



De Waddenzee is een ecologisch gezonde zee met schoon water, uitgestrekte schelpdierbanken en zeegrasvelden. Dit is het streefbeeld voor 2030 dat staat beschreven in het programma 'Naar een rijke Waddenzee', het programma waarin overheden en natuurorganisaties sinds maart 2010 samenwerken. Het project Waddensleutels (2009-2014) kijkt naar het belang van biobouwers bij ontstaan en behouden van de biodiversiteit in de Waddenzee en onderzoekt of droogvallende mosselbanken, één van de belangrijkste biobouwers in de Waddenzee, hersteld kunnen worden.

## Waddensleutels: Mosselbanken en andere biobouwers aan de basis voor een gezonde Waddenzee?

Tjisse van der Heide,  
Ellen Weerman & Han Olff



**Foto 1.** Aanleg van de kokosmatten op de proefvlakken onder Schiermonnikoog (boven) en Ameland (onder). Vervoer van de kokosmatten en andere materialen ging met paard en wagen. Op Schiermonnikoog zijn de matten helemaal met hand en schop vastgelegd door de vele vrijwilligers en medewerkers. Later kregen we op Ameland en Terschelling hulp van de paardenploeg.

Recente wetenschappelijke studies wijzen in toenemende mate op het belang van zogenaamde 'biobouwers' in ecosystemen (Hastings et al., 2007) en ook in intergetijdengebieden zoals de Waddenzee lijken deze soorten belangrijk (van der Heide et al., 2007; Bouma et al., 2009; Eriksson et al., 2010). Biobouwers zijn organismen die niet alleen op milieumomstandigheden (zoals golven, stroming en sediment-samenstelling) reageren, maar deze ook zelf sterk beïnvloeden. Zo creëren ze in eerste instantie geschikte leefomstandigheden voor zichzelf, maar ook voor andere soorten, waardoor biobouwers mogelijk een sleutelrol spelen in het natuurlijk functioneren van mariene ecosystemen. In de Waddenzee zijn het vooral Mosselen (*Mytilus edulis*) en zeegrassen (*Zostera spec.*) die deze rol kunnen spelen, met de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) als biobouwende nieuwkomer (Troost, 2010). Echter, zowel zeegrasvelden als droogvallende mosselbanken zijn grotendeels verdwenen. De grote ondergedoken zeegrasvelden in de westelijke Waddenzee besloegen een oppervlakte van ongeveer 150 km<sup>2</sup>, maar verdwenen in de jaren 30 van de vorige eeuw binnen enkele jaren door

