



De Filipijnse tapijtschelp als mogelijke voedselbron voor vogels in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer

Auteur(s): Susanne van Donk, Mardik Leopold, Douwe van den Ende, Martijn Keur, Afra Asjes

Wageningen University &
Research rapport C004/23

De Filipijnse tapijtschelp als mogelijke voedselbron voor vogels in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer

Susanne van Donk, Mardik Leopold, Douwe van den Ende, Martijn Keur, Afra Asjes

Wageningen Marine Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Visserij Monitoring' (projectnummer BO-43-119.01-032)

Wageningen Marine Research
Den Helder, maart 2023

Wageningen Marine Research rapport C004/23

Keywords: tapijtschelp, scholekster, Oosterschelde, voedselvoorziening

Opdrachtgever: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
T.a.v.: dhr. J.M.M. Kouwenhoven
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

BO-43-119.01-032

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/588927>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Mardik Leopold

© 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
gevolg schade, 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 Probleemstelling	5
2 Methoden	7
2.1 Vogeltellingen op schelpdierbanken in de Oosterschelde	7
2.1.1 Laagwatertellingen Delta Milieuprojecten Oosterschelde: Zandkreek, Galgeplaat en Dortsman	7
2.1.2 Laagwatertellingen Wageningen Marine Research Oosterschelde: Schelphoek, Neeltje-Jans, Zeelandbrug ,Tholen-west, Tholen-oost	9
2.2 Dieetonderzoek door middel van DNA analyse	10
2.2.1 Bemonsteringsmethode	10
2.2.2 DNA lab procedure	10
3 Resultaten	12
3.1 Potentie gebieden met lage dichtheden kokkels in de Oosterschelde	12
3.2 Vogeltellingen op schelpdierbanken in de Oosterschelde	12
3.2.1 Samenstelling schelpdierbanken Waddenzee vs. Oosterschelde	12
3.2.2 Deelgebieden Roggenplaat, Zandkreek, Galgeplaat en Dortsman	13
3.2.3 Deelgebieden Schelphoek, Neeltje-Jans, Zeelandbrug ,Tholen-west, Tholen-oost	13
3.3 DNA analyse feces Oosterschelde	16
3.3.1 Controles en gebruikte monsters	16
3.3.2 DNA prooisoorten	18
3.4 Grevelingenmeer	22
4 Conclusies en aanbevelingen	25
5 Kwaliteitsborging	28
Literatuur	29
Verantwoording	31

Samenvatting

In de Oosterschelde geldt voor de visserij op kokkels een voedselreserveringsbeleid ten aanzien van de scholekster. De aantallen (overwinterende) scholeksters in de Oosterschelde bevinden zich al sinds circa 2005 onder de vigerende instandhoudingsdoelstelling en deze vertonen bovendien een dalende trend. Het voedselreserveringsbeleid is vooral gestoeld op de voorraden kokkels in de Oosterschelde, een prooi-soort die altijd erg belangrijk was voor scholeksters in de Oosterschelde. Ook met de kokkels gaat het niet goed: de bestanden lopen terug, onder meer door soms massale zomersterftes bij extreem warm weer. Hier staat tegenover dat er een nieuwe prooi-soort zich heeft gevestigd in de Oosterschelde: de Filipijnse tapijtschelp, een invasieve exoot. Inmiddels naderen de aantallen tapijtschelpen de aantallen kokkels. Uit onderzoek in Engeland is gebleken dat scholeksters net zo efficiënt tapijtschelpen kunnen eten als kokkels. Het ligt dus voor de hand om deze tapijtschelpen te gaan betrekken bij het beleid van voedselreservering. Hiervoor moet echter wel eerst worden vastgesteld dat de scholeksters tapijtschelpen eten in de Oosterschelde en of deze nieuwe prooi-soort dus de kokkel (deels) kan vervangen of aanvullen.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is eenmalig een dieetonderzoek gedaan, door feces van scholeksters te verzamelen op 15 hoogwatervluchtplaatsen rond de Oosterschelde in maart 2022. Deze monsters zijn onderzocht op DNA van prooien. Hierbij staat 1 feces monster gelijk aan het dieet van 1 scholekster. DNA van mosselen bleek aanwezig in een grote meerderheid van de monsters (89%), terwijl respectievelijk 44% en 19% van de bemonsterde scholeksters (ook) tapijtschelpen en kokkels hadden gegeten. Op basis van deze eerste DNA-dieetstudie en de ontwikkelingen in de bestanden van mosselen, kokkels en tapijtschelpen op de droogvallende platen van de Oosterschelde waar de scholeksters hun voedsel zoeken, lijkt een aanpassing van het voedselreserveringsbeleid dus gewenst.

In dit rapport worden nog drie andere zaken besproken. In de Waddenzee is geconstateerd dat gemengde schelpdierbanken van oesters en mosselen aan scholeksters ook mogelijkheden bieden om te foerageren. De vraag is of scholeksters dergelijke banken in de Oosterschelde ook benutten. Het bleek echter dat "gemengde banken" in de Oosterschelde bijna geheel bestaan uit oesters en dat er maar zeer weinig scholeksters op deze banken foerageren. Een tweede vraag was, of de ondergrens van 50 kokkels per vierkante meter wadplaat, losgelaten zou kunnen worden in het voedselreserveringsbeleid. Hiervoor is geen nieuw onderzoek gedaan, maar op basis van literatuur en *expert judgement* kunnen we stellen dat een deel van de scholeksters, "specialisten" wel op lage kokkeldichtheden zal foerageren, maar dat dit vooral zal gebeuren als de betreffende kokkels zeer groot zijn, en/of gemengd voorkomen met andere prooien, zoals bijvoorbeeld tapijtschelpen. De bijdrage die kokkels in zeer lage dichtheden leveren aan de gemodelleerde voedselvoorraad zal echter zeer beperkt zijn.

Ook is gekeken of tapijtschelpen elders in de Delta, namelijk in het Grevelingenmeer, een voedselbron kunnen zijn voor vogels. In het Grevelingenmeer is geen getij en is het areaal droogvallende wadplaat afhankelijk van de wind, en zeer beperkt. Vogels die lopend hun voedsel zoeken, zoals meeuwen en steltlopers, hebben dus maar zeer beperkt toegang tot deze nieuwe voedselbron. Duikende eenden daarentegen, die op dieper water voedsel zoeken, kunnen wel altijd bij deze nieuwe voedselbron. Voorwaarde is wel dat de tapijtschelpen klein genoeg zijn om in hun geheel te worden ingeslikt door de eenden. In een situatie met een overvloedige broedval van tapijtschelpen in permanent onder water staande delen van het Grevelingenmeer, zouden tapijtschelpen dus een belangrijke voedselbron kunnen zijn voor eenden als brilduikers en kuifeenden.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De Filipijnse tapijtschelp (*Ruditapes philippinarum*) is enkele tientallen jaren geleden in Frankrijk, Engeland, Italië en Spanje geïntroduceerd voor schelpdierkweek en heeft zich midden jaren 2000 ook in Nederland gevestigd (Faasse & Ligthart 2008). De soort gedraagt zich als een invasieve exoot en is snel in aantal en biomassa toegenomen (Troost et al. 2021). De Filipijnse tapijtschelp heeft thans een biomassa in de Oosterschelde die vergelijkbaar is met die van de inheemse kokkel. Tapijtschelpen zouden gezien de voortgaande opwarming van de aarde zelfs mogelijk de functie van de kokkel in het ecosysteem gedeeltelijk kunnen overnemen aangezien ze mogelijk beter tegen hete zomers kunnen dan kokkels (Kamermans & Leopold 2021). In de Oosterschelde wordt op kokkels gevist, dat wil zeggen er mag op kokkels worden gevist als er voldoende kokkelvlees (150 kg/scholekster) voorradig is.

Een visserij op de Filipijnse tapijtschelp in de Oosterschelde is in 2020 mogelijk en rendabel gebleken. Omdat nieuwe vergunningaanvragen voor visserij op deze soort te verwachten zijn, wil LNV beleid ontwikkelen om deze bestanden op een verantwoorde wijze te beheren. Uit een globale voorverkenning naar het ecologische belang van deze soort (Smaal 2020) blijkt dat Filipijnse tapijtschelpen mogelijk ook een belangrijke rol kunnen spelen als voedsel voor steltlopers. In de intergetijdengebieden van de Oosterschelde gaat het specifiek om de scholekster. Of Filipijnse tapijtschelpen een belangrijke rol spelen als voedsel voor de scholekster hangt in hoge mate af van de profijtelijkheid voor scholeksters, met andere woorden: of tapijtschelpen voor scholeksters net zoveel opleveren als bijvoorbeeld kokkels of mosselen. Ook andere vogelsoorten eten mogelijk tapijtschelpen.

Met de scholekster gaat het niet goed in de Oosterschelde. Tellingen in het kader van het NEM (Netwerk Ecologische Monitoring, zie: <https://stats.sovon.nl/stats/gebied/1000118>) laten zien dat de aantallen van deze soort als sinds circa 2005 onder de instandhoudingsdoelstelling zitten in de Oosterschelde en dat de trend (nog steeds) dalend is met circa 5% per jaar. Vergunningen voor het opvissen van prooi-soorten van de scholekster dienen dus met extra voorzichtigheid in overweging genomen te worden.

In 2021 heeft Wageningen Marine Research (WMR) in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) een literatuurstudie uitgevoerd naar de mogelijke bijdrage van de Filipijnse tapijtschelp in de Oosterschelde aan de voedselvoorziening van scholeksters (*Haematopus ostralegus*) en of hierdoor de rekenregels voor de voedselreservering kunnen worden aangepast. Dit onderzoek is uitgevoerd onder BO43 Duurzame voedselvoorziening & -productieketens & Natuur (Kamermans and Leopold 2021). Op basis van deze rapportage kwamen vanuit LNV nog een aantal aanvullende vragen.

1.2 Probleemstelling

Uit een recente studie van Goss-Custard & Stillman (2020) zou blijken dat sommige scholeksters óók profijtelijk kunnen foerageren op kokkels, die voorkomen in lagere dichtheden dan 50 per m² (>10, <50 per m²). Hierbij werd wel aangetekend dat het wellicht gaat om enkele specialisten onder de scholeksters, en dat het bij lage kokkeldichtheden dan zou gaan om grote kokkels. Hierbij is een eerste vraag of er lagere dichtheden kokkels meegenomen kunnen worden om de voedselreservering te bepalen. In een overleg met Bruno Ens en Kees Rappoldt van Ecocurves BV zijn mogelijkheden besproken voor het aanpassen van het Webtics model en deze zijn in een adviesmemo aan de opdrachtgever gestuurd. Helaas bleek dit niet mogelijk te zijn en er is daarom een alternatieve aanpak om het huidige voedselreserveringsbeleid in de Oosterschelde aan te passen naar de huidige situatie

met de opkomst van de Filipijnse tapijtschelp voorgesteld. Dit voorstel is 17 oktober 2022 aan de opdrachtgever voorgelegd welke is geaccepteerd en op dit moment wordt uitgevoerd.

De tweede vraag gaat over het gebruik van gemengde schelpdierbanken in de Oosterschelde, die bestaan uit oesters en mosselen. Uit onderzoek in de Waddenzee (Waser et al. 2016) bleek dat scholeksters daar foerageren op gemengde schelpdierbanken met een voorkomen van gemiddeld 6,4 vogels per hectare. Met behulp van tellingen tijdens de winter van 2021-2022 en gebruik van eerder gegenereerde data op de Roggenplaat en op en rond de Galgeplaat is in deze rapportage onderzocht hoeveel scholeksters gemiddeld foerageren op gemengde schelpdierbanken in de Oosterschelde. Ook is de samenstelling van de gemengde banken in de Oosterschelde bepaald (% bedekking oester versus mossel).

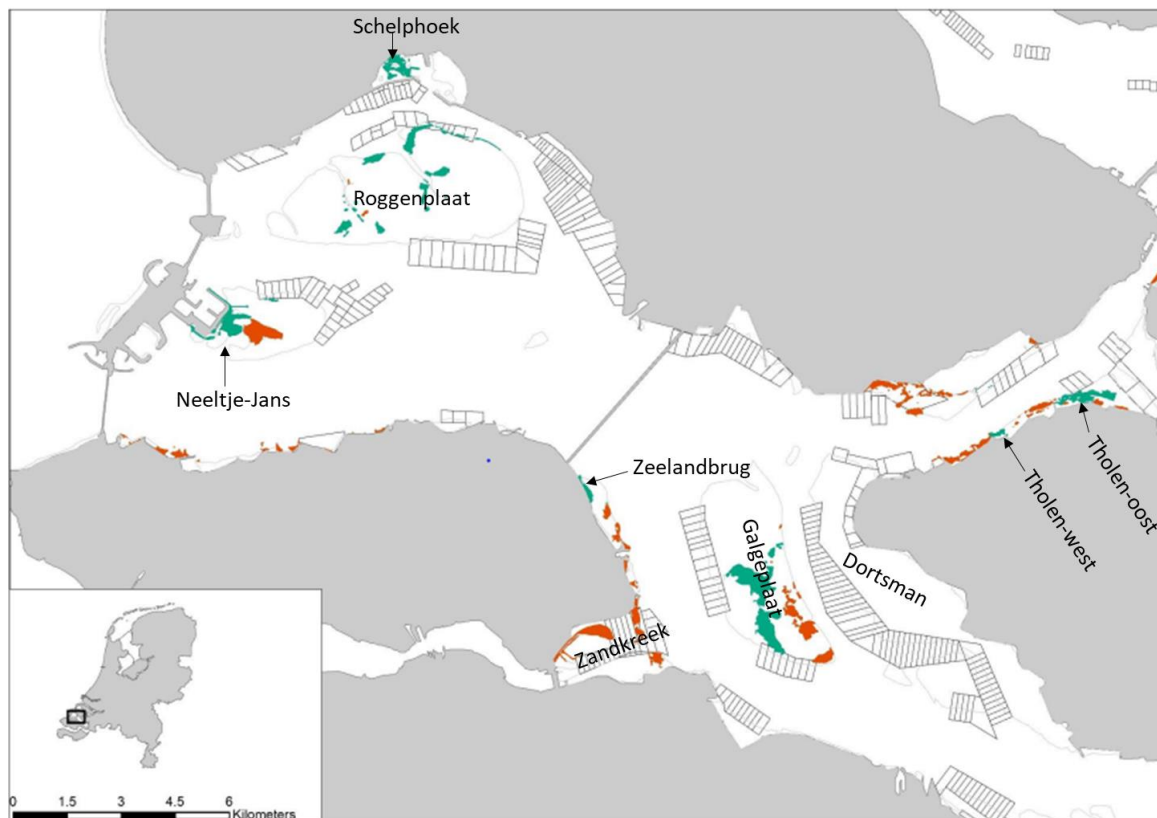
Voor een derde vraag is bekeken of de Tapijtschelp meegenomen kan worden als aanvullende voedselbron in de voedselreservering voor scholeksters. Onderzoek in Engeland (Caldow et al. 2007) heeft laten zien dat scholeksters daar inmiddels deze nieuwe soort met succes weten te exploiteren. In de Oosterschelde is dit echter nog niet vastgelegd. In eerste instantie is gepoogd deze vraag te beantwoorden door observaties te doen in het veld op plekken waar een jaar eerder veel tapijtschelpen bemonsterd waren. Dit bleek helaas niet mogelijk doordat scholeksters op veel plekken hun prooi in ondiep water openden en op grote afstand er geen onderscheid gemaakt kon worden tussen kokkels en tapijtschelpen. Daarom is besloten om deze vraag te beantwoorden door het uitvoeren van een DNA analyse op de uitwerpselen van scholeksters, verzameld op hoogwatervluchtplaatsen.

