



---

# Historische ontwikkeling van de mosselpopulatie in de Waddenzee en het daarop gerichte beleid en onderzoek

Auteur(s): Karin Troost<sup>1</sup>, Douwe van den Ende<sup>1</sup> & Marnix van Stralen<sup>2</sup>

1) Wageningen Marine Research, 2) Bureau MarinX  
Yerseke, april 2026

Wageningen Marine Research  
Rapport: C020/26

# Historische ontwikkeling van de mosselpopulatie in de Waddenzee en het daarop gerichte beleid en onderzoek



Karin Troost<sup>1</sup>, Douwe van den Ende<sup>1</sup> & Marnix van Stralen<sup>2</sup>

1) Wageningen Marine Research, 2) Bureau MarinX  
Yerseke, april 2026

---

Rapport C020/26

---

Troost, K., D. van den Ende & M. van Stralen, 2026. *Historische ontwikkeling van de mosselpopulatie in de Waddenzee en het daarop gerichte beleid en onderzoek*. Yerseke, Wageningen Marine Research, Rapport C020/26.

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/710911>.  
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© Wageningen Marine Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2026  
De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Marine Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Marine Research Rapport C020/26

Foto omslag: Karin Troost

---

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>5</b>
<b>Inleiding</b> .....	<b>6</b>
<b>Schelpdiermonitoring en de broedval van 2024 op de droogvallende platen</b> .....	<b>7</b>
Wettelijke onderzoekstaken .....	7
Gebruik van satellietbeelden .....	7
De broedval van 2024 .....	9
<b>Schelpdiermonitoring en de broedval van 2024 onder de laagwaterlijn</b> .....	<b>11</b>
Mosselzaad inventarisaties in het sublitoraal .....	11
De broedval van 2024 in het sublitoraal .....	13
<b>Ontwikkelingen in populatie, beleid en onderzoek</b> .....	<b>14</b>
Jaren '90: gebiedssluitingen en monitoring .....	14
Schatting van het vroegere areaal .....	14
Jaren '00: Beleidsbesluit Schelpdiervisserij en Natura 2000 .....	15
De terugkeer van mosselen blijft achter in het westen .....	15
Maatschappelijke discussie over sublitorale visserij leidt tot convenant .....	15
Onderzoeksprojecten PRODUS en MEGMA .....	16
Onderzoeksprojecten Mosselwad en Waddensleutels .....	17
Jaren '10: visies van wetenschappers lopen uiteen .....	17
2016: omvangrijke broedval – “actief herstel niet meer nodig” .....	18
Recente onderzoeksprojecten gericht op mosselbank herstel .....	19
Waarom herstel nodig zou zijn .....	19
Wetenschappelijke onderbouwing ontbreekt .....	20
Toekomst: opschaling van herstelmaatregelen? .....	20
<b>Discussie en conclusie</b> .....	<b>22</b>
<b>Geciteerde literatuur</b> .....	<b>23</b>
<b>Kwaliteitsborging</b> .....	<b>27</b>
<b>Verantwoording</b> .....	<b>28</b>

---

# Samenvatting

In de afgelopen decennia heeft de mosselpopulatie in de Waddenzee sterke schommelingen doorgemaakt. Aan het eind van de jaren '80 en begin jaren '90 was het areaal aan mosselbanken op de droogvallende platen nagenoeg verdwenen. Deze afname vond voornamelijk plaats op natuurlijke wijze, zoals het verdwijnen van banken door stormen en ijsgang, het uitblijven van succesvolle rekrutering, en visserij die ondanks deze omstandigheden doorgang vond. Dit dieptepunt leidde tot een roep om beleidsmaatregelen, waaronder gebiedssluitingen voor mosselzaadvisserij en het vaststellen van streefwaarden voor de aanwezigheid van mosselbanken (2000–4000 hectare). Daarnaast werden grote onderzoeksprojecten, zoals Mosselwad en Waddensleutels, opgestart om de ecologie van mosselbanken te bestuderen en de mogelijkheden voor actief herstel te testen.

Dit rapport analyseert de historische ontwikkeling van de mosselpopulatie in de Waddenzee, met speciale aandacht voor de bijzonder succesvolle broedval van 2024. Daarnaast biedt het een overzicht van de relevante ontwikkelingen in beleid en onderzoek.

De broedval van 2024 toont aan dat de wad bodem op veel locaties geschikt is voor het ontstaan van mosselbanken. Het oppervlak aan mosselbanken kent een grote natuurlijke dynamiek, veroorzaakt door het rekruteringssucces en de overlevingskansen van banken in relatie tot stormen, stroming en predatie. Deze dynamiek wordt besproken in relatie tot mogelijkheden voor actief herstel, zoals het aanbieden van substraat voor vestiging van mosselzaad. Effectiviteit van actief herstel lijkt vooralsnog beperkt in verhouding tot de omvang van een natuurlijke zaadval, op de schaal van de Waddenzee. De grote natuurlijke dynamiek van mosselbanken betekent dat ook in onverstoorde situaties periodiek zeer grote en ook zeer kleine oppervlakten zullen voorkomen. Dit is van belang voor beheer met streefwaarden voor oppervlakten van mosselbanken.

Het doel van dit rapport is meer inzicht te geven in de beschikbare wetenschappelijke kennis, zodat deze doelgerichter kan worden toegepast in het Nederlandse beleid op het gebied van natuurbeheer in de Waddenzee.

---

# Summary

Over the past decades, the mussel population in the Wadden Sea has experienced significant fluctuations. By the late 1980s and early 1990s, the area of mussel beds on the intertidal flats had nearly disappeared. This decline primarily had natural causes, such as disappearance of beds due to storms and ice scour, the absence of successful recruitment, and continued fishing despite these adverse natural conditions. This low point led to a call for policy measures. Areas were closed for mussel seed fishing and target values for the presence of mussel beds (2,000–4,000 hectares) were established. Additionally, large research projects, such as Mosselwad and Waddensleutels, were initiated to study the ecology of mussel beds and the potential for restoration measures.

The exceptionally successful spatfall of 2024 demonstrates that, in many locations, the tidal flats of the Dutch Wadden Sea are suitable for the formation of mussel beds. The surface area of mussel beds shows strong natural dynamics, partly as a result of storms and currents. These dynamics are discussed in relation to opportunities for active restoration, such as artificial substrate for mussel seed settlement. The effectiveness of active restoration currently appears limited, compared to the extent of natural spatfall at the scale of the Wadden Sea. The natural high dynamics in mussel bed area means that even under undisturbed conditions, periodically years with very large as well as small mussel bed areas will occur. This is important for management strategies that use target values for mussel bed surface area.

The aim of this report is to give more insight in the available scientific knowledge, so that it can be applied more effectively in Dutch policy regarding nature management in the Wadden Sea.

---

# Inleiding

In de zomer van 2024 werd een recordhoeveelheid mosselzaad waargenomen op de droogvallende platen van de Waddenzee. Een eerste ruwe schatting op basis van niet gevalideerde satellietbeelden leverde een oppervlak op van 7.000 hectare aan schelpdierbanken bestaande uit mosselen en Japanse oesters; bijna een verdubbeling van de schatting een jaar eerder. Dit oppervlak werd bevestigd tijdens veldmetingen in het voorjaar van 2025. Ook onder de laagwaterlijn werd in het najaar van 2024 een record oppervlak aan mosselbanken gevonden, van zo'n 6.000 hectare. Voor zover bekend uit historische monitoringsgegevens hebben er nooit eerder zoveel mosselbanken gelegen.

Het is een groot contrast met de periode rond 1990, toen op de droogvallende platen nagenoeg geen mosselbanken meer te vinden waren in een periode met weinig aanwas en grote winterverliezen als gevolg van stormen en ijsgang en een visserij die doorging. Dat dieptepunt bracht zowel beleidsmaatregelen als diverse onderzoeksprojecten op gang. Doel van het beleid was een betere bescherming van mosselbanken. De onderzoeksprojecten hadden enerzijds als doel om meer inzicht te krijgen in de ecologische rol van mosselbanken en welke factoren sturend zijn voor de populatiedynamiek, en anderzijds om te onderzoeken op welke wijze een toename van het mosselbank areaal gestimuleerd kan worden door actief ingrijpen.

De omvangrijke broedval van 2024 roept de vraag op of de mosselpopulatie inmiddels als voldoende hersteld beschouwd kan worden en in hoeverre er nog maatregelen nodig zijn. Onder onderzoekers zijn de meningen hierover verdeeld. Dit rapport gaat in op een aantal van deze meningen en de onderzoeken en data die hieraan ten grondslag liggen, in de context van de mosselbanken-dynamiek zoals blijkt uit de Waddenzee-brede monitoring door WMR, in het sublitoraal vanaf 1992 en op de droogvallende platen vanaf 1994. Doel hiervan is het scheppen van overzicht in de beschikbare wetenschappelijke kennis, zodat deze doelgerichter gebruikt kan worden voor het Nederlandse beleid op het gebied van natuurbeheer in de Waddenzee.

---

# Schelpdiermonitoring en de broedval van 2024 op de droogvallende platen

## Wettelijke onderzoekstaken

Onze kennis over de ontwikkeling van schelpdierpopulaties is afkomstig uit de resultaten van langjarige monitoringsreeksen. Binnen het kader van de wettelijke onderzoekstaken op het gebied van visserij (WOT Visserij) wordt in opdracht van het ministerie van het huidige LVVN sinds 1994 jaarlijks door Wageningen Marine Research het oppervlak aan mosselbanken en Japanse oesterbanken op de droogvallende platen van de Waddenzee geïnventariseerd en in kaart gebracht. De zaadval en daarmee nieuwe mosselbanken ontstaan in de zomer (periode juni-augustus). Normaal gesproken vindt die inventarisatie alleen plaats in het daaropvolgende voorjaar. In de beginjaren werd ook kort na de zaadval geïnventariseerd, dus in het najaar (Steenbergen et al., 2006). Op basis hiervan kunnen ook de vaak grote winterverliezen worden vastgesteld. In latere jaren gebeurde dat alleen wanneer er vanuit het veld signalen kwamen over een omvangrijke zaadval. De laatste keer dat dat gebeurde, was in 2016 (Van den Ende et al., 2017). In 2024 zijn in het najaar geen veldmetingen gedaan. In plaats daarvan is een schatting gemaakt op basis van satellietbeelden.

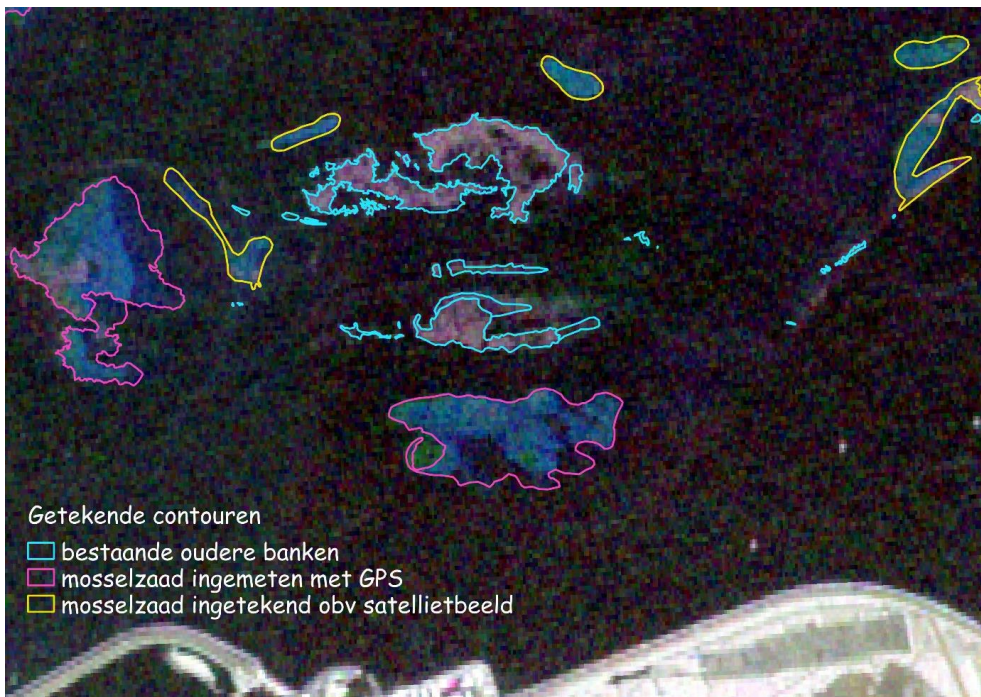
Toen de inventarisatie startte in het najaar van 1994, werd gebruik gemaakt van een instrument dat destijds innovatief was: GPS. Hiermee werden waypoints langs de randen van mosselbanken gemarkeerd, op basis waarvan de contouren later ingetekend werden in een GIS kaart. Waar voorheen posities en contouren van banken ruw geschat werden op basis van zichtlijnen en afstanden tot oriëntatiepunten, konden nu precieze coördinaten vastgelegd worden. Het inmeten geschiedt sindsdien op dezelfde wijze volgens een protocol dat later internationaal is afgestemd voor de gehele Waddenzee (De Vlas et al., 2005). Nog tot en met 2019 werd ter voorbereiding van het veldwerk gebruik gemaakt van een inspectie per vliegtuig. Vanaf 2020 wordt dat gedaan met satellietbeelden. Het doel hiervan is vast te stellen waar nieuwe banken zijn ontstaan, waar banken zijn verdwenen of sterk veranderd. Het veldwerk, dat vanwege het beschikbare budget binnen een periode van drie weken uitgevoerd moet worden, richt zich vervolgens op de plekken die het meest zijn veranderd en die het langst niet bezocht zijn. Van de banken die dat jaar niet bezocht worden, wordt ten eerste vastgesteld of ze nog aanwezig zijn en als dat zo is worden hun contouren gereconstrueerd op basis van satellietbeelden en metingen van voorgaande en volgende jaren (zie Folmer et al., 2014, online Appendix A; Troost et al., 2021).