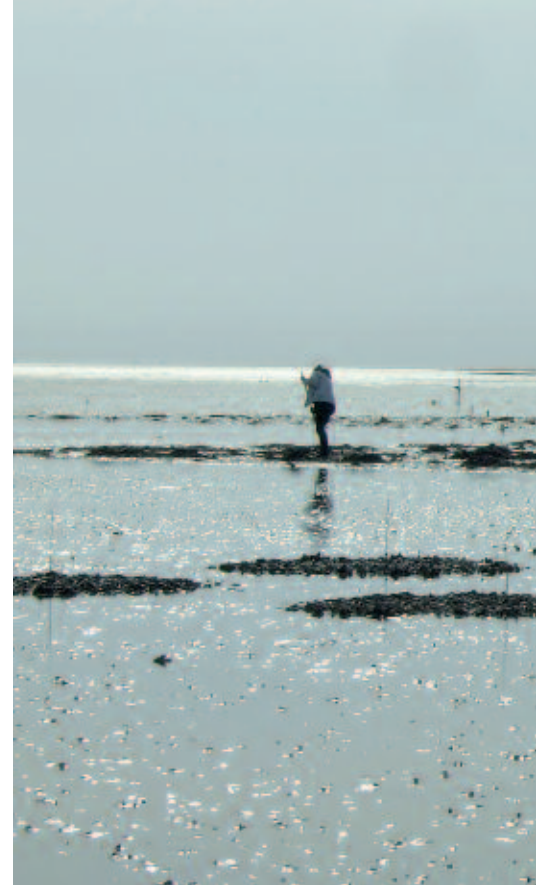
de aanleg van de Afsluitdijk in combinatie met de 'wierziekte'. Momenteel lijkt de huidige troebelheid van het water de belangrijkste beperkende factor voor herstel (van der Heide et al., 2007). In 1978 was er, verspreid over de Waddenzee, een oppervlakte van ongeveer 4000 hectare aan stabiele droogvallende mosselbanken. Na 1990 was daar vrijwel niets meer van over door overbevissing, mogelijk in combinatie met een zware storm (Beukema & Cadée, 1996; Brinkman et al., 2002). In de niet-droogvallende delen van het wad komen sindsdien, vooral in de Westelijke Waddenzee, nog wel mosselbanken voor. Dit betekent dat er nog wel reproductie is van Mosselen, maar dat dit niet of slechts moeizaam leidt tot de vestiging van nieuwe droogvallende mosselbanken. Na meer dan een decennium zijn door (slechts) twee succesvolle broedvallen in 2001 en 2003 de droogvallende mosselbanken in de oostelijke Waddenzee weer herstellende, maar in de westelijke Waddenzee is hiervan nog geen sprake. Het verlies van de droogvallende mosselbanken heeft mogelijk negatieve gevolgen op de biodiversiteit van de Waddenzee, omdat een groot aantal planten- en diersoorten van deze banken afhankelijk is (Albrecht, 1998; Buschbaum et al., 2009).

### Twee pijlers

Het project Waddensleutels is een samenwerking van natuurorganisaties (Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer) en onderzoeksinstituten (Rijksuniversiteit Groningen en Koninklijke NIOZ) en wordt gefinancierd door het Waddenfonds. Waddensleutels onderzoekt in welke mate biobouwers een (sleutel)rol spelen bij het ontstaan en behouden van de biodiversiteit in

de Waddenzee. Het project bestaat uit twee pijlers. De eerste pijler onderzoekt de huidige voedselwebstructuur en het effect van biobouwers op die structuur. Daarvoor ontwikkelt deze pijler nieuwe methodieken om de kwaliteit van het voedselweb in de Waddenzee te meten. Hierbij wordt gekeken naar verschillen in het voedselweb tussen de oostelijke en de westelijke Waddenzee. Tegelijkertijd vergelijken we ook 'kale' zandplaten, mosselbanken, zeegrasvelden en oesterriffen met elkaar om het effect van de verschillende biobouwers op het voedselweb na te kunnen gaan. De tweede pijler wordt gevormd door een praktijkproef waarin we op experimentele schaal testen welke factoren en mechanismen de broedval van jonge Mosselen en de overleving van volwassen mosselbanken beperken. Met de uitkomsten van de proef, in combinatie met analyses aan bestaande mosselbanken, willen we inschatten of het mogelijk en zinvol is om het herstel van mosselbanken te bevorderen door specifieke beheermaatregelen. Voor deze proef hebben we gekozen voor de droogvallende mosselbanken (in plaats van bijvoorbeeld zeegrassen), omdat de grootschalige verliezen van mosselbanken het meest recent plaatsvonden en we verwachten dat hun herstel daarom op de korte termijn het meest kansrijk is.