Tenslotte is er een korte literatuurstudie uitgevoerd om te bepalen of het Grevelingenmeer ook een bron van tapijtschelpen kan zijn voor de scholekster of andere vogelsoorten, zoals brilduikers.

2 Methoden

2.1 Vogeltellingen op schelpdierbanken in de Oosterschelde

Voor het berekenen van de aantallen scholeksters op schelpdierbanken is gebruik gemaakt van een aantal datasets. Ten eerste zijn laagwatertellingen gebruikt die zijn uitgevoerd door Deltamilieu projecten in opdracht van WMR en Rijkswaterstaat. Voor de Roggenplaat zijn tellingen uitgevoerd in 2015 tot en met 2021. Voor de Zandkreek, Galgeplaat en Dortsman zijn tellingen gedaan in 2021 en 2022. Daarnaast zijn er in de winter van 2021/2022 ook laagwatertellingen uitgevoerd door WMR. Voor de locatie van de schelpdierbanken in de Oosterschelde zijn ruimtelijke bestanden gebruikt die de vorm, geografische positie, oppervlakte en samenstelling bevatten (Figuur 1). In de Oosterschelde komen alleen oesterbanken en gemengde banken (een bank met oesters en minstens 5% mossel) voor en geen banken met alleen maar mosselen. De schelpdierbanken worden in kaart gebracht tussen februari en juni in het kader van jaarlijkse WMR monitorings-programma voor schelpdierinventarisaties in Nederland (van den Ende et al. 2020; Troost et al. 2021). De banken worden ingemeten door er met een gps omheen te lopen, waarbij ook de samenstelling wordt ingeschat.

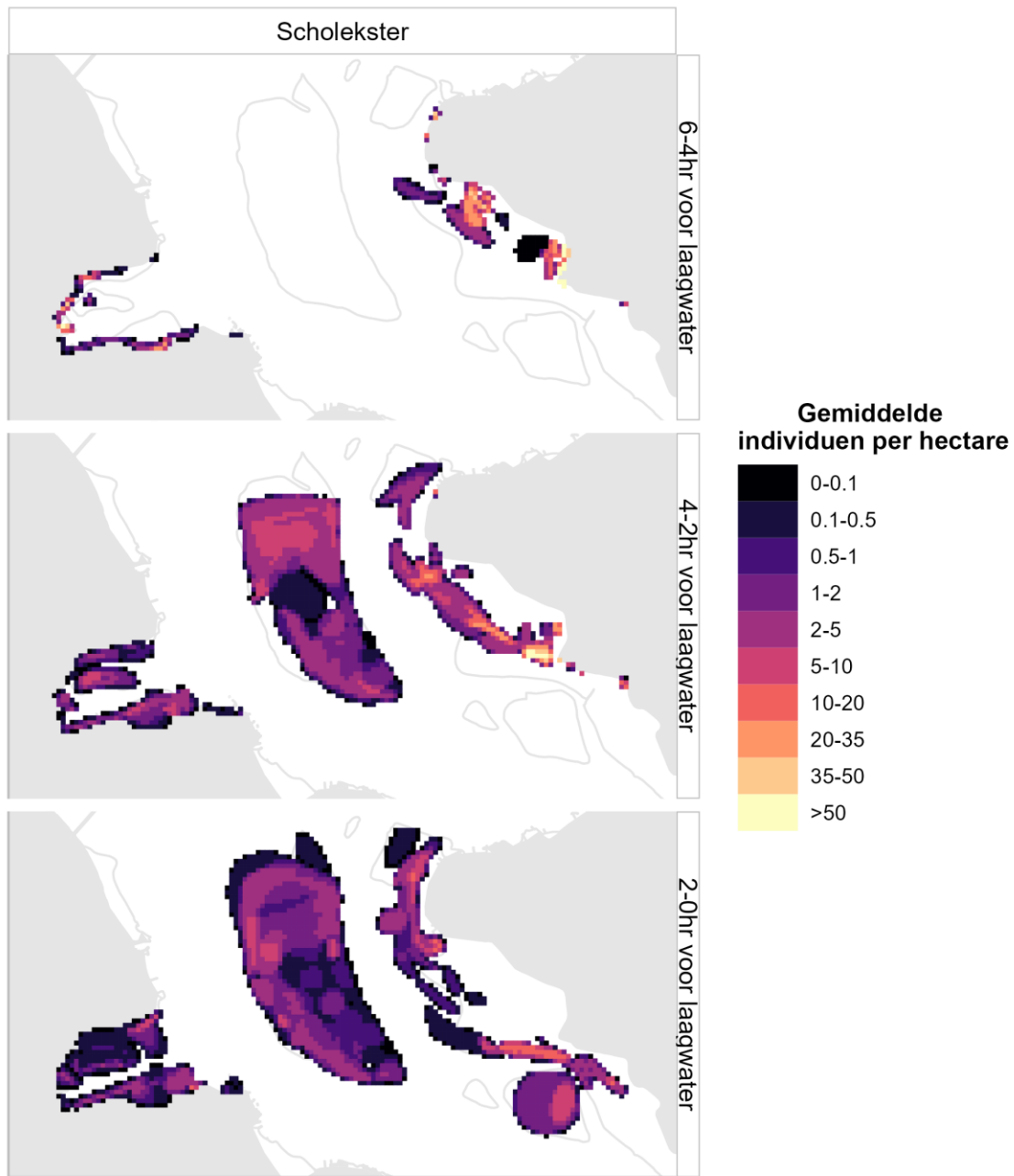


Figuur 1 Kaart van de schelpenbanken in de Oosterschelde (van den Ende et al. 2020) met alle getelde banken. De gemengde mossel/oester banken (met minstens 5% mossels) in groen en oesterbanken in oranje.

2.1.1 Laagwatertellingen Delta Milieuprojecten Oosterschelde: Zandkreek, Galgeplaat en Dortsman

Voor de vogeltellingen van de Roggenplaat Zandkreek, Galgeplaat en Dortsman is een selectie gemaakt van de tellingen van oktober tot en met februari. In deze periode zijn de aantallen scholeksters min of meer stabiel, alhoewel aantallen foeragerende scholeksters in februari soms al wat

afnemen op de Roggenplaat (van Donk et al. 2020; Walles et al. 2021). Deze tellingen zijn per teldag op drie momenten uitgevoerd, ~2 uur na hoogwater, ~4 uur na hoogwater en rond laagwater (het "telmoment"). Tellingen van de Roggenplaat zijn niet voor elk jaar compleet voor deze selectie aan maanden.



Figuur 2 Ruimtelijke verspreiding aantallen scholeksters per hectare in de winter van 2021-2022 (gemiddelde oktober tot en met februari). In deze periode zijn zowel Roggenplaat, Galgeplaat, platen van Dortsman en Zandkreek geteld. Galgeplaat is niet geteld 2hr na hoogwater, omdat de plaat dan nog zo goed als compleet onder water ligt.

De laagwatertellingen zijn verwerkt op een raster van 100 bij 100 meter met als maat het aantal scholeksters per hectare (Figuur 2). Deze aantallen bevatten zowel foeragerende als rustende scholeksters.

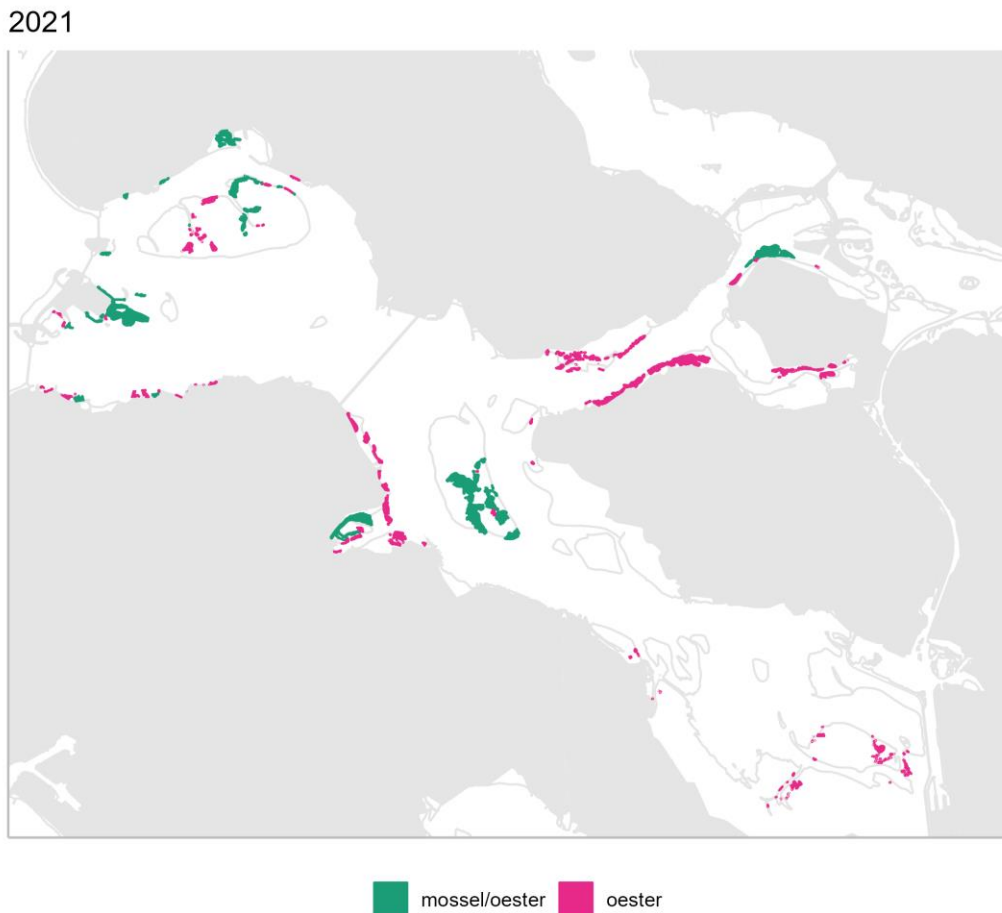
De aantallen scholeksters op banken zijn berekend in een aantal stappen. Eerst is voor elke scheldierbank, per jaar, een percentage overlap berekend met het raster van de vogeltellingen. Hierna is per rastercel berekend hoeveel vogels er op de betreffende scheldierbank zitten, uitgaande van een homogene verdeling van vogels over het rastercel, door het aantal scholeksters per rastercel te vermenigvuldigen met de proportie van de scheldierbank die overlapt met datzelfde rastercel. De aantallen vogels per maand zijn gemiddeld over de winter en gekoppeld aan de gegevens van de

schelpdierbanken (Troost et al. 2021) die verzameld zijn in de lente of zomer voor de telling. Tenslotte is het totaal aantal vogels berekend per deelgebied (Roggenplaat, Zandkreek, Galgeplaat of Dortsman), type bank (gemengd; mossel/oester of oester), jaar, maand en telmoment en gedeeld door het totale oppervlakte van deze banken in de verschillende deelgebieden. Dit resulteert in een aantal scholeksters per hectare per gebied per telmoment en datum.

2.1.2 Laagwatertellingen Wageningen Marine Research Oosterschelde: Schelphoek, Neeltje-Jans, Zeelandbrug, Tholen-west, Tholen-oost

In de winter van 2021/2022 zijn scholeksters op een aantal scheldierbanken langs de kust geteld. Dit zijn de gemengde banken bij Schelphoek, Neeltje-Jans, Zeelandbrug, Tholen-west en Tholen-oost. Bij deze banken is in de meeste gevallen drie keer per laagwater geteld; 2 uur voor, 1 uur voor en op laagwater. Ook is onderscheid gemaakt tussen foeragerende en rustende scholeksters en is genoteerd, waar mogelijk, of de scholeksters op schelpdieren zaten of op het slik tussen de schelpdieren. Vervolgens zijn de aantallen scholeksters gedeeld door de oppervlaktes van deze banken gemeten in 2021.

Tijdens de verwerking van de telgegevens zijn sommige banken alweer bezocht binnen de monitoring. De banken bij Tholen en de Zeelandbrug bleken toen niet meer geassocieerd te zijn als gemengde banken maar als oesterbanken (Figuur 3). De classificatie van banken kan fluctueren tussen jaren, omdat een bank al als gemengd wordt geassocieerd met een minimaal percentage van 5% mosselen over de gehele bank. De tellingen van deze banken zijn toch verwerkt, en kunnen gebruikt worden ter vergelijking met de gemengde banken.



