

# Stap voor stap ontrafelen van herstel groot zee gras

**Tot 80 jaar geleden groeiden in de Waddenzee forse arealen groot zee gras. Dat areaal verdween. Nieuwe zee grasvelden zouden het Waddensysteem aanzienlijk verrijken. Maar hoe droogvallend groot zee gras te herintroduceren?**

**Een vierjarig project onderzocht de sleutelfactoren voor herstel.**

Groot zee gras (kader 1; foto 1) hoort van oudsher thuis in de Waddenzee. Eens groeide deze vaatplant er in overvloed. Uitgestrekte velden tussen de 8.000 en 15.000 hectare in de westelijke Waddenzee en de noordelijke Zuiderzee waren met groot zee gras bedekt, waarvan een deel bestond uit de droogvallende variant die ook in de oostelijke Waddenzee voorkwam (den Hartog & Polderman, 1975). De wiermaaiërij floreerde en verkocht het gedroogde groot zee gras als isolatiemateriaal voor huizen en als vulling voor matrassen en wierdijken. In de jaren '30 van de vorige eeuw kwam de handel tot een abrupt einde, toen het ondergedoken groot zee gras massaal stierf. De gehele populatie ondergedoken groot zee gras in de Waddenzee verdween. Oorzaken waren vermoedelijk de aanleg van de Afsluitdijk – die dwars door het zee grasgebied liep – en een wier-

ziekte (*Labyrinthula zosterae*), al ontbreekt hiervoor hard bewijs. De wierziekte trof al het ondergedoken groot zee gras in de Atlantische oceaan (Giesen et al., 1990). Droogvallend groot zee gras had minder last van de ziekte. Deze variant verdween later, in de jaren '60 en '70, door eutrofiëring en een veranderende sedimentdynamiek (den Hartog & Polderman, 1975). Rond de eeuwwisseling keerde droogvallend groot zee gras terug in de Deense en Duitse Waddenzee, waarschijnlijk door een gestage verbetering van de waterkwaliteit (van der Graaf et al., 2009). Bij de Noord-Friese Waddeneilanden – voor de westkust van de Duitse deelstaat Sleeswijk-Holstein en de regio Zuid-Denemarken – nam het areaal groot en klein zee gras tussen 1994 en 2006 met een factor 3 tot 4 toe (van der Graaf et al., 2009). In 2008 groeide er 10.553 ha groot en klein zee gras, tegen

2.928 ha bij de Oost-Friese Waddeneilanden in de Duitse deelstaat Nedersaksen en slechts 303 ha in de Nederlandse Waddenzee (van der Graaf et al., 2009). Herstel bleef uit in de Nederlandse Waddenzee. Zie kader 2 voor de situatie wereldwijd.

## Faciliterend effect

De wens om uiteindelijk grote arealen zee gras in de Nederlandse Waddenzee te herstellen, wordt breed gedeeld. Het streven komt terug in menige overheidsnota. In de Derde Nota Waddenzee (2007) staat het zelfs expliciet als overheidsdoel genoemd. Zee grasvelden verrijken namelijk de Waddenzee. Zee gras maakt het voedselweb complexer en robuuster: er leven niet alleen meer soorten, maar er zijn ook meer verbindingen tussen de soorten in de voedselketen (van der Zee et al., 2016). Vroeger, tijdens de hoogtijdagen, graasden

Laura Govers  
Tjisse van der Heide  
Quirin Smeele  
Jannes Heusinkveld  
& Addo van der Eijk

## Kader 1. Twee varianten groot zee gras

Groot zee gras (*Zostera marina*; foto 1) kent twee varianten: ondergedoken en droogvallend. Droogvallend groot zee gras, dat bij eb droogvalt, is eenjarig en sterft af in de nazomer; ondergedoken groot zee gras groeit meerjarig. In de Waddenzee groeien twee soorten zee gras: groot zee gras en klein zee gras (*Zostera noltii*). Klein zee gras groeit altijd op het droogvallende wad en is meerjarig.

Foto 1. Droogvallend groot zee gras (*Zostera marina*) op het Uithuizerwad (foto: Laura Govers).



rotganzen (*Branta bernicla*) zeegras op het wad. Nu slaat het gros de Nederlandse Waddenzee over op hun trek naar het zuiden. De rotganzen die blijven, eten kwelder- en landbouwgras.