Naast het inmeten van de contouren worden ook schattingen gemaakt van de totale omvang van de populatie. Volgens de methodiek beschreven in de jaarlijkse survey rapportages (zie Troost et al., 2021) worden bodemonsters genomen aan de hand van een gestratificeerde opzet, waaruit het bestand in termen van aantallen mosselen en de biomassa geschat worden.

## Gebruik van satellietbeelden

Satellietbeelden kunnen bestaan uit optische beelden en radarbeelden. Radarbeelden zijn gebaseerd op het uitzenden en weer opvangen van radiogolven. Omdat radiogolven door de complexe structuur van mossel- en oesterbanken relatief sterk verstrooid raken, geven deze structuren een ander signaal op radarbeelden dan het omringende sediment. In de voorverkenning wordt gebruik gemaakt van radarbeelden die, in tegenstelling tot optische beelden, niet gehinderd worden door de aanwezigheid van wolken of de afwezigheid van daglicht. Alle beschikbare beelden binnen een vastgestelde periode worden gecombineerd tot één beeld, waarop de bankstructuren duidelijk herkenbaar zijn. Door dit te doen voor drie verschillende perioden en deze ieder een eigen kleur toe te kennen, kunnen veranderingen in de tijd in beeld gebracht worden. Zo worden banken in het voorjaar vóór de zaadval rood gekleurd, groen in het najaar ná de zaadval en blauw in het voorjaar daarna (Figuur 1). Dit geeft oudere banken die in alle perioden aanwezig waren een

wittige kleur, nieuwe zaadbanken die de winter niet overleefd hebben een groenige kleur en nieuwe zaadbanken die de winter wel overleefd hebben een groen-blauwe kleur. De methodiek wordt uitgebreider beschreven door Westinga et al. (2020). Uit niet-gedocumenteerde veldvalidaties gedurende de periode 2020-2024 bleek dat de meeste droogvallende banken goed worden gedetecteerd, uitgezonderd enkele lager gelegen banken en banken met een zeer laag bedekkingspercentage waardoor er te weinig structuur is.



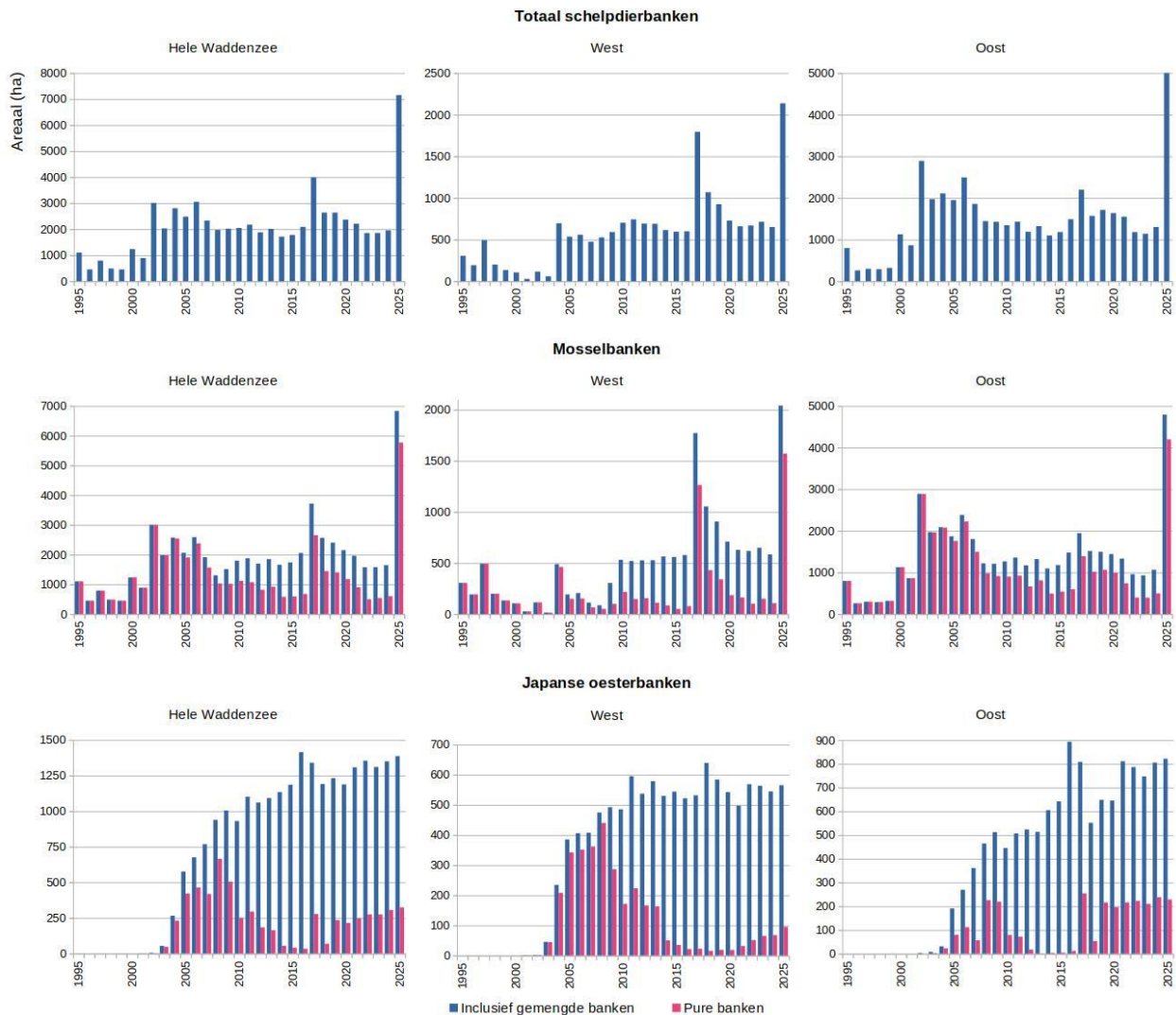
*Figuur 1. Satellietbeeld van het gebied voor de haven van Lauwersoog, gemaakt in het voorjaar van 2025 op basis van radardata. Oudere banken kleuren wit, nieuwe mosselzaadbanken zijn blauw-groen. Met gekleurde lijnen zijn de randen van de banken aangegeven, zoals gemeten met een hand-GPS (lichtblauw voor oudere banken en roze voor mosselzaadbanken) en ingetekend op basis van het satellietbeeld (geel).*



*Figuur 2. Pril mosselzaad, gevonden op 16 mei 2024 in de Schildknoopen nabij Lauwersoog (Foto: K. Troost). De aansteker links in beeld geeft een indicatie van de grootte van het mosselzaad.*

# De broedval van 2024

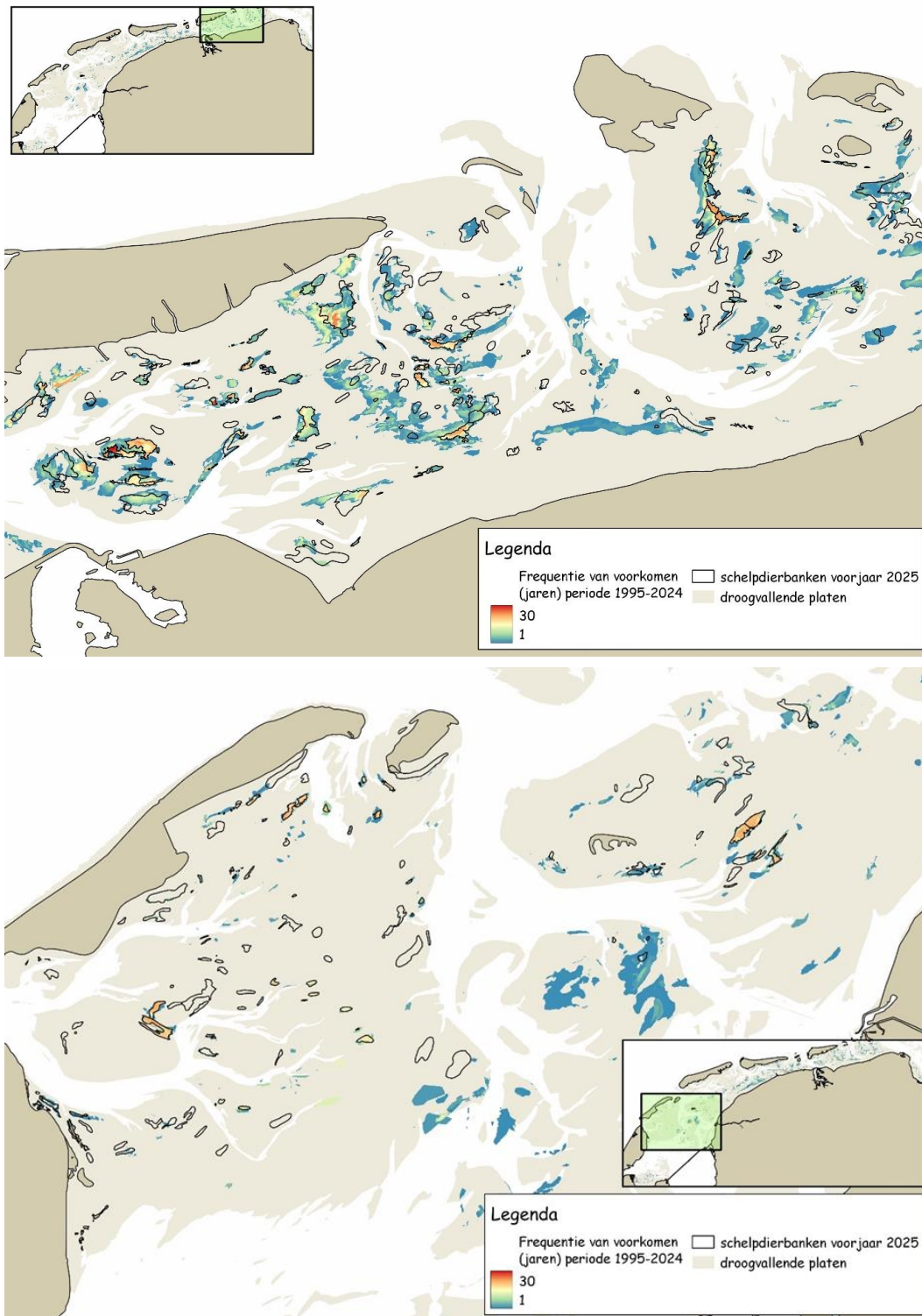
De eerste signalen van de broedval van 2024 werden gezien tijdens de voorjaarsinventarisatie van dat jaar. Op 16 mei 2024 werd de eerste nieuwe mosselzaadbank ingemeten met GPS, in de Schildknoopen nabij Lauwersoog. De mosseltjes waren weinig groter dan een speldenknop (Figuur 2). Deze observatie was uitzonderlijk, omdat zelden al zo vroeg in het jaar nieuw mosselzaad wordt aangetroffen. Op dat moment leek het niet meer dan een anekdotische waarneming, maar gedurende de zomermaanden bleek er meer aan de hand te zijn. Medewerkers van de Waddenunit van het ministerie van LNV signaleerden een uitzonderlijk omvangrijke zaadval.



