

Mosselkweek en effecten op natuur

Mosselen en andere schelpdieren vervullen belangrijke functies voor de natuur en de mens. In Nederland worden mosselen gekweekt in gebieden die als beschermde natuurgebieden zijn aangewezen. Daarom zijn de mosselzaadvissers- en -kweek aan regels en afspraken gebonden. De effecten van mosselkweek en de beheermaatregelen op de natuur worden al vele jaren onderzocht. In deze publicatie vatten we de belangrijkste bevindingen uit de onderzoeksrapporten en wetenschappelijke publicaties samen.

Mosselzaadvissers- visserij

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment

MZI's

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment

Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Leeswijzer

Deze interactieve PDF vat het onderzoek naar de relatie tussen natuur en mosselkweek in Waddenzee, Oosterschelde en Voordelta samen. Sinds 1990 worden de effecten van mosselvisserij en -kweek op natuur en ecologie intensief onderzocht. In de [Inleiding](#) vindt u meer informatie over de achtergronden van dit onderzoek.

Navigatie interactieve pdf

In deze interactieve pdf worden 4 thema's onderscheiden. De eerste drie gaan over het kweekproces zelf: *mosselzaadvisserij*, *mosselzaadinvanginstallaties* en *kweekpercelen*. Het vierde thema gaat over *wilde mosselbanken*. Ieder thema is vervolgens ingedeeld in een aantal hoofdonderwerpen. Hierbinnen kunt u dan navigeren naar specifieke deelonderwerpen. De navigatie werkt alleen als u [Acrobat Reader](#) gebruikt. Cursief gedrukte woorden zijn opgenomen in de [woordenlijst](#).

Uitvergroten plaatjes

Een aantal plaatjes in de interactieve pdf kunt u uitvergroten door er op te klikken. U kunt zien of dit mogelijk is als er een plus-teken verschijnt als u met uw muis op het plaatje klikt. Deze plaatjes zijn ook steeds op een aparte pagina weergegeven en te benaderen via de navigatiepijlen.

Uitprinten interactieve pdf

Deze publicatie is ontwikkeld om te lezen vanaf een beeldscherm en makkelijk te kunnen navigeren tussen thema's en (deel)onderwerpen die uw interesse hebben. Het is ook mogelijk de interactieve pdf uit te printen of om er op het beeldscherm op de traditionele manier doorheen te scrollen. In dat geval moet u er rekening mee houden dat sommige teksten meerdere keren te zien zijn, omdat zij onder meerdere thema's in de navigatie terugkomen.



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon

Mosselzaadvisserij > Beheer > Beheermaatregelen

Hoe wordt de mosselzaadvisserij gereguleerd?

In de Waddenzee is 26% van de droogvallende platen gesloten. Ook mag pas in het *litoraal* gevestigd worden als er minimaal 2.000 hectare aan meerjarige mosselbanken ligt². In de praktijk is er sinds 2001 geen *litorale* mosselzaadvisserij meer geweest (uitzondering is een experimentele onderzoeksbevising in 2001¹). Ook in de Oosterschelde en Voordelta mag buiten de gesloten gebieden onder voorwaarden op zaad gevestigd worden. Van nature valt hier weinig mosselzaad. Dit betekent dat de zaadvisserij zich in de praktijk voornamelijk tot het *sublitoraal* van de Waddenzee beperkt.

De mosselsector maakt jaarlijks een visplan voor de zaadvisserij. Uitgangspunt is dat de visserij, en het daaropvolgende proces van kweken en oogsten, niet leidt tot minder mosselen in de Waddenzee dan wanneer er niet zou zijn gevestigd. Zo houdt men rekening met het voedselaanbod voor vogels. De visserij in het najaar is op nieuw gevormde mosselzaadbanken in instabiele gebieden. Hier is de kans dat het zaad predatie en winterstormen overleeft, klein. In het voorjaar mag op alle overige banken buiten de gesloten gebieden gevestigd worden. Iedere kweker krijgt van de producentenorganisatie een *quotum*. Controle gebeurt met een 'black box', die visserijactiviteit registreert. Ook meten medewerkers van de mosselkweek de vangst voordat het zaad naar de percelen wordt gebracht.

Sinds 2005 is voor de mosselzaadvisserij een vergunning vanuit de Wet Natuurbescherming (*Wnb*) nodig, die wordt afgegeven na een Passende Beoordeling. Deze moet aantonen dat significante nadelige effecten op de *Natura 2000*-doelstellingen kunnen worden uitgesloten. Sinds 2020 valt hieronder ook een beoordeling van de mogelijke effecten van stikstofuitstoot.

Historie scheepdiversiviteit/beleid en onderzoek

In 2008 oordeelt de Raad van State dat de *Wnb*-vergunning die in 2006 is afgegeven, niet had mogen worden verleend²⁰. De toekomst van de mosselkweeksector staat op het spel. Om uit de impasse te komen, sluiten de mosselsector, natuurorganisaties en de overheid in 2008 het *Mosselconvenant*^{20,11}. In de periode 2009-2020 werken de mosselkwekers aan het vervangen van opgevestigd mosselzaad uit wilde banken door zaad uit *mosselzaadinvanginstallaties* (*MZI's*). Parallel aan een geleidelijke opschaling van *MZI's* worden mosselbanken stapsgewijs gesloten. Doel is om een ongestoorde ontwikkeling van zaadbanken tot meerjarige mosselbanken mogelijk te maken. Ook komt er aanvullend onderzoek naar de effecten van deze afspraken. De natuurorganisaties op hun beurt maken geen bezwaar tegen de afgifte van de *Wnb*-vergunning. Anno 2020 is 35.7% van het gebied waar mosselbanken kunnen voorkomen gesloten. Vanaf 2022-2023 wordt de visserij verder afgebouwd in de vorm van een verdere beperking van de zaadvangst door quotering¹⁷.

Mosselzaadvisserij

- Beheer
 - Praktijk
 - Beheermaatregelen
 - Bestand
 - Biodiversiteit
 - Draagkracht
 - Sediment

Menu

U kunt via het menu door het onderdeel navigeren en klikken op de gewenste (deel)onderwerpen.

Iconen

U kunt vanaf elke pagina met de icoontjes navigeren naar de verschillende onderdelen van het mosselkweekproces of het onderwerp wilde mosselbanken. Door op het huisje te klikken keert u terug naar de eerste pagina van de pdf.

Navigatiepijlen

Als een deelonderwerp uit meerdere pagina's bestaat, kunt u met de navigatiepijl binnen het onderwerp navigeren.

Samenvatting

De Waddenzee, Oosterschelde en Voordelta zijn beschermde natuurgebieden. De mosselvisserij- en kweek worden daarom gereguleerd. In het *Mosselconvenant* hebben sector, natuurorganisaties en overheid afspraken gemaakt over onder andere de stapsgewijze afbouw van mosselzaadvisserij op de bodem naar *mosselzaadinstallaties* in de waterkolom. Doel is een ongestoorde ontwikkeling van zaadbanken tot meerjarige mosselbanken mogelijk te maken. Er is veel onderzoek gedaan naar de effecten van het schelpdiervisserijbeheer. Deze publicatie vat het onderzoek naar de relatie tussen natuur en mosselkweek samen.

Wilde mosselbanken en kweekpercelen hotspots voor biodiversiteit

Mosselbanken en kweekpercelen vormen leefgebieden voor soorten op en in de bodem. Beiden hebben een hoge *biodiversiteit*. Hoe meer mosselen, hoe meer andere soorten.

Meerjarige wilde mosselbanken in gesloten droogvallend gebied Waddenzee hersteld

In de jaren '90 zijn delen van droogvallende platen gesloten voor bodemberoerende visserij. In de praktijk is er vanaf 2002 in het hele droogvallende gebied geen mosselzaadvisserij meer geweest. In de Waddenzee heeft het oppervlak droogvallende mosselbanken zich hersteld tot waarden van voor het dieptepunt begin jaren '90. Welke rol het langdurig niet bevissen heeft gespeeld in dit herstel, is niet na te gaan. In de Oosterschelde komen geen droogvallende banken voor.

Na vijf jaar geen wezenlijk andere bodemgemeenschap in gesloten sublitoraal gebied Waddenzee

In de periode 2006-2012 zijn delen van een *sublitorale* (onder water liggende) mosselbank gesloten voor mosselvisserij terwijl andere delen bevestigd mochten worden. Direct na bevestiging is de dichtheid aan mosselen en andere soorten op bevestigde delen lager. Na 1,5 jaar zijn er geen verschillen meer met onbevestigde delen.

In 2014 zijn enkele *sublitorale* gebieden volledig gesloten voor bodemberoerende visserij. Vijf jaar na sluiting ziet hier de *bodemdiergemeenschap* er niet duidelijk anders uit in vergelijking met de gebieden waar wel gevestigd wordt. Als er verschillen worden gevonden, komt dit door de gebiedskeuze; juist soortenrijke gebieden zijn gesloten.

Mosselproductie niet gepaard met vertroebeling

Mosselkweek zorgt voor meer mosselen in de Waddenzee. Zij filteren continu zwevend materiaal uit de waterkolom. Hierdoor wordt het water helderder en verbetert de waterkwaliteit. De troebelheid van het water kan lokaal sterk toenemen als de mosselen worden opgevestigd. Dit is tijdelijk, het positieve effect van filtratie is continu.

Draagkracht Waddenzee en Oosterschelde voor schelpdieren niet onder druk

Schelpdieren voeden zich door *microalgen* uit het water te filteren. Bij een te groot schelpdierbestand kan de groei van deze algen worden afgeremd (*overbegrazing*). Momenteel lijkt de *draagkracht* voor schelpdieren van Waddenzee en Oosterschelde niet onder druk te staan.



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon

Woordenlijst

Biodiversiteit: Soortenrijkdom; de verscheidenheid van aanwezige soorten en de (genetische) variatie hierbinnen.

Biomassa: De hoeveelheid levende organismen in een bepaalde levensgemeenschap (bijvoorbeeld mosselen) uitgedrukt in gewicht.

Draagkracht: de hoeveelheid schelpdieren die een ecosysteem kan produceren zonder dat dit een negatief effect heeft op de beschikbare hoeveelheid voedsel voor filtrerende organismen, zoals schelpdieren.

Ecosysteemdiensten: functies die (in dit geval) schelpdieren hebben voor de natuur en voor de mens. Voorbeelden: leefgebied voor andere dieren, voedselbron voor dieren en mensen, verbeteren waterkwaliteit door filtratie, bieden van werkgelegenheid, onderdeel van cultuurhistorie van kustgemeenschappen.

Geassocieerde soorten: Soorten die op en tussen de mosselen op wilde mosselbanken en kweekpercelen leven. Bijvoorbeeld: andere schelpdieren, krabbetjes, zeesterren, sponzen, anemonen, pokken en wormen.

Graasdruk: Het wegfilteren van voedsel door schelpdieren. Kweekrendement: De hoeveelheid consumptiemosselen die uit een kilo zaad komt.

Litora(a)l(e): Droogvallende platen (hier: in de Waddenzee en Oosterschelde); het deel dat met eb droogvalt.

Microalgen: Microscopische algen die voorkomen in zoet en zout water. Ze zijn doorgaans eencellig en hebben geen wortels, stengels of bladeren.

Mosselconvenant: Meerjarige afspraken tussen de mosselsector, natuurorganisaties en overheid over onder andere de stapsgewijze afbouw van de mosselzaadvisserij richting het gebruik van Mosselzaadinstallaties. Doel is om een ongestoorde ontwikkeling van zaadbanken tot meerjarige mosselbanken mogelijk te maken. De afspraken zijn gemaakt in 2008 en herijkt in 2020.

Mosselzaadinstallaties (MZI's): Drijvers (boeien, buizen) met daaraan substraat in de vorm van touwen of netten. Mossellarven die in het water drijven, kunnen zich in het voorjaar en de vroege zomer aan dit substraat hechten.

Natura 2000: Gebieden aangewezen onder de Europese Vogelrichtlijn en onder de Habitatrichtlijn.

Overbegrazing: De situatie waarin schelpdieren zoveel micro-algen eten dat de groei (aanwas) van de algen wordt afgeremd.

(Pseudo)feces: De nep-ontlasting van mosselen (en andere tweekleppige schelpdieren en weekdieren die zich door filtratie voeden). De mosselen filteren water. De microalgen worden opgenomen als voedsel. Deeltjes uit het water die niet kunnen worden opgenomen (bijvoorbeeld slib) worden ingepakt in mucus en uit het lichaam 'gepoept' zonder dat ze langs het spijsverteringskanaal zijn geweest.

Quotum: De maximale hoeveelheid mosselzaad die jaarlijks door de kwekers mag worden geoogst. Dit wordt gebaseerd op de jaarlijkse inventarisatie van het mosselbestand.

Schaduwwerking: Lokale voedseltekorten voor mosselen die kunnen optreden binnen of in nabijheid van *mosselzaadinstallaties*.

Sublitora(a)l(e): Het deel van (hier) de Waddenzee en Oosterschelde dat altijd onder water staat.

Wnb: Wet natuurbescherming.

Zaadval: De hoeveelheid mossellarven die tot zaad uitgroeien. Uit de zaadval worden jonge mosselen geboren.



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon

Inleiding

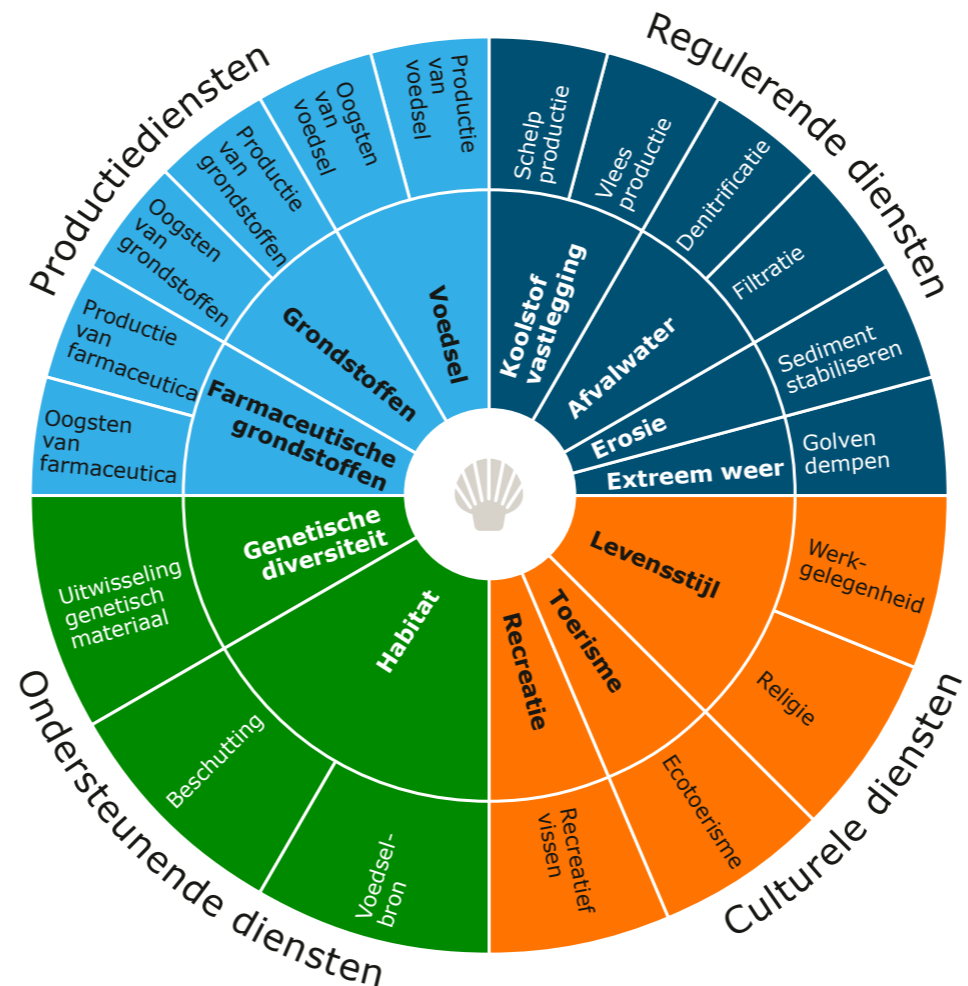
Mosselen en andere schelpdieren vervullen belangrijke functies voor de natuur en de mens. Zo vormen ze leefgebieden voor andere dieren, zijn ze een voedselbron voor dieren en mensen, dragen ze bij aan de waterkwaliteit, bieden ze werkgelegenheid en zijn ze onderdeel van de cultuur van kustgemeenschappen. Dit zijn maar een paar voorbeelden van functies die we gezamenlijk *ecosysteemdiensten* noemen^{1,2}.

In Nederland zijn de Waddenzee en de Oosterschelde de belangrijkste gebieden waar mosselen van nature voorkomen en worden gekweekt. Deze gebieden zijn beschermde natuurgebieden (o.a. *Natura 2000*). Daarom zijn de mosselzaadvisserij en -kweek aan regels en afspraken gebonden. Op die manier wordt een balans gezocht tussen de verschillende *ecosysteemdiensten* rond enerzijds natuur en ecologie en anderzijds economie en cultuurhistorie. De Nederlandse mosselzaadvisserij – en kweek en de mosselhangcultures zijn onafhankelijk gecertificeerd volgens de Marine Stewardship Council standaard voor duurzame en goed beheerde visserij^{3,4}.

Sinds de jaren '90 is er veel onderzoek gedaan naar de effecten van mosselvisserij- en kweek op natuur en ecologie. Dit leidde tot aanpassingen in het schelpdiervisserijbeleid, en tot nieuwe afspraken tussen de mosselsector, overheid en maatschappelijke organisaties. De effecten van het nieuwe beleid en beheerafspraken werden ook weer onderzocht. In deze publicatie vatten we de belangrijkste bevindingen uit de onderzoeksrapporten en wetenschappelijke publicaties samen. Hoe werkt de schelpdiervisserij en -kweek in de praktijk en hoe wordt deze gereguleerd? Wat weten we over de effecten van schelpdiervisserij- en kweek op de natuur? En welke vragen staan nog open?

Naast het reguleren van visserij kent het beheer gericht op natuurbescherming ook een ander aspect: 'de natuur een handje helpen' door bijvoorbeeld mosselbanken aan te leggen. Dit onderdeel valt buiten de reikwijdte van deze publicatie, en is elders samengevat^{5,6}.

Deze publicatie is interactief, zodat u snel kunt navigeren tussen onderwerpen van uw keuze. Uitleg hierover is opgenomen in de [Leeswijzer](#).



Bron: Figuur 1 vertaald uit 1.



Algemeen

[Leeswijzer](#)

[Samenvatting](#)

[Woordenlijst](#)

[Inleiding](#)

[Kennislacunes](#)

[Literatuurlijst](#)

[Colofon](#)

Wat is mosselzaadvisserij?

Het kweken van mosselen begint bij het mosselzaad. Mosselkwekers vissen het zaad op uit wilde mosselbanken op de zeebodem, of vangen ze op uit de waterkolom met *mosselzaadinstallaties (MZI's)*. Het vissen gebeurt vooral in de Waddenzee, maar soms ook in de Oosterschelde of Voor-delta. Het inwinnen van zaad met *MZI's* gebeurt vooral in de Waddenzee en Oosterschelde. De mosselzaadvisserij vindt in het voorjaar en het najaar plaats, en is aan regels gebonden. Wilde mosselen vormen namelijk mosselbanken. Deze ban-ken vormen weer een leefgebied voor veel andere soorten. Mosselbanken hebben daarmee een belangrijke functie voor de natuur. Ze dragen bij aan een hoge *biodiversiteit* en zijn een belangrijke schakel in het voedselweb.

Veel mosselzaadbanken verdwijnen gedurende de eerste winter door natuurlijke processen. Voorbeelden zijn con-sumptie door zeesterren en wegspoeling door stroming of stormen. De mosselzaadvisserij richt zich daarom in eerste instantie op zaadbanken waarvan verwacht wordt – op basis van historische kennis en de actuele toestand – dat zij weer snel zullen verdwijnen. De visserij in het najaar gebeurt zo snel mogelijk nadat het mosselbestand in kaart is gebracht. Zo wordt verlies van zaad door stormen of vraat door zee-sterren zoveel mogelijk voorkomen.



Mosselzaad- visserij

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment



Hoe wordt de mosselzaadvisserij gereguleerd?

In de Waddenzee is 26% van de droogvallende platen gesloten. Ook mag pas in het *litoraal* gevist worden als er minimaal 2.000 hectare aan meerjarige mosselbanken ligt⁷. In de praktijk is er sinds 2001 geen *litorale* mosselzaadvisserij meer geweest (uitzondering is een experimentele onderzoeksbevissing in 2001⁸). Ook in de Oosterschelde en Voordelta mag buiten de gesloten gebieden onder voorwaarden op zaad gevist worden. Van nature valt hier weinig mosselzaad. Dit betekent dat de zaadvisserij zich in de praktijk voornamelijk tot het *sublitoraal* van de Waddenzee beperkt.

De mosselsector maakt jaarlijks een visplan voor de zaadvisserij. Uitgangspunt is dat de visserij, en het daaropvolgende proces van kweken en oogsten, niet leidt tot minder mosselen in de Waddenzee dan wanneer er niet zou zijn gevist⁹. Zo houdt men rekening met het voedselaanbod voor vogels. De visserij in het najaar is op nieuw gevormde mosselzaadbanken in instabiele gebieden. Hier is de kans dat het zaad predatie en winterstormen overleeft, klein. In het voorjaar mag op alle overige banken buiten de gesloten gebieden gevist worden. Iedere kweker krijgt van de producentenorganisatie een *quotum*. Controle gebeurt met een 'black box', die visserijactiviteit registreert. Ook meten medewerkers van de mosselveiling de vangst voordat het zaad naar de percelen wordt gebracht.

Sinds 2005 is voor de mosselzaadvisserij een vergunning vanuit de Wet Natuurbescherming (*Wnb*) nodig, die wordt afgegeven na een Passende Beoordeling. Deze moet aantonen dat significante nadelige effecten op de *Natura 2000*-doelstellingen kunnen worden uitgesloten. Sinds 2020 valt hieronder ook een beoordeling van de mogelijke effecten van stikstofuitstoot.