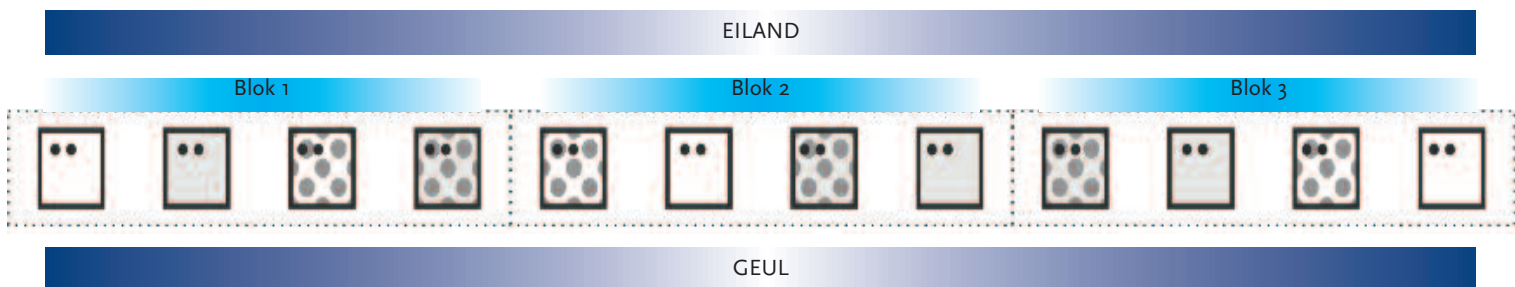
Uiteindelijk komen de twee pijlers samen in een Natuurkanskaart – een advies aan de overheid en andere belanghebbenden over waar mogelijkheden voor natuurherstel in de Waddenzee het grootst zijn. Begin 2011 is de praktijkproef van start gegaan. Inmiddels zijn met hulp van het SIBES-project (Synoptic Intertidal Benthic Sampling) van het NIOZ en de vier inspectieschepen van EL&I (Waddenuit) grote



hoeveelheden monsters verzameld voor de voedselwebanalyses. Omdat het aantal verwerkte data momenteel nog (te) beperkt is, laten we de voedselwebanalyse hier verder buiten beschouwing en gaan we in op de eerste resultaten van de praktijkproef.

### Opzet van de praktijkproef

In maart en april 2011 zijn onder Schiermonnikoog, Ameland en Terschelling in totaal 36 proefvlakken (12 onder elk eiland) van 20x20 meter aangelegd. Onder ieder eiland zijn vier verschillende behandelingen toegepast, met drie replica's per behandeling (fig. 1). Op de helft van de proefvlakken zijn kokosmatten aangebracht (foto 1). Deze verstevigen de ondergrond en bieden een structuur waar Mosselen zich aan kunnen hechten en daardoor mogelijk beter overleven dan op kaal



**Fig. 1.** Schematische opzet van de grootschalige praktijkproef. Individuele proefvlakken zijn 20x20 m groot. De minimale afstand tussen de vlakken is 20 m, waardoor de totale lengte van het experiment onder elk eiland rond de 500 m bedraagt.

- Behandelingen**
- Controle
  - Kokosmat
  - Mosselen
  - Kokosmat + Mosselen
  - Twee kooien voor anti-predatie proef op elk proefvlak



**Foto 2.** Boven: De laatste plots worden aangelegd op Schiermonnikoog. Om te zorgen dat alle proefvlakken er in beginsel hetzelfde bij lagen, zijn de Mosselen per proefvlak verdeeld over 25 cirkels met 1,5 meter doorsnee.

Links: Twee net geïnstalleerde 'anti-predatie' kooien. De kooien hebben een doorsnee van 32 cm, zijn 30 cm hoog en zijn 15 cm diep in de wadbodem verankerd (foto's: Sander Holthuijsen).



zand. Eind april 2011 is in de buurt van de Afsluitdijk in totaal 36.000 kilo Mosselen opgevist van een permanent onder water staande ('sublitorale') mosselbank. In het algemeen zijn er belangrijke verschillen tussen sublitorale Mosselen en droogvallende ('litorale') Mosselen. Zo is de schelp van litorale Mosselen vaak dikker en zitten ze steviger vast dan sublitorale Mosselen, omdat ze meer byssusdraden maken. Toch hebben we voor het gebruik van sublitorale Mosselen gekozen, omdat we in deze proef ook willen testen of we droogvallende mosselbanken kunnen herstellen met behulp van sublitorale Mosselen die