*Figuur 3. Ontwikkeling van het areaal aan mosselbanken, gemengde banken en Japanse oesterbanken op de droogvallende platen van de Waddenzee, uitgesplitst naar de deelgebieden "west" en "oost" (scheidslijn: wantij Terschelling). Boven: het totale areaal aan schelpdierbanken bestaande uit mosselen en/of oesters. Midden: mosselbanken (blauw = inclusief gemengde banken, roze = pure mosselbanken). Onder: Japanse oesterbanken (blauw = inclusief gemengde banken, roze = pure oesterbanken).*

In het voorjaar van 2025 werd uit een combinatie van veldmetingen (april - mei) en schattingen op basis van radarbeelden een totaal areaal van 7.152 ha geschat (Figuur 3). Dit lag zeer dicht bij de ruwe schatting die in het najaar gedaan was. Op basis van de gecombineerde radarbeelden werd visueel bevestigd dat slechts enkele nieuwe zaadbanken gedurende de winter verdwenen waren. Van het totale areaal bestond 5.766 ha uit pure mosselbanken, dus zonder Japanse oesters waarmee mosselen gemengd kunnen

voorkomen. Van deze pure mosselbanken lag 3.053 ha op nieuwe plekken, dus waar vanaf 1995 nog nooit mosselbanken waren aangetroffen (Figuur 4). Hiermee is het totale areaal, waarop in het voorjaar sinds 1995 weleens mosselen of Japanse oesters hebben gelegen, toegenomen van 12.673 ha (periode 1995-2024) naar 16.414 ha (periode 1995-2025).

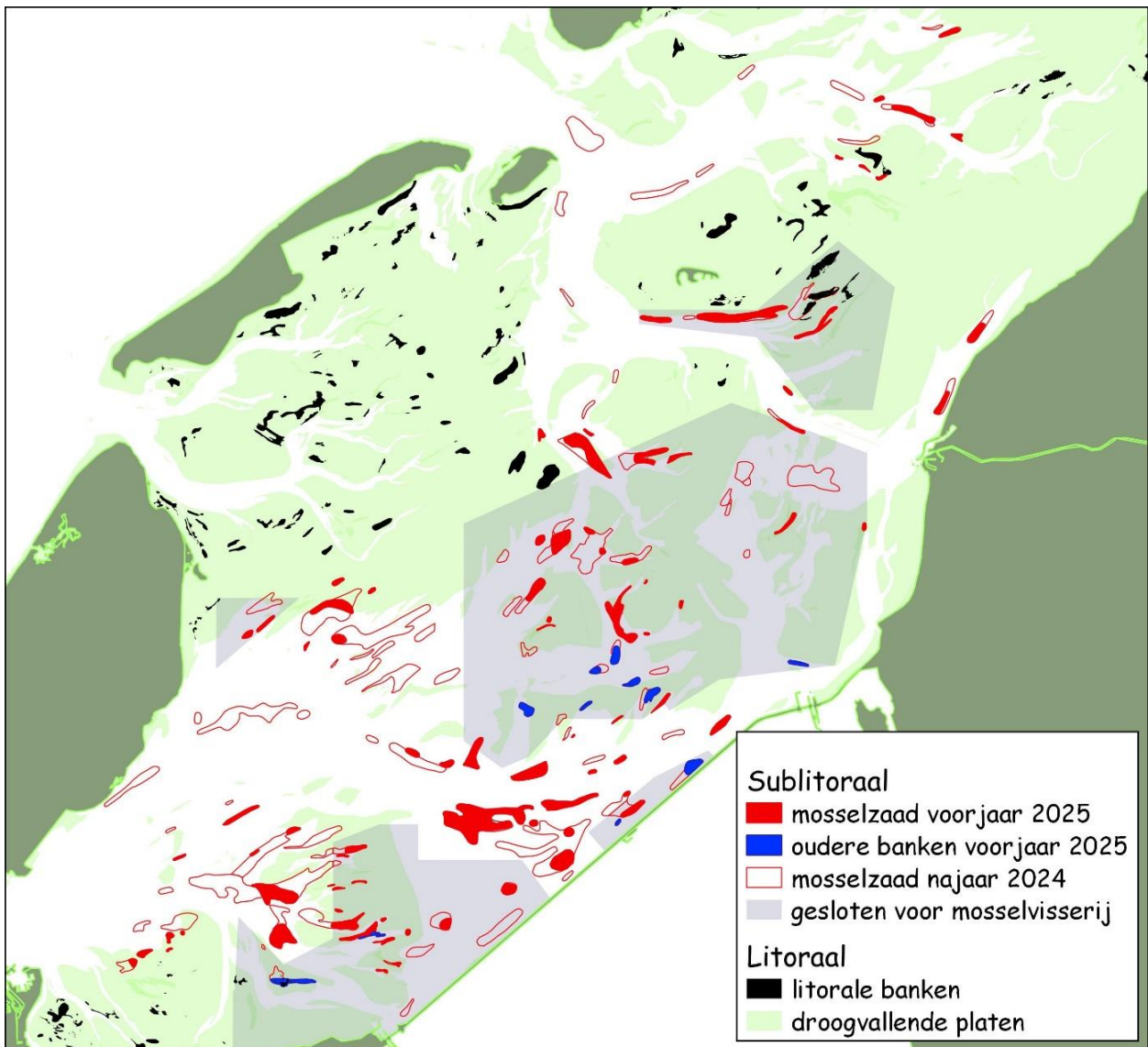


Figuur 4. Schelpdierbanken in de Nederlandse Waddenzee, ingezoomd op twee gebieden. De kleuren geven aan waar en in hoeveel jaren een bank heeft gelegen in de periode 1995-2024 (voor werkwijze zie Troost et al. 2015). De zwarte contouren zijn de mossel- en oesterbanken ingemeten in het voorjaar van 2025. Overal waar deze niet overlappen met gekleurde vlakken, was sinds 1995 dus nog nooit een bank aangetroffen.

# Schelpdiermonitoring en de broedval van 2024 onder de laagwaterlijn

## Mosselzaad inventarisaties in het sublitoraal

De mosselinventarisaties in het sublitoraal vinden plaats in opdracht van de Producentenorganisatie van de Nederlandse mosselcultuur ("PO Mossel"). In het kader van de vergunningverlening valt het onderzoek eveneens onder het programma wettelijk verplichte taken, maar anders dan de monitoring binnen het WOT programma wordt het onderzoek gefinancierd door de sector.



*Figuur 5. Verspreiding van mosselbanken in het litoraal en sublitoraal van de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2025. Rood gearceerde banken zonder vulling waren alleen aanwezig in het najaar van 2024 en hebben de winter niet overleefd. NB: de gebiedssluiting voor mosselzaadvisserij (grijs gearceerd) geldt voor het sublitoraal. In het gehele litoraal (groen gearceerd) wordt al langer niet op mosselen gevist.*

In het sublitoraal is het bestandsonderzoek een stuk lastiger omdat de banken nooit droogvallen. Radarbeelden zijn daarom niet bruikbaar. In de laatste jaren worden ondiep gelegen banken wel opgespoord met optische satellietbeelden, mits ze zijn genomen rond laagwater op een onbewolkte dag met helder water en weinig wind. In de zoektocht naar nieuwe banken voor de jaarlijkse monitoring vormt dit een belangrijke informatiebron, als aanvulling op de surveyresultaten uit voorgaande jaren en observaties van visserijkundig ambtenaren en garnalenvissers.

Sinds 1992 wordt in het najaar (omstreeks september) met een mosselkotter gezocht naar nieuwe mosselzaadbanken en wordt een schatting van de omvang van de populatie (het 'bestand') gemaakt. Deze schatting is semi-kwantitatief omdat de bemonstering wordt uitgevoerd met een commerciële mosselkor waarvan het beviste oppervlak niet nauwkeurig kan worden bepaald en de omvang van de vangst wordt gekwantificeerd in klassen, op basis van een visuele inschatting van de mate van vulling van de kor. De schatting van het bestand op basis van deze vangsten wordt gedaan middels expert judgement door onderzoekers (WMR), mosselkwekers en opziensers (Waddenunit van LVVN). Dit vormt de basis voor de najaarsvisserij, die zich richt op banken waarvan verwacht wordt dat ze de eerste winter toch niet zullen overleven. Dit zijn zogenaamde 'instabiele' banken die relatief sterk onderhevig zijn aan wegspoelen en/of predatie door zeesterren (Troost et al., 2022a). Of een bank als 'instabiel' wordt aangemerkt hangt af van de ligging ten opzichte van de 'Ervaringskaart' waarop het visgebied is ingedeeld in vijf stabiliteitsklassen (Smaal et al., 2014; Van Stralen and Troost, 2021) en van de hoeveelheid zeesterren tijdens de najaarssurvey (Troost et al., 2022b).

In het voorjaar (maart-april) wordt een volledig kwantitatieve survey uitgevoerd, waar de survey in het najaar ervoor de voorverkenning vormt (Van den Ende & Van Asch, 2025). De opzet en uitvoering hiervan zijn grotendeels hetzelfde als in de WOT-surveys op de droogvallende platen, in de kustzone van de Noordzee en in de zoute deltaxwateren.

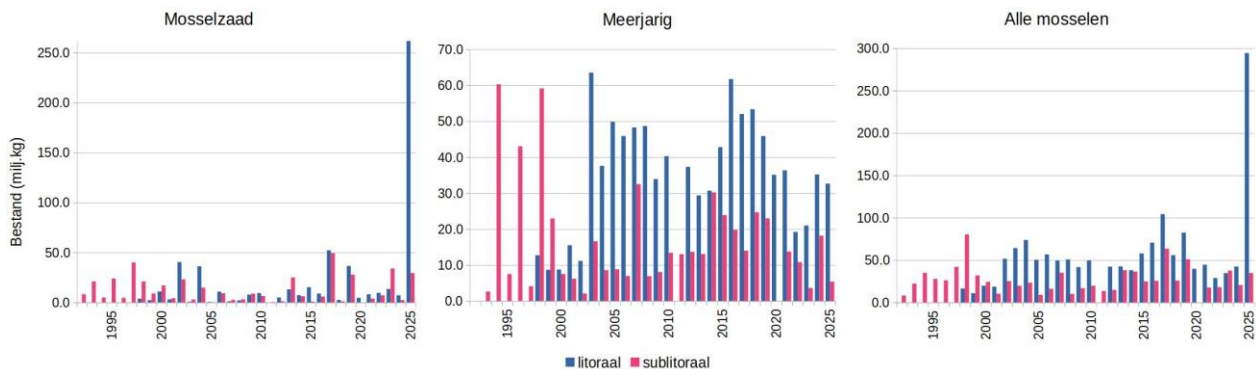


*Figuur 6. Ontwikkeling in biomassa (boven) en areaal (onder) van sublitorale mosselen in de kombergingen Marsdiep en Vliestroom. Arealen zijn geschat vanaf 2009, op basis van de resultaten uit de voorjaarssurvey. Voor uitleg van werkwijze en berekeningen zie Van den Ende en Van Asch (2025).*

## De broedval van 2024 in het sublitoraal

In het najaar van 2024 werd het totale areaal aan nieuwe sublitorale mosselzaadbanken geschat op 5.427 hectare. Inclusief de oudere banken kwam het totale areaal op 5.887 ha. Dat de sublitorale mosselzaadbanken de winter minder goed doorstaan hadden dan die op de droogvallende platen, bleek uit de resultaten van de voorjaarsurvey van 2025. Op basis van die bemonsteringen werd nog maar een areaal geschat van 2.257 ha (Van den Ende & Van Asch, 2025). Bijna 60% was dus alweer verdwenen. Dit bleek het geval in zowel gebieden die voor visserij gesloten waren, als gebieden waar wel mocht worden gevestigd (Figuur 5). Wat resteerde was nog steeds veel, maar het recordoppervlak van 2017 (2.789 ha) sneuvelde niet. Ook de totale biomassa was in het voorjaar van 2025 zeer hoog, met 29,4 miljoen kg mosselzaad (Van den Ende & Van Asch, 2025). Slechts driemaal lag er meer: in 2023, 2017 en 1997 (Figuur 6). Ook in de daaropvolgende zomer verdwenen veel mosselen. Van het omvangrijke areaal aan zaadbanken in het najaar van 2024, was een jaar later weinig meer terug te vinden.

De jaarlijkse mosselzaadinventarisaties geven een goed inzicht in de langjarige ontwikkeling van mosselbanken in het sublitoraal van de Waddenzee. Hieruit en uit historische gegevens (Van Stralen, 2002) weten we dat het merendeel van de sublitorale populatie in de westelijke Waddenzee ligt, meer specifiek in de kombergingen van Marsdiep en Vliestroom. De ontwikkeling laat geen duidelijke toe- of afname zien. Wel was de mosselzaadbiomassa relatief klein in de periode 2003 – 2012, toen een omvangrijke zaadval gedurende een langere periode dan gewoonlijk uitbleef (Figuur 6). Daarna nam de mosselzaadbiomassa weer toe en daarmee ook de arealen van zowel mosselzaadbanken als oudere mosselbanken. Opvallend is dat er doorgaans evenveel mosselzaad in het sublitoraal als in het litoraal lag, maar met een duidelijk hogere biomassa van meerjarige mosselen op de droogvallende platen (Figuur 7). Dit suggereert een betere overleving van mosselen in het litoraal, wat in lijn is met eerdere bevindingen (Troost et al., 2022a; Van der Meer et al., 2019).



