



Zeegrasherstel Zee & Delta en Noord Nederland

Rapportage kennisontwikkeling Groot en Klein zeegras NN 2023-2024

Rijkswaterstaat Programma's, Projecten en Onderhoud

16 februari 2024



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Project Opdrachtgever Zeegrasherstel Zee & Delta en Noord Nederland
Rijkswaterstaat Programma's, Projecten en Onderhoud

Document Rapportage kennisontwikkeling Groot en Klein zeegras 2023-2024
Status Definitief
Datum 16 februari 2024
Referentie 129454/24-002.292

Projectcode 129454
Projectleider Drs. L.G. Turlings
Projectdirecteur Ir. R. Bouw

Auteur(s) M.A.T. Marijt, A. Wolma, L. Bruil, N. Hijner, J. Heusinkveld, T. van der Stegen, Y. Hill,
L.L. Govers
Gecontroleerd door M. van der Kamp MSc
Goedgekeurd door Drs. L.G. Turlings

Paraaf 

Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. | Deventer
Daalsesingel 51c
Postbus 24087
3502 MB Utrecht
+31 (0)30 765 19 00
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	5
1 INLEIDING	7
1.1 Achtergrond en aanleiding	7
1.2 Doel van de rapportage	8
1.3 Aanpak	8
1.4 Afbakening	8
1.5 Leeswijzer	8
2 HERSTELMETHODEN KLEIN ZEEGRAS	10
2.1 DIS versus Cores (2023)	10
2.2 Kiemingsexperimenten	14
3 GUERRILLA 2.0 (KLEIN EN GROOT ZEEGRAS)	16
3.1 Experimentele opzet	16
3.2 Resultaten en beschouwing klein zeegras	17
3.3 Resultaten en beschouwing groot zeegras	19
3.4 Verklarende omgevingsfactoren	21
4 VERSTERKING VELD GRIEND EN OPSCHALING GROOT ZEEGRAS	23
4.1 Experimentele opzet	23
4.2 Groeisucces op de verschillende locaties binnen Griend	25
4.3 Effectiviteit van zaaimachine	25
4.4 Oogstproeven op Griend	27
4.5 Beschouwing en aanbevelingen op basis van de versterkingsexperimenten	28

5	HUIDIGE STAAT ZEEGRAS	29
5.1	Groot zeegras herstelmonitoring en aanvullende waarnemingen	29
5.2	MWTL 2023 (klein en groot zeegras)	33
5.3	Beschouwing	37
6	CONCLUSIES EN VERVOLGSTAPPEN	38
7	REFERENTIES	43
	Laatste pagina	44
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Begrippenlijst	2

SAMENVATTING

Zeegrasvelden zijn van grote ecologische betekenis. Ze vormen een cruciaal habitat voor diverse mariene soorten in verschillende levensfasen, dragen bij aan biodiversiteit en vervullen tal van andere ecosysteemdiensten zoals kustbescherming en CO₂-opslag. Wereldwijd gaan zeegrasvelden achteruit, en zo ook in Nederland. Het herstel van zeegrasvelden is daarom een doelstelling en een maatregel in het Natura 2000 beheerplan Waddenzee en de Kaderrichtlijn Water (KRW). Opeenvolgende onderzoeken en herstelwerkzaamheden hebben geleid tot de vestiging van een zelfredzaam groot zeegrasveld bij Griend. Rijkswaterstaat zet de volgende stap met het project Zeegrasherstel Zee & Delta en Noord-Nederland, waarin naast verdere herstelwerkzaamheden ook kennisontwikkeling plaatsvindt. Het uiteindelijke doel is om grotere oppervlakken aan zichzelf in standhoudende zeegrasvelden te ontwikkelen, waardoor ook de ecologische kwaliteit van de betreffende gebieden zal verbeteren.

Voorliggende kennisrapportage geeft een voorlopig overzicht van de opgedane kennis voor het herstel van groot en klein zeegras in de Waddenzee. Deze rapportage volgt op eerder uitgebrachte kennisrapportages voor groot zeegras en klein zeegras en reflecteert op de monitoringsresultaten van de experimenten uit 2023.

Herstelmethoden klein zeegras

Een van de lange termijn doelen binnen dit project is het vergroten van de kennis rondom klein zeegrasherstel in de Waddenzee. In voorgaande jaren is de 'Dispenser Injectie Seeding' (DIS) methode succesvol gebruikt om zowel klein zeegras (*Zostera noltii*) als droogvallend groot zeegras (*Zostera marina*) uit te zaaien. Hierbij wordt een mix van zaden en sediment ingespoten in de wadbodem. In 2023 is de DIS methode voor klein zeegras vergeleken met het planten van kernen (ook wel core-methode). Bij deze methode worden kernen met sediment, wortels en scheuten uitgestoken op de donorlocatie en in zijn geheel aangeplant op de herstellocatie. De kernen zijn in twee dichtheden geplant; 1 kern per m² (1-core) en 3 kernen per m² (3-core). De resultaten op basis van één groeiseizoen tonen geen verschillen tussen de verschillende methoden. Beide methoden resulteerden in gezonde klein zeegras patches die zich uitbreidden. Het komende jaar zullen we deze meerjarige soort blijven monitoren om te zien of de herstelmethode effect heeft op de winteroverleving en uitbereiding in het nieuwe groeiseizoen.

Parallel aan het veldonderzoek is in het lab geëxperimenteerd met zaadbehandelingen om het kiemingspercentage van de zaden binnen de DIS methode te verhogen. Deze ligt binnen de huidige methodologie nog maar op 10 %. Er is gekeken naar blootstelling aan verschillende zoutgehaltenes (0, 10, 20, 30 PSU), blootstellingsduur aan de benoemde zoutgehaltenes en beschadiging van de zaadhuid (insnijden of schuren). Bij de combinatie van beschadiging door insnijden en de kortere zoet water behandeling (0 PSU) steeg de kiemkans tot wel 90 %. Bij enkel zoet water behandeling tot 75 %. Dit is een belangrijk resultaat voor de optimalisatie van klein zeegrasherstel. Deze bevindingen dragen bij aan het efficiënter gebruik van klein zeegraszaden en vormen een belangrijke stap in klein zeegrasherstel.

Locatie-experiment: Guerrilla 2.0

Een tweede lange termijn doelstelling in het project, is het vinden van geschikte nieuwe locaties voor groot en klein zeegrasherstel binnen de Waddenzee. Bij de succesvolle locatie Griend is er niet genoeg ruimte om de KRW-doelstellingen op termijn te kunnen behalen. In het kader van het Guerrilla 2.0-experiment hebben we in 2023 locaties bij Texel, Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog getest op geschiktheid voor zeegrasherstel. Voor groot zeegras experimenteren we met de DIS methode op twee zaaidiepten (2 en 4 cm), terwijl we voor klein zeegras de DIS methode met 3-core methode vergeleken. Hieruit is o.a. gebleken dat herstellocatie Ameland zeer kansrijk is voor beide zeegrassoorten. Een zaaidiepte van 4 cm voor groot zeegras toonde hier betere resultaten dan een zaaidiepte van 2 cm. Voor klein zeegras zagen we geen verschil het succes van de methoden op deze locatie. Texel en Terschelling bleken marginaal geschikt voor de ontwikkeling van zeegras. Groot zeegras toonde lage dichtheden en voor klein zeegras zagen we dat de kernen standhielden, maar dat ontwikkeling vanuit zaden niet succesvol was. Bij Schiermonnikoog zijn de zaden (groot en klein zeegras) en de kernen (klein zeegras) niet aangeslagen waardoor deze locatie ongeschikt is bevonden. De komende jaren zullen we blijven monitoren bij Texel, Terschelling en Ameland om te kijken hoe het zeegras op langere termijn ontwikkeld.