momenteel nog veel algemener voorkomen. Van de opgeviste Mosselen is de helft uitgespreid op proefvlakken met een kale ondergrond, terwijl de andere helft is uitgespreid op vlakken met een kokosmat. In totaal zijn op de helft van de proefvlakken volwassen Mosselen aangelegd – per eiland drie met een kokosmat en drie zonder. De andere helft van de proefvlakken is leeg gelaten om hierop het vestigingssucces van jonge mosseltjes op de kale ondergrond en op de kokosmatten te kunnen volgen. Tenslotte hebben we op deze experimentele plots een experiment uitgevoerd waarin we het effect van predatie door krabben en garnalen op de overleving van jonge Mosselen hebben getest. Voor deze proef zijn half mei op elk proefvlak twee speciale kooien geplaatst (foto 2). Eén kooi was afgesloten voor krabben en garnalen (maar kleine mosseltjes konden hier wel naar binnen), en in de andere kooi zat een

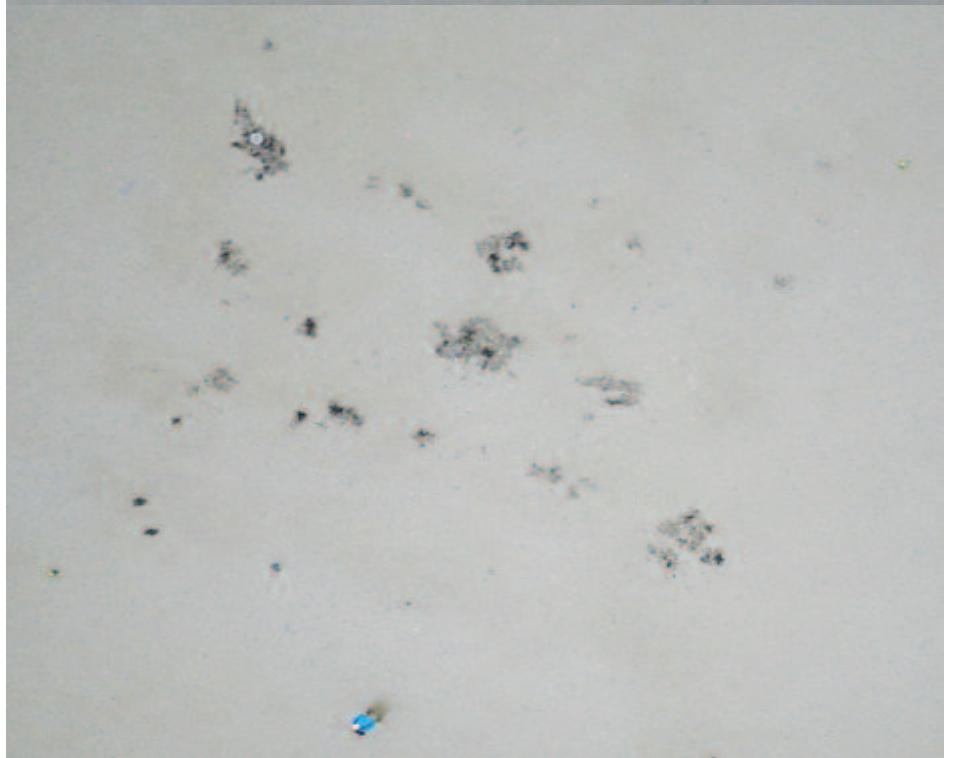
gat waardoor de krabben en garnalen hier wel in konden komen. Om de ontwikkelingen op de proefvlakken te volgen is de afgelopen maanden veelvuldig een groot scala aan metingen gedaan. Ten eerste is minimaal één keer per maand, maar ook na elke periode met harde wind, de oppervlakte volwassen Mosselen op elk proefvlak bepaald. Hiervoor zijn luchtfoto's gemaakt door middel van een vlieger waar een fotocamera onder hangt. De gemaakte foto's zijn geanalyseerd met behulp van een computerprogramma om de oppervlakte aan Mosselen uit te rekenen. Daarnaast zijn er twee keer per maand vogelwaarnemingen gedaan om de predatie door bijvoorbeeld Scholieksters (*Haematopus ostralegus*) en meeuwen te kunnen bepalen, en zijn de proefvlakken bezocht om de experimentele kooien schoon te maken en te controleren op gebreken. Verder is er eind augustus een uitgebreide bemonstering van de bodemfauna gedaan en is het kooienexperiment beëindigd. De komende jaren zullen we de ontwikkelingen op de proefvlakken nauwkeurig blijven volgen.