Figuur 7. Vergelijking van de ontwikkeling van het mosselbestand tussen het litoraal (blauw) en sublitoraal (roze), voor mosselzaad (links), meerjarige mosselen (midden) en het totaal van alle leeftijden (rechts). NB: in 2011 is geen schatting gemaakt voor het litoraal en in 2020 niet voor het sublitoraal.

---

# Ontwikkelingen in populatie, beleid en onderzoek

## Jaren '90: gebiedssluitingen en monitoring

Een voortdurende visserij op vooral oudere mosselen in een periode met weinig natuurlijke zaadval leidde tot het nagenoeg verdwijnen van droogvallende mosselbanken aan het eind van de jaren '80 van de vorige eeuw (Dankers & Fey-Hofstede, 2015; Dankers et al., 2003). Dit leidde tot de roep om een betere bescherming van mosselbanken. Na de Waddenzeeconferentie van Esbjerg in 1991 volgden vanaf 1993 gebiedssluitingen voor de mosselzaadvisserij op de droogvallende platen (LNV, 1993). Sindsdien is er alleen in 1994 nog commercieel op de platen gevist (Dankers & Fey-Hofstede, 2015) en in 2001 als onderdeel van een kleinschalige proef (Smaal et al., 2003). De jaarlijkse monitoringsprogramma's zoals hiervoor beschreven zijn in het begin van de jaren '90 opgestart en onderdeel geworden van het programma aan wettelijke onderzoekstaken.

De eerste inventarisatie van droogvallende mosselbanken vond plaats in het najaar van 1994, na een omvangrijke zaadval. Het areaal besloeg ruim 2.500 hectare (Steenbergen et al., 2006). In het volgende voorjaar werd er weer geïnventariseerd en toen was ongeveer de helft verdwenen. Dat patroon bleek consistent, want over de periode 1994-2003 overleefde gemiddeld de helft van de nieuwe mosselzaadbanken de eerste winter (Steenbergen et al., 2006).

In dezelfde periode werd steeds dringender de vraag gesteld bij welk areaal de mosselpopulatie als hersteld zou kunnen worden beoordeeld. Het aanwezige areaal vóór 1989 zou daarvoor maatgevend kunnen zijn. Maar hoeveel dat was bleek lastig te beantwoorden, omdat van de periode voorafgaand aan de jaarlijkse schelpdierinventarisaties geen gebiedsdekkende langjarige gegevens voorhanden waren.

## Schatting van het vroegere areaal

Voor het litoraal bestaat de best beschikbare informatie over de periode voor aanvang van de jaarlijkse monitoring in 1994 uit een schatting door Dijkema et al. (1989). Zij publiceerden een kaart van de hele Waddenzee, gemaakt op basis van luchtfoto's in de periode 1969-1976. Voor het jaar 1976 werd een areaal van 4.183 hectare geschat voor het Nederlandse deel. De samenstelling van deze banken werd niet gecontroleerd en was dus onbekend. Om hier toch een beeld van te krijgen onderzocht Van Stralen (2002) zaai- en dagboeken van kwekers en visserij-opziers en andere informatiebronnen uit de periode na 1955. Hij concludeerde dat ca. 60-70% van het areaal dat Dijkema in kaart had gebracht, uit mosselbanken bestaan moest hebben. Ook Dankers et al. (2003) onderzochten de werkwijze van Dijkema et al. (1989). Zij vergeleken zijn resultaten met informatie uit luchtfoto's en andere bronnen en schatten dat het areaal in de periode 1971-1982 heeft gevarieerd tussen 1.000 en 5.600 hectare. Het beleids-streefbeeld van 2.000 tot 4.000 hectare zoals geformuleerd door het ministerie van LNV in 1999 (LNV, 1999) is in lijn met deze schattingen.

Om ook voor het sublitoraal inzicht te krijgen in de omvang van het mosselbestand vóór 1992 heeft Van Stralen (2002) oude visserijgegevens geanalyseerd. Dit betrof vangstgegevens van de mosselzaadvisserij in de periode van 1955 (start mosselkweek op de Waddenzee) tot 1992, en resultaten van inventarisaties die de kwekers samen met visserijopziers uitvoerden. Hoewel dit niet toereikend was om kwantitatieve bestandsschattingen te kunnen maken, kon uit de gegevens wel opgemaakt worden wanneer er goede zaadvallen waren geweest. In het sublitoraal van de westelijke Waddenzee was dat, net als tegenwoordig, gemiddeld ongeveer eens in de twee jaar en op de platen van de oostelijke Waddenzee gemiddeld eens in de vier jaar.

---

## Jaren '00: Beleidsbesluit Schelpdiervisserij en Natura 2000

In 2004 werd in het hernieuwde Beleidsbesluit Schelpdiervisserij (LNV, 2004) geconcludeerd dat het doel van 2.000-4.000 hectare droogvallende mosselbanken inmiddels was bereikt. Dat voorjaar bedroeg het totale areaal aan mosselbanken 2.500 hectare (Figuur 4). In de volgende jaren nam het areaal geleidelijk af en in 2007 zakte het onder de 2.000 hectare. In 2008 nam het areaal verder af naar 1.300 ha. Dat jaar werd de Waddenzee aangewezen als Natura 2000 gebied. In die systematiek genieten mosselbanken geen bescherming op zichzelf, maar ze worden wel gezien als een belangrijk kenmerk van een goede structuur en functie van habitattypen 1140A (slik- en zandplaten in het getijdengebied). Welke elementen in ieder Natura 2000 habitattypen van belang zijn en bescherming nodig hebben, wordt beschreven in het Profiel: een document dat richtinggevend is voor de beheerplannen. In het Profiel van habitattypen H1140A (2008) werd de conclusie getrokken dat biogene structuren zoals mosselbanken nog niet hersteld waren van de afname in de jaren '80.

### De terugkeer van mosselen blijft achter in het westen

Inmiddels was duidelijk dat de terugkeer van mosselbanken op droogvallende platen in de westelijke Waddenzee achterbleef bij het oosten. In de tijd van Dijkema lag 30% van de mosselbanken in de westelijke Waddenzee. Na de eerste grote zaadval van 1994 lag dat percentage vijf jaar lang rond de 41%, maar in 2000 zakte het onder de 9% als gevolg van nieuwe zaadvallen die zich vooral in het oostelijke deel voordeden. Ook de volgende grote zaadval in de zomer van 2001 leidde tot een grote toename op het oostelijk wad (in Figuur 3 zichtbaar in het voorjaar van 2002), maar in het westen bleef nieuwe aanwas grotendeels uit.

### Maatschappelijke discussie over sublitorale visserij leidt tot convenant

Over de mosselzaadvisserij, die nog wel was toegestaan in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee, kwamen de mosselsector en natuurorganisaties met elkaar in botsing. In een zaak die was aangespannen door natuurorganisaties<sup>1</sup>, oordeelde de Raad van State in 2008 dat de vergunning voor de najaarsvisserij in 2006 onrechtmatig was verleend (Smaal et al., 2013). Volgens de Natuurbeschermingswet mogen activiteiten in de Waddenzee alleen vergund worden als er redelijkerwijs geen twijfel bestaat over het optreden van significante effecten op de natuurdoelen, gebaseerd op de best beschikbare kennis. Om resterende leemtes in deze kennis in te vullen, was in 2006 het PRODUS<sup>2</sup> onderzoek opgestart. Hierin werden de effecten van mosselzaadvisserij op de sublitorale natuurwaarden van de westelijke Waddenzee onderzocht. Omdat het onderzoek ten tijde van de uitspraak nog niet was afgerond, vond de rechter dat twijfels over eventuele effecten onvoldoende weggenomen konden worden. Uit voorzorg had in 2006 dus geen vergunning verleend mogen worden. In 2008 leidde een tussentijdse evaluatie van PRODUS tot een aanscherping van de onderzoeksaanpak en verlenging met twee jaar (Smaal et al., 2013). Uiteindelijk zouden de PRODUS-uitkomsten leiden tot de verlening van vergunningen die juridisch wél houdbaar waren.

In het najaar van 2008 werd het "Convenant transitie mosselsector en natuurherstel Waddenzee" gesloten tussen de mosselsector, natuurbeschermingsorganisaties en de Rijksoverheid, met als doel een einde te maken aan de rechtszaken en de onzekerheid die dit teweegbracht. Hierin werd onder andere afgesproken dat de mosselsector geleidelijk zou overgaan van traditionele visserij op natuurlijke mosselzaadbanken naar alternatieve methoden om mosselzaad in te winnen als grondstof voor de mosselkweek (Jansen et al., 2012; Smaal et al., 2013). Parallel aan een stapsgewijze opschaling van inwinning met MZI's (mosselzaad invang installaties) wordt de bodemvisserij stapsgewijs afgeschaald middels het instellen van gesloten gebieden. Daarnaast werden uit een initiatief van de Vereniging Kust & Zee en met subsidie van het Waddenfonds en andere partijen twee grote onderzoeksprojecten geboren: Mosselwad en Waddensleutels.

---

<sup>1</sup> Vogelbescherming, Waddenvereniging, Natuurmonumenten en Stichting Wad

<sup>2</sup> PROject DUurzame Schelpdiercultuur

---

## Onderzoeksprojecten PRODUS en MEGMA

In het PRODUS-onderzoek is onderzocht welk effect de mosselzaadvisserij heeft op de ontwikkeling van natuurlijke sublitorale mosselbanken (Smaal et al., 2021). Hieruit blijkt dat mosselbanken door de visserij worden uitgedund. Ze worden niet volledig opgevist, mede omdat de vismethode daarvoor niet efficiënt genoeg is. Na de visserij blijven er genoeg mosselen liggen om zich verder te kunnen ontwikkelen tot een mosselbank, wanneer de natuurlijke omstandigheden daarvoor gunstig zijn. Ook door natuurlijke factoren zoals predatie (vooral door zeesterren), stroming en golfwerking kunnen dichtheden in de banken afnemen en kunnen banken zelfs geheel verdwijnen (Troost et al., 2022a). Hierdoor is na de mosselzaadvisserij in het najaar, wanneer alleen wordt gevist op banken die van nature een kleine kans hebben om de eerste winter te overleven (de 'instabiele' banken), een verschil in dichtheid tussen beviste en onbeviste banken al snel niet meer te detecteren. In het voorjaar mogen ook banken op de meer stabiele plekken bevist worden. Het effect van bevissing is dan gemiddeld nog twee jaar aantoonbaar, waarna het ook daar weer verdwijnt door de grote invloed van natuurlijke factoren op zowel de onbeviste als beviste banken (Smaal et al., 2021).

Een steeds groter deel van de westelijke Waddenzee is gesloten voor mosselzaadvisserij, als onderdeel van de afspraken in het Mosselconvenant (Jansen et al., 2012). Hoewel dat bescherming biedt tegen visserij, hebben andere sterfte-oorzaken nog steeds vrij spel. In een recente modellering van de habitatgeschiktheid voor mosselen in het sublitoraal vonden Van der Meer et al. (2025) dat het voorkomen van mosselbanken in belangrijke mate bepaald wordt door het zoutgehalte en golfwerking (orbitaalsnelheid). Waarschijnlijk worden mosselen bij lage zoutgehaltes beperkt door fysiologische effecten en bij hoge zoutgehaltes door predatie door zeesterren (zie ook Troost et al., 2022a). Daarnaast heeft het frequent baggeren van geulen een aantoonbaar negatief effect en konden effecten van garnalenvisserij niet worden aangetoond in deze correlatieve studie (Van der Meer et al., 2025). Deze resultaten illustreren dat ook in de gesloten gebieden banken snel weer kunnen verdwijnen, afhankelijk van hun ligging (zie ook Van Stralen en Troost, 2021). Welk effect de gebiedssluitingen op de langere termijn hebben op de ontwikkeling van natuurlijke mosselbanken, wordt sinds 2015 onderzocht in het MEGMA-onderzoek (Monitoring Effectiviteit Gebiedsbeschermende Maatregelen) in opdracht van het ministerie van LNV. Tot op heden heeft dit onderzoek, na tien jaar monitoring, nog geen significante effecten van de gebiedssluiting kunnen aantonen op de bodemdiergemeenschap (Craeymeersch et al., 2025; Troost et al., 2019a). Dit kan van alles betekenen. Wellicht worden eventuele effecten pas na nog langere tijd zichtbaar, of de effecten zijn zo gering dat ze bij de invloed van natuurlijke factoren in het niet vallen (Troost et al., 2019c).

