



Ontwikkeling van bodemdieren in voor mosselzaad- en garnalenvisserij gesloten gebieden in de westelijke Waddenzee

Authors: Karin Troost, Marnix van Stralen, Johan Craeymeersch, Douwe van den Ende
en Margriet van Asch

Wageningen University &
Research Report C013/18

Ontwikkeling van bodemdieren in voor mosselzaad- en garnalenvisserij gesloten gebieden in de westelijke Waddenzee

Evaluatie na drie jaar monitoring

Auteur(s): Karin Troost, Marnix van Stralen, Johan Craeymeersch, Douwe van den Ende en Margriet van Asch

Publicatiedatum: 12 maart 2018

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Natuur en Regio' (projectnummer BO-11-018.02-003)

Wageningen Marine Research Yerseke, maart 2018

Wageningen Marine Research rapport C013/18

K. Troost, M. van Stralen, J. Craeymeersch, D. van den Ende & M. van Asch, 2018. Ontwikkeling van bodemdieren in voor mosselzaad- en garnalenvisserij gesloten gebieden in de westelijke Waddenzee. Evaluatie na drie jaar monitoring. Wageningen Marine Research, Wageningen UR (University & Research centre), Wageningen Marine Research rapport C013/18. 46 blz.; 6 tab.; 21 ref.

Keywords: Waddenzee, gesloten gebieden, bodemdieren, monitoring.

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/443113> (2 maanden na publicatiedatum).

Oprichtgever: Ministerie van LNV
T.a.v.: Bram Streefland
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

BO-11-018.02-003

Wageningen Marine Research Wageningen UR is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

© 2016 Wageningen Marine Research Wageningen UR

Wageningen Marine Research, onderdeel
van Stichting Wageningen Research
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van Wageningen Marine Research is niet aansprakelijk 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.
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond Mosselconvenant	5
1.2 Achtergrond VISWAD	5
1.3 De gesloten gebieden	6
1.4 Monitoring van de gesloten gebieden	7
1.4.1 Onderzoeksvraag en globale opzet	7
1.4.2 Bestaande monitoring	9
1.4.3 Historisch en ruimtelijk referentiekader	9
2 Onderzoeksvragen	10
3 Methoden	11
3.1 Onderzoeksgebieden en opzet van de monitoring	11
3.2 Monitoring	11
3.2.1 Mosselzaadinventarisatie in het voorjaar	11
3.2.2 Aanvullende monitoring in de zomer	11
3.3 Opwerking historische gegevens	14
3.4 Analyses	14
3.4.1 Toetsing opzet monitoring	14
3.4.2 Aanpak analyses	14
3.4.3 Statistische analyses	15
4 Resultaten	17
4.1 Resultaten “power analyse”	17
4.2 Aangetroffen taxa	17
4.3 Gebieden gesloten voor mosselzaadvisserij	19
4.3.1 Ontwikkeling mosselbanken uit mosselzaadinventarisatie voorjaar	19
4.3.2 Ontwikkeling mosselen en overige soorten uit MEGMA bemonstering	20
4.4 Gebieden gesloten voor garnalenvisserij	27
4.4.1 Significante verschillen in ontwikkeling	27
5 Discussie en conclusies	32
5.1 Conclusies	32
5.2 Effect gebiedssluiting?	32
5.2.1 Mosselzaadvisserij	33
5.2.2 Garnalenvisserij	33
5.3 Opzet van de monitoring	34
5.3.1 Gebiedskeuze	34
5.3.2 Eerdere gebiedssluitingen	34
5.3.3 Statistische “power”	35
5.3.4 Geregistreerde taxa	35
5.3.5 Aansluiting op reguliere monitoring en eerder onderzoek	35
5.4 Aanbevelingen	37
6 Kwaliteitsborging	38
Literatuur	39
Verantwoording	40
Bijlage 1 Mosselbanken 2015 – 2017	41

Samenvatting

In 2014 is in het kader van het convenant mosseltransitie en VISWAD een aantal gebieden in de westelijke Waddenzee gesloten voor mosselzaad- en garnalenvisserij. Doel van deze sluitingen was het mogelijk maken van een ongestoorde ontwikkeling van meerjarige mosselbanken, en overige belangrijke natuurwaarden. Om te kunnen evalueren of de gebiedssluitingen leiden tot de gewenste doelen is in 2015 gestart met monitoring van bodemdieren in de gesloten gebieden.

De wens van de opdrachtgever was om na een periode van 3 jaar (2015-2017) te evalueren of bodemdieren zich anders ontwikkelen in de gesloten gebieden dan voor de sluiting en of dit toe te schrijven is aan de gebiedssluiting. Hiertoe is de volgende onderzoeksvraag geformuleerd: "Hoe is de ontwikkeling van soorten in de gebieden die zijn gesloten voor mosselzaad- en garnalenvisserij en aangrenzende open gebieden?" Met als vervolgvragen:

1. Zijn er verschillen in ontwikkeling tussen de voor visserij gesloten en open gebieden?
2. Zijn eventuele verschillen in ontwikkeling toe te schrijven aan de gebiedssluiting? Zo nee: is er een andere oorzaak voor het waargenomen verschil aan te wijzen?

De monitoring, die is ingericht om bovenstaande vragen te adresseren, richtte zich op de ontwikkeling van mosselbanken en geassocieerde taxa, alsmede overige belangrijke natuurwaarden.

De monitoring is uitgevoerd in de maanden juni – juli in de jaren 2015, 2016 en 2017, en is zodanig opgezet dat zoveel mogelijk gebruik gemaakt kan worden van de bestaande monitoring, in het bijzonder van de inventarisatie van mosselzaad in de westelijke Waddenzee, welke sinds 1992 jaarlijks in het voorjaar wordt uitgevoerd. Door deze aanpak kunnen de resultaten van beide studies direct met elkaar vergeleken worden. De resultaten uit de voorjaarsbemonstering zijn gebruikt om de geobserveerde ontwikkeling van bodemdieren binnen de onderzoeksgebieden te plaatsen in een breder ruimtelijk perspectief en binnen de langjarige ontwikkeling in de westelijke Waddenzee, om ze op die manier te kunnen verklaren.

Uit de analyse bleek een periode van drie jaar te kort om eventuele verschillen te vinden die veroorzaakt zouden kunnen zijn door gebiedssluiting. Echter, voor wat betreft de garnalenvisserij zijn er signalen dat er mogelijk toch is gevestigd in de gesloten gebieden. Er kan dus niet uitgesloten worden dat de onderzoeksresultaten beïnvloed zijn door garnalenvisserij in de gesloten gebieden. Hierover zal eerst zekerheid verkregen moeten worden, alvorens conclusies getrokken kunnen worden over eventuele effecten van gebiedssluiting voor garnalenvisserij op het bodemleven. De verschillen die wél gevonden zijn tussen gesloten en open gebieden hangen samen met de verschillen in biotiek en abiotiek tussen de open en gesloten gebieden bij aanvang van de monitoring in 2015. Dit benadrukt het belang van het vergelijken van ontwikkelingen in plaats van absolute verschillen, en ook het belang van het ruimtelijk en temporeel referentiekader die de gegevens uit de voorjaarsinventarisatie bieden. Dat over de periode 2015 – 2017 geen verschillen zijn gevonden die zijn toe te schrijven aan de gebiedssluiting, betekent niet dat er op langere termijn geen effecten van de gebiedssluiting waargenomen kunnen worden. Aanbevolen wordt daarom om de monitoring in de komende jaren voort te zetten.

1 Inleiding

In 2014 is in de westelijke Waddenzee een aantal gebieden gesloten voor mosselzaad- en garnalenvisserij. Deze gebiedssluitingen zijn gedaan in het kader van het convenant mosseltransitie en VISWAD (Van Stralen 2014) met als doel een ongestoorde ontwikkeling van meerjarige mosselbanken mogelijk te maken, alsmede de ontwikkeling van overige natuurwaarden die van belang zijn voor een goede structuur en functie van het binnen Natura 2000 onderscheiden habitatype H1110 (EZ 2014). Om te kunnen evalueren of de gebiedssluitingen leiden tot de gewenste doelen is monitoring noodzakelijk. In 2014 is in een gezamenlijk overleg tussen partijen¹ betrokken bij het mosselconvenant, VISWAD en Natura 2000 in de Waddenzee en onderzoekers van Wageningen Marine Research (WMR, toen nog IMARES) en Bureau MarinX op hoofdlijnen besloten welk type monitoring daarbij minimaal nodig is. Uitgangspunt daarbij is dat er zoveel als mogelijk gebruik zou worden gemaakt van reeds bestaande monitoringprogramma's. In de loop van 2014 hebben IMARES en Bureau MarinX het monitoringplan vorm gegeven, in overleg met het ministerie van LNV (toen nog EZ). De monitoring is opgestart in 2015 en is daarna jaarlijks herhaald tot en met 2017. In voorliggende rapport worden de resultaten over deze drie jaar gepresenteerd en wordt geëvalueerd of de gebiedssluiting heeft geleid tot de beoogde doelen.

1.1 Achtergrond Mosselconvenant

In 2008 is het Convenant Transitie Mosselsector (in het kort "mosselconvenant") gesloten tussen de mosselsector (Producentenorganisatie mosselcultuur "PO Mossel"), overheid (ministerie van EZ) en de natuurorganisaties, verenigd in de "Coalitie Wadden Natuurlijk". Samengevat is de doelstelling van het mosselconvenant het afbouwen van de traditionele mosselzaadvisserij op de bodem in een tempo waarin alternatieve bronnen van mosselzaad als grondstof voor de mosselcultuur ontwikkeld kunnen worden, en zodanig dat een rendabele kweek mogelijk blijft. Vooralsnog bieden mosselzaadinvanginstallaties (MZI's) het meeste perspectief als alternatieve bron van mosselzaad.

In 2009 is de transitie in gang gezet met als eerste stap het jaarlijks sluiten van 20% van de voorjaarsvisserij in gebieden die het meest kansrijk zijn voor de ontwikkeling van meerjarige mosselbanken. Tegelijkertijd is ruimte beschikbaar gesteld voor plaatsing van MZI's. In 2013 is een volgende stap gezet, waarbij in totaal 40% van de voorjaarsvisserij is gesloten. In 2013 is tevens de aanpak van de gebiedssluitingen geëvalueerd en herzien. De tot dan toe gehanteerde methodiek leidde tot een veelheid aan gesloten gebiedjes met een klein oppervlak. Deze aanpak is gewijzigd naar een werkwijze waarbij op voorhand grotere gebieden worden gesloten, waarbinnen uit historisch perspectief gezien mosselbanken te verwachten zijn. De nieuwe aanpak bood daarnaast mogelijkheden om gebiedssluitingen binnen de kaders van het mosselconvenant en VISWAD met elkaar te verenigen. Hoe de nieuwe gebiedsbenadering tot stand is gekomen, en welke overwegingen hierbij relevant waren, zijn uitgebreid beschreven door Van Stralen (2014).

1.2 Achtergrond VISWAD

In 2011 is er ook een start gemaakt met een convenant rond de garnalensector: VISWAD. Hierin zijn de betrokken partijen de garnalensector, overheid (ministerie van EZ) en de natuurorganisaties, verenigd in de "Coalitie Wadden Natuurlijk". Doelstelling is te komen tot afspraken die leiden tot de bescherming van natuurwaarden in de Waddenzee zoals beoogd met Natura 2000, en mogelijk verdergaand dan alleen Natura 2000, in combinatie met maatregelen die leiden tot een structuurverbetering en daarmee ook een economisch duurzame garnalensector.

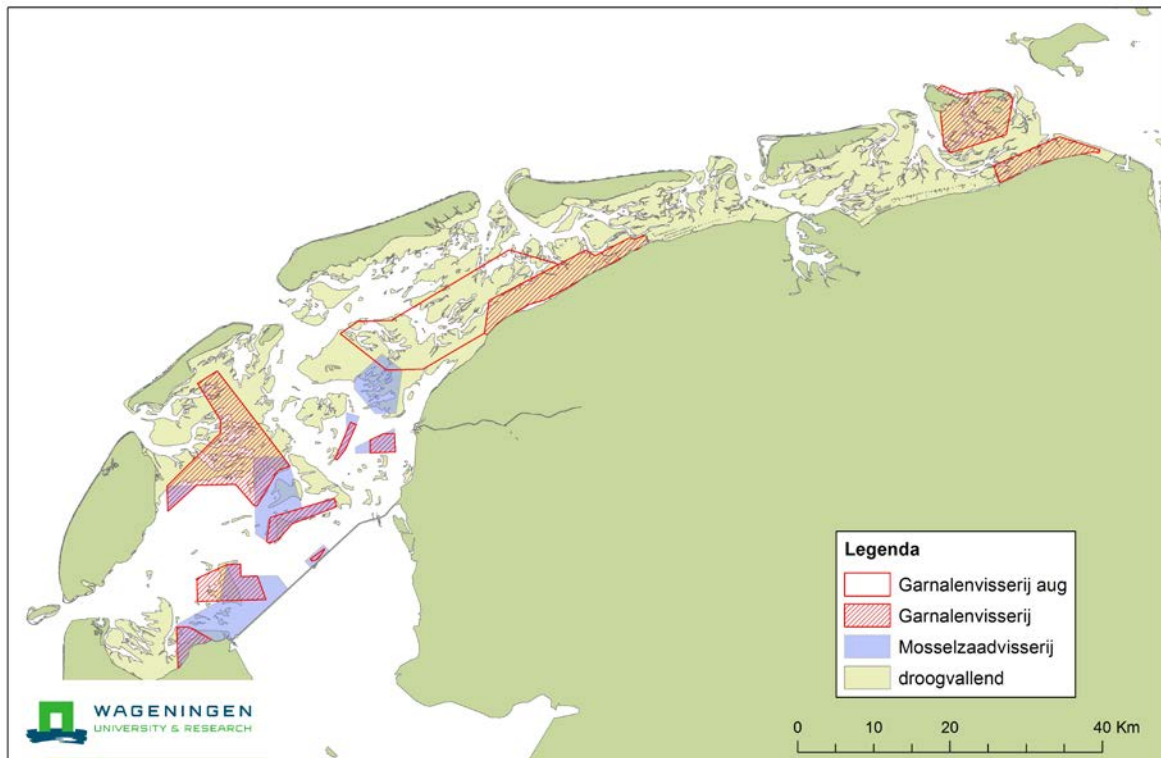
In 2013 heeft de garnalensector zelf initiatief genomen voor een eerste stap richting ruimtelijke maatregelen (Van Stralen 2014) waarbij 6.5% van het sublitoraal gesloten is voor de garnalenvisserij.

¹ Aanwezig bij het overleg op 10 februari 2014 waren Aante Nicolai (I&M), Vincent van der Meij (EZ), Angelo Kouwenhoven (EZ), Jeroen Wijsman (IMARES, nu Wageningen Marine Research), Marnix van Stralen (MarinX), Martijn de Jong (Coalitie Wadden Natuurlijk) en Bram Streefland (EZ).

In de loop van 2013 is dit vorm gegeven in de gebiedssluitingen zoals die in 2014 zijn ingesteld en waarbij de gebiedssluitingen voor garnalenvisserij zoveel mogelijk overlappen met gebiedssluitingen in het mosselconvenant.

1.3 De gesloten gebieden

Met de gezamenlijke gebiedsbenadering was het de bedoeling om grotere aaneengesloten gesloten gebieden in te richten waarbinnen kansrijke gebieden liggen voor de ontwikkeling van mosselbanken en overige natuurwaarden die van belang zijn binnen Natura 2000. De uiteindelijk vorm en ligging van de gesloten gebieden is mede gebaseerd op gegevens over de verspreiding van mosselen en andere schelpdieren, de verspreiding van vogelsoorten als toppereend, bergeend en eidereend, economisch ruimtegebruik, kennis van betrokken vissers over aanwezige natuurwaarden, en op de visserijbelangen in het gebied (zie Van Stralen 2014 voor meer informatie).



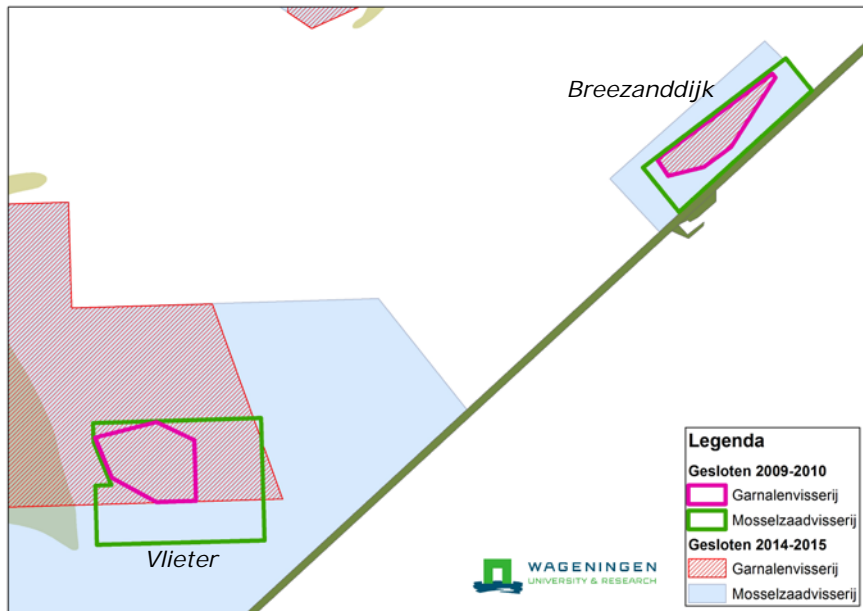
Figuur 1. Overzicht van de gesloten gebieden in de Waddenzee. "Garnalenvisserij aug" is alleen in augustus gesloten voor garnalenvisserij. Binnen de gebieden jaarrond gesloten voor de mosselvisserij (blauw) zijn mosselbanken ook gesloten voor de garnalenvisserij. De rood gearceerde gebieden zijn jaarrond gesloten voor de garnalenvisserij.

In Figuur 1 is de ligging van de gesloten gebieden weergegeven. De volgende typen gebiedssluitingen zijn daarin te onderscheiden:

- Jaarrond gesloten voor mossel- en garnalenvisserij;
- Jaarrond gesloten voor alleen mosselvisserij. De mosselbanken in deze gebieden zijn ook gesloten voor garnalenvisserij. Wanneer de mosselbanken zijn verdwenen, mag er door de garnalenvissers weer gevist worden;
- Jaarrond gesloten voor alleen garnalenvisserij
- In augustus gesloten voor garnalenvisserij, met uitzondering van de delen die liggen in het doorgaande vaarwater.

Sinds de presentatie van de gesloten gebieden door Van Stralen (2014) is er nog een wijziging doorgevoerd in de ligging van het voor garnalenvisserij gesloten gebied in het Eierlandse gat (zie bijlage 3.2 in Van Stralen, 2014).

De nieuwe gebiedsbenadering is vanaf eind 2013 leidraad bij de verdere sluitingsstappen en opgenomen in het nieuwe plan van uitvoering van het mosselconvenant en voor de eerste maal concreet toegepast in het visplan voor de voorjaarsvisserij in 2014. Effectief zijn de gebieden dus gesloten voor mosselvisserij per 2014. De VISWAD gebieden voor garnalenvisserij zijn gesloten begin 2015. Het deel van de gesloten gebieden dat al vóór 2014 gesloten was binnen de kaders van het mosselconvenant is weergegeven in Figuur 2. In het voorjaar van 2009 en 2010 is 20% van de aanwezige mosselzaadbanken gesloten voor mosselzaadvisserij. Dit is achtereenvolgens gerealiseerd in de Vlieter (140 ha) en bij Breezanddijk (70 ha). Binnen deze gebieden zijn toen kleinere oppervlakten gesloten voor ook de garnalenvisserij.



Figuur 2. De in 2009 en 2010 gesloten gebieden Vlieter en Breezanddijk (groen omkaderd = gesloten voor mosselzaadvisserij en roze omkaderd = gesloten voor garnalenvisserij). Ook de in 2014/2015 gesloten gebieden (uit Figuur 1) zijn weergegeven (waarin blauw=gesloten voor mosselzaadvisserij en rood gearceerd = gesloten voor garnalenvisserij).