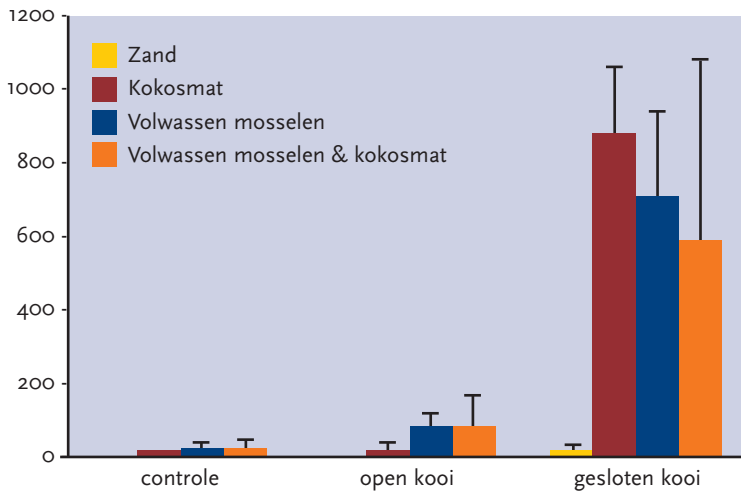
**Foto 3.** Van boven naar beneden: Lucht-foto's van proefvlakken van Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog na twee maanden (begin juli 2011). Op Ameland zijn de meeste Mosselen verdwenen, terwijl de oppervlaktes op Terschelling en Schiermonnikoog vergelijkbaar zijn. Opvallend is verder de enorme bloei van darmwier op de Mosselen van Terschelling (foto's: H el ene de Paoli).

### De eerste resultaten

De voorlopige resultaten van de proef zijn verrassend voor zowel de overleving van volwassen Mosselen als de broedval van jonge Mosselen. Al na enkele weken bleek de overleving van volwassen Mosselen op Ameland veel slechter in vergelijking met Terschelling en Schiermonnikoog. Begin juli waren de aangelegde Mosselen op Ameland nagenoeg allemaal verdwenen, terwijl zowel op Schiermonnikoog en Terschelling de oppervlakte min of meer gelijk was gebleven, vergeleken met het begin van de proef (foto 3). Echter, ook op deze eilanden waren de verliezen in de daaropvolgende maanden groot. Eind 2011 waren ook op Schiermonnikoog alle volwassen Mosselen verdwenen en resteerde op Terschelling nog slechts 5% van de hoeveelheid die in april was aangelegd. Hoewel nog niet alle resultaten zijn verwerkt, wijzen de analyses er tot dusverre op dat het overgrote deel van de afnames is veroorzaakt door windgedreven golven. Opvallend is verder dat de verschillen in verliezen tussen de proefvlakken met en zonder kokosmat op alle eilanden klein zijn. Hoewel pilotexperimenten in maart overtuigend toonden dat Mosselen zich succesvol kunnen hechten aan de matten, bleken de in april neergelegde Mosselen dit nauwelijks te doen. Tenslotte bleek dat de effecten van predatie door vogels op de overleving van de volwassen Mosselen gering is.

