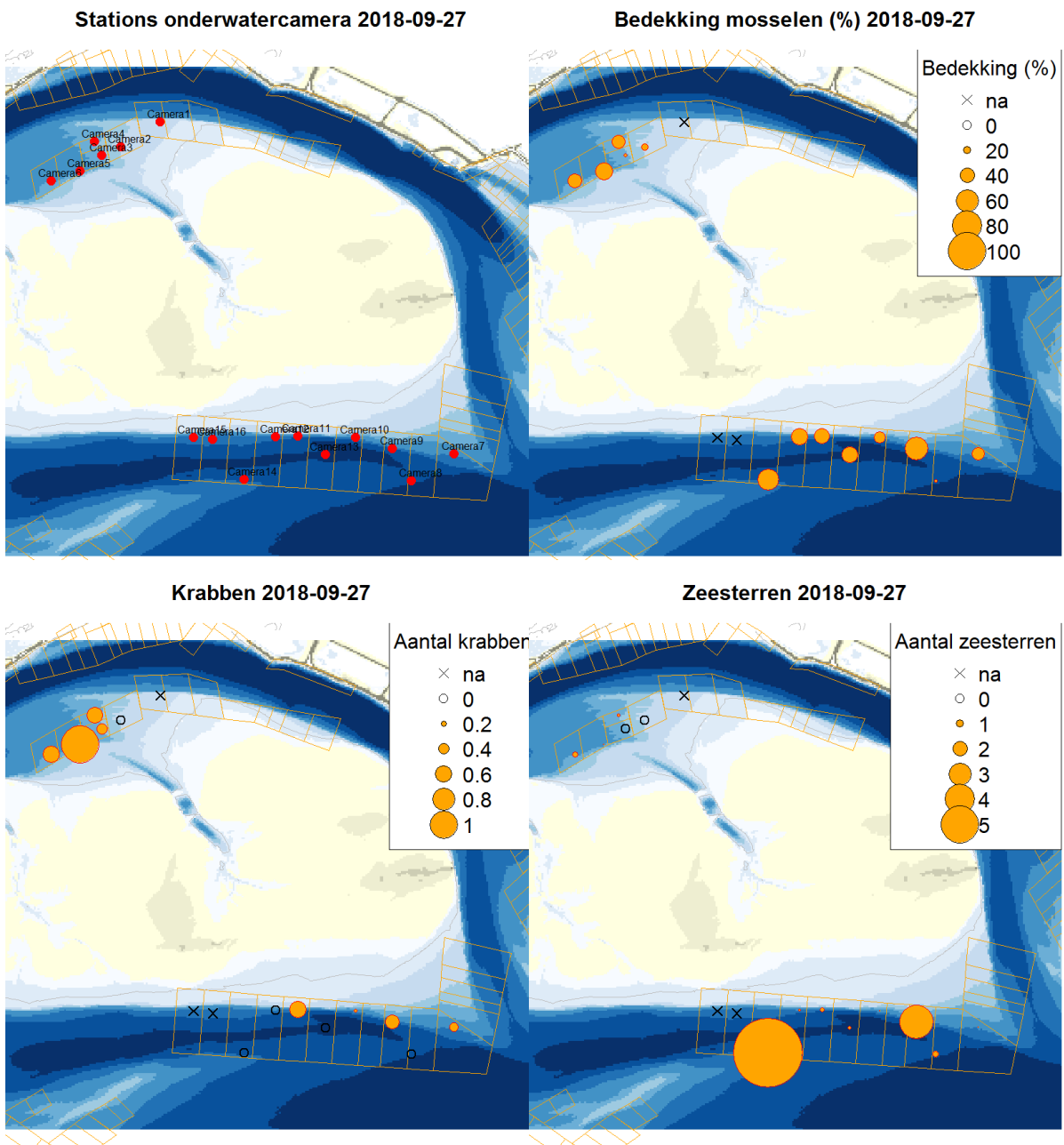


Figuur 30: Voorbeelden van foto's met de onderwatercamera bij goed zicht (links) en slecht zicht (rechts).