Figuur 3 Nieuwste kaart (2021) van de scheldierbanken in de Oosterschelde. Gemengde mossel/oester banken hebben een bedekking van minstens 5% mossels en oesterbanken.

2.2 Dieetonderzoek door middel van DNA analyse

2.2.1 Bemonsteringsmethode

Omdat het onmogelijk bleek om in het veld te bepalen wat het relatieve aandeel is van de verschillende soorten schelpdieren in het dieet van de scholeksters in de Oosterschelde, is gekozen voor een andere aanpak. Op 15 verschillende hoogwatervluchtplaatsen rond de Oosterschelde zijn feces monsters verzameld van individuele scholeksters. Aan de hand van deze monsters is door DNA onderzoek nagegaan welke prooien ieder bemonsterd individu had gegeten.

Van 28 t/m 30 maart 2022 zijn er monsters genomen van individuele, verse scholeksteruitwerpselen op hoogwatervluchtplaatsen van scholeksters op verschillende plekken langs Oosterschelde. De monsters zijn allemaal genomen tussen hoogwater en vier uur na hoogwater, zodat de verzamelde uitwerpselen verteerd voedsel bevatten dat tijdens de voorafgaande laagwaterperiode is opgenomen. Op de hoogwatervluchtplaatsen werd gezocht naar "verse" nog natte uitwerpselen voor een optimale kwaliteit van het DNA. DNA in uitdrogende monsters raakt al snel gedegradeerd, wat de analyse moeilijker maakt. Daarnaast is van een uitwerpsel zoveel mogelijk de witte substantie vermeden, aangezien dat voornamelijk urinezuur bevat en minder prooi-DNA dan het donkere deel van de uitwerpselen.

Een gelokaliseerd vers uitwerpsel werd opgeschept met een schone plastic lepel en in een 5 ml buisje met 96% ethanol geconserveerd en werd daarna meteen opgeslagen in een koelbox. Ieder individueel monster is met een nieuw, schoon lepeltje verzameld. De monsters zijn daarna binnen 8 uur ingevroren.

2.2.2 DNA lab procedure

De feces monsters zijn geëxtraheerd met de Invitrogen™ PureLink™ Microbiome DNA Purification Kit. De methode is aangepast aan de hand van Verkuil et al. (2022). Om contaminatie te voorkomen zijn alle gebruikte materialen UV gesteriliseerd. Een negatieve controle voor de extractie is meegenomen om de zuiverheid van de extractiekit te testen en om cross-contaminatie tussen monsters te testen. Voor de PCR is het extract 10x verdund met nuclease-vrij water om inhibitors als urinezuren in concentratie te verlagen.

De PCR is opgezet in een DNA vrije ruimte, in een UV flow kabinet. Ieder monster is in triplo geamplificeerd om PCR bias te voorkomen en voor iedere PCR mastermix is een negatieve controle meegenomen om mogelijke contaminatie van de PCR reagentia in kaart te brengen. Iedere PCR bestond uit 7,5µl Thermo Scientific™ Phire MasterMix, 0,3µl Leray CO1 primer (10µM) en 0,3µl jGHCO1 primer, 1µl DNA extract en aangevuld tot 15µl met nuclease vrij water.

De PCR methode is uitgevoerd met initial denaturation van 94°C voor 3 minuten, 30 cycli van 94°C voor 10 seconden, 45°C voor 10 seconden, 70°C voor 20 seconden en final extension van 70°C voor 5 minuten. Hierna is het PCR product gecheckt op juiste amplificatie met standaard gel elektroforese methodiek.

Libraries zijn bereid met Ligation sequencing amplicons V10 methode (SQK-LSK110) en PCR barcoding kit 96 (PCB-096), volgens de methode van de fabrikant Oxford Nanopore Technologies Ltd., UK, met enkele kleine aanpassingen. De barcoding PCR is uitgevoerd met een totaal volume van 15µl met 0.3µl PCR barcode primer en 10-50ng PCR product. het PCR programma voor de barcoding PCR was als volgt; 95°C voor 180s, 15 cycli van 95°C voor 15s, 62°C voor 15s, 65°C voor 90s, gevolgd door een final extension op 65°C voor 180s.

Na de barcoding PCR is de monster-concentratie (ng/ul) gemeten met de Qubit HS kit, waarna monsters zijn gepooled in equimolaire ratio's. PCR producten zijn gesequenced met de Oxford Nanopore MinION methode, met een gemiddelde sequencing depth van 100.000 reads per barcode. Basecalling van de data is gedaan door middel van Guppy (Versie, 4.2.2 Oxford Nanopore Technologies Ltd., UK) in High Accuracy modus.

De bio-informatica is uitgevoerd door middel van de Decona (versie 1.3) pipeline. (<https://github.com/Saskia-Oosterbroek/decona>). Decona is gebruikt voor demultiplexing, read lengte filtering, kwaliteitsbepaling, clustering en het maken van Medaka consensus sequenties van ieder cluster met meer dan 10 sequenties.

De bio-informatica is uitgevoerd door middel van de Decona (versie 1.3) pipeline. (<https://github.com/Saskia-Oosterbroek/decona>). Decona is gebruikt voor demultiplexing, read lengte

filtering, kwaliteitsbepaling, clustering en het maken van Medaka consensus sequenties van ieder cluster met meer dan 10 sequenties. Sequenties zijn vervolgens vergeleken met NCBI standaard databases om tot soortbepaling te komen.

3 Resultaten

3.1 Potentie gebieden met lage dichtheden kokkels in de Oosterschelde

De gehanteerde ondergrens van een dichtheid van 50 kokkels per vierkante meter voor de voedselreservering is een pragmatische, voor het bepalen van de draagkracht (Goss-Custard & Stillman 2020). Een aanpassing van deze ondergrens verandert hooguit het aantal scholeksters dat verondersteld wordt te kunnen leven in de Oosterschelde. Het daadwerkelijke aantal is afhankelijk van de werkelijke draagkracht. Die verandert niet door de modelparameters te veranderen. Er zijn zeker situaties waarin (sommige) scholeksters profijtelijk kunnen foerageren bij kokkeldichtheden lager dan 50/m². Hierbij is wellicht vooral de grootte van de kokkels van belang: hoe groter de kokkels zijn, hoe lager de dichtheid kan zijn voor nog succesvol foerageren. Een tweede factor kan de aanwezigheid zijn van alternatieve prooien, zoals tapijtschelpen. Scholeksters die zowel kokkels als tapijtschelpen eten, en wellicht ook nog andere soorten tweekleppigen, kunnen toe met een relatief lage dichtheid aan kokkels, als deze samen gaat met een hogere dichtheid van de andere prooien. Als laatste is wellicht het sediment van belang. Is dit heel schoon (zand) dan zijn de schaarse kokkels wellicht makkelijker te lokaliseren dan in sediment waarin zich veel dode schelpen en schelpfragmenten bevinden. Hoeveel scholeksters daadwerkelijk kunnen omgaan met een lage dichtheid kokkels, of met zeer grote kokkels of een gemend dieet hebben, is onbekend (DNA onderzoek kan op dit laatste aspect licht op werpen!). De meeste scholeksters zijn voedselspecialisten, dus het is zeker niet zo dat alle scholeksters met alle verschillende omstandigheden kunnen omgaan, dus zelfs wanneer de ondergrens van 50 kokkels per vierkante meter naar beneden zou worden bijgesteld, geldt een nieuwe ondergrens maar voor een deel van alle vogels.

3.2 Vogeltellingen op schelpdierbanken in de Oosterschelde

3.2.1 Samenstelling schelpdierbanken Waddenzee vs. Oosterschelde

Op basis van de data verzameld in de jaarlijkse mossel- en oesterbestanden survey uitgevoerd door WMR (van den Ende et al. 2020) is het percentage mossel-, oester- en gemende banken bepaald in de Waddenzee en de Oosterschelde, zie Tabel 1. Het gemiddelde percentage over de periode 2013-2021 en het percentage in 2021 is weergegeven.

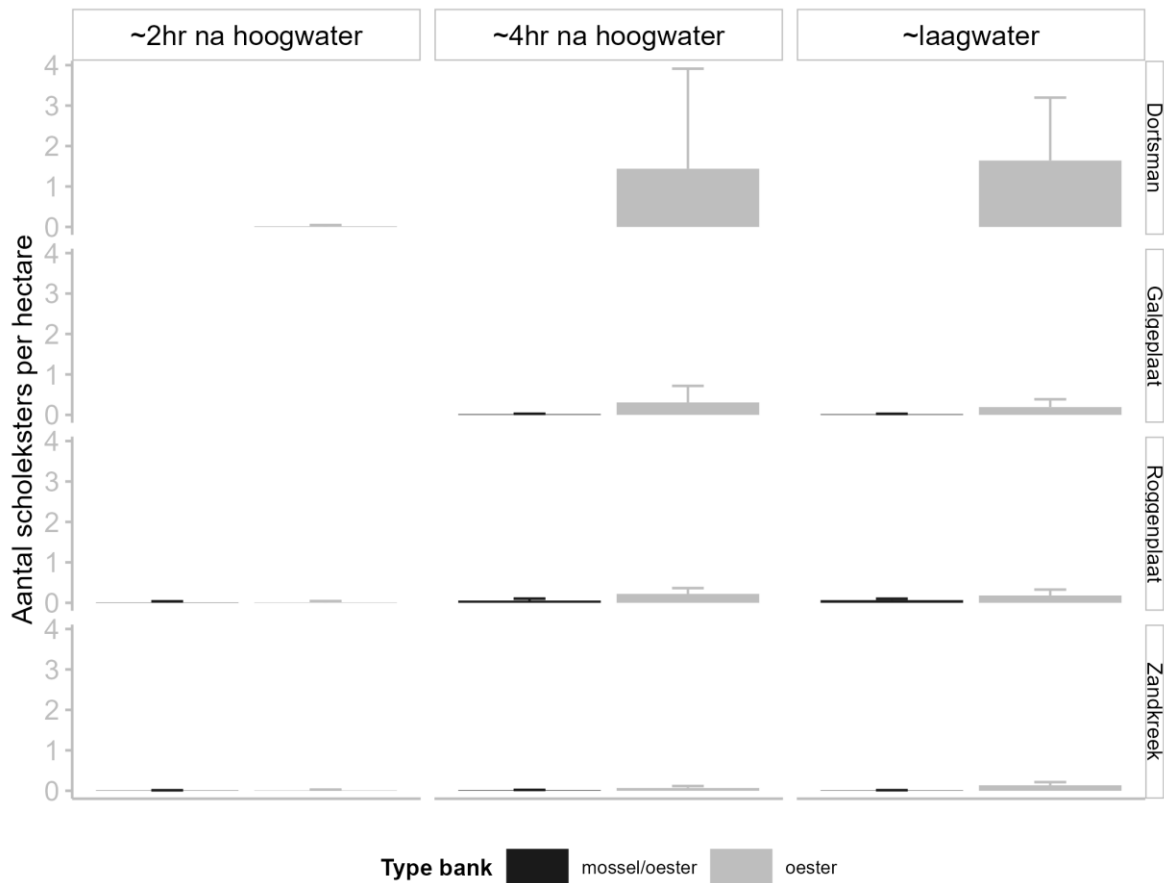
Tabel 1 Overzicht van het percentage voorkomen van gemengde, oester- en mosselbanken in de Oosterschelde en Waddenzee. Het gemiddelde van 2013-2021 en het percentage van 2021 is weergegeven.

	Oosterschelde		Waddenzee West		Waddenzee Oost		Waddenzee Totaal	
	2013-2021	2021	2013-2021	2021	2013-2021	2021	2013-2021	2021
Gemengde bank	55%	68%	59%	69%	36%	29%	45%	41%
Oesterbank	45%	32%	5%	5%	7%	12%	6%	10%
Mosselbank	0%	0%	36%	26%	57%	59%	49%	49%

Zoals eerder vermeld komen er geen mosselbanken voor in de Oosterschelde. Het aandeel gemengde banken in de Oosterschelde is iets toegenomen over de jaren richting 2021. In de Waddenzee zijn er voornamelijk gemengde en mosselbanken en weinig oesterbanken al lijken deze de laatste jaren toe te nemen in voornamelijk het oosten van de Waddenzee.

3.2.2 Deelgebieden Roggenplaat, Zandkreek, Galgeplaat en Dortsman

Het aantal scholeksters op de schelpdierbanken bij Dortsman, Galgeplaat, Roggenplaat en Zandkreek is over het algemeen kleiner dan één scholekster per hectare en in de meeste gebieden zelfs bijna nul (Figuur 4). Een uitzondering is Dortsman waar gemiddeld iets meer dan één scholekster per hectare is te vinden op of rond de oesterbanken die daar liggen. Echter zijn op de platen bij Dortsman maar twee kleine banken aanwezig (Figuur 3). Aantallen zijn vooral laag ~2 uur na hoogwater, maar dit is vertekend omdat dan nog niet alle scheldierbanken droog zijn komen te liggen.