Als zogeheten biobouwer hebben zeegrasvelden een belangrijk faciliterend effect. De plant creëert betere leefomstandigheden voor zichzelf en voor andere soorten (van der Zee et al., 2016; Maxwell et al., 2017). Een zeegrasveld dient als schuilplaats, maakt het water helderder, stabiliseert de ondergrond en speelt zo een cruciale rol in de transitie naar een rijke Waddenzee (Christianen et al., 2015; van der Zee et al., 2016). Dit geldt voor zowel droogvallend als ondergedoken zeegras. Zeegrasvelden helpen ook in de strijd tegen klimaatverandering. Ze leggen CO<sub>2</sub> vast, groeien door zand en slib in te vangen mee met de zeespiegelstijging en dragen bij aan kustbescherming door golven te dempen (Orth et al., 2006; Maxwell et al., 2017). Het faciliterend effect vereist voor droogvallend groot zeegras wel een zekere dichtheid, namelijk minimaal 10 tot 25 planten groot zeegras per vierkante meter (Bos & van Katwijk, 2007).

### Lange historie

Hoe kunnen we droogvallend groot zee-gras een duw in de goede richting geven? Deze concrete beheervraag van Natuurmonumenten stond aan de wieg van een vierjarig onderzoeksproject dat najaar 2017 is afgerond. Het project was een samenwerking van Natuurmonumenten, Radboud Universiteit, Rijksuniversiteit Groningen en The Fieldwork Company. Bij de start van het herstelproject kende het Nederlandse zeegrasherstel reeds een lange historie. De eerste experimenten dateren zelfs al van 1950 (den Hartog & Polderman, 1975). In de jaren '90 vonden verscheidene kleinschalige herintroducties van droogvallend groot zeegras plaats, waarbij planten vanuit donorlocaties werden verplaatst (van Katwijk et al., 2009). Op sommige locaties, waaronder Balgzand, hield het zeegras in beperkte dichtheden jaren stand. Toch bleken de proeven niet tot een duurzame vestiging te leiden. Het ontbreken van zaad-aanvoer van nabije populaties en te lage dichtheden voor succesvolle bevruchting worden door Van Katwijk et al. (2009) genoemd als mogelijke oorzaken.

### Nabootsen

Het herstelproject focuste op het ontrafelen van herstelmechanismen. De aanpak: 'leren door te doen', oftewel: herstelexperi-



**Foto 2.**  
Groot zeegraszaad in de zaadstengels (foto: Laura Govers).

menten in het veld gekoppeld aan wetenschappelijk onderzoek. Idealiter ontwikkelt droogvallend groot zeegras zich spontaan, zonder beheermaatregelen. Van nature ontkiemt de eenjarige plant in het voorjaar, om in de nazomer af te sterven. De zaadstengels (foto 2) gaan dan drijven en narijpen, waarna het zaad op de wadbodem valt. Daar overwintert het zaad onder een kleine laag sediment, om in het voorjaar weer te kiemen. Deze natuurlijke cyclus kent in Nederland echter de nodige obstakels. De onderzoekers spoorden de obstakels op. Ze ontwikkelden vervolgens innovatieve technieken om stappen uit de natuurlijke cyclus proefondervindelijk na te bootsen. Het ging om de volgende drie stappen (fig. 1):

- Zaadverspreiding
- Zaadkieming
- Overwintering

### Zaadverspreiding

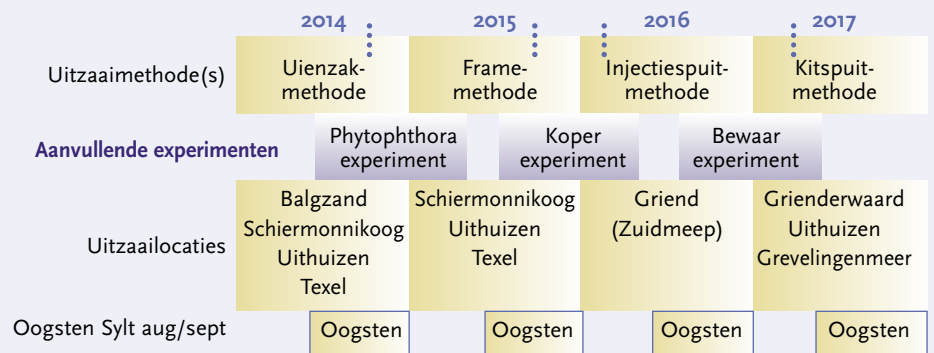
Eerste hersteldrempel: het ontbreken van een bronpopulatie. Vanwege de stroming van west naar oost kan Duits zeegraszaad waarschijnlijk de Nederlandse wateren niet bereiken, zo is eerder berekend (Erftemeijer et al.,

### Kader 2.

#### Zeegrasherstel wereldwijd

Het Nederlandse zeegrasherstelproject staat niet op zichzelf. Zeegras zit wereldwijd in de verdrinking. In de jaren '80 en '90 nam het totale areaal met 12.000 vierkante kilometer af (Orth et al., 2006) – een jaarlijks afname van 7% van het wereldwijde areaal, voornamelijk door vervuiling, overbemesting, baggerwerkzaamheden, sleepnetvisserij en erosie. Herstel staat wereldwijd op de agenda. Over de hele wereld zijn al meer dan 1.700 initiatieven uitgevoerd om zeegras te herstellen. De aanplantmethoden variëren – van zaden tot zoden – en de overleving blijft met 37% laag. Hoofdconclusie uit al die experimenten: schaalgrootte is cruciaal. Hoe omvangrijker de aanplant en de dichtheid, hoe groter de kans op succes en overleving (van Katwijk et al., 2016).