Om een verklaring te vinden voor het succes van een locatie, zijn er verscheidene metingen gedaan aan de lokale omstandigheden die we het komende jaar zullen uitwerken. Deze kennis kunnen we gebruiken voor de locatieselectie bij toekomstige herstelwerkzaamheden.

Versterking en opschaling Griend

Een derde doelstelling is het versterken van het droogvallend groot zeegrasveld bij Griend. Hoewel het veld zichzelf al in stand kan houden, kunnen aanvullende aanplantinspanningen bijdragen aan een versnelde verdichting van het veld met als doel > 5 % bedekking. Binnen het versterkingsexperiment werd variatie in groeisucces binnen het veld waargenomen waarmee bevestigd wordt dat lokale omstandigheden op kleine schaal effect kunnen hebben op het succes van zaai inspanningen. Daarnaast hebben we handmatig inzaaien (DIS) vergeleken met het gebruik van een zaaimachine. Na jarenlange aanpassingen aan een prototype door The Fieldwork Company, zagen we dit jaar voor het eerst dat de zaaimachine vergelijkbare successen toonde als handmatig inzaaien. Deze ontwikkeling is een belangrijke stap voor verdere opschaling van herstelwerkzaamheden en het inzaaien van grotere oppervlakten. Tot slot is gekeken naar de mogelijkheden van duurzaam oogsten op Griend. Hoewel we nog niets kunnen zeggen over het effect van de oogstactiviteiten op het gebied, zagen we dat de ingezaaide vlakken resulteerde in oogstbare dichtheden.

Ontwikkeling van zeegras in de Waddenzee

Sinds 2018 wordt jaarlijks de populatieomvang van het droogvallend groot zeegrasveld bij Griend gemonitord. We zien hierbij dat het veld jaarlijks in omvang is toegenomen tot inmiddels 1.250 ha, een toename van 92 % ten opzichte van 2022 (650 ha). In totaal omvat de populatie nu ongeveer 1,2 miljoen groot zeegras planten (20 % toename t.o.v. 2022) met een dichtheid van gemiddeld 0.1 plant per m² binnen het veld. Deze toename in groot zeegras is ook terug te zien in de MWTL-karteringen. Daarnaast zien we op basis van de MWTL-karteringen een jaarlijkse variatie in klein zeegras. Dit jaar is het oppervlak klein zeegras lager ten opzichte van andere jaren. Dit is mogelijk te verklaren door lokale verschuivingen waardoor zeegraspatches niet meer binnen het meetnet vallen.

Opvallend voor dit jaar is dat op ±8 km afstand van de kern van de Griend-populatie, een twintigtal droogvallende grootzeegrasplanten op de Ballastplaat zijn waargenomen. Dit is waarschijnlijk een gevolg van natuurlijke verspreiding vanuit Griend. In de komende jaren zullen we kijken naar mogelijkheden voor verdere zeegrasontwikkeling op deze locatie.

Tot slot

We hebben het afgelopen jaar hoopvolle zeegras ontwikkelingen in de Waddenzee mogen waarnemen. Deze kennis en ontwikkelingen vormen een nieuwe basis voor het verdere herstel van klein en droogvallend groot zeegras in de Waddenzee (en daarbuiten). De komende jaren zullen we de uitgevoerde experimenten verder monitoren om inzicht te krijgen in winteroverleving en meerjarige ontwikkeling van zeegras. Daarnaast zien we bij Ameland een potentiële nieuwe locatie om zeegrasherstel verder op te schalen en blijven we zoeken naar nieuwe geschikte locaties. Met oog op het verbeteren van herstelmethoden voor klein zeegras, zullen we het komende jaar verkennen of kernen de ontwikkeling van klein zeegraszaden kunnen faciliteren. De verhoging van het kiemsucces van klein zeegraszaden is ook aanleiding om te onderzoeken of het aantal zaden per injectie binnen de DIS methode kan worden geoptimaliseerd. Tot slot kunnen we in de toekomst grote oppervlakten groot zeegras inzaaien met de zaaimachine hoewel handmatig inzaaien belangrijk blijft voor precisie zaaien en het zaaien van klein zeegras.

1

INLEIDING

1.1 Achtergrond en aanleiding

Zeegrasvelden zijn van groot belang voor de gezondheid van kustecosystemen. Ze vervullen vitale functies zoals kustbescherming, waterzuivering, ze vormen een biodiversiteit hotspot en zijn een kraamkamer voor vissen (Lamb et al., 2017; Mtwana Nordlund et al., 2016). In het verleden waren grote zeegrasvelden vanzelfsprekend in de Waddenzee. Door ziektes en grootschalige veranderingen in het watersysteem verdween het meeste zeegras. Doordat natuurlijk herstel niet plaatsvond, zijn er sinds 1990 proeven met actief herstel uitgevoerd om dit bijzondere ecosysteem onderdeel terug te brengen. Jarenlang onderzoek naar voornamelijk groot zeegras (*Zostera marina*) heeft ertoe geleid dat er hedendaags enkele succesvolle herstellmethoden zijn ontwikkeld en er een groot zeegras populatie ontwikkelde bij Griend. Rijkswaterstaat (RWS) heeft in 2021 het initiatief voor herstel van zeegrasvelden genomen. Het stimuleren van zeegrasonwikkeling is een doelstelling en een maatregel in het Natura 2000 (N2000) beheerplan voor de Waddenzee en de Kaderrichtlijn Water (KRW). Om een gezonde Waddenzee te creëren heeft RWS een meerjarig zeegrasherstelproject opgesteld (2021-2027) om middels actief herstel en onderzoek ervoor te zorgen dat zowel groot zeegras als klein zeegras (*Zostera noltii*) in de toekomst weer in gezonde aantallen aanwezig zijn. Daarnaast wordt er beoogd om de concretere doelen die gesteld worden in de KRW dichterbij te benaderen.

Binnen het zeegrasherstelproject zijn lange-termijndoelstellingen geformuleerd die ertoe dienen om onze kennis van de soorten te vergroten en zeegrasvelden van zowel groot als klein zeegras te realiseren. De lange-termijndoelen zijn:

- *Optimaliseren van de herstellmethode van klein zeegras.* Doordat in het verleden veel nadruk lag op het herstel van groot zeegras, staat het herstel van klein zeegras nog in de kinderschoenen. Binnen dit project wordt gezocht naar succesvolle manieren om klein zeegras te herstellen zodat dit zowel binnen als buiten dit project toegepast kan worden;
- *Herhaling van het behaalde succes op Griend op een andere locatie.* Bij Griend ontwikkelt zich als gevolg van eerdere herstelinspanningen een gezonde groot zeegraspopulatie. Binnen dit project wordt er gekeken of dit succes ook op andere locaties behaald kan worden;
- *Versterken van het groot zeegrasveld bij Griend.* Door op zorgvuldige manier het veld bij Griend te versterken, wordt beoogd om het veld versneld te verdichten. Op deze manier wordt het veld beter bestand tegen mogelijke stressoren. Dit draagt bij aan het benaderen van de KRW-doelstellingen en zorgt voor een versnelde ontwikkeling van het veld.

Om de lange termijndoelen te kunnen behalen zijn in 2023 een aantal proeven uitgevoerd. Binnen deze rapportage gaan we verder in op de resultaten van de uitgevoerde proeven en wordt er gekeken wat er komende jaren nodig is om de doelen te bereiken.