Ook deze bemonstering is onderdeel van de zogenaamde "vinger aan de pols monitoring" (Wijsman en Kraan, 2017) om het systeem in de gaten te houden en te kijken of er geen onvoorziene effecten optreden die schadelijk kunnen zijn voor de kweekpercelen. Er is slechts op een beperkt aantal momenten gemeten op een beperkt aantal locaties waardoor het niet zinnig is om de resultaten statistisch te analyseren.

5.3 Resultaten

De bemonsteringen zijn uitgevoerd op 27 september 2018, 4 juli 2019 en 8 april 2020. Doordat het zicht onder water de meeste keren onvoldoende was om bruikbare opnamen te maken was het niet mogelijk om deze kwantitatief te analyseren. Van de bemonstering op 27 september 2018 was het nog wel mogelijk om ruimtelijke kaartjes te maken (Figuur 31).



Figuur 31: Locaties, mosselbedekking, aantal krabben en aantal zeesterren op 27 september 2018. Bij een kruisje waren de foto's van onvoldoende kwaliteit.

6 Conclusies en discussie

6.1 Conclusies

De resultaten van de monitoring die is uitgevoerd en gepresenteerd in deze rapportage laten geen aanwijzingen zien die wijzen op schade op de omliggende mosselpercelen door de aanleg van de suppleties op de Roggenplaat.

De ontwikkeling van de mosselen op de percelen rond de Roggenplaat is gevolgd door middel van perceelbemonsteringen die maandelijks tot 2-maandelijks zijn uitgevoerd van april 2018 tot en met december 2021. De resultaten van de bemonsteringen zijn zo snel mogelijk (binnen 1 á 2 dagen na bemonstering) teruggekoppeld naar de betreffende kwekers zodat deze een actueel overzicht hadden van de situatie. Dit is zeer gewaardeerd door de kwekers en heeft geleid tot meer betrokkenheid bij de monitoring. De resultaten van de perceelmonitoring laten zien dat de mosselen op de percelen aan de noordzijde van de Roggenplaat doorgaans groter zijn en een hoger vleespercentage hebben dan de mosselen aan de zuidzijde van de Roggenplaat. Het gemiddelde vleespercentage in de 2 jaar na de suppletie is hoger dan in de 2 jaar voor de suppletie. In juni-september 2019 is er grote sterfte waargenomen op de mosselpercelen rond de Roggenplaat. Deze sterfte kan niet worden toegediend aan de suppletiewerkzaamheden omdat het plaatsvond in de maanden voorafgaand aan de suppletiewerkzaamheden en omdat de sterfte in dat jaar ook is opgetreden in de rest van de Oosterschelde (Capelle et al., 2021).

De veilinggegevens laten zien dat de percelen rond de Roggenplaat, in het bijzonder de percelen aan de noordzijde in de monding van het Middengeultje (blok 3), behoren tot de beste percelen van de Oosterschelde. De meeste percelen van perceelblok 3 zijn nog niet zo heel lang in gebruik. De vleespercentages van de mosselen van perceelblok 3 zijn over het algemeen beter dan de vleespercentages van de mosselen aan de zuidzijde van de Roggenplaat (blok 6). In de 2 jaar na de aanleg van de suppleties waren de vleespercentages van de mosselen van de percelen rond de Roggenplaat beter dan gemiddeld in de 5 jaar voor de aanleg van de suppleties. Dit was ook het geval voor de rest van de Hammen percelen en komt deels door het extreem goede seizoen 2021_2022, waarin het gemiddelde vleespercentage van de mosselen uit de Hammen percelen (blok 1 tot en met 9) 31.3 procent was. De toename van de vleespercentages van de mosselen van de percelen aan de zuidzijde (blok 6) was zelfs meer dan de toename van de vleespercentages in de rest van de Hammen percelen. De vleespercentages zoals ze worden geregistreerd aan de veiling variëren ruimtelijk en van jaar tot jaar, afhankelijk van de omgevingscondities, de beschikbaarheid van mosselen en de vraag vanuit de markt. Dit heeft gevolgen voor de power van de analyse (Wijsman, 2017). De veilinggegevens laten op korte termijn geen schadelijke effecten zien. De power analyse die eerder is uitgevoerd door Wijsman (2017) laat zien dat er ongeveer 45 onafhankelijke leveringen nodig zijn om een verschil van 1 procentpunt in vleespercentage statistisch aan te kunnen tonen. Om te onderzoeken of er op langere termijn effecten zijn meerdere jaren aan gegevens nodig. Deze worden verzameld op de mosselveiling en zouden indien nodig nader kunnen worden geanalyseerd indien er in de toekomst aanleiding toe is.