2005). Zonder zaad, geen zeegras. Bovendien zijn de natuurlijke groot zeegraspopulaties in de Nederlandse Waddenzee (Hond & Paap, Voolhok, Rottumerplaat, Eijerlandse Balg) te kwetsbaar om als donor te gebruiken. Net als eerdere herstelinitiatieven maakte dit onderzoeksproject daarom gebruik van een donorlocatie in Duitsland. Een groep vrijwilligers van Natuurmonumenten toog jaarlijks in de nazomer naar het Duitse Waddeneiland Sylt. Op het wad plukten ze groot zeegrasstengels (foto 3). In 2014 en 2015 zijn de zaadstengels in het najaar verspreid op meerdere locaties: het Uithuizerwad, Schiermonnikoog, Balgzand en Texel. Het verspreiden gebeurde in 2014 met de



**Fig. 1.** Tijdbalk experimenten van onderzoeksproject herstel groot zeegras met een overzicht van uitzaaimethodes, aanvullende experimenten en de uitzaailocaties. Op het wad bij Sylt werden groot zeegrasstengels geplukt ten behoeve van de uitzaai-experimenten.



zogenoemde uienzak-methode (foto 4) – een techniek waarbij zakken met zaadstengels met een boei aan palen hangen (Pickerell et al., 2005). De methode komt uit Amerika, waar het de BuDS-methode (Buoy Deployed Seeding) wordt genoemd. Aan de oostkust, in Chesapeake Bay, zijn er successen mee geboekt. In de Waddenzee bleek de methode effectief om de zaden over een groot oppervlak uit te zaaien, namelijk 14 ha bij Schiermonnikoog en 4 ha op het Uithuizerwad. De dichtheden bleven echter met 0,007 planten per vierkante meter (Schiermonnikoog) en 0,012 planten per vierkante meter (Uithuizerwad) ver onder het doel van 10 tot 25 planten per vierkante meter. Bij Texel en Balgzand kwamen vrijwel geen planten op. Omdat de overlevingskansen toenemen bij een grotere dichtheid en veldgrootte (van Katwijk et al., 2016; Maxwell et al., 2017) vond in 2015 een nieuwe poging plaats, waarbij de dichtheid waarmee werd uitgezaaid vertienvoudigde en de hoeveelheid uitgezaaide zaadstengels verdubbelde. De uienzakken werden aan speciaal hiervoor ontwikkelde frames bevestigd, de zogeheten frame-methode. Het voorjaar erop (2016) kwamen weliswaar 2 tot 4 keer meer planten op per vierkante meter, maar dit was nog steeds verre van voldoende voor het faciliterende effect van meer dan 10 planten per vierkante meter.

## Zaadkieming

Niet alleen de zaaimethode bleek daar debet aan. Het project ontdekte eind 2014 dat maar liefst 99% van de zaden van Sylt geïnfecteerd waren met het onlangs geïdentificeerde *Phytophthora gemini* (Man in 't Veld et al., 2011). Aanvullende proeven toonden bovendien voor het eerst dat deze waterschimmel een ziekte is, die de kiemingpercentages van zeegraszaden sterk verlaagt (Govers et al., 2016). De nieuw-ontdekte zee-grasziekte was hiermee een wereldwijde primeur. De kiemkracht nam door besmetting met een factor 6 af, zo wezen laboratoriumproeven uit. Met als gevolg: een zaadverlies van 40%. Aanvullend onderzoek ontwikkelde in 2015 een effectieve methode om infectie tegen te gaan, namelijk een behandeling met kopersulfaat. Kopersulfaat is voor aquaria een beproefd middel om vis-schimmels tegen te gaan. Bij een lage concentratie van 0,2 ppm – vergelijkbaar met het kopergehalte in kraanwater uit koperen leidingen – treedt 86% minder infectie op (Govers et al., 2017). De infectie speelt niet alleen het Waddenzaad parten, ook zaad uit Amerika, Denemarken en Zweden is ermee besmet.



**Foto 3.** Vrijwilligers van Natuurmonumenten plukken groot zeegras-stengels op het wad bij het Duitse eiland Sylt. Het wad is hier bedekt met een hoge bedekking klein en groot zeegras (foto: Sanne van Gernerden).



**Foto 4.** De uienzak-methode, waarbij de zaaddragende stengels van groot zeegras in een fijnmazige zak zitten die met een boei in het water drijft. De zaden rijpen op een natuurlijke manier af en vallen door de mazen van het net naar de bodem. Deze zaden overwinteren in de bodem. De boei zit met een touw vast aan een paal en de lengte van het touw bepaalt het directe oppervlak dat wordt ingezaaid (foto: Laura Govers).