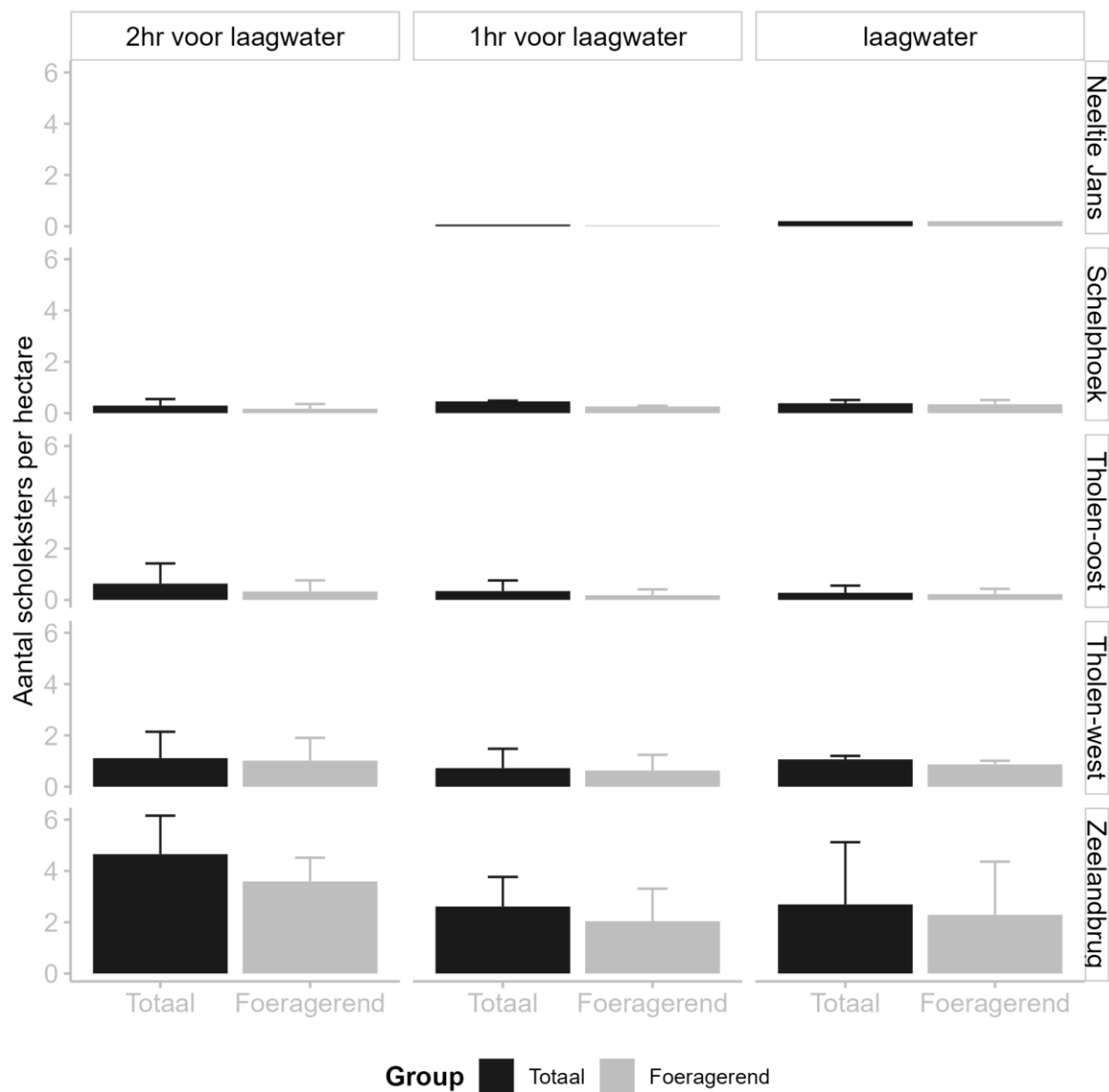


Figuur 4 Gemiddeld aantal (+standaard deviatie) scholeksters op de schelpdierbanken in de Oosterschelde per type bank. Galgeplaat is niet geteld 2hr na hoogwater, omdat de plaat dan nog vrijwel helemaal onder water ligt.

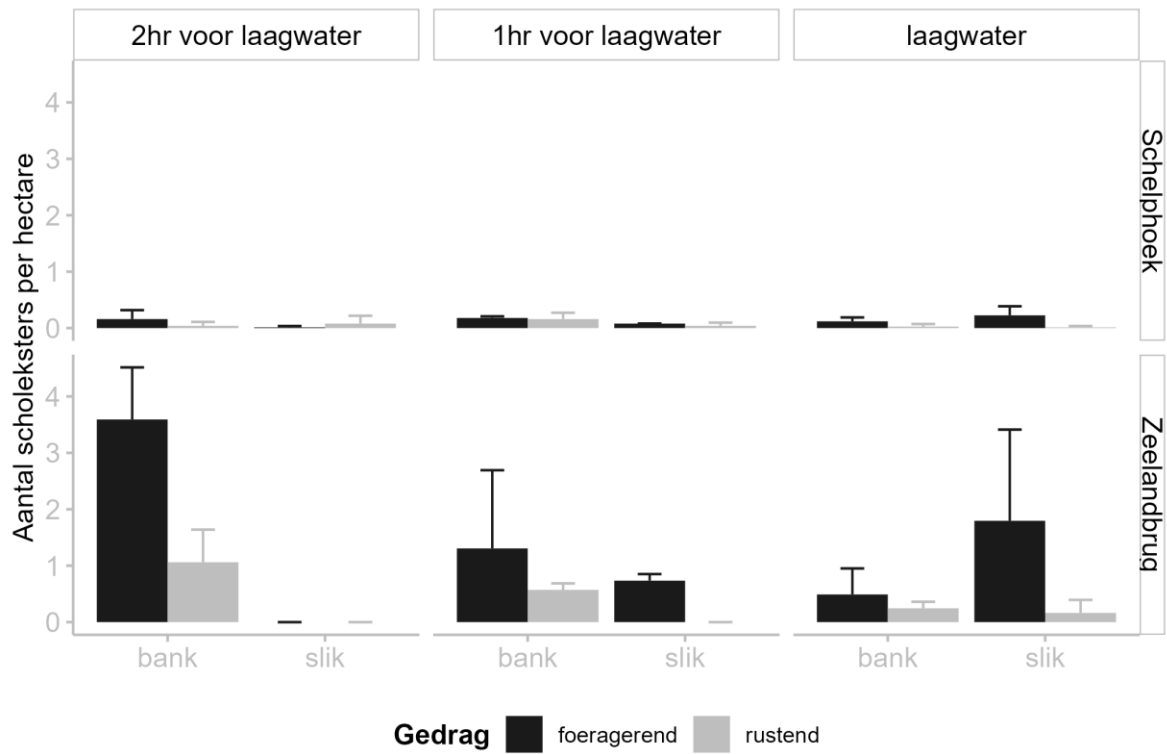
3.2.3 Deelgebieden Schelphoek, Neeltje-Jans, Zeelandbrug, Tholen-west, Tholen-oost

Het gemiddeld aantal scholeksters op de schelpdierbanken bij Neeltje Jans, Schelphoek en Tholen ligt tussen de 0 en 1 scholekster per hectare, met uitzondering van de bank bij de Zeelandbrug waar gemiddeld 3-4 scholeksters per hectare zijn geteld (Figuur 5). Echter bleek deze bank achteraf geen gemengde bank, maar een oesterbank te zijn. De meeste scholeksters foerageren tijdens de tellingen.

Voor twee banken is ook bij elke telling genoteerd of de scholeksters binnen de contouren van de schelpdierbank op de schelpdieren zaten of op het slik (Figuur 6). Bij Schelphoek is hier, door de lage aantallen, geen duidelijk patroon in te zien. Bij de bank bij de Zeelandbrug is te zien dat de scholeksters 2 uur voor laagwater vooral op de schelpdieren zitten en met het afgaande water meer op het slik gaan zitten. Mogelijk komt dit omdat de schelpdierbanken iets hoger liggen en hierdoor eerder droog komen te liggen dan het omliggende slik.



Figuur 5 Gemiddeld aantal (+standaard deviatie) scholeksters op de getelde schelpdierbanken. In zwart het totaal aantal scholeksters en in grijs het aantal foeragerende scholeksters. De bank bij Neeltje Jans is maar één keer geteld en enkel 1 uur voor laagwater en op laagwater. De banken bij Tholen en de Zeelandbrug bleken na de nieuwe inventarisatie niet meer geassocieerd te zijn als gemengde banken maar als oesterbanken.



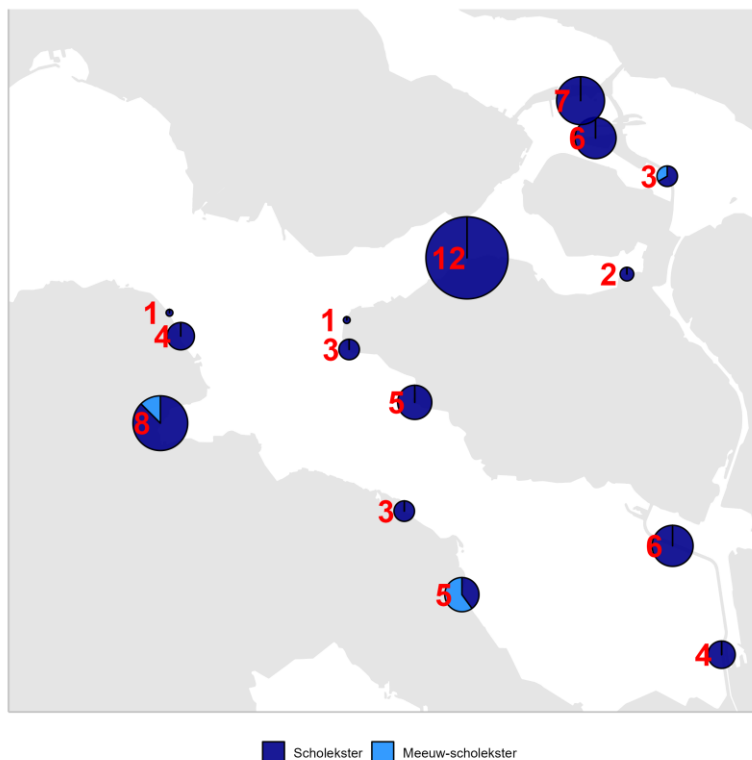
Figuur 6 Gemiddeld aantal (+standaard deviatie) scholeksters voor de banken bij Schelphoek en Zeelandbrug. In zwart foeragerende en in grijs rustende scholeksters. Binnen de scheldierbank is onderscheid gemaakt tussen de scholeksters die op de schelpdieren zitten en de scholeksters die op het slik tussen de scholeksters zitten.

3.3 DNA analyse feces Oosterschelde

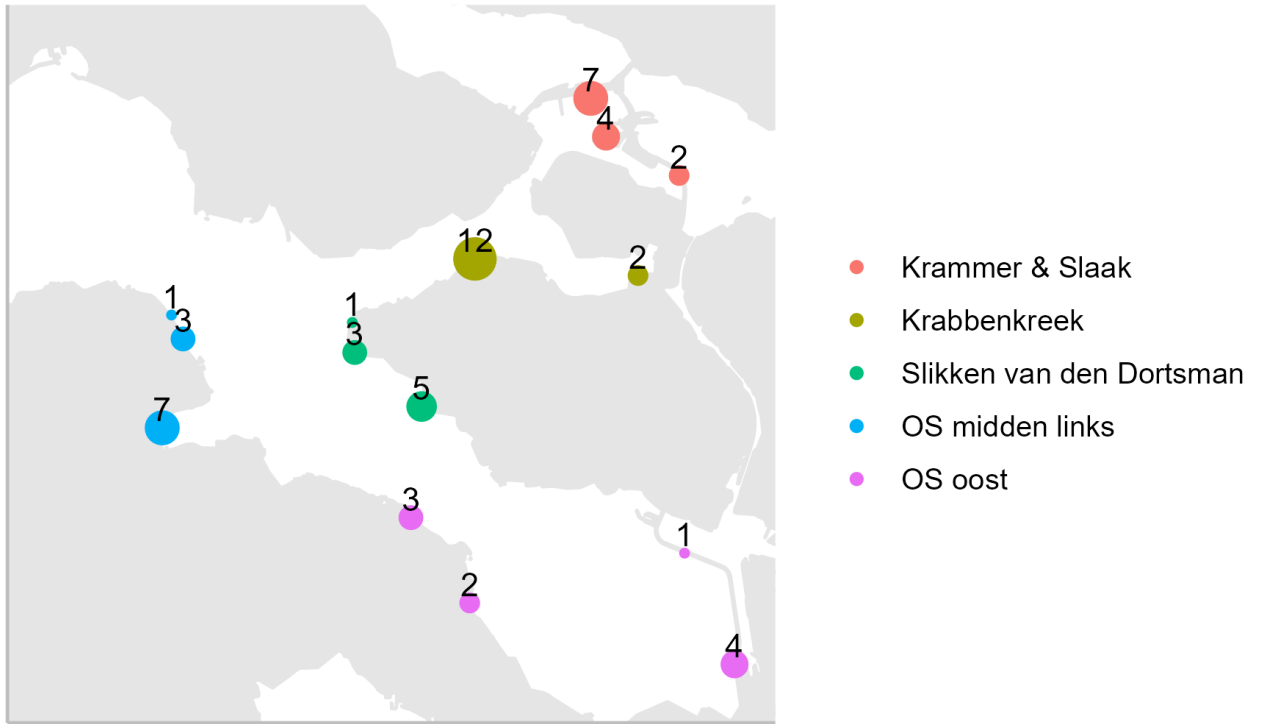
3.3.1 Controles en gebruikte monsters

In het proces van de DNA analyses zijn er op twee momenten controles uitgevoerd. Deze controles zijn uitgevoerd om te controleren of er geen contaminatie heeft plaatsgevonden in het proces. Één controle is uitgevoerd tijdens de extractie. Hierin werd een aantal soorten in aangetroffen: de diatomee *Thalassiosira punctigera*, (zoet-)wateralgen *Pinnularia sp.*, de diatomee *Cylindrotheca closterium*, de copepod *Tachidius discipes*, regenwormen *Lumbricus sp.* en scholekster *Haematopus ostralegus*. Er heeft dus contaminatie plaatsgevonden, maar hierbij zijn niet de focus-soorten van deze studie aangetroffen en heeft deze contaminatie dus hoogstwaarschijnlijk niet de resultaten beïnvloed. De tweede controle is gedaan tijdens de DNA amplificatie (PCR). Hieruit kwamen twee soorten; wederom de scholekster en een schimmel *Cladosporium bruhnei*.