Volgens Meijer et al. (2024) komt de gebiedsbescherming in de Waddenzee ruimtelijk niet overeen met waar de biodiversiteits-hotspots liggen. In deze Waddenmozaïek studie zijn alle gebiedssluitingen meegenomen, waaronder die voor de mosselzaadvisserij die in het MEGMA programma gemonitord worden. Wat echter niet in de studie is meegenomen, is de biodiversiteit binnen mossel- en oesterbanken. De biodiversiteits-hotspots zijn verkregen uit een analyse van data uit de SIBES en SUBES monitoringscampagnes, waarvan bekend is dat de gebruikte monstertechnieken niet geschikt zijn voor het bemonsteren van dichte schelpdierbanken. Mossel- en oesterbanken zijn in de analyse dus niet meegenomen. In een andere studie geven Meijer et al. (2022) dit zelf ook aan, maar in de studie uit 2024 wordt het ontbreken van gegevens over schelpdierbanken niet nader toegelicht. Omdat mossel- en oesterbanken belangrijke biodiversiteits-hotspots vormen (Christianen et al., 2017; Dittmann, 1990; Markert et al., 2009; Saier, 2002) zijn de conclusies van Meijer et al. (2024) niet te trekken op basis van alleen de SIBES- en SUBES data. Aan de totstandkoming en de opzet van de voor mosselzaadvisserij gesloten gebieden is een afgewogen proces voorafgegaan (Van Stralen, 2014; Craeymeersch et al., 2022, 2025). Bij het sluiten van gebieden in het kader van het Mosselconvenant is kennis uit de langjarige monitoring over de ligging van meerjarige mosselbanken, of de kans daarop, vanwege hun hoge natuurwaarde leidend geweest. Ook is de verspreiding van overige soorten en de totale soortenrijkdom meegewogen (zie ook Troost et al., 2019b). Uit het MEGMA onderzoek blijkt, niet onverwacht gezien de selectiecriteria voor de gesloten gebieden, dat het merendeel van de meerjarige mosselbanken binnen de grenzen van de gesloten gebieden ligt. Hieruit volgt dat mosselbanken als biodiversiteits-hotspots meer beschermd zijn, als gevolg van de gebiedssluitingen. De mismatch tussen de ligging van gesloten gebieden en biodiversiteitshotspots zoals beargumenteerd door Meijer et al. (2024) gaat hier dus niet op. Daarnaast is het onduidelijk hoe het ontbreken van mossel- en oesterbanken doorwerkt in hun conclusies over gebiedssluitingen voor andere activiteiten. Om een volledig beeld te krijgen van de biodiversiteitshotspots in het sublitoraal van de Waddenzee is een gecombineerde aanpak nodig, waarbij alle

---

beschikbare data (SIBES/SUBES en de monitoring van mossel- en oesterbanken door WMR) geanalyseerd worden.

## Onderzoeksprojecten Mosselwad en Waddensleutels

Mosselwad startte in 2009 en onderzocht welke factoren sturend zijn voor de ontwikkeling van natuurlijke mosselbanken op de droogvallende platen en in het sublitoraal (Dankers & Fey-Hofstede, 2015). Ook werd geëxperimenteerd met de aanleg van een mosselbank. In Waddensleutels, dat in 2010 van start ging, zijn verschillende manieren getest om mosselbanken aan te leggen en van nature te helpen ontstaan, bijvoorbeeld door het aanbieden van verschillende typen ondergrond (Van der Heide et al., 2012). Zo is er kleinschalig geëxperimenteerd met kokosmatten en structuren gemaakt van Solanyl, een biopolymeer op basis van aardappelzetmeel dat biologisch afbreekbaar is (Temmink et al., 2021).

Het aanleggen van levensvatbare mosselbanken is lastig. Die conclusie werd unaniem getrokken uit beide projecten, waarin men ieder voor een andere aanpak had gekozen. Mosselwad had het grootschalig willen aanpakken door in de westelijke Waddenzee één of meerdere banken aan te leggen met elders opgevist mosselzaad. Het mosselzaad dat daarvoor nodig was, was in de eerste jaren van het onderzoek onvoldoende voorradig. Pas in augustus 2013 kon een bank worden aangelegd op het Balgzand, met mosselzaad dat was opgevist uit het sublitoraal. Eind oktober werd de bank grotendeels weggevaagd tijdens een najaarsstorm. Of de aanleg beter geslaagd zou zijn als andere keuzes waren gemaakt, blijft gissen. In ieder geval paste deze ervaring in een lange reeks met aanlegpogingen die sinds 1952 in de Nederlandse en Duitse Waddenzee, de Oosterschelde, het Verenigd Koninkrijk en Ierland waren ondernomen (Dankers & Fey-Hofstede, 2015). Hoewel al deze pogingen niet leidden tot de aanleg van mosselbanken die langere tijd bleven bestaan, zijn er veel lessen uit geleerd. Zo kon Mosselwad worden afgesloten met een handboek met aanbevelingen voor eventuele nieuwe pogingen (Dankers & Fey-Hofstede, 2015). Ook de kleinschalige proeven van Waddensleutels, met verschillende ondergronden en structuren, leidden niet tot een succesvolle aanleg van mosselbanken. Dat de experimenten tegen de verwachting in faalden, had te maken met een onderschatting van de natuurlijke dynamiek waardoor structuren en/of de aangehechte mosselen al kort na aanleg verdwenen. Een hypothese daarbij was dat sublitorale mosselen, die voor de experimenten gebruikt werden, minder goed waren aangepast aan de extremere omstandigheden op de droogvallende platen (De Paoli et al., 2015; Van der Heide et al., 2012).

## Jaren '10: visies van wetenschappers lopen uiteen

In het themanummer "Waddenzee" van De Levende Natuur (113e jaargang, nummer 3, mei 2012) kwam tot uiting dat wetenschappers sterk van mening verschillen over nut en noodzaak tot aanleg van mosselbanken. Dit blijkt onder andere uit de bijdrage van Nijland (2012), waarvoor twee hoogleraren geïnterviewd waren: Prof. Tjisse van der Heide en Prof. Jaap van der Meer, en uit de bijdrage van Van der Heide et al. (2012).

Van der Heide benoemde hierin droogvallende mosselbanken als grotendeels verdwenen. Dat mosselen nog wel voorkwamen in het sublitoraal betekende volgens hem dat de mosselen zich nog wel voortplantten, maar dat desondanks de vorming van nieuwe droogvallende mosselbanken niet goed wilde lukken. In meer dan tien jaar tijd waren er slechts twee goede broedvallen geweest, namelijk in 2001 en 2003. Daardoor was er weliswaar herstel opgetreden in het oosten, maar in het westen bleef dit nog uit. Refererend aan Eriksson et al. (2010) argumenteerde hij dat dit waarschijnlijk te wijten was aan bodemberoerende visserij-activiteiten in het verleden, waardoor de ondergrond de benodigde stabiliteit verloren had. Zonder een handmatig zetje de goede richting op, zouden mosselbanken zich niet kunnen herstellen. Van der Heide zag de aanleg van banken als een noodzakelijk zetje, waarna de mosselbanken zichzelf weer in stand zouden kunnen houden.

Hierbij wordt voor de volledigheid opgemerkt dat de ontwikkeling van de mosselpopulatie zoals weergegeven door Eriksson et al. (2010) niet overeen komt met de resultaten uit de WOT monitoring (Ens et al., 2004; Goudswaard et al., 2009; Steenbergen et al., 2006; Figuur 4) die door Eriksson et al. (2010) niet gebruikt zijn. In de WOT tijdreeks schommelt het areaal in de periode 2002-2007 rond de 2.000 ha terwijl Eriksson et

---

al. (2010) een plotselinge sterke afname rond 1990 laten zien, waarna het areaal zich niet meer herstelt. Voor hun schatting van de afname baseren zij zich op Beukema en Cadée (1996), die voor het Balgzand beschreven dat alle mosselbanken in 1990 verwijderd werden nadat er drie jaar op rij geen rekrutering was geweest. Voor hun schatting van het mosselbestand voor en na de afname baseerden Eriksson et al. (2010) zich op overheidsrapporten uit de periodes 1972-1975 en 2007-2008, die niet nader gespecificeerd zijn. Voor het jaar 2009 noemen ze een mosselbank areaal van 157 hectare, zonder hiervoor een bron te geven. Deze waarde is aanzienlijk lager dan het oppervlak zoals dat uit de jaarlijkse WOT inventarisatie blijkt (1.500 ha in 2009 waarvan 1.000 ha pure mosselbank en 500 ha gemengd; [https://wvshiny.wur.nl/schelpdiermonitor\\_banken/](https://wvshiny.wur.nl/schelpdiermonitor_banken/)). Waarom Eriksson et al. (2010) geen gebruik hebben gemaakt van deze gegevens is onduidelijk.

Het geschetste beeld dat het slecht zou gaan met de mosselpopulatie werd niet gedeeld door Van der Meer (Nijland, 2012). Hij legde uit dat bij schelpdieren de aanwas voor een groot deel de omvang van de populatie bepaalt. Voor herstel heb je dus die momenten van aanwas nodig, die van nature zeldzaam zijn. Zo waren er in de periode 1970-1990 maar twee echt goede jaren geweest. Volgens hem was het een kwestie van geduld hebben. Van der Meer baseerde zijn uitspraken op verscheidene publicaties, die aantonen dat de variabiliteit in aanwas onder mosselen en andere soorten schelpdieren van nature heel groot is, ook al in de jaren '70 en '80 (Beukema et al., 2001; Brinkman et al., 2002; Van der Meer et al., 2001; Van der Meer et al., 2019). De mosselpopulatie op de droogvallende platen kende ook al grote fluctuaties in de periode 1949-1988, als gevolg van strenge winters, ijsgang (zoals in 1963 toen vrijwel alle mosselbanken verdwenen), doorgaande bevissing en het uitblijven van nieuwe aanwas na milde winters (Dankers & Koelemaij, 1989).

Hoewel er meer succesvolle zaadvallen waren geweest dan genoemd door Van der Heide et al. (2012), namelijk naast 2001 en 2003 in diezelfde periode ook in 1994, 1996 en 1999 (Ens et al., 2004), spraken ook Beukema en Dekker hun zorgen uit over het langzame herstel na 1990 (Beukema & Dekker, 2007). Zij schreven niet uit te kunnen sluiten dat het wegvissen van harde substraten hieraan had bijgedragen, maar vermoedden vooral een effect van het minder frequent optreden van strenge winters. De theorie hierachter is dat predatoren zoals garnalen en krabben na strenge winters later in het voorjaar terugkeren vanuit de diepere geulen op de wadplaten dan na milde winters, waardoor het schelpdierbroed tegen de tijd dat deze predatoren op de wadplaten verschijnen al te groot zijn om opgegeten te worden (referenties in Beukema & Dekker, 2020; Beukema et al., 2001). Van der Heide et al. (2014) toonden in hun experimenten aan dat harde structuren een belangrijke rol spelen in het rekruteringssucces van mosselen. Zij concludeerden echter ook dat bodemberoerende visserijactiviteiten (zoals mechanische kokkelvisserij) de bodem kunnen destabiliseren en harde structuren kunnen verwijderen, wat de rekrutering van schelpdieren negatief zou beïnvloeden. Deze laatste conclusie — dat visserijactiviteiten de oorzaak zijn van de afname in harde structuren — is niet direct gebaseerd op hun eigen experimenten, maar op de studie van Piersma et al. (2001), die een afname in harde structuren en veranderingen in sedimentsamenstelling na visserij beschreef. Deze studie komt later in voorliggend rapport nog terug omdat de conclusies die hierin getrokken worden recent ter discussie zijn gesteld (Beukema, 2023; Van der Meer & Folmer, 2023). Daarnaast bediscussieerden Van der Heide et al. (2014) de mogelijkheid van een samenhangend effect van de afname in harde structuren enerzijds en de toenemende dichtheden van garnalen en ook strandkrabben (Tulp et al., 2012) anderzijds.

## 2016: omvangrijke broedval – “actief herstel niet meer nodig”

In de zomer van 2016 vond een omvangrijke broedval plaats. De meerderheid van de nieuwe mosselbanken had zich deze keer in het westen gevestigd. In het voorjaar van 2017 lag hier 48% van het totale areaal aan schelpdierbanken. Er kon in totaal 3.700 hectare aan mosselbanken worden ingetekend, waarvan 2.650 hectare bestond uit pure mosselbanken (zonder Japanse oesters). Dat de meeste banken geen lang leven beschoren was, bleek al uit eerdere studies (Dankers & Koelemaij, 1989; Steenberg et al., 2006) en werd in 2019 bevestigd door Van der Meer et al. (2019). Op basis van een overlevingsanalyse met de resultaten uit de WOT tijdreeks toonden zij aan dat mosselbanken, nadat ze hun eerste winter overleefd hebben, gemiddeld nog drie jaar blijven liggen alvorens te verdwijnen. Pas na vijf jaar nemen de kansen op langdurige overleving aanzienlijk toe. Dat het areaal na 2017 geleidelijk weer afnam, viel dus te verwachten. Van der Meer et al. (2019) maakten zich geen zorgen en concludeerden dat het areaal inmiddels niet

---

wezenlijk meer afweek van de periode vóór 1990. Een verdere toename naar grotere arealen dan eerder waargenomen was zelfs denkbaar, vanwege het stabiliserende effect van Japanse oesters in gemengde banken. Grootschalige herstelprojecten waren volgens hen dus niet meer nodig.