Desondanks waren er wel interessante verschillen tussen de eilanden zichtbaar. Meteen na de aanleg van de proefvlakken bleek alleen de predatie door Scholeksters van enige betekenis. De predatie was het hoogst op Terschelling, met ongeveer 40 individuen die elk getij op de proefvlakken foerageerden. Dit aantal lag rond de 30 op Ameland en was minder dan 10 op Schiermonnikoog. Echter, al na enkele weken, nam het aantal Scholeksters op alle locaties af. Deze afname kon op dat moment





**Fig. 2.** Gemiddeld aantal jonge Mosselen per kooi, uitgesplitst per behandeling (foutbalken = standaarddeviatie). Jonge Mosselen overleven alleen in gesloten kooien en hebben bovendien vast substraat (kokosmat en/of volwassen Mosselen) nodig.

**Foto 4.** Links het bovenaanzicht van een open kooi met kokosmat (deksel verwijderd) en rechts een gesloten kooi met kokosmat. De witte en lichtbruine stippen in de rechter kooi zijn jonge Kokkels; de donkere vlek in het midden zijn jonge Mosselen (foto's: Els van der Zee).



niet worden verklaard door de afname van volwassen Mosselen, aangezien deze op alle proefvlakken nog voldoende aanwezig waren.

Het 'anti-krabben-en-garnalen' experiment leverde op Ameland en Terschelling een aantal onverwachte problemen op. Op Ameland verloren we door een flinke storm in de nacht van 17 op 18 juni 2011 bijna de helft van de kooien, terwijl op Terschelling een aantal kooien onbruikbaar raakte door Scholeksters die, vermoedelijk uit nieuwsgierigheid, gaten in de kooien maakten. De proef op Schiermonnikoog verliep probleemloos en hiervan zijn deze winter de eerste resultaten geanalyseerd. De verschillen tussen de open en gesloten kooien waren ronduit spectaculair. In alle gesloten kooien troffen we eind augustus grote hoeveelheden Kokkels aan (tot 30.000 per m<sup>2</sup>), terwijl de wadbodem in de open kooien, net als in de directe omgeving, vrijwel leeg bleef. Bovendien

waren de aantallen hoger in de kooien op kokosmatten vergeleken met die op het kale zand, terwijl volwassen Mosselen juist een negatief effect hadden op de overleving van jonge Kokkels. Jonge Mosselen werden vrijwel uitsluitend gevonden in gesloten kooien met daarin vaste ondergrond, dat wil zeggen óf een kokosmat óf volwassen Mosselen (fig. 2; foto 4). We vonden geen aantoonbare verschillen tussen het effect van de volwassen Mosselen en de kokosmat.

#### Voorlopige conclusies

Uit de voorlopige resultaten van de praktijkproef kan worden opgemaakt dat de overleving van volwassen Mosselen het sterkst wordt beïnvloed door golfslag en stroming, terwijl het effect van predatie door vogels gering lijkt. Het sterke negatieve effect van (windgedreven) golven en stroming is mogelijk door een aantal factoren sterker dan verwacht zou kunnen wor-

den voor natuurlijke droogvallende mosselbanken of toekomstige transplantaties. Ten eerste werd de zomer van 2011 gekenmerkt door bovengemiddeld slecht weer met, op het wad, veel periodes met (zeer) harde wind. Deze periodes, vaak in combinatie met zeer hoge waterstanden, hebben in een vroeg stadium tot grote verliezen geleid. In een zomer met meer gematigde weersomstandigheden, waren deze verliezen vermoedelijk minder groot geweest, wat de resterende Mosselen meer kans had geboden om hun onderlinge verankering en die aan de kokosmat, te versterken. Een tweede mogelijkheid is echter dat sublitorale Mosselen simpelweg ongeschikt zijn voor het aanleggen van droogvallende banken. Het was opmerkelijk dat de Mosselen zich vooral aan elkaar hechtten en nauwelijks gebruik maakten van de kokosmat, terwijl droogvallende Mosselen dat in een eerdere pilot in maart wél deden. Een tweede aanwijzing voor een