Van de 82 verzamelde monsters bevatten 71 monsters genoeg DNA om te analyseren. Één monster bevatte geen donor-(scholekster)-DNA en is verwijderd uit de analyse. Verder waren er nog 5 monsters die wel scholekster DNA bevatten, maar veel meer meeuwen-DNA reads hadden (Figuur 7). Deze monsters, die met name op Zuid-Beverland in de buurt van Yerseke gevonden zijn, zijn in de verdere analyse verwijderd uit de analyse. Monsters met vooral scholekster-DNA en een paar meeuwen-DNA reads zijn wél meegenomen in de analyse. Daarnaast waren er nog 8 monsters die wel scholekster-DNA bevatte maar geen DNA van prooi-soorten. Hieronder waren 5 monsters van één locatie (OS Oost). De verdere figuren zijn dus gebaseerd op 57 monsters verspreid over de Oosterschelde. De verschillende locaties kunnen geclusterd in vijf regio's binnen de Oosterschelde, elk met een eigen naastgelegen foerageergebied (Figuur 8).



Figuur 7 Ruimtelijke verdeling van host-DNA van de verzamelde feces. De grootte van de taartdiagrammen correspondeert met het aantal monsters genomen op desbetreffende plek. Het aantal monsters staat naast/op de betreffende locatie in rood.

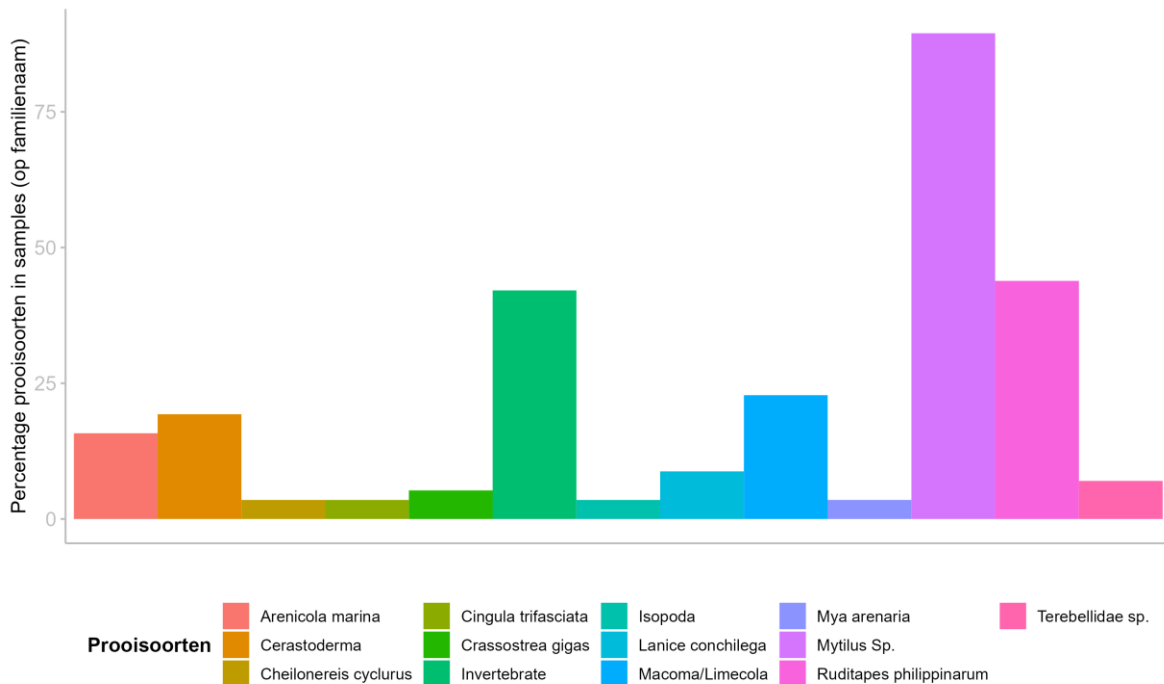


Figuur 8 Overzichtskaart van de monsterlocaties met boven elk punt het aantal monsters met (overwegend) scholekster DNA en bruikbaar prooi-DNA en in kleur de vijf regionale clusters.

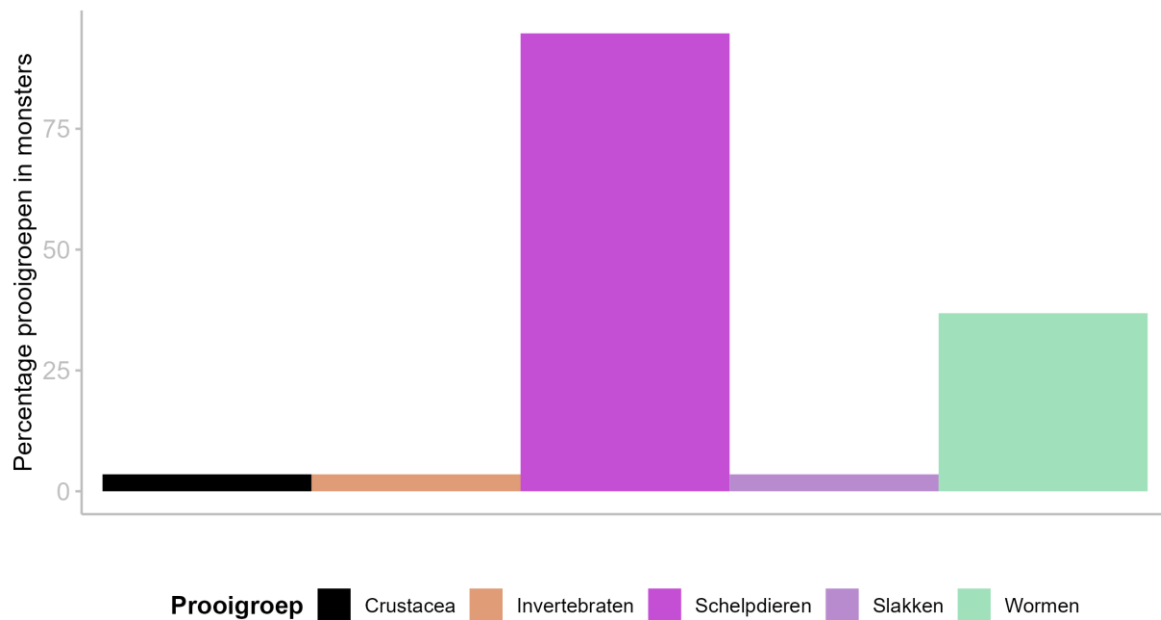
3.3.2 DNA proisoorten

Er zijn gemiddeld 2.82 ± 1.48 relevante proisoorten per fecesmonster gevonden (range ligt tussen 1 en 7 proisoorten per feces). De meest voorkomende proisoorten waren *Mytilus sp.* (mossel), *Ruditapes philippinarum* (Filipijnse tapijtschelp) en "Invertebrate" (DNA van ongewervelden dat niet op soort konden worden gebracht), die respectievelijk in 89%, 44% en 42% van de van de monsters voorkwamen (Figuur 9). Korkkels (*Cerastoderma sp.*) werden maar in 19% van de monsters gevonden. Uit Figuur 9 zijn de proisoorten die maar 1 keer gevonden uit de verdeling gelaten voor de overzichtelijkheid. Verder is 'Invertebrate' in latere figuren verwijderd in monsters waarbij ook ander DNA van ongewervelden is gevonden.

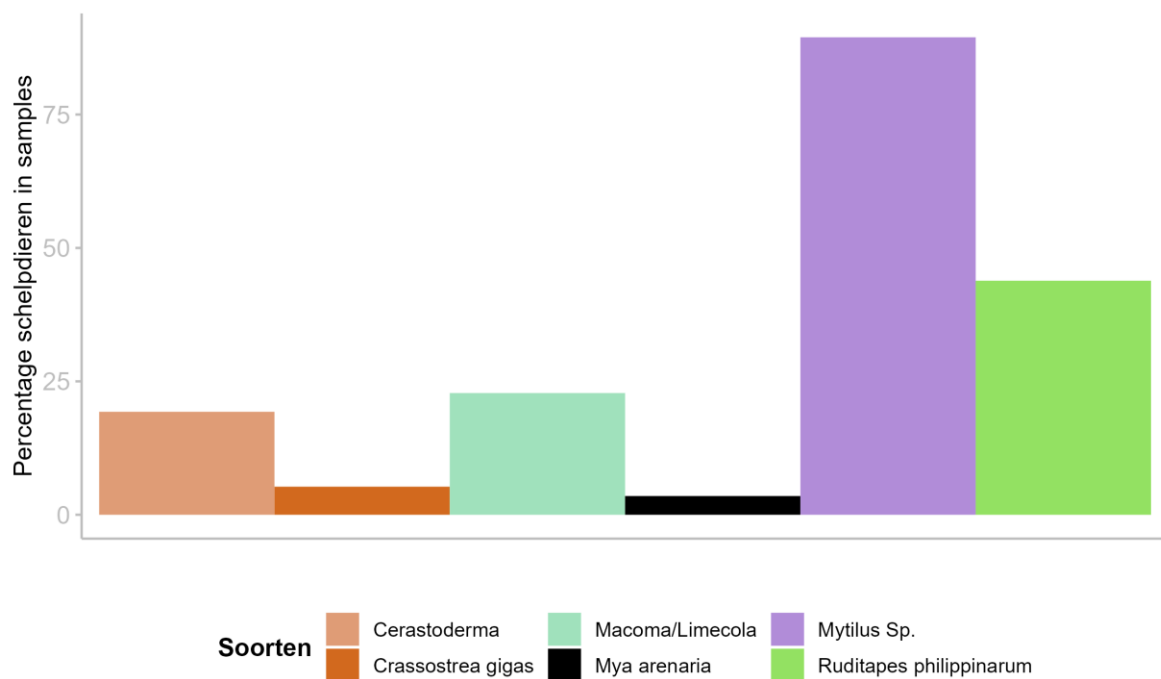
Wanneer we de proisoorten groeperen op type, is te zien dat in bijna alle bruikbare monsters schelpdier-DNA is gevonden (95%), gevolgd door het DNA van wormen (37%) (Figuur 10). Wanneer we alleen de schelpdieren bekijken, zijn de belangrijkste prooien de mossel (*Mytilus Sp.*) en Filipijnse tapijtschelp (*Ruditapes philippinarum*), gevolgd door nonnetjes (*Macoma/Limecola*) en korkkels (*Cerastoderma sp.*) (Figuur 11).



Figuur 9 Percentage proisoorten gevonden in de monsters. Proisoorten die maar 1 keer gevonden zijn, zijn weggelaten uit het figuur. Dit waren *Alitta virens*, *Conus tribblei*, *Crepidula ronicata*, *Hediste diversicolor*, *Lienardia gilberti*, *Nephtys hombergii*, *ocinebrellus inornatus*, *Pagauris maculosus*, *Pectinaria koreni*, *peringia ulvae* (n=57 monsters).

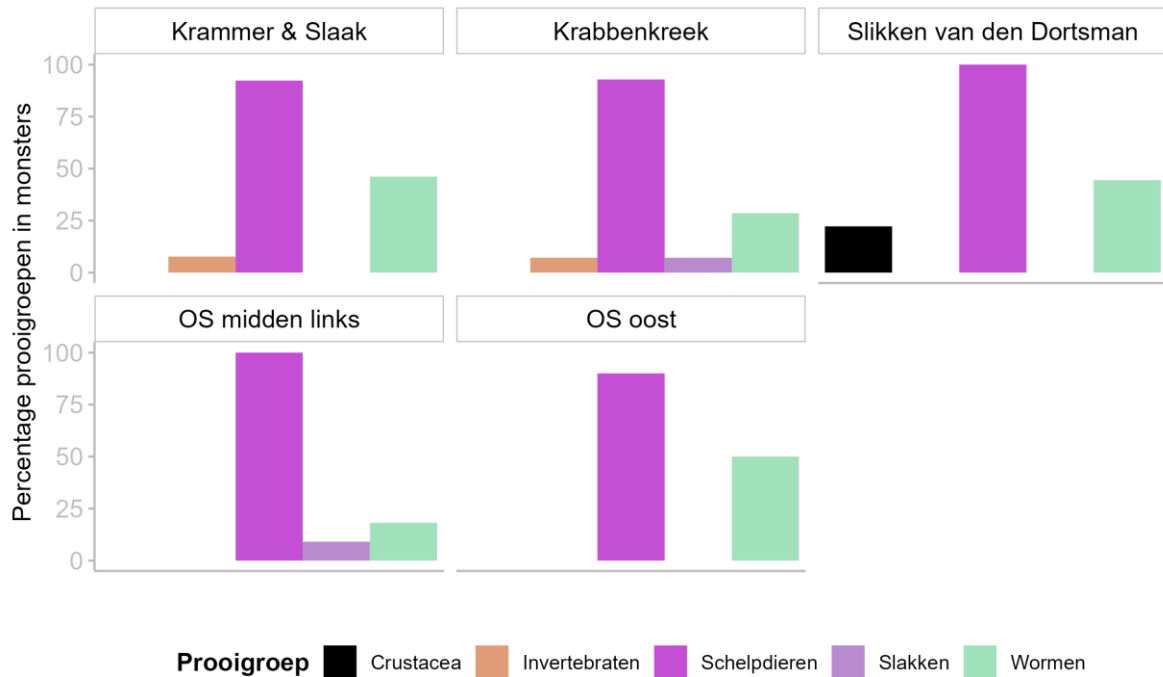


Figuur 10 Percentage prooisoorten gegroepeerd in prooigroepen (n=57 monsters).