## Recente onderzoeksprojecten gericht op mosselbank herstel

In 2018 startte het onderzoeksproject Waddenmozaïek en in 2022 het project Bouwen met Biobouwers. Uit publicaties voortkomend uit deze onderzoeksprojecten blijkt dat de auteurs het niet eens zijn met de stelling van Van der Meer et al. (2019) dat actief ingrijpen in de mosselpopulatie niet meer nodig is. Zo richt Bouwen met Biobouwers zich nog steeds op actief herstel van mosselbanken vanwege hun belangrijke rol in het ecosysteem "omdat ze sterk zijn afgenomen in kwaliteit en oppervlak" (Temmink et al., 2022). Om dit te onderbouwen wordt wel verwezen naar Eriksson et al. (2010) en niet naar de recentere analyse van Van der Meer et al. (2019).

Witte (2025) stelt in een recente publicatie van Waddenmozaïek dat het herstel van litorale mosselbanken pas op gang is gekomen na het verbod op mechanische kokkelvisserij in 2004, wat een mogelijk oorzakelijk verband tussen deze twee factoren suggereert. Deze suggestie wordt verder niet onderbouwd en er wordt niet gerefereerd aan de conclusies uit het EVA-II onderzoek naar de effecten van de mechanische kokkelvisserij op de populaties van kokkels en mosselen waarin een mogelijk verband is onderzocht maar niet gevonden (Ens et al. 2004). Ook wordt geen aandacht gegeven aan recente studies die een tegenovergestelde conclusie trekken. Zo concludeerden Van der Meer et al. (2019) dat de mosselpopulatie in de Waddenzee inmiddels voldoende is hersteld en dat grootschalige herstelprogramma's niet langer nodig zijn. Witte (2025) kwalificeert de populatie als 'herstellend', maar niet als 'hersteld' en verwijst niet naar Van der Meer et al. (2019), ondanks dat deze studie relevant is voor haar stelling

Ook voor sublitorale mosselbanken blijft de noodzaak tot herstel actueel volgens Witte (2025), die zich baseert op een studie uit 2013 waaruit een sterke afname in het jaar 2008 ten opzichte van de periode 1981-1982 blijkt (Dekker & Drent, 2013). Uit alle publicaties die sindsdien zijn verschenen en uit de tijdreeksen die online geraadpleegd kunnen worden op de Schelpdiermonitor<sup>3</sup> blijkt dat de omvang van de sublitorale mosselpopulatie sterk varieert van jaar tot jaar, dat 2008 een arm jaar was, maar dat over de periode 1992-2024 geen duidelijke toe- of afname zichtbaar is (Steins et al., 2024; Troost et al., 2019b, 2022a, 2023). Het is niet duidelijk waarom Witte deze publicaties niet geraadpleegd heeft.

## Waarom herstel nodig zou zijn

Omdat meerdere auteurs verwijzen naar Eriksson et al. (2010) om te onderbouwen dat de mosselpopulatie is afgenomen en zich onvoldoende heeft hersteld, verdient deze publicatie een nadere beschouwing. Eriksson et al. (2010) analyseerden trends van primaire producenten en bodemdieren in de Waddenzee in het licht van enkele grootschalige menselijke ingrepen. Zij observeerden een afname in de omvang van schelpdierpopulaties (maar zie de eerdere kritische kanttekening) en weten dit aan een achterblijvende rekrutering als gevolg van lange-termijn verandering in het sediment, veroorzaakt door vroegere bodemberoerende visserij-activiteiten waaronder met name de mechanische kokkelvisserij. Voor deze hypothese baseerden zij zich volledig op de resultaten en conclusies van Piersma et al. (2001).

Piersma et al. (2001) documenteerden veranderingen in schelpdieren en de sedimentsamenstelling rond Griend, gedurende elf jaar na een plaatselijk grootschalige visserij door mechanische kokkelvisserij in 1988 en na het weghalen van mosselbanken door mosselkwekers in de periode 1989-1991. De verandering in sedimentsamenstelling (een vergroving door verlies van de fijnere fracties) ging gepaard met het uitblijven van rekrutering van schelpdieren gedurende meerdere jaren. Pas in 1994 werd de sedimentsamenstelling beschouwd als hersteld. Op basis van deze observaties werd een grootschaliger onderzoek opgetuigd om de effecten van mechanische kokkelvisserij op de rekrutering van schelpdieren te onderzoeken. Hierbij werd gebruik gemaakt van bestaande datasets, verzameld op verschillende locaties verspreid door de hele

---

<sup>3</sup> <https://www.wur.nl/en/research/products-services/shellfish-monitor>

---

Waddenzee. Hieruit concludeerden de onderzoekers dat de veranderingen in sedimentsamenstelling als gevolg van mechanische kokkelvisserij een langdurig negatief effect hadden op de rekrutering van de kokkel (*Cerastoderma edule*). Voor het nonnetje (*Macoma balthica*) waren de resultaten niet significant en de mossel maakte geen deel uit van de analyse, maar komt wel voor in de bredere discussie over de stabiliserende effecten op het ecosysteem door biobouwers.

Eriksson et al. (2010) (en later ook Van der Heide et al. (2014)) hebben de resultaten en conclusies van Piersma et al. (2001) betreffende de rekrutering van kokkels toegepast op een bredere groep schelpdieren, waaronder mosselen. De aanname hierbij is dat mosselen een zeker slibgehalte nodig hebben omdat dit de bodem stabiliseert, en voldoende hard substraat om zich aan vast te hechten. Omdat oudere mosselbanken zowel een stabiele ondergrond bieden, als een verhoogd slibgehalte door het vastleggen van slib uit de waterkolom in feces en pseudofeces, is een voldoende areaal aan oudere mosselbanken noodzakelijk voor een succesvolle rekrutering. Op basis van Eriksson et al. (2010) die zich weer baseert op Piersma et al. (2001) concluderen Van der Heide et al. (2014) dat er in de Waddenzee onvoldoende hard substraat aanwezig is als gevolg van visserij-activiteiten in het verleden. Vanuit deze redenatie is actief herstel middels het aanbieden van complexe harde structuren dus nodig om de mossel populatie weer op gang te helpen.

## Wetenschappelijke onderbouwing ontbreekt

Zoals hierboven beschreven voert de wetenschappelijke basis voor de noodzaak tot herstel voor een belangrijk deel terug op het werk van Piersma et al. (2001). Echter, in twee recente studies zijn diens conclusies bekritiseerd. Op basis van een uitgebreide literatuurstudie stelde Beukema (2023) dat Piersma et al. (2001) de effecten van mechanische kokkelvisserij op de sedimentsamenstelling op het schaalniveau van de hele Waddenzee hadden overdreven en hetzelfde geldt volgens Beukema (2023) voor de effecten op rekrutering. Hoewel Beukema zelf co-auteur is van de betreffende publicatie, schrijft hij in 2023 de conclusies niet meer te delen (Beukema, 2023). Van der Meer en Folmer (2023) hebben de analyse van Piersma et al. (2001) overgedaan, waarbij ze dezelfde datasets gebruikten waarover ook Piersma et al. (2001) de beschikking hadden gehad. Hun heranalyse leidde ertoe dat significante effecten op de rekrutering van kokkels niet meer aangetoond konden worden. Het verschil in uitkomst voert terug op de keuze van de selectie van te analyseren jaren door Piersma et al. (2001), waarbij niet duidelijk is hoe deze selectie tot stand is gekomen. In een reactie op Van der Meer en Folmer (2023) bestrijden Piersma et al. (2023) de uitkomsten van de heranalyse niet. Wel stellen ze dat dit niet betekent dat lange-termijn effecten van mechanische kokkelvisserij volledig uit te sluiten zijn. Zij zijn daarom van mening dat het verbieden van deze visserijvorm op grond van het voorzorgsprincipe geoorloofd was en blijft.

De kritiek op Piersma et al. (2001) en de heranalyse door Van der Meer en Folmer (2023) wijzen erop dat de claim dat de bodem van de Waddenzee ongeschikter is geworden voor de rekrutering van schelpdieren, zoals kokkels en mosselen, geen wetenschappelijke onderbouwing kent. Verdere studies zijn nodig om de langetermijneffecten van bodemberoerende activiteiten op de rekrutering van schelpdieren beter te begrijpen. Het is daarbij relevant om het schaalniveau in ogenschouw te nemen. Zoals Beukema (2023) beargumenteert vond de mechanische kokkelvisserij plaats op een zeer beperkt areaal in vergelijking tot de gehele Waddenzee. Het is moeilijk voor te stellen dat een dergelijke lokale activiteit, hoe intensief ook, van zo'n grote invloed is op het hele litoraal.

Tegen deze achtergrond is het opvallend dat zich in 2024 een recordhoeveelheid mosselzaad vestigde op de droogvallende platen van de Waddenzee, waaronder een areaal van meer dan 3.000 hectare op locaties waar sinds 1995 nooit eerder mossel- of oesterbanken waren waargenomen. Deze observatie duidt er op dat de wadbodem niet structureel ongeschikt is voor de vestiging van mosselzaad, en dat slibgehalte en hard substraat geen beperkende factoren vormen voor het ontstaan van banken op grote schaal.

---

## Toekomst: opschaling van herstelmaatregelen?

In zowel het project Bouwen met Biobouwers als Waddenmozaïek wordt opgeroepen tot opschaling van de geteste technieken om herstel of uitbreiding te bevorderen (Temminck et al., 2022; Witte, 2025). Zo schrijft Witte (Hoofdstuk 6) dat er weliswaar in recente jaren een omvangrijke zaadval is geweest (verwijzend naar de zomers van 2016 en 2024), maar dat de meerderheid hiervan de eerste winter niet overleefde door natuurlijke factoren (verwijzend naar Troost et al., 2022a). Hieruit wordt geconcludeerd dat grote zaadvallen dus niet per se leiden tot een massale vorming van nieuwe schelpdierbanken. Op basis hiervan adviseert Witte om de juveniele schelpdieren in zulke jaren te voorzien van een complexe matrix, zodat ze behoord kunnen worden voor predatie en stormen, waardoor de kans op rifvorming toeneemt. Het is belangrijk te beseffen dat het in dit voorstel niet gaat om herstel van natuurwaarden die door menselijk toedoen verloren zouden zijn gegaan, maar om een natuurlijk proces te stimuleren in een door de mens gewenste richting. Indien herstel naar een vroegere situatie het doel is, is een wetenschappelijke basis nodig die aangeeft wat er precies verloren is gegaan, wat de beperkende factoren zijn die een natuurlijke terugkeer naar die situatie verhinderen, en hoe die factoren opgeheven of gemitigeerd kunnen worden.

Wetenschappelijk gezien is het regelmatige 'falen' van de rekrutering een natuurlijk proces, dat past binnen de voortplantingsstrategie van mosselen en andere schelpdiersoorten die zich als soort moeten handhaven in een van nature dynamische omgeving als de Waddenzee. Schelpdieren produceren larven in overdaad, waarvan slechts een klein deel overleeft tot volwassenheid. Het succes van rekrutering is afhankelijk van meerdere omgevingsvariabelen, die op hun beurt beïnvloed kunnen worden door menselijke activiteiten. Als het streven is om de natuur zoveel mogelijk zijn gang te laten gaan en alle menselijke ingrepen zoveel mogelijk te minimaliseren, zou de menselijke invloed op sturende omgevingsvariabelen onderzocht moeten worden om deze vervolgens te minimaliseren. Hiervoor is doorgaans een lange adem en geduld nodig. Maatregelen waarbij actief sturend wordt ingegrepen zoals bijvoorbeeld door het aanbieden van kunstmatige structuren, beantwoorden meer aan de wens om snel een zichtbaar (maar onnatuurlijk) resultaat te bewerkstelligen.

Het aanbieden van meer structuur is in zekere mate al vervuld door de introductie van de Japanse oester. Met hun grote schelpen bouwen de oesters complexe structuren waartussen mosselen zich kunnen vestigen, waardoor hun overlevingskans toeneemt (Van der Meer et al., 2019; Waser et al., 2016). Hoe dit werkt, hebben Witte et al. (2025) aangetoond met uitgebreide veldexperimenten met 3D-geprinte structuren van bioplastic. Maar, hoewel 3D-geprinte structuren van bioplastic geschikt blijken voor het onderzoeken van mechanismen (Temminck et al., 2022; Witte, 2025; Witte et al., 2024), is het sterk de vraag of ze toegepast kunnen worden om het areaal aan banken verder te vergroten, zoals voorgesteld door Temminck et al. (2022) en Witte (2025). Het is moeilijk voor te stellen hoe dit in de praktijk zou werken, gezien de populatiedynamiek van mosselen. De onderzoekers geven hier zelf geen aanwijzingen voor. Het is daarmee niet duidelijk hoe de kennis opgedaan in deze experimenten praktisch toegepast kan worden als ondersteuning voor het beheer.