mogelijk cruciaal verschil tussen ondergedoken en droogvallende Mosselen zijn twee kleinschaliger experimenten met droogvallende Mosselen op Schiermonnikoog. In 2009 en 2011 hebben we in het kader van het NWO-project 'Wadden Engine' in proefvlakken van 1 m<sup>2</sup> met droogvallende Mosselen aangelegd (drie in 2009 en zes in 2011); vlakbij de locatie waar we in 2011 het grotere experiment zijn gestart. Deze kleine proefvlakken, die we destijds hebben aangelegd zonder kokosmat of enig ander substraat, liggen er momenteel nog steeds.

Dit experiment is primair aangelegd om te toetsen welke factoren de overleving van Mosselen beïnvloeden (verschillen tussen eilanden, ondergrond, predatie) en had niet tot doel het aanleggen van langdurig stabiele mosselbanken. De schaal van het huidige experiment was hierdoor in vergelijking met natuurlijke mosselbanken klein, waardoor verliezen al snel kunnen leiden tot de volledige verdwijning van de bank. Een statistische analyse die we momenteel uitvoeren in samenwerking met project Mosselwad (Jansen et al., dit nummer) wijst erop dat een mosselbank bij broedval groter dan 30 hectare moet zijn om op de lange termijn (> 6 jaar) te kunnen overleven. Deze uitkomsten wijzen erop dat schaalvergroting hoogstwaarschijnlijk leidt tot een betere overleving van droogvallende mosselbanken.

Als laatste kan uit het 'anti-garnalen-en-krabben' experiment worden opgemaakt dat predatie door garnalen en krabben een grote rol speelt bij de vestiging van jonge mosselbanken en dat ook een stabiele ondergrond onontbeerlijk is. Deze bevindingen verklaren ten dele waarom het herstel van droogvallende mosselbanken zo moeizaam verloopt. In de laatste decennia is de hoeveelheid stabiele ondergrond in de Waddenzee afgenomen, onder andere door de verdwijning van volwassen mosselbanken, maar ook door de terugloop van het areaal kokkelbanken (Beukema & Cadée, 1996; Eriksson et al., 2010). Hoewel een trend in de geulen niet erg duidelijk lijkt (Tulp et al., 2008), zijn er wel sterke aanwijzingen dat het aantal garnalen op de platen in de afgelopen decennia is toegenomen (Campos et al., 2010). Bovendien wijzen onze voorlopige analyses op een vergelijkbare trend voor het aantal krabben in de Westelijke Waddenzee. De combinatie van het verdwijnen van stabiele ondergrond in combinatie met een toename van de predatiedruk kan mogelijk

de oorzaak zijn van het moeizame herstel van litorale mosselbanken. Verder onderzoek in de komende jaren moet uitwijzen in welke mate deze factoren inderdaad van belang zijn voor de overleving van mosselbanken en in hoeverre biobouwers zoals Mosselen het voedselweb in de Waddenzee beïnvloeden.