In 2008 oordeelt de Raad van State dat de *Wnb*-vergunning die in 2006 is afgegeven, niet had mogen worden verleend¹⁰. De toekomst van de mosselkweeksector staat op het spel. Om uit de impasse te komen, sluiten de mosselsector, natuurorganisaties en de overheid in 2008 het *Mosselconvenant*^{10,11}. In de periode 2009-2020 werken de mosselkwekers aan het vervangen van opgevist mosselzaad uit wilde banken door zaad uit *mosselzaadvanginstallaties (MZI's)*. Parallel aan een geleidelijke opschaling van *MZI's* worden mosselbanken stapsgewijs gesloten. Doel is om een ongestoorde ontwikkeling van zaadbanken tot meerjarige mosselbanken mogelijk te maken. Ook komt er aanvullend onderzoek naar de effecten van deze afspraken. De natuurorganisaties op hun beurt maken geen bezwaar tegen de afgifte van de *Wnb*-vergunning. Anno 2020 is 35.7% van het gebied waar mosselbanken kunnen voorkomen gesloten. Vanaf 2022-2023 wordt de visserij verder afgebouwd in de vorm van een verdere beperking van de zaadvangst door quotering¹².



Mosselzaadvisserij

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

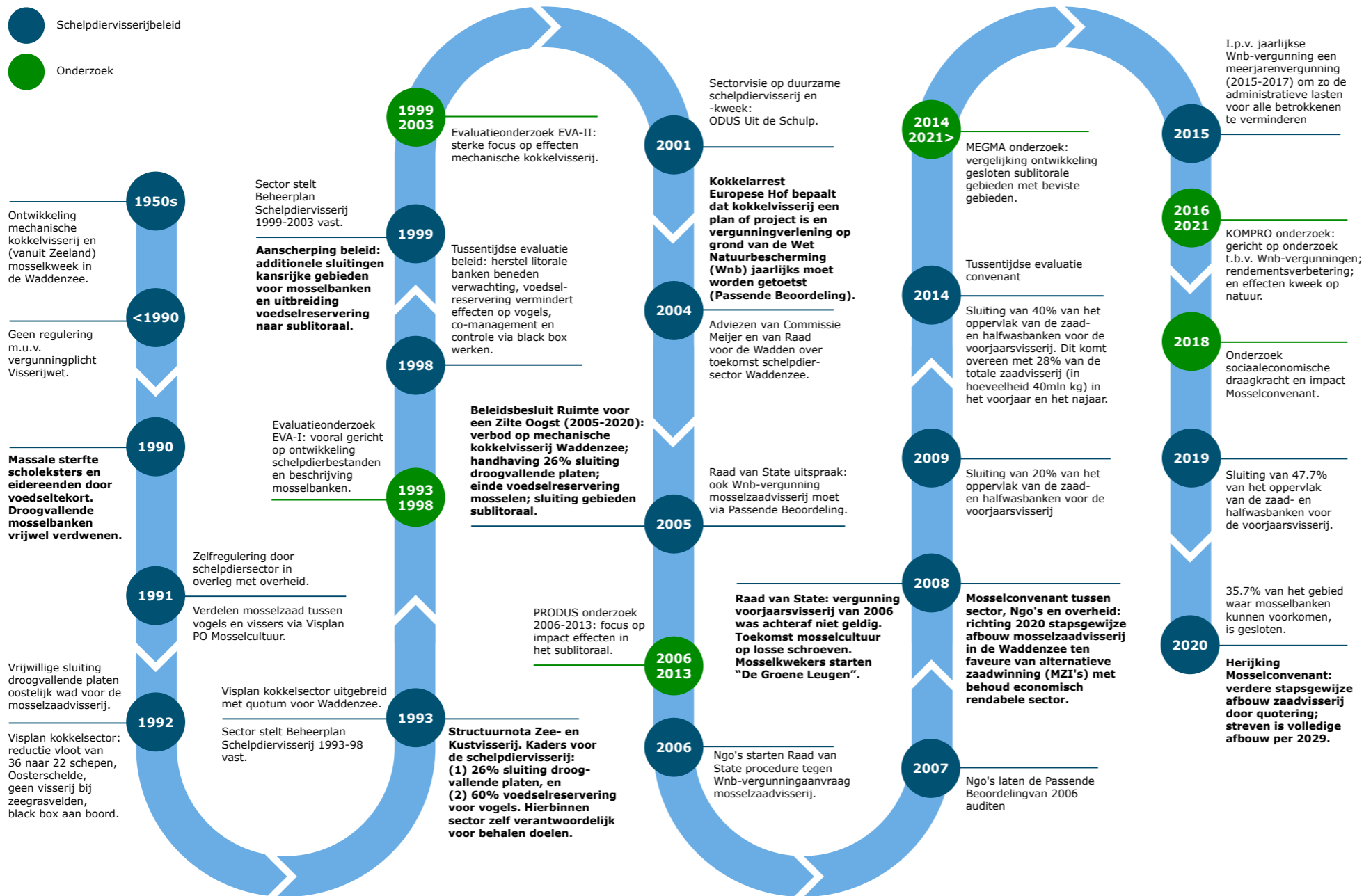
Sediment





Historie schelpdiervisserijbeleid en onderzoek

- Schelpdiervisserijbeleid
- Onderzoek



Mosselzaadvisserij

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment



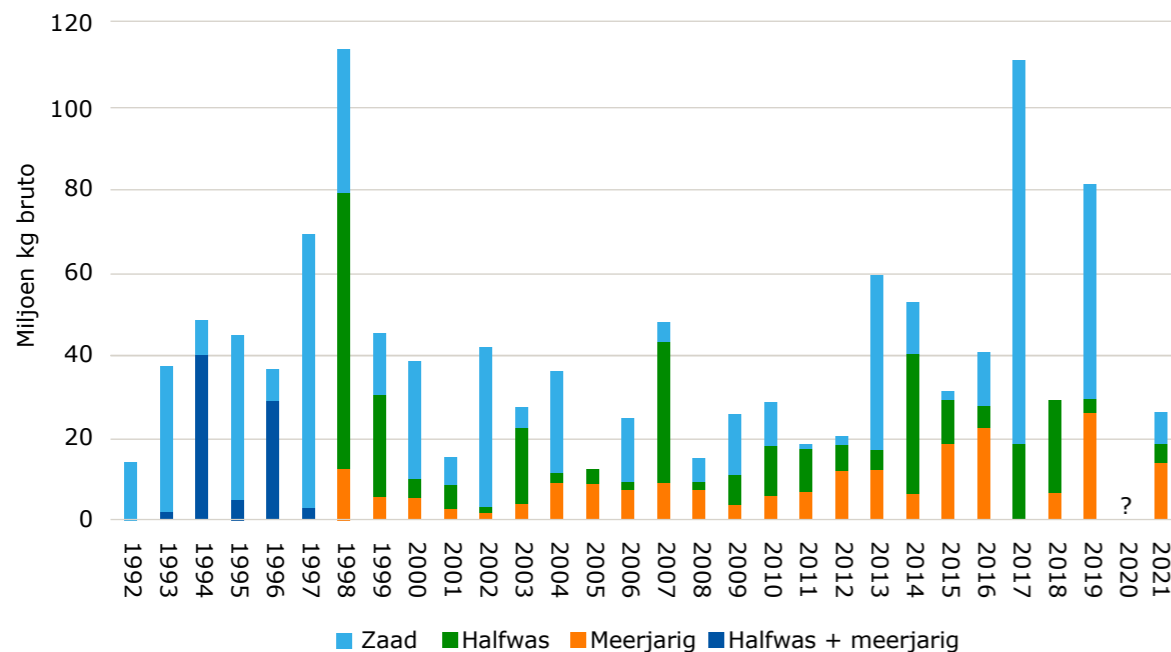


Mosselzaadvisserij

Hoeveel mosselzaad ligt er in het *sublitoraal* van de Waddenzee?

De visserij op mosselzaad concentreert zich in het deel van de Waddenzee dat altijd onder water staat (*sublitoraal*). Ieder jaar brengt Wageningen Marine Research in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit de schelpdierbestanden in alle Nederlandse kustwateren in kaart¹³. Hieronder vallen ook de mosselpopulaties in het *sublitoraal* van de Waddenzee. De jaarlijkse inventarisatie loopt al vanaf 1992. Hierdoor is er een lange tijdsreeks die een goed beeld geeft van de ontwikkeling van het *sublitorale* mosselbestand¹³⁻¹⁵. Daarnaast worden in opdracht van de mosselsector mosselzaadinventarisaties uitgevoerd. Deze inventarisaties in het voorjaar¹⁵ en in het najaar¹⁶ zijn bedoeld om besluiten te nemen over waar en hoeveel zaad de kwekers mogen vissen voor verdere uitgroei op de kweekpercelen.

Het bestand op de wilde mosselbanken in het *sublitoraal* is door natuurlijke omstandigheden aan fluctuaties onderhevig. In sommige jaren vindt vrijwel geen *zaadval* plaats, en in sommige jaren is er juist een massale *zaadval*. Vanaf de start van het jaarlijkse onderzoek in 1992 fluctueert het bestand aan zaad op de *sublitorale* wilde mosselbanken van de westelijke Waddenzee tussen de 0 en 93 miljoen kilo versgewicht (inclusief schelp), ten tijde van de voorjaarsvisserij. Dit betekent dat de kwekers in sommige jaren niet of maar heel weinig mosselzaad mogen oogsten. Door de introductie van *mosselzaadinstallaties (MZI's)* zijn de kwekers minder afhankelijk van de wilde mosselzaadbestanden¹⁷.



Ontwikkeling mosselbestand *sublitoraal* Waddenzee¹⁵.

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment



Waarom zijn wilde mosselbanken belangrijk?

Wilde mosselbanken spelen een belangrijke rol in het ecosysteem. Ze vormen structuren en leefruimte voor andere soorten, die op en tussen de mosselen leven³²⁻³⁴. Denk bijvoorbeeld aan andere schelpdieren, krabbetjes, zeesterren, sponzen, anemonen, pokken en wormen. Dit worden ook wel *geassocieerde soorten* genoemd. Ook leveren wilde

mosselbanken voedsel voor schelpdieretende vogels en vogels die leven van organismen die in de mosselbanken voorkomen³⁵⁻³⁷. Mosselbanken zijn dus van groot belang voor de *biodiversiteit*, en vormen een belangrijke schakel in het voedselweb^{6,38}. Mosselen op kweekpercelen vervullen grotendeels dezelfde rol als mosselen op wilde banken³².



Mosselzaadvisserij

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Ontwikkeling
sublitorale banken

Samenstelling
bodemdieren

Visserijeffecten
bodemdieren

Gebiedssluiting
sublitoraal

Draagkracht

Sediment

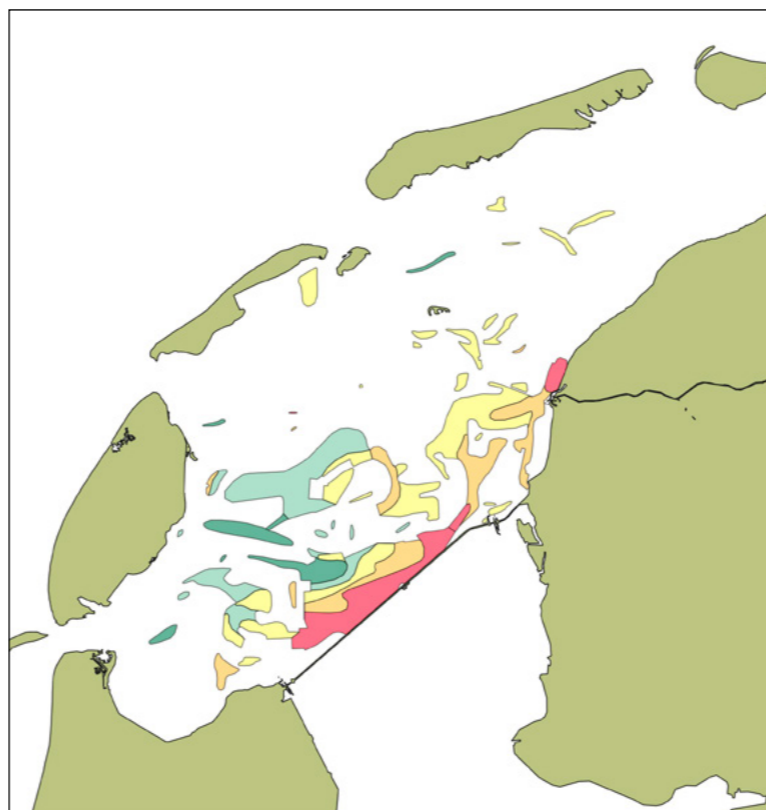


Hoe ontwikkelt het areaal aan *sublitorale* mosselbanken zich?

Sinds 1992 worden mosselen in het *sublitoraal* van de wettelijke Waddenzee jaarlijks tweemaal geïnventariseerd, in het voorjaar en in het najaar¹³. Met deze gegevens worden ieder jaar verspreidingskaarten gemaakt. Uit een vergelijking van de jaarlijkse verspreidingskaarten blijkt in welke gebieden vaak mosselzaad valt, en in welke gebieden dit mosselzaad vaak wel, of juist niet, overleeft. Deze informatie is verwerkt in de zogeheten "ervaringskaart" (stabiliteitskaart). In deze kaart is ook veldexpertise van vissers, visserijkundig ambtenaren en onderzoekers verwerkt. De kaart laat zien in welke gebieden de kans dat mosselzaad de eerste winter overleeft, als hoog of juist laag wordt ingeschat. De kaart wordt gebruikt als basis voor de mosselzaadvisserij in het najaar, wanneer op instabiele banken gevist mag worden.

Omdat *sublitorale* mosselbanken nooit droog komen te liggen, is kartering van de precieze contouren veel moeilijker dan in het litoraal. De contouren worden ingeschat op basis van de vangsten per monsterpunt. In de voorjaarsinventarisatie wordt deze kartering sinds 2014 structureel jaarlijks uitgevoerd. Het doel is om de ontwikkeling van arealen in de voor mosselvisserij (en garnalenvisserij) gesloten gebieden te kunnen vergelijken met de gebieden waar nog steeds gevist mag worden⁴⁵.

Omdat de gesloten gebieden juist op plekken zijn gekozen waar zich in het verleden vaker meerjarige mosselbanken bevonden, is het areaal in de gesloten gebieden relatief stabiel. In de open gebieden worden na omvangrijke broedvallen grote arealen aan zaadbanken aangetroffen (zoals in 2017 en 2019). Hiervan verdwijnt echter een groot deel vaak ook al snel weer⁴⁵. Het areaal *sublitorale* banken laat daarvoor in de open gebieden een veel grilliger verloop zien.



Stabiliteitskaart op basis van ervaring en expert judgement. Groen = klasse 1 = relatief instabiel; Lichtgroen = klasse 2; Geel = klasse 3; Oranje = klasse 4; Rood = klasse 5 = relatief stabiel.⁷⁷



Mosselzaadvisserij

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Samenstelling bodemdieren

Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

Draagkracht

Sediment



Zijn er verschillen in de bodemdierengemeenschap op wilde mosselbanken en op de kweekpercelen?

De mosselen op de kweekpercelen spelen grotendeels dezelfde rol als op wilde mosselbanken; ze dragen bij aan een hoge *biodiversiteit*, verbeteren de waterkwaliteit, en bepalen gezamenlijk de *draagkracht* voor schelpdieren van het ecosysteem.

De *biodiversiteit* op mosselkweekpercelen verschilt niet wezenlijk van die op *sublitorale* mosselbanken. Beide hebben een relatieve hoge *biodiversiteit*. Op de wilde mosselbanken in het *sublitoraal* zijn in een grootschalige studie gemiddeld 84 verschillende soorten aangetroffen; op de percelen gemiddeld 102³². Er zijn twee verklaringen voor het verschil in aantallen soorten. Ten eerste komen wilde banken over het algemeen bij lagere zoutgehaltes voor, terwijl de kweekpercelen vooral in gebieden met relatief hoge zoutgehaltes liggen. Het onderzoek laat zien dat de *biodiversiteit* groter is bij hogere zoutgehaltes. Wanneer wilde banken en kweek-

percelen worden vergeleken die wél vlak bij elkaar liggen, dan blijkt juist het aantal soorten in de wilde banken iets hoger te zijn. Ten tweede houden de mosselkwekers de percelen zo veel mogelijk schoon van zeesterren, die mosselen en *geassocieerde soorten* opeten³².

Op de kweekpercelen bestaat een duidelijk verband tussen de mosselen en de *biodiversiteit*; hoe meer mosselen, hoe meer andere soorten^{43,57}. Op de kweekpercelen zijn weliswaar meer verschillende soorten aanwezig, maar op de wilde banken komen deze *geassocieerde soorten* juist vaker voor. Het gaat dan vooral over soorten die voorkomen op zacht substraat zoals zanderige bodems (bijvoorbeeld de groene zeeduizendpoot, de strandgaper en het wadslakje). Soorten die juist meer voorkomen op de kweekpercelen zijn o.a. de Amerikaanse zwaardschede, de zeester en mosdiertjes³².



Mosselzaad-
visserij

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Ontwikkeling
sublitorale banken

**Samenstelling
bodemdieren**

Visserijeffecten
bodemdieren

Gebiedssluiting
sublitoraal

Draagkracht

Sediment



Welke effecten heeft mosselzaadvisserij op de bodemdierengemeenschap?

De mosselzaadvisserij kan gevolgen hebben voor de biodiversiteit van de Waddenzee, bijvoorbeeld door het wegvissen van een (deel) van de wilde zaadbanken. Tussen 2006 en 2012 zijn beviste delen van een *sublitorale* mosselbank vergeleken met onbeviste delen (referentiegebieden). Dit onderzoek laat zien dat er vlak na bevissing een negatief effect van de visserij op de *sublitorale* mosselbanken is. De zaadbanken zijn niet verdwenen, maar direct na de visserij is er wel een lagere dichtheid aan mosselen^{43,57} en aan geassocieerde soorten^{40,41,44}. Dat resultaat is geheel volgens verwachting; er is immers gevist.

De mindere hoeveelheid strandkrabben en zeesterren direct na bevissing is te verklaren omdat met het opvissen van het mosselzaad, een belangrijke voedselbron voor deze soorten verdwenen is. Daarnaast worden de krabben en zeesterren opgevisst. Het gaat voor deze soorten dus om zowel een indirect als een direct effect van de zaadvisserij. In het geval van anemonen kan de afgenomen dichtheid als een direct effect worden toegeschreven aan de zaadvisserij; zij worden opgevisst⁴¹.

Na 1,5 jaar kunnen er geen verschillen meer worden aangetoond tussen de beviste delen binnen een mosselbank en de onbeviste controlegebieden. Het is aannemelijk dat dit komt omdat na de visserij nog steeds voldoende mosselen overblijven om structuur te bieden voor de hernieuwde ontwikkeling van de zaadbanken^{43,57}. Het onderzoek laat ook zien dat de variatie in biomassa en voorkomen van geassocieerde soorten, zoals anemonen, in een mosselbank sterk varieert in tijd en onafhankelijk is van menselijke activiteiten. De natuurlijke dynamiek van de Waddenzee speelt hier een grote rol^{40,44}.



Mosselzaadvisserij

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Samenstelling bodemdieren

Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

Draagkracht

Sediment



Wat zijn de effecten van de sluiting van *sublitorale* gebieden voor visserij op de bodemdierengemeenschap?

In de westelijke Waddenzee is sinds 2014 een aantal gebieden gesloten voor de mosselzaad- en de garnalenvisserij. Het doel is om natuurontwikkeling te bevorderen. De ontwikkeling van het areaal *sublitoraal* mosselbanken en van het bodemleven in de open en de gesloten gebieden wordt daarom jaarlijks gevolgd en vergeleken⁴⁵. Over de eerste vijf jaar van het onderzoek (2015-2019) zijn geen verschillen in ontwikkeling gezien die zouden kunnen wijzen op een veranderde bodemdiergemeenschap door de gebiedssluiting voor mosselzaadvisserij^{45,48}. Wel zijn er verschillen gevonden die veroorzaakt worden door de gebiedskeuze. Juist soortenrijke gebieden, waar in het verleden vaak meerjarige mosselbanken werden gevonden, zijn namelijk gesloten⁴⁵. De gesloten en open gebieden waren dus al bij aanvang van het onderzoek verschillend.

De termijn waarop effecten van gebiedssluitingen voor (schelpdier)visserij op bodemdieren optreden, en welke effecten dit zijn, is onderzocht in een literatuurstudie⁴⁸. Directe effecten van visserij, zoals het onttrekken van mosselen en daarmee *geassocieerde soorten*, zijn alleen op de korte termijn aangetoond^{40,41,43,44,57}. De verschillende studies vonden geen bewijs voor lange termijn effecten op bodemdiergemeenschappen. Dat wil niet zeggen dat deze effecten er niet zijn, maar vaak is de onderzoeksopzet beperkt en worden er bijvoorbeeld geen referentiegebieden meegenomen. Ook kan het zijn dat de (grote) natuurlijke dynamiek een grotere rol speelt in het voorkomen van de bodemdiergemeenschap dan de effecten van de visserij. De opzet van het onderzoek naar de effecten van mosselzaadvisserij op de ontwikkeling van de bodemdierengemeenschap^{40,41,44,57} is goed. Visserijeffecten die langer dan 1,5 jaar aanhouden, kunnen echter niet aangetoond worden omdat de natuurlijke dynamiek veel bepalender blijkt.

Er zijn verschillende mogelijke verklaringen voor het uitblijven van een toename in het areaal aan meerjarige mosselbanken in de gesloten gebieden, vijf jaar na sluiting:

- 1 de visserij heeft geen wezenlijk effect op de ontwikkeling en overleving van meerjarige banken;
- 2 het effect van de visserij valt in het niet bij de natuurlijke dynamiek;
- 3 de huidige monitoring is onvoldoende om effecten statistisch aan te kunnen tonen;
- 4 de onderzoeksperiode is nog te kort om effecten aan te kunnen tonen.