**Foto 5.** De loods met de groot zeegrasstengels in bruisend artificieel zee-water waarbij het verzamelde zeegras materiaal wordt opgewerkt totdat de zaden uit de zaadstengels vallen. Deze zaden worden in de winter onder gecontroleerde, koude omstandigheden bewaard (foto: Jannes Heusinkveld).



**Foto 6.** De kitspuit-methode waarmee het groot zeegraszaad in de wadbodem wordt gespoten. Het zaad zit vermengd met wadklei (foto: Laura Govers).

### Overwintering

Andere bottleneck: de overwintering. Naast *Phytophthora* moet het groot zeegraszaad de barre Hollandse winters zien te overleven. In Nederland haalt 90% van het zaad het voorjaar niet, vanwege storm, bevriezing, golfslag en wegspoelen. De verwachting is dat dit verlies drastisch zal afnemen wanneer er eenmaal een robuust groot zeegrasveld is. In de gemengde velden bij het Duitse Sylt, waar groot en klein zeegras groeit, voorkomt het meerjarige klein zeegras dat het zaad van groot zeegras wegspoelt. Om de uitval te verlagen, bootste het project de overwintering binnen na. In de nazomer van 2016 kwamen de groot zeegrasstengels uit Sylt niet op het wad terecht, maar in bakken zeewater in een loods (foto 5). Het water bleef met pompen in beweging om rotting te voorkomen. Na verloop van tijd lieten de zaden los en vielen ze door een zeef. De zaden wachtten vervolgens in een donkere koeltrailer het voorjaar af. Net als in het natte wad, maar dan veilig en ongestoord. Onderwijl kregen ze een behandeling met kopersulfaat. De methode bleek zeer succesvol. De overwintering leverde 1,3 miljoen zaden op in 2017 uit 420 kg zeegrasstengels, klaar om in het voorjaar 'gezaaid' te worden. Het zaad was van goede kwaliteit. Minimaal 60 tot 70% ontkiemde en groeide uit tot zaailing, zo lieten kiemprouven in het laboratorium zien.

### Innovatieve zaaimethode

Voor het 'zaaien' restte nog een bottleneck: de zaaimethode. De uienzak-methode viel daarvoor af, omdat deze te hoge verliezen en te lage dichtheden opleverde. Voor het uitzaaien ontwikkelden de onderzoekers daarom een noviteit: de zogeheten kitspuit-methode (foto 6). Met een kitspuit – bekend van de bouwmarkt – spoten de onderzoekers een vast aantal groot zeegraszaaden op 2 centimeter diepte de wadbodem in. In de spuit zat het zaad vermengd met verdikte wadklei. De klei voorkwam dat de zaden wegdreven. Voorjaar 2017 kreeg de kitspuit zijn primeur bij Griend, het Uithuizerwad en het Zeeuwse

Grevelingenmeer. Bij Griend werd 632 vierkante meter ingezaaid met in totaal 140.000 zaden, op het Uithuizerwad zijn op bijna 3000 vierkante meter 24 plots uitgezet met verschillende groottes en dichtheden.

### Stap voorwaarts

Op het Uithuizerwad stond in de zomer van 2017 volop groot zeegras. Zeven van de twaalf plots bereikten een gemiddelde dichtheid van meer dan 1 plant per vierkante meter, met een maximum van gemiddeld 1,8 planten per vierkante meter (fig. 2). Deze dichtheid is 180 keer meer dan de eerste experimenten in 2014. Dankzij de innovaties heeft het onderzoeksproject een stap voorwaarts gezet. Blijvend herstel vraagt wellicht om continuïteit en schaalgrootte. Een groot zeegrasveld dat zichzelf in stand houdt, vraagt naar verwachting meerdere jaren van herstelmaatregelen. Nu nemen de nieuwe kleine velden geleidelijk in omvang af. Bij Schiermonnikoog, één van de zaailocaties, groeiden in 2016 circa 2.000 planten ( $0,03 \text{ m}^{-2}$ ), in 2017 stonden er nog circa 1.000 planten ( $0,006 \text{ m}^{-2}$ ) als gevolg van grote zaad- en zaailing verliezen. Naast de genoemde bottlenecks spelen mogelijk nog andere factoren een belemmerende rol voor herstel. Neem de sedimentdynamiek, een factor waar de onderzoekers weinig grip op kregen. Zo mislukte in 2017 de zaaioproef bij Griend, omdat de topklaag tijdens een voorjaarsstorm wegspoelde,