De 'vinger aan de pols' monitoring met steekbuizen en onderwatercamera zijn beperkt in ruimte en tijd uitgevoerd waardoor de power beperkt is. Daarnaast was een groot deel van de onderwaterbeelden niet geschikt voor analyse vanwege de troebelheid van het water. Toch geeft de bemonstering met steekbuizen op een snelle en eenvoudige manier een beeld van de bodemgesteldheid op een perceel. De monitoring met de onderwatercamera zou nog moeten worden verbeterd zodat er meer bruikbare beelden beschikbaar komen. De verzamelde resultaten geven geen duidelijke aanwijzingen van de aanwezigheid van (grof) zand, dat afkomstig kan zijn van de suppletie, op de percelen.

6.2 Discussie en aanbevelingen

Het feit dat er op basis van deze monitoring geen effecten konden worden aangetoond, wil niet zeggen dat er geen (negatieve) effecten zijn opgetreden. Het is alleen niet te zien in de gegevens zoals die zijn verzameld in het kader van de monitoring die is uitgevoerd in het kader van voorliggend onderzoek. Vanuit kwekers zijn er wel berichten gekomen bij RWS en WMR dat er in de Hammengeul verhoogde concentraties zwevend stof zijn waargenomen tijdens en vlak na de werkzaamheden. Ook waren er na de werkzaamheden meldingen van zand op de percelen in de monding van het Middengeultje en problemen bij het schoonvissen van het perceel. Een kweker heeft aangegeven dat de kwaliteit van een klein deel van zijn perceel is afgenomen na de werkzaamheden. Na melding zijn, in het kader van de zogenaamde calamiteitenmonitoring, waar mogelijk inspecties en aanvullende metingen uitgevoerd en gerapporteerd (e.g. Wijsman, 2020).

Voor eventuele toekomstige suppleties is het aan te bevelen om in ieder geval de perceelbemonstering en de analyse van de veilinggegevens uit te voeren zoals het in deze studie is gedaan. Dit geeft een goed inzicht in het gebruik en kwaliteit van de percelen en de ontwikkeling over de tijd. Ook leidt dit tot een goede betrokkenheid van de kwekers bij de monitoring. De bemonstering met de steekbuizen is een eenvoudige en daarmee goedkope methode om de aanwezigheid van zand op de percelen te onderzoeken. De methode is echter alleen bruikbaar op percelen met een waterdiepte van minder dan 5 meter. Het is van belang dat op deze ondiepe delen ook daadwerkelijk worden gebruikt voor de kweek van mosselen. Het bleek niet eenvoudig om bruikbare opnamen te maken met de onderwatercamera omdat het zicht vaak onvoldoende was. Voor het vervolg zou de methode dienen te worden geoptimaliseerd en zou er ook moeten worden gekeken naar de mogelijkheden van het gebruik van een slede met camera.