Het onderzoek gaat om de laatste reden de komende jaren verder.



Mosselzaad-
visserij

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Ontwikkeling
sublitorale banken

Samenstelling
bodemdieren

Visserijeffecten
bodemdieren

**Gebiedssluiting
*sublitoraal***

Draagkracht

Sediment





Mosselzaad- visserij

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

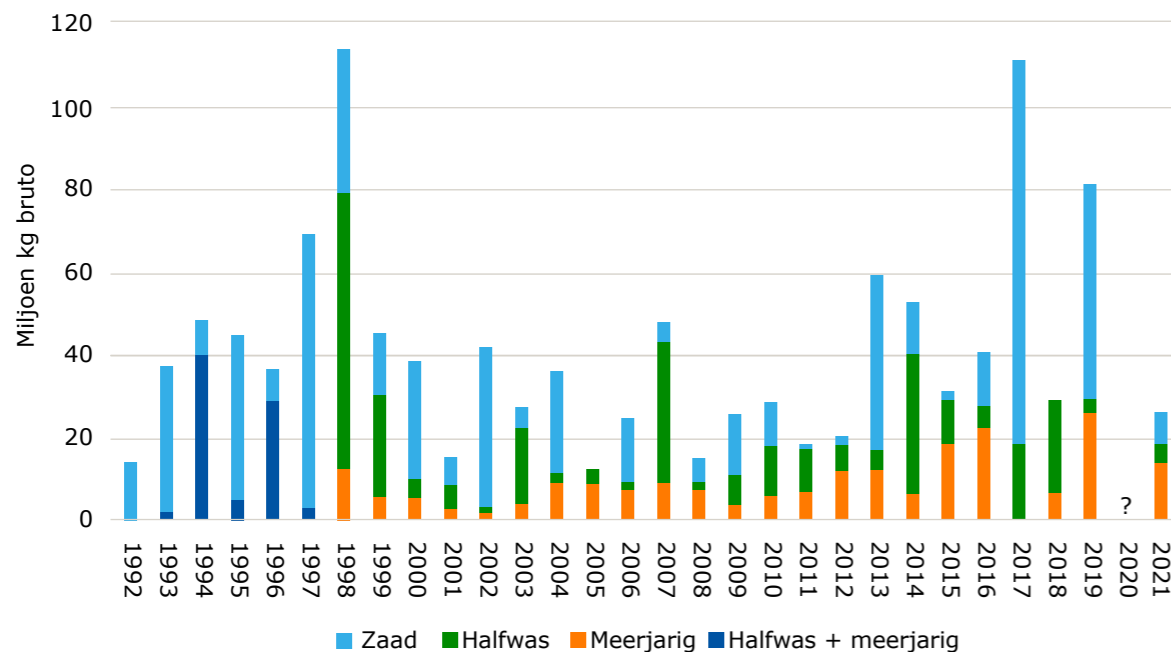
Draagkracht
ecosysteem

Sediment

Hoeveel mosselzaad ligt er in het *sublitoraal* van de Waddenzee?

De visserij op mosselzaad concentreert zich in het deel van de Waddenzee dat altijd onder water staat (*sublitoraal*). Ieder jaar brengt Wageningen Marine Research in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit de schelpdierbestanden in alle Nederlandse kustwateren in kaart¹³. Hieronder vallen ook de mosselpopulaties in het *sublitoraal* van de Waddenzee. De jaarlijkse inventarisatie loopt al vanaf 1992. Hierdoor is er een lange tijdsreeks die een goed beeld geeft van de ontwikkeling van het *sublitorale* mosselbestand¹³⁻¹⁵. Daarnaast worden in opdracht van de mosselsector mosselzaadinventarisaties uitgevoerd. Deze inventarisaties in het voorjaar¹⁵ en in het najaar¹⁶ zijn bedoeld om besluiten te nemen over waar en hoeveel zaad de kwekers mogen vissen voor verdere uitgroei op de kweekpercelen.

Het bestand op de wilde mosselbanken in het *sublitoraal* is door natuurlijke omstandigheden aan fluctuaties onderhevig. In sommige jaren vindt vrijwel geen zaadval plaats, en in sommige jaren is er juist een massale zaadval. Vanaf de start van het jaarlijkse onderzoek in 1992 fluctueert het bestand aan zaad op de *sublitorale* wilde mosselbanken van de westelijke Waddenzee tussen de 0 en 93 miljoen kilo versgewicht (inclusief schelp), ten tijde van de voorjaarsvisserij. Dit betekent dat de kwekers in sommige jaren niet of maar heel weinig mosselzaad mogen oogsten. Door de introductie van mosselzaadinvanginstallaties (MZI's) zijn de kwekers minder afhankelijk van de wilde mosselzaadbestanden¹⁷.



Ontwikkeling mosselbestand sublitoraal Waddenzee¹⁵.

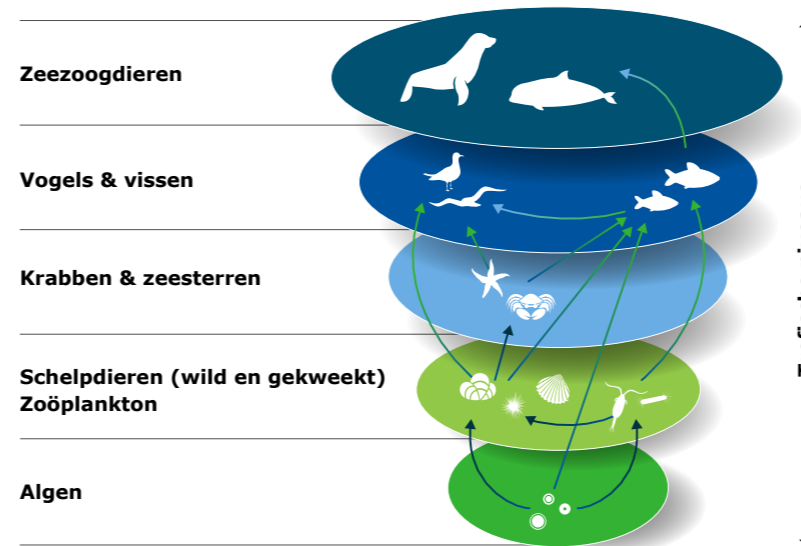


Welke invloed heeft mosselkweek op de draagkracht voor schelpdieren?

Schelpdieren voeden zich door *microalgen* uit het water te filteren. Wanneer er zo veel micro-algen worden gegeten dat de groei (aanwas) van de algen wordt afgeremd (*overbegrazing*), is het schelpdierbestand te groot. De zogenaamde *draagkracht* van het ecosysteem voor schelpdieren wordt dan overschreden. De schelpdieren kunnen dan niet meer optimaal groeien. Dit kan negatief doorwerken naar soorten die afhankelijk zijn van schelpdieren, zoals vogels. Gekweekte schelpdierbestanden concurreren om voedsel met natuurlijk voorkomende schelpdieren. Een optimaal evenwicht tussen natuur en productie is daarom belangrijk.

Mosselkweek draagt substantieel bij aan de omvang van het totale schelpdierenbestand en kan daarom effect hebben op de *draagkracht*. In de Oosterschelde vormen de kweekmosselen ongeveer 30% van het totale schelpdierenbestand; in de westelijke Waddenzee is dit ongeveer 20%⁷¹. Recent onderzoek laat zien dat de *draagkracht* van de Oosterschelde en Waddenzee voor schelpdieren momenteel niet onder druk staat⁷¹.

Voor de Oosterschelde concluderen eerdere studies dat er voor de periode 1995-2009 aanwijzingen voor *overbegrazing* zijn⁷². Sindsdien hebben veranderingen plaatsgevonden, zoals een afname van het oesterbestand door de oesterboorder en het herpesvirus. De meest recente inzichten zijn dat het totale schelpdierbestand in de Oosterschelde en daarmee de totale *graasdruk* (het wegfilteren van voedsel door schelpdieren) van jaar tot jaar varieert. Er zijn geen duidelijke toe- of afnemende trends. Het oesterbestand is weliswaar afgenomen, maar hierdoor is er geen substantiële daling van de *graasdruk* van het gehele schelpdierbestand. Er zijn geen aanwijzingen dat de huidige bestanden aan schelpdieren, inclusief de gekweekte mosselen, op dit moment directe invloed uitoefenen op de productiviteit van het



ecosysteem en het actuele voedselaanbod in de Oosterschelde. Meer schelpdieren lijken voornamelijk niet direct tot een lagere *micro-algen* populatie te leiden⁷¹. De groei van micro-algen populaties worden naast de begrazing door schelpdieren ('top down') bepaald door de nutriënten toevoer ('bottom up'). Hoe veranderingen in nutriëntenconcentraties de afgelopen jaren de productiviteit beïnvloed hebben, is geen onderdeel van de recente studie.

In de Waddenzee leveren niet de kweekmosselen maar andere wilde schelpdiersoorten, zoals de strandgaper, de grootste bijdrage aan de *graasdruk*. In de gebieden in de westelijke Waddenzee, waar de kweekpercelen liggen, is het niet waarschijnlijk dat *overbegrazing* optreedt; ook niet in het Marsdiep waar de (wilde) schelpdierenbestanden en de bijbehorende *graasdruk* sterk zijn toegenomen⁷¹. De bevinding dat de *draagkracht* in de westelijke Waddenzee niet overschreden wordt, komt overeen met een recente studie op Balgzand⁷³.



Mosselzaad-
visserij

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

**Draagkracht
ecosysteem**

Sediment

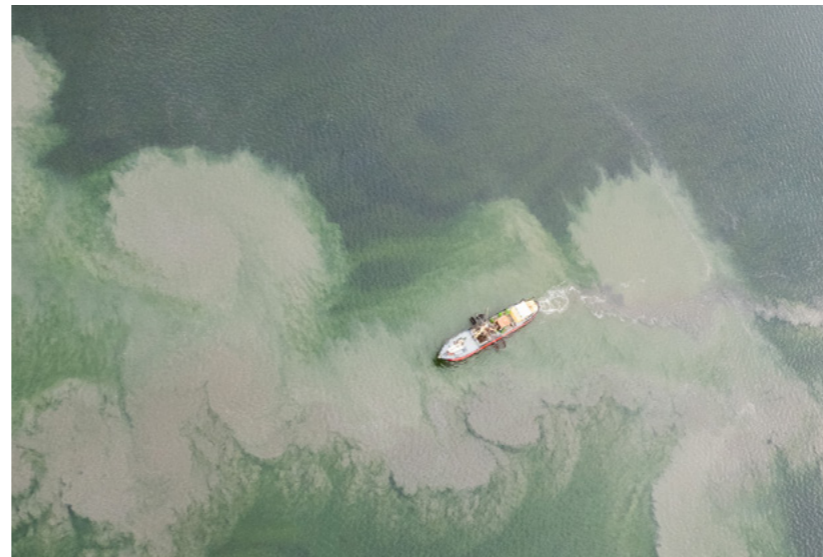


Leidt mosselzaadvisserij en -kweek tot vertroebeling van het water door opwerveling van sediment?

De Waddenzee kent van nature grote sedimenttransporten. Verhoogde vertroebeling en sedimentatie kunnen gevolgen hebben voor het ecosysteem. Naast natuurlijke oorzaken kunnen ook menselijke activiteiten, zoals baggeren, kustverdediging en bodemvisserij, van invloed zijn op de sedimenthuishouding^{69,70}. In 2017 is de sedimentdynamiek rond beviste mosselzaadbanken en in de directe omgeving van mosselpercelen onderzocht. De onderzoekslocaties zijn zo gekozen dat de hoogst mogelijke effecten gemeten konden worden (bijvoorbeeld hele slikkige gebieden of gebieden met hoge visserij-intensiteit)⁶⁹.

In de gebieden waar wordt gevist of geoogst, wordt het water tijdelijk troebeler. De grootte van de sedimentpluim (zichtbaar opgewoeld sediment) blijft beperkt tot de directe omgeving van de mosselzaadvisserij of het oogsten van de percelen (binnen enkele tientallen tot honderd meters). De troebelheidsmetingen laten zien dat de sedimentpluim vrijwel direct na het vissen verdwijnt⁶⁹. Dit duidt er op dat veel van het opgewoelde sediment direct weer op of in de nabijheid van het perceel of op de zaadbank neervalt.

De gemeten troebelheid door visserij op zaadbanken en percelen verschilt per gebied en per activiteit. Dit komt door (combinaties van) verschillende factoren, zoals visserij-intensiteit, type activiteit (zaadvisserij versus oogsten, of schoonvissen, waarbij voor de nieuwe kweekcyclus zoveel mogelijk slib wordt verwijderd van het perceel), sediment-type, diepte, stromingspatronen, wind, golven, en seizoen. De hoogste troebelheidswaarde is gevonden tijdens de mosselzaadvisserij. Tussen meerdere vissende schepen is tot maximaal 40x hogere concentraties gemeten ten opzichte van achtergrondwaardes. Bij de oogst op de kweekpercelen is maximaal een 8x hogere concentratie gemeten ten opzichte van de achtergrondwaardes. Deze maximale waarden zijn



voor zowel de zaadvisserij en de oogst op de percelen hoger dan de hoogste meetwaarden in de langjarige monitoring-programma's van de gehalten zwevend materiaal in de geulen. Deze langjarige monitoring vindt om technische redenen echter niet plaats tijdens stormen. Dit is juist de periode wanneer de natuurlijke slibwaarden (en dus de gehalten zwevend materiaal) het hoogst zijn⁶⁹.

De rol van mosselen in de sedimentdynamiek kent twee kanten. Mosselen filteren continue zwevend materiaal uit de waterkolom en leggen dit vast in mosselweefsel door groei, of als (*pseudo*)feces op de bodem. De filtratie zorgt voor een helderdere waterkolom, met een positief effect op de waterkwaliteit. Het onderzoek laat zien dat de visserij bodem-materiaal op werfelt. Hierdoor kan de troebelheid kortstondig en lokaal sterk toenemen op het moment dat de mosselen worden opgevist. Deze effecten van visserij-activiteiten zijn kortdurend (alleen tijdens de activiteit zelf), terwijl de effecten van filtratie continu plaatsvinden⁶⁹.



Mosselzaad-
visserij

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment

Vertroebeling

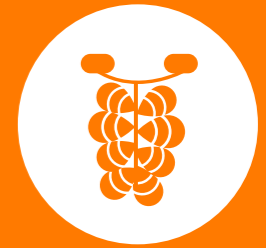


Wat zijn *MZI's*?

Mosselzaadinvanginstallaties (MZI's) bestaan uit drijvers (boeien, buizen) met daaraan substraat in de vorm van touwen of netten. Mossellarven kunnen zich in het voorjaar en de vroege zomer aan dit substraat hechten. Het mosselzaad wordt in de zomer en het najaar van de *MZI's* geoogst en direct daarna op de kweekpercelen uitgezaaid¹⁸.

De eerste experimenten met *MZI's* stammen uit begin 2000. Twintig jaar later is deze manier van mosselzaad oogsten een onlosmakelijk onderdeel van de bedrijfsvoering van de meeste mosselbedrijven¹⁷. De *MZI's* bieden meer zekerheid

over de beschikking van zaad voor de kweek. Dit komt omdat de overleving van mosseltjes in de waterkolom beter is dan de overleving op de bodem¹⁸. Over een periode van vijf jaar wijkt de hoeveelheid bodemzaad in een gegeven jaar een factor 2,8 af van het gemiddelde. Voor het *MZI*-zaad is deze afwijking maar 0,1¹⁷. Dit betekent dat *MZI's* een betrouwbare bron van mosselzaad zijn. Verlies van *MZI*-zaad ontstaat door het in de war raken van de touwen, schade aan de *MZI*-systemen zelf, vraat door zeesterren of aangroei (weerbomen, mosdiertjes, zakpijpen) op de systemen¹⁸.



MZI's

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht



Hoe worden de *MZI's* beheerd?

In de Waddenzee en Zeeuwse Delta zijn gebieden aangewezen waar *mosselzaadinvanginstallaties* (*MZI's*) mogen worden geplaatst. Verschillende bedrijven maken gebruik van dezelfde locatie. Deze *MZI*-clusters zijn zo ingedeeld dat het ruimtegebruik binnen de locaties zo efficiënt mogelijk is. Binnen de clusters werken bedrijven vaak samen om kosten te besparen. Niet alle mosselkweekbedrijven hebben *MZI's*. De bedrijven die geen eigen *MZI's* hebben, behoren tot een minderheid en gebruiken vaak wel *MZI*-zaad¹⁷.

In 2019 werd ongeveer 70% van de beschikbare *MZI*-locaties in de Waddenzee gebruikt; in de Zeeuwse Delta 40%. De bedrijven met *MZI's* moeten ieder jaar de gegevens over het gebruik en de oogst aan het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit doorgeven¹⁸.

Voor het plaatsen, verwijderen en gebruik van de *MZI's* is een *Wnb*-vergunning nodig. Hieronder valt sinds 2020 ook een beoordeling van de mogelijke effecten van stikstofuitstoot. De *MZI*-locaties zelf zijn getoetst aan de Waterwet (veiligheid voor de scheepvaart).

Volgens de mosselkwekers kunnen de mosselpercelen in de directe nabijheid van *MZI's* last hebben van meer zeesterren, mindere groei door voedsel-

concurrentie of *MZI*-zaadval op de percelen. Over deze zogenaamde *schaduwwerking*¹⁹ is weinig bekend. Een beperkte studie kon dit effect niet aantonen²⁰. In het beleid is mede daarom vastgelegd dat kweekpercelen niet voor *MZI's* mogen worden gebruikt. Ook geldt tussen *MZI's* en kweekpercelen een afstand van minimaal 200m²¹.



MZI's

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht



Hoeveel mosselzaad komt uit de MZI's?

De productie per MZI-locatie wordt door vier factoren bepaald:

- 1 de beschikbare ruimte (vergunde oppervlak) en daarmee de fysieke mogelijkheid om MZI's uit te zetten,
- 2 de mate waarin het gebied gebruikt is/bruikbaar is voor het uitzetten van MZI's,
- 3 de hydrodynamische en biologische eigenschappen van de locatie, en
- 4 de technische eigenschappen van het MZI-systeem¹⁸.

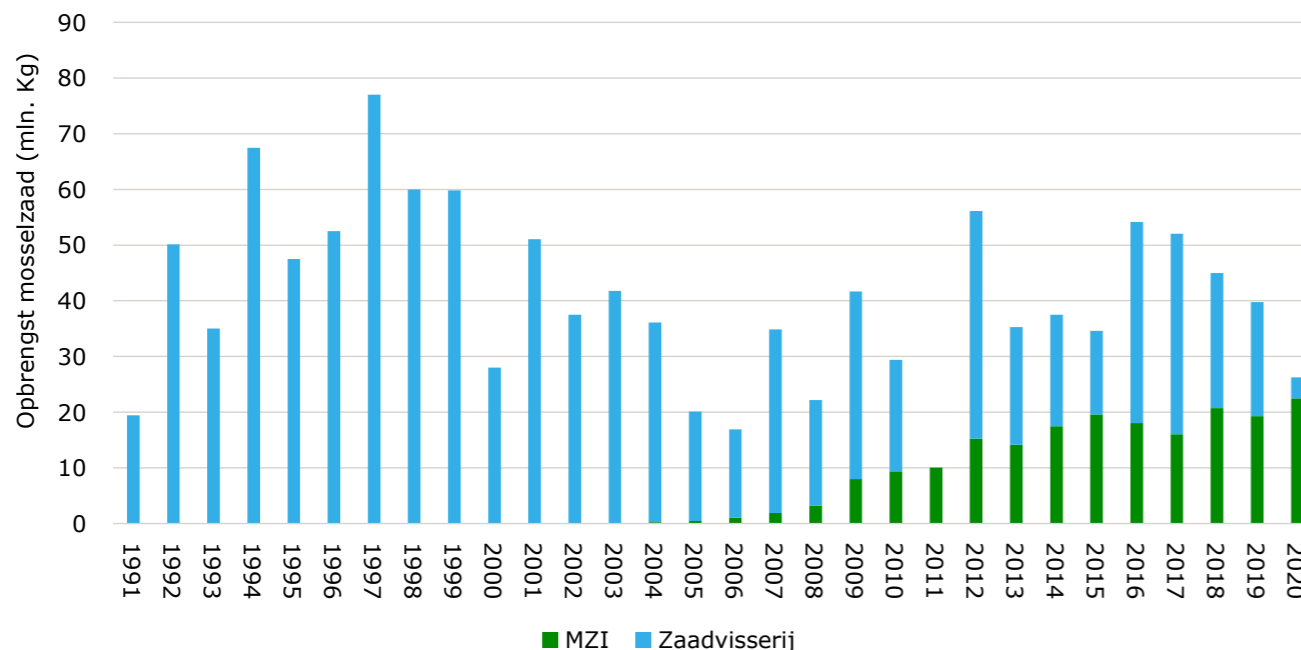
Over de periode 2009-2019 neemt de MZI-oogst in de Waddenzee en de Zeeuwse Delta toe van 8 tot 19 miljoen kg. Het invangresultaat (oogst per eenheid substraat) is vrij stabiel. In dezelfde periode vist de mosselzaadvisserij in de nog resterende open gebieden jaarlijks gemiddeld 21 miljoen kg mosselzaad, met een sterk variërend mosselzaadbestand tussen de jaren (0-41 miljoen kg per jaar) (gegevens WMR).

Het aandeel MZI-zaad uit de Waddenzee neemt sinds 2009 toe ten opzichte van de Oosterschelde. In 2009 komt 51% van het MZI-zaad uit de Waddenzee en 45% uit de Ooster-

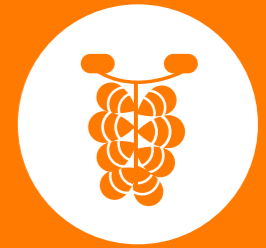
schelde; in 2019 is dit respectievelijk 85% ten opzichte van 11%. Het aandeel MZI-zaad uit de Voordelta is met 2-4% van het totaal relatief constant. De verschillen hebben waarschijnlijk te maken met het invangresultaat (oogst per meter touw of per vierkante meter net). Dit is beter in de Waddenzee (3,2 kg/m touw en 41,1 kg/m² net) en Voordelta (2,3 kg/m touw en 42,6 kg/m² net) dan in de Oosterschelde (2,7 kg/m touw en 24,0 kg/m² net)¹⁸.