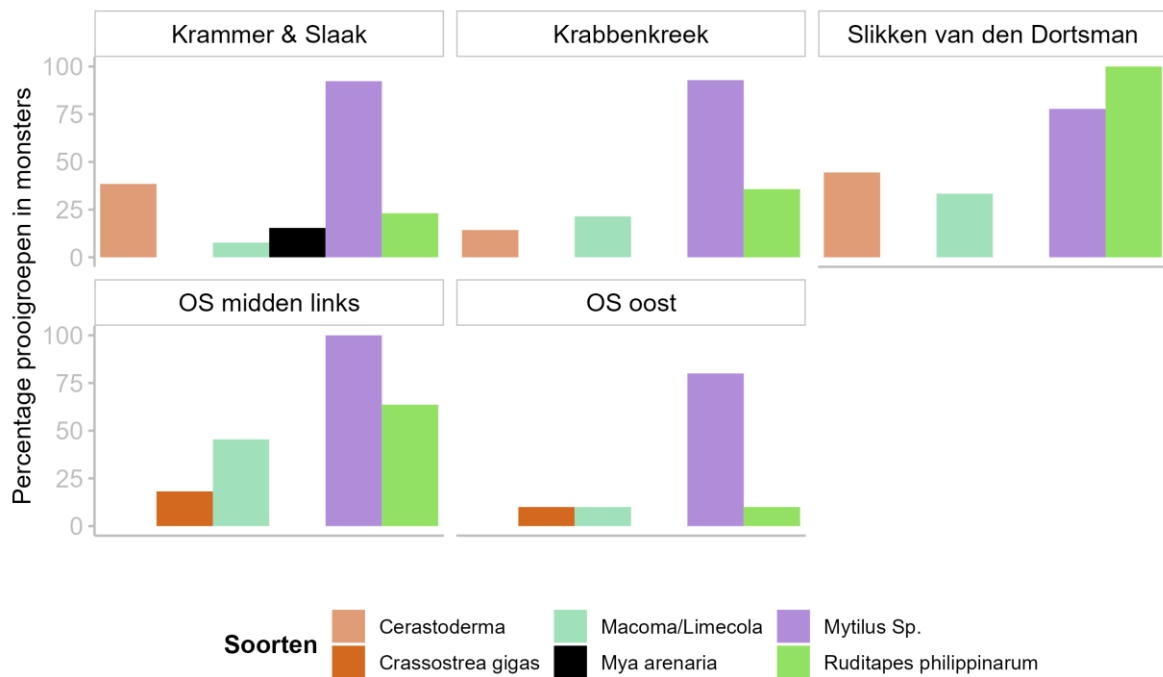


Figuur 11 Percentage prooisoorten van prooigroep schelpdieren per deelgebied.

Ruimtelijk zijn er geen duidelijke verschillen in de type gegroepede prooisorten (Figuur 12). Voor elk deelgebied geldt dat schelpdieren de belangrijkste prooigroep zijn en het vaakst worden gevonden in de monsters (90-100%). In Krabbenkreek en OS midden links zijn in iets minder monsters DNA van wormen gevonden, vergeleken de andere 3 deelgebieden. Alleen op de Slikken van den Dortsman is DNA van *Crustacea* gevonden. Per deelgebied is voor de groep schelpdieren nog specifiek gekeken naar de soorten (Figuur 13). Voor deelgebieden Kramer & Slaak, Krabbenkreek, OS midden links en OS oost is de mossel (*Mytilus Sp.*) de meest gevonden prooisort. Voor de monsters in deelgebied Slikken van den Dortsman is dit de Filipijnse tapijtschelp (*Ruditapes philippinarum*) die in 100% van de monsters is gevonden. Kokkels (*Cerastoderma*) zijn alleen in de monsters van Kramer & Slaak, Krabbenkreek en Slikken van den Dortsman gevonden.

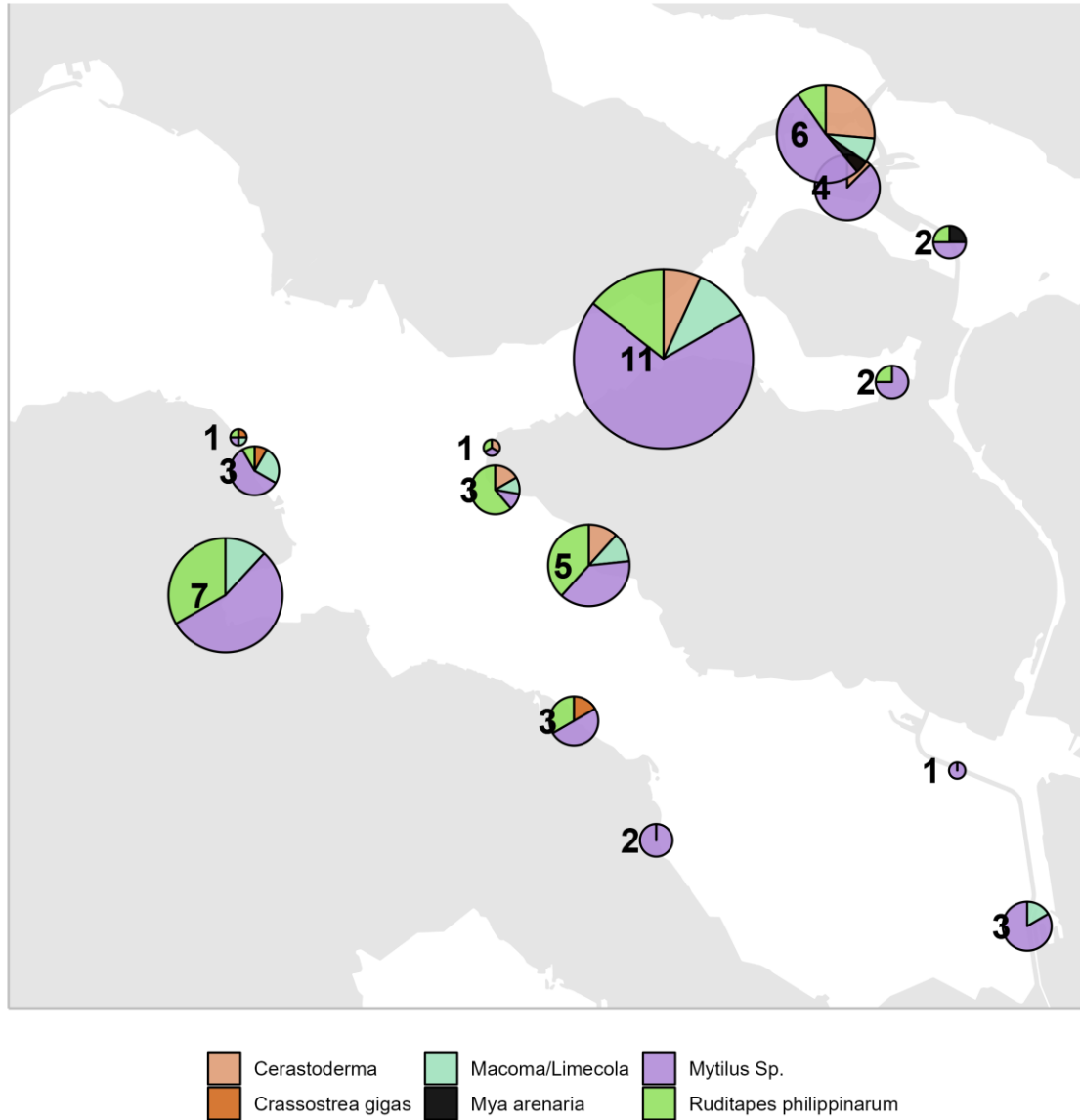


Figuur 12 Percentage prooisorten gegroepeerd in prooigroepen per deelgebied. Zie voor ruimtelijke deelgebieden Figuur 8.



Figuur 13 Percentage prooisorten van prooigroep schelpdieren per deelgebied. Zie voor ruimtelijke deelgebieden Figuur 8.

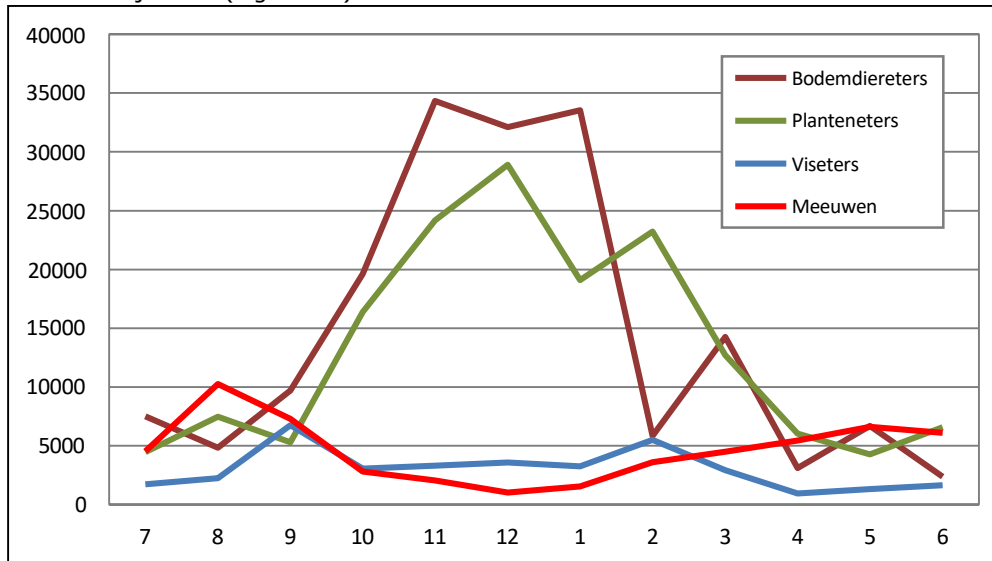
In Figuur 14 is nog eens per monsterpunt het percentage schelpdieren uitgezet. Hier is (wederom) te zien dat kokkel-DNA (*Cerastoderma*) alleen gevonden zijn in de meer noordelijk gelegen monsterpunten bij Tholen (Slikken van Dortsman) en de noordelijke tak van de Oosterschelde. De meer zuidelijke punten komt in een enkel monster ook oester-DNA voor (*Crassostrea gigas*). Alleen in de monster bij Tholen is vaker of even vaak DNA van Filipijnse tapijtschelpen aangetroffen vergeleken met mossel-DNA.



Figuur 14 Percentage prosoorten van prooigroep schelpdieren per monsterpunt. Naast/op het monsterpunt staat het aantal monsters dat bruikbaar was per monsterpunt.

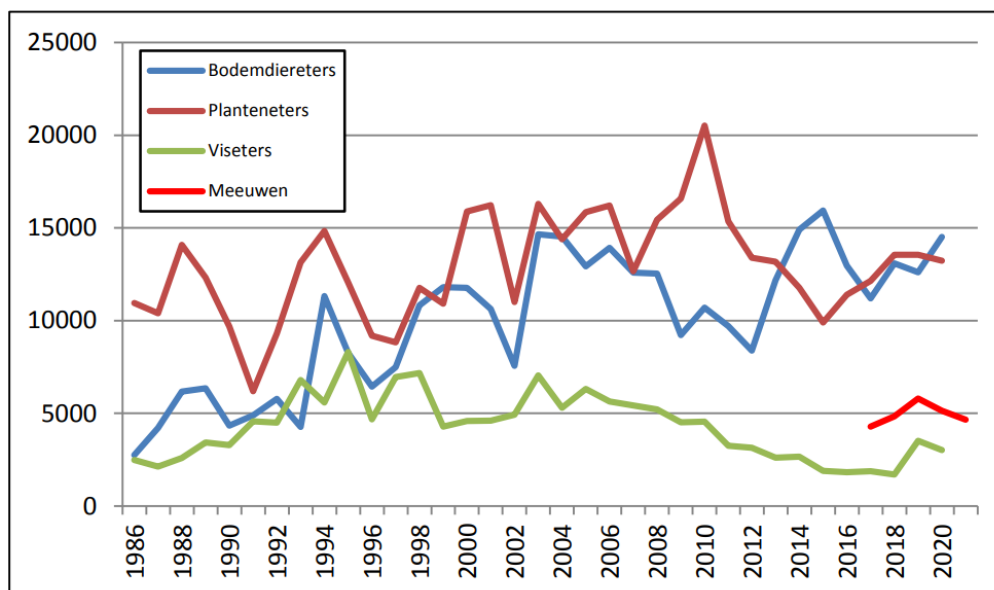
3.4 Grevelingenmeer

In het Grevelingenmeer komen gemiddeld circa 30.000 watervogels voor. De seizoensmaxima in de aantallen schommelen de afgelopen tien jaar rond de 60.000 vogels (Hoekstein & Sluijter 2021). Een groot deel van deze vogels wordt gezien als "bodemdiereters". Hun aantallen zijn het hoogst tussen oktober en januari (Figuur 15).



Figuur 15 Totale aantallen van vier soortgroepen watervogels in het Grevelingenmeer in 2020/2021 (juli-juni). Overgenomen uit Hoekstein & Sluijter (2021)

De aantallen bodemdiereters vertonen een toename, terwijl het aantal viseters juist afneemt en de aantallen planteneters geen duidelijke trend vertonen (Figuur 16). Onder bodemdiereters worden hier verstaan: bergeend, brilduiker, duikeenden, zee-eenden, alle steltlopers.