In tegenstelling tot de duurzame bedoeling blijkt uit onderzoek dat de afbraak van bioplastics in het mariene milieu tegenvalt (Miksch et al., 2022; Royer et al., 2023) en dat er microplastics bij vrijkomen (Apicella et al., 2024). Een paradox bij toepassing van dit materiaal is dat het weliswaar moet afbreken, maar niet voordat het zijn doel gediend heeft (Boersma, 2025). De eerder toegepaste BESE-elementen<sup>4</sup>, op basis van aardappelzetmeel, bleken te snel te versplinteren. Fragmenten hiervan, en soms nog geheel intacte elementen, worden nog steeds aangetroffen in de Waddenzee (Bravo Rebollo et al., 2025 en eigen observaties). Verdere tests worden gedaan met andere bio-afbreekbare materialen zoals PBSA<sup>5</sup>: poly(butyleensuccinaat-co-adipaat) waarbij de 'adipaat' toevoeging zorgt voor flexibiliteit maar nog vaak van fossiele herkomst is. Zorgen over een grootschalige toepassing van dergelijke materialen zijn dus gegrond, zeker in een natuurgebied als de Waddenzee dat wettelijk is beschermd als Natura 2000 gebied en onder de Kaderrichtlijn Water, die toeziet op de waterkwaliteit.

---

<sup>4</sup> <https://www.bese-products.com/>

<sup>5</sup> <https://www.nioz.nl/en/news/3d-printed-biodegradable-reef-mimics-nature>

---

# Discussie en conclusie

De grote jaarlijkse fluctuaties in mosselpopulaties, zoals beschreven in langjarige monitoringstudies, wijzen erop dat natuurlijke variatie (bijv. stormen, predatie, temperatuur, rekruteringsucces) een doorslaggevende rol speelt in de populatiedynamiek. De recordbroedval van 2024, waarbij meer dan 3.000 hectare aan nieuwe mosselbanken ontstond op locaties waar sinds 1995 geen banken zijn waargenomen, laat zien dat grote delen van de Waddenzee geschikt zijn voor het ontstaan van mosselbanken.

Dit roept de vraag op of het altijd passend is om te spreken van 'herstel' na een dieptepunt, of dat het gaat om natuurlijke toe- en afnamen binnen een dynamisch ecosysteem zoals de Waddenzee. Of er sprake is van 'herstel' hangt af van de oorzaak van het dieptepunt. Als een afname primair het gevolg is van natuurlijke factoren, is 'herstel' een minder passende term. Als menselijke activiteiten (zoals visserij) echter een doorslaggevende rol spelen in het dieptepunt, kan de term wel relevant zijn.

Ook in de toepassing van beheersmaatregelen is het belangrijk om te onderscheiden of er herstel beoogd wordt, of dat het gaat om natuurontwikkeling of natuurversterking. Herstel naar een vroegere situatie vraagt om een wetenschappelijke onderbouwing en aanpak met als vragen: 1) wat is er verloren gegaan, 2) waardoor komt dat en 3) in hoeverre en hoe kunnen we oorzaken wegnemen of mitigeren? Wanneer natuurontwikkeling of natuurversterking het uitgangspunt is gaat het om wensen zoals die voortkomen uit de maatschappelijke en politieke focus op dat moment. De uitkomsten van wetenschappelijk onderzoek zijn dan vooral ondersteunend om wensen te realiseren en niet sturend zoals bij een herstelopgaven. In een recent artikel over de toepassing van artificiële substraten ten gunste van natuurontwikkeling wijzen ook Degraer et al. (2026) op het verschil tussen 'restoratieve' en 'creatieve' ontwerpen. Het doel van restoratieve ontwerpen is herstel naar een situatie die verloren is gegaan. Creatieve ontwerpen zijn bedoeld om de natuur te stimuleren naar een situatie 'voorbij het natuurlijke'. In dit laatste schuilen volgens de auteurs risico's, die vaak onderbelicht worden. De oproep van Degraer et al. (2026) is dan ook om met creatieve ontwerpen (met name artificiële substraten) terughoudend te zijn; zorgvuldig en klimaatbestendige en ecologisch zinvolle doelen te formuleren die gericht zijn op ecosysteem functioneren in plaats van biodiversiteit of specifieke soorten; effecten van ingrepen systematisch te monitoren; expliciet een afweging te maken van kosten, baten en risico's, ook in relatie tot klimaat- en langetermijneffecten en om heldere definities te hanteren om misverstanden en greenwashing te voorkomen.

---

# Geciteerde literatuur

- Apicella, A., Malafeev, K.V., Scarfato, P., Incarnato, L., 2024. Generation of Microplastics from Biodegradable Packaging Films Based on PLA, PBS and Their Blend in Freshwater and Seawater. *Polymers* 16:2268.
- Beukema, J.J., 2023. Well-founded and supposed negative effects of cockle dredging on tidal-flat sediment and fauna: A review of contributions of ecological research. *Journal of Sea Research* 194: 102408.
- Beukema, J.J., Dekker, R., 2007. Variability in annual recruitment success as a determinant of long-term and large-scale variation in annual production of intertidal Wadden Sea mussels (*Mytilus edulis*). *Helgoland Marine Research* 61, 71-86.
- Beukema, J.J., Dekker, R., 2020. Half a century of monitoring macrobenthic animals on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series* 656, 1-18.
- Beukema, J.J., Dekker, R., Essink, K., Michaelis, H., 2001. Synchronized reproductive success of the main bivalve species in the Wadden Sea: causes and consequences. *Marine Ecology Progress Series* 211, 143-155.
- Boersma, M.W., 2025. Unravelling the biodegradability of novel epibenthic ecosystem restoration structures and its effect on sediment dynamics in salt marshes. Master's Thesis Sustainable Development – 45 ECTS Environmental Change and Ecosystems, Utrecht University.
- Bravo Rebolledo, E.L., Haringa, J., Dijkstra, A.R., 2025. Zwerfafvalmonitoring Waddenzee 2024. Waardenburg Ecology, Culemborg. Rapport 25-155.
- Brinkman, A.G., Dankers, N., Van Stralen, M.R., 2002. An analysis of mussel bed habitats in the Dutch Wadden Sea. *Helgoland Marine Research* 56, 59-75.
- Christianen, M.J.A., Van der Heide, T., Holthuijsen, S.J., Van der Reijden, K.J., Borst, A.C.W., Olf, H., 2017. Biodiversity and foodweb indicators of community recovery in intertidal shellfish reefs. *Biological Conservation* 213, 317-324.
- Craeymeersch, J.A., Troost, K., Van den Ende, D., Van Es, Y., Van Asch, M., Perdon, K.J., Glorius, S., Van Stralen, M.R., 2022. Ontwikkeling van bodemdieren in de voor mosselzaad- en garnalenvisserij gesloten gebieden in de westelijke Waddenzee : Evaluatie na zeven jaar monitoring (2015-2021). Wageningen Marine Research. Rapport C046/22.
- Craeymeersch, J.A., Troost, K., Van den Ende, D., Van Zweeden, C., 2025. Ontwikkeling van bodemdieren in de voor mosselzaad- en garnalenvisserij gesloten gebieden in de westelijke Waddenzee (2015-2024). Wageningen Marine Research. Rapport C080/25.
- Dankers, N., Fey-Hofstede, F., 2015. Een zee van Mosselen. Handboek ecologie, bescherming, beleid en beheer van mosselbanken in de Waddenzee. Lisse. ISBN 978-90-815248-2-7.
- Dankers, N., Koelemaij, K., 1989. Variations in the mussel population of the Dutch Wadden Sea in relation to monitoring of other ecological parameters. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 43, 529-535.
- Dankers, N., Meijboom, A., Cremer, J., Dijkman, E.M., Hermes, Y., te Marvelde, L., 2003. Historische ontwikkeling van droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee. Wageningen UR. Alterra-report 876 (EVA-F6 report).
- De Paoli, H., Van de Koppel, J., Van der Zee, E.M., Kangeri, A.K., Van Belzen, J., Holthuijsen, S., Van den Berg, A., Herman, P.M.J., Olf, H., Van der Heide, T., 2015. Processes limiting mussel bed restoration in the Wadden Sea. *Journal of Sea Research* 103, 42-49.
- De Vlas, J., Brinkman, A.G., Buschbaum, C., Dankers, N., Herlyn, M., Kristensen, P.S., Millat, G., Ruth, M., Steenbergen, J., Wehrmann, A., 2005. Intertidal Blue Mussel Beds. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.
- Degraer, S., Cornacchia, L., Ziemba, A., Agardy, T., Van den Burg, S.W.K., Van de Braak, K., Van Duren, L.A., Declercq, A., Eggermont, M., Van Gerven, A., Kerkhove, T.R.H., Moulaert, I., Patel, T., Petersen, J.K., Poelman, M., Stratigaki, V., Strothotte, E., Vanaverbeke, J., El Serafy, G., 2026. Rethinking the responsible application of nature-inclusive design in marine infrastructure to restore ecosystems and enhance biodiversity. *ICES Journal of Marine Science* (in press.).
- Dekker, R., Drent, J., 2013. The macrozoobenthos in the subtidal of the western Dutch Wadden Sea in 2008 and a comparison with 1981-1982. Koninklijk NIOZ, rapport 2013-5.

- Dijkema, K.S., Van Tienen, G., Van Beek, J.G., 1989. Habitats of the Netherlands, German and Danish Wadden Sea. Research Institute for Nature Management (RIN), Texel / Veth Foundation.
- Dittmann, S., 1990. Mussel beds - amensalism or amelioration for intertidal fauna? Helgoländer Meeresuntersuchungen 44, 335-352.
- Ens, B.J., Smaal, A.C., De Vlas, J., 2004. The effects of shellfish fishery on the ecosystems of the Dutch Wadden Sea and Oosterschelde : final report on the second phase of the scientific evaluation of the Dutch shellfish fishery policy (EVA II). Alterra rapport 1011, RIVO-rapport C056/04, RIKZ-rapport RKZ/2004.031.
- Eriksson, B.K., Van der Heide, T., Van de Koppel, J., Piersma, T., Van der Veer, H.W., Olf, H., 2010. Major Changes in the Ecology of the Wadden Sea: Human Impacts, Ecosystem Engineering and Sediment Dynamics. Ecosystems 13, 752-764.
- Folmer, E.O., Drent, J., Troost, K., Büttger, H., Dankers, N., Jansen, J.M., Van Stralen, M.R., Millat, G., Herlyn, M., Philippart, C.J.M., 2014. Large-Scale Spatial Dynamics of Intertidal Mussel (*Mytilus edulis* L.) Bed Coverage in the German and Dutch Wadden Sea. Ecosystems 17, 550-566.
- Goudswaard, K., Jansen, J.M., Van Zweeden, C., Kesteloo, J., Van Stralen, M.R., 2009. Het mosselbestand en het areaal aan mosselbanken op de droogvallende platen in de Waddenzee in het voorjaar van 2009. IMARES, Wageningen UR. Rapport C092/09.
- Jansen, J.M., Van Stralen, M.R., Kamermans, P., Sas, H., 2012. Mosseltransitie in de Waddenzee. De Levende Natuur 113, 113-115.
- Klopper, S., Bostelmann, A., Bregnballe, T., Busch, J.A., Buschbaum, C., Deen, K., Domnick, A., Gutow, L., Jensen, K., Jepsen, N., Luna, S., Meise, K., Teilmann, J., Van Wezel, A., 2022. Wadden Sea Quality Status Report. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.
- LNV, 1993. Vissen naar Evenwicht. Structuurnota Zee- en Kustvisserij. Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij, Den Haag.
- LNV, 1999. Beleidsbesluit Schelpdiervisserij Kustwateren 1999-2003. Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij, Den Haag.
- LNV, 2004. Ruimte voor een zilte oogst. Naar een omslag in de Nederlandse schelpdiercultuur. Beleidsbesluit Schelpdiervisserij 2005-2020. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag.
- Markert, A., Wehrmann, A., Kröncke, I., 2009. Recently established Crassostrea-reefs versus native Mytilus-beds: differences in ecosystem engineering affects the macrofaunal communities (Wadden Sea of Lower Saxony, southern German Bight). Biological Invasions. DOI 10.1007/s10530-009-9425-4.
- Meijer, K.J., 2025. Status quo or status faux: The conservation status of the subtidal Dutch Wadden Sea. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen.
- Meijer, K.J., Franken, O., Van der Heide, T., Holthuijsen, S., Visser, W., Govers, L.L., Olf, H., 2022. Characterizing bedforms in shallow seas as an integrative predictor of seafloor stability and the occurrence of macrozoobenthic species. Remote Sensing in Ecology and Conservation 9, 323-339.
- Meijer, K.J., Franken, O., Witte, S., Holthuijsen, S., Van der Heide, T., Govers, L.L., Olf, H., 2024. Hotspots in peril: Misalignment of conservation efforts and ecological values in a shallow coastal sea. People and Nature 7, 160-179.
- Miksch, L., Köck, M., Gutow, L., Saborowski, R., 2022. Bioplastics in the Sea: Rapid In-Vitro Evaluation of Degradability and Persistence at Natural Temperatures. Frontiers in Marine Science 9: 920293.
- Nehls, G., Witte, S., Büttger, H., Dankers, N., Jansen, J.M., Millat, G., Herlyn, M., Markert, A., Kristensen, P.S., Ruth, M., Buschbaum, C., Wehrmann, A., 2009. Beds of blue mussels and Pacific oysters. Thematic Report No. 11. Common Wadden Sea Secretariat. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Wilhelmshaven, Germany.
- Nijland, R., 2012. Geduld met de Waddenzee. "Het gaat heel goed met de schelpdieren". Interview met Jaap van der Meer. De Levende Natuur 113, 136-137.
- Piersma, T., Koolhaas, A., Dekinga, A., Beukema, J.J., Dekker, R., Essink, K., 2001. Long-term indirect effects of mechanical cockle-dredging on intertidal bivalve stocks in the Wadden Sea. Journal of Applied Ecology 38(5): 976-990.
- Royer, S.-J., Greco, F., Kogler, M., Deheyn, D.D., 2023. Not so biodegradable: Polylactic acid and cellulose/plastic blend textiles lack fast biodegradation in marine waters. PLoS ONE 18(5), e0284681.
- Saier, B., 2002. Subtidal and intertidal mussel beds (*Mytilus edulis* L.) in the Wadden Sea: diversity differences of associated epifauna. Helgoland Marine Research 56, 44-50.