Het MZI-zaad uit de Waddenzee blijft voor het grootste deel in het gebied. Slechts een klein deel wordt uitgezaaid op de percelen in de Oosterschelde (6% in 2019). Een deel van het MZI-zaad uit de Oosterschelde wordt uitgezaaid op de percelen in de Waddenzee (ca. 10% in 2019)¹⁸.

Onderzoek laat zien dat er geen grote verschillen in *kweekrendement* tussen MZI-zaad en bodemzaad zijn. Het *kweekrendement* is de hoeveelheid consumptiemosselen die uit een kilo zaad komt. Als er al een verschil is, dan komt dit vooral door de grootte van het zaad²².



Opbrengst mosselzaad 1991-2021.
Bron: Actualisatie figuur 3.2 uit 18;
PO Mosselcultuur.



MZI's

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht



Hoe zit het met *MZI's* en *biodiversiteit*?

Kwekers die *MZI's* gebruiken melden dat er op de *MZI*-systemen aangroei kan zijn van weerbomen, mosdiertjes en zakpijpen, en vestiging van zeesterren¹⁸. De *biodiversiteit* op *MZI* locaties wordt daarmee tijdelijk vergroot, wat vervolgens ook (jonge) vis kan aantrekken⁶⁴. In 2008 en 2009 is onderzocht welke planten en dieren in verschillende mosselkweeksystemen in de Oosterschelde en de Waddenzee leven: bodemkweek, hangcultures en *MZI's*. Op de *MZI's* werden in 2009 49 verschillende soorten gevonden (64 in 2008)⁶⁵. Het is daarmee aannemelijk dat *MZI's*, in ieder geval in de

periode dat zij in het water liggen, tot een lokale vergroting van de *biodiversiteit* leiden. Dit wordt ondersteund door studies naar hangcultures van schelpdieren. In de waterkolom rond deze hangcultures is er een grotere diversiteit aan soorten, die vergelijkbaar is met natuurlijke riffen⁶⁴. Aangetekend moet worden dat hangcultures een langere periode in het water liggen dan *MZI's*. Na het onderzoek in 2008 en 2009 is er geen systematisch onderzoek gedaan naar de relatie tussen *MZI's* en *biodiversiteit*.



MZI's

Beheer

Biodiversiteit

Soortensamenstelling

Bodemkwaliteit

Draagkracht



Wat zijn de effecten van *MZI's* op de bodemkwaliteit?

Direct onder *MZI's* zou sprake kunnen zijn van ophoping van organisch materiaal door uitzinking van (*pseudo*)feces. Deze zogenaamde verrijking is bekend voor hangcultures en kan lokaal gevolgen hebben voor de bodemstructuur, bodemleven en zuurstofgehalte in het water. In 2009 is een korte studie uitgevoerd naar de bodemkwaliteit onder de *MZI's*⁶⁶. Er zijn 9 gebieden (5 in Waddenzee en 4 in Oosterschelde,) bemonsterd. Op iedere locatie zijn stroomopwaarts en stroomafwaarts op vaste afstanden tot de *MZI* bodemonsters verzameld. Ook direct onder de *MZI's* zijn monsters verzameld. Er zijn geen aanwijzingen dat op het schaalniveau van de studie verrijking van de bodem plaats-

vindt. Het is echter niet uit te sluiten dat er lokaal, in gebieden binnen 50m afstand van de *MZI*, tijdelijk wel sprake is van verrijking. Dit kon met de gebruikte methode niet worden achterhaald^{66,67}.

Uit internationaal onderzoek naar hangcultures blijkt dat effecten van verrijking van de bodem en verminderd zuurstofgehalte vooral optreden in ondiepe, beschutte gebieden met weinig getijdenverschil⁶⁸. Omdat *MZI's* in relatief diepe gedeeltes liggen in gebieden waar de waterversing door het getij hoog is, is het onwaarschijnlijk dat zij bijdragen aan een verminderde bodemkwaliteit.



MZI's

Beheer

Biodiversiteit

Soortensamenstelling

Bodemkwaliteit

Draagkracht



Hoeveel mosselzaad komt uit de *MZI's*?

De productie per *MZI*-locatie wordt door vier factoren bepaald:

- 1 de beschikbare ruimte (vergunde oppervlak) en daarmee de fysieke mogelijkheid om *MZI's* uit te zetten,
- 2 de mate waarin het gebied gebruikt is/bruikbaar is voor het uitzetten van *MZI's*,
- 3 de hydrodynamische en biologische eigenschappen van de locatie, en
- 4 de technische eigenschappen van het *MZI*-systeem¹⁸.

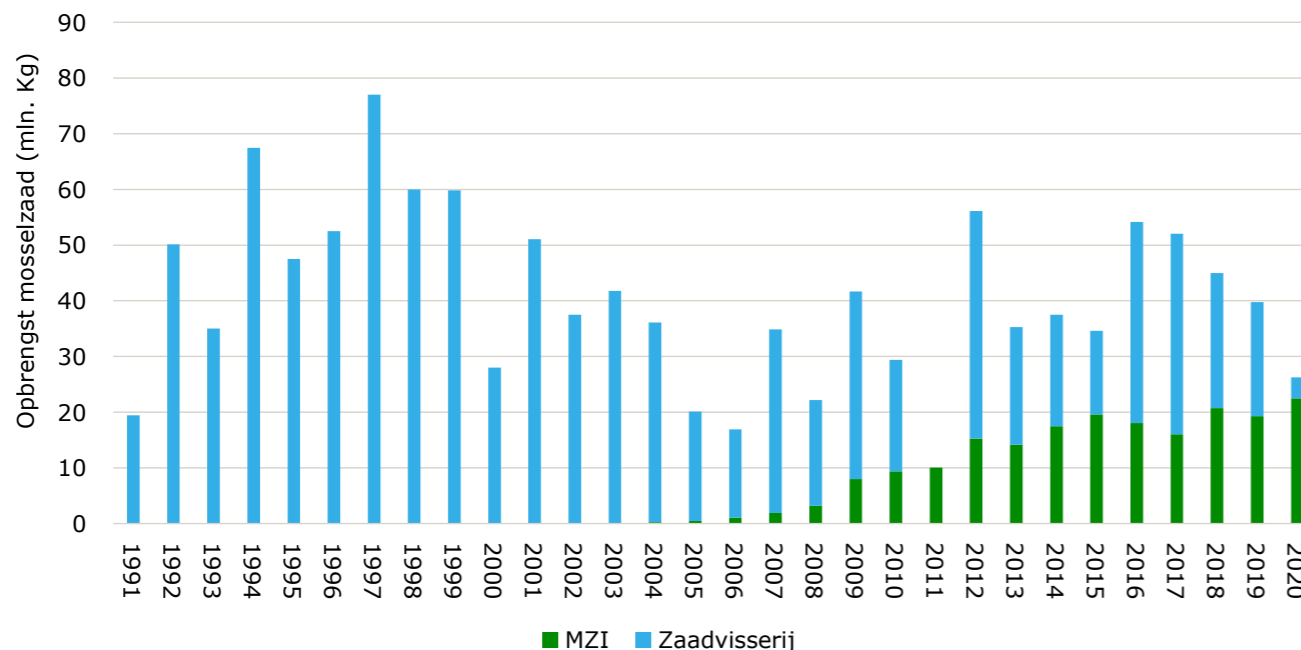
Over de periode 2009-2019 neemt de *MZI*-oogst in de Waddenzee en de Zeeuwse Delta toe van 8 tot 19 miljoen kg. Het invangresultaat (oogst per eenheid substraat) is vrij stabiel. In dezelfde periode vist de mosselzaadvisserij in de nog resterende open gebieden jaarlijks gemiddeld 21 miljoen kg mosselzaad, met een sterk variërend mosselzaadbestand tussen de jaren (0-41 miljoen kg per jaar) (gegevens WMR).

Het aandeel *MZI*-zaad uit de Waddenzee neemt sinds 2009 toe ten opzichte van de Oosterschelde. In 2009 komt 51% van het *MZI*-zaad uit de Waddenzee en 45% uit de Ooster-

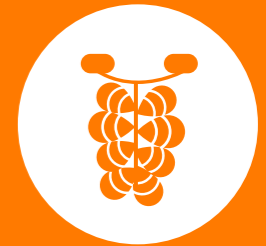
schelde; in 2019 is dit respectievelijk 85% ten opzichte van 11%. Het aandeel *MZI*-zaad uit de Voordelta is met 2-4% van het totaal relatief constant. De verschillen hebben waarschijnlijk te maken met het invangresultaat (oogst per meter touw of per vierkante meter net). Dit is beter in de Waddenzee (3,2 kg/m touw en 41,1 kg/m² net) en Voordelta (2,3 kg/m touw en 42,6 kg/m² net) dan in de Oosterschelde (2,7 kg/m touw en 24,0 kg/m² net)¹⁸.

Het *MZI*-zaad uit de Waddenzee blijft voor het grootste deel in het gebied. Slechts een klein deel wordt uitgezaaid op de percelen in de Oosterschelde (6% in 2019). Een deel van het *MZI*-zaad uit de Oosterschelde wordt uitgezaaid op de percelen in de Waddenzee (ca. 10% in 2019)¹⁸.

Onderzoek laat zien dat er geen grote verschillen in *kweekrendement* tussen *MZI*-zaad en bodemzaad zijn. Het *kweekrendement* is de hoeveelheid consumptiemosselen die uit een kilo zaad komt. Als er al een verschil is, dan komt dit vooral door de grootte van het zaad²².



Opbrengst mosselzaad 1991-2021.
Bron: Actualisatie figuur 3.2 uit 18;
PO Mosselcultuur.



MZI's

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

Draagkracht
ecosysteem

Draagkracht lokaal

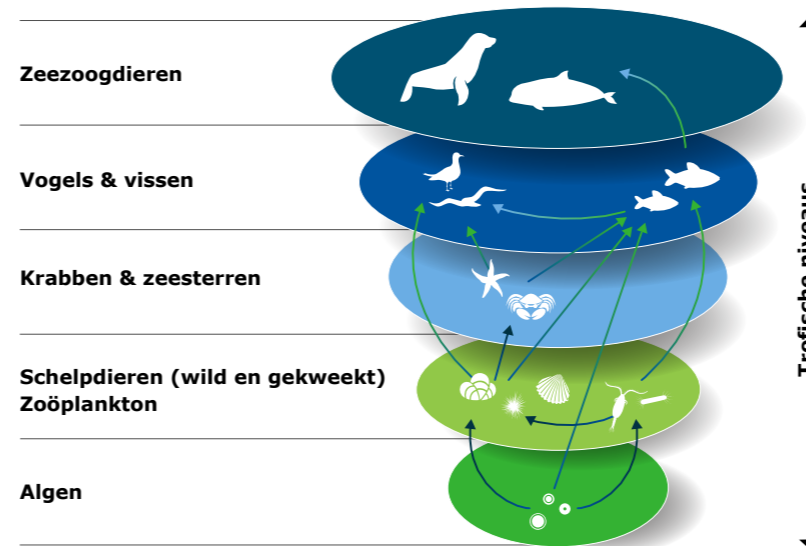


Welke invloed heeft mosselkweek op de draagkracht voor schelpdieren?

Schelpdieren voeden zich door *microalgen* uit het water te filteren. Wanneer er zo veel micro-algen worden gegeten dat de groei (aanwas) van de algen wordt afgeremd (*overbegrazing*), is het schelpdierbestand te groot. De zogenaamde *draagkracht* van het ecosysteem voor schelpdieren wordt dan overschreden. De schelpdieren kunnen dan niet meer optimaal groeien. Dit kan negatief doorwerken naar soorten die afhankelijk zijn van schelpdieren, zoals vogels. Gekweekte schelpdierbestanden concurreren om voedsel met natuurlijk voorkomende schelpdieren. Een optimaal evenwicht tussen natuur en productie is daarom belangrijk.

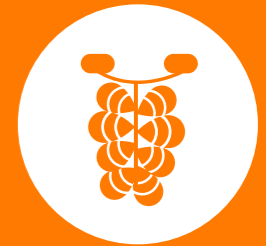
Mosselkweek draagt substantieel bij aan de omvang van het totale schelpdierenbestand en kan daarom effect hebben op de *draagkracht*. In de Oosterschelde vormen de kweekmosselen ongeveer 30% van het totale schelpdierenbestand; in de westelijke Waddenzee is dit ongeveer 20%⁷¹. Recent onderzoek laat zien dat de *draagkracht* van de Oosterschelde en Waddenzee voor schelpdieren momenteel niet onder druk staat⁷¹.

Voor de Oosterschelde concluderen eerdere studies dat er voor de periode 1995-2009 aanwijzingen voor *overbegrazing* zijn⁷². Sindsdien hebben veranderingen plaatsgevonden, zoals een afname van het oesterbestand door de oesterboorder en het herpesvirus. De meest recente inzichten zijn dat het totale schelpdierbestand in de Oosterschelde en daarmee de totale *graasdruk* (het wegfilteren van voedsel door schelpdieren) van jaar tot jaar varieert. Er zijn geen duidelijke toe- of afnemende trends. Het oesterbestand is weliswaar afgenomen, maar hierdoor is er geen substantiële daling van de *graasdruk* van het gehele schelpdierbestand. Er zijn geen aanwijzingen dat de huidige bestanden aan schelpdieren, inclusief de gekweekte mosselen, op dit moment directe invloed uitoefenen op de productiviteit van het



ecosysteem en het actuele voedselaanbod in de Oosterschelde. Meer schelpdieren lijken voorsnog niet direct tot een lagere *micro-algen* populatie te leiden⁷¹. De groei van micro-algen populaties worden naast de begrazing door schelpdieren ('top down') bepaald door de nutriënten toevoer ('bottom up'). Hoe veranderingen in nutriëntenconcentraties de afgelopen jaren de productiviteit beïnvloed hebben, is geen onderdeel van de recente studie.

In de Waddenzee leveren niet de kweekmosselen maar andere wilde schelpdiersoorten, zoals de strandgaper, de grootste bijdrage aan de *graasdruk*. In de gebieden in de westelijke Waddenzee, waar de kweekpercelen liggen, is het niet waarschijnlijk dat *overbegrazing* optreedt; ook niet in het Marsdiep waar de (wilde) schelpdierenbestanden en de bijbehorende *graasdruk* sterk zijn toegenomen⁷¹. De bevinding dat de *draagkracht* in de westelijke Waddenzee niet overschreden wordt, komt overeen met een recente studie op Balgzand⁷³.



MZI's

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

**Draagkracht
ecosysteem**

Draagkracht lokaal



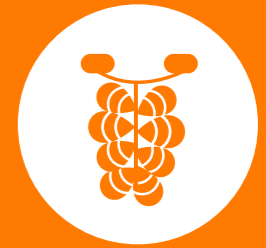
Is er een relatie tussen schelpdierbiomassa en lokale draagkracht?

Als er (te) veel schelpdieren op een bepaalde plek of gebied liggen, kunnen lokaal voedseltekorten ontstaan. Dit kan gevolgen hebben voor de productie van wilde of gekweekte mosselen. Het is bekend dat de waterlaag direct boven mosselkweekpercelen een lagere voedselconcentratie kan hebben^{74,75}. Dit is vooral het geval in gebieden met relatief lage stroming.

Mosselen in *mosselzaadinstallaties (MZI's)* kunnen hun voedsel uit een groot gedeelte van de waterkolom halen. Ook binnen of in de nabijheid van *MZI's* kunnen voedseltekorten optreden, de zogenaamde *schaduwwerking*¹⁹. Om die reden mogen in Nederland de kweekpercelen niet voor *MZI's* worden gebruikt, en moet er minimaal 200m afstand zijn tussen *MZI's* en kweekpercelen²¹.

Over de relatie tussen *MZI's* en lokale voedseltekorten in hoogdynamische systemen zoals de Zeeuwse Delta en de Waddenzee is maar weinig bekend^{19,76}. Er is één gerichte studie geweest op vijf *MZI*-locaties in Nederland⁶⁷. Voor de meeste locaties zijn er geen verschillen gevonden in mosselproductie in het midden en aan de randen van de systemen. Alleen in het Gat van Stompe (Waddenzee) hebben mosselen aan de rand van het *MZI*-systeem een betere conditie. De studie bevestigt dat, net als in andere hangcultuur kweeksystemen, ook in *MZI's* verminderde voedselbeschikbaarheid en mosselgroei kunnen optreden^{19,67}. Dit betekent dat er lokale *draagkrachteffecten* kunnen ontstaan. Het is echter niet aannemelijk dat dit op grote schaal gebeurt. Dit is omdat de meeste *MZI's* op plekken liggen waar de stroming, en dus waterverversing, hoog is.

Internationaal onderzoek in gebieden met een lage natuurlijke dynamiek laat zien dat in hangcultures voor consumptiemosselen lokale voedseltekorten in het midden van de systemen kunnen ontstaan¹⁹. Dit komt omdat de systemen weerstand uitoefenen op het instromende water. Dit zorgt vervolgens tot een afname in de stroomsnelheid. Samen met de filtratie van de mosselen kunnen die verminderde stroomsnelheden tot afname van het voedselaanbod binnen het systeem leiden. Dat leidt weer tot ruimtelijke verschillen in groeisnelheid, met tragere groei in het midden en betere groei aan de randen. Een kweker kan door een goede inrichting van de systemen invloed hierop uitoefenen¹⁹.



MZI's

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

Draagkracht
ecosysteem

Draagkracht lokaal



Hoe worden mosselen gekweekt?

Het mosselzaad van wilde zaadbanken of *mosselzaadinvanginstallaties (MZI's)* gaat naar kweekpercelen in het *sublitoraal* van de Waddenzee en Oosterschelde. Een klein deel van de kweek gebeurt in hangcultures in de Oosterschelde, Grevelingen en Veerse Meer. Op de kweekpercelen groeit het zaad door een natuurlijk proces uit tot consumptiemosselen: de mosselen filteren voedingsstoffen uit het water. Het hele kweekproces duurt anderhalf tot twee jaar. Tijdens het kweken worden de mosselen nog 1 of 2 keer opgevist en verplaatst naar andere percelen, zodat ze optimaal kunnen groeien. Ook nemen kwekers maatregelen om plagen van zeesterren, die mosselen eten, onder controle te houden (dweilen). Hoewel de kwekers zelf enige invloed kunnen uitoefenen op het groeiproces, speelt de natuur uiteindelijk een grote rol in de opbrengst²³.

Mosselzaad spoelt gemakkelijk weg en moet zich dus vasthechten aan substraat of aan elkaar om te overleven. Op natuurlijke banken vormt het mosselzaad een matrix: ze hechten zich aan elkaar en aan dood schelpmateriaal dat op de bodem ligt. Dood schelpmateriaal fungeert als verankering in de bodem²⁴. Dit ontbreekt bij *MZI*-zaad, want dit wordt bij de oogst van de touwen of netten afgeborsteld. Na het zaaien aggregaat *MZI*-zaad sneller en hecht zich vaster dan bodemzaad²⁵. *MZI*-zaad heeft daarom behoefte aan percelen met veel los schelpmateriaal ('gruizige grond'). Daarnaast is de praktijkervaring van kwekers dat zich onder het uitgezaaid *MZI*-zaad over de tijd meer slib ophoopt, waardoor het *MZI*-zaad instabieler is dan bodemzaad en eerder wegspoelt bij harde stroming of storm¹⁷. *MZI*-zaad is daarom gebaat bij percelen waar het niet te hard stroomt of die niet op stormgevoelige locaties liggen.



De groei van mosselen op percelen laat veel variatie zien. Meerjarige metingen tonen aan dat de groei hoger is naarmate de percelen dichter bij de Noordzee liggen. Dit is zowel in de Oosterschelde als in de Waddenzee het geval. Na voortplanting van de mosselen in het voorjaar is de groei het hoogst in de Oosterschelde, waar de groei na juli weer afneemt. In de Waddenzee groeien de mosselen langer door, tot in oktober²⁶.

Als de mosselen uitgegroeid zijn tot consumptiemaat worden ze opgevist. Via de mosselveiling in Yerseke veranderen ze van eigenaar. Voordat ze bij de consumenten terechtkomen, moeten de mosselen zichzelf schoon filteren van slibresten. Dit gebeurt door ze eerst een tijdje op speciale percelen in de Oosterschelde te leggen, of in bassins op het land.



Kweekpercelen

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment



Welke beheermaatregelen gelden er voor de mosselpercelen?

De kwekers pachten de percelen van de overheid. Niet alle percelen zijn even geschikt voor kweek. Sommigen worden gebruikt voor opslag, anderen voor uitgroei van zaad naar halfwas of van halfwas naar consumptie. Op percelen in de Waddenzee is de groei gemiddeld beter dan in de Oosterschelde²⁶. Wel zijn de percelen op het wad minder beschermd en daardoor instabieler²⁷. Hierdoor kunnen verliezen door stormschade groter zijn.

De ervaring van de kwekers is dat *MZI*-zaad minder geschikt is voor percelen met veel stroming. Zij wijten dit aan de grotere hoeveelheid slib die *MZI*-mosselen zouden produceren¹⁷. Hoewel dit niet is onderzocht, is dit wel een waarschijnlijke verklaring: *MZI*-zaad is over het algemeen kleiner bij het zaaien dan bodemzaad. Daarom is de zaai-dichtheid groter. Bovendien nemen *MZI*-mosselen, omdat zij niet zijn

aangepast aan slibrijke voedselcondities, in eerste instantie minder efficiënt voedsel op. Samen leidt dit tot een hogere slibproductie. Indien mogelijk houden kwekers hierin hun uitzaai-strategie rekening mee¹⁷.

Hoe meer consumptiemosselen uit een kilo mosselzaad komen, hoe beter het *kweekrendement* is. Door geleidelijke verzanding en verplaatsing van stroomgeulen neemt de kwaliteit van percelen af en daarmee het *kweekrendement*²⁷. In 1995 zijn voor het laatst nieuwe locaties voor kweekpercelen uitgegeven (optimalisatie). Vanuit het *Mosselconvenant*¹¹ is in 2021 weer een optimalisatie uitgevoerd. Als onderdeel daarvan loopt het onderzoek 'evaluatie nieuwe percelen': de aanleg van nieuwe percelen biedt immers de unieke situatie om te bekijken hoe de *biodiversiteit* in een gebied verandert²⁸.