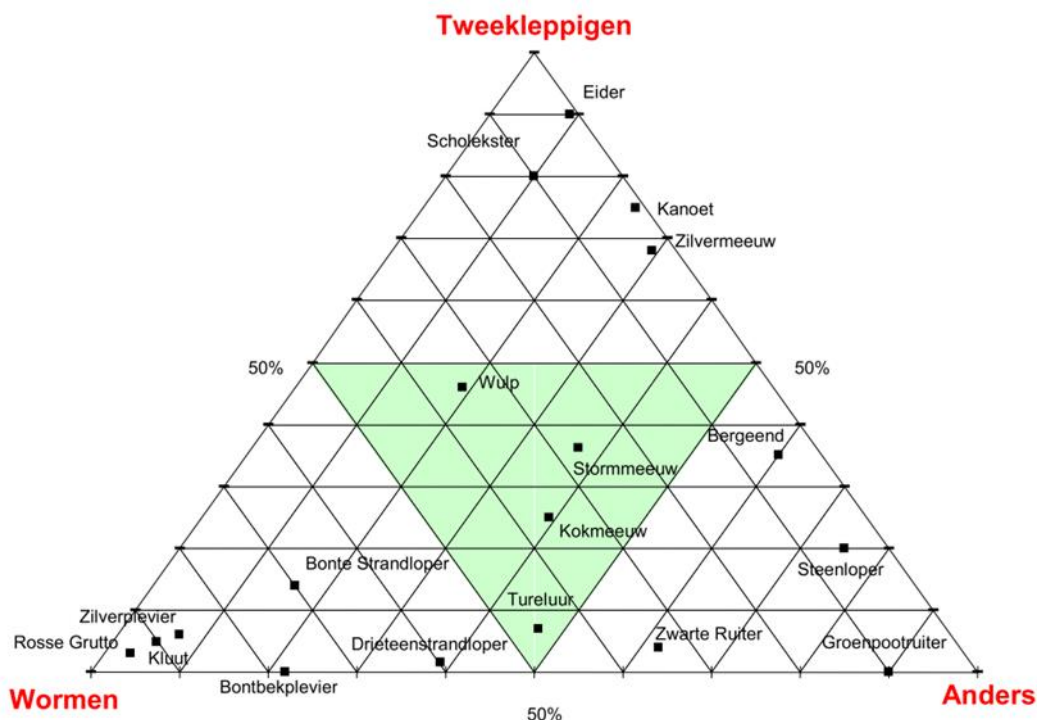
Figuur 16 Trends in jaargemiddelde (juli-juni) aantallen vogels in het Grevelingenmeer. Meeuwen worden pas sinds het "jaar" 2016/17 jaarrond geteld. Overgenomen uit Hoekstein & Sluijter (2021)

Voor een aantal soorten onder de bodemdiereters zouden tapijtschelpen als een voedselbron kunnen dienen in de Grevelingen. Voorwaarden hiervoor zijn, dat de vogels deze voedselbron kunnen bereiken, en kunnen opnemen. Bergeenden, steltlopers en meeuwen kunnen tapijtschelpen bereiken tijdens "laagwater" (langs oevers bij afluiddige wind), op tijdelijk droogvallende delen van het Grevelingenmeer waar tapijtschelpen voorkomen. Duikende eenden (tafeleend, kuifeend, topper, eider, zwarte- en grote zee-eend, brilduiker) kunnen de schelpen juist bereiken als ze onder water staan, in de diepere delen van het Grevelingenmeer. Alleen de scholekster is in staat om

tapijtschelpen open te breken of te steken en zo bij het schelpdiervlees te komen. Alle andere soorten die schelpdieren eten moeten deze in hun geheel (met schelp en al) inslikken om vervolgens in de maag de schelpen te kraken om het zo vrijkomende vlees te kunnen verteren. Alleen meeuwen kunnen leren om grote tapijtschelpen van enkel meters hoog op een hard oppervlak (weg, dijkvoet) te laten vallen om zo de schelpdieren te kraken (Cadée 2008). Kapotte schelpen op het dijktaalud zijn een aanwijzing dat enkele meeuwen in de Oosterschelde dit gedrag al vertonen (*pers. obs.* Douwe van den Ende). Vogels die hele schelpdieren moeten inslikken kunnen alleen de kleinere exemplaren eten: de grootte van hun keelgat is hierbij bepalend (c.f. Swennen & Duiven 1977). Daarbij moeten de schelpdieren niet te diep in het slik zitten (snavelengte is bepalend) (Zwarts & Wanink 1993), en ook niet zo klein zijn dat ze te weinig energie opbrengen voor de energie die erin moet worden gestopt om ze te vinden en op te eten (c.f. Piersma 1994, figuur 23). Voor de kleinere soorten vogels zullen daarom alleen broedjes (< ca. 1 cm) van tapijtschelpen eetbaar zijn, voor de grotere eenden wellicht ook de eenjarige exemplaren en voor de meeuwen (vrijwel) alle leeftijdsklassen van dit schelpdier. Tenslotte is ook dichtheid een factor bij het eten van de zeer kleine exemplaren. Bij zeer hoge dichtheden, kan het lonend zijn om ook zeer kleine schelpdieren te eten, indien deze snel, dus in grote aantallen, kunnen worden opgeslobberd. Zo eten bergeenden, een van de grotere soorten schelpdiereters in het Grevelingenmeer, in de Waddenzee grote aantallen wadslakjes, die elk maar enkele mm groot zijn, maar die wel met meer dan 100.000 per vierkante meter ondiep in de wadbodem kunnen voorkomen (Cadée 1994).

Van de bodemdiereneters in het Grevelingenmeer zijn vooral bergeend (duizenden), brilduiker (honderden), kuifeend (rond de honderd), kanoet (duizenden), bonte strandloper (tot ruim 10.000), rosse grutto (tot ruim 1000), wulp (tot ruim 2000), tureluur (honderden), scholekster (honderden) steenloper (tot 100), kokmeeuw (duizenden), stormmeeuw (tot 1800), zilvermeeuw (duizenden) en grote mantelmeeuw (tot 100) van belang. De overige soorten zijn schaarser in het Grevelingenmeer en van minder belang als potentiële consumenten van tapijtschelpen.

Voor een aantal algemene "wadvogels" hebben Leopold et al. (2004) het dieet samengevat (Figuur 17).



Figuur 17 Het dieet van een aantal soorten bodemdiereneters samengevat. Het dieet van iedere soort is weergegeven door één punt in dit vlak. De afstand tot elk van de hoekpunten geeft het relatieve belang van tweekleppige schelpdieren (boven), wormen (linksonder) en andere prooien in het dieet aan: hoe kleiner deze afstand, dus hoe dicht het punt bij een hoekpunt ligt, hoe groter het relatieve belang van de daar aangegeven prooigroep. Figuur overgenomen uit Leopold et al. (2004).

Vrijwel alle soorten bodemdiereters kunnen (ook) schelpdieren eten, maar de mate waarin ze dit doen verschilt. In het Grevelingenmeer zullen naast de scholekster, vooral kanoet en zilvermeeuw kandidaten zijn voor het eten van tapijtschelpen. Kanoeten zullen zich daarbij richten op de broedjes (< ca. 1 cm), terwijl zilvermeeuwen ook grotere tapijtschelpen aankunnen. Bergeend, wulp, stormmeeuw en kokmeeuw, en in mindere mate bonte strandloper en steenloper kunnen ook -meest kleinere- schelpdieren eten, terwijl sommige rosse grutto's dit ook kunnen (Scheiffarth 2001). Brilduikers en kuifeenden zoeken duikend naar voedsel en hebben dus continu toegang tot eventuele bestanden van tapijtschelpen in dieper water, als deze bestaan uit nog kleine exemplaren.

Het areaal aan droogvallende slikken in het Grevelingenmeer is uiterst beperkt en afhankelijk van de wind. Dit maakt, dat vogels die lopend naar voedsel moeten zoeken, niet permanent toegang hebben tot de tapijtschelpen in het Grevelingenmeer en bovendien zijn deze vogels, met uitzondering van zilvermeeuw en scholekster, aangewezen op kleine exemplaren van deze prooi. Dit maakt, dat deze voedselbron zeer beperkt, en onvoorspelbaar beschikbaar is voor deze vogels en dat het foerageren op tapijtschelpen voor hen hooguit opportunistisch kan zijn. Hoewel er veel van deze vogels overtijnen rond het Grevelingenmeer, foerageren velen van hen vermoedelijk in de Oosterschelde (Hoekstein & Sluïjter 2021). Een eventueel belang als voedselbron van tapijtschelpen voor deze groep van vogels lijkt dus zeer beperkt. Scholekster en zilvermeeuw hebben een voordeel ten opzichte van andere vogels die lopend op het slik naar voedsel zoeken, omdat het groottespectrum aan prooien breder is: zij kunnen ook grotere tapijtschelpen dan broedjes eten. Echter, ook zij hebben te maken met onvoorspelbare droogvalduur en een beperkt areaal aan droogvallend slik. Ook voor scholekster en zilvermeeuw zal de tapijtschelp in het Grevelingenmeer dus hooguit een marginale prooi zijn.

Voor duikende eenden, als brilduiker en kuifeend ligt dit anders. Bij een sterke broedval zouden deze soorten aan tapijtschelpen in het Grevelingenmeer een interessante prooi hebben. Nilsson (1972) deed onderzoek naar het dieet van beide soorten in zuid-Zweden, door de magen van geschoten vogels te bestuderen. Kuifeenden aten daar vooral mosselen, kokkels, wadslakjes en alikruiken; brilduikers hadden een meer gevarieerd dieet, maar ook voor hen waren mosselen en andere schelpdieren. Belangrijk. In een andere studie aan geschoten eenden, in Denemarken in de zomer, bleken brilduikers echter maar weinig schelpdieren te eten en vooral te leven van insectenlarven en kleine vis (Jepsen 1976). Een vergelijkbare studie, in een zoetwatermeer in Noord-Ierland in de winter liet zien dat kuifeenden vooral leven van schelpdieren, en brilduikers vooral van insecten (Winfield & Winfield 1994). Dat zowel kuifeenden als brilduikers kunnen leven van schelpdieren als stapelvoedsel bleek uit een studie van de Leeuw & van Eerden (1995) aan verdronken eenden in het IJsselmeer. Toen driehoeksmosselen daar nog zeer talrijk waren was deze soort de belangrijkste prooi voor beide eenden. Andere prooien waren in bepaalde tijden van het jaar echter ook belangrijk, wat opnieuw aangeeft dat deze eenden opportunisten zijn en gebruik zullen maken van iedere (geschikte) prooi, als deze talrijk voorkomt. Een overvloedige broedval van tapijtschelpen, zoals die plaats vond in 2020 in het Grevelingenmeer (Troost et al. 2021) kan dus zeker een belangrijke voedselbron vormen voor deze twee eendensoorten.

4 Conclusies en aanbevelingen

Scholeksters hebben een breed palet aan prooidieren en nieuwe soorten in hun foerageergebied zullen worden benut als deze geschikt voedsel blijken. In de Oosterschelde waren kokkel en mossel van oudsher belangrijke prooien. De relatieve talrijkheid op droogvallend wad zal vooral bepalen welke van deze prooisorten in het dieet zal domineren, en dit geldt ook voor een nieuwe prooisort, als de Filipijnse tapijtschelp. Van een studie in Engeland is al bekend dat scholeksters deze soort kunnen eten met de zelfde efficiëntie als die geldt voor het eten van kokkels (Caldow et al. 2007). Individuele scholeksters zijn voedselspecialisten, voor wie omschakelen naar een ander stapelvoedsel kortstondig verlies van efficiëntie oplevert bij het foerageren (Swennen et al. 1983). Hierdoor zijn de vogels enigszins conservatief, maar zullen wel degelijk nieuwe bronnen aanboren als deze beschikbaar komen, zeker als deze een zelfde foerageertechniek, onder gelijke omstandigheden vergen als een meer klassieke voedselbron. Gezien het feit dat kokkels en tapijtschelpen op hetzelfde type droogvallende plaat voorkomen, op vrijwel gelijke diepte, en dat de schelpdieren van vergelijkbare grootte zijn en een zelfde techniek vergen om door een scholekster geopend te worden, hoeft het geen verbazing te wekken dat de vogels deze nieuwe voedselbron zijn gaan benutten (Caldow et al. 2007; dit onderzoek).

De vraag of scholeksters ook kokkels zullen eten als deze in lagere dichtheden voorkomen dan 50 per vierkante meter, kan met een voorzichtig "ja" worden beantwoord. Sommige vogels zullen zich hier zelfs wellicht op specialiseren, als de kokkels in lage dichtheden zeer groot zijn. Ook vogels met een gemengd dieet, van bijvoorbeeld tapijtschelpen en kokkels, zullen kokkels in lage dichtheden kunnen "meenemen". Kokkels in lage dichtheden leveren dus wel een bijdrage, maar één die beperkt is: niet alleen door de relatief lage bijdrage van deze kokkels aan het totale bestand, maar ook doordat niet alle scholeksters in de Oosterschelde van deze voedselbron gebruik kunnen maken: foerageren op kokkels in zeer lage dichtheden is iets voor specialisten of een kwestie van "bijvangst" voor vogels met een gemengd dieet (ook dit zijn specialisten: Caldow et al. 2007).

De derde kwestie die is onderzocht is, in hoeverre scholeksters foerageren op gemengde schelpdierbanken. Scholeksters lijken in veel lagere dichtheden te foerageren op dergelijke gemengde banken in de Oosterschelde dan in de Waddenzee. Het aantal scholeksters per hectare op schelpdierbanken is met gemiddeld minder dan één scholekster per hectare in Oosterschelde veel lager dan de gemiddeld 6,4 scholeksters op gemengde banken in de Waddenzee (Waser et al. 2016). De samenstelling van gemengde banken in de Oosterschelde verschilt echter nogal met die in de Waddenzee (Tabel 1). In de Waddenzee-studie werden de 18 geobserveerde banken vooral gedomineerd door mossels en was het aandeel oesters meestal lager (11 banken met een fractie van <6% oesters, drie banken een fractie van 18-26% oesters en vier banken een fractie >49% aan oesters) (Waser et al. 2016). In de Oosterschelde zijn de meeste banken als gemengd geclassificeerd (68% van de banken in 2021 met >5% mosselen) of als oesterbank (32% van de banken in 2021), terwijl in de Waddenzee juist, afhankelijk van het gebied, vooral mosselbanken (26-59% in 2021) en gemengde banken (29-69% in 2021) voorkomen en in mindere mate oesterbanken (5-12% in 2021). De precieze percentages mossels en oesters is met de huidige methode echter lastig te bepalen, omdat er een inschatting wordt gemaakt door om een bank heen te lopen. Op basis van ervaring van veldmedewerkers (Douwe van den Ende, expert opinion) domineren oesters echter de gemengde banken in de Oosterschelde. Daarnaast bleek uit de studie van de Waddenzee dat de lichaamsconditie van mossels lager was in banken die gedomineerd werden door oesters (Waser et al. 2016), wat deze mosselen mogelijk ook minder aantrekkelijk maakt voor scholeksters.