#### Literatuur

- Albrecht, A.S., 1998.** Soft bottom versus hard rock: Community ecology of macroalgae on intertidal mussel beds in the Wadden Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 229(1): 85-109.
- Beukema, J.J. & G.C. Cadée, 1996.** Consequences of the sudden removal of nearly all mussels and cockles from the Dutch Wadden sea. *Marine Ecology-Pubblicazioni Della Stazione Zoologica Di Napoli I* 17(1-3): 279-289.
- Bouma, T.J., S. Olenin, K. Reise & T. Ysebaert, 2009.** Ecosystem engineering and biodiversity in coastal sediments: posing hypotheses. *Helgoland Marine Research* 63(1): 95-106.
- Brinkman, A.G., N. Dankers & M. van Stralen, 2002.** An analysis of mussel bed habitats in the Dutch Wadden Sea. *Helgoland Marine Research* 56(1): 59-75.
- Buschbaum, C., S. Dittmann, J.S. Hong, I.S. Hwang, M. Strasser, M. Thiel, N. Valdivia, S.P. Yoon & K. Reise, 2009.** Mytilid mussels: global habitat engineers in coastal sediments. *Helgoland Marine Research* 63(1): 47-58.
- Campos, J., A. Bio, J. Cardoso, R. Dapper, J.I.J. Witte & H.W. van der Veer, 2010.** Fluctuations of brown shrimp *Crangon crangon* abundance in the western Dutch Wadden Sea. *Marine Ecology-Progress Series* 405: 203-219.
- Eriksson, B.K., T. van der Heide, J. van de Koppel, T. Piersma, H.W. van der Veer & H. Olff, 2010.** Major Changes in the Ecology of the Wadden Sea: Human Impacts, Ecosystem Engineering and Sediment Dynamics. *Ecosystems* 13(5): 752-764.
- Hastings, A., J.E. Byers, J.A. Crooks, K. Cuddington, C.G. Jones, J.G. Lambrinos, T.S. Talley & W.G. Wilson, 2007.** Ecosystem engineering in space and time. *Ecology Letters* 10(2): 153-164.
- Heide, T. van der, E.H. van Nes, G.W. Geerling, A.J.P. Smolders, T.J. Bouma & M.M. van Katwijk, 2007.** Positive feedbacks in seagrass ecosystems; implications for success in conservation and restoration. *Ecosystems* 10: 1311-1322.
- Troost, K., 2010.** Causes and effects of a highly successful marine invasion: Case-study of the introduced Pacific oyster *Crassostrea gigas* in continental NW European estuaries. *Journal of Sea Research* 64(3): 145-165.
- Tulp, I., L.J. Bolle & A.D. Rijnsdorp, 2008.** Sig-

nals from the shallows: In search of common patterns in long-term trends in Dutch estuarine and coastal fish. *Journal of Sea Research* 60(1-2): 54-73.

#### Summary

##### Waddensleutels: Mussel bed and other ecosystem engineers as the foundation for a healthy Wadden Sea?

Project Waddensleutels ('Wadden Keys') investigates the importance of ecosystem engineers for ecosystem functioning in the Wadden Sea. The project is characterized by two main research components that will eventually converge in a document that describes possibilities and methodologies for optimizing ecological restoration. One part examines the current importance of ecosystem engineers on the biodiversity and food web structure in the Wadden Sea and develops methodologies for monitoring changes in the food web. The second component is a large-scale experiment that investigates limiting factors for settlement and survival of intertidal mussel beds – one of the most important ecosystem engineers in the Wadden Sea. Here, we present a preliminary analysis of the first-year outcomes from this experiment. Results indicate that mussel bed recovery is affected by several factors. Hydrodynamics caused severe losses of adult mussels, while effects of bird predation seemed of less importance. Predation exclosures demonstrated that spatfall and survival of young mussels is most likely hampered by a lack of stable substrate (e.g., adult cockle and mussel beds) and strong predation by shrimp and crab. Future research in this project will further investigate the factors responsible for mussel bed persistence and examine the importance of ecosystem engineers in the Wadden Sea food web.

Dr. T. van der Heide, Dr. E.J. Weerman & Prof.dr. H. Olff  
Community and Conservation Ecology Group  
Rijksuniversiteit Groningen  
Postbus 11103  
9700 CC Groningen  
t.van.der.heide@rug.nl  
e.j.weerman@rug.nl  
h.olff@rug.nl

Dit werk is mede tot stand gekomen door de directe Waddensleutels medewerkers (Sander Holthuijsen, Hélène de Paoli, Els van der Zee, Elske Tielens, Jeltje Jouta, Elisabeth Svensson), en de vele overige medewerkers en vrijwilligers van de betrokken instituten.