Kweekpercelen

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

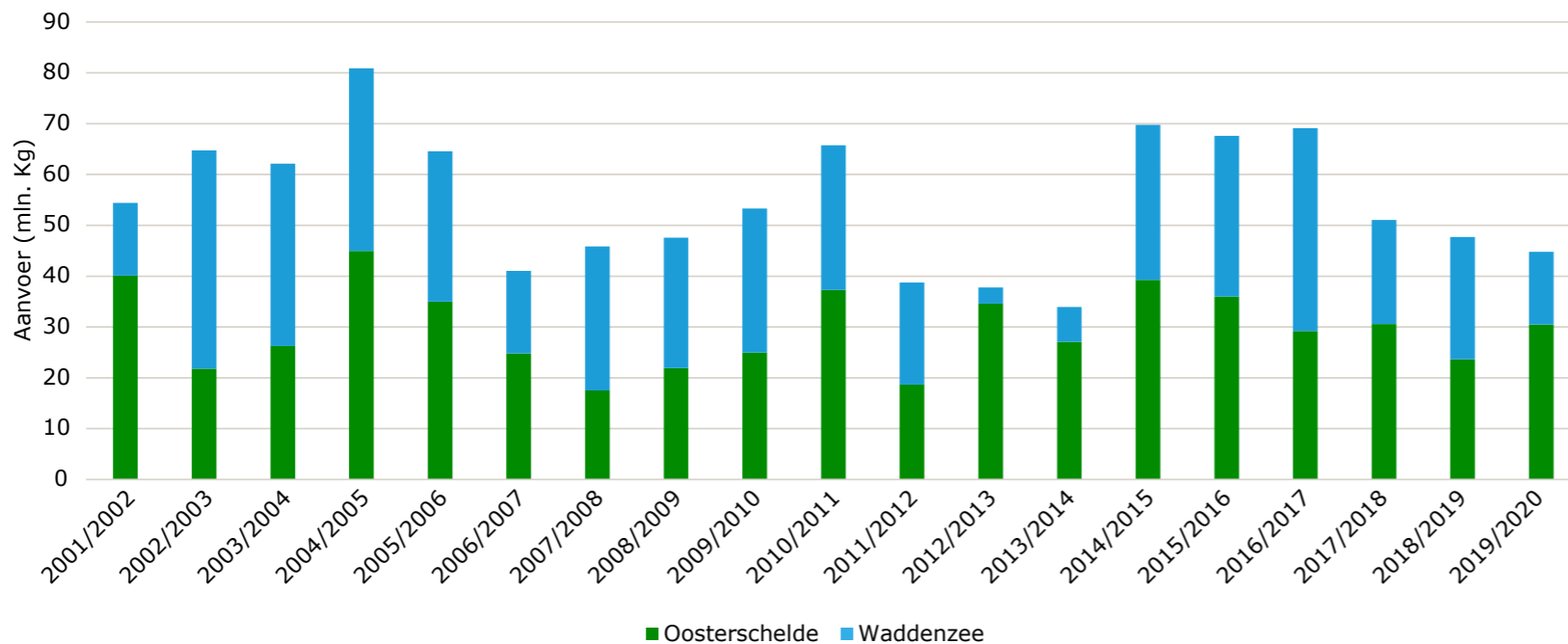
Sediment



Hoe zit het met de hoeveelheid mosselen op de kweekpercelen?

In het schelpdiervisserijbeleid is vastgelegd dat ieder najaar een minimale hoeveelheid mosselen op de percelen aanwezig dient te zijn. Zo wordt voldaan aan de voorwaarde dat het geheel van vissen, kweken en oogst van consumptie-mosselen niet leidt tot minder mosselen in de Waddenzee, vergeleken met een situatie zonder visserij. Hiervoor is het zogenaamde Vissen, Kweken en Afvoeren (VKA)-rekenmodel ontwikkeld⁹. Onderzoek laat zien dat voor de langere termijn de mosselkweek tot meer *biomassa* aan mosselen leidt dan

in een situatie waarin er geen kweek zou zijn^{29,30}. Over de periode 2004-2012 zijn er door de kweek van mosselen, inclusief *MZI*-gebruik, ongeveer 27% meer mosselen in de westelijke Waddenzee dan in een situatie zonder kweek; dit ondanks de oogst en afvoer van mosselen³⁰. Dit komt omdat mosselen op de percelen een betere groei en overleving hebben vergeleken met op wilde mosselbanken³¹. Bovendien worden kweekpercelen over het algemeen niet aangelegd op plekken waar zich van nature wilde mosselbanken vormen.



Aanvoer Nederlandse consumptiemosselen, seizoen 2001/2002-2018/2020, inclusief verkopen buiten de klok.

Gegevens: Mosselkantoor; PO Mosselcultuur.



Kweekpercelen

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment



Zijn er verschillen in de bodemdierengemeenschap op wilde mosselbanken en op de kweekpercelen?

De mosselen op de kweekpercelen spelen grotendeels dezelfde rol als op wilde mosselbanken; ze dragen bij aan een hoge *biodiversiteit*, verbeteren de waterkwaliteit, en bepalen gezamenlijk de *draagkracht* voor schelpdieren van het ecosysteem.

De *biodiversiteit* op mosselkweekpercelen verschilt niet wezenlijk van die op *sublitorale* mosselbanken. Beide hebben een relatieve hoge *biodiversiteit*. Op de wilde mosselbanken in het *sublitoraal* zijn in een grootschalige studie gemiddeld 84 verschillende soorten aangetroffen; op de percelen gemiddeld 102³². Er zijn twee verklaringen voor het verschil in aantallen soorten. Ten eerste komen wilde banken over het algemeen bij lagere zoutgehaltes voor, terwijl de kweekpercelen vooral in gebieden met relatief hoge zoutgehaltes liggen. Het onderzoek laat zien dat de *biodiversiteit* groter is bij hogere zoutgehaltes. Wanneer wilde banken en kweek-

percelen worden vergeleken die wél vlak bij elkaar liggen, dan blijkt juist het aantal soorten in de wilde banken iets hoger te zijn. Ten tweede houden de mosselkwekers de percelen zo veel mogelijk schoon van zeesterren, die mosselen en *geassocieerde soorten* opeten³².

Op de kweekpercelen bestaat een duidelijk verband tussen de mosselen en de *biodiversiteit*; hoe meer mosselen, hoe meer andere soorten^{43,57}. Op de kweekpercelen zijn weliswaar meer verschillende soorten aanwezig, maar op de wilde banken komen deze *geassocieerde soorten* juist vaker voor. Het gaat dan vooral over soorten die voorkomen op zacht substraat zoals zanderige bodems (bijvoorbeeld de groene zeeduizendpoot, de strandgaper en het wadslakje). Soorten die juist meer voorkomen op de kweekpercelen zijn o.a. de Amerikaanse zwaardschede, de zeester en mosdiertjes³².



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

**Samenstelling
bodemdieren**

Nieuwe percelen

Vogels

Draagkracht

Sediment



Zijn er veranderingen in de biodiversiteit na de aanleg van nieuwe kweekpercelen?

In 2021 zijn nieuwe kweek percelen uitgegeven en oude percelen ingenomen (optimalisatie). Dit is een afspraak uit het *Mosselconvenant*¹¹. Als onderdeel van de optimalisatie loopt het onderzoek 'evaluatie nieuwe percelen': de aanleg van nieuwe percelen biedt immers de unieke situatie om te bekijken hoe de *biodiversiteit* in een gebied verandert²⁸. Dit onderzoek is nog niet afgerond.



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Samenstelling
bodemdieren

Nieuwe percelen

Vogels

Draagkracht

Sediment



Hoe belangrijk zijn de mosselen op de kweekpercelen als voedselbron voor vogels?

De Waddenzee is van internationaal belang voor schelpdier-etende vogels⁵⁸. Mosselen in de *sublitorale* gebieden zijn voor enkele vogelsoorten belangrijk. Duikende eenden, zoals de eidereend en de topper, zijn in staat mosselen van de wilde banken en kweekpercelen in het *sublitoraal* te eten⁵⁹. Daarbij kan het zo zijn dat soorten die duiken naar vissen die zich tussen de mosselen ophouden, ook baat hebben bij mosselbanken en -percelen, al ontbreken goede telgegevens voor deze vogelsoorten⁶⁰.

Het dieet van eidereenden in de Waddenzee kan, bij voldoende aanbod, voor wel 90% uit mosselen bestaan. Ze vullen dit aan met krabben, kokkels en mesheften. Verspreidingsonderzoek laat zien dat overwinterende eidereenden een voorkeur hebben om op de kweekpercelen naar voedsel te zoeken³⁷. Eidereenden prefereren medium tot grote mosselen in hoge dichtheden. Deze komen in de Waddenzee vooral op de kweekpercelen voor. De kweekmosselen hebben bovendien een betere vlees/schelp verhouding dan 'wilde' mosselen in de getijdzone^{61,62}. Eidereenden hebben daarom voordeel bij de aanwezigheid van mosselpercelen^{29,37}. Wanneer er minder mosselen op de percelen zijn schakelen ze over naar alternatief voedsel³⁷. Ook in de loop van de winter komen de eidereenden weer vaker voor op de wilde mosselbanken. Er zijn twee mogelijke (gecombineerde) verklaringen. De eerste is dat in de winter de kwaliteit van de mosselen op de percelen afneemt en vergelijkbaar wordt met die op de wilde banken⁵⁹. De tweede verklaring is dat er in de loop van de winter steeds meer mosselen van de percelen worden geoogst³⁷.



De aantallen overwinterende toppers variëren sterk tussen de jaren. In het Waddengebied worden 's winters rond de 30.000 toppers geteld⁶³, vooral voor de Afsluitdijk waar de zoutgehaltes lager zijn⁵⁸. Op de locaties in de Waddenzee waar de toppers voorkomen, zijn nauwelijks kweekpercelen aanwezig⁵⁹. Uit verspreidingsonderzoek blijkt dat toppers meer voorkomen op locaties waar kleinere proisoorten aanwezig zijn, zoals jonge strandgapers³⁶. Mosselen hebben net als strandgapers een relatief hoge verhouding tussen vlees en schelp. Toch wordt er maar een gering verband gevonden tussen de verspreiding van mosselen en de topper. Waarschijnlijk komt dit omdat mosselen met hun byssusdraden trossen vormen. Het kost de topper dan meer tijd en energie om individuele mosselen te consumeren³⁶.



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Samenstelling
bodemdieren

Nieuwe percelen

Vogels

Draagkracht

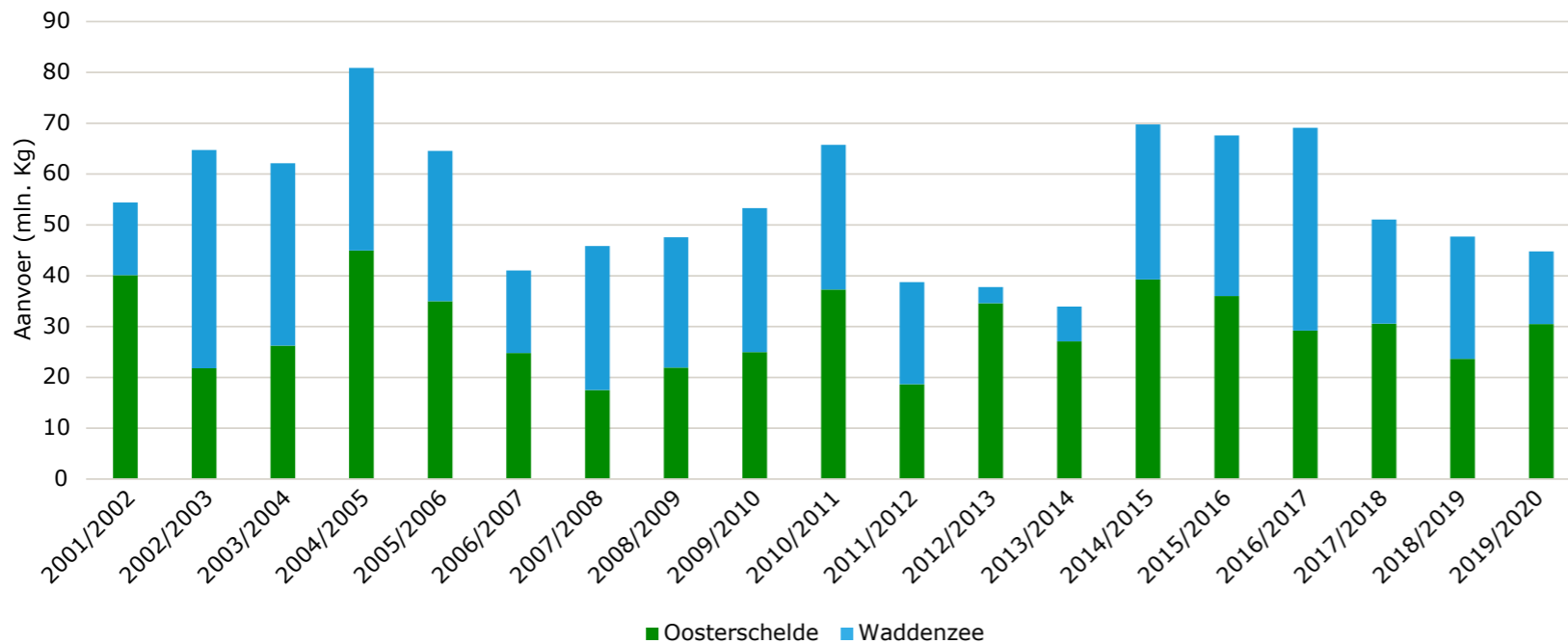
Sediment



Hoe zit het met de hoeveelheid mosselen op de kweekpercelen?

In het schelpdiervisserijbeleid is vastgelegd dat ieder najaar een minimale hoeveelheid mosselen op de percelen aanwezig dient te zijn. Zo wordt voldaan aan de voorwaarde dat het geheel van vissen, kweken en oogst van consumptie-mosselen niet leidt tot minder mosselen in de Waddenzee, vergeleken met een situatie zonder visserij. Hiervoor is het zogenaamde Vissen, Kweken en Afvoeren (VKA)-rekenmodel ontwikkeld⁹. Onderzoek laat zien dat voor de langere termijn de mosselkweek tot meer *biomassa* aan mosselen leidt dan

in een situatie waarin er geen kweek zou zijn^{29,30}. Over de periode 2004-2012 zijn er door de kweek van mosselen, inclusief *MZI*-gebruik, ongeveer 27% meer mosselen in de westelijke Waddenzee dan in een situatie zonder kweek; dit ondanks de oogst en afvoer van mosselen³⁰. Dit komt omdat mosselen op de percelen een betere groei en overleving hebben vergeleken met op wilde mosselbanken³¹. Bovendien worden kweekpercelen over het algemeen niet aangelegd op plekken waar zich van nature wilde mosselbanken vormen.



Aanvoer Nederlandse consumptiemosselen, seizoen 2001/2002-2018/2020, inclusief verkopen buiten de klok.
Gegevens: Mosselkantoor; PO Mosselcultuur.



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

Draagkracht
ecosysteem

Draagkracht lokaal

Sediment

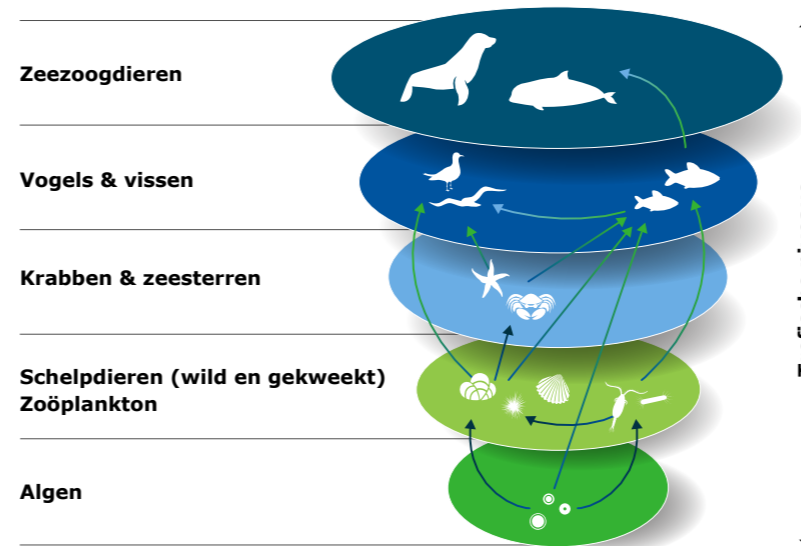


Welke invloed heeft mosselkweek op de draagkracht voor schelpdieren?

Schelpdieren voeden zich door *microalgen* uit het water te filteren. Wanneer er zo veel micro-algen worden gegeten dat de groei (aanwas) van de algen wordt afgeremd (*overbegrazing*), is het schelpdierbestand te groot. De zogenaamde *draagkracht* van het ecosysteem voor schelpdieren wordt dan overschreden. De schelpdieren kunnen dan niet meer optimaal groeien. Dit kan negatief doorwerken naar soorten die afhankelijk zijn van schelpdieren, zoals vogels. Gekweekte schelpdierbestanden concurreren om voedsel met natuurlijk voorkomende schelpdieren. Een optimaal evenwicht tussen natuur en productie is daarom belangrijk.

Mosselkweek draagt substantieel bij aan de omvang van het totale schelpdierenbestand en kan daarom effect hebben op de *draagkracht*. In de Oosterschelde vormen de kweekmosselen ongeveer 30% van het totale schelpdierenbestand; in de westelijke Waddenzee is dit ongeveer 20%⁷¹. Recent onderzoek laat zien dat de *draagkracht* van de Oosterschelde en Waddenzee voor schelpdieren momenteel niet onder druk staat⁷¹.

Voor de Oosterschelde concluderen eerdere studies dat er voor de periode 1995-2009 aanwijzingen voor *overbegrazing* zijn⁷². Sindsdien hebben veranderingen plaatsgevonden, zoals een afname van het oesterbestand door de oesterboorder en het herpesvirus. De meest recente inzichten zijn dat het totale schelpdierbestand in de Oosterschelde en daarmee de totale *graasdruk* (het wegfilteren van voedsel door schelpdieren) van jaar tot jaar varieert. Er zijn geen duidelijke toe- of afnemende trends. Het oesterbestand is weliswaar afgenomen, maar hierdoor is er geen substantiële daling van de *graasdruk* van het gehele schelpdierbestand. Er zijn geen aanwijzingen dat de huidige bestanden aan schelpdieren, inclusief de gekweekte mosselen, op dit moment directe invloed uitoefenen op de productiviteit van het



ecosysteem en het actuele voedselaanbod in de Oosterschelde. Meer schelpdieren lijken voornamelijk niet direct tot een lagere *micro-algen* populatie te leiden⁷¹. De groei van micro-algen populaties worden naast de begrazing door schelpdieren ('top down') bepaald door de nutriënten toevoer ('bottom up'). Hoe veranderingen in nutriëntenconcentraties de afgelopen jaren de productiviteit beïnvloed hebben, is geen onderdeel van de recente studie.

In de Waddenzee leveren niet de kweekmosselen maar andere wilde schelpdiersoorten, zoals de strandgaper, de grootste bijdrage aan de *graasdruk*. In de gebieden in de westelijke Waddenzee, waar de kweekpercelen liggen, is het niet waarschijnlijk dat *overbegrazing* optreedt; ook niet in het Marsdiep waar de (wilde) schelpdierenbestanden en de bijbehorende *graasdruk* sterk zijn toegenomen⁷¹. De bevinding dat de *draagkracht* in de westelijke Waddenzee niet overschreden wordt, komt overeen met een recente studie op Balgzand⁷³.



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

**Draagkracht
ecosysteem**

Draagkracht lokaal

Sediment



Is er een relatie tussen schelpdierbiomassa en lokale draagkracht?

Als er (te) veel schelpdieren op een bepaalde plek of gebied liggen, kunnen lokaal voedseltekorten ontstaan. Dit kan gevolgen hebben voor de productie van wilde of gekweekte mosselen. Het is bekend dat de waterlaag direct boven mosselkweekpercelen een lagere voedselconcentratie kan hebben^{74,75}. Dit is vooral het geval in gebieden met relatief lage stroming.

Mosselen in *mosselzaadinstallaties (MZI's)* kunnen hun voedsel uit een groot gedeelte van de waterkolom halen. Ook binnen of in de nabijheid van *MZI's* kunnen voedseltekorten optreden, de zogenaamde *schaduwwerking*¹⁹. Om die reden mogen in Nederland de kweekpercelen niet voor *MZI's* worden gebruikt, en moet er minimaal 200m afstand zijn tussen *MZI's* en kweekpercelen²¹.

Over de relatie tussen *MZI's* en lokale voedseltekorten in hoogdynamische systemen zoals de Zeeuwse Delta en de Waddenzee is maar weinig bekend^{19,76}. Er is één gerichte studie geweest op vijf *MZI*-locaties in Nederland⁶⁷. Voor de meeste locaties zijn er geen verschillen gevonden in mosselproductie in het midden en aan de randen van de systemen. Alleen in het Gat van Stompe (Waddenzee) hebben mosselen aan de rand van het *MZI*-systeem een betere conditie. De studie bevestigt dat, net als in andere hangcultuur kweeksystemen, ook in *MZI's* verminderde voedselbeschikbaarheid en mosselgroei kunnen optreden^{19,67}. Dit betekent dat er lokale draagkrachteffecten kunnen ontstaan. Het is echter niet aannemelijk dat dit op grote schaal gebeurt. Dit is omdat de meeste *MZI's* op plekken liggen waar de stroming, en dus waterverversing, hoog is.