In het veld bleek het erg lastig te zien om te zien of scholeksters in de Oosterschelde tapijtschelpen eten. Wel werden op de plaat leeggegeten schelpen aangetroffen, althans verse doubletten waarbij nog een stukje van de sluitspier in de schelp aanwezig was, en die vaak karakteristieke kleine beschadigingen hadden aan de schelptrand, die veroorzaakt leken door scholekstersnavels (Figuur 18). Eerdere studies lieten zien dat scholeksters in de Oosterschelde vooral waren aangewezen op kokkels

en mosselen (Rappoldt et al. 2003; Zwarts et al. 2011; Rappoldt & Ens 2013). Uit DNA analyses op feces verzameld in 2022 bleek echter, dat Filipijnse tapijtschelpen inmiddels zijn gaan behoren tot de prooi-soorten van de scholekster in de Oosterschelde. Hoewel mosselen als belangrijkste prooi uit deze analyse kwamen (hun DNA werd in 89% van de verzamelde feces monsters met prooi-resten-DNA (n = 57) aangetroffen), waren andere schelpdieren ook belangrijk. Filipijnse tapijtschelp DNA werd in 44% van de feces monsters gevonden, tegen slechts 19% voor de kokkel. Hierbij moet wel de kanttekening gemaakt worden dat deze resultaten slechts zijn gebaseerd op slechts één moment in de tijd. Dieet kan nogal verschillen over het seizoen. Ook leverde een aantal feces monsters geen bruikbare prooi-DNA op of waren de verzamelde feces hoogstwaarschijnlijk niet van scholeksters maar van meeuwen, wat ons bracht op een 'sample size' van slechts 57 monsters met bruikbaar DNA. De analyse leverde daarnaast nog een onverwachte 'hit' op die wij nog niet volledig kunnen verklaren. Naast de gewone mossel (*Mytilus edulis*) kwam ook de tere mossel (*Mytilus Trossulus*) uit de data analyse. Deze soort, uit Noord-Amerika, is via Schotland, Noorwegen en/of de Oostzee ook in Nederland terecht gekomen, maar is hier nog steeds zeldzaam. De twee soorten mosselen zijn zeer nauw verwant, morfologisch niet of nauwelijks van elkaar te onderscheiden, en ze hybridiseren ook. Hun DNA vertoont veel overeenkomsten en wanneer gewerkt moet worden met gedegeneerd DNA, zoals in feces monsters, kunnen beide soorten makkelijk met elkaar worden verward (Kijewski et al. 2009, 2019; Väinölä & Strelkov 2011). We vermoeden dat de overgrote meerderheid van, zo niet alle gedetecteerde mossel-DNA van *Mytilus edulis* afkomstig is geweest. Om die reden zijn beide "soorten" samen genomen in de analyses als *Mytilus* Sp..

In vergelijking met eerdere inschattingen van het dieet, lijken mosselen nu nog belangrijker geworden op de bemonsterde dagen eind maart 2022, en kokkels minder belangrijk. Hun functie lijkt deels overgenomen door tapijtschelpen. Hoewel onze bepaling van het dieet van scholeksters in de Oosterschelde nog slechts gebaseerd is op slechts een enkele monsternamen aan het einde van de winter, kunnen we toch stellen dat een voedselreserveringsbeleid, gestoeld op het dieet van scholeksters in het verleden van met name de kokkel bijstelling behoeft.

Wel moet worden vastgesteld dat het, ondanks de komst van de Filipijnse tapijtschelp als een extra voedselbron in de Oosterschelde, niet goed gaat met de scholekster in dit Natura 2000-gebied. Tellingen in het kader van het NEM (Netwerk Ecologische Monitoring, zie: <https://stats.sovon.nl/stats/gebied/1000118>) laten zien dat de aantallen van deze soort al sinds circa 2005 onder de instandhoudingsdoelstelling zitten in de Oosterschelde en dat de trend nog steeds dalend is met circa 5% per jaar. Het lijkt er echter wel op dat in sommige gebieden in het oostelijke deel van de Oosterschelde, waar relatief veel tapijtschelpen voorkomen, de aantallen scholeksters weer iets toenemen (Kamermans & Leopold 2021, van Donk et al. 2020).



Figuur 18 Vers opengemaakte Filipijnse tapijtschelpen op de getijde-plaat nabij Yerseke. Op de linker foto zijn pootafdrukken van vogels (waarschijnlijk scholekster) te zien. Op de rechter foto is aan de bovenkant van de opengeklapte schelp een deel van sluitspier van de schelp zichtbaar.

Tenslotte is er een korte literatuurstudie uitgevoerd om te bepalen welke vogelsoorten mogelijk zouden kunnen profiteren van tapijtschelpen in het Grevelingenmeer. Bij de bodemdiereters zijn er soorten die foerageren bij laagwater en soorten die duiken die tapijtschelpen zouden kunnen eten. Qua aantallen zijn dit vooral bergeend, brilduiker, kuifeend, kanoet, bonte strandloper, rosse grutto, wulp, tureluur, steenloper, kokmeeuw, stormmeeuw, zilvermeeuw en grote mantelmeeuw. De overige soorten zijn schaarser in het Grevelingenmeer en van minder belang als potentiële consumenten van tapijtschelpen. Enkel (zilver-)meeuwen en scholeksters kunnen ook profiteren van de grotere exemplaren. Alle vogelsoorten die lopend hun voedsel vergaren, hebben maar kleine arealen foerageergebied in het Grevelingenmeer, waar geen getij is. Duikende eenden, als brilduiker en kuifeend, kunnen wel altijd bij hun voedsel. Van voorkomen van broedval van schelpdieren in de diepere delen van het Grevelingenmeer is weinig bekend, maar het ligt voor de hand dat deze eenden, in jaren van overvloedige broedval van tapijtschelpen in het sublitoraal, deze prooien zullen eten zolang ze klein genoeg zijn om door hun keelgat te passen.

5 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

- Caldow R.W.G., Stillman R.A., le V. dit Durell S.E.A., West A.D., McGrorty S., Goss-Custard J.D., Wood P.J. & Humphreys J. 2007. Benefits to shorebirds from invasion of a non-native shellfish. *Proc. R. Soc. B* 274: 1449-1455. doi:10.1098/rspb.2007.0072
- Cadée G.C. 1994. Eider, shelduck, and other predators, the main producers of shell fragments in the Wadden Sea: palaeoecological implications. *Palaenontology* 37: 181-202.
- Cadée G.C. 2008. Herring gulls feeding again on Pacific oysters *Crassostrea gigas* in the Dutch Wadden Sea near Texel. *Basteria* 72: 33-36.
- De Leeuw J. & van Eerden M.R. 1995. Duikenden in het IJsselmeermeergebied. Herkomst, populatiestructuur, biometrie, rui, conditie en voedselkeuze. *Flevobericht* 373, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeer gebied, 106pp.
- Faasse M.A. & Ligthart M. 2008. De exotische tapijtschelp *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) vestigt zich in Nederland. *Het Zeepaard* 68: 175-179
- Goss-Custard J.D. and Stillman R.A. 2020. How manual cockle-raking may affect availability of cockles *Cerastoderma edule* for oystercatchers *Haematopus ostralegus* in the Dutch Wadden Sea. BU Global Environmental Solutions report BUG2842 to Province of Fryslân. 99 pp.
- Hoekstein M.S.J. & Sluijter M. 2021. Watervogels in de Grevelingen 2020-2021. Rapportnr. 2021-13. Deltamilieu Projecten, Vlissingen.
- Jepsen P.U. 1976. Feeding ecology of goldeneye (*Bucephala clangula*) during the wing-feather moult in Denmark. *Dan. Rev. Game Biol.* 10 No. 4: 1-23.
- Kamermans P. & Leopold M. 2021. De mogelijke rol van de Filipijnse tapijtschelp in de voedselvoorziening voor vogels in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. Wageningen Marine Research. <https://doi.org/10.18174/548650>
- Kijewski T., Wijsman J.W.M., Hummel H. & Wenne R. 2009. Genetic composition of cultured and wild mussels *Mytilus* from The Netherlands and transfers from Ireland and Great Britain. *Aquaculture* 287: 292-296. doi:10.1016/j.aquaculture.2008.10.048
- Kijewski T., Zbawicka M., Strand J., Kautsky H., Kotta J., Rätsep M. & Wenne R. 2019. Random forest assessment of correlation between environmental factors and genetic differentiation of populations: case of marine mussels *Mytilus*. *Oceanologia* 61: 131-142. doi:10.1016/j.oceano.2018.08.002
- Leopold M.F., Smit C.J., Goedhart P.W., van Roomen M.W.J., van Winden A.J. & van Turnhout C. 2004. Langjarige trends in aantallen wadvogels, in relatie tot de kokkelvisserij en het gevoerde beleid in deze. Eindverslag EVA II (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase), Deelproject C2. Alterra-rapport 954, 165p. <https://edepot.wur.nl/19640>
- Nilsson L. 1972. Habitat selection, food choice, and feeding habits of diving ducks in coastal waters of south Sweden during the non-breeding season. *Ornis Scand.* 3: 55-78.
- Piersma T. 1994. Close to the edge: energetic bottlenecks and the evolution of migratory pathways in knots. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, 366pp.
- Rappoldt C. & Ens B.J. 2013. Scholeksters en de toekomstige erosie van slikken in de Oosterschelde. Een modelstudie met WEBTICS. EcoCurves rapport 18, Sovon-rapport 2013/25, 73p. https://www.sovon.nl/sites/default/files/doc/Rap_2013-25_Scholeksters_erosie_slikken_Oosterschelde_EcoCurvesRapport18.pdf
- Rappoldt C., Ens B.J., Berrevoets C.M., Geurts van Kessel a.J.M., Bult T.P. & Dijkman E.M. 2003. Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde; Rapport voor deelproject D2 thema 1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. Alterra Rapport 883, Wageningen.
- Scheiffarth G. 2001. The diet of bar-tailed godwits *Limosa lapponica* in the Wadden Sea: combining visual observations and faeces analyses. *Ardea* 89: 481-494.
- Smaal A.C 2020. Tapijtschelpen in de Oosterschelde. Karakteristieken en mogelijkheden voor duurzame exploitatie. Rapport Shellfish Consultancy, Zierikzee.
- Swennen C. & Duiven P. 1977. Size of food objects of three fish-eating seabird species: *Uria aalge*, *Alca torda*, and *Fratricula arctica* (Aves, Alcidae). *Neth. J. Sea Res.* 11: 92-98.

-
- Swennen C., de Bruijn L.L.M., Duiven P., Leopold M.F. & Martejn E.C.L. 1983. Differences in bill form of the oystercatcher *Haematopus ostralegus*; a dynamic adaptation to specific foraging techniques. *Neth. J. Sea Res.* 17: 57-83.
- Troost K., van Asch M., Brummelhuis E., van den Ende D., van Es Y., Perdon K. J., van der Pool J., van Zweeden C. & van Zwol J. 2021. Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltaxwateren in 2020. (CVO rapport; No. 21.001). Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO). <https://doi.org/10.18174/538895>
- van den Ende D., Troost K., van Asch M., Perdon J. & van Zweeden C. 2020. Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen van de Nederlandse zoute getijdenwateren in 2019: Bestand en arealen. (CVO rapport; No. 19.022). Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO). <https://doi.org/10.18174/510066>
- van Donk S., Ysebaert T. & Tulp, I. 2020. Trends van steltlopers en andere benthos etende vogels in de Oosterschelde: 1987-2017/2018. (Wageningen Marine Research rapport; No. C120/20). Wageningen Marine Research. <https://doi.org/10.18174/537451>
- Väinölä R. & Strelkov P. 2011. *Mytilus trossulus* in Northern Europe. *Mar. Biol.* 158: 817-833. doi:10.1007/s00227-010-1609-z
- Verkuil Y.I., Nicolaus M., Ubels R., Dietz M.W., Samplonius J.M., Galema A., Kiekebos K., de Knijff P. & Both C. 2022. DNA metabarcoding quantifies the relative biomass of arthropod taxa in songbird diets: Validation with camera-recorded diets. *Ecol. Evol.* 12: 1-17. Doi:10.1002/ece3.8881
- Wallis B., van Donk S., Hamer A., Wijsman J., Ysebaert T., Rurangwa E., de Vet L., van der Werf J., van Dalen J., Bouma T. & Slager A. 2021. Roggenplaatsuppletie (Oosterschelde): ontwikkelingen voor (T0: 2015-2019) en het eerste jaar na aanleg (T1: 2020) van de suppleties. (Wageningen Marine Research report; No. C038/21). Wageningen Marine Research. <https://doi.org/10.18174/544639>
- Waser A.M., Deuzeman S., van Kangeri A.K., Winden E. van, Postma J., de Boer P., van der Meer J. & Ens B.J. 2016. Impact on bird fauna of a non-native oyster expanding into blue mussel beds in the Dutch Wadden Sea. *Biological Conservation* 202: 39-49.
- Winfield I.J. & Winfield D.K. 1994. Feeding ecology of the diving ducks pochard (*Aythya ferina*), tufted duck (*A. fuligula*), scaup (*A. marila*) and goldeneye (*Bucephala clangula*) overwintering on Lough Neagh, Northern Ireland. *Freshwater Biology* 31: 467-477. doi:10.1111/j.1365-2427.1994.tb01140.x
- Zwarts L. & Wanink J.H. 1993. How the food supply harvestable by waders in the Wadden Sea depends on the variation in energy density, body weight, biomass, burying depth and behaviour of tidal-flat invertebrates. *Neth. J. Sea Res.* 31: 441-476.
- Zwarts L., Blomert A.-M., Bos D. & Sikkema M. 2011. Exploitation of intertidal flats in the Oosterschelde by estuarine birds. A&W rapport 1657, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Verantwoording

Rapport C004/23

Projectnummer 4318100381

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: Pauline Kamermans
Senior onderzoeker

Handtekening:



Datum: 7 maart 2023

Akkoord: Dr. Ir. T.P. Bult
Director

Handtekening:



Datum: 7 maart 2023

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
- Korringaweg 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'