7 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Literatuur

- Anonymous (2009). Passende beoordeling ten behoeve van de aanleg van een aantal nieuwe mosselpercelen in de Oosterschelde. Agonus Fisheries Consultancy, Holstein Consultancy. 26 paginas.
- Capelle, J.J., A. Blanco-Garcia, P. Kamermans, M.Y. Engelsma en H.M. Jansen (2021). Observations on recent mass mortality events of marine mussels in the Oosterschelde, the Netherlands. *Aquaculture International* 29:1737-1751.
- De Ronde, J.G., J.P.M. Mulder, L.A. Van Duren en T. Ysebaert (2013). Eindadvies ANT Oosterschelde. Deltares. Rapport nummer: 1207722-000-ZKS-0010. 78 paginas.
- Lievensse, 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. 42 paginas.
- Van Stralen, M. (2012). Monitoring effecten zandsuppletie Schelphoek 2011. Bodemonderzoek mosselpercelen Hammen 29 en 30. MarinX. Rapport nummer: 2012.114. 9 paginas.
- Van Zanten, E. en L.A. Adriaanse (2008). Verminderd getij. Verkenning naar mogelijke maatregelen om het verlies van platen, slikken en schorren in de Oosterschelde te beperken. Rijkswaterstaat, Middelburg. 80 paginas.
- W&B (2013). MIRT-verkenning Zandhonger Oosterschelde. Ontwerp-structuurvisie. Witteveen & Bos / Bureau Waardenburg bv. 22 paginas.
- Wallis, B., S.C. Van Donk, A. Hamer, J.W.M. Wijsman, T. Ysebaert, E. Rurangwa, L. De Vet, J. Van der Werf en A. Slager (2021a). Roggenplaatsuppletie (Oosterschelde): ontwikkelingen 2015-2019 (T0). Wageningen Marine Research, Yerseke. Rapport nummer: C017/21. 113 paginas.
- Wallis, B., S.C. Van Donk, A. Hamer, J.W.M. Wijsman, T. Ysebaert, E. Rurangwa, L. De Vet, J. Van der Werf, J. Van Dalen, T. Bouma en A. Slager (2021b). Roggenplaatsuppletie (Oosterschelde): ontwikkelingen voor (T0: 2015-2019) en het eerste jaar na aanleg (T1: 2020) van de suppleties. Wageningen Marine Research, Yerseke. Rapport nummer: C038/21. 168 paginas.
- Wijsman, J.W.M. (2017). Poweranalyse van de vleespercentages van mosselen aan de veiling. Onderzoek naar de mogelijkheden om eventuele effecten van de Roggenplaatsuppletie op de mosselkweek aan te tonen aan de hand van de veilingdata. Wageningen Marine Research. Rapport nummer: C114/17. 34 paginas.
- Wijsman, J.W.M. (2020). Inspectie zand op percelen H68D en H69 aan de Roggenplaat. Wageningen Marine Research. 4 paginas.
- Wijsman, J.W.M. en M. Kraan (2017). Plan van aanpak risicomonitoring Roggenplaatsuppletie; Monitoring effecten op de nabijgelegen mosselkweekpercelen. Wageningen Marine Research, Yerseke. Rapport nummer: C037.17. 51 paginas.
- Wijsman, J.W.M., T. Schellekens, M. Van Stralen, J.J. Capelle en A.C. Smaal (2014). Rendement van mosselkweek in de westelijke Waddenzee. IMARES. Rapport nummer: C047/14. 79 paginas.
- Ysebaert, T., J. Van der Werf, L. De Vet en T. Bouma (2017). Monitoringsplan Roggenplaat suppletie. Center of Expertise Delta Technology.

Verantwoording

Rapport C014/23

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. B. Walles
Senior onderzoeker Delta ecologie


Handtekening:



Datum: 17-04-2023

Akkoord: Dr. Ir. T.P. Bult
Directeur Wageningen Marine Research

Handtekening:



Datum: 17-04-2023

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

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.

Bezoekers adres:

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



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'