Internationaal onderzoek in gebieden met een lage natuurlijke dynamiek laat zien dat in hangcultures voor consumptiemosselen lokale voedseltekorten in het midden van de systemen kunnen ontstaan¹⁹. Dit komt omdat de systemen weerstand uitoefenen op het instromende water. Dit zorgt vervolgens tot een afname in de stroomsnelheid. Samen met de filtratie van de mosselen kunnen die verminderde stroomsnelheden tot afname van het voedselaanbod binnen het systeem leiden. Dat leidt weer tot ruimtelijke verschillen in groeisnelheid, met tragere groei in het midden en betere groei aan de randen. Een kweker kan door een goede inrichting van de systemen invloed hierop uitoefenen¹⁹.



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

Draagkracht
ecosysteem

Draagkracht lokaal

Sediment



Leidt mosselzaadvissers en -kweek tot vertroebeling van het water door opwerveling van sediment?

De Waddenzee kent van nature grote sedimenttransporten. Verhoogde vertroebeling en sedimentatie kunnen gevolgen hebben voor het ecosysteem. Naast natuurlijke oorzaken kunnen ook menselijke activiteiten, zoals baggeren, kustverdediging en bodemvisserij, van invloed zijn op de sedimenthuishouding^{69,70}. In 2017 is de sedimentdynamiek rond beviste mosselzaadbanken en in de directe omgeving van mosselpercelen onderzocht. De onderzoekslocaties zijn zo gekozen dat de hoogst mogelijke effecten gemeten konden worden (bijvoorbeeld hele slikkige gebieden of gebieden met hoge visserij-intensiteit)⁶⁹.

In de gebieden waar wordt gevist of geoogst, wordt het water tijdelijk troebeler. De grootte van de sedimentpluim (zichtbaar opgewoeld sediment) blijft beperkt tot de directe omgeving van de mosselzaadvissers of het oogsten van de percelen (binnen enkele tientallen tot honderd meters). De troebelheidsmetingen laten zien dat de sedimentpluim vrijwel direct na het vissen verdwijnt⁶⁹. Dit duidt er op dat veel van het opgewoelde sediment direct weer op of in de nabijheid van het perceel of op de zaadbank neervalt.

De gemeten troebelheid door visserij op zaadbanken en percelen verschilt per gebied en per activiteit. Dit komt door (combinaties van) verschillende factoren, zoals visserij-intensiteit, type activiteit (zaadvissers versus oogsten, of schoonvissen, waarbij voor de nieuwe kweekcyclus zoveel mogelijk slib wordt verwijderd van het perceel), sediment-type, diepte, stromingspatronen, wind, golven, en seizoen. De hoogste troebelheidswaarde is gevonden tijdens de mosselzaadvissers. Tussen meerdere vissende schepen is tot maximaal 40x hogere concentraties gemeten ten opzichte van achtergrondwaardes. Bij de oogst op de kweekpercelen is maximaal een 8x hogere concentratie gemeten ten opzichte van de achtergrondwaardes. Deze maximale waarden zijn



voor zowel de zaadvissers en de oogst op de percelen hoger dan de hoogste meetwaarden in de langjarige monitoring-programma's van de gehalten zwevend materiaal in de geulen. Deze langjarige monitoring vindt om technische redenen echter niet plaats tijdens stormen. Dit is juist de periode wanneer de natuurlijke slibwaarden (en dus de gehalten zwevend materiaal) het hoogst zijn⁶⁹.

De rol van mosselen in de sedimentdynamiek kent twee kanten. Mosselen filteren continue zwevend materiaal uit de waterkolom en leggen dit vast in mosselweefsel door groei, of als (*pseudo*)feces op de bodem. De filtratie zorgt voor een helderdere waterkolom, met een positief effect op de waterkwaliteit. Het onderzoek laat zien dat de visserij bodem-materiaal op werfelt. Hierdoor kan de troebelheid kortstondig en lokaal sterk toenemen op het moment dat de mosselen worden opgevist. Deze effecten van visserij-activiteiten zijn kortdurend (alleen tijdens de activiteit zelf), terwijl de effecten van filtratie continu plaatsvinden⁶⁹.



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment

Vertroebeling



Waarom zijn wilde mosselbanken belangrijk?

Wilde mosselbanken spelen een belangrijke rol in het ecosysteem. Ze vormen structuren en leefruimte voor andere soorten, die op en tussen de mosselen leven³²⁻³⁴. Denk bijvoorbeeld aan andere schelpdieren, krabbetjes, zeesterren, sponzen, anemonen, pokken en wormen. Dit worden ook wel *geassocieerde soorten* genoemd. Ook leveren wilde

mosselbanken voedsel voor schelpdieretende vogels en vogels die leven van organismen die in de mosselbanken voorkomen³⁵⁻³⁷. Mosselbanken zijn dus van groot belang voor de *biodiversiteit*, en vormen een belangrijke schakel in het voedselweb^{6,38}. Mosselen op kweekpercelen vervullen grotendeels dezelfde rol als mosselen op wilde banken³².



Wilde mosselbanken

Beheer

Rol mosselbanken

Beheermaatregelen

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Biodiversiteit

Draagkracht



Welke beheermaatregelen gelden voor de wilde mosselbanken?

Wilde mosselbanken zijn in de Waddenzee te vinden op de wadplaten in het droogvallende gebied (het *litoraal*) en het deel dat altijd onder water staat (het *sublitoraal*). Het grootste areaal aan *litorale* mosselbanken wordt aangetroffen in het oosten van de Nederlandse Waddenzee¹³, en het aangrenzende Nedersaksen in Duitsland³⁹. Op de platen van de Oosterschelde komen al decennia geen wilde mosselbanken meer voor. Delen van het *litoraal* in beide gebieden zijn in de jaren '90 gesloten voor mosselzaadvisserij. Sindsdien mag alleen onder strikte voorwaarden een vergunning aangevraagd worden voor zaadvisserij in het overige gebied van het *litoraal*. In de praktijk is er vanaf 2001 geen *litorale* mosselzaadvisserij meer geweest. De laatste bevissing van *litorale* banken in de Waddenzee betrof een experimentele onderzoeksvisserij⁸.

Mosselbanken in het *sublitoraal* van de westelijke Waddenzee (Marsdiep en Vliestroom), met uitzondering van het Eierlandse Gat, mogen worden bevestigd voor zover ze buiten de aangewezen gesloten gebieden liggen. In de zeldzaam voorkomende gevallen dat er voldoende *zaadval* is in de Oosterschelde en Voordelta mag ook daar gevist worden. Het *quotum* wordt gebaseerd op de jaarlijkse inventarisatie van het mosselbestand^{13,15}, en vastgelegd in het visplan dat door de sector wordt opgesteld. Dit visplan wordt ter goedkeuring voorgelegd aan het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

De afgelopen decennia is er veel onderzoek geweest naar de ontwikkeling van de *litorale* mosselbanken, de effecten van de zaadvisserij op de *sublitorale* mosselbanken⁴⁰⁻⁴⁴, en de effecten van het sluiten van *sublitorale* gebieden voor de visserij^{6,45}.



Wilde mosselbanken

Beheer

Rol mosselbanken

Beheermaatregelen

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Biodiversiteit

Draagkracht



Hoe ontwikkelt het areaal droogvallende wilde mosselbanken zich?

Mosselbanken ontstaan door de jaren heen vaak op dezelfde plekken^{46,47}. Vooral op de meer beschutte locaties kunnen ze meerdere jaren blijven bestaan. Dit komt door een combinatie van beschutting tegen wegspoelen en tussentijdse nieuwe *zaadval* in dezelfde bank^{6,48}.

In de Nederlandse Waddenzee ligt jaarlijks tussen de 1500 en 3900 hectare aan droogvallende mosselbanken¹⁴; in het *sublitoraal* tussen de 600 en 2800 hectare^{42,45}. Tussen jaren kan dit areaal sterk verschillen¹⁴. Dit komt aan de ene kant doordat in sommige jaren een massale *zaadval* optreedt. Aan de andere kant is de overlevingskans van een mosselbank laag⁴⁹. Op de droogvallende platen kunnen door stormen en golfwerking gedurende de winter veel mosselbanken verdwijnen^{49,50}. In het *sublitoraal* spelen stormen waarschijnlijk ook een rol, en verdwijnen daarnaast veel mosselbanken door zeesterren^{6,51,52}. Zeesterren kunnen massaal voorkomen op mosselbanken en deze helemaal opeten⁵³.

Ieder jaar zijn er veel mossellarven in het water te vinden. Maar het is niet zo dat ieder jaar een succesvolle *zaadval* kent. Daarvoor moeten meerdere omstandigheden gunstig zijn, zoals voldoende voedsel, een gunstige temperatuur en weinig roofdieren⁶. Vervolgens is de kans dat een nieuwe zaadbank de eerste winter overleeft, klein. Van de droogvallende banken verdwijnt al tijdens de eerste winter gemiddeld 40%⁶. Hiervan overleeft uiteindelijk ongeveer 15% tot een leeftijd van 5 jaar. Daarna worden de kansen op overleving groter⁴². Banken die de eerste winter hebben overleefd, leven daarna nog gemiddeld 3 tot 4 jaar⁴². Ter vergelijking: de overlevingskansen van mosselbanken in het *sublitoraal* zijn kleiner. Van de *sublitorale* banken overleeft ongeveer 27% de eerste winter. Er zijn daarbij geen verschillen tussen beviste en onbeviste banken⁴⁴. *Sublitorale* banken die de eerste winter hebben overleefd, leven daarna nog gemiddeld

Areaal *litorale* mosselbanken Waddenzee 1995-2018.
Brongegevens: Wageningen Marine Research.

2 tot 3 jaar. Ook in het *sublitoraal* neemt de overlevingskans toe na de eerste vijf jaar⁵⁴. In het *sublitoraal* is de overleving van mosselbanken hoger in gebieden met een laag zoutgehalte, waarschijnlijk omdat daar minder zeesterren voorkomen^{31,52}.

In de Waddenzee komen sinds 2002 ook Japanse oesters voor in de mosselbanken. Tegenwoordig bestaat tussen de 33% en 69% van de *litorale* banken uit pure mosselbanken. De rest zijn gemengde banken waarin ook Japanse oesters voorkomen¹⁴. Japanse oesters hebben een stabiliserende werking en vergroten de overlevingskansen van een *litorale* mosselbank⁴². Dit kan ten koste gaan van de beschikbaarheid van mosselen als voedselbron voor vogels zoals de scholekster^{55,56}.

In de Oosterschelde worden al decennia lang geen wilde mosselbanken aangetroffen, maar komen mosselen wel voor in Japanse oesterbanken¹⁴.



Wilde mosselbanken

Beheer

Rol mosselbanken

Beheermaatregelen

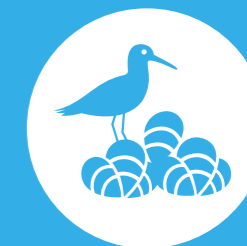
Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Biodiversiteit

Draagkracht





Wilde mosselbanken

Beheer

Rol mosselbanken

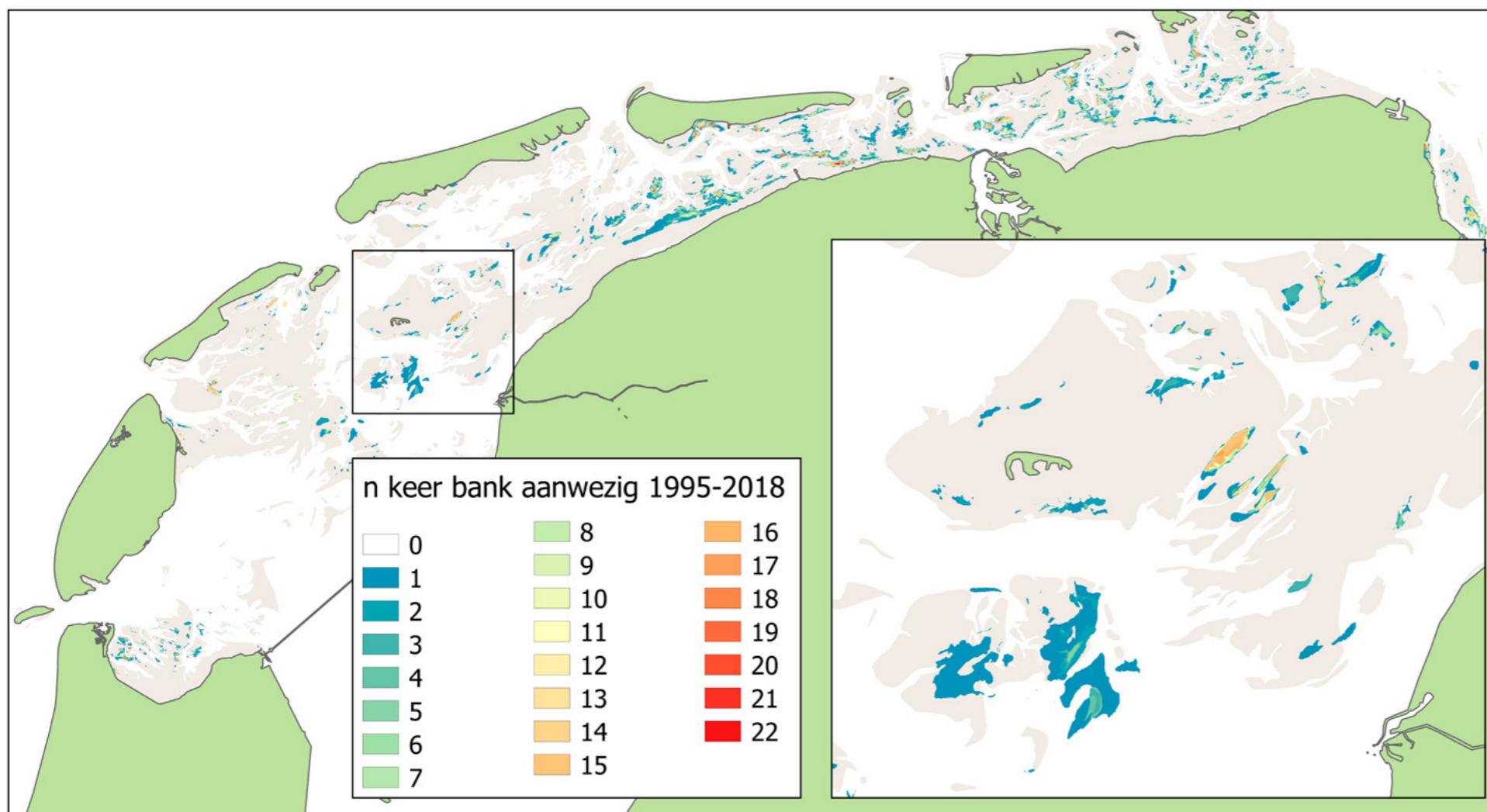
Beheermaatregelen

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Biodiversiteit

Draagkracht



Areaal *litorale* mosselbanken Waddenzee 1995-2018.
Brongegevens: Wageningen Marine Research.

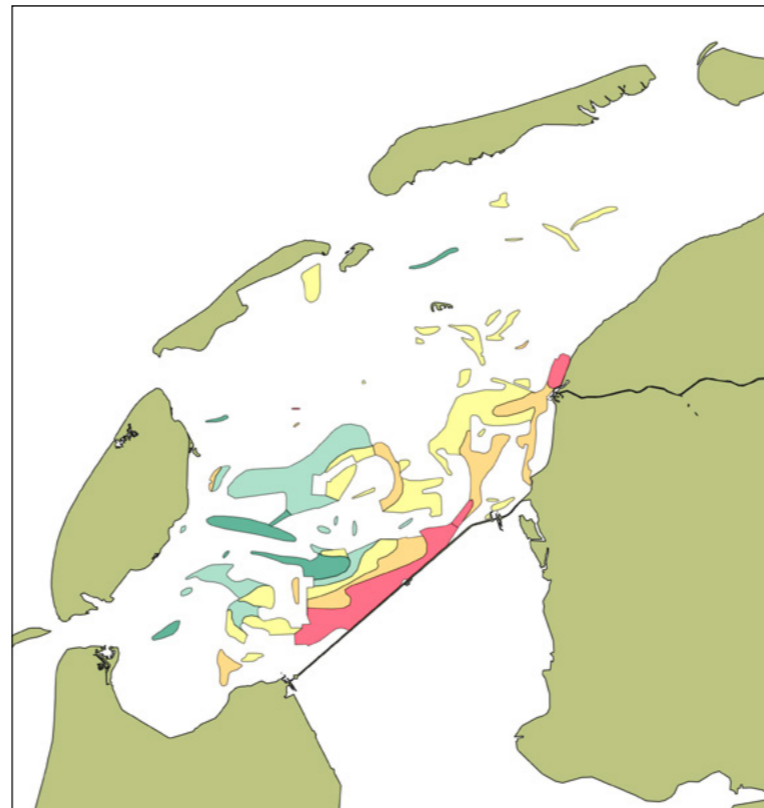


Hoe ontwikkelt het areaal aan *sublitorale* mosselbanken zich?

Sinds 1992 worden mosselen in het *sublitoraal* van de westelijke Waddenzee jaarlijks tweemaal geïnventariseerd, in het voorjaar en in het najaar¹³. Met deze gegevens worden ieder jaar verspreidingskaarten gemaakt. Uit een vergelijking van de jaarlijkse verspreidingskaarten blijkt in welke gebieden vaak mosselzaad valt, en in welke gebieden dit mosselzaad vaak wel, of juist niet, overleeft. Deze informatie is verwerkt in de zogeheten "ervaringskaart" (stabiliteitskaart). In deze kaart is ook veldexpertise van vissers, visserijkundig ambtenaren en onderzoekers verwerkt. De kaart laat zien in welke gebieden de kans dat mosselzaad de eerste winter overleeft, als hoog of juist laag wordt ingeschat. De kaart wordt gebruikt als basis voor de mosselzaadvisserij in het najaar, wanneer op instabiele banken gevist mag worden.

Omdat *sublitorale* mosselbanken nooit droog komen te liggen, is kartering van de precieze contouren veel moeilijker dan in het litoraal. De contouren worden ingeschat op basis van de vangsten per monsterpunt. In de voorjaarsinventarisatie wordt deze kartering sinds 2014 structureel jaarlijks uitgevoerd. Het doel is om de ontwikkeling van arealen in de voor mosselvisserij (en garnalenvisserij) gesloten gebieden te kunnen vergelijken met de gebieden waar nog steeds gevist mag worden⁴⁵.

Omdat de gesloten gebieden juist op plekken zijn gekozen waar zich in het verleden vaker meerjarige mosselbanken bevonden, is het areaal in de gesloten gebieden relatief stabiel. In de open gebieden worden na omvangrijke broedvallen grote arealen aan zaadbanken aangetroffen (zoals in 2017 en 2019). Hiervan verdwijnt echter een groot deel vaak ook al snel weer⁴⁵. Het areaal *sublitorale* banken laat daarvoor in de open gebieden een veel grilliger verloop zien.



Stabiliteitskaart op basis van ervaring en expert judgement. Groen = klasse 1 = relatief instabiel; Lichtgroen = klasse 2; Geel = klasse 3; Oranje = klasse 4; Rood = klasse 5 = relatief stabiel.⁷⁷



Wilde mosselbanken

Beheer

Rol mosselbanken

Beheermaatregelen

Areaal droogvallend

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Biodiversiteit

Draagkracht



Waarom zijn wilde mosselbanken belangrijk?

Wilde mosselbanken spelen een belangrijke rol in het ecosysteem. Ze vormen structuren en leefruimte voor andere soorten, die op en tussen de mosselen leven³²⁻³⁴. Denk bijvoorbeeld aan andere schelpdieren, krabbetjes, zeesterren, sponzen, anemonen, pokken en wormen. Dit worden ook wel *geassocieerde soorten* genoemd. Ook leveren wilde

mosselbanken voedsel voor schelpdieretende vogels en vogels die leven van organismen die in de mosselbanken voorkomen³⁵⁻³⁷. Mosselbanken zijn dus van groot belang voor de *biodiversiteit*, en vormen een belangrijke schakel in het voedselweb^{6,38}. Mosselen op kweekpercelen vervullen grotendeels dezelfde rol als mosselen op wilde banken³².



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Samenstelling
bodemdieren

Visserijeffecten
bodemdieren

Gebiedssluiting
sublitoraal

Vogels

Draagkracht



Hoe ontwikkelt het areaal droogvallende wilde mosselbanken zich?

Mosselbanken ontstaan door de jaren heen vaak op dezelfde plekken^{46,47}. Vooral op de meer beschutte locaties kunnen ze meerdere jaren blijven bestaan. Dit komt door een combinatie van beschutting tegen wegspoelen en tussentijdse nieuwe *zaadval* in dezelfde bank^{6,48}.

In de Nederlandse Waddenzee ligt jaarlijks tussen de 1500 en 3900 hectare aan droogvallende mosselbanken¹⁴; in het *sublitoraal* tussen de 600 en 2800 hectare^{42,45}. Tussen jaren kan dit areaal sterk verschillen¹⁴. Dit komt aan de ene kant doordat in sommige jaren een massale *zaadval* optreedt. Aan de andere kant is de overlevingskans van een mosselbank laag⁴⁹. Op de droogvallende platen kunnen door stormen en golfwerking gedurende de winter veel mosselbanken verdwijnen^{49,50}. In het *sublitoraal* spelen stormen waarschijnlijk ook een rol, en verdwijnen daarnaast veel mosselbanken door zeesterren^{6,51,52}. Zeesterren kunnen massaal voorkomen op mosselbanken en deze helemaal opeten⁵³.