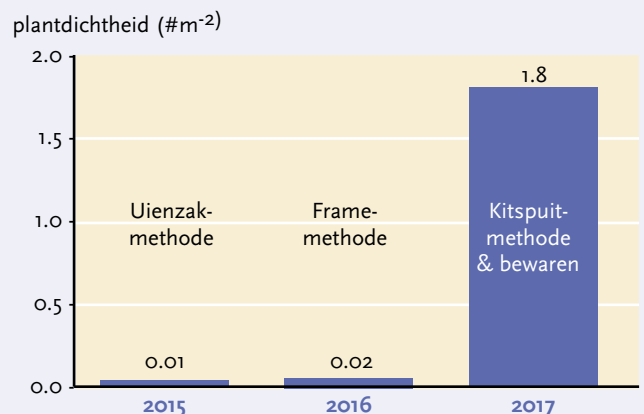
inclusief de zaden. De locatie stond als geschikt aangegeven op de zeegraskansenkaart (Folmer et al., 2016).

Een aantal groot zeegrasplanten werd teruggevonden op meer dan een kilometer van de zaailocatie. Experimenten om het sediment te stabiliseren voor groot zeegras – bij Griend in 2015 met kokosmatten en in 2017 met biologisch afbreekbare structuren samen met Bureau Waardenburg – leverden tot dusver niet het gewenste resultaat op. Het sediment stabiliseerde, maar er doemde een nieuw probleem op: de constructies raakten overwoekerd met macroalgen, zoals darmwier, die het ontkiemende zaad verstikten (foto 7a & b). Hoewel de eutrofiëring aanzienlijk is afgenomen, zijn de stikstof- en fosforwaarden mogelijk nog te gunstig voor deze concurrenten (van der Heide et al., 2006). In de Deense en Duitse Waddenzee is het water minder eutroof, en daarmee wellicht geschikter voor droogvallend groot zeegras. Het water is daar ook helderder, maar helderheid is voor droogvallend zeegras niet van groot belang, omdat de planten bij eb voldoende zonlicht kunnen krijgen. Voor ondergedoken groot zeegras is helder water wel een belangrijke herstelfactor.

### Vervolgonderzoek

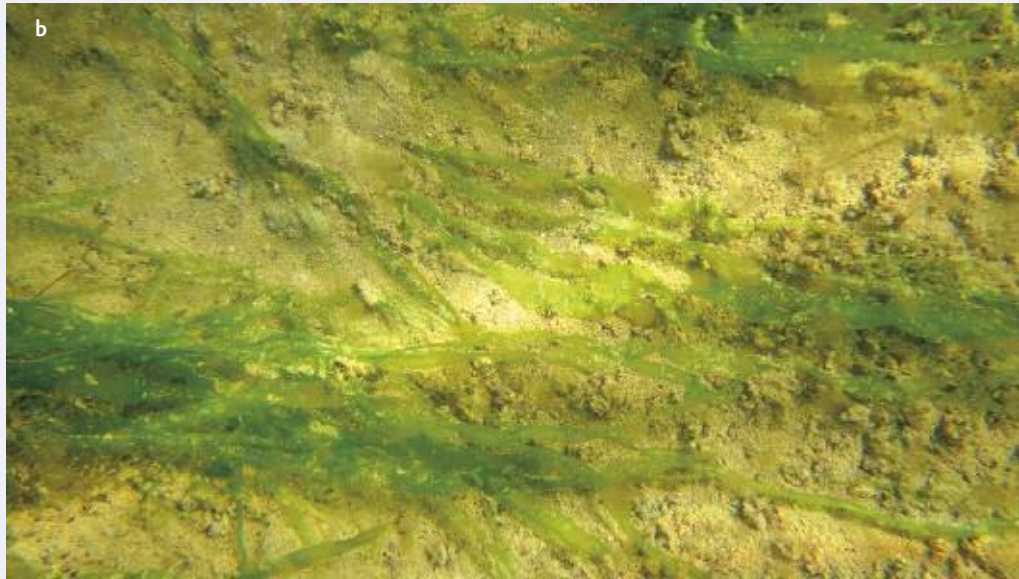
De onderzoekers gaan door met onderzoek naar mogelijkheden voor zeegras herstel. Dat doen ze binnen andere projecten, zoals het project dynamisch Griend, het OBN-project habitat-overstijgende interacties en het zee-grasproject MERCES. Daarnaast verplaatst het werk zich naar Zeeland, waar het team in opdracht van Rijkswaterstaat Zee en Delta aan de slag gaat. In het Grevelingenmeer is in 2016-2017 een eerste zaaioproef uitgevoerd. Het meer vereiste een extra uitvinding. Anders dan de Waddenzee valt het meer niet droog, waardoor de zaden moeten uitgroeien tot ondergedoken groot zeegras. Een ver-

**Fig. 2.** Resultaten van de zaaioproeven met droogvallend groot zeegras bij Uithuizerwad. Binnen twee jaar (2015-2017) is een 180x zo hoge plantdichtheid bereikt door het verbeteren van uitzaai technieken en gecontroleerd bewaren van zaden.





**Foto 7.** Sedimentstabilisatie methodes (a) biologisch afbreekbare kratjes (BESE © Bureau Waardenburg) en (b) ingegraven kokosmatten leidden niet tot een toename in zeegras, maar raakten overgroeid door macroalgen. Dit wijst er op dat naast sedimentstabiliteit macroalgen (waterkwaliteit) een beperkende factor zijn voor zeegrasgroei op sommige plaatsen in de Nederlandse Waddenzee (foto's: Laura Govers).



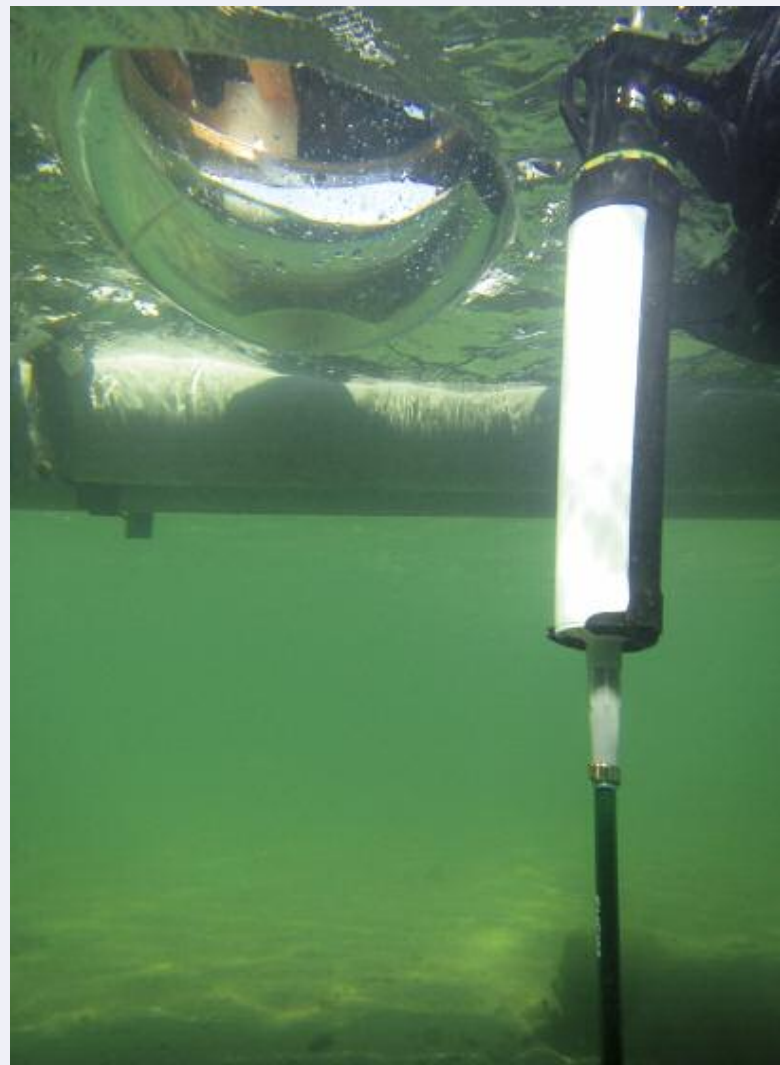
lengde kitspuit bracht uitkomst voor het zaaien onder water (foto 8). Tijdens het zaaien lagen de onderzoekers op een houten vlonder met een kijkruit, waardoor ze naar beneden konden kijken. Het Zeeuwse project borduurt voort op de opgedane kennis in de Waddenzee. De eerste resultaten zijn volgens Rijkswaterstaat zodanig veelbelovend, dat het project is verlengd tot 2022 en mogelijk wordt uitgebreid naar het Veerse Meer. In beide meren groeide vroeger ondergedoken groot zeegras, in het Grevelingenmeer op hoogtijdagen 4.000 hectare. Dat areaal verdween eind jaren '90, doordat het water te zout werd door de zeesluis in de Brouwersdam.

Zeeland biedt naar verwachting een betere proeftuin voor ondergedoken groot zeegras dan de Waddenzee. De omstandigheden zijn er minder extreem. Zo ontbreekt het getij, is er minder golfwerking en is het water veel helderder dan in de Waddenzee. Ook verschilt de zeegrasvariant: in de ondiepe meren groeit alleen het meerjarige ondergedoken groot zeegras, een van nature stabielere variant dan eenjarig droogvallend groot zeegras. De meerjarige plant overleeft immers uit zichzelf de winter. Ondergedoken zeegras biedt ook een ecologisch voordeel: ze dient als schuilplek en kraamkamer voor tal van soorten. In de Waddenzee wil het onderzoeksteam onderzoek doen naar de randvoorwaarden voor eventueel herstel van ondergedoken groot zeegras. Daarnaast staat momenteel een meerjarig onderzoekstraject in de steigers waarbij verdere sleutelfactoren voor litoraal zeegrasherstel zullen worden onderzocht door middel van praktijkproeven.