- 
- Smaal, A.C., Craeymeersch, J.A., Drent, J., Jansen, J.M., Glorius, S., Van Stralen, M.R., 2013. Effecten van mosselzaadvisserij op sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee: samenvattend eindrapport. IMARES, Wageningen UR, rapport C006/13.
- Smaal, A.C., Brinkman, A.G., Schellekens, T., Jansen, J., Agüera, A., van Stralen, M.R., 2014. Ontwikkeling en stabiliteit van sublitorale mosselbanken, samenvattend eindrapport. IMARES Wageningen UR, Yerseke. Rapport C066/14.
- Smaal, A.C., Craeymeersch, J.A., Van Stralen, M.R., 2021. The impact of mussel seed fishery on dynamics of wild subtidal mussel beds in the western Wadden Sea, the Netherlands. *Journal of Sea Research* 167, 101978.
- Smaal, A.C., Van Stralen, M.R., Kersting, K., Dankers, N., 2003. De gevolgen van gecontroleerde bevissing voor bedekking en omvang van litorale mosselzaadbanken- een test van de 'Jan Louw' hypothese en van de mogelijkheden voor natuurbouw. RIVO-rapport C022/04: 1-93.
- Steenbergen, J., Baars, J.M.D.D., Van Stralen, M.R., Craeymeersch, J.A., 2006. Winter survival of mussel beds in the intertidal part of the Dutch Wadden Sea, in: Laursen, K. (Ed.), *Monitoring and Assessment in the Wadden Sea. Proceedings from the 11. Scientific Wadden Sea Symposium, Denmark, Esbjerg 4.-8. April, 2005* (Laursen, K. Ed.). NERI Technical Report No. 573, pp. 107-111.
- Steins, N., Jansen, H., Troost, K., Capelle, J., Schotanus, J., 2024. Mosselweek en effecten op natuur. Wageningen Marine Research. <https://doi.org/10.18174/680457>
- Temmink, R.J.M., Angelini, C., Fivash, G.S., Swart, L., Nouta, R., Teunis, M., Lengkeek, W., Didderen, K., Lamers, L.P.M., Bouma, T.J., Van der Heide, T., 2021. Life cycle informed restoration: Engineering settlement substrate material characteristics and structural complexity for reef formation. *Journal of Applied Ecology* 58(10): 2158-2170.
- Temmink, R.J.M., Fivash, G.S., Govers, L.L., Nauta, J., Marin-Diaz, B., Cruijssen, P.M.J.M., Didderen, K., Penning, E., Olf, H., Heusinkveld, J.H.T., Lamers, L.P.M., Lengkeek, W., Christianen, M.J.A., Reijers, V.C., Bouma, T.J., Van der Heide, T., 2022. Initiating and upscaling mussel reef establishment with life cycle informed restoration: Successes and future challenges. *Ecological Engineering* 175: 106496.
- Troost, K., Van Stralen, M.R., Van Zweeden, C., Brinkman, B., 2015. Ruimtelijke verspreiding van mosselen en Japanse oesters in de Waddenzee in de periode 1992 – 2013. IMARES, Wageningen UR, Yerseke. Rapport C062/15.
- Troost, K., Craeymeersch, J., Van den Ende, D., Van Es, Y., Van Asch, M., Van Stralen, M., 2019a. Ontwikkeling van bodemdieren in de voor mosselzaadvisserij gesloten gebieden in de westelijke Waddenzee. Evaluatie na vier jaar monitoring (2015-2018). Wageningen Marine Research, Yerseke. Rapport C027/19.
- Troost, K., Van den Ende, D., Van Asch, M., Van Stralen, M., 2019b. Ontwikkeling en verspreiding van schelpdieren en andere bodemdieren in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in de periode 1992-2017. Wageningen Marine Research, Yerseke. Rapport C001/20. <https://doi.org/10.18174/511713>
- Troost, K., Van den Bogaart, L., Jansen, H., 2019c. Effecten van gebiedssluiting voor schelpdiervisserij op ontwikkeling meerjarige mosselbanken en bodemdiergemeenschap: Helpdeskvraag 1b in het kader van mosseltransitie (KD-2019-028). Wageningen Marine Research, Yerseke. Rapport C074/19. <https://doi.org/10.18174/497048>
- Troost, K., Van Asch, M., Brummelhuis, E.B.M., Van den Ende, D., Van Es, Y., Perdon, K.J., Van der Pool, J., Van Zweeden, C., Van Zwol, J., 2021. Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2020. Stichting Wageningen Research - Centrum voor Visserijonderzoek (CVO) en Wageningen Marine Research. CVO rapport 21.001.
- Troost, K., Van Der Meer, J., Van Stralen, M., 2022a. The longevity of subtidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea. *Journal of Sea Research* 181, 102174. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2022.102174>
- Troost, K., Craeymeersch, J., Van den Ende, D., Jansen, H., 2022b. Protocol voor prioritering mosselvisserij in laatst gesloten gebieden: Uitwerking van de beoordelingscriteria zoals gesteld in notitie 2 van het addendum op het vernieuwde mosselconvenant. Wageningen Marine Research, Yerseke. Rapport C080/21. <https://doi.org/10.18174/555969>
- Troost, K., Van Asch, M., Cornelisse, S., Glorius, S., Van den Ende, D., Van Es, Y., Keur, M., Perdon, K.J., Van der Pool, J., Suykerbuyk, W., Van Zweeden, C., Van Zwol, J., 2023. Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2022. Stichting Wageningen Research - Centrum voor Visserijonderzoek. CVO rapport 23.009.

- 
- Tulp, I., Bolle, L.J., Meesters, E., De Vries, P., 2012. Brown shrimp abundance in northwest European coastal waters from 1970 to 2010 and potential causes for contrasting trends. *Marine Ecology Progress Series* 458, 141-154.
- Van den Ende, D., Troost, K., Van Asch, M., Brummelhuis, E.B.M., Perdon, J., Van Zweeden, C., 2017. Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren in 2017: bestand en arealen. Stichting Wageningen Research - Centrum voor Visserijonderzoek. CVO rapport 17.022.
- Van den Ende, D., Van Asch, M., 2025. Inventarisatie van het wilde sublitorale mosselbestand van de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2025. Wageningen Marine Research. Rapport C022.25.
- Van der Heide, T., Tielens, E., Van der Zee, E.M., Weerman, E., Holthuijsen, S., Eriksson, B.K., Piersma, T., Van de Koppel, J., Olf, H., 2014. Predation and habitat modification synergistically interact to control bivalve recruitment on intertidal mudflats. *Biological Conservation* 172, 163-169.
- Van der Heide, T., Weerman, E., Olf, H., 2012. Waddensleutels: Mosselbanken en andere biobouwers aan de basis voor een gezonde Waddenzee? *De Levende Natuur* 113, 101-106.
- Van der Meer, J., Beukema, J.J., Dekker, R., 2001. Long-term variability in secondary production of an intertidal bivalve population is primarily a matter of recruitment variability. *Journal of Animal Ecology* 70, 159-169.
- Van der Meer, J., Dankers, N., Ens, B.J., Van Stralen, M.R., Troost, K., Waser, A.M., 2019. 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.
- Van der Meer, J., Folmer, E.O., 2023. A re-evaluation of the effects of mechanical cockle dredging in the Dutch Wadden Sea. *Journal of Applied Ecology*, 60(11): 2497-2504.
- Van der Meer, J., Franken, O., Glorius, G., Van der Heide, T., Troost, K., Van Weerdenburg, R., 2025. Mapping habitat suitability of subtidal mussels *Mytilus edulis* in the Dutch western Wadden Sea. *Ecological Informatics* 92: 103458.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2025.103458>
- Van Stralen, M.R., 2002. De ontwikkeling van mosselbestanden op droogvallende platen en in het sublitoraal van de Waddenzee vanaf 1955, een reconstructie op basis van gegevens uit de mosselzaadvisserij. Bureau MarinX. Scharendijke, rapport 2001.10.
- Van Stralen, M.R., 2014. Gebiedsmaatregelen Mosselconvenant en VISWAD 2013. Bureau MarinX, Scharendijke, rapport 2014.141.
- Van Stralen, M.R., Troost, K., 2021. Ervaringskaart relatieve stabiliteit van sublitorale mosselbanken in de Waddenzee - Update met gegevens tot en met 2021. Bureau MarinX, Scharendijke. Rapport 2021.198.
- Vorberg, R., Glorius, S., Mascioli, F., Nielsen, P., Reimers, H.-C., Ricklefs, K., Troost, K., 2017. Subtidal habitats, in: Kloepper, S.e.a. (Ed.), *Wadden Sea Quality Status Report 2017*, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.
- Waser, A.M., Splinter, W., Van der Meer, J., 2016. Indirect effects of invasive species affecting the population structure of an ecosystem engineer. *Ecosphere* 6, 109.
- Westinga, E., Troost, K., Nasimiyu, L.B., Budde, P.E., Vrieling, A., 2020. Rapid cloud-based temporal compositing of Sentinel-1 radar imagery for epibenthic shellfish inventory. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 250: 107115.
- Witte, S., 2025. Solid foundations: The interactive role of hard substrate and predation in shellfish reef restoration across tidal gradients. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen.
- Witte, S., Dickson, J., Franken, O., Holthuijsen, S., Govers, L.L., Olf, H., Van der Heide, T., 2024. Enhancing ecological complexity in soft-bottom coastal ecosystems: the impact of introducing hard substrates. *Restoration Ecology* 32: e14126.
- Witte, S., Jonker, L., Fiselier, R.A., Gort, G.-J., Van der Vaart, C., Holthuijsen, S., Govers, L.L., Franken, O., Van der Heide, T., 2025. How tidal elevation affects the interplay between predation and substrate in shellfish recruitment. Hoofdstuk 4 van Proefschrift "Solid foundations: The interactive role of hard substrate and predation in shellfish reef restoration across tidal gradients", Rijksuniversiteit Groningen.

---

# Verantwoording

Rapport C020/26

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

Akkoord: Dr. Ingrid Tulp  
Senior onderzoeker

Handtekening:  Signed by:  
D402638DBDA5420...

Datum: 15-04-2026

Akkoord: Dr. Tammo Bult  
Director

Handtekening:  Signed by:  
B64E2991BD8A472...

Datum: 15-04-2026

---

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

Visitors'address

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



---

With knowledge, independent scientific research and advice, **Wageningen Marine Research** substantially contributes to more sustainable and more careful management, use and protection of natural riches in marine, coastal and freshwater areas.

The mission of Wageningen University & Research is "To explore the potential of nature to improve the quality of life". Under the banner Wageningen University & Research, Wageningen University and the specialised research institutes of the Wageningen Research Foundation have joined forces in contributing to finding solutions to important questions in the domain of healthy food and living environment. With its roughly 30 branches, 7,600 employees (6,700 fte) and 13,100 students and over 150,000 participants to WUR's Life Long Learning, Wageningen University & Research is one of the leading organisations in its domain. The unique Wageningen approach lies in its integrated approach to issues and the collaboration between different disciplines.