Ieder jaar zijn er veel mossellarven in het water te vinden. Maar het is niet zo dat ieder jaar een succesvolle *zaadval* kent. Daarvoor moeten meerdere omstandigheden gunstig zijn, zoals voldoende voedsel, een gunstige temperatuur en weinig roofdieren⁶. Vervolgens is de kans dat een nieuwe zaadbank de eerste winter overleeft, klein. Van de droogvallende banken verdwijnt al tijdens de eerste winter gemiddeld 40%⁶. Hiervan overleeft uiteindelijk ongeveer 15% tot een leeftijd van 5 jaar. Daarna worden de kansen op overleving groter⁴². Banken die de eerste winter hebben overleefd, leven daarna nog gemiddeld 3 tot 4 jaar⁴². Ter vergelijking: de overlevingskansen van mosselbanken in het *sublitoraal* zijn kleiner. Van de *sublitorale* banken overleeft ongeveer 27% de eerste winter. Er zijn daarbij geen verschillen tussen beviste en onbeviste banken⁴⁴. *Sublitorale* banken die de eerste winter hebben overleefd, leven daarna nog

Areaal *litorale* mosselbanken Waddenzee 1995-2018.
Brongegevens: Wageningen Marine Research.

gemiddeld 2 tot 3 jaar. Ook in het *sublitoraal* neemt de overlevingskans toe na de eerste vijf jaar⁵⁴. In het *sublitoraal* is de overleving van mosselbanken hoger in gebieden met een laag zoutgehalte, waarschijnlijk omdat daar minder zeesterren voorkomen^{31,52}.

In de Waddenzee komen sinds 2002 ook Japanse oesters voor in de mosselbanken. Tegenwoordig bestaat tussen de 33% en 69% van de *litorale* banken uit pure mosselbanken. De rest zijn gemengde banken waarin ook Japanse oesters voorkomen¹⁴. Japanse oesters hebben een stabiliserende werking en vergroten de overlevingskansen van een *litorale* mosselbank⁴². Dit kan ten koste gaan van de beschikbaarheid van mosselen als voedselbron voor vogels zoals de scholekster^{55,56}.

In de Oosterschelde worden al decennia lang geen wilde mosselbanken aangetroffen, maar komen mosselen wel voor in Japanse oesterbanken¹⁴.



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Samenstelling bodemdieren

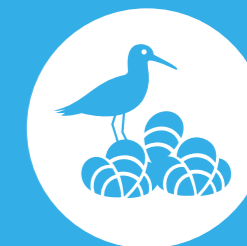
Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

Vogels

Draagkracht





Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

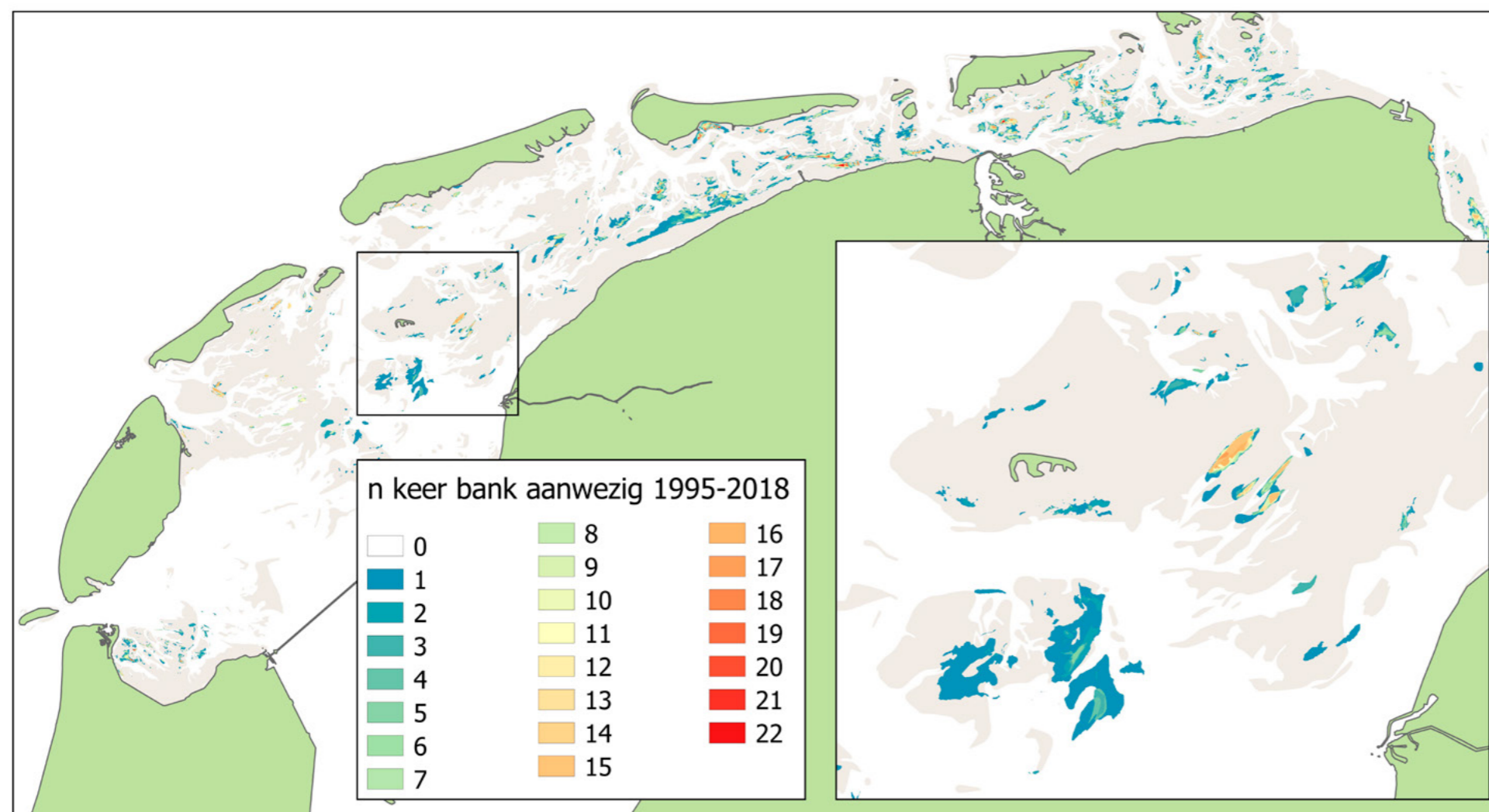
Samenstelling
bodemdieren

Visserijeffecten
bodemdieren

Gebiedssluiting
sublitoraal

Vogels

Draagkracht



Areaal *litorale* mosselbanken Waddenzee 1995-2018.
Brongegevens: Wageningen Marine Research.



Hoe ontwikkelt het areaal aan *sublitorale* mosselbanken zich?

Sinds 1992 worden mosselen in het *sublitoraal* van de westelijke Waddenzee jaarlijks tweemaal geïnventariseerd, in het voorjaar en in het najaar¹³. Met deze gegevens worden ieder jaar verspreidingskaarten gemaakt. Uit een vergelijking van de jaarlijkse verspreidingskaarten blijkt in welke gebieden vaak mosselzaad valt, en in welke gebieden dit mosselzaad vaak wel, of juist niet, overleeft. Deze informatie is verwerkt in de zogeheten "ervaringskaart" (stabiliteitskaart). In deze kaart is ook veldexpertise van vissers, visserijkundig ambtenaren en onderzoekers verwerkt. De kaart laat zien in welke gebieden de kans dat mosselzaad de eerste winter overleeft, als hoog of juist laag wordt ingeschat. De kaart wordt gebruikt als basis voor de mosselzaadvisserij in het najaar, wanneer op instabiele banken gevist mag worden.

Omdat *sublitorale* mosselbanken nooit droog komen te liggen, is kartering van de precieze contouren veel moeilijker dan in het litoraal. De contouren worden ingeschat op basis van de vangsten per monsterpunt. In de voorjaarsinventarisatie wordt deze kartering sinds 2014 structureel jaarlijks uitgevoerd. Het doel is om de ontwikkeling van arealen in de voor mosselvisserij (en garnalenvisserij) gesloten gebieden te kunnen vergelijken met de gebieden waar nog steeds gevist mag worden⁴⁵.

Omdat de gesloten gebieden juist op plekken zijn gekozen waar zich in het verleden vaker meerjarige mosselbanken bevonden, is het areaal in de gesloten gebieden relatief stabiel. In de open gebieden worden na omvangrijke broedvallen grote arealen aan zaadbanken aangetroffen (zoals in 2017 en 2019). Hiervan verdwijnt echter een groot deel vaak ook al snel weer⁴⁵. Het areaal *sublitorale* banken laat daarvoor in de open gebieden een veel grilliger verloop zien.



Stabiliteitskaart op basis van ervaring en expert judgement. Groen = klasse 1 = relatief instabiel; Lichtgroen = klasse 2; Geel = klasse 3; Oranje = klasse 4; Rood = klasse 5 = relatief stabiel.⁷⁷



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Samenstelling bodemdieren

Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

Vogels

Draagkracht



Zijn er verschillen in de bodemdierengemeenschap op wilde mosselbanken en op de kweekpercelen?

De mosselen op de kweekpercelen spelen grotendeels dezelfde rol als op wilde mosselbanken; ze dragen bij aan een hoge *biodiversiteit*, verbeteren de waterkwaliteit, en bepalen gezamenlijk de *draagkracht* voor schelpdieren van het ecosysteem.

De *biodiversiteit* op mosselkweekpercelen verschilt niet wezenlijk van die op *sublitorale* mosselbanken. Beide hebben een relatieve hoge *biodiversiteit*. Op de wilde mosselbanken in het *sublitoraal* zijn in een grootschalige studie gemiddeld 84 verschillende soorten aangetroffen; op de percelen gemiddeld 102³². Er zijn twee verklaringen voor het verschil in aantallen soorten. Ten eerste komen wilde banken over het algemeen bij lagere zoutgehaltes voor, terwijl de kweekpercelen vooral in gebieden met relatief hoge zoutgehaltes liggen. Het onderzoek laat zien dat de *biodiversiteit* groter is bij hogere zoutgehaltes. Wanneer wilde banken en kweek-

percelen worden vergeleken die wél vlak bij elkaar liggen, dan blijkt juist het aantal soorten in de wilde banken iets hoger te zijn. Ten tweede houden de mosselkwekers de percelen zo veel mogelijk schoon van zeesterren, die mosselen en *geassocieerde soorten* opeten³².

Op de kweekpercelen bestaat een duidelijk verband tussen de mosselen en de *biodiversiteit*; hoe meer mosselen, hoe meer andere soorten^{43,57}. Op de kweekpercelen zijn weliswaar meer verschillende soorten aanwezig, maar op de wilde banken komen deze *geassocieerde soorten* juist vaker voor. Het gaat dan vooral over soorten die voorkomen op zacht substraat zoals zanderige bodems (bijvoorbeeld de groene zeeduizendpoot, de strandgaper en het wadslakje). Soorten die juist meer voorkomen op de kweekpercelen zijn o.a. de Amerikaanse zwaardschede, de zeester en mosdiertjes³².



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

**Samenstelling
bodemdieren**

Visserijeffecten
bodemdieren

Gebiedssluiting
sublitoraal

Vogels

Draagkracht



Welke effecten heeft mosselzaadvissersrij op de bodemdierengemeenschap?

De mosselzaadvissersrij kan gevolgen hebben voor de biodiversiteit van de Waddenzee, bijvoorbeeld door het wegvissen van een (deel) van de wilde zaadbanken. Tussen 2006 en 2012 zijn beviste delen van een *sublitorale* mosselbank vergeleken met onbeviste delen (referentiegebieden). Dit onderzoek laat zien dat er vlak na bevissing een negatief effect van de visserij op de *sublitorale* mosselbanken is. De zaadbanken zijn niet verdwenen, maar direct na de visserij is er wel een lagere dichtheid aan mosselen^{43,57} en aan geassocieerde soorten^{40,41,44}. Dat resultaat is geheel volgens verwachting; er is immers gevist.

De mindere hoeveelheid strandkrabben en zeesterren direct na bevissing is te verklaren omdat met het opvissen van het mosselzaad, een belangrijke voedselbron voor deze soorten verdwenen is. Daarnaast worden de krabben en zeesterren opgevisst. Het gaat voor deze soorten dus om zowel een indirect als een direct effect van de zaadvissersrij. In het geval van anemonen kan de afgenomen dichtheid als een direct effect worden toegeschreven aan de zaadvissersrij; zij worden opgevisst⁴¹.

Na 1,5 jaar kunnen er geen verschillen meer worden aangetoond tussen de beviste delen binnen een mosselbank en de onbeviste controlegebieden. Het is aannemelijk dat dit komt omdat na de visserij nog steeds voldoende mosselen overblijven om structuur te bieden voor de hernieuwde ontwikkeling van de zaadbanken^{43,57}. Het onderzoek laat ook zien dat de variatie in biomassa en voorkomen van geassocieerde soorten, zoals anemonen, in een mosselbank sterk varieert in tijd en onafhankelijk is van menselijke activiteiten. De natuurlijke dynamiek van de Waddenzee speelt hier een grote rol^{40,44}.



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Samenstelling bodemdieren

Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

Vogels

Draagkracht



Wat zijn de effecten van de sluiting van *sublitorale* gebieden voor visserij op de bodemdierengemeenschap?

In de westelijke Waddenzee is sinds 2014 een aantal gebieden gesloten voor de mosselzaad- en de garnalenvisserij. Het doel is om natuurontwikkeling te bevorderen. De ontwikkeling van het areaal *sublitorale* mosselbanken en van het bodemleven in de open en de gesloten gebieden wordt daarom jaarlijks gevolgd en vergeleken⁴⁵. Over de eerste vijf jaar van het onderzoek (2015-2019) zijn geen verschillen in ontwikkeling gezien die zouden kunnen wijzen op een veranderde bodemdierengemeenschap door de gebiedssluiting voor mosselzaadvissers^{45,48}. Wel zijn er verschillen gevonden die veroorzaakt worden door de gebiedskeuze. Juist soortenrijke gebieden, waar in het verleden vaak meerjarige mosselbanken werden gevonden, zijn namelijk gesloten⁴⁵. De gesloten en open gebieden waren dus al bij aanvang van het onderzoek verschillend.

De termijn waarop effecten van gebiedssluitingen voor (schelpdier)visserij op bodemdieren optreden, en welke effecten dit zijn, is onderzocht in een literatuurstudie⁴⁸. Directe effecten van visserij, zoals het onttrekken van mosselen en daarmee *geassocieerde soorten*, zijn alleen op de korte termijn aangetoond^{40,41,43,44,57}. De verschillende studies vonden geen bewijs voor lange termijn effecten op bodemdierengemeenschappen. Dat wil niet zeggen dat deze effecten er niet zijn, maar vaak is de onderzoeksopzet beperkt en worden er bijvoorbeeld geen referentiegebieden meegenomen. Ook kan het zijn dat de (grote) natuurlijke dynamiek een grotere rol speelt in het voorkomen van de bodemdierengemeenschap dan de effecten van de visserij. Het is dan niet mogelijk de visserijeffecten aan te tonen. De opzet van het onderzoek naar de effecten van mosselzaadvissers op de ontwikkeling van de bodemdierengemeenschap^{40,41,44,57} is goed. Visserijeffecten die langer dan 1,5 jaar aanhouden, kunnen echter niet aangetoond worden omdat de natuurlijke dynamiek veel bepalender blijkt.

Er zijn verschillende mogelijke verklaringen voor het uitblijven van een toename in het areaal aan meerjarige mosselbanken in de gesloten gebieden, vijf jaar na sluiting:

- 1 de visserij heeft geen wezenlijk effect op de ontwikkeling en overleving van meerjarige banken;
- 2 het effect van de visserij valt in het niet bij de natuurlijke dynamiek;
- 3 de huidige monitoring is onvoldoende om effecten statistisch aan te kunnen tonen;
- 4 de onderzoeksperiode is nog te kort om effecten aan te kunnen tonen.

Het onderzoek gaat om de laatste reden de komende jaren verder.



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Samenstelling bodemdieren

Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

Vogels

Draagkracht



Hoe belangrijk zijn de mosselen op de kweekpercelen als voedselbron voor vogels?

De Waddenzee is van internationaal belang voor schelpdier-etende vogels⁵⁸. Mosselen in de *sublitorale* gebieden zijn voor enkele vogelsoorten belangrijk. Duikende eenden, zoals de eidereend en de topper, zijn in staat mosselen van de wilde banken en kweekpercelen in het *sublitoraal* te eten⁵⁹. Daarbij kan het zo zijn dat soorten die duiken naar vissen die zich tussen de mosselen ophouden, ook baat hebben bij mosselbanken en -percelen, al ontbreken goede telgegevens voor deze vogelsoorten⁶⁰.

Het dieet van eidereenden in de Waddenzee kan, bij voldoende aanbod, voor wel 90% uit mosselen bestaan. Ze vullen dit aan met krabben, kokkels en mesheften. Verspreidingsonderzoek laat zien dat overwinterende eidereenden een voorkeur hebben om op de kweekpercelen naar voedsel te zoeken³⁷. Eidereenden prefereren medium tot grote mosselen in hoge dichtheden. Deze komen in de Waddenzee vooral op de kweekpercelen voor. De kweekmosselen hebben bovendien een betere vlees/schelp verhouding dan 'wilde' mosselen in de getijdzone^{61,62}. Eidereenden hebben daarom voordeel bij de aanwezigheid van mosselpercelen^{29,37}. Wanneer er minder mosselen op de percelen zijn schakelen ze over naar alternatief voedsel³⁷. Ook in de loop van de winter komen de eidereenden weer vaker voor op de wilde mosselbanken. Er zijn twee mogelijke (gecombineerde) verklaringen. De eerste is dat in de winter de kwaliteit van de mosselen op de percelen afneemt en vergelijkbaar wordt met die op de wilde banken⁵⁹. De tweede verklaring is dat er in de loop van de winter steeds meer mosselen van de percelen worden geoogst³⁷.



De aantallen overwinterende toppers variëren sterk tussen de jaren. In het Waddengebied worden 's winters rond de 30.000 toppers geteld⁶³, vooral voor de Afsluitdijk waar de zoutgehaltes lager zijn⁵⁸. Op de locaties in de Waddenzee waar de toppers voorkomen, zijn nauwelijks kweekpercelen aanwezig⁵⁹. Uit verspreidingsonderzoek blijkt dat toppers meer voorkomen op locaties waar kleinere prooi-soorten aanwezig zijn, zoals jonge strandgapers³⁶. Mosselen hebben net als strandgapers een relatief hoge verhouding tussen vlees en schelp. Toch wordt er maar een gering verband gevonden tussen de verspreiding van mosselen en de topper. Waarschijnlijk komt dit omdat mosselen met hun byssusdraden trossen vormen. Het kost de topper dan meer tijd en energie om individuele mosselen te consumeren³⁶.



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Samenstelling
bodemdieren

Visserijeffecten
bodemdieren

Gebiedssluiting
sublitoraal

Vogels

Draagkracht

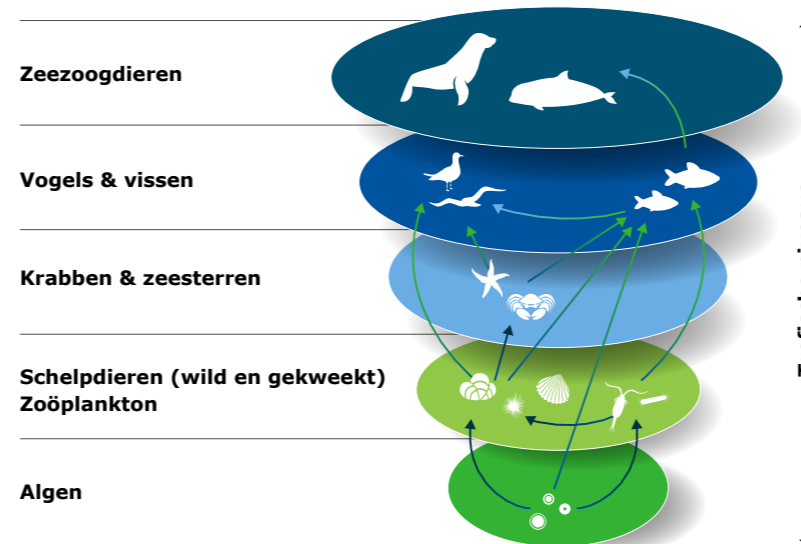


Welke invloed heeft mosselkweek op de *draagkracht* voor schelpdieren?

Schelpdieren voeden zich door *microalgen* uit het water te filteren. Wanneer er zo veel micro-algen worden gegeten dat de groei (aanwas) van de algen wordt afgeremd (*overbegrazing*), is het schelpdierbestand te groot. De zogenaamde *draagkracht* van het ecosysteem voor schelpdieren wordt dan overschreden. De schelpdieren kunnen dan niet meer optimaal groeien. Dit kan negatief doorwerken naar soorten die afhankelijk zijn van schelpdieren, zoals vogels. Gekweekte schelpdierbestanden concurreren om voedsel met natuurlijk voorkomende schelpdieren. Een optimaal evenwicht tussen natuur en productie is daarom belangrijk.

Mosselkweek draagt substantieel bij aan de omvang van het totale schelpdierenbestand en kan daarom effect hebben op de *draagkracht*. In de Oosterschelde vormen de kweekmosselen ongeveer 30% van het totale schelpdierenbestand; in de westelijke Waddenzee is dit ongeveer 20%⁷¹. Recent onderzoek laat zien dat de *draagkracht* van de Oosterschelde en Waddenzee voor schelpdieren momenteel niet onder druk staat⁷¹.

Voor de Oosterschelde concluderen eerdere studies dat er voor de periode 1995-2009 aanwijzingen voor *overbegrazing* zijn⁷². Sindsdien hebben veranderingen plaatsgevonden, zoals een afname van het oesterbestand door de oesterboorder en het herpesvirus. De meest recente inzichten zijn dat het totale schelpdierbestand in de Oosterschelde en daarmee de totale *graasdruk* (het wegfilteren van voedsel door schelpdieren) van jaar tot jaar varieert. Er zijn geen duidelijke toe- of afnemende trends. Het oesterbestand is weliswaar afgenomen, maar hierdoor is er geen substantiële daling van de *graasdruk* van het gehele schelpdierbestand. Er zijn geen aanwijzingen dat de huidige bestanden aan schelpdieren, inclusief de gekweekte mosselen, op dit moment directe invloed uitoefenen op de productiviteit van het ecosysteem



en het actuele voedselaanbod in de Oosterschelde. Meer schelpdieren lijken voornamelijk niet direct tot een lagere *micro-algen* populatie te leiden⁷¹. De groei van micro-algen populaties worden naast de begrazing door schelpdieren ('top down') bepaald door de nutriënten toevoer ('bottom up'). Hoe veranderingen in nutriëntenconcentraties de afgelopen jaren de productiviteit beïnvloed hebben, is geen onderdeel van de recente studie.