**Literatuur**

**Bos, A.R. & M.M. van Katwijk, 2007.** Planting density, hydrodynamic exposure and mussel beds affect survival of transplanted intertidal eelgrass. *Marine Ecology-Progress Series* 336: 121-129.  
**Christianen, M.J.A., S.J. Holthuijsen, E.M. van der**

**Foto 8.** Aangepaste kitspuit-methode met vlonder voor Grevelingenmeer. In verband met het niet droogvallen van deze locatie wordt het groot zeegraszaad de bodem ingespoten met een verlengde tuit aan de kitspuit (foto: Jannes Heusinkveld).



Zee, A. van der Eijk, L.L. Govers, T. van der Heide, H. de Paolo & H. Olf, 2015. Ecotopen en kansrijkdomkaart van de Nederlandse Waddenzee. Project Waddensleutels.

Erfteemeijer, P.L., A. Groeneweg & M.M. van Katwijk, 2005. Trendanalyse van zeegrasverspreiding in de Nederlandse Waddenzee 1988-2003. WL/Delft Hydraulics.

Folmer, E.O., J.E.E. van Beusekom, T. Dolch, U. Gräwe, M.M. van Katwijk, K. Kolbe & C.J.M. Phillipart, 2016. Consensus forecasting of inter-tidal seagrass bed habitat in the Wadden Sea. *Journal of Applied Ecology* 53(6): 1800-1813.

Giesen, W.B.J.T., M.M. van Katwijk & C. den Hartog, 1990. Temperature, salinity, insolation and wasting disease of eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Dutch Wadden Sea in the 1930's. *Netherlands Journal of Sea Research* 25(3): 395-404.

Govers, L.L., W.A. Man in 't Veld, J.P. Meffert, T.J. Bouma, P.C.J. van Rijswijk, J.H.T. Heusinkveld, R.J. Orth, M.M. van Katwijk & T. van der Heide, 2016. Marine *Phytophthora* species can hamper conservation and restoration of vegetated coastal ecosystems. *Proceedings B* 283: 20160812.

Govers, L.L., E.M. van der Zee, J.P. Meffert, P.C.J. van Rijswijk, W.A. Man in 't Veld, J.H.T. Heusinkveld & T. van der Heide, 2017. Copper treatment during storage reduces *Phytophthora* and *Halophytophthora* infection of *Zostera marina* seeds used for restoration. *Scientific Reports* 7: 43172.

Graaf, S. van der, I. Jonker, M. Herlyn, J. Kohlus, H. Fogh Vinther, K. Reise, D. de Jong, T. Dolch, G. Bruntse & J. de Vlas, 2009. Seagrass. Thematic report no. 12. In: Marenic, H. & J. de Vlas (Eds.). *Quality Status Report 2009. Wadden Sea Ecosystem no. 25. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Wilhelmshaven, Germany.*

Hartog, C. den & P.J.G. Polderman, 1975. Changes in the seagrass populations of the Dutch Wadden Sea. *Aquatic Botany* 1: 141-147.

Heide, T. van der, M.M. van Katwijk & G.W. Geerling, 2006. Een verkenning van de groeimogelijkheden van ondergedoken Groot zeegras (*Zostera marina*) in de Nederlandse Waddenzee.

Katwijk, M.M. van, A.R. Bos, V.N. de Jonge, L.S.A.M. Hanssen, D.C.R. Hermus & D.J. de Jong, 2009. Guidelines for seagrass restoration: importance of habitat selection and donor population, spreading risks, and ecosystem engineering effects. *Marine Pollution Bulletin* 58: 179-188.

Katwijk, M.M. van, A. Thorhaug, N. Marba, R.J. Orth, C. Duarte, G.A. Kendrick, I.H.J. Althuisen, E. Balestri, G. Bernard, M.L. Cambridge, A. Cunha, C. Durance, W. Giesen, Q. Han, S. Hosawaka, W. Kiswara, T. Komatsu, C. Lardicci, K.S. Lee, A. Meinesz, M. Nakaora, K.R. O'Brien, E.I. Paling, C. Pickerell, A.M.A. Ransijn & J.J. Verduin, 2016. Global analysis of seagrass restora-

tion: the importance of large scale planting, *Journal of Applied Ecology*, vol. 53(2): 567-578.

Man in 't Veld, W.A., K.C.H.M. Rosendahl, H. Brouwer & A.W.A.M. de Cock, 2011. *Phytophthora gemini* sp. nov., a new species isolated from the halophilic plant *Zostera marina* in the Netherlands. *Fungal Biology* 115: 724-732.