1.2 Doel van de rapportage

Het voorliggende rapport heeft als doel de kennisontwikkelingen omtrent het herstel van droogvallend groot zeegras en klein zeegras in de Waddenzee te rapporteren. Deze kennisrapportage dient als aanvulling op de eerder uitgebrachte kennisrapportages voor groot zeegras Noord Nederland (NN) (Versloot et al., 2023a) en klein zeegras NN (Versloot et al., 2023b) binnen het project Zeegrasherstel Zee & Delta en Noord-Nederland (2022 – 2027).

In de eerste rapportage werd vooral ingegaan op kennis die eerder is opgedaan in andere projecten. In deze rapportage worden de eerste monitoringsresultaten van de uitgevoerde experimenten in 2023 gepresenteerd. De rapportage loopt hierbij voor op het wetenschappelijk traject¹. Het kan zijn dat in het kader van nadere analyseresultaten nog in detail wijzigen. Bij de interpretatie van deze rapportage dient hiermee rekening gehouden te worden. De kennis zal aan het einde van het project (2027) samengevoegd worden tot een eindrapportage waarin alle opgedane kennis wordt gebundeld.

De rapportage kennisontwikkeling dient voor nu als input voor het Plan van Aanpak voor zeegrasherstelwerkzaamheden voor het jaar 2024. Hiermee borgen we dat werkzaamheden 'evidence-based' uitgevoerd worden.

1.3 Aanpak

Deze rapportage is onderdeel van het de Plan-Do-Check-Act-cyclus (PDCA-cyclus) die binnen het project wordt doorlopen. Jaarlijks wordt er een plan van aanpak gemaakt op basis van de aanwezige kennis en de gestelde doelen en kennishiaten (P). Vervolgens worden de plannen uitgevoerd in het veld en in het lab (D). Middels monitoringsgegevens worden de resultaten geëvalueerd (C). Hierbij wordt gekeken naar succes- en faalfactoren, maar ook naar kennishiaten. Op basis van de 'check' wordt een nieuw plan opgesteld op voor het volgende plantseizoen (A).

Deze rapportage vormt de 'Check' in de PDCA-cyclus en is opgesteld op basis van de monitoringsgegevens van 2023. Het vormt daarbij de nieuwe kennisbasis voor het opstellen van nieuwe herstelwerkzaamheden voor het komende jaar (2024).

1.4 Afbakening

Deze kennisrapportage is gericht op de ontwikkeling van litoraal groot zeegras (*Z. marina*) en klein zeegras (*Z. noltii*) binnen de Waddenzee (incl. Eems-Dollard). Hierin is de relevante kennis opgenomen die benodigd is voor het verder realiseren van zeegrasherstel in de Waddenzee. De rapportage bouwt voort op de eerder verzamelde kennis die uiteengezet is in de kennisrapportages (Versloot et al., 2023a; Versloot et al., 2023b) en gaat daardoor voornamelijk in op nieuw opgedane kennis vanuit de werkzaamheden uitgevoerd in het groeiseizoen van 2023.

1.5 Leeswijzer

Het rapport is als volgt opgebouwd: in hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de ontwikkeling van herstelmethoden voor klein zeegras. In hoofdstuk 3 wordt de zoektocht naar nieuwe herstellocaties voor groot en klein zeegras uiteengezet. In hoofdstuk 4 wordt verder ingegaan op de versterkingsinspanningen die zijn gevoerd om het veld bij Griend te verdichten. Daarnaast wordt gekeken naar opschalingsmethoden door het gebruik van een zaaimachine en wordt er geëxperimenteerd met Griend als donorlocatie.

¹ De uitgevoerde experimenten worden binnen een PhD traject van Groningen Universiteit verwerkt. De huidige monitoringsresultaten zijn in veel gevallen onderdeel van een meerjarig onderzoekstraject waardoor aanvullende monitoringsresultaten in de toekomst kunnen leiden tot nieuwe inzichten en data-interpretaties.

In hoofdstuk 5 wordt de verdere ontwikkeling van het veld bij Griend gepresenteerd evenals de verdere waarnemingen over natuurlijke verspreiding van zeegras in de Waddenzee. Tot slot gaan we in hoofdstuk 6 in op de geleerde lessen van het afgelopen jaar en kijken we vooruit naar mogelijk zeegras onderzoek en herstelactiviteiten voor de toekomst.

2

HERSTEMETHODEN KLEIN ZEEGRAS

Dit jaar is er verder ingezet op het verkennen van herstelmethoden voor klein zee gras. In 2022 is geëxperimenteerd met het gebruik en de optimalisatie van de 'Dispenser Injection Seeding' (DIS) methode. Hierbij worden zaadmengsels in de bodem gespoot met een kitspuit. DIS is voorgaande jaren een succesvolle zaad gebaseerde herstel methode gebleken voor groot zee gras (Govers et al., 2022; Gräfnings et al., 2023). In 2022 is een experiment opgezet waarbij gekeken is naar het effect van zaaidichtheden en zaaidiepte op het zaaisucces van klein zee gras (Gräfnings et al., 2023). Op basis van de uitkomsten van dit experiment is in 2023 verder geëxperimenteerd met de DIS methode. Daarnaast is geëxperimenteerd met het gebruik van de 'core' methode. Hierbij worden gehele kernen met sediment, wortels en plantmateriaal getransplanteerd van een donorlocatie naar de herstellocatie. De effectiviteit van DIS en 'core' methoden worden in het 2023 experiment vergeleken. Naast het veldexperiment, is er in het lab ook een kiemingsexperiment uitgevoerd om te kijken hoe de kiemkracht van de zaden bevorderd kan worden. Het bevorderen van de kiemkracht kan zorgen voor een verbeteringslag binnen zaad gebaseerde herstelmethoden.

2.1 DIS versus Cores (2023)

Er is gekeken naar de effectiviteit van klein zee grasherstel met zaden (DIS) en middels kernen (cores). Doordat klein zee gras in vroege levensstadia van zaad en zaailing erg kwetsbaar kan zijn, wordt het gebruik van kernen gezien als efficiënt alternatief waarmee dit kwetsbare levensstadium wordt omzeild (Tan et al., 2023). Het gebruik van de 'core' methode is mogelijk doordat klein zee gras een meerjarige levensstijl heeft en, in tegenstelling tot droogvallend groot zee gras, investeert in het bouwen van een uitgebreid wortelstelsel wat klonale uitbreiding mogelijk maakt. In het groeiseizoen van 2023 is het succes van zee grasherstel middels 1- core, 3-cores en DIS met elkaar vergeleken op Griend. De 3-core behandeling is gebaseerd op 1) een pilot uit 2019 op het Uithuizerwad waarbij drie getransplanteerde kernen snel aan elkaar groeiden en 2) op basis van Amerikaans/Nederlands onderzoek naar kwelders (Silliman et al., 2015) waar gebundelde transplantatiemethodes het meest succesvol waren.

Experimentele opzet

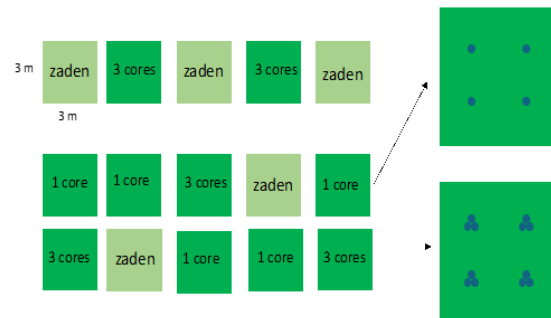
Het donormateriaal voor dit experiment komt uit donorpopulaties in Hamburger Hallig en Sylt (Duitsland). Het experiment heeft plaatsgevonden op Griend. Afwisselend zijn er plots (2 x 2 m) beplant met de 1-core (per m²), 3-core (per m²) of DIS behandeling (10 injecties/m²) (n=15 per behandeling). Bij de DIS-methode is uitgegaan van 10 zaden per injectie op 2 cm diepte op basis van de bevindingen van het voorgaande experiment (Gräfnings et al., 2023). De 1-cores bestaan uit een enkele kern (diameter 90 mm) die in het midden van elke m² van de plots zijn geplaatst. Bij de 3-core behandeling zijn per vierkante meter drie kernen tegen elkaar geplant. In dit onderzoek is gekeken naar de effectiviteit van de drie behandelingen door de plantoverleving, patchgrootte en bedekkingsgraad van klein zee gras met elkaar te vergelijken.

Proefopzet 'methoden-proef' klein zeegras

Donorlocatie: Hamburger Hallig & Sylt (Duitsland)

Aanplantlocaties: Griend

Parameters	
Methode	Zaaien (DIS) & kernen
Plotgrootte	4 m ²
Zaaien (DIS)	
Aantal injecties m ⁻²	10 injecties m ⁻²
Aantal zaden injectie ⁻¹	10 zaden injectie ⁻¹
Zaaidiepte	2 cm
Kernen	
Kerngrootte (diameter)	90 mm
Aantal kernen m ⁻²	1 (1-core) & 3 (3-core)

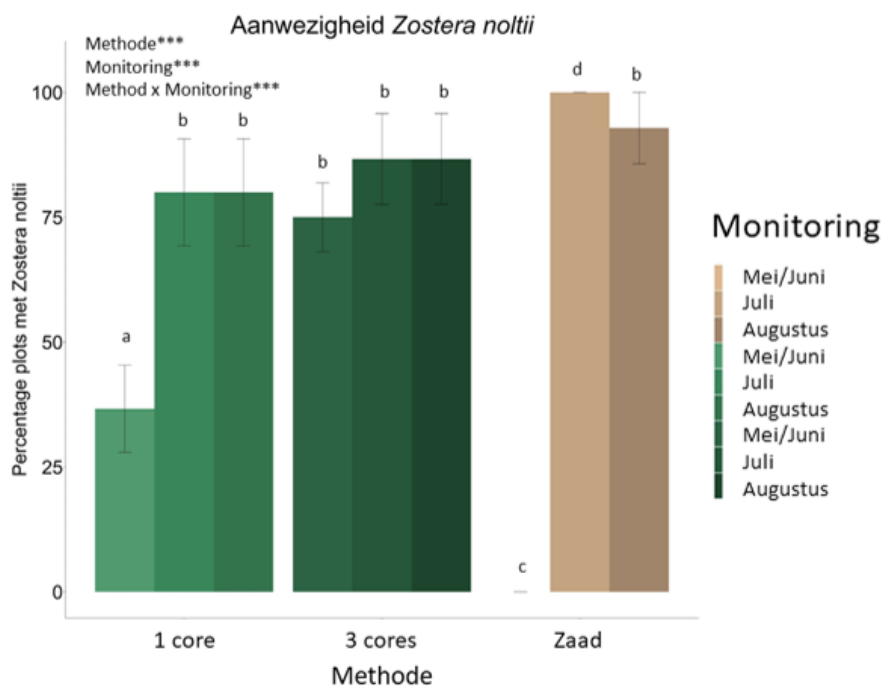


De geïllustreerde proefopzet wordt per locatie in drievoud uitgevoerd

Resultaten en veldobservaties

Per plot is gekeken of er klein zeegrasscheuten aanwezig waren tijdens de monitoringsronden (Afbeelding 2.1). In de grafiek is te zien dat de zaden tijdens de monitoringsronden in mei/juni nog niet waren opgekomen. Daarnaast valt op dat het percentage plots met klein zeegras laag was voor 1-core (37 %). Dit betekent dat de korte termijn overleving erg laag was. Dit is mogelijk te verklaren door de langdurige aanwezigheid van rotganzen (*Branta bernicla*) die als gevolg van aanhoudende noordenwind, en daarmee een relatief koud voorjaar, langer dan normaal zijn blijven hangen bij Griend (bron: vogelwachters Griend). Tijdens de monitoring zijn duidelijke sporen van vraat en aanwezigheid van ganzen gevonden op en nabij de plots (Afbeelding 2.4). In juli is een toename in aantal plots met klein zeegras te zien waarbij het aantal plots met zeegras bij de core methoden niet verschillen, maar er wel een verschil is tussen de core en DIS methode. Dit verschil was niet meer significant tijdens de monitoring in augustus.

Afbeelding 2.1 *Zostera noltii* aanwezigheid in mei/juni, juli en augustus per behandeling. *** geeft aan dat er een significantie is waargenomen op het betreffende onderwerp (methode, monitoring en relationeel methode x monitoring)

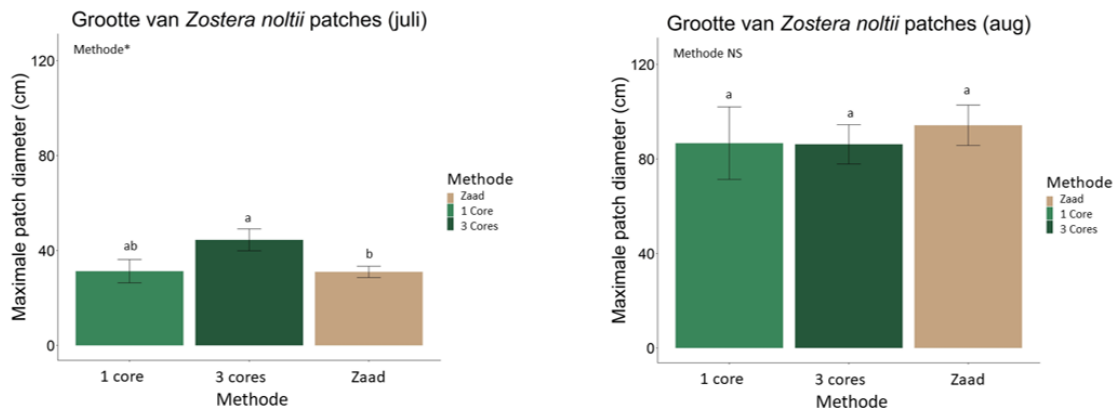


Afbeelding 2.2 Vraatsporen waarbij de zeegrasscheuten volledig zijn begraaasd (links) en pootafdrukken (rechts) van rotganzen binnen de experimentele locatie

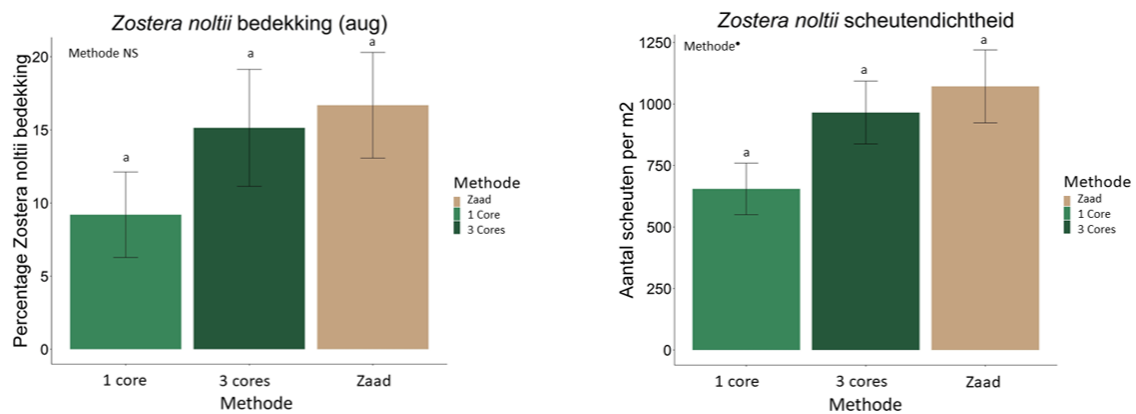


Het gemiddelde aantal klein zeegrass patches per plot in juli was verschillend voor de 1-core (gemiddeld 1,87 patches) en zaad (gemiddeld 3,73 patches) behandeling. Tijdens de monitoring in augustus verschilden de gemiddelde aantal patches per plot niet meer significant door een sterke afname in patch aantallen binnen de zaadbehandeling. Dit is te verklaren doordat de patches uiteindelijk dermate zijn uitgebreid dat ze aan elkaar zijn gegroeid. Deze groei is terug te zien als we kijken naar de gemiddelde maximale patch diameter (Afbeelding 2.3). Hier zien we dat de maximale diameter van de 3-core behandeling in juli significant hoger is dan van de patches in de zaad behandeling. Hoewel het aantal patches dus hoger lag, was de maximale diameter van deze patches juist kleiner. In augustus is dit verschil in diameter echter niet meer waar te nemen tussen de verschillende behandelingen. Het gemiddelde percentage klein zeegrass bedekking en het aantal scheuten per m² verschilden ook niet significant tussen de behandelingen tijdens de monitoringsronde in augustus (Afbeelding 2.4).

Afbeelding 2.3 Gemiddelde maximale patch diameter van klein zeegrass in juli (links) en augustus (rechts)



Afbeelding 2.4 Gemiddeld percentage klein zeegrasbedekking per plot (links) en gemiddelde scheutenaantal per m² (rechts) in augustus



Beschouwing

De drie behandelingen (zaad, 1-core en 3-cores) op Griend resulteerden in evenveel groei en bedekking van klein zeegras in augustus. Er zijn aan het einde van het groeiseizoen dus geen significante verschillen gevonden tussen deze methoden op deze locatie. Dit geeft de impressie dat binnen Griend de randvoorwaarden voor zowel ontwikkeling vanuit zaden als overleving/uitbreiding vanuit kernen goed genoeg zijn voor de verdere ontwikkeling van klein zeegras op deze locatie. Zoals later zal blijken uit de Guerrilla 2.0 (hoofdstuk 3) kan het zijn dat een locatie enkel geschikt is voor overleving en eventuele uitbreiding van kernen en niet voor de vestiging van zaden. Daarnaast kan de vraat door rotganzen effect hebben gehad op het eindresultaat van dit experiment. De sterke toename bij de 1-core methode tussen de periodes mei/juni en juli (Afbeelding 2.1) toont aan dat de ganzen waarschijnlijk niet het gehele wortelsysteem hebben begraasd en dat de overgebleven rizomen in staat waren om nieuwe scheuten te vormen.

De huidige resultaten tonen enkel de ontwikkeling van klein zeegras binnen het groeiseizoen. Het komende jaar is het van belang om de winteroverleving en meerjarige ontwikkeling te monitoren. Hiermee kan gekeken worden of er verschil is in langetermijnoverleving tussen de herstellmethoden. Daarnaast kan het succes van een herstellmethode sterk afhangen van de (a)biotische omstandigheden van de herstelllocatie. In hoofdstuk 3 gaan we verder in op het gebruik van zaden en 3-cores op andere locaties in de Waddenzee.

Opschaling en effecten op donorpopulatie

Om te bepalen of een methode geschikt is voor grootschalig zeegrasherstel moet ook gekeken worden naar de mogelijkheden voor opschaling en de effecten op de donorpopulatie. In de paragraaf hieronder zetten we enkele voor- en nadelen van kernen versus zaden uiteen.

Het verkrijgen van zaden vanuit een donorpopulatie is arbeidsintensief. In het donorveld worden individuele zaadscheuten geoogst waarbij (vooral in slibbige omstandigheden) het van belang is om het bestaande veld niet te vertrappen. Tijdens het verzamelen moet het veld eerst verkend worden om patches te vinden met voldoende zaaddragende scheuten met rijpe zaden. Doordat zaadscheuten soms door sedimentatie onder het zand liggen, zijn ze niet altijd meteen zichtbaar. Bij het oogsten van de zaadscheuten moet er ook op gelet worden dat enkel de zaadscheut en niet de gehele plant uit het sediment wordt getrokken. Dit probleem speelt niet bij het oogsten van groot zeegras doordat deze eenjarige plant in zijn geheel geoogst kan worden en de plantresten later verwerkt kunnen worden. Voor het verzamelen van het donormateriaal in 2023 kostte het grofweg een uur om 86 zaden te verzamelen. Opschalen met herstellmethoden op basis van zaden is op het moment nog niet mogelijk vanwege de arbeidsintensiteit van het verzamelen van zaden en het lage kiemsucces van de zaden onder de gebruikte zaadverwerking in 2023. Het verhogen van het kiemsucces (zie paragraaf 2.2) zou een belangrijke stap kunnen zijn met oog op opschaling van deze methode.

Het verkrijgen van kernen gaat in het veld sneller dan het verzamelen van zaden. Hoewel er bij het verzamelen van kernen vaker heen en weer gelopen moet worden naar de kust, worden de mogelijke effecten van vertrapping lager ingeschat dan bij het verzamelen van zaden. Bij het opschalen middels het uitplanten van grotere kern aantallen, moet er rekening worden gehouden met het feit dat kernen na het verzamelen snel moeten worden aangeplant op de herstelllocatie. Dit kan uitdagingen geven op het gebied van logistiek. Bij het uitsteken van de kernen verwijder je daarnaast meer materiaal uit de donorpopulatie dan bij het verzamelen van zaden. Hier moet tijdens het steken rekening mee gehouden worden door maar een klein percentage van het totale klein zeegrasveld te verzamelen. Om een zo klein mogelijk effect te hebben op de donorpopulatie wordt er in opschaling dan ook voornamelijk gekeken naar het optimaliseren van de uitplant configuratie. Hierbij wordt gekeken hoe zo min mogelijk kernen in het veld geplaatst kunnen worden om zo snel mogelijk te ontwikkelen tot een meerjarig klein zeegrasveld.

2.2 Kiemingsexperimenten

Om efficiënter met het gebruik van klein zeegras zaden om te gaan zijn in 2023 kiemprouven op basis van verschillende zaadbehandelingen uitgevoerd in het laboratorium. Deze proeven zijn nodig om de methode voor herstel van klein zeegras te optimaliseren. Momenteel kiemt slechts een zeer beperkt deel van de opgehaalde zaden (<10 %) succesvol in de experimenten (Gräfnings et al., 2023). Het lage kiemingssucces zou het gevolg kunnen zijn van de meerjarige voortplantingsstrategie van klein zeegras waarbij minder wordt geïnvesteerd in zaden en meer in de formatie van een wortelstelsel. Een andere gedachtegang is dat de zaadhuid van klein zeegras sterker is dan groot zeegras waardoor het moeilijker tot kieming komt. Gedacht wordt dat omgevingsfactoren in de natuurlijke situatie ervoor zorgen dat de zaadhuid verzwakt en kieming mogelijk wordt. Bij transplantatie wordt dit natuurlijke proces mogelijk geremd.