1.4 Monitoring van de gesloten gebieden

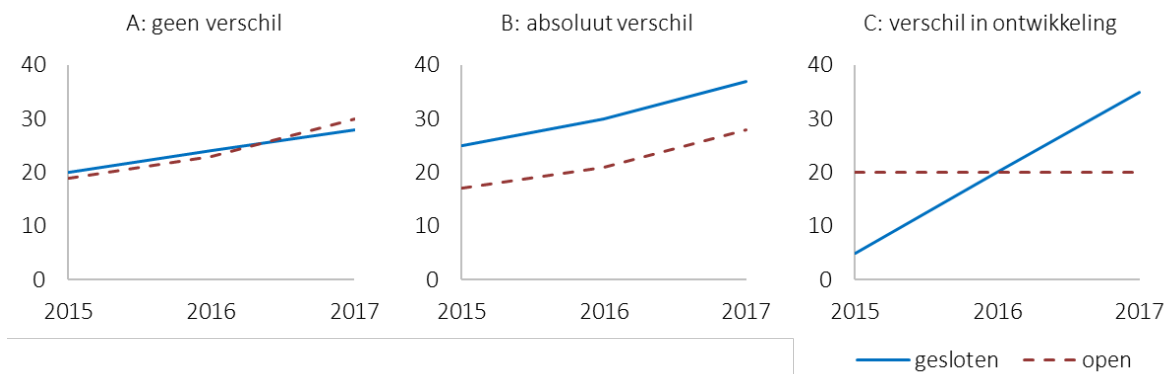
1.4.1 Onderzoeksvraag en globale opzet

De onderzoeksvraag luidt: Hoe is de ontwikkeling van soorten in de gebieden die zijn gesloten voor mosselzaad- en garnalenvisserij en aangrenzende open gebieden? De focus ligt primair op mosselbanken omdat in het aanwijzingsbesluit Waddenzee een expliciete doelstelling is geformuleerd ten aanzien van het ontstaan en behoud van meerjarige mosselbanken in diverse stadia van ontwikkeling (LNV 2008). Daarnaast worden ook soorten beschouwd die geassocieerd zijn met mosselbanken, en overige natuurwaarden die van belang zijn voor het voldoen aan de Natura 2000-instandhoudingsdoelstellingen voor habitatype H1110 (permanent overstroomde zandbanken). Onder "andere belangrijke natuurwaarden" kunnen allerlei organismen geschaard worden. Vooraf is de keuze gemaakt om primair te kijken naar de grotere bodemdieren die goed gevangen worden met de zuigkor (zie Figuur 5), het monstertuig dat ook gebruikt wordt in de reguliere monitoring. De focus ligt daarbij op soorten die relatief gevoelig zijn voor bodemberoering, dus met name fragiele soorten en soorten die structuren op de bodem bouwen. Vanuit de onderzoeksvraag is vervolgens interessant of er een verschil in ontwikkeling is tussen het gesloten en open gebied. Indien een significant is aangetoond, is onderzocht waardoor dit verschil verklaard kon worden en of het gevonden verschil toegeschreven kon worden aan de gebiedssluiting.

De monitoring is zodanig opgezet dat zoveel mogelijk gebruik gemaakt kon worden van de bestaande monitoring en in het bijzonder van de inventarisatie van mosselzaad in de westelijke Waddenzee welke jaarlijks in het voorjaar wordt uitgevoerd (zie Van Stralen *et al.*, 2017). De monitoring in de

gesloten en open gebieden is aanvullend op deze bestandsopnamen in het voorjaar uitgevoerd op grotendeels dezelfde wijze en met dezelfde monstertuigen. Door deze aanpak kunnen de resultaten van beide studies direct vergeleken worden, waarbij de resultaten uit de voorjaarsbemonstering, die plaatsvindt sinds 1992, gebruikt kunnen worden als referentiekader in ruimte en tijd.

Vaak wordt voor het aantonen van effecten van ingrepen een BACI (= "Before-After, Control-Impact") opzet gebruikt. Binnen het MEGMA onderzoek is hier echter niet voor gekozen, omdat een BACI opzet is ingericht voor het aantonen van sprongsgewijze verschillen, die groot en permanent zijn, waarbij voorafgaand aan de ingreep de referentiegebieden niet verschillen van de gebieden waar de ingreep plaatsvindt (Schwarz, 2013). In het MEGMA onderzoek was op voorhand duidelijk dat de gesloten en open gebieden binnen onderzoeksgebieden van elkaar verschilden, omdat de gesloten gebieden gericht zijn gekozen in gebieden waarvan uit historische data bekend was dat zich daar rijke bodemdiergemeenschappen bevonden en/of de kans op ontwikkeling van stabiele meerjarige mosselbanken groot was (zie Van Stralen, 2014). Daarnaast werd vooraf verwacht dat ontwikkelingen als gevolg van de sluiting, indien sluiting een effect heeft, geleidelijk van aard zijn (en dus niet sprongsgewijs). Daarbij wordt benadrukt dat niet zozeer de absolute verschillen tussen het gesloten en open gebied niet zozeer interessant zijn voor beantwoording van de onderzoeksvragen, alswel de verschillen in ontwikkeling in de tijd. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 3, waar in paneel B sprake is van alleen een absoluut verschil waarbij de ontwikkeling over de tijd hetzelfde is, en waar in paneel C daadwerkelijk sprake is van een verschil in ontwikkeling.



Figuur 3. Schematische illustratie van de mogelijke resultaten, waarbij een willekeurige variabele (bijvoorbeeld biomassa of dichtheid) van een denkbeeldige soort is uitgezet tegen de tijd, voor zowel het gesloten (blauw, ononderbroken) als open (rood, onderbroken) gebied. A: er is geen verschil tussen het gesloten en open gebied. B: in ofwel het open ofwel het gesloten gebied wordt consequent een hogere dichtheid aangetroffen, maar de ontwikkeling over de tijd is hetzelfde. C: De ontwikkeling over de tijd verschilt.

Een absoluut verschil dat al ten tijde van de gebiedssluiting aanwezig was kan bijvoorbeeld veroorzaakt zijn door verschillen in abiotische omstandigheden tussen het gesloten en open gebied, waarbij één van beide gebieden een geschikter habitat vormt voor de betreffende soort. Het is minder waarschijnlijk dat een dergelijk verschil is veroorzaakt door de gebiedssluiting, en dus het uitsluiten van visserij.

Denkbaar is dat het sluiten van een gebied voor visserij zou kunnen leiden tot een toename in abundantie van soorten die kwetsbaar zijn voor visserij. Te denken valt hierbij bijvoorbeeld aan structuur-vormende en/of fragiele sessiele soorten die op de bodem leven. Wanneer een toename van dit type soorten wordt waargenomen in het gesloten gebied, die significant sterker is dan in het open gebied (waar de soort wellicht ook toeneemt maar in mindere mate, of waar de soort stabiel blijft of zelfs afneemt), duidt dit mogelijk op een effect van gebiedssluiting. Dus pas als er sprake is van een significant verschillende ontwikkeling (zoals bijvoorbeeld Figuur 3C) van een bepaalde soort, is er mogelijk sprake van een effect van de gebiedssluiting op die soort. Daarom zijn alle soorten welke geen significant verschillende ontwikkeling vertoonden verder niet in beschouwing genomen.

1.4.2 Bestaande monitoring

In monitoring van mosselbanken en geassocieerde soorten wordt al grotendeels voorzien door de jaarlijkse mosselzaadinventarisatie in het voorjaar in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee (zie Van Stralen *et al.*, 2017). Doel van deze inventarisatie, die loopt sinds 1992, is het schatten van de sublitorale bestanden aan mosselen (zaad en meerjarig). Daarbij worden ieder voorjaar alle gebieden bezocht waarvan uit historisch perspectief, waaronder de uitkomsten van eerdere surveys, en informatie van visserijkundig ambtenaren en (garnalen)vissers bekend is dat daar mosselen aangetroffen kunnen worden. Alle aangetroffen mosselbanken worden gekarteerd. De survey is specifiek ontworpen voor een schatting van het bestand aan mosselen en is daarmee ook zeer geschikt voor ruimtelijk en temporeel onderzoek naar soorten die geassocieerd zijn met mosselbanken, zoals bijvoorbeeld Japanse oesters en multjes. Omdat een deel van de monsterpunten ieder jaar bemonsterd wordt, ook als daar geen mosselen worden verwacht, leent de survey zich ook goed voor onderzoek naar de langjarige ontwikkeling van overige, niet aan mosselbanken geassocieerde soorten (zoals kokkels, mesheften, strandgapers). Uit de survey wordt van de ruimtelijke verspreiding van dergelijke soorten echter een beperkter beeld verkregen dan voor mosselen en soorten die met de mosselbanken zijn geassocieerd. Dus om ook de ontwikkeling van deze soorten in de gesloten en open gebieden te kunnen volgen en vergelijken, is aanvullende monitoring nodig. Daarbij worden tijdens de mosselzaadinventarisatie weliswaar alle schelpdiersoorten, krabben en zeesterren geregistreerd, maar een aantal andere soorten zoals anemonen en grotere wormen niet. De MEGMA monitoring voorziet daar wél in, en richt zich specifiek op de vergelijking tussen voor mosselzaad- en garnalenvisserij gesloten en open gebied waarbij ieder jaar dezelfde monsterpunten bemonsterd worden.

1.4.3 Historisch en ruimtelijk referentiekader

Voor wat betreft de ontwikkeling van mosselbanken en geassocieerde soorten wordt gebruik gemaakt van gegevens uit de bestaande mosselzaadinventarisatie die in 1992 al is opgezet. Er bestaat dus een langere tijdreeks, en een grotere ruimtelijke dekking, dan minimaal noodzakelijk zou zijn voor de monitoring van mosselbanken in de gesloten gebieden. De verzamelde gegevens sinds 1992 zijn geschikt om de ontwikkeling en situatie voorafgaand aan de gebiedssluitingen te bestuderen, en ook om de ontwikkeling die gezien wordt binnen de gesloten gebieden in de langjarige ontwikkeling van het ecosysteem en de natuurlijke ontwikkeling van de soorten daarin te kunnen plaatsen, en daarmee inzicht geeft in de eventuele opgetreden veranderingen. Voor de overige soorten, die niet geassocieerd zijn met mosselbanken, kan ook gebruik gemaakt worden van de mosselzaadinventarisatie. Dat geldt echter alleen voor soorten die geregistreerd zijn in deze survey, en waarbij de monsterdichtheid minder op deze soorten is toegespitst.

2 Onderzoeksvragen

De wens van de opdrachtgever was om na een periode van drie jaar te kunnen evalueren of bodemdieren zich anders ontwikkelen in de gesloten gebieden en of dit toe te schrijven is aan de gebiedssluiting. Het onderzoek is zodanig ingericht dat er na drie jaar een evaluatie kon worden uitgevoerd. De onderzoeksvraag die ten grondslag ligt aan de uitgevoerde monitoring is: "Hoe is de ontwikkeling van soorten in de gebieden die zijn gesloten voor mosselzaad- en garnalenvisserij en aangrenzende open gebieden?"

Met als vervolgvragen:

1. Zijn er verschillen in ontwikkeling tussen de voor visserij gesloten en open gebieden?
2. Zijn eventuele verschillen in ontwikkeling toe te schrijven aan de gebiedssluiting? Zo nee: is er een andere oorzaak voor het waargenomen verschil aan te wijzen?

De monitoring richt zich op de ontwikkeling van mosselbanken en geassocieerde soorten, alsmede overige belangrijke natuurwaarden.

3 Methoden

3.1 Onderzoeksgebieden en opzet van de monitoring

De monitoring richt zich op een vergelijking tussen gebieden die open en gesloten zijn voor mosselzaad- en/of garnalenvisserij in de westelijke Waddenzee. In de Waddenzee zijn op relatief kleine ruimtelijke schaal grote verschillen mogelijk in omgevingscondities en autonome (natuurlijke) ontwikkelingen en gradiënten. Om te kunnen onderscheiden of verschillen in ontwikkeling tussen gesloten en open gebieden terug te voeren zijn op de sluiting moeten effecten van ruimtelijke verschillen zoveel mogelijk uitgesloten worden. Een manier om dit te bereiken is door meerdere onderzoeksgebieden te definiëren die deels in het gesloten en deels in het open gebied liggen, waarbij per onderzoeksgebied de monsterpunten in het gesloten en open gebied dicht bij elkaar liggen in een gebied dat zo homogeen mogelijk is qua omgevingsvariabelen (bijvoorbeeld diepteligging, zoutgehalte, sedimentsamenstelling).

De keuze voor de onderzoeksgebieden is in belangrijke mate gebaseerd op historische kennis van mosselen en andere soorten die van belang zijn binnen Natura 2000 en/of abundant voorkomen. Verder zijn de onderzoeksgebieden zo gekozen dat binnen de onderzoeksgebieden het gesloten en open gebied direct aan elkaar grenzen waardoor de kans dat de omgevingsvariabelen overeenkomen zo groot mogelijk is. In de praktijk bleek dit laatste moeilijk te realiseren omdat grenzen vaak liggen op of nabij diepte gradiënten, omdat de ligging van de gesloten gebieden vaak bewust zodanig is gekozen dat de aanwezige mosselbanken of banken van andere schelpdieren daar zo veel mogelijk in vallen.

3.2 Monitoring

3.2.1 Mosselzaadinventarisatie in het voorjaar

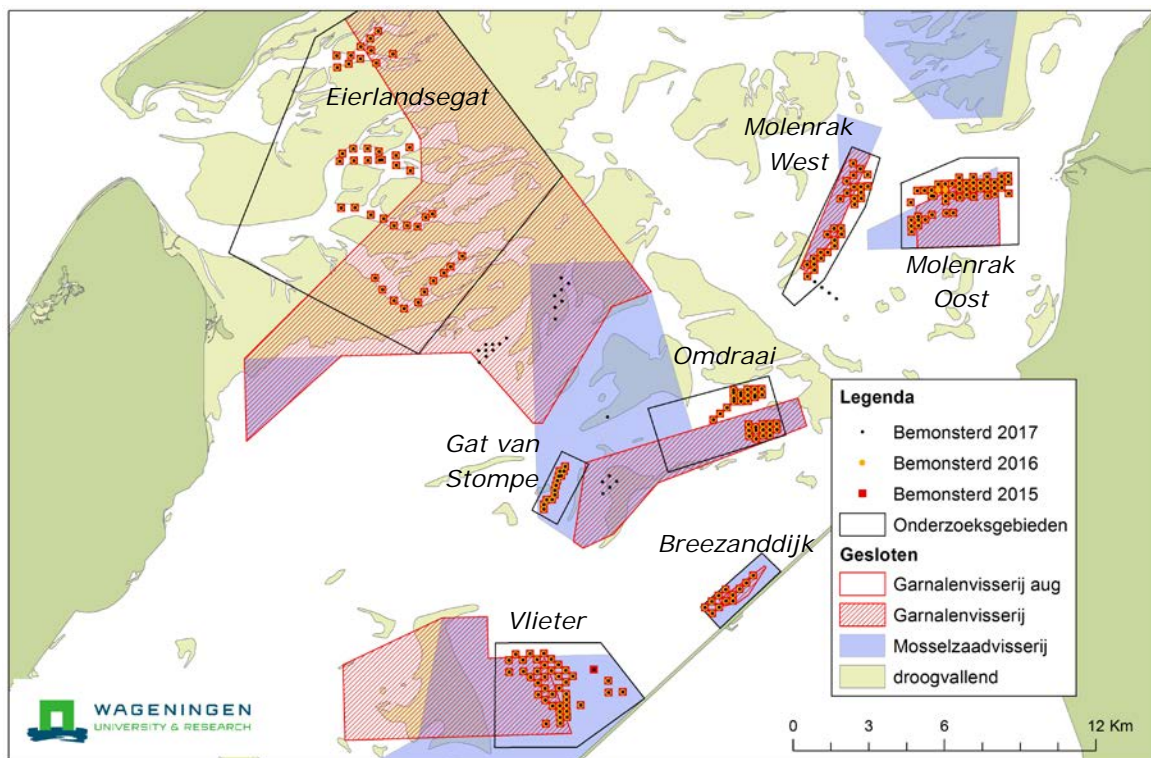
De mosselzaadinventarisatie in het voorjaar wordt sinds 1992 jaarlijks uitgevoerd door Bureau MarinX en Wageningen Marine Research in opdracht van de Producentenorganisatie Mosselcultuur. Voor uitleg over de methodiek wordt verwezen naar de jaarlijkse survey rapporten (Van Stralen *et al.*, 2015, 2016a, 2017). Ten behoeve van het MEGMA onderzoek zijn alle data uit de gehele meetreeks sinds 1992 gebruikt (zie paragraaf 3.3) als referentiekader in tijd en ruimte. Ook zijn in voorliggend rapport de arealen van mosselbanken, zoals jaarlijks ingetekend door Van Stralen *et al.*, (2015, 2016a, 2017) gebruikt om inzicht te geven in de ontwikkeling van het oppervlak aan mosselbanken, uitgesplitst in de gesloten gebieden en daarbuiten. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen zaadbanken, gemengde banken en meerjarige banken. Zaadbanken bestaan geheel uit mosselzaad. Gemengde banken zijn banken met gemengde voorkomens van mosselzaad en meerjarige mosselen, waarbij van het mosselzaad de dichtheid tenminste 150 g per m² is, waarmee het ook zonder de voorkomens van oudere mosselen als bank zou kwalificeren volgens de gehanteerde definitie. Dit zijn dus bestaande banken waarin mosselzaad is gevallen. Meerjarige banken bestaan geheel uit meerjarige mosselen, eventueel met een dichtheid aan mosselzaad van minder dan 150 g per m². De contouren zijn ingetekend in het navigatieprogramma MaxSea, en ten behoeve van het MEGMA onderzoek geëxporteerd naar ArcGIS 10.5 omdat daarmee een preciezere berekening mogelijk is van oppervlakken. Als gevolg daarvan komen oppervlakken zoals hier gerapporteerd niet exact overeen met oppervlakken die eerder zijn gerapporteerd (Van Stralen *et al.*, 2015, 2016a, 2017).

3.2.2 Aanvullende monitoring in de zomer

Per onderzoeksgebied zijn monsterpunten gelegd op een vast grid met een onderlinge afstand tussen de monsterpunten van 360 m of 230 m (Figuur 4). In het onderzoeksgebied Gat van Stompe is het regelmatige grid verder verdicht tot een afstand tussen de punten van 194 m, om zo een voldoende aantal monsterpunten te hebben voor een vergelijking tussen open en gesloten. In het Eierlandse gat, waar het te onderzoeken gebied bestaat uit nauwe geulen, is niet gewerkt met het vaste grid maar

zijn de monsterpunten op regelmatige afstanden in deze geulen gelegd. De totale aantallen monsterpunten zijn weergegeven in Tabel 1, onderverdeeld per onderzoeksgebied en de categorie van gebiedssluiting (voor garnalenvisserij, mosselzaadvisserij, beide visserijen of geen van beide visserijen). In 2017 zijn 25 extra monsterpunten gelegd in nieuw ontstane mosselzaadbanken, met als doel het volgen van de ontwikkeling van deze zaadbanken en geassocieerde fauna in de komende jaren mogelijk te maken. Deze monsterpunten zijn weergegeven in Figuur 4. Resultaten van deze aanvullende monsterpunten zijn niet meegenomen in de analyse over de periode 2015-2017.

De bemonstering is uitgevoerd volgens dezelfde methodiek als gebruikt tijdens de mosselzaadinventarisaties in het voorjaar: met een zuigkor (Figuur 5), bediend vanaf het vaartuig YE42 "Anna Elizabeth" van Roem van Yerseke B.V. Gevist is met een zuigkor voor kokkels, waarvan de breedte van het mes is versmald tot 20 cm en de kor en de spoelmolen is voorzien van gaas met een maaswijdte van 5 mm. Op ieder monsterpunt is gesleept over een afstand van ca. 100 m, waarmee per monsterpunt een oppervlak van ca. 20 m² is bemonsterd. De werkelijk afgeviste afstand is bijgehouden met DGPS-plaatsbepaling. Van het totale monster is een submonster genomen van 1/7 deel van het totale volume.



Figuur 4. De onderzoeksgebieden (zwart omkaderd, inclusief gebiedsnaam) en de bemonsterde monsterpunten in 2015 (rode blokjes), 2016 (oranje stippen) en 2017 (zwarte stippen).

Ieder monster is aan boord verder verwerkt. Alle aangetroffen taxa zijn geregistreerd en een deel daarvan verder gesorteerd naar leeftijdsklasse en/of lengteklasse. Van alle taxa is het aantal individuen geteld en het totale natgewicht per monster bepaald (voor een aantal taxa opgesplitst in leeftijd- en/of lengteklassen). Van kapotte individuen zijn geen gewichten bepaald, maar is een gewicht geschat uit het gemiddelde van deze soort in hetzelfde monster, of als dat niet mogelijk was uit alle monsters genomen op dezelfde dag, of als dat niet mogelijk was uit alle monsters genomen. Van enkele taxa worden vrijwel nooit intacte individuen aangetroffen. Deze taxa worden alleen geteld. Voorbeelden hiervan zijn de strandgaper (*Mya arenaria*) en de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*). De meeste gevangen wormen waren ook niet compleet. Van deze taxa zijn alleen de koppen geteld, en is van alle aangetroffen onderdelen het totale natgewicht per monster gewogen. Van anemonen zijn alleen individuen groter dan 10 mm gewogen, kleinere zijn alleen geteld.



Figuur 5. De bemonstering is uitgevoerd met de zuigkor (links) welke wordt bediend vanaf de YE42 (rechts). Het monster wordt via een zuigbuis (rechts) opgezogen en vervolgens aan dek gezeefd in een spoelmolen met een maaswijdte van 5 mm.

In Tabel 3 is voor alle aangetroffen organismen aangegeven op welk soortniveau ze gedetermineerd zijn. In 2015 zijn alle zakpijpen benoemd als Ascidiacea, in 2016 en 2017 is onderscheid gemaakt tussen *Molgula* sp. en *Styela clava* (de knotszakpijp). Alle zagers (o.a. *Alitta virens* en *Nereis diversicolor*) zijn benoemd als Nereididae. Wormen die niet gedetermineerd konden worden omdat bijvoorbeeld slechts een fragment werd aangetroffen, zijn benoemd als Polychaeta indien ze duidelijk borstels hadden, en anders als Annelida. Alle zeepokken zijn benoemd als Balanoidea, anemonen als Actiniaria (er is wel onderscheid gemaakt tussen gesteelde en ongesteelde individuen). Zie verder Tabel 3.

Tabel 1. Het aantal bemonsterde monsterpunten binnen de onderzoeksgebieden in 2015, 2016 en 2017. Daarnaast zijn in 2017 25 extra monsterpunten buiten de onderzoeksgebieden bemonsterd.

Onderzoeksgebied	Gesloten voor	Aantal monsterpunten bemonsterd in		
		2015	2016	2017
Afsluitdijk Breezanddijk	Garnalen- en mosselzaadvisserij	6	6	6
	Mosselzaadvisserij	6	6	6
Afsluitdijk Vlieter	Garnalen- en mosselzaadvisserij	20	20	20
	Mosselzaadvisserij	18	17	18
	Open	3	3	3
Eierlandsegat	Garnalenvisserij	20	20	20
	Open	23	23	23
Gat van Stompe	Mosselzaadvisserij	13	13	13
Molenrak oost	Garnalen- en mosselzaadvisserij	21	21	21
	Mosselzaadvisserij	9	9	9
	Open	20	20	18
Molenrak west	Garnalen- en mosselzaadvisserij	12	12	12
	Open	16	16	17
Omdraai	Garnalen- en mosselzaadvisserij	14	14	14
	Open	18	18	18
Totaal		219	218	218
Waarvan	<i>Gesloten voor garnalenvisserij</i>	93	93	93
	<i>Open voor garnalenvisserij</i>	126	125	125
	<i>Gesloten voor mosselzaadvisserij</i>	119	118	119
	<i>Open voor mosselzaadvisserij</i>	100	100	99

3.3 Opwerking historische gegevens

Om te kunnen dienen als referentiemateriaal in ruimte en tijd, zijn de gegevens uit de mosselzaadinventarisatie sinds 1992 opgewerkt voor alle taxa anders dan mosselen. Deze opwerking houdt in dat er allerlei kwaliteitscontroles zijn uitgevoerd, en de gegevens waar nodig zijn gecorrigeerd. Deze opwerking was al gebeurd voor de mossel, aangezien voor deze soort jaarlijks resultaten gerapporteerd worden. Uit de opgewerkte gegevens zijn tijdreeksen gemaakt waarbij per jaar het berekende bestand is weergegeven, volgens dezelfde methodiek als gehanteerd wordt bij de berekening van het mosselbestand (zie Van Stralen *et al.*, 2017). Ook zijn verspreidingskaarten gemaakt, waarbij per monsterpunt de gemiddelde dichtheid over de gehele periode van bemonstering weergegeven is. Deze verspreidingskaarten worden gepresenteerd door (Troost *et al.*, 2018). Waar nodig worden deze kaarten in voorliggend rapport gepresenteerd om resultaten uit de MEGMA bemonstering te interpreteren en verklaren.

3.4 Analyses

3.4.1 Toetsing opzet monitoring

Na afronding van de bemonstering in 2015 is met de verkregen resultaten een "power analyse" uitgevoerd om te bepalen of de gekozen onderzoeksopzet voldoende robuust is voor het kunnen aantonen van verschillen van bepaalde grootte in een statistische analyse. Zie Zar (1996) voor uitleg over de gebruikte methodiek.

De "power" is berekend middels de formule: $\varphi = \sqrt{\frac{n\delta^2}{2ks^2}}$

Waarbij:

- n = aantal waarnemingen (aantal monsterpunten per behandeling);
- δ = effectgrootte (berekend voor effectgroottes van 10, 20 en 30%);
- k = aantal groepen (aantal behandelingen; berekend voor 2 groepen (open en gesloten) en voor 4 groepen (open, gesloten voor mosselzaadvissersrij, gesloten voor garnalenvissersrij, gesloten voor beide vissersrijen);
- s^2 = variantie (bepaald uit de monitoring resultaten van 2015).

Er is uitgegaan van een significantieniveau (α) van 0,05. Voor wat betreft het aantal waarnemingen (n) is uitgegaan van het laagste aantal waarnemingen per groep. Bij de vergelijking van 2 groepen (open vs. gesloten) is op deze manier gerekend met 84 waarnemingen, bij de vergelijking van 4 groepen met 20 waarnemingen. De variantie rond de gemiddelde dichtheid is berekend voor de zeven meest abundante soort(groep)en (*Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Actiniaria*, *Cerastoderma edule*, *Crepidula fornicata*, *Ensis directus*, *Limecola balthica*). Voor deze zeven taxa is de power berekend voor effectgroottes van 10, 20 en 30%, en voor onderscheid in twee en vier groepen.

3.4.2 Aanpak analyses

De hoofdvraag bij dit onderzoek is hoe bodemfauna zich ontwikkelt in de gesloten gebieden en hoe zich dit verhoudt tot de ontwikkeling in de open gebieden. De analyse en presentatie van resultaten in voorliggend rapport is zodanig opgezet dat eerst gekeken wordt naar de verschillen tussen het gesloten en open gebied, en dat vervolgens de ontwikkeling van (groepen) bodemdieren alleen wordt weergegeven voor taxa die een duidelijk verschil laten zien tussen het gesloten en open gebied.

Bij de vergelijking tussen het gesloten en open gebied is het vooral van belang om te kijken naar verschillen in ontwikkeling, en niet alleen naar absolute verschillen in dichtheid en biomassa. Het is juist de vraag of de bodemdieren zich anders ontwikkelen in het gebied dat gesloten is voor visserij. In de statistische analyse is daarom getoetst of er een significante interactie was tussen gebied (open/gesloten) en de tijd (de 3 meetjaren) (zie volgende paragraaf).

Als eerste stap is voor een drietal taxa individueel getoetst of de ontwikkeling in het gesloten gebied anders is dan in het open gebied. Dit zijn de mossel (*Mytilus edulis*), de schelpkokerworm (*Lanice conchilega*) en de groep hydroïdpoliepen (Hydrozoa, in de volksmond ook wel “weerbomen”). Dit zijn alle drie taxa die boven de zeebodem uitsteken. Vervolgens zijn alle 58 aangetroffen taxa, inclusief de hiervoor genoemde drie taxa, ingedeeld in de volgende groepen:

- Infauna (evertebrate soorten levend in de bodem);
- Epifauna (evertebrate soorten levend op de bodem);
- Sessiel (soorten die plaatsgebonden zijn);
- Mobiel (mobiele soorten);
- Structuurgebonden vis (botervis en puitaal);
- Overige vis.

Ook voor deze groepen is getoetst of er een significant verschil is in ontwikkeling, over de periode van 3 jaar dat gemonitord is. Indien een significant verschil werd gevonden, is vervolgens nog eens getoetst of er een verschil in ontwikkeling was voor de vier meest abundante taxa uit die groep.

Tot slot zijn verschillende biodiversiteitsindices berekend en getoetst. Er zijn veel verschillende manieren om de diversiteit te berekenen (zie bijvoorbeeld Gray 2000, Heip *et al.*, 2001). Wij hebben gekozen voor de volgende indices:

- Soortenrijkdom (= aantal aangetroffen taxa)
- Gemiddelde dichtheid van alle taxa samen
- Shannon-Weaver index: $H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$
- Simpson index: $D_1 = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$
- Pielou's evenness index: $J = \frac{H}{\ln S}$

Waarbij p_i = het aantal individuen van soort i gedeeld door het totale aantal individuen en S = het aantal soorten.

In de analyse over de periode 2015 – 2017 zijn de survey gegevens uit de voorjaarsinventarisatie niet meegenomen. Wel zijn tijdens de voorjaarsinventarisatie, voor zover mogelijk, binnen de onderzoeksgebieden de MEGMA monsterpunten bemonsterd. Deze gegevens zijn beschikbaar om eventueel in een later stadium te analyseren. Dit is nu nog niet gedaan omdat na 3 jaar nog geen effect van gebiedssluiting verwacht werd, en omdat uit de MEGMA resultaten geen aanleiding volgt om te veronderstellen dat deze effecten er al wel zijn. Daarnaast moet rekening gehouden met verschillen tussen beide surveys, met name verschillen tussen seizoenen, welke het combineren in één analyse kunnen bemoeilijken. Zo bleken sommige soorten te verschillen in abundantie tussen de seizoenen, en vertonen andere, zoals schelpdieren, grote verschillen in individueel gewicht, en daardoor de totale biomassa.

Er is voor gekozen om de effecten van gebiedssluiting voor beide visserijen afzonderlijk te toetsen, en geen rekening te houden met eventuele cumulatieve effecten. Dit vanwege het anders beperkte aantal monsterpunten per behandeling, en ook omdat de theoretische effecten van beide visserijen gescheiden zijn. Garnalenvissers mijden immers mosselbanken omdat zij daar met hun netten in vastlopen, terwijl de kwekers het juist op de mosselbanken gemunt hebben. Cumulatieve effecten van betekenis zijn daarom niet zo waarschijnlijk.

3.4.3 Statistische analyses

De data zijn geanalyseerd aan de hand van lineaire modellen, waarbij onderzocht is of er een significante interactie was tussen gebied (open en gesloten voor mosselzaadvisserij of garnalenvisserij) en tijd (jaar: 2015, 2016, 2017). Als de interactieterm significant is, betekent dit dat de ontwikkeling in het gesloten gebied statistisch aantoonbaar verschilt van die in het open gebied, wat mogelijk een effect is van het instellen van de sluiting. Als derde verklarende variabele is het onderzoeksgebied meegenomen, omdat bekend is dat er ruimtelijke verschillen zijn in het voorkomen van bodemdieren in de Waddenzee (zie bijvoorbeeld Dekker & Drent, 2013). Er is verder nagegaan of het model verbeterd kon worden door rekening te houden met:

-
1. heterogeniteit van de variantie tussen onderzoeksgebieden;
 2. variatie tussen locaties als gevolg van factoren waar we primair niet in geïnteresseerd zijn (zogenaamde random factoren).

Dat kan door toepassen van zogenaamde LME-modellen (Linear Mixed Effects). Correctie voor heteroscedasticiteit (1) is gebeurd door het toelaten van een andere variantiestructuur per onderzoeksgebied. Monsterlocaties zijn als random effect (2) meegenomen. Of een model is verbeterd na toevoegen van een of beide correcties, is nagegaan op basis van het Akaike Information Criterium (AIC). Uiteindelijk zijn alleen de uitkomsten van het best passende model gebruikt. Wanneer de interactieterm niet significant was, is het model vereenvoudigd door weglaten van de interactieterm, en vervolgens telkens de 'minst significante' verklarende variabele weg te laten tot alle geschatte regressie coëfficiënten significant van nul verschilden ("backward procedure"). Voor de dichtheden en biomassa's zijn de data log-getransformeerd, om zo een betere normaalverdeling van de data te krijgen. Diversiteitsindices werden niet getransformeerd.

4 Resultaten

4.1 Resultaten “power analyse”

De resultaten van de “power analyse” (Tabel 2) laten zien dat bij toetsen met een ANOVA van twee groepen (open en gesloten) een effectgrootte van 10% (bijvoorbeeld: een 10% hogere dichtheid in het gesloten gebied) waarschijnlijk niet aangetoond kan worden, maar een effectgrootte van 20% mogelijk wel en van 30% zeker. Datzelfde geldt als vier groepen getoetst worden. De verwachting is dat de “power” hoger zal zijn (en dus kleinere verschillen aangetoond kunnen worden) als onderscheidende variabelen zoals onderzoeksgebied meegenomen worden, en als de monitoring wordt herhaald in de tijd. In de uiteindelijke statistische analyse zijn deze variabelen inderdaad meegenomen.

Tabel 2. Resultaten van de “power analyse” na de monitoring van 2015. Voor verschillende soorten is de “power” berekend, aan de hand van de in 2015 gevonden standaard deviaties van de gemiddelde dichtheid, en voor de scenario's “2 groepen” (vergelijking open/gesloten) en “4 groepen” (vergelijking 1. gesloten voor mosselzaadvisserij, 2. gesloten voor garnalenvisserij, 3. gesloten voor beide visserijen en 4. open). De berekende “power” is voor een ANOVA, en is berekend voor drie verschillende effectgroottes: 10%, 20% en 30%.

Soort	Latijnse naam	Power voor 2 groepen (n=84)			Power voor 4 groepen (n=20)		
		10%	20%	30%	10%	20%	30%
Anemonen	<i>Actinaria</i>	0.50	0.97	1.00	0.55	1.00	1.00
Kokkel	<i>Cerastoderma edule</i>	<0.40	0.60	0.92	<0.40	0.65	0.96
Muiltje	<i>Crepidula fornicata</i>	<0.40	0.72	0.96	<0.40	0.78	0.97
Ensis	<i>Ensis directus</i>	<0.40	0.76	0.97	<0.40	0.84	1.00
Nonnetje	<i>Limecola balthica</i>	<0.40	0.86	1.00	<0.40	0.93	1.00
Mya	<i>Mya arenaria</i>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mossel	<i>Mytilus edulis</i>	0.65	1.00	1.00	0.74	1.00	1.00

4.2 Aangetroffen taxa

In Tabel 3 staan alle 58 taxa opgesomd die in de bemonsteringen zijn gevonden, en in welke samengestelde groep deze taxa zijn opgenomen voor de statistische analyses. De top 5 van taxa die in de hoogste dichtheden zijn aangetroffen, zijn de mossel (*M. edulis*), strandgaper (*Mya arenaria*), schelpkokerworm (*L. conchilega*), anemonen (*Actinaria*) en nonnetje (*Limecola balthica*). Afgezien van de schelpkokerworm zijn deze taxa op meer dan 50% van de monsterpunten aangetroffen. Van de 58 taxa werden in totaal 11 taxa op meer dan 50% van alle monsterpunten aangetroffen.

In Tabel 4 is weergegeven welke taxa het grootste deel van het totale aantal individuen per samengestelde groep vertegenwoordigen. Dit zijn voor de groepen ‘sessiel’, ‘epifauna’ en ‘infauna’ overwegend schelpdiersoorten (strandgaper (*M. arenaria*), mossel (*M. edulis*), kokkel (*Cerastoderma edule*) en nonnetje (*L. balthica*) en de schelpkokerworm (*L. conchilega*), anemonen (*Actinaria*) en hydroïdpoliepen (Hydrozoa). Alle afzonderlijke vis taxa zijn op maximaal 44 stations aangetroffen (Tabel 3), ook de taxa die samen meer dan 80% uitmaken van de groep ‘vis’ (Tabel 4).

Tabel 3. Alle 58 aangetroffen taxa. Weergegeven is op hoeveel van de 218-219 monsterpunten de soort(groep) is aangetroffen, de gemiddelde dichtheid (n/m²) per jaar en over de gehele periode, en de indeling in groepen (Groep 1: infauna, epifauna, vis; Groep 2: sessiel, mobiel). De taxa zijn gerangschikt naar de gemiddelde dichtheid over de gehele periode, van hoog naar laag. In de laatste kolom is met een * aangegeven welke van deze taxa ook sinds 2010 of eerder in de reguliere mosselzaadinventarisatie geregistreerd worden.

Taxon	Determinatie-niveau	op n stations			gemiddelde dichtheid (n/m ²)				Indeling in groepen		Voor-jaar
		2015	2015	2017	2015	2015	2017	2015-'17	Groep 1	Groep 2	
<i>Mytilus edulis</i>	soort	139	157	149	30.6	379.6	73.5	161.1	epifauna	sessiel	*
<i>Mya arenaria</i>	soort	155	157	158	112.7	74.7	42.3	76.7	infauna	sessiel	*
<i>Lanice conchilega</i>	soort	10	24	32	16.9	25.0	15.6	19.2	infauna	sessiel	
Actiniaria	orde	143	148	142	17.9	19.6	18.8	18.8	epifauna	sessiel	
<i>Limecola balthica</i>	soort	132	146	131	12.5	7.0	7.9	9.1	infauna	sessiel	*
<i>Cerastoderma edule</i>	soort	116	110	108	5.7	7.0	11.6	8.1	infauna	sessiel	*
Hydrozoa	klasse	117	138	107	2.3	9.8	6.0	6.0	epifauna	sessiel	
<i>Ensis directus</i>	soort	143	157	148	4.4	6.9	5.4	5.6	infauna	sessiel	*
<i>Crangon crangon</i>	soort	111	203	191	1.7	5.9	6.3	4.6	epifauna	mobiel	
<i>Crepidula fornicata</i>	soort	57	67	60	3.6	5.0	2.9	3.8	epifauna	sessiel	*
<i>Carcinus maenas</i>	soort	170	180	171	2.5	3.5	5.0	3.7	epifauna	mobiel	*
Nereididae	familie	124	125	92	1.6	4.5	3.3	3.1	epifauna	mobiel	
<i>Molgula</i> sp.	genus	0	76	64	0.0	3.4	3.6	2.3	epifauna	sessiel	
<i>Magallana gigas</i>	soort	61	54	44	1.4	2.3	0.4	1.4	epifauna	sessiel	*
Balanoidea	superfamilie	130	135	128	0.9	1.0	1.4	1.1	epifauna	sessiel	*
<i>Asterias rubens</i>	soort	44	52	60	1.1	1.2	0.7	1.0	epifauna	mobiel	*
<i>Nephtys</i> sp.	genus	40	83	76	0.3	0.4	0.8	0.5	epifauna	mobiel	
<i>Petricolaria pholadiformis</i>	soort	10	17	14	0.1	0.5	0.6	0.4	infauna	sessiel	*
Asciacea	klasse	44	14	4	0.5	0.6	0.0	0.4	epifauna	sessiel	
<i>Hemigrapsus</i> sp.	genus	32	35	40	0.3	0.4	0.4	0.4	epifauna	mobiel	*
<i>Abra alba</i>	soort	2	5	3	0.5	0.3	0.3	0.4	infauna	sessiel	*
<i>Ophiura</i> sp.	genus	17	34	26	0.1	0.3	0.5	0.3	epifauna	mobiel	*
<i>Barnea candida</i>	soort	1	1	1	0.1	0.0	0.5	0.2	infauna	sessiel	*
<i>Styela clava</i>	soort	3	7	0	0.2	0.1	0.0	0.1	epifauna	sessiel	
<i>Pomatoschistus</i> sp.	genus	8	33	28	0.0	0.1	0.1	0.1	vis	mobiel	
<i>Lepidonotus squamatus</i>	soort	0	8	6	0.0	0.1	0.1	0.1	epifauna	sessiel	*
Polychaeta	klasse	0	8	1	0.0	0.2	0.0	0.1	epifauna	mobiel	
<i>Fabulina fabula</i>	soort	4	8	13	0.0	0.1	0.1	0.1	infauna	sessiel	*
<i>Pagurus bernhardus</i>	soort	11	17	8	0.0	0.1	0.0	0.1	epifauna	mobiel	*
<i>Scoloplos armiger</i>	soort	0	0	21	0.0	0.0	0.2	0.1	infauna	mobiel	
<i>Pleuronectes platessa</i>	soort	19	44	27	0.0	0.1	0.1	0.1	vis	mobiel	
<i>Pholis gunnellus</i>	soort	8	18	17	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Macomangulus tenuis</i>	soort	2	8	10	0.0	0.0	0.0	0.0	infauna	sessiel	*
<i>Syngnathus rostellatus</i>	soort	1	25	0	0.0	0.1	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Zoarces viviparus</i>	soort	2	10	10	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
Annelida	phylum	7	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	infauna	mobiel	
<i>Ammodytes</i> sp.	genus	12	5	2	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Scrobicularia plana</i>	soort	2	6	5	0.0	0.0	0.0	0.0	infauna	sessiel	*
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	soort	1	0	5	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Arenicola marina</i>	soort	7	2	0	0.0	0.0	0.0	0.0	infauna	mobiel	
<i>Venerupis corrugata</i>	soort	2	3	2	0.0	0.0	0.0	0.0	infauna	sessiel	*
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	soort	0	8	1	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Solea solea</i>	soort	4	11	4	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Spisula subtruncata</i>	soort	2	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	infauna	sessiel	*
<i>Syngnathus</i> sp.	genus	0	0	6	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Donax vittatus</i>	soort	0	1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	infauna	sessiel	*
<i>Lagis koreni</i>	soort	0	2	0	0.0	0.0	0.0	0.0	epifauna	sessiel	
Porifera	phylum	0	0	2	0.0	0.0	0.0	0.0	epifauna	sessiel	
<i>Syngnathus acus</i>	soort	5	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Limanda limanda</i>	soort	0	0	3	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Ciliata mustela</i>	soort	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Cancer pagurus</i>	soort	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	epifauna	mobiel	*
Palaemonidae	familie	0	1	2	0.0	0.0	0.0	0.0	epifauna	mobiel	
<i>Platichthys flesus</i>	soort	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
Clupeidae	familie	0	0	2	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Liparis liparis</i>	soort	1	2	0	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Microstomus kitt</i>	soort	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	
<i>Merlangius merlangus</i>	soort	1	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	vis	mobiel	

Tabel 4. Samenstelling van de samengestelde soortgroepen. Met donkerblauw is aangegeven welke taxa samen meer dan 80% van het totale aantal individuen in een groep vertegenwoordigen. De daarna meest abundante soort per groep is gemarkeerd met lichtblauw.

Taxon	Nederlandse naam	Groep					
		Totaal	Infauna	Epifauna	Vis	Mobiel	Sessiel
Actiniaria	Anemonen						
Nereididae	Zagers						
<i>Ammodytes</i> sp.	Zandspieringen						
<i>Asterias rubens</i>	Zeester						
<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrab						
<i>Cerastoderma edule</i>	Kokkel						
<i>Crangon crangon</i>	Garnaal						
Hydrozoa	Hydroïdpoliepen						
<i>Lanice conchilega</i>	Schelpkokerworm						
<i>Limecola balthica</i>	Nonnetje						
<i>Mya arenaria</i>	Strandgaper						
<i>Mytilus edulis</i>	Mossel						
<i>Pholis gunnellus</i>	Botervis						
<i>Pleuronectes platessa</i>	Schol						
<i>Pomatoschistus</i> sp.	Grondels						
<i>Syngnathus</i> sp.	Zeenaalden						
<i>Zoarces viviparus</i>	Puitaal						

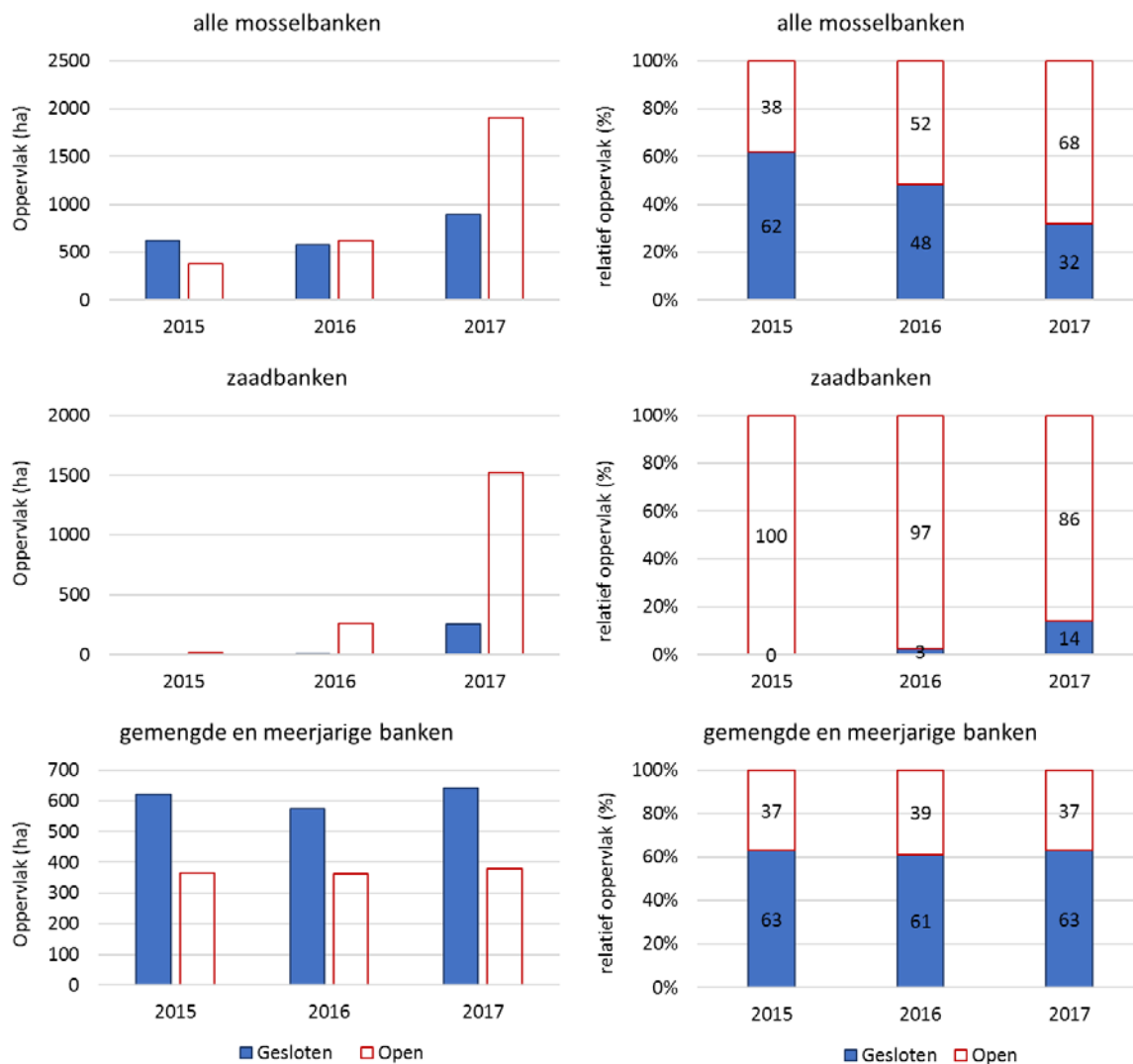
4.3 Gebieden gesloten voor mosselzaadvisserij

4.3.1 Ontwikkeling mosselbanken uit mosselzaadinventarisatie voorjaar

In het voorjaar van 2015 is, als gevolg van het grotendeels uitblijven van zaadval in de zomer van 2014, slechts één mosselzaadbankje van 14 hectare aangetroffen, dat lag in het gebied dat open is voor garnalen en mosselzaadvisserij (Van Stralen *et al.*, 2015; Kaart 1 in Bijlage 1). In de gesloten gebieden zijn dus geen nieuwe zaadbanken aangetroffen, maar wel 57 ha aan gemengde banken (banken met gemengde voorkomens van mosselzaad en meerjarige mosselen). In het open gebied zijn geen gemengde banken gevonden.

In het voorjaar van 2016 is in het gesloten gebied 7 ha aan nieuwe zaadbanken (één zaadbankje in Molenrak Oost) gevonden, en in het open gebied 261 ha (Van Stralen *et al.*, 2016a; Kaart 2 in Bijlage 1). Het areaal aan gemengde banken was 54 ha in het gesloten gebied en 108 ha in het open gebied.

In de zomer van 2016 vond een zeer omvangrijke zaadval plaats, zowel in het sublitoraal als op de droogvallende platen (zie Van den Ende *et al.*, 2017). In het sublitoraal is in het najaar van 2016 een areaal van 2245 ha aan zaadbanken geïnventariseerd, waarvan 2001 ha in het open gebied en 244 ha in het gesloten gebied (Van Stralen *et al.*, 2016b; Kaart 3 in Bijlage 1). In het voorjaar van 2017 werd in totaal 2789 ha aan mosselbanken gekarteerd, waarvan 1776 ha mosselzaad, 728 ha meerjarige banken en 294 hectare gemengde banken (Van Stralen *et al.*, 2017; Kaart 4 in Bijlage 1). Van het oppervlak aan nieuwe zaadbanken lag 1526 ha in het open gebied en 250 ha in het gesloten gebied. Van het oppervlak aan gemengde banken lag 165 ha in het open gebied en 129 ha in het gesloten gebied.



Figuur 6. Ontwikkeling van het totale areaal aan mosselbanken, het areaal aan nieuwe zaadbanken (broedval van de voorgaande zomer) en het totale areaal aan gemengde en meerjarige banken. Links de absolute arealen (in ha) en rechts de relatieve arealen zoals geïnventariseerd binnen de gebieden gesloten en open voor mosselzaadvisserij.

De ontwikkeling van het areaal aan mosselbanken verschilt duidelijk tussen het gesloten en open gebied (Figuur 6). In 2017 is het areaal sterker toegenomen in het open gebied dan in het gesloten gebied. De broedval in de zomer van 2016 was klaarblijkelijk succesvoller in het open gebied. De meerjarige mosselbanken laten een veel stabiel verloop zien, met een lichte toename van 2016 naar 2017 in het gesloten gebied en een lichte afname in het open gebied. Het aandeel van de gesloten gebieden in het areaal meerjarige banken is in alle jaren relatief groot.

4.3.2 Ontwikkeling mosselen en overige soorten uit MEGMA bemonstering

4.3.2.1 Significante verschillen in ontwikkeling

Voor de groepen 'infauna', 'sessiel' en de gemiddelde dichtheid van alle taxa samen verschilde de ontwikkeling (significante interactie tussen jaar en gebied) in het gesloten gebied significant van het open gebied, voor wat betreft dichtheden (Tabel 5). Van de groepen 'infauna' en 'sessiel' bestaat 80% van de individuen uit vijf taxa. Dit zijn de mossel (*M. edulis*), de strandgaper (*M. arenaria*), de kokkel (*C. edule*), de schelpkokerworm (*L. conchilega*), en anemonen (Actiniaria) (Tabel 4; Figuur 7). Deze taxa zijn allen afzonderlijk getoetst voor wat betreft de dichtheden. Ook de het in relatief hoge aantallen voorkomende nonnetje (*L. balthica*) en de zeester (*Asterias rubens*) zijn getoetst. Voor geen

van deze 7 taxa afzonderlijk was het verschil in ontwikkeling tussen gesloten en open gebieden significant.

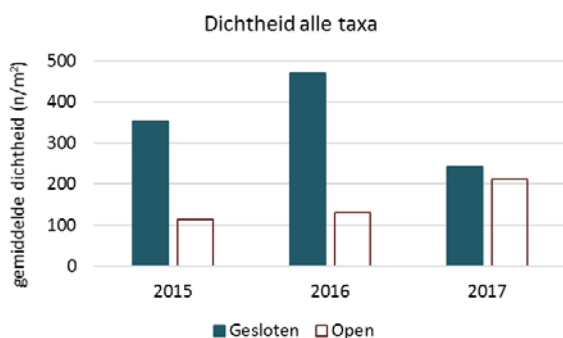
Voor wat betreft de biodiversiteitsindices werd een significant verschillende ontwikkeling gevonden voor de Shannon-Weaver index, de Simpson index en Pielou's evenness index. Exclusief de vissen, dus alleen voor de ongewervelde bodemdieren, was de ontwikkeling significant verschillend voor de Simpson index en Pielou's evenness index.



Figuur 7. Voorbeeld van een monster dat gesorteerd wordt. In dit monster zijn vier soorten schelpdieren te zien die in de MEGMA bemonstering qua aantallen het meest dominant waren: de strandgaper (*M. arenaria*) (alleen de sifon), de mossel (*M. edulis*), de kokkel (*C. edule*) en het nonnetje (*L. balthica*).

4.3.2.2 Ontwikkeling dichtheden

De gemiddelde dichtheid van alle taxa samen (**Error! Reference source not found.**) lag bij aanvang van de monitoring in 2015 en in 2016 duidelijk hoger in het gesloten gebied, waarna door afname in het gesloten gebied en een toename in het open gebied de waarden in 2017 ongeveer hetzelfde waren.



Figuur 8. De gemiddelde dichtheid (n/m^2) van alle taxa samen in de voor mosselzaadvisserij gesloten en open gebieden.

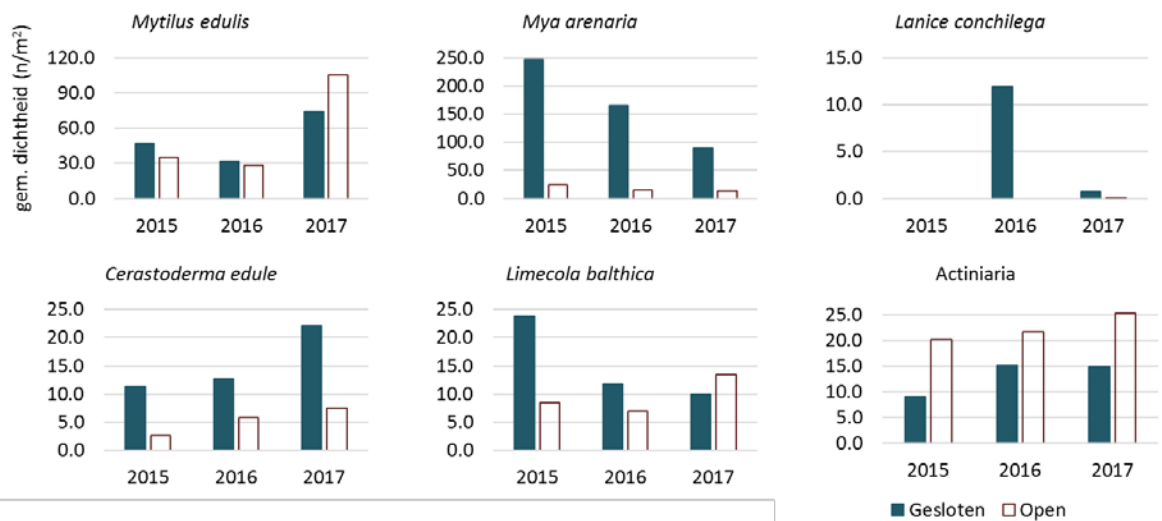
Dat een verschil in ontwikkeling statistisch aangetoond kon worden voor de totale dichtheid van alle taxa samen, en voor de groepen 'infauna' en 'sessiel' als geheel, maar niet voor de afzonderlijke meest voorkomende taxa binnen die groepen, roept de vraag op hoe dat kan. Daarom is de ontwikkeling van de dominante taxa in meer detail bekeken, en is met name bekeken of de

ontwikkeling in het gesloten gebied op het oog verschilde van het gesloten gebied (Figuur 9). Evenals in de statistische analyse zijn daarbij alleen de onderzoeksgebieden gebruikt waarbinnen een vergelijking mogelijk is tussen voor mosselzaadvisserij gesloten en open gebied (Vlieter, Molenrak Oost en West en Omdraai).

Van enkele taxa leek sprake te zijn van een verschillende ontwikkeling tussen de gesloten en open gebieden (Figuur 9). Voor al deze taxa is nader onderzocht waardoor deze verschillen kunnen worden verklaard. Voor de strandgaper *M. arenaria* is hieronder een uitgebreide uitwerking gegeven. Voor de overige vijf taxa wordt volstaan met een beknoptere beschrijving van de resultaten.

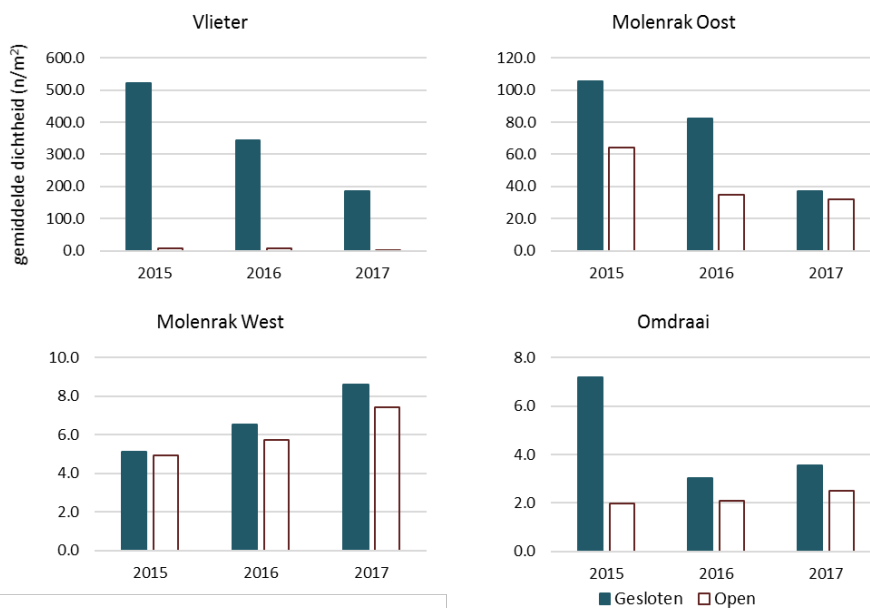
Tabel 5. Uitkomsten van de statistische toetsing (voor mosselzaadvisserij). Het aantal stations waarop taxa *niet* zijn gevonden (van in totaal 450) is gegeven in de kolom 'n nullen'. Significante effecten zijn aangegeven voor verschillen: in ontwikkeling, tussen jaren, tussen open en gesloten gebieden, en tussen onderzoeksgebieden ($\alpha=0,05$).

	getoetste variabele	n nullen	significante verschillen		
			ontwikkeling	jaar	open/gesl. onderz.geb.
Dichtheid	totaal	0	x		x
	Hydrozoa	198		x	
	<i>Lanice conchilega</i>	425		x	x
	<i>Mytilus edulis</i>	66		x	
	epifauna	5		x	x
	infauna	7	x		x
	mobiel	39		x	x
	sessiel	1	x		x
	botervis/puitaal	399			x
	overige vis	325			x
	Actiniaria	318		x	x
	<i>Asterias rubens</i>	103			x
	<i>Carcinus maenas</i>	374			x
	<i>Cerastoderma edule</i>	303			x
	<i>Crangon crangon</i>	322			x
	<i>Limecola balthica</i>	336			x
	<i>Mya arenaria</i>	406			x
<i>Nereididae</i>	261			x	
Biomassa	totaal	1		x	x
	Hydrozoa	198		x	
	<i>Lanice conchilega</i>	425		x	x
	<i>Mytilus edulis</i>	66			x
	epifauna	5		x	x
	infauna	30		x	x
	mobiel	39		x	x
	sessiel	1		x	
	botervis/puitaal	399			x
	overige vis	325		x	x
Diversiteit	Shannon Weaver 'H'	1	x		x
	Simpson 'D1'	1	x		x
	Soortenrijkdom 'S'	0		x	x
	Pielou's evenness 'J'	1	x		x
Diversiteit ongewervelden	Shannon Weaver 'H'	1		x	x
	Simpson 'D1'	1	x		x
	Soortenrijkdom 'S'	0		x	x
	Pielou's evenness 'J'	1	x		x

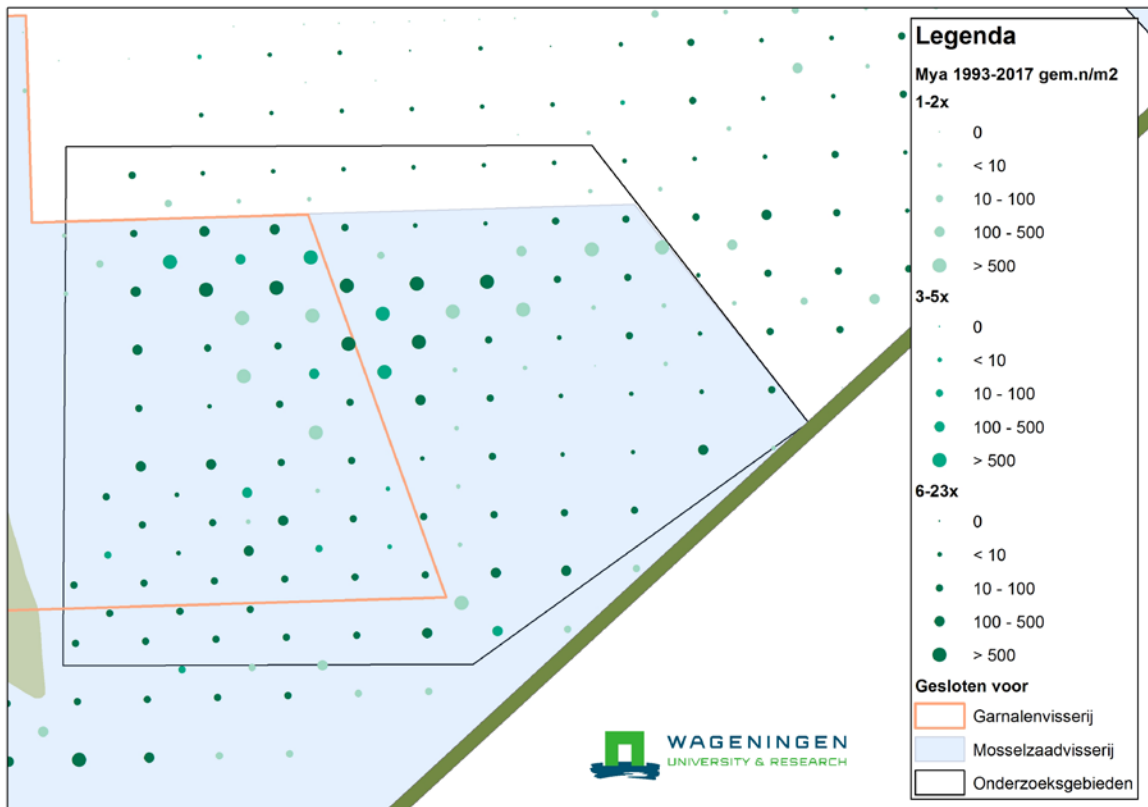


Figuur 9. Ontwikkeling van de gemiddelde dichtheid van de zes in hoogste aantallen voorkomende 'infauna' en 'sessiele' soorten in de voor mosselzaadvisserij gesloten en open gebieden. Voor geen van deze taxa werd een statistisch aantoonbaar verschil in ontwikkeling tussen gesloten en open gevonden.

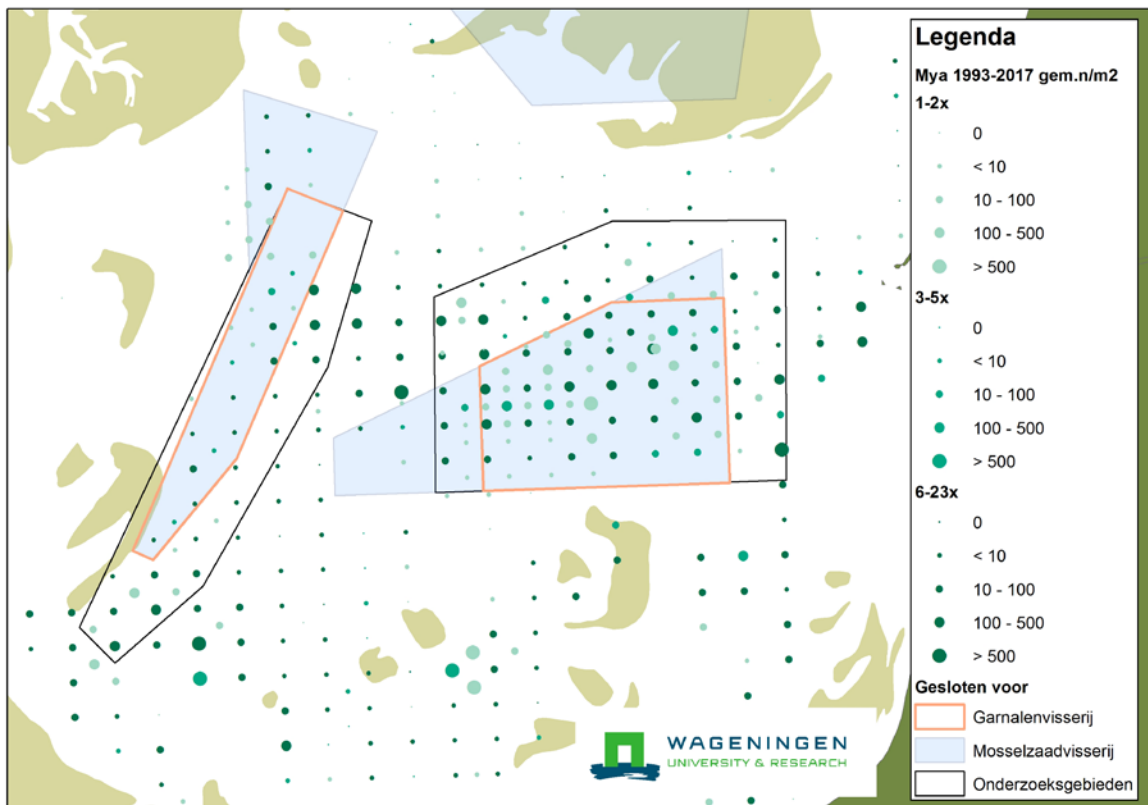
Voor de strandgaper (*M. arenaria*) geldt dat de in Figuur 9 zichtbare sterke afname in het gesloten gebied vooral plaats vindt binnen de onderzoeksgebieden Vlieter en Molenrak Oost (Figuur 10). In deze twee gebieden komt de strandgaper voor in de hoogste dichtheden en vindt een sterke afname plaats in het gesloten gebied, maar niet in het open gebied. In het gebied Vlieter echter, is de verdeling van het aantal monsterpunten over het gesloten en open gebied zeer ongelijk: 38 monsterpunten in gesloten gebied en 3 monsterpunten in open gebied (Tabel 1). In Molenrak Oost zijn dat respectievelijk 30 en 20 (in 2017 18) monsterpunten. Het grote verschil in dichtheid tussen het gesloten en open gebied is te verklaren door het verspreidingsgebied van de strandgaper. De gebieden in de westelijke Waddenzee waar de hoogste dichtheden voorkomen liggen binnen de grenzen van de voor mosselzaadvisserij gesloten gebieden in de omgevingen Vlieter en Molenrak (voornamelijk Oost) (Figuur 11 en Figuur 12). Ook is te zien in Figuur 13 dat sinds 2012 het bestand van de strandgaper sterk is afgenomen, voornamelijk binnen de contouren van de sinds 2015 gesloten gebieden voor mosselzaadvisserij.



Figuur 10. Ontwikkeling van de dichtheid van de strandgaper (*M. arenaria*) in de voor mosselzaadvisserij gesloten en open gebieden.

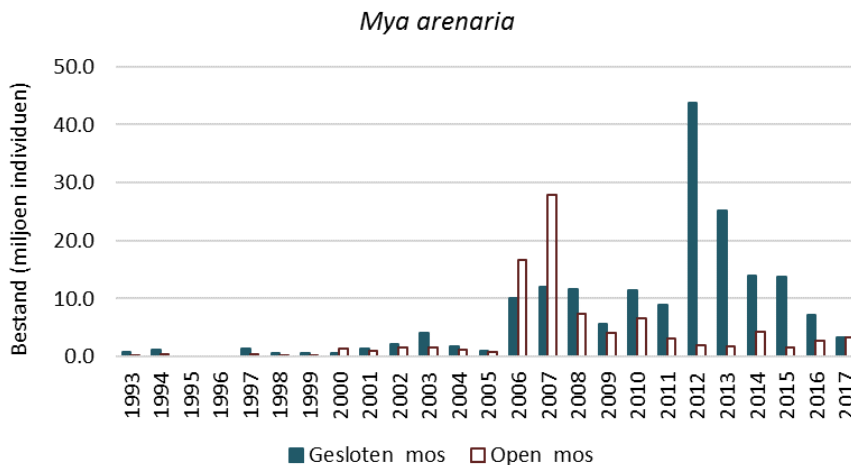


Figuur 11. Verspreiding van de strandgaper (*M. arenaria*) in de omgeving van de Vlieter, uit de jaarlijkse mosselzaadinventarisatie. Weergegeven is de gemiddelde dichtheid (n/m^2) per monsterpunt, berekend over alle jaren (1993-2017) dat dat monsterpunt bemonsterd is. Er is een onderverdeling gemaakt naar het aantal keer dat een monsterpunt bemonsterd is, variërend van 1-2x in lichtblauw tot 3-5x in donkerder blauw naar 6-23x in het donkerste blauw (Troost et al., 2018).



Figuur 12. Verspreiding van de strandgaper (*M. arenaria*) in de omgeving van het Molenrak (West en Oost), uit de jaarlijkse mosselzaadinventarisatie. Weergegeven is de gemiddelde dichtheid (n/m^2) per monsterpunt, berekend over alle jaren (1993-2017) dat dat monsterpunt bemonsterd is. Er is een onderverdeling gemaakt

naar het aantal keer dat een monsterpunt bemonsterd is, variërend van 1-2x in lichtblauw tot 3-5x in donkerder blauw naar 6-23x in het donkerste blauw (Troost et al., 2018).



Figuur 13. Ontwikkeling van het totaal bestand van de strandgaper (*M. arenaria*) in de westelijke Waddenzee (in miljoen individuen) zoals bepaald uit de jaarlijkse mosselzaadinventarisatie, binnen de contouren van de per 2015 voor mosselzaad gesloten en open gebieden.

Voor de mossel (*M. edulis*) kan de op het oog sterkere toename in dichtheid in het open gebied, tussen 2016 en 2017 (Figuur 9), toegeschreven worden aan het feit dat bij de omvangrijke zaadval van 2016 een groter areaal aan zaadbanken is ontstaan in het open gebied. Zie verder paragraaf 4.3.1. over de ontwikkeling van mosselbank areaal in de gesloten en open gebieden.

Voor de schelpkokerworm (*L. conchilega*) geldt dat deze soort een zeer grillige ontwikkeling laat zien over de drie jaar dat de monitoring is uitgevoerd (Figuur 9), met grote verschillen tussen de onderzoeksgebieden. Van de vier onderzoeksgebieden kwamen ze in het gebied Vlieter in verreweg de hoogste dichtheden voor (gemiddeld 29,9 m⁻²), maar zijn ze vrijwel uitsluitend aangetroffen in 2016. Er was geen duidelijk verschil in ontwikkeling tussen de gesloten en open gebieden.

Voor de kokkel (*C. edule*) lijkt in het gesloten gebied de gemiddelde dichtheid sneller toegenomen te zijn dan in het open gebied (Figuur 9). Dat is volledig toe te schrijven aan broedval in het gesloten gebied binnen onderzoeksgebied Molenrak Oost, in 2015 en 2017 (zichtbaar aan de dichtheid van éénjarigen in 2016 en nuljarigen in 2017). In het gebied Vlieter zijn kokkels alleen aangetroffen in het gesloten gebied, waar ze een afname lieten zien. In de gebieden Molenrak West en Omdraai was de ontwikkeling van kokkels niet duidelijk verschillend tussen de gesloten en open gebieden.

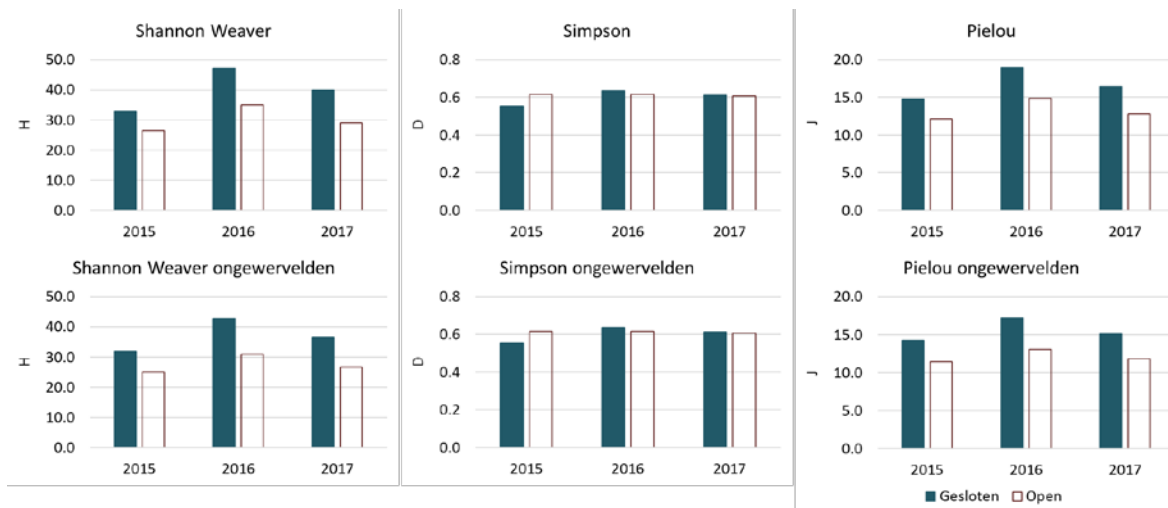
De ontwikkeling in dichtheid van anemonen (*Actiniaria*) zoals weergegeven voor alle vier onderzoeksgebieden samen (Figuur 9) is de som van vier zeer verschillende ontwikkelingspatronen. Er was geen duidelijk of consequent verschil te zien tussen de gesloten en open gebieden.

Het nonnetje (*L. balthica*) lijkt juist afgenomen te zijn in het gesloten gebied. Deze ontwikkeling wordt vooral bepaald door Molenrak Oost, het onderzoeksgebied met de hoogste dichtheden. Daar vond een afname plaats in het gesloten gebied, tussen 2015 toen in het gesloten gebied nonnetjes in duidelijk hogere dichtheden werden gevonden, en 2016. Hier speelt ongeveer hetzelfde, hoewel in minder sterke mate, als wat voor de strandgaper (*M. arenaria*) werd beschreven, namelijk dat het verspreidingsgebied met name binnen de contouren van de gesloten gebieden ligt.

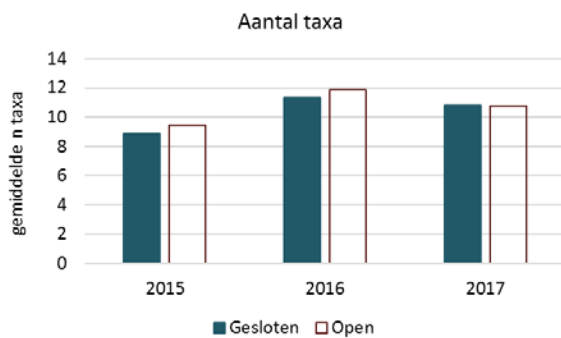
4.3.2.3 Ontwikkeling biodiversiteit

Qua indicatoren voor biodiversiteit was de ontwikkeling van de Shannon-Weaver index, Simpson index en Pielou's index (Figuur 14) in het gesloten gebied significant anders dan in het open gebied. Wanneer de indices berekend werden met alleen de ongewervelde taxa, was er geen significant verschil in ontwikkeling voor de Shannon-Weaver index. Ook voor de soortenrijkdom (het aantal taxa, Figuur 15) werd geen significant verschil in ontwikkeling gevonden. Het gemiddelde aantal taxa per

monsterpunt lag tussen de 8 en 12 en verschilde niet significant tussen het gesloten en open gebied (Figuur 15).



Figuur 14. Ontwikkeling van de biodiversiteit indices Shannon Weaver (links), Simpson (midden) en Pielou (rechts), voor alle taxa (boven) en voor alleen de ongewervelden (onder), in de voor mosselzaadvisserij gesloten en open gebieden.



Figuur 15. Het gemiddelde aantal taxa per monsterpunt in de voor mosselzaadvisserij gesloten en open gebieden.

De diversiteit zoals berekend met de Shannon Weaver index (H) en de Simpson's diversity index is afhankelijk van de soortenrijkdom en de mate waarin het aantal individuen gelijk verdeeld is over de verschillende taxa. Voor het gesloten gebied werd een hogere Shannon index berekend dan voor het open gebied. Dit hangt nauw samen met de gelijkmatigere verdeling van het aantal individuen over de taxa in het gesloten gebied, zoals weergegeven door Pielou's evenness index. Hoewel het verschil in ontwikkeling significant verschillend was voor de Shannon Weaver index en Pielou's index, berekend over alle taxa, is dit verschil niet duidelijk te zien in Figuur 14. Voor Simpson's diversity index is te zien dat het verschil tussen gesloten en open over de jaren steeds kleiner wordt. De verschillen zijn echter zeer klein. Wanneer de afzonderlijke onderzoeksgebieden beschouwd worden, zijn er grote verschillen in ontwikkeling te zien tussen de onderzoeksgebieden. Daarbij geven de Shannon Weaver index en de Simpson's diversity index vaak tegengestelde resultaten. De Shannon index geeft bijvoorbeeld een hogere diversiteit voor het gesloten gebied van de Vlieter en Molenrak West terwijl Simpson's diversity index overwegend een hogere diversiteit geeft voor het open gebied binnen deze onderzoeksgebieden. Vanwege het ontbreken van een consequent patroon, en vanwege de lastige interpreteerbaarheid van dit soort biodiversiteitsindices, wordt geen verdere uitwerking gegeven van deze indices.

4.4 Gebieden gesloten voor garnalenvisserij

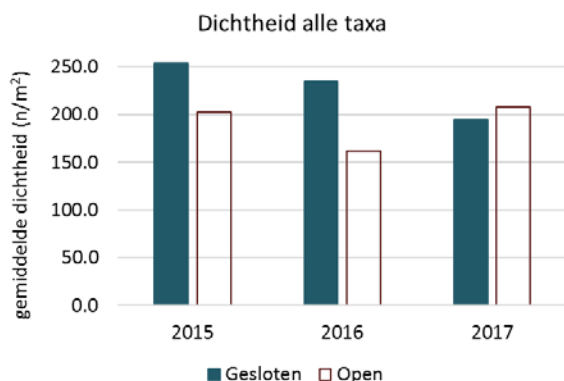
4.4.1 Significante verschillen in ontwikkeling

De groep 'botervis/puitaal' kon niet getoetst worden omdat er te weinig waarnemingen waren (niet aangetroffen op 565 van de 650 stations). Voor de dichtheid van de schelpkokerworm *L. conchilega* kon niet getoetst worden of het model met monsterpunt als random factor beter was, waarschijnlijk ook vanwege het grote aantal nullen (557).

De ontwikkeling was significant verschillend tussen gesloten en open voor de dichtheid van alle taxa samen (Figuur 16), voor dichtheid en biomassa van de groep 'sessiel', en voor de biomassa van hydroïdpoliepen (Hydrozoa) (Tabel 6). Er waren geen significante verschillen in ontwikkeling voor de biodiversiteitsindices Shannon Weaver, Simpson's diversity en Pilon's evenness alsmede de soortenrijkdom.

4.4.1.1 Ontwikkeling dichtheden

De ontwikkeling van de dichtheid van alle taxa samen (per m²) verschilde significant tussen het voor garnalenvisserij gesloten en open gebied (Tabel 6). Er was een afname in het gesloten gebied, terwijl het aantal individuen per m² in het open gebied in 2017 vrijwel gelijk was aan 2015 (Figuur 20). De ontwikkeling van het totale aantal individuen wordt sterk bepaald door enkele taxa die qua aantal individuen sterk dominant zijn: mossel *M. edulis*, strandgaper *M. arenaria*, en in het Eierlandse gat de schelpkokerworm *L. conchilega* (Tabel 4). De ontwikkelingen van deze taxa afzonderlijk, waarvoor een verschil in ontwikkeling statistisch niet aantoonbaar was, zijn onderstaand verder uitgewerkt (Figuur 17).



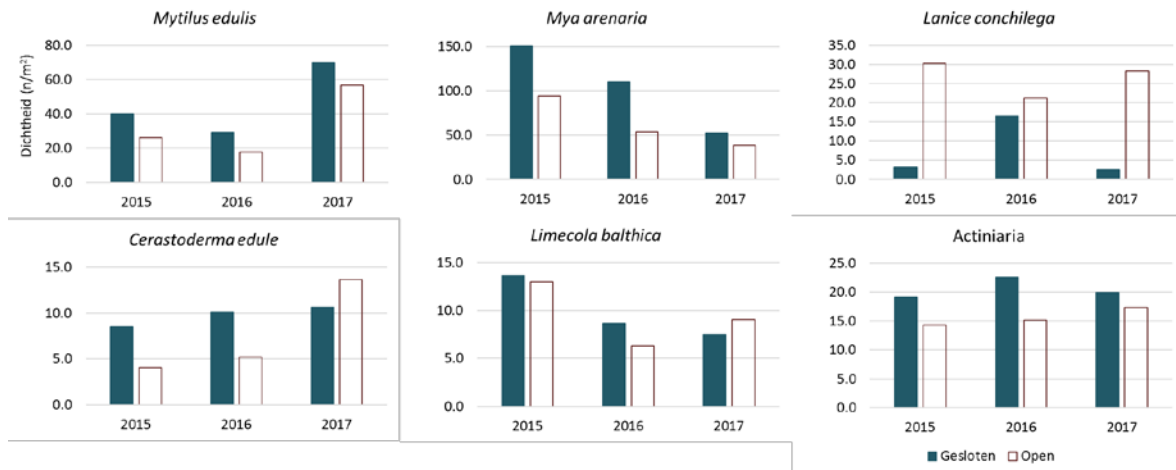
Figuur 16. De gemiddelde dichtheid van alle taxa samen in de voor garnalenvisserij gesloten en open gebieden.

De groep van sessiele bodemdieren bestaat qua dichtheid voornamelijk uit zes taxa: de mossel (*M. edulis*), strandgaper (*M. arenaria*), schelpkokerworm (*L. conchilega*), kokkel (*C. edule*), anemonen (Actiniaria) en het nonnetje (*L. balthica*) (Tabel 4). Qua biomassa is voor geen van deze taxa afzonderlijk een significant verschil in ontwikkeling gevonden. Qua dichtheid werd een significant verschil in ontwikkeling gevonden voor de kokkel (*C. edule*) en anemonen (Actiniaria). Vervolgens is nagegaan of de significant verschillende ontwikkeling van sessiele soorten inderdaad veroorzaakt is door de verschillende ontwikkeling van kokkels en anemonen, of dat wellicht de ontwikkeling van de overige dominante taxa hierin ook een rol speelt.

Van de zes dominante taxa is de ontwikkeling in dichtheden weergegeven in Figuur 17. De ontwikkelingspatronen van kokkels (*C. edule*) en anemonen (Actiniaria), welke significant verschillen tussen gesloten en open, laten juist een enigszins sterkere toename zien in het open gebied. De overige taxa laten geen duidelijke verschillen zien tussen gesloten en open. Onderstaand wordt voor alle zes taxa een beknopte uitwerking gegeven.

De strandgaper (*M. arenaria*), die zeer bepalend is voor de groep van sessiele fauna en de dichtheid van alle taxa samen, nam af in zowel het gesloten als het open gebied. Deze afname vond vooral

plaats waar de strandgaper (*M. arenaria*) in de hoogste dichtheden wordt aangetroffen, namelijk binnen de onderzoeksgebieden Vlieter en Molenrak Oost. In beide onderzoeksgebieden is de afname het sterkst binnen het gesloten gebied, waar ook bij aanvang van de monitoring de hoogste dichtheden gevonden werden. De ontwikkeling in Vlieter en Molenrak Oost is zodanig dat het absolute verschil in dichtheid tussen gesloten en open steeds kleiner wordt door een sterkere afname in het gesloten gebied. Zie paragraaf 4.3.2 over gebieden voor mosselzaadvisserij voor een meer gedetailleerde uitwerking van de verspreiding en ontwikkeling van de populatie omvang van de strandgaper uit de jaarlijkse mosselzaadinventarisatie.



Figuur 17. Ontwikkeling van de gemiddelde dichtheid van de zes in hoogste aantallen voorkomende 'sessiele' taxa in gesloten en open gebied (voor garnalenvisserij). Voor kokkels (*C. edule*) en anemonen (*Actinaria*) is de ontwikkeling statistisch aantoonbaar verschillend tussen het gesloten en open gebied.

De ontwikkeling in dichtheid van mosselen (*M. edulis*) verschilde sterk tussen de onderzoeksgebieden. Er was geen consequent patroon in te onderscheiden en de ontwikkeling in alle onderzoeksgebieden samen (Figuur 17) laat eenzelfde ontwikkeling zien in het gesloten en open gebied.

De ontwikkeling van de schelpkokerworm (*L. conchilega*) zoals weergegeven in Figuur 17 is vooral bepaald door de ontwikkeling in het onderzoeksgebied Eierlandse gat, waar de soort in de hoogste dichtheden is aangetroffen (gemiddeld 148,6 m⁻² in het open gebied in 2015). De hoogste dichtheden worden consequent gevonden in het voor garnalenvisserij open gebied. De gegevens duiden niet op een toename in het voor garnalenvisserij gesloten gebied.

De toename in dichtheid van kokkels (*C. edule*) in het voor garnalenvisserij open gebied komt vooral door broedval in het open gebied binnen onderzoeksgebied Molenrak Oost. Van alle onderzoeksgebieden zijn de hoogste dichtheden van kokkels aangetroffen in Molenrak Oost. In 2016 werden de hoogste dichtheden aangetroffen in het voor garnalenvisserij gesloten gebied waar voornamelijk 1-jarige en meerjarige (3-jarig en ouder) kokkels werden aangetroffen. In 2017 trad lokaal broedval op en werden 0-jarige kokkels gevonden in dichtheden tot 129 per m², op één monsterpunt 748 per m². De hoogste dichtheden werden gevonden in het gebied open voor garnalenvisserij en gesloten voor mosselzaadvisserij, aan de noordkant van het gebied.

Het verloop in dichtheid van anemonen (*Actinaria*) verschilde sterk tussen onderzoeksgebieden. Hoewel de ontwikkeling in dichtheden significant verschilt tussen het open en gesloten gebied, is er geen eenduidig beeld als gekeken wordt naar de afzonderlijke onderzoeksgebieden.

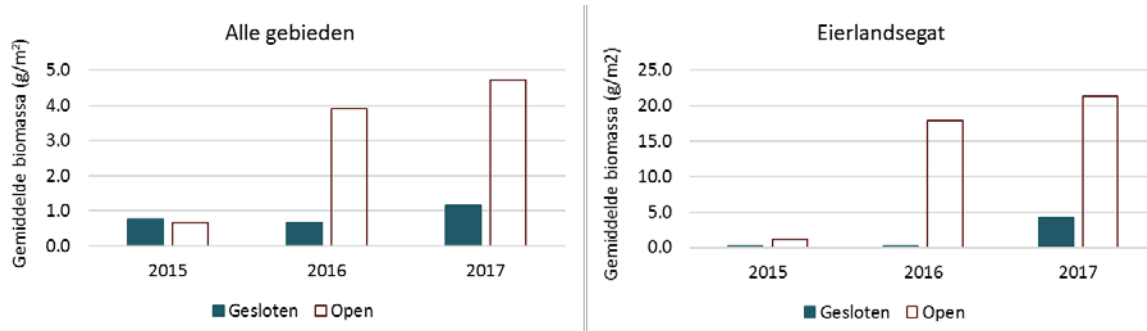
De ontwikkeling van het nonnetje (*L. balthica*) werd vrijwel geheel bepaald door de ontwikkeling in het onderzoeksgebied Molenrak Oost waar ze in zowel het voor garnalenvisserij gesloten als open gebied een afname laten zien tussen 2015 en 2016.

4.4.1.2 Ontwikkeling biomassa hydroïdpoliepen

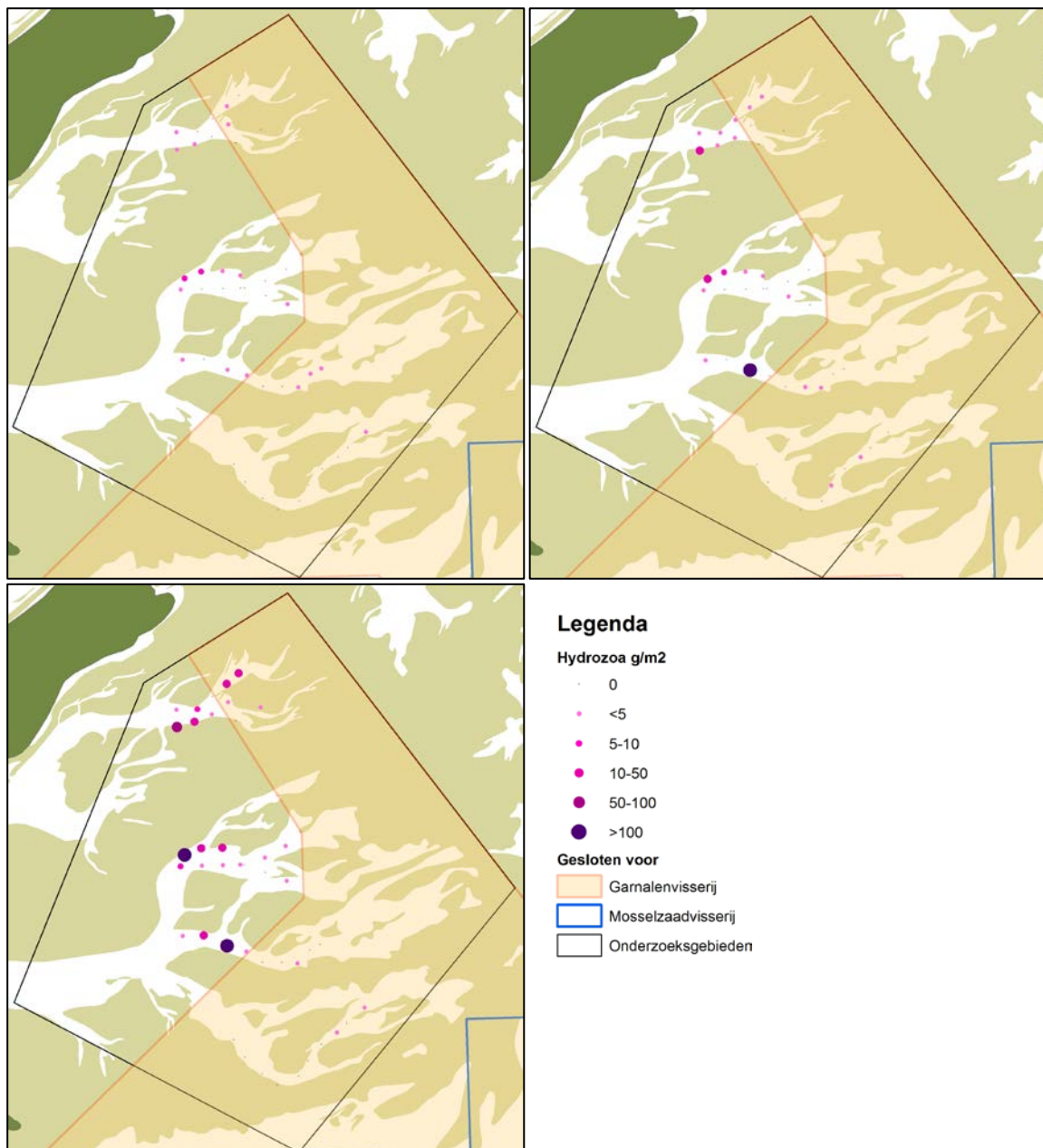
De ontwikkeling van hydroïdpoliepen (Hydrozoa) verschilde significant tussen het voor garnalenvisserij gesloten en open gebied, voor wat betreft biomassa. In Figuur 18 is te zien dat de biomassa van hydroïdpoliepen toeneemt in het open gebied, maar niet in het gesloten gebied. Deze ontwikkeling wordt voornamelijk bepaald door de ontwikkeling in onderzoeksgebied Eierlandse gat, waar hydroïdpoliepen het meest abundant zijn (Figuur 18 rechts). In alle drie jaren zijn in het open gebied op minstens twee keer zoveel monsterpunten hydroïdpoliepen aangetroffen dan in het gesloten gebied (gesloten: 6-7, open: 12-19) (Figuur 19).

Tabel 6. Uitkomsten van de statistische toetsing (voor garnalenvisserij). Het aantal stations waarop taxa *niet* zijn gevonden (van in totaal 620) is gegeven in de kolom 'n nullen'. Significante effecten zijn aangegeven voor verschillen: in ontwikkeling, tussen jaren, tussen open en gesloten gebieden, en tussen onderzoeksgebieden ($\alpha=0,05$).

	getoetste variabele	n nullen	significante verschillen		
			ontwikkeling	jaar	open/gesl.
Dichtheid	totaal	0	x		x
	Hydrozoa	277		x	
	<i>Lanice</i>	557		x	x
	<i>Mytilus</i>	194		x	x
	epifauna	6		x	x
	infauna	50		x	x
	mobiel	43		x	x
	sessiel	23	x		x
	overige vis	449		x	x
	Actiniaria	405	x		x
	<i>Cerastoderma edule</i>	334	x		x
	<i>Limecola balthica</i>	393			x
	<i>Mya arenaria</i>	445			x
Biomassa	totaal	1		x	x
	Hydrozoa	278	x		x
	<i>Lanice</i>	570		x	
	<i>Mytilus</i>	194			x
	epifauna	7		x	x
	infauna	88		x	x
	mobiel	43		x	x
	sessiel	27	x		x
	overige vis	449		x	x
Diversiteit	Shannon Weaver 'H'	6		x	x
	Simpson 'D1'	6		x	x
	Soortenrijkdom 'S'	1		x	x
	Pielou's evenness 'J'	7		x	x
Diversiteit ongewervelden	Shannon Weaver 'H'	7		x	x
	Simpson 'D1'	7		x	x
	Soortenrijkdom 'S'	1		x	x
	Pielou's evenness 'J'	8		x	x



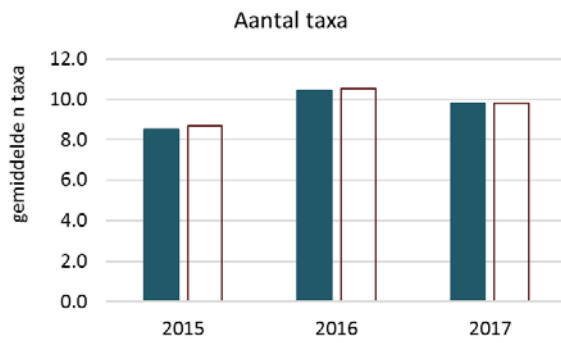
Figuur 18. Ontwikkeling van de biomassa (g/m^2) van hydroïdpoliepen (*Hydrozoa*) in de voor garnalenvisserij gesloten en open gebieden binnen alle zes onderzoeksgebieden samen (links) en voor alleen het onderzoeksgebied Eierlandse gat (rechts).



Figuur 19. Verspreiding van hydroïdpoliepen (*Hydrozoa*) in het onderzoeksgebied Eierlandse gat. Het gebied gesloten voor garnalenvisserij is oranje gekleurd en omkaderd. Weergegeven is de biomassa (g natgewicht per m^2).

4.4.1.3 Ontwikkeling biodiversiteitsindices

Voor de alle getoetste biodiversiteitsindices (soortenrijkdom, Shannon Weaver, Simpson en Pielou's index) werden geen significante verschillen gevonden. De soortenrijkdom lag tussen de 8 en 11 taxa per monsterpunt en ontwikkelde zich hetzelfde in de gesloten en open gebieden (Figuur 20).



Figuur 20. Het gemiddelde aantal taxa per monsterpunt in de voor garnalenvisserij gesloten en open gebieden.

5 Discussie en conclusies

5.1 Conclusies

De onderzoeksvraag die ten grondslag ligt aan de uitgevoerde monitoring, luidde: “Hoe is de ontwikkeling van soorten in de gebieden die zijn gesloten voor mosselzaad- en garnalenvisserij en aangrenzende open gebieden?”. Met als vervolgvragen:

1. Zijn er verschillen in ontwikkeling tussen de voor visserij gesloten en open gebieden?
2. Zijn eventuele verschillen in ontwikkeling toe te schrijven aan de gebiedssluiting? Zo nee: is er een andere oorzaak voor het waargenomen verschil aan te wijzen?

Er zijn verschillen aangetroffen tussen de gesloten en open gebieden. Deze verschillen zijn echter, drie jaar na de gebiedssluiting, niet toe te schrijven aan de gebiedssluiting en dus het uitsluiten van visserij-activiteiten. De gevonden verschillen hangen samen met de verschillen in biotiek en abiotiek van de open en gesloten gebieden bij aanvang van de monitoring in 2015. Dit is een direct gevolg van de manier waarop de gebiedssluiting tot stand is gekomen, aangezien de gesloten gebieden gericht zijn gekozen op plaatsen met hoge natuurwaarden. Dit benadrukt het belang van het vergelijken van ontwikkelingen in plaats van absolute verschillen, en ook het belang van het ruimtelijk en temporeel referentiekader die de gegevens uit de voorjaarsinventarisatie bieden.

Dat over de periode 2015 – 2017 geen verschillen zijn gevonden die toe te schrijven zijn aan de gebiedssluiting, heeft waarschijnlijk te maken met de relatief korte tijd waarover gemonitord is. Voor wat betreft de garnalenvisserij kan echter niet uitgesloten worden dat er is gevestigd in de gesloten gebieden, en kunnen dus op dit moment geen conclusies getrokken worden over eventuele effecten van de gebiedssluiting.

Mocht de gebiedssluiting een effect hebben op de ontwikkeling van mosselbanken en geassocieerde fauna, dan is het perspectief voor het zichtbaar kunnen maken van verschillen in ontwikkeling gunstig, gezien de goede zaadval in 2016 en het ontstaan van nieuwe mosselbanken in zowel de open als de gesloten gebieden.

5.2 Effect gebiedssluiting?

Er zijn geen aanwijzingen dat gevonden verschillen in ontwikkeling tussen voor visserij gesloten en open gebied, na de onderzoeksperiode van drie jaar, kunnen worden toegeschreven aan de gebiedssluiting. De gebiedssluiting is bedoeld om de ontwikkeling van mosselbanken en ander bodemleven te bevorderen. Dit onder de aanname dat mosselzaadvissers en garnalenvissers een negatief effect hebben op dit bodemleven. Mocht dit het geval zijn, dan mag verwacht worden dat na verloop van een bepaalde tijd een toename zou worden gezien in variabelen als soortenrijkdom en dichtheid en biomassa van verscheidene soorten bodemdieren, met name soorten die kwetsbaar zijn voor bodemberoering als gevolg van visserij activiteiten. Onder de gevonden significante verschillen in ontwikkeling waren het alleen de kokkels (*C. edule*) die een toename lieten zien in het gesloten gebied. Dat gold echter alleen voor het gebied gesloten voor mosselzaadvissers en was geheel toe te schrijven aan een eenmalige lokale broedval in een deel van onderzoeksgebied Molenrak Oost. Het is onwaarschijnlijk dat dit een effect is van de gebiedssluiting. Daarmee wordt niet uitgesloten dat broedval van tweekleppigen zoals de kokkel op de langere termijn toe kan nemen in gebieden gesloten voor (garnalen)visserij, maar het onderzoek de afgelopen drie jaar geeft daartoe nog geen aanleiding. Helaas hebben ons echter signalen bereikt dat er tijdens de onderzoeksperiode in de voor garnalenvissers gesloten gebieden mogelijk toch op garnalen is gevestigd. Er kan dus niet uitgesloten worden dat de onderzoeksresultaten beïnvloed zijn door garnalenvissers in de gesloten gebieden. Hierover zal eerst zekerheid verkregen moeten worden, alvorens conclusies getrokken kunnen worden over eventuele effecten van gebiedssluiting voor garnalenvissers op het bodemleven.

5.2.1 Mosselzaadvisserij

5.2.1.1 Mosselbanken

Bij aanvang van de monitoring in 2015 waren vrijwel geen mosselzaadbanken aanwezig in het sublitoraal van de Westelijke Waddenzee en dus ook niet in de onderscheiden onderzoeksgebieden. Pas in de zomer van 2016 vond een omvangrijke zaadval plaats, waarbij het merendeel (89%) lag in de voor mosselzaadvisserij open gebieden. Het totale areaal aan mosselbanken in de open gebieden is daarmee dus meer toegenomen dan in het gesloten gebied. Voor het MEGMA onderzoek is het echter van belang te kijken naar de ontwikkeling van meerjarige banken. De gebiedssluiting is immers gedaan om de ontwikkeling van stabiele meerjarige banken te bevorderen, en daarom zijn in het kader van het mosselconvenant gericht gebieden gesloten waarvan bekend is dat de kans groot is dat nieuw ontstane zaadbanken daar blijven liggen (Van Stralen, 2014). Van andere, minder stabiele, gebieden is bekend dat daar weliswaar nieuwe zaadbanken kunnen ontstaan, maar dat deze al snel weer kunnen verdwijnen als gevolg van stormen en predatie door zeesterren. De ontwikkeling van het areaal aan meerjarige mosselbanken verschilde in de onderzoeksperiode niet zichtbaar tussen het gesloten en open gebied. Er is daarom geen aanleiding om te veronderstellen dat de gebiedssluiting van invloed is geweest op de ontwikkeling van meerjarige mosselbanken, binnen de onderzoeksperiode 2015-2017.

5.2.1.2 Mosselen en overige soorten uit de MEGMA bemonstering

Hoewel de ontwikkeling van samengestelde soortgroepen significant verschillende ontwikkelingen in dichtheid zien tussen de voor mosselzaadvisserij gesloten en open gebieden, vertoonde geen van de afzonderlijke dominante taxa binnen deze groepen een significant verschillende ontwikkeling. Ook gaf het verloop in dichtheden over de tijd geen aanleiding om te veronderstellen dat er sprake was van verschillen in ontwikkeling welke mogelijk veroorzaakt zouden kunnen zijn door de sluitingen. De kokkel (*C. edule*) leek toe te nemen in het gesloten gebied, terwijl er geen duidelijke verandering te zien was in het open gebied. Bij nadere inspectie bleek dit geheel verklaard te worden door lokale broedval in één van de onderzoeksgebieden. Gezien het zeer lokale karakter van deze éénmalige gebeurtenis, en omdat de betreffende plek met kokkels buiten de contouren van mosselbanken ligt en dus niet bevestigd is, is dit niet toe te schrijven aan de gebiedssluiting voor mosselzaadvisserij. De visueel sterke afname van de strandgaper (*M. arenaria*) in het gesloten gebied werd veroorzaakt door een sterke afname van de soort in de gehele westelijke Waddenzee en doordat de soort voornamelijk wordt aangetroffen binnen de gesloten gebieden (al bij instellen van de begrenzing). Ook de ontwikkelingen in indices voor biodiversiteit gaven geen aanleiding te veronderstellen dat de gebiedssluiting na drie jaar geleid heeft tot een verandering in biodiversiteit.

5.2.2 Garnalenvisserij

De samengestelde soortgroep 'sessiel' liet een significant verschillende ontwikkeling in dichtheid en biomassa zien tussen het voor garnalenvisserij gesloten en open gebied. Van de dominante taxa binnen deze groep was het verschil in ontwikkeling tussen gesloten en open gebied significant voor anemonen (Actiniaria) en de kokkel (*C. edule*). Ook werd een significant verschil in ontwikkeling gevonden voor de biomassa van hydroïdpoliepen (Hydrozoa). De anemonen lieten geen eenduidig beeld zien, en grote verschillen tussen de onderzoeksgebieden. De kokkel (*C. edule*) liet een toename zien in het open gebied. Dit voert net als bij de analyse voor mosselzaadvisserij terug op de lokale broedval in het gebied Molenrak Oost, waar in het gebied open voor garnalenvisserij en gesloten voor mosselzaadvisserij, in de noordoostelijke hoek, in 2016 veel 1-jarige kokkels gevonden werden resulterend uit een broedval in 2015 en in 2017 relatief hoge dichtheden aan 0-jarige kokkels. Het is niet waarschijnlijk dat dit verschil in ontwikkeling veroorzaakt is door het uitsluiten van garnalenvisserij. Ten eerste vond de broedval van 2015 plaats vlak na sluiting van de gebieden, ten tweede is de broedval van 2017 zeer lokaal van karakter (hoewel het mogelijk is dat de broedval omvangrijker was, maar dat een deel van de kokkels nog niet groot genoeg was om op de zeef van 5 mm achter te blijven) en tot slot is een toename van kokkelbroed in het gebied waar nog gevestigd mag worden niet te verklaren door de gebiedssluiting. De toename in biomassa van hydroïdpoliepen (Hydrozoa) in het open gebied is vrijwel volledig toe te schrijven aan het onderzoeksgebied Eierlandse gat, waar deze soortgroep voornamelijk is aangetroffen. Opvallend is dat, al bij aanvang van het onderzoek in 2015, hydroïdpoliepen vooral zijn aangetroffen in het open gebied, waar de geulen

breder en dieper zijn. Het open gebied lijkt een geschikter habitat te bieden voor hydroïdpoliepen, wat zou kunnen verklaren waarom een toename in abundantie van deze soort vooral in het open gebied heeft plaatsgevonden.

De ontwikkeling van de dichtheid van alle taxa samen, welke significant verschilde tussen het gesloten en open gebied, wordt grotendeels bepaald door de ontwikkeling van de mossel (*M. edulis*) (49% van het totale aantal individuen) en de strandgaper (*M. arenaria*) (22% van het totale aantal individuen). De voortschrijdend afname in het totale aantal individuen in het gesloten gebied wordt voornamelijk verklaard door de afname in dichtheid van de strandgaper die voornamelijk voorkomt binnen de grenzen van de gesloten gebieden.

5.3 Opzet van de monitoring

5.3.1 Gebiedskeuze

Bij de keuze van de onderzoeksgebieden is vooraf bekeken waar een vergelijking tussen gesloten gebied en aangrenzend open gebied het best zou kunnen worden gemaakt, en er dus geen al te grote verschillen zouden zijn in abiotische omstandigheden tussen open en gesloten. Dat laatste bleek moeilijk te realiseren. Waar significante verschillen in ontwikkeling zijn gevonden tussen gesloten en open gebied, is dit vaak te wijten aan verschillende omstandigheden tussen de gesloten gebieden en aangrenzende open gebieden. Dat is ook niet verwonderlijk aangezien bij de keuze van welke gebieden te sluiten is meegenomen of er een kans was op ontwikkeling van rijke bodemdiergemeenschappen. Zo zijn met name van nature rijke gebieden zoals de Vlieter en het Molenrak gesloten voor mossel- en garnalenvisserij. Naast strandgapers worden in deze gebieden ook relatief veel nonnetjes (*L. balthica*) en kokkels (*C. edule*) gevonden. In het Eierlandse gat zijn juist hogere dichtheden in het open gebied gevonden voor wat betreft hydroïdpoliepen (Hydrozoa) en de schelpkokerworm (*L. conchilega*). De meer zeewaarts gelegen diepere delen van de geulen lijken een geschikter habitat te vormen voor deze soorten. Deze diepere delen liggen in het open gebied terwijl de ondiepe delen van deze geulen meer richting het wantij en dus in het voor garnalenvisserij gesloten gebied liggen. Het is belangrijk om deze verschillen tussen de open en gesloten gebieden mee te nemen in de interpretatie van de resultaten. Deze verschillen zijn ook de reden waarom het zo belangrijk is om te kijken naar verschillen in ontwikkeling en niet naar absolute verschillen.

De focus van het onderzoek ligt primair op de ontwikkeling van meerjarige mosselbanken. Belangrijk voor het onderzoek is het kunnen maken van een vergelijking in ontwikkeling van zaadbanken tot meerjarige mosselbanken tussen de gesloten en open gebieden. Bij aanvang van het onderzoek in 2015 waren vrijwel geen zaadbanken aanwezig. Omdat toen nog niet voorspeld kon worden waar en wanneer in de jaren daarna nieuwe zaadbanken zouden ontstaan, maar de kans daarop vrij groot leek in het gebied Gat van Stompe, is ook daar een onderzoeksgebied ingesteld dat geheel binnen het gebied gesloten voor mosselzaadvisserij en open voor garnalenvisserij ligt. De gedachte daarbij was dat indien daar mosselzaad zou vallen, deze zaadbank niet toegankelijk zou zijn voor garnalenvisserij, en een vergelijking gemaakt zou kunnen worden tussen gesloten en open voor garnalenvisserij. Pas in de zomer van 2016 zijn nieuwe zaadbanken ontstaan, en pas in 2017 zijn ze zichtbaar in de voorjaarsbemonstering en de MEGMA bemonstering. Inderdaad is een zaadbank ontstaan in het Gat van Stompe, waar een deel van de reeds bemonsterde monsterpunten binnen viel. Dit gebied is echter nog niet meegenomen in de analyse omdat slechts voor één jaar een vergelijking gemaakt kon worden. Enkele van de overige nieuwe zaadbanken zijn ook geschikt voor een vergelijking in de komende jaren. In 2017 zijn nieuwe monsterpunten binnen de contouren van deze banken gelegd, om in de komende jaren de ontwikkeling van deze banken te kunnen volgen. De resultaten van deze monsterpunten zijn niet meegenomen in de analyse over 2015 – 2017.

5.3.2 Eerdere gebiedssluitingen

De in 2009 en 2010 voor mosselzaad- en garnalenvisserij gesloten gebieden in de Vlieter en bij Breezanddijk liggen binnen de MEGMA onderzoeksgebieden, en het feit dat een deel van de onderzochte gesloten gebieden al langer dan drie jaar voor visserij gesloten is zou gevolgen kunnen

hebben voor de interpretatie van de MEGMA onderzoeksresultaten. De eerder gesloten gebieden zijn echter relatief van kleine omvang en van de 218 binnen MEGMA jaarlijks bemonsterde monsterpunten liggen er 13 in het gebied eerder gesloten voor mosselzaadvisserij (6 op de Vlieter en 7 bij Breezanddijk), en 6 van die 13 monsterpunten liggen binnen het gebied dat tevens is gesloten voor garnalenvisserij (bij Breezanddijk).

De in 2009 in het gebied Vlieter ontstane mosselbank is in 2011 verdwenen, waarschijnlijk als gevolg van predatie door zeesterren in combinatie met het uitblijven van nieuwe mosselzaadval (Glorius *et al.*, 2014). De in 2010 in het gebied Breezanddijk ontstane mosselbank ontwikkelde zich aanvankelijk tot een meerjarige bank, maar is in het najaar van 2013 grotendeels (>80%) verdwenen, waarschijnlijk als gevolg van een storm (Glorius *et al.*, 2014). In de jaren daarna, tot op heden, is er geen nieuwe mosselzaadval geweest in dit gebied, en is de dichtheid aan mosselen steeds verder afgenomen (Van Stralen *et al.*, 2015, 2016a, 2017).

5.3.3 Statistische “power”

Gebaseerd op de “power analyse” die in 2015 is uitgevoerd zou de opzet van de monitoring voldoende moeten zijn om effectgroottes van minstens 20% aan te tonen. Daarbij was de verwachting dat de “power” groter zou zijn als onderscheidende variabelen zoals onderzoeksgebied en jaar meegenomen zouden worden. Inderdaad zijn deze onderscheidende variabelen meegenomen, waarmee de opzet adequaat lijkt voor het aantonen van verschillen van minstens 20%. Voor de uiteindelijk toegepaste analyse is geen “power” bepaald.

5.3.4 Geregistreerde taxa

Alle aangetroffen taxa zijn geregistreerd. Voor bepaalde taxa is de gebruikte monstermethode echter niet geschikt. Dat zijn met name wormen, vissen en garnalen, die over het algemeen slechts in lage aantallen worden aangetroffen. De gebruikte methode is niet zo geschikt om uitspraken te doen over de absolute abundantie van deze afzonderlijke taxa, maar is wel geschikt voor het maken van vergelijkingen tussen gebieden en jaren. Ook voor het berekenen van indices voor biodiversiteit is het waardevol om deze taxa te registreren.

Daarnaast is de methodiek ook minder geschikt voor de sessiele hydroïdpoliepen en schelpkokerworm. Deze taxa zijn sessiel en vormen kwetsbare structuren op de bodem. De methode is minder geschikt voor deze taxa omdat ze dunne structuren vormen die bovendien kunnen breken. Dus in een spoelmolen met een maaswijdte van 5 mm waarin schelpen ronddraaien kan een deel van de individuen uitspoelen. Voor uitspraken over absolute dichtheden en biomassa is de methode daarom minder geschikt, maar wel voor een meer kwalitatieve vergelijking tussen gebieden en tussen jaren.

Hydroïdpoliepen waren daarnaast lastig te tellen omdat ze niet voorkomen als individuele dieren maar kolonies vormen die er ongeveer uitzien als bosjes wier (Figuur 21). Het aantal aangetroffen kolonies is weliswaar geteld, maar de biomassa is een betere maat om de abundantie van deze taxa te bepalen.

5.3.5 Aansluiting op reguliere monitoring en eerder onderzoek

De aansluiting qua methodiek op de reguliere voorjaarsinventarisatie van mosselzaad (en andere taxa) heeft zijn vruchten afgeworpen bij de verklaring van verschillen in ontwikkeling van strandgaper dichtheden. De tijdreeks sinds 1992 bood een nuttig referentiekader in tijd, en de historische kaartbeelden die met deze gegevens gemaakt zijn boden een nuttig ruimtelijk referentiekader. Zo werd duidelijk dat voor de strandgaper een vergelijking tussen gebieden die gesloten en open zijn voor visserij bemoeilijkt wordt door hoe het verspreidingsgebied van deze soort overlapt met de gesloten gebieden. Ook werd duidelijk dat dit voor het nonnetje ook aan de hand is, hoewel in mindere mate. Een dergelijk ruimtelijk en temporeel referentiekader is alleen mogelijk voor taxa die ook in de voorjaarsinventarisatie geregistreerd worden, en niet voor het Eierlandse gat omdat de reguliere mosselzaadsurvey daar niet plaats vindt.



Figuur 21. Twee aangetroffen hydroïdpoliep kolonies. Het aantal kolonies zegt niets over het aantal individuen. Daarom is de biomassa (totaal natgewicht per monster) een betere maat.

Een vergelijkende studie naar de ontwikkeling van het bodemleven in wel en niet voor mosselvisserij gesloten gebieden heeft eerder plaatsgevonden. Dit staat bekend als het PRODUS onderzoek (Smaal *et al.*, 2013). Tijdens dit onderzoek zijn 40 onderzoeksvakken van 8 ha aangelegd in mosselzaadbanken, waarvan 4 ha niet mocht worden bevestigd. Eén van de onbeantwoord gebleven vragen bij dit onderzoek was of de onderzoeksvakken groot genoeg waren om geen last te hebben van uitstralingseffecten op het gesloten gebiedje wanneer er in de rest van de betreffende mosselbank wel wordt gevestigd. Met het sluiten van grote gebieden, en het kunnen volgen van gehele banken daarin, wordt hierin met het MEGMA-onderzoek voorzien. Helaas is het daarbij zo dat pas sinds de zomer van 2016 mosselzaadbanken in het onderzoek kunnen worden gevolgd. Ook bij PRODUS was het uitblijven van een zaadval van betekenis in de eerste jaren van het onderzoek een probleem. Dat onderzoek startte in 2006, maar in 2009 was pas sprake van zaadval van betekenis. Het PRODUS onderzoek heeft laten zien dat mosselzaadvisserij een duidelijk effect heeft op de korte termijn, maar dat deze effecten na enkele jaren niet meer zichtbaar zijn in de samenstelling, dichtheden en biomassa van de bodemfauna. Of dat ook zo is wanneer grote gebieden gesloten worden voor mosselzaadvisserij, of dat daar op lange termijn wel blijvende verschillen in natuurwaarden ontstaan, is feitelijk de kernvraag van het MEGMA onderzoek, waarbij dezelfde vraag ook gesteld is voor de garnalenvisserij. Het is daarvoor wel nodig dat de ontwikkeling in deze gebieden nog over langere tijd wordt gevolgd.

Hoe lang de monitoring voortgezet zou moeten worden om verschillen als gevolg van de sluiting aan te kunnen tonen, indien ze optreden, is moeilijk te voorspellen. Hoewel er verscheidene studies zijn gedaan naar effecten van visserij en uitsluiting van visserij, en vergelijkingen zijn gemaakt tussen soortensamenstellingen in onbevestigde en bevestigde gebieden, blijken er grote verschillen te zijn in respons tussen verschillende typen habitats en tussen verschillende visserij methoden (Kaiser *et al.*, 2006 en referenties daarin). Zo vonden Van Denderen *et al.* (2014) geen relatie tussen boomkor visserij intensiteit en soortenrijkdom in de kustzone van de Noordzee, maar wel in de diepere gebieden zoals het Friese Front en de Oestergronden. Bergman *et al.* (2014) vonden vijf jaar na sluiting van een gebied in de Noordzee (OWEZ windmolenpark) geen noemenswaardige verschillen in bodemdieren tussen het gesloten gebied en gebieden waar visserij nog steeds was toegestaan. Duineveld *et al.* (2007) vonden wél verschillen tussen een gesloten gebied (rond een gasproductie platform) op het Friese Front in de Noordzee, en het omringende open gebied, 20 jaar na sluiting. Daarbij is onbekend hoe lang het duurde na de sluiting voordat verschillen aantoonbaar waren. Geen van de hier aangehaalde eerdere studies vond plaats in de Waddenzee, en daarom laten de resultaten zich heel moeilijk vertalen naar het MEGMA onderzoek. Het meest vergelijkbaar met de situatie in de westelijke Waddenzee is de monitoring van referentiegebied Rottum, in de oostelijke Waddenzee, dat gesloten is voor garnalenvisserij in 2005 en sindsdien jaarlijks gemonitord wordt. In 2013, dus 8 jaar na sluiting, werden geen duidelijke verschillen gevonden die wijzen op een effect van de gebiedssluiting (Fey *et al.* 2013). Hierbij dient echter wel opgemerkt te worden dat de opzet van de jaarlijkse monitoring een 'vinger aan de pols' karakter heeft (Fey *et al.*, 2013) en dat in 2016, dus 11 jaar na sluiting, een

uitgebreider vergelijkend onderzoek heeft plaatsgevonden waarvan de resultaten nog niet gepubliceerd zijn.

5.4 Aanbevelingen

Als we willen weten hoe de bodemfauna zich in een gebied ontwikkelt dat op een gegeven moment is vrijgesteld van bevissing, is het van belang om de bodemdieren gedurende een langere periode te volgen. Hoe lang, is niet van te voren te zeggen. We hebben te maken met een systeem dat al decennia lang bevestigd wordt. We weten nog niet goed of en hoe een systeem zich aanpast aan het stopzetten van mosselzaadvisserij en/of garnalenvisserij, en ook niet op welke termijn. Aanbevolen wordt daarom om de monitoring in ieder geval de komende jaren voort te zetten, en om in ieder geval de in 2016 ontstane mosselzaadbanken gedurende enkele jaren te volgen tot deze zijn verdwenen, en/of zich hebben ontwikkeld tot meerjarige banken bestaande uit meerdere jaarklassen.

Daarnaast wordt aanbevolen om nader te onderzoeken of garnalenvisserij heeft plaatsgevonden in de MEGMA onderzoeksgebieden en zo ja, of beviste trajecten overlappen met de MEGMA monsterpunten. Deze monsterpunten komen vervolgens te vervallen binnen het onderzoek, voor de vergelijking tussen gesloten en open voor garnalenvisserij. Indien voldoende monsterpunten overblijven voor een vergelijking, kan worden geanalyseerd of er al een effect zichtbaar is van gebiedssluiting voor garnalenvisserij. Het mag duidelijk zijn dat vergelijkend onderzoek in open en gesloten gebieden alleen zinvol is wanneer er in de gesloten gebieden ook daadwerkelijk niet wordt gevestigd en in gevoelige dossiers als dit daarover ook geen enkele twijfel bestaat. Gezien het belang van het onderzoek voor alle betrokken partijen mag worden verwacht dat daar dan ook zorg voor wordt gedragen.

Ook wordt aanbevolen om, bij voortzetting van de monitoring, en wanneer inmiddels gegevens zijn verzameld over meerdere jaren, gebruik te maken van multivariate analyses om te onderzoeken of de soortensamenstelling zich verschillend ontwikkelt in de voor visserij gesloten en open gebieden.

In de huidige studie is alleen gekeken naar correlaties, en de resultaten gaven geen aanleiding om verder onderzoek te doen naar oorzaken van waargenomen verandering. Mochten gevonden correlaties in de toekomst daar wel aanleiding toe geven, dan wordt aanbevolen om te onderzoeken of causale verbanden achterhaald kunnen worden. De manier waarop de gesloten gebieden tot stand zijn gekomen geeft daar direct aanleiding toe, aangezien deze overwegend zijn gekozen in gebieden waar de kans op overleving van meerjarige banken groot blijkt en waar zich relatief rijke bodemdiergemeenschappen bevinden. Net zoals uit de huidige studie blijkt dat een populatie afname van de strandgaper leidt tot een sterkere afname in het gebied waar de soort vooral voorkomt en dus tot een sterkere afname in het gesloten gebied, zou een in de toekomst aantoonbare sterkere toename van mosselen of andere soorten in het gesloten gebied veroorzaakt kunnen zijn door een algehele populatietoename welke zich vooral voordoet in de door de soort geprefereerde gebieden, welke heel goed grotendeel binnen de grenzen van de gesloten gebieden zouden kunnen liggen. Bij het achterhalen van dit soort verbanden is de historische dataset vanaf 1992 van groot belang omdat dit de enige langjarige dataset is die inzicht kan geven in de historische verspreiding van bodemdieren in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee.

6 Kwaliteitsborging

Het onderzoek is uitgevoerd door een team van experts met jarenlange ervaring op het gebied van schelpdier inventarisaties. Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 187378-2015-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 september 2018. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V.

Literatuur

- Bergman, M.J.N., S. Ubels, G.C.A. Duineveld & E. Meesters (2014) Effects of a 5-year trawling ban on the local benthic community in a wind farm in the Dutch zoastal zone. *ICES Journal of Marine Science*. DOI: 10.1093/icesjms/fsu193.
- Dekker, R. & J. Drent (2013) The macrozoobenthos in the subtidal of the western Dutch Wadden Sea in 2008 and a comparison with 1981-1982. NIOZ-report 2013-5. 98 pp.
- Duineveld, G.C.A., M.J.N. Bergman & M.S.S. Lavaleye (2007) Effects of an area closed to fisheries on the composition of the benthic fauna in the southern North Sea. *ICES Journal of Marine Science* 64: 899-908.
- EZ (2014) Profiel H1110 Permanent overstroomde zandbanken. Ministerie van EZ, 2014.
- Fey, F., N.M.J.A. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, J. Cuperus, B.E. van der Weide, M. de Jong, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2013) Ecologische ontwikkeling binnen een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee. IMARES rapport C041/15. WOt Natuur & Milieu technisch rapport 34.
- Glorius, S., A. Rippen, M. de Jong, B. van der Weide, J. Cuperus, A. Bakker & M. van Hoppe (2014) De ontwikkeling van niet beviste sublitorale mosselbanken 2009-2013. IMARES rapport C109.14.
- Gray JS (2000) The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 250:23-49.
- Heip CHR, Herman PMJ, Soetaert K (2001) Indices of diversity and evenness. *Oceanis* 24:61-87.
- Kaiser, M.J., K.R. Clarke, H. Hinz, M.C.V. Austen, P.J. Somerfield & I. Karakassis (2006) Global analysis of response and recovery of benthic biota to fishing. *Marine Ecology Progress Series* 311: 1-14.
- LNV (2008) Aanwijzingsbesluit Natura 2000-gebied Waddenzee. Ministerie van LNV, 2008.
- Schwarz, C. (2013) Sampling, Regression, Experimental Design and Analysis for Environmental Scientists, Biologists, and Resource Managers. Department of Statistics and Actuarial Science, Simon Fraser University. Online cursusboek (<http://people.stat.sfu.ca/~cschwarz/Stat-650/Notes/PDFbigbook-R/>). 7 Juni 2013.
- Smaal, A.C., J. Craeymeersch, J. Drent, J.M. Jansen, S. Glorius & M.R. van Stralen (2013) Effecten van mosselzaadvisserij op sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee: samenvattend eindrapport. IMARES rapport C006/13 PR1.
- Troost, K., D. van den Ende, M. van Asch & M.R. van Stralen (2018) Ontwikkeling en verspreiding van schelpdieren en andere bodemdieren in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in de periode 1992-2017. In voorbereiding als Wageningen Marine Research rapport.
- Van Denderen, P.D., N.T. Hintzen, A.D. Rijnsdorp, P. Ruardij & T. van Kooten (2014) Habitat-specific effects of fishing disturbance on benthic species richness in marine soft sediments. *Ecosystems* 17 (7): 1216–1226.
- Van den Ende, D., K. Troost, M. van Asch, E. Brummelhuis, J. Perdon & C. van Zweeden (2017) Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren in 2017: bestand en arealen. Centrum voor Visserijonderzoek (CVO) rapport 17.022.
- Van Stralen, M. (2014) Gebiedsmaatregelen Mosselconvenant en VISWAD 2013. Bureau MarinX, Scharendijke, rapport 2014.141.
- Van Stralen, M., D. van den Ende & K. Troost (2015) Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2015. Bureau MarinX, Scharendijke, rapport 2017.151.
- Van Stralen, M., D. van den Ende & K. Troost (2016a) Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2016. Bureau MarinX, Scharendijke, rapport 2017.156.
- Van Stralen, M., K. Troost & D. van den Ende (2016b) Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het najaar van 2016. Bureau MarinX, Scharendijke, rapport 2016.166.2.
- Van Stralen, M., D. van den Ende & K. Troost (2017) Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2017. Bureau MarinX, Scharendijke, rapport 2017.175.
- Zar, J.H. (1996) *Biostatistical Analysis*. 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 662 p. ISBN 0-13-086398-X

Verantwoording

Rapport C013/18

Projectnummer: BO-11-018.02.003

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. Ir. Jeroen Wijsman
Senior onderzoeker

Handtekening:



Akkoord: Drs. Jacob Asjes
Manager Integratie

Handtekening:



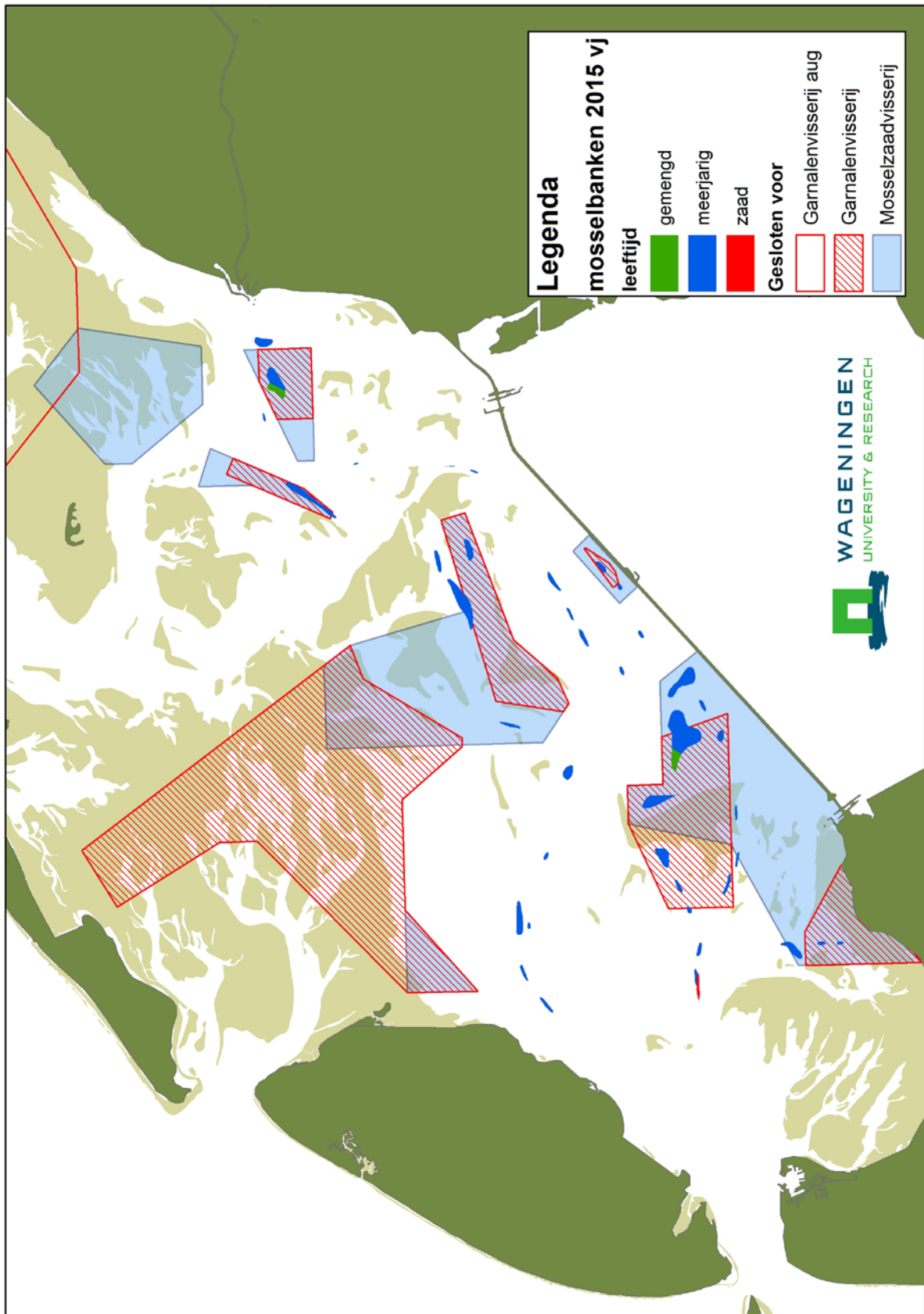
Bijlage 1 Mosselbanken 2015 – 2017

Kaart 1: Verspreiding van mosselbanken in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in het **voorjaar van 2015**.

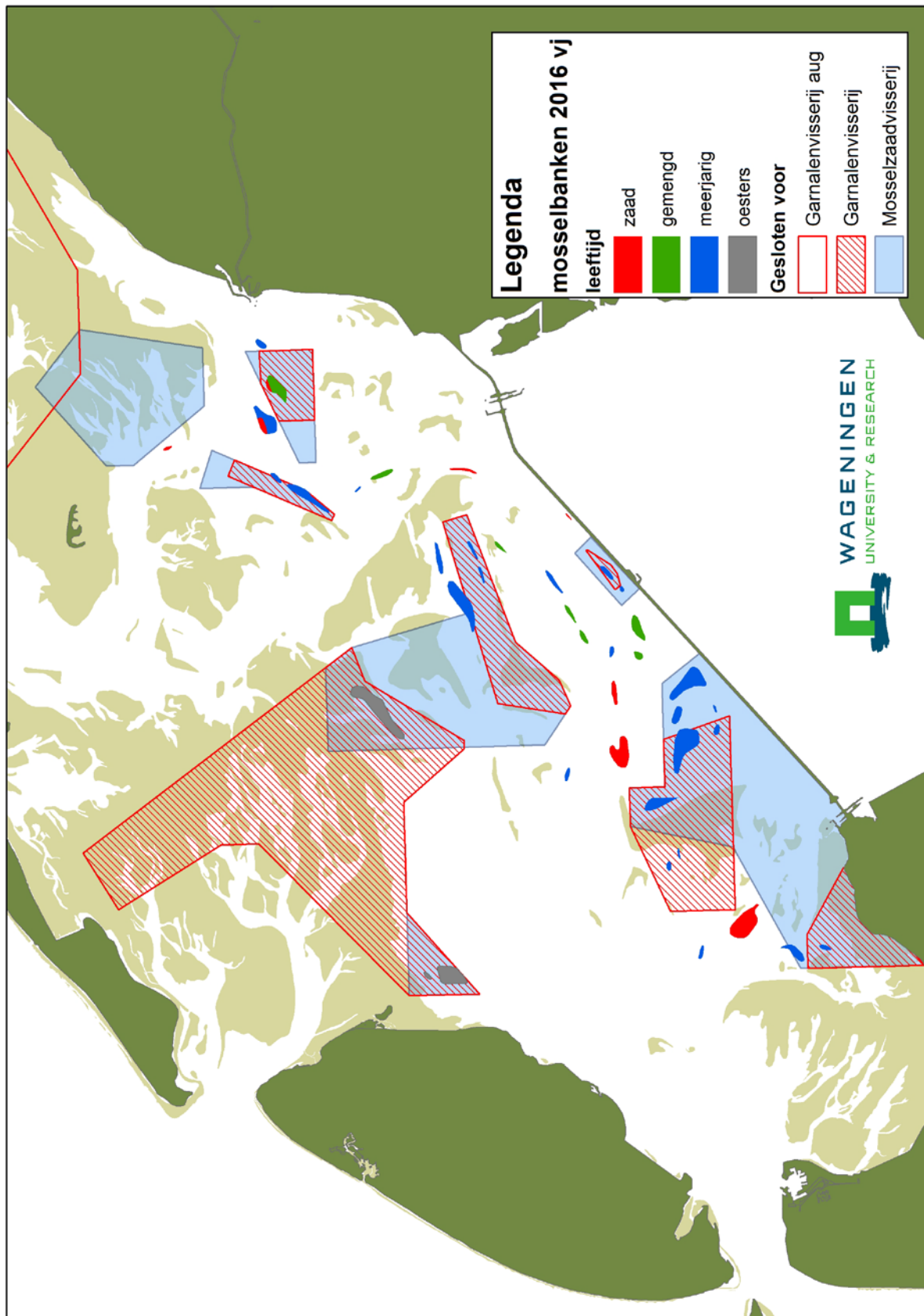
Kaart 2: Verspreiding van mosselbanken in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in het **voorjaar van 2016**.

Kaart 3: Verspreiding van mosselbanken in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in het **najaar van 2016**.

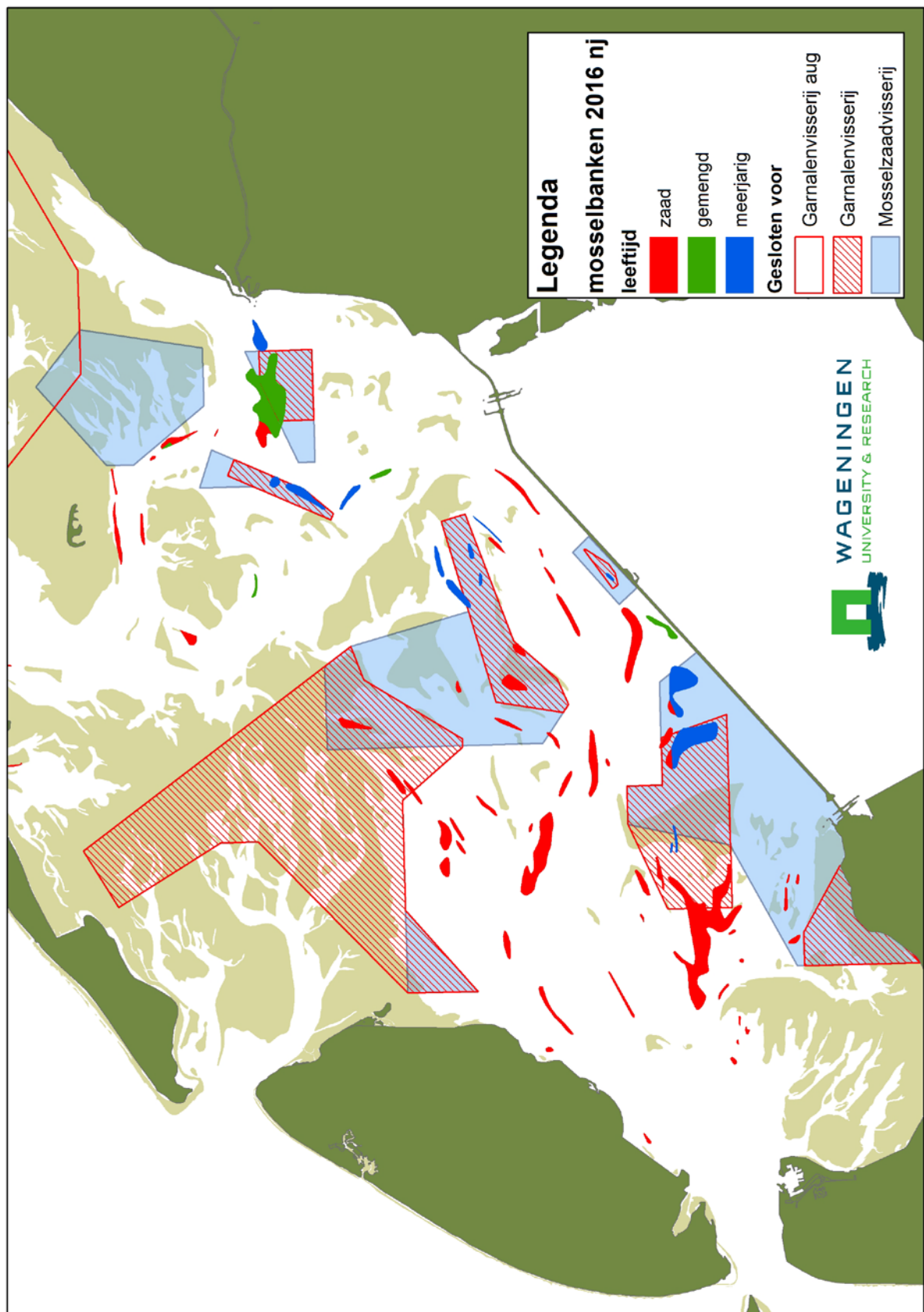
Kaart 2: Verspreiding van mosselbanken in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in het **voorjaar van 2017**.



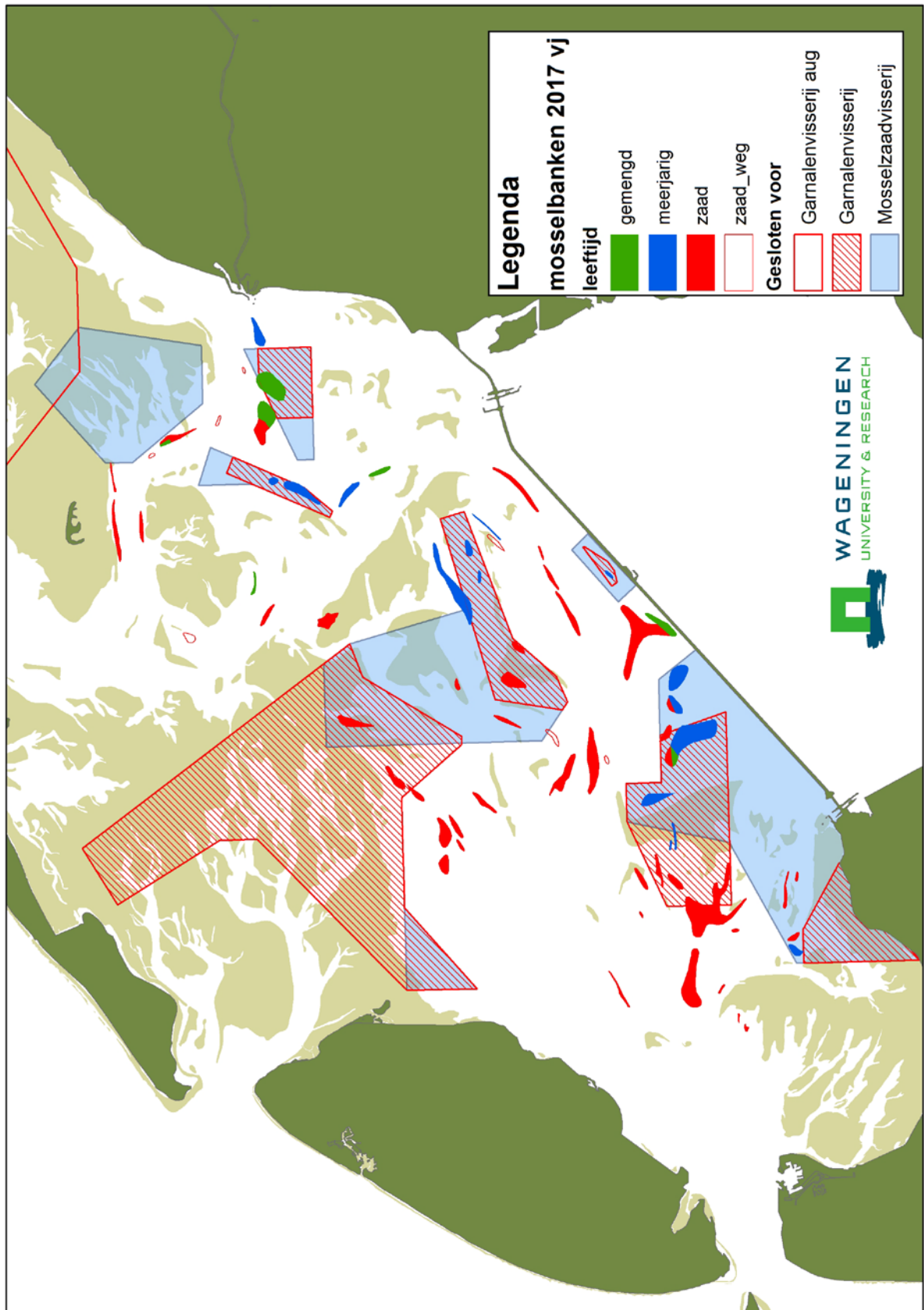
Kaart 1. *Verspreiding van mosselbanken in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2015 (Van Stralen et al., 2015).*



Kaart 2. Verspreiding van mosselbanken (en oesterbanken) in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2016 (Van Stralen et al., 2016a).



Kaart 3. Verspreiding van mosselbanken in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in het najaar van 2016 (Van Stralen et al., 2016b).



Kaart 4. Verspreiding van mosselbanken in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2017 (Van Stralen et al., 2017).

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 09 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Visitors address

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

Wageningen Marine Research is the Netherlands research institute established to provide the scientific support that is essential for developing policies and innovation in respect of the marine environment, fishery activities, aquaculture and the maritime sector.

Wageningen University & Research is specialised in the domain of healthy food and living environment.

The Wageningen Marine Research vision:

‘To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.’

The Wageningen Marine Research mission

- To conduct research with the aim of acquiring knowledge and offering advice on the sustainable management and use of marine and coastal areas.
- Wageningen Marine Research is an independent, leading scientific research institute.

Wageningen Marine Research is part of the international knowledge organisation Wageningen UR (University & Research centre). Within Wageningen UR, nine specialised research institutes of Stichting Wageningen Research (a Foundation) have joined forces with Wageningen University to help answer the most important questions in the domain of healthy food and living environment.