Maxwell, P.S., J.S. Eklöf, M.M. van Katwijk, K. O'Brien, M. de la Torre-Castro, C. Boström, T.J. Bouma, D. Krause-Jensen, R.K.F. Unsworth, B.I. van Tussenbroek & T. van der Heide, 2017. The fundamental role of ecological feedback mechanisms for the adaptive management of seagrass ecosystems – A review. *Biological Reviews* 92(3): 1521-1538.

Orth, R.J., T.J. Carruthers, W.C. Dennison, C.M. Duarte, J.W. Fourqurean, K.L. Heck & F.T. Short, 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *BioScience* 56(12): 987-996.

Pickerell, C.H., S. Schott & S. Wyllie-Echeverria, 2005. Buoy-deployed seeding: demonstration of a new eelgrass (*Zostera marina* L.) planting method. *Ecological engineering* 25: 127-136.

Zee, E.M. van der, A. Angelini, L.L. Govers, M.J.A. Christianen, A.H. Altieri, K.J. van der Reijden, B.R. Silliman, J. van de Koppel, M. van der Geest, J.A. van Gils, H.W. van der Veer, T. Piersma, P.C. de Ruiter, H. Olf & T. van der Heide, 2016. How habitat-modifying organisms structure the foodweb of two coastal ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B* 283: 20152326.

## Summary

### Unravelling key-processes for seagrass restoration in the Dutch Wadden Sea

Seagrass beds are crucial habitats in a biodiverse and healthy Wadden Sea. However, subtidal seagrass beds have completely disappeared from the Dutch Wadden Sea and intertidal seagrass beds have become extremely scarce. Seagrass beds are considered as hotspots for foundation species and biodiversity, and a recent project faced the challenge to study the possibilities for eelgrass restoration in the Dutch Wadden Sea. This was done by combining large-scale restoration experiments with lab experiments. Through this unique dual approach of 'doing & learning' we revealed several bottlenecks for eelgrass restoration in the Wadden Sea. We developed innovative solutions to solve three of these bottlenecks: 1) natural seed loss in winter (>99%) was mitigated by controlled harvest and storage of seeds in winter. 2) We found a successful treatment for a newly discovered water mold (*Phytophthora gemini*) that previously killed >40% of all the seeds, and 3) We managed to increase restored plant densities in the field by 180x through innovations in seeding techniques. These positive developments unfortunately have not yet lead to self-sustaining seagrass populations, but certainly brought resto-

ration of intertidal seagrass in the Wadden Sea a step closer. The knowledge and technology this project has yielded will be built upon in future seagrass project in the Dutch Delta (Grevelingen and Veerse Meer).

## Dankwoord

Het zeegrasproject dreef deels op de inzet van vrijwilligers van Natuurmonumenten, die donorzaad hebben geplukt op de velden bij het Duitse Sylt en hielpen bij de zaaiproeven. Ook veel dank gaat uit naar Karsten Reise en Tobias Dolch van het Alfred Wegner Instituut (AWI) die het verzamelen van groot zeegraszaad op Sylt faciliteerden. Speciale dank gaat uit naar de instanties die het project financieel mogelijk maakten: het Waddenfonds en de provincies Fryslân en Noord-Holland. Rijkswaterstaat leverde een bijdrage aan het *Phytophthora*-onderzoek. Zonder de hulp van partijen als de Waddenuit (Asterias) en Phoca Waddentocht waren de experimenten niet mogelijk geweest. Ook dank aan Els van der Zee (A&W), Patricia van Rijswijk en Johan Meffert (NVWA), Marieke van Katwijk, Marjolijn Christianen, Marlous Derksen-Hooijberg (Radboud Universiteit), Tjeerd Bouma (NIOZ), Remco de Nooij, Maarten Zwarts en Henk Wiersma (The Fieldwork Company).

Dr. L.L. Govers  
Conservation Ecology Group  
Groningen Institute for evolutionary life sciences (GELIFES)  
University of Groningen  
Postbus 11103, 9700 CC Groningen  
l.l.govers@rug.nl

Dr. T. van der Heide  
Dr. L.L. Govers  
Aquatic Ecology & Environmental Biology group  
Institute for Water and Wetland Research  
Radboud University  
Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen  
t.vanderheide@science.ru.nl

Drs. Q.J. Smeele  
Natuurmonumenten  
Hoofdweg 251B, 9765 CH Paterswolde  
q.smeele@natuurmonumenten.nl

J.H.T. Heusinkveld  
The Fieldwork Company  
Van Schendelstraat 1, 9721 GV Groningen  
jannes@fieldworkcompany.nl

A. van der Eijk  
Van der Eijk Tekstproducties  
Kerstraat 5, 9988 SN Usquert  
addo@vdeijk.nl