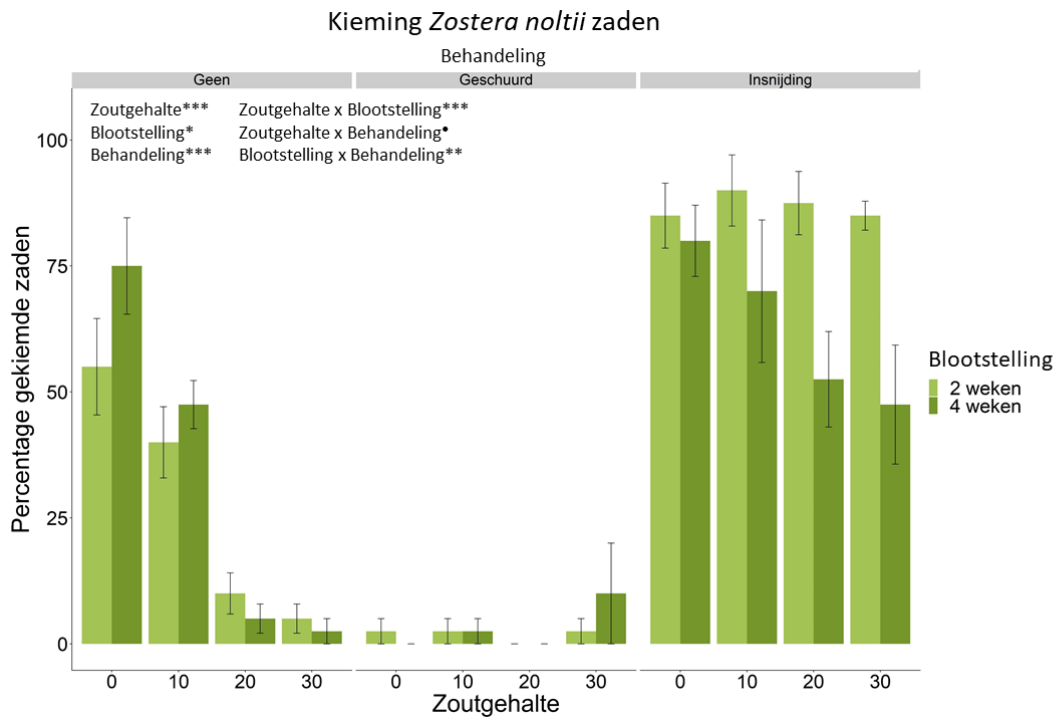
Experimentele opzet

Een kiemingsexperiment is uitgevoerd in het Zernike laboratorium met 1.000 *Z. noltii* zaden uit Hamburger Hallig (Duitsland). Bij het kiemingsexperiment is gekeken welke factoren de kieming kunnen bevorderen. De zaden zijn blootgesteld aan verschillende behandelingen, bestaande uit de volgende drie variabelen: saliniteit behandeling (zoet tot zeewater), blootstellingsperiode (duur van saliniteitbehandeling) en zaadhuid aantasting (ook wel scarring). De zaadverwerking is gedaan volgens het standaard zeegras zadenprotocol dat eerder door Gräfnings et al. (2023) is toegepast. De specifieke behandelingen vonden plaats in het eindstadium van de zaadopslag. Eerst vond de zaadhuidbehandeling plaats. Een deel is behandeld met zandschuring wat de natuurlijke slijtage in de winterperiode simuleert. Bij deze behandeling zijn de zaden samen met sediment in een shaker geplaatst en gedurende een uur met een snelheid van 30 trillingen/seconde geschud. Bij de incisiebehandeling zijn de zaadhuiden handmatig ingesneden met een scalpel. Enkele zaden zijn niet behandeld ter controle. Na de zaadhuidbehandeling werden de zaden twee of vier weken opgeslagen in zoetwater (0 PSU), brakwater (10 en 20 PSU) en zeewater (30 PSU). De zaden werden na deze behandelingen uitgeplant binnen een gecontroleerde omgeving van het laboratorium. In totaal gaf dit 24 behandelingen (4 saliniteitslevels x 2 blootstellingsperioden x 3 zaadhuidbeschadigingen).

Resultaten

De resultaten van dit onderzoek moeten nog officieel worden vastgesteld, maar de voorlopige resultaten van dit experiment zijn weergegeven in Afbeelding 2.5. Hier valt meteen op dat er hogere kiemingspercentages dan 10 % zijn behaald. Daarnaast heeft de behandeling met de shaker (geschuurd) onder elke omstandigheid een zeer laag ontkiemingspercentage. Als we kijken naar de zaden waarvan de zaadhuid niet is behandeld, dan zien we dat kiemingspercentages hoger liggen bij een saliniteit van 0 en 10 PSU. Een blootstelling van twee weken lijkt effectiever te zijn, maar deze variatie is niet significant. Bij de resultaten met incisie-behandeling zien we hoge ontkiemingspercentages ongeacht de saliniteit. Bij deze behandeling lijkt de langere blootstelling juist te leiden tot lagere kiemingspercentages. Tot slot zien we dat de zaden die enkel vier weken zijn blootgesteld aan zoet water (0 PSU) een vergelijkbaar ontkiemingspercentage vertonen als de zaden die manueel zijn ingesneden en twee weken zijn behandeld met verschillende zoutgehaltes.

Afbeelding 2.5 Gemiddelde percentage gekiemde zaden voor de verschillende behandelingen; Zoutgehalte, blootstellingsduur aan de gestelde saliniteit en zaadhuid behandeling



Beschouwing

De voorlopige resultaten van het kiemingsexperiment tonen aan dat aanvullende behandeling van de klein zeegras zaden voor het uitplanten in het veld een groot effect kan hebben op de kiemingskans van de zaden. De behandeling met de shaker zorgde ervoor dat de zaden een zeer lage kiemkans vertoonden. Dit komt doordat de zaden onder de huidige setting waarschijnlijk te veel schuring hebben gekregen en daardoor kapot zijn gegaan. De zaden die zijn ingesneden vertoonden over het algemeen de hoogste kiemkans. Bij deze behandeling werd waargenomen dat de zaden met een blootstelling van vier weken werden aangetast door schimmels. Dit verklaart waarschijnlijk het lagere kiemingssucces dan bij twee weken blootstelling aan de verschillende zoutgehaltes. Hoewel het insnijden van zaden een positief effect heeft op het ontkiemingspercentage, is het een zeer arbeidsintensieve stap in het proces. Vanuit het oogpunt van opschaling en efficiëntie lijkt de behandeling met enkel blootstelling aan zoet water (0 PSU) nu praktisch het beste haalbaar en het meest effectief voor de toekomstige verwerking van klein zeegras zaad. Met de duur van de zoetwaterbehandeling zal in de praktijk (het veld) geëxperimenteerd moeten worden. Er bestaat namelijk een risico dat de zaden vroegtijdig in de verwerking ontkiemen en daarna bij het uitzaaien in het veld beschadigd worden en niet aanslaan.

De nieuwe kiemingspercentages kunnen tot slot van invloed zijn op de optimale zaaddichtheid per injectie zoals eerder is onderzocht in het experiment van Gräfnings et al. (2023). Op basis van dat onderzoek werd 10 zaden per injectie als optimale dichtheid gezien voor de ontwikkeling van klein zeegras patches. Bij een hogere kiemkans is te verwachten dat er minder zaden per injectie benodigd zijn om hetzelfde aantal patches te realiseren. De komende jaren kan dus geëxperimenteerd worden met lagere zaadaantallen per injectie. Op die manier kan er mogelijk efficiënter omgegaan worden met de beschikbare klein zeegras zaden.

3

GUERRILLA 2.0 (KLEIN EN GROOT ZEEGRAS)

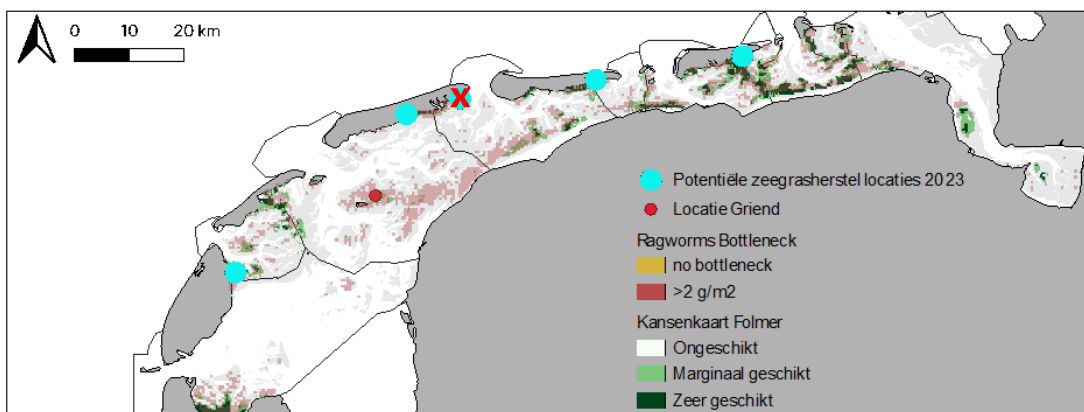
Een belangrijke doelstelling van het project is het vinden van een locatie binnen de Waddenzee waar de successen van Griend kunnen worden herhaald. In 2020 is experiment 'Guerrilla 1.0' uitgevoerd waarbij op verscheidene locaties groot zeegras op kleine schaal is ingezaaid met de DIS methode. De locaties waren geselecteerd op basis van de kanskaart van Folmer (2019). Op de twee meest kansrijke locaties op basis van de kanskaart (Vlieland en Schiermonnikoog) leidden de herstelproeven tot geen enkele volwassen plant, op Balgzand en Uithuizen kwamen slechts enkele planten op. Het gebrek aan succes op Vlieland en Schiermonnikoog werd mogelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van grote dichtheden wadpieren en zeeduizendpoten (Zuidewind, 2021).

In het groeiseizoen van 2023 is er een guerrilla experiment (2.0) uitgevoerd op vier nieuwe locaties, waarbij Griend als controle is meegenomen. Op deze locaties is zowel een experiment gedaan met groot en klein zeegras, waarbij verschillende methoden zijn getest. In dit hoofdstuk gaan we eerst in op de experimentele opzet voor Guerrilla 2.0. Daarna worden de resultaten van groot en klein zeegras apart behandeld.

3.1 Experimentele opzet

De locaties van dit experiment zijn geselecteerd op basis van de meest recente informatie met betrekking tot de optimale biotische en abiotische groeicondities (Folmer et al., 2019; Gräfnings et al., 2023). Bij de selectie is gebruik gemaakt van een combinatie van een verbeterde kanskaart (Folmer, 2020; Kwakernaak et al., 2023), aangevuld met expert judgement op basis van veldbezoeken. De pilots van 2023 zijn uitgevoerd op nieuwe locaties, namelijk: Texel, Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog (Afbeelding 3.1). Daarnaast is het experiment ook uitgevoerd op Griend zodat deze locatie kan dienen als controle locatie. Op alle locaties is geëxperimenteerd met zowel groot als klein zeegras.

Afbeelding 3.1 Nieuwe uitplantlocaties voor Guerrilla 2.0 (blauw) gemarkeerd op de verrijkte kanskaart op basis van Folmer (2020) en Kwakernaak et al. (2023). De dichtheid aan wadpieren (als negatief effect) is meegenomen in deze kanskaart



Bij de experimenten van droogvallend groot zee gras (*Z. marina*) werd uitsluitend met zaad gewerkt. De DIS methode is hierbij toegepast met een hoge zaaidichtheid om de kans op succes te vergroten. Omdat de optimale zaaidiepte afhangt van lokale sedimentdynamiek (erosie en sedimentatie) is ervoor gekozen om groot zee gras op twee zaaidieptes in te zaaien (2 cm en 4 cm). Bij de experimenten van klein zee gras (*Z. noltii*) is ervoor gekozen om zowel met zaden als met kernen te werken. De zaden zijn ingezaaid met de DIS methode in overeenstemming met de uitkomsten van het onderzoek van Gräfnings et al. (2023). Vanwege de beperkte zaadbeschikbaarheid is enkel op 2 cm diepte ingezaaid. Bij de kernen is gebruik gemaakt van dezelfde 3-cores opzet die ook in het experiment op Griend (paragraaf 2.1) zijn gebruikt.

Uit eerdere kleinschalige experimenten met groot zee gras (2018/2019) bleek dat kleinere proefvlakken (1, 4 en 9 m²) uitermate geschikt zijn om uit te testen of een locatie of methode geschikt zijn (Gräfnings et al., 2023; Govers et al., 2022). Daarnaast draagt het gebruik van kleinere plots bij aan optimaal zaadgebruik. Daarom zijn kleinere proefvlakken gebruikt in dit experiment (1 m² voor klein zee gras en 4 m² voor groot zee gras). Per behandeling zijn per locatie 15 vlakken ingezaaid of beplant (zie kader hieronder). Monitoringsrondes zijn op alle locaties uitgevoerd in mei/juni en juli. In augustus/september is een extra monitoringsronde uitgevoerd waar enkel Ameland en Griend zijn meegenomen.

Proefopzet Guerrilla 2.0

Donorlocatie: Hamburger Hallig & Sylt (Duitsland)

Aanplantlocaties: Texel, Ameland, Terschelling, Schiermonnikoog, Griend (controle)

Parameters	Groot zee gras	Klein zee gras
Methode	Zaaien (DIS)	Zaaien (DIS) & kernen
Plotgrootte	4 m ²	1 m ²
Zaaien (DIS)		
Aantal injecties m ⁻²	50 injecties m ⁻²	20 injecties m ⁻²
Aantal zaden injectie ⁻¹	5 zaden injectie ⁻¹	10 zaden injectie ⁻¹
Zaaidiepte	2 cm & 4 cm	2 cm
Kernen		
Kerngrootte (diameter)	-	90 mm
Aantal kernen m ⁻²	-	3 (3-core)



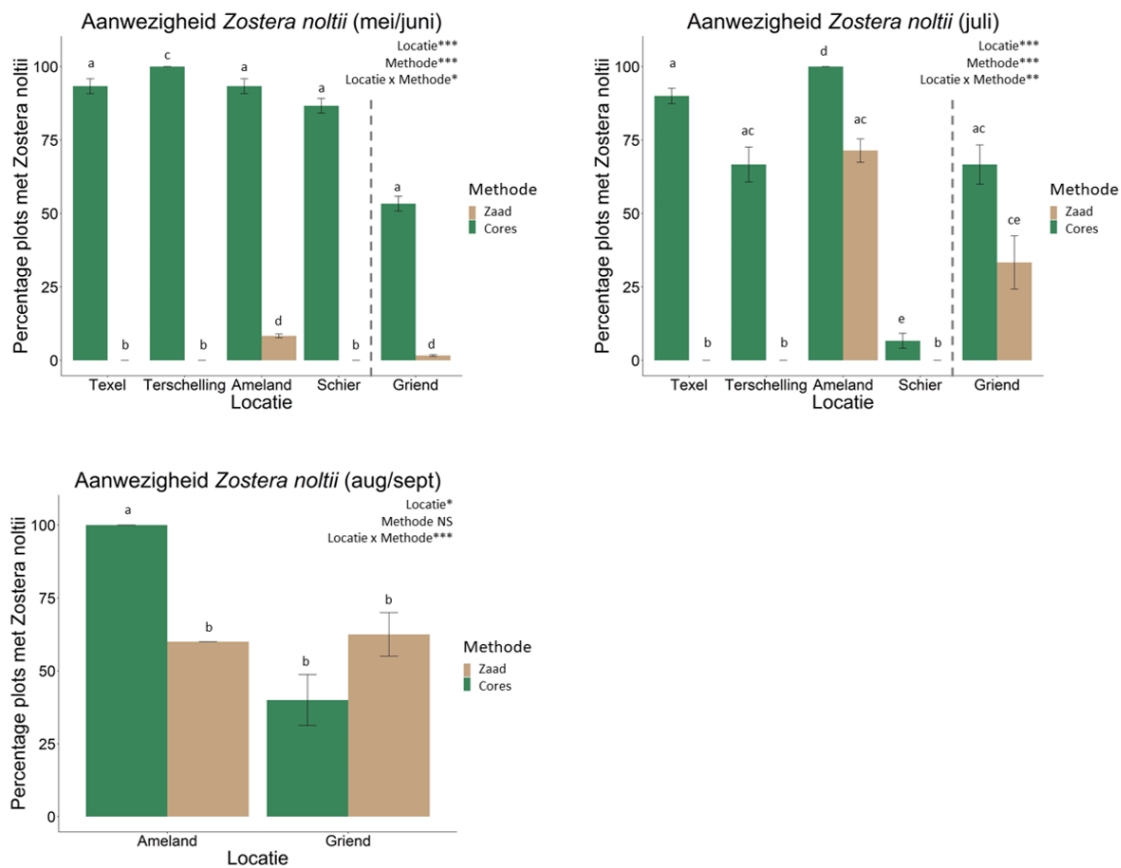
De geïllustreerde proefopzet wordt per locatie in drievoud uitgevoerd

3.2 Resultaten en beschouwing klein zee gras

Resultaten

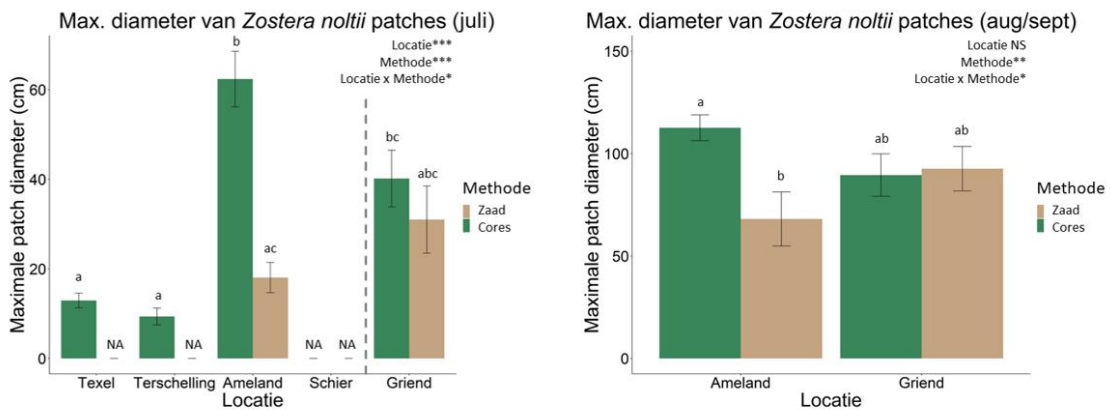
Het percentage plots waarbij klein zee gras waarneembaar bovengronds aanwezig was, is weergegeven in Afbeelding 3.2. Hierin is te zien dat de hoeveelheid plots met klein zee gras zaad in mei/juni nog laag is. De zaden zijn op Texel, Terschelling en Schiermonnikoog nog niet opgekomen. Op Ameland en Griend worden wel al de eerste planten waargenomen. In juli wordt duidelijk dat bij Texel, Terschelling en Schiermonnikoog de zaaiproeven niet hebben geleid tot de ontwikkeling van planten. Op Ameland daarentegen zien we in juli en augustus/september een vergelijkbaar aantal plots met klein zee gras als op Griend. De resultaten van de kern experimenten tonen in mei/juni lagere aanwezigheid op Griend dan op de andere locaties hoewel het verschil enkel met Terschelling significant is. In juli en augustus/september zien we dat klein zee gras kernen het op Ameland significant beter hebben gedaan dan op de andere locaties. Op Texel, Terschelling en Griend zien we dat een deel van de klein zee grasskernen zich weten te handhaven. Op Schiermonnikoog daarentegen is het grootste gedeelte van de klein zee grasskernen in juli al verdwenen. In juli en augustus/september zien we dat dat het aanplanten van kernen leidt tot een hoger of vergelijkbaar (Griend) percentage aanwezigheid aan het einde van het groeiseizoen.

Afbeelding 3.2 Percentage plots met aanwezig klein zeegras tijdens de monitoringsronden van mei/juni (linksboven), juli (rechtsboven) en augustus/september (linksonder)



Het aantal patches van zeegras per plot toont eenzelfde beeld als het percentage aanwezigheid. De voorgaande resultaten tonen de aanwezigheid van klein zeegras aan binnen de plots, maar geven geen indicatie of er groei heeft plaatsgevonden binnen de patches van klein zeegras. In Afbeelding 3.3 is de maximale patchgrootte per plot weergegeven. In juli is te zien dat de kernen bij Ameland en Griend significant hogere maximale patchgroottes laten zien dan op de andere locaties. In augustus/september zien we echter dat ook de patches binnen de zaadmethode op Ameland en Griend zich verder hebben ontwikkeld. Bij Ameland is de maximale patchgrootte gevormd vanuit kernen significant groter dan de zaadmethode. Zowel de kernen als zaad verschillen echter niet significant van de resultaten bij Griend. Wie zien ook dat de patches tussen juli en augustus/september zijn uitgebreid.

Afbeelding 3.3 Maximale patch diameter (cm) klein zeegras tijdens de monitoringsronden van juli (links) en augustus/september (rechts). Let op: de schaalverdeling van maximale patch diameter verschilt per grafiek



Beschouwing

Het guerrilla 2.0 experiment toont veelbelovende resultaten voor klein zeegrasherstel bij Ameland. Ameland laat voor zowel kernen als zaden vergelijkbare of betere resultaten zien wat betreft aanwezigheid en patchdiameter als bij Griend. Bij Griend is in mei/juni een sterke afname in aanwezigheid waargenomen bij de kernen (afname van bijna de helft). Deze afname in kernen houdt mogelijk verband met de aanwezigheid van rotganzen zoals eerder in paragraaf 2.1 is benoemd en heeft mogelijk effect gehad op de resultaten van dit experiment. Locaties Texel en Terschelling laten ook zien dat de kernen het overleven tot het einde van het groeiseizoen. Deze locaties waren echter niet geschikt voor de ontwikkeling van zeegras vanuit zaden. Tot slot zagen we dat bij Schiermonnikoog zowel kernen als zaden niet aansloegen.

Het succes van een herstelmethode kan afhangen van de locatie waar het herstel plaatsvindt. De besproken resultaten gelden enkel voor de experimentele locaties bij de eilanden. We kunnen met het Guerrilla experiment dus niet stellen dat heel het gebied bij Ameland geschikt is of heel het gebied bij Schiermonnikoog ongeschikt. Het experiment geeft een eerste inzicht in de potentie van een gebied waar we met dit project mee kunnen werken. Ameland lijkt op basis van de monitoring in één groeiseizoen een veelbelovende locatie om in het vervolg herstelproeven uit te voeren. Texel en Terschelling zijn mogelijk geschikt voor zeegras overleving, maar zijn momenteel niet geschikt zijn voor herstelmethode vanuit zaden. Gezien het zelf-faciliterende vermogen van zeegras (Jones et al., 1994; Maxwell et al., 2017) is het mogelijk dat na de plaatsing en uitbreiding van kernen, het gebied in de toekomst wel verder geschikt kan worden voor ontwikkeling uit zaden.