In de Waddenzee leveren niet de kweekmosselen maar andere wilde schelpdiersoorten, zoals de strandgaper, de grootste bijdrage aan de *graasdruk*. In de gebieden in de westelijke Waddenzee, waar de kweekpercelen liggen, is het niet waarschijnlijk dat *overbegrazing* optreedt; ook niet in het Marsdiep waar de (wilde) schelpdierenbestanden en de bijbehorende *graasdruk* sterk zijn toegenomen⁷¹. De bevinding dat de *draagkracht* in de westelijke Waddenzee niet overschreden wordt, komt overeen met een recente studie op Balgzand⁷³.



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

**Draagkracht
ecosysteem**



Welke kennisvragen worden nog niet onderzocht?

Draagkracht:

- Metingen aan zowel de productie van micro-algen als ook gestandaardiseerde metingen voor de mosselkwaliteit (vleesgewicht) in de Waddenzee en Oosterschelde ontbreken. Deze gegevens zijn belangrijk voor het volgen van de ontwikkelingen van de *draagkracht* voor schelpdieren. Zij zouden structureel verzameld moeten worden.
- Het is belangrijk de ontwikkelingen rond de *draagkracht*, met name in het Marsdiep, de komende jaren te blijven volgen. Hiervoor zijn de *draagkracht* indices van de Aquaculture Stewardship Council een bruikbare referentie.
- De huidige kennis over *draagkracht* voor schelpdieren heeft betrekking op het hele waterbekken. Hierbinnen kunnen verschillen optreden. Beter inzicht kan helpen in het beheer van deze wateren.
- De strandgaper heeft een groot aandeel in de *graasdruk* door schelpdieren in de Waddenzee. De snelheid waarmee strandgapers hier voedsel uit het water filteren, is echter niet bekend. Deze wordt geschat. Het bepalen van de filtersnelheid voor deze soort zou een belangrijke bijdrage leveren aan het verminderen van onzekerheden in de *draagkracht*beoordelingen voor schelpdieren.

MZI's:

- In systemen met weinig natuurlijke dynamiek kunnen schelpdierkweekinstallaties in de waterkolom leiden tot lokale voedseltekorten voor schelpdieren (*schaduwwerking*). Kwekers kunnen dit (deels) voorkomen door rekening te houden met de inrichting van de systemen. Beperkt onderzoek naar het optreden van schaduwwerking in *mosselzaadinstallaties (MZI's)* in hoogdynamische systemen, zoals de Zeeuwse Delta en Waddenzee, laat zien dat onder sommige omstandigheden lokale voedseltekorten niet zijn uit te sluiten. Een beter inzicht in de factoren die bijdragen aan mogelijke lokale *draagkrachteffecten* in en rond *MZI's*, is wenselijk.

- Volgens mosselkwekers kunnen ook mosselkweekpercelen mogelijk *schaduwwerking* van *MZI's* ondervinden. Dit is onvoldoende onderzocht, terwijl dit wel onderdeel is van beleidsdiscussies.
- Het is aannemelijk dat *MZI's* lokaal, gedurende de periode dat de *MZI's* in het water liggen, tot een vergroting van de *biodiversiteit* leiden. Er is echter geen systematisch onderzoek gedaan naar de effecten van *MZI's* en het beheer hiervan op de *biodiversiteit* en de doorwerking naar het ecosysteem.
- Het lijkt onwaarschijnlijk dat op de huidige *MZI*-locaties (lokaal) veranderingen in bodemstructuur, bodemleven en zuurstofgehalten ontstaan. Dit zou verder kunnen worden onderzocht.

Kweekpercelen:

- Er zijn geen wezenlijke verschillen tussen de *biodiversiteit* op wilde mosselbanken en op kweekpercelen. De aanname is echter wel dat de soortensamenstelling op percelen wordt beïnvloed door kweekactiviteiten, doordat een minder complexe mosselmatrix gevormd kan worden. Vergelijkend onderzoek naar welke effecten (aard en omvang) van opvissen, verzaaien, dweilen en oogsten op de *geassocieerde soorten* van mosselkweekpercelen hebben vergeleken met mosselbanken van dezelfde leeftijd, kan inzicht in deze aanname geven.



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon

Literatuurlijst

1. Alleway, H. K. *et al.* The ecosystem services of marine aquaculture: Valuing benefits to people and nature. *Bioscience* **69**, 59–68 (2019).
2. Smaal, A. C., Ferreira, J. G., Grant, J., Petersen, J. K. & Strand, Ø. *Goods and services of marine bivalves.* (Springer Open, 2019). doi:10.1007/978-3-319-96776-9.
3. Marine Stewardship Council. Nederlandse mosselen: duurzame landbouw op zee. <http://nederlandse-mosselen-verhaal.msc.org/> (2017).
4. MSC. *Marine Stewardship Council fisheries standard, version 2.01 (31 August 2018).* (2018).
5. Waddensleutels. *Waddensleutels: Mosselbanken, fundament van het voedselweb (glossy).* <http://docplayer.nl/16970226-Wadden-sleutels-mosselbanken-fundament-van-het-voedselweb-experimenteel-waddenonderzoek-bouwen-van-biobouwers-nieuw-waddennatuurkaart.html> (2015).
6. Dankers, N. & Fey-Hofstede, F. *Een zee van mosselen. Handboek ecologie, bescherming, beleid en beheer van mosselbanken in de Waddenzee.* (Stichting Anemoon, 2015).
7. LNV. Beleidsbesluit Schelpdiervisserij 2005 – 2020: Ruimte voor een Zilte Oogst. 43 (2004).
8. Smaal, A. C., Van Stralen, M. R., Kersting, K. & Dankers, N. *De gevolgen van experimentele bevissing voor bedekking en omvang van litorale mosselzaadbanken: Een test van de Jan Louw hypothese en van mogelijkheden voor natuurbouw.* (2003).
9. Van Stralen, M. R. *Passende Beoordeling van de mosselvisserij in het sublitoraal van de Westelijke waddenzee in de periode 2018-2020.* (2018).
10. Floor, J. R. *et al.* Knowledge uncertainties in environmental conflicts: How the mussel fishery controversy in the Dutch Wadden Sea became depoliticised. *Env. Polit.* **28**, 1236–1258 (2019).
11. Minister LNV *et al.* Convenant transitie mosselsector en natuurherstel Waddenzee. 4 (2008).
12. Minister LNV. *Mosselconvenant / MZI-beleid 2021-2026. Brief aan de Tweede Kamer, 7 december 2020.* <https://www.parlementairemonitor.nl/9353000/1/j9vvij5epmj1ey0/vlelk7mmigz9> (2020).
13. WMR. Schelpdiermonitor (dataportal) – Wageningen Marine Research. <https://www.wur.nl/nl/artikel/Schelpdiermonitor.htm> (2020).
14. Van den Ende, D., Troost, K., Van Asch, M., Perdon, J. & Van Zweeden, C. *Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen van de Nederlandse zoute getijdenwateren in 2019: bestand en arealen.* (St. Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek, CVO rapport: 19.022, 2019). doi:10.18174/510066.
15. Stralen, M. R. van & Troost, K. *Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2021.* (2021).
16. Stralen, M. R. van & Van den Ende, D. *Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het najaar van 2020.* (2020).
17. Van Oostenbrugge, J. A. E., Steins, N. A., Mol, A., Smith, S. R. & Turenhout, M. N. W. *Mosseltransitie en natuurherstel.* (2018). doi:10.18174/446741.
18. Capelle, J. J. & Stralen, M. R. van. *Invang van mosselzaad in MZI's: Resultaten 2019.* (2020). doi:10.18174/518888.
19. Capelle, J. J. *Literatuuronderzoek naar effecten van de configuratie van MZI-systemen op de productie van mosselzaad.* (2018).
20. Wijsman, J. W. M. *Effecten MZI-locatie Neeltje Jans op nabij gelegen mosselpercelen.* (IMARES WageningenUR Rapport C011/13, 2013).



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon



21. Ministerie van Economische Zaken. Beleid voor mosselzaadinvanginstallaties (MZI's) 2015-2018. Bijlage behorend bij de brief van de staatssecretaris van Economische Zaken aan de Tweede Kamer, kenmerk DGA-DAD/14203982B (19 januari 2015). 28 (2015).
22. Capelle, J. J., Wijsman, J. W. M., van Stralen, M. R., Herman, P. M. J. & Smaal, A. C. Effect of seeding density on biomass production in mussel bottom culture. *J. Sea Res.* **110**, 8–15 (2016).
23. Capelle, J. J. *Production efficiency of mussel bottom culture. PhD-dissertation.* (Wageningen University and Research, 2017). doi:10.18174/404677.
24. Capelle, J. J., Leuchter, L., De Wit, M., Hartog, E. & Bouma, T. J. Creating a window of opportunity for establishing ecosystem engineers by adding substratum: a case study on mussels. *Ecosphere* **10**, 4 (2019).
25. Christensen, H. T. *et al.* Aggregation and attachment responses of blue mussels, *Mytilus edulis*—impact of substrate composition, time scale and source of mussel seed. *Aquaculture* **435**, 245–251 (2015).
26. Capelle, J. J. *et al.* *Onderzoek naar innovatie en rendementsverbetering mosselproductie: INNOPRO 2017-2019.* (Wageningen Marine Research, 2020).
27. T.P. Bult, Stralen, M. R. van, Poelman, M., Steenbergen, J. & Baars, J. M. D. D. *Dynamisch bestandsbeheer van schelpdieren, een verkenning van mogelijkheden en ideeën uit de ODUS visie.* (Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek, RIVO rapport C010/04, 2004).
28. Mulder, I. *et al.* *Evaluatie nieuwe mosselpercelen: Technische rapportage T0 bemonstering vispopulaties 2020.* (2020) doi:10.18174/537190.
29. Bult, T. P., Van Stralen, M. R., Brummelhuis, E. & Baars, J. M. D. D. *Mosselvisserij en – kweek in het sublitoraal van de Waddenzee.* (2004).
30. Wijsman, J. W. M., Schellekens, T., Van Stralen, M. R., Capelle, J. J. & Smaal, A. C. *Rendement van mosselkweek in de westelijke Waddenzee.* (2014).
31. Capelle, J. J., van Stralen, M. R., Wijsman, J. W. M., Herman, P. M. J. & Smaal, A. C. Population dynamics of subtidal mussels (*Mytilus edulis*) and the impact of cultivation. *Aquac. Environ. Interact.* **9**, 155–168 (2017).
32. Drent, J. & Dekker, R. *How different are subtidal *Mytilus edulis* L. communities of natural mussel beds and mussel culture plots in the western Dutch Wadden Sea?* (2013).
33. Buschbaum, C. *et al.* Mytilid mussels: Global habitat engineers in coastal sediments. *Helgol. Mar. Res.* **63**, 47–58 (2009).
34. Dittmann, S. Mussel beds: Amensalism or amelioration for intertidal fauna? *Helgoländer Meeresuntersuchungen* **44**, 35–352 (1990).
35. Leopold, M. F., Kats, R. K. H. & Ens, B. J. Diet (preferences) of eiders (*Somateria mollissima*). *Wadden Sea Newsl.* 25–31 (2001).
36. Cervenc, A. & Alvarez Fernandez, S. Winter distribution of greater scaup (*Aythya marila*) in relation to available food resources. *J. Sea Res.* **73**, 41–48 (2012).
37. Cervenc, A. *et al.* Distribution of wintering common eider (*Somateria mollissima*) in the Dutch Wadden Sea in relation to available food stocks. *Mar. Biol.* **162**, 153–168 (2014).
38. Christianen, M. J. A. *et al.* Biodiversity and food web indicators of community recovery in intertidal shellfish reefs. *Biol. Conserv.* **213, Part**, 317–324 (2017).
39. Folmer, E. O. *et al.* Large-scale spatial dynamics of intertidal mussel (*Mytilus edulis* L.) bed coverage in the German and Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* **17**, 550–566 (2014).
40. Craeymeersch, J. *et al.* *Impact of mussel seed fishery on subtidal macrozoobenthos in the western Wadden Sea.* <https://edepot.wur.nl/292179> (2013).
41. Glorius, S. T., Rippen, A. D., Van Stralen, M. R. & Jansen, J. M. *Effecten van mosselzaadvisserij op het bodemleven van de Waddenzee.* (2013).



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon



42. Troost, K., van der Meer, J. & Stralen, M. R. van. The birth, growth and death of intertidal soft-sediment bivalve beds: No need for large-scale restoration programs in the Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* **22**, 1024–1034 (2019).
43. Smaal, A. C., Craeymeersch, J. . & van Stralen, M. R. The impact of mussel seed fishery on dynamics of wild subtidal mussel beds in the western Wadden Sea, The Netherlands. *Netherlands J. Sea Res.* **167**, (2021).
44. Craeymeersch, J. ., van Stralen, M. R., Meesters, E. & Smaal, A. C. Impact of mussel seed fishery on subtidal macrozoobenthos in the western Wadden Sea. *Netherlands J. Sea Res.*
45. Troost, K. *et al.* *Ontwikkeling van bodemdieren in de voor mosselzaadvisserij gesloten gebieden in de westelijke Waddenzee – Evaluatie na vier jaar monitoring (2015-2018)*. (2019) doi:10.18174/473019.
46. Troost, K., Stralen, M. R. van, Van Zweeden, C. & Brinkman, A. G. *Ruimtelijke verspreiding van mosselen en Japanse oesters in de Waddenzee in de periode 1992 -2013*. (IMARES WageningenUR Rapport C062/15, 2015).
47. Troost, K., Drent, J., Folmer, E. & Stralen, M. R. van. Ontwikkeling van schelpdierbestanden op de droogvallende platen van de Waddenzee. **113**, 83–88 (2012).
48. Troost, K., Van den Bogaart, L. & Jansen, H. *Effecten van gebiedssluiting voor schelpdiervisserij op ontwikkeling meerjarige mosselbanken en bodemdiergemeenschap*. (2019) doi:10.18174/497048.
49. Nehls, G. & Thiel, M. Large-scale distribution patterns of the mussel (*Mytilus edulis*) in the Wadden Sea of Schleswig-Holstein: do storms structure the ecosystem? *Netherlands J. Sea Res.* **31**, 181–187 (1993).
50. Donker, J. J. A., van der Vegt, M. & Hoekstra, P. Erosion of an intertidal mussel bed by ice- and wave-action. *Cont. Shelf Res.* **106**, 60–69 (2015).
51. Agüera García, A. *The role of starfish (*Asterias rubens* L.) predation in blue mussel (*Mytilus edulis* L.) seedbed stability*. (Wageningen University and Research, PhD disseration, 2015).
52. Troost, K., van der Meer, J. & Stralen, M. R. van. The birth, growth and death of intertidal soft-sediment bivalve beds: No need for large-scale restoration programs in the Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* **22**, 1024–1034 (2019).
53. Agüera García, A. *et al.* Winter feeding activity of the common starfish (*Asterias rubens* L.): The role of temperature and shading. *J. Sea Res.* **72**, 106–112 (2012).
54. Troost, K., van der Meer, J. & van Stralen, M. R. van. The birth, growth and death of subtidal mussel beds. *J. of Sea Res.*, under review.
55. Scheiffart, G., Ens, B. J. & Schmidt, A. What will happen to birds when Pacific Oysters take over the mussel beds in the Wadden Sea? *Wadden Sea Newsl.* **33**, 10–14 (2007).
56. Waser, A. M. *et al.* Impact on bird fauna of a non-native oyster expanding into blue mussel beds in the Dutch Wadden Sea. *Biol. Conserv.* **202**, 39–49 (2016).
57. Stralen, M. R. van *et al.* *Het mosselbestand op de PRODUS-vakken en de effecten van de visserij daarop*. (2013).
58. Van der Jeugd, H., Ens, B. J., Versluijs, M. & Schekkerman, H. *Geïntegreerde monitoring van vogels van de Nederlandse Waddenzee. Vogeltrekstation rapport 2014-01. Vogeltrekstation, Wageningen;CAPS-rapport 2014-01; Sovon-rapport 2014/18, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen*. https://www.sovon.nl/sites/default/files/doc/Rap_2014-18_Geïntegreerde_monitoring_Wadden.pdf (2014).
59. Jansen, H. M. *Het belang van sublitorale mosselen als voedselbron in de westelijke Waddenzee*. (2019) doi:10.18174/474613.
60. Schekkerman, H. *et al.* Overwinterende watervogels op het diepere water van de Waddenzee: Een ruwe aantalschatting. *Limosa* **88**, 136–144 (2015).
61. Kats, R. K. H. *Common Eiders *Somateria mollissima* in the Netherlands. The rise and fall of breeding and wintering populations in relation to the stocks of shellfish*. (2007).



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon



62. Steenberg, J., Breen, V. P. & Jol, J. *LNV bestek mosselen en eidereenden Deelproject 3 : een vergelijking van de kwaliteit van mosselen op percelen en in het wild*. <https://edepot.wur.nl/37357>.
63. Lilipaly, S. J., Arts, F. A., Sluijter, M. & Wolf, P. A. *Mid-wintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en Nederlandse kustwateren in november 2017 en januari 2018*. (Rijkswaterstaat, rapport BM 18.24, DPM Rapportnr. 2018-05., 2018).
64. Callier, M. D. *et al.* Attraction and repulsion of mobile wild organisms to finfish and shellfish aquaculture: a review. *Rev. Aquac.* **10**, 924–949 (2018).
65. Wijsman, J. W. M., Engelberts, A. G. M. & Van den Brink, A. *Flora en fauna geassocieerd met mosselpopulaties in de Oosterschelde en Voordelta in 2009*. <https://edepot.wur.nl/142999> (2010).
66. Kamermans, P. & De Mesel, I. *Meerjarige effectmetingen aan MZI's in de westelijke Waddenzee en Oosterschelde, Deelproject 2: Depositie van organisch materiaal van MZI-mosselen op de bodem in Waddenzee en Oosterschelde 2009*. (IMARES WageningenUR Rapport C081/10, 2010).
67. Kamermans, P., Smit, C., Wijsman, J. W. M. & Smaal, A. C. *Meerjarige effect- en productiemetingen aan MZI's in de Westelijke Waddenzee, Oosterschelde en Voordelta: samenvattend eindrapport*. <https://edepot.wur.nl/312852> (2014).
68. Nizzoli, D., Welsh, D. T., Bartoli, M. & Viaroli, P. Impacts of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) farming on oxygen consumption and nutrient recycling in a eutrophic coastal lagoon. *Hydrobiologia* **550**, 198 (2005).
69. Jansen, H. M. & Capelle, J. J. *Effecten van mosselweek op sediment-dynamiek in de Waddenzee: Uitgebreide samenvatting van het rapport "The effect of mussel farming on sediment dynamics in the Wadden Sea – case studies evaluating the local effects of mussel seed fisheries and mussel ha.* (2018) doi:10.18174/454789.
70. Van Duren, L. A. *et al.* *Verkenning Slibhuishouding Waddenzee: Een samenvatting van twee jaar modellen en kennis verwerven*. (Deltares, 2015).
71. Jansen, H., Kamermans, P., Glorius, S. & Van Asch, M. *Draagkracht van de Oosterschelde en westelijke Waddenzee voor schelpdieren: Evaluatie van veranderingen in de voedselcondities en schelpdierbestanden in relatie tot de mosselweek in de periode 1990-2016*. (2019) doi:10.18174/504079.
72. Smaal, A. C., Schellekens, T., Van Stralen, M. R. & Kromkamp, J. C. Decrease of the carrying capacity of the Oosterschelde estuary (SW Delta, NL) for bivalve filter feeders due to overgrazing? *Aquaculture* **10**, 28–34 (2013).
73. Beukema, J. J. & Dekker, R. The carrying capacity of a tidal flat area for suspension-feeding bivalves. *Mar. Ecology Prog. Ser.* **629**, 55–65 (2019).
74. Saurel, C., Petersen, J. K., Wiles, P. J. & Kaiser, M. J. Turbulent mixing limits mussel feeding: Direct estimates of feeding rate and vertical diffusivity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **485**, 105–121 (2013).
75. van Duren, L. A., Herman, P. M. J., Sandee, A. J. J. & Heip, C. H. R. Effects of mussel filtering activity on boundary layer structure. *Netherlands J. Sea Res.* 3–14 (2006).
76. Kamermans, P., Brummelhuis, E. & Van Gool, A. C. M. *MZI-mosselgewicht als indicator van voedselomstandigheden*. <https://edepot.wur.nl/301438> (2014).
77. Smaal, A.C., Brinkman, A.G., Schellekens, T., Jansen, J., Aguëra García, A. & Van Stralen, M.R. *Ontwikkeling en stabiliteit van sublitorale mosselbanken, samenvattend eindrapport*. <https://edepot.wur.nl/300655> (2014).



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon



Colofon

Redactie

Nathalie Steins, Henrice Jansen, Karin Troost & Jacob Capelle
Versie 11 oktober 2021

Foto's

Jannes Aalders (Waarneming.nl) (p31, p48), Jacob Capelle (p12, p17, p18, p19, p27, p29, p35, p45), Yoeri van Es (p1, p10, p36, p41), Lando Nieuwenhuize (p22), Rob Oosterling (p26), Karin Troost (p6, p21, p37).

Illustraties

Wageningen University & Research, Communication Services (p8, p13, p24, p33, p46, p49)

Vormgeving

Wageningen University & Research, Communication Services

Met dank aan

Lisanne van den Bogaard, Mardik Leopold en Jeroen Wijsman (Wageningen Marine Research), Marnix van Stralen (Bureau MarinX), Aad Smaal (Wageningen University & Research), Cora Seip (Navis Advies BV).

© Wageningen Marine Research, 2021

Deze publicatie is onderdeel van het project Schelpdieren, duurzaam en gezond (BO-65-004-001) met financiële steun vanuit de kennis- en innovatieagenda landbouw, water, voedsel van het ministerie van LNV.

DOI: 10.18174/553848

<https://doi.org/10.18174/553848>



©2021 Wageningen Marine Research. Dit werk is gelicentieerd onder de Creative Commons CC-BY-NC licentie. Zie voor de licentievoorwaarden: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.nl>



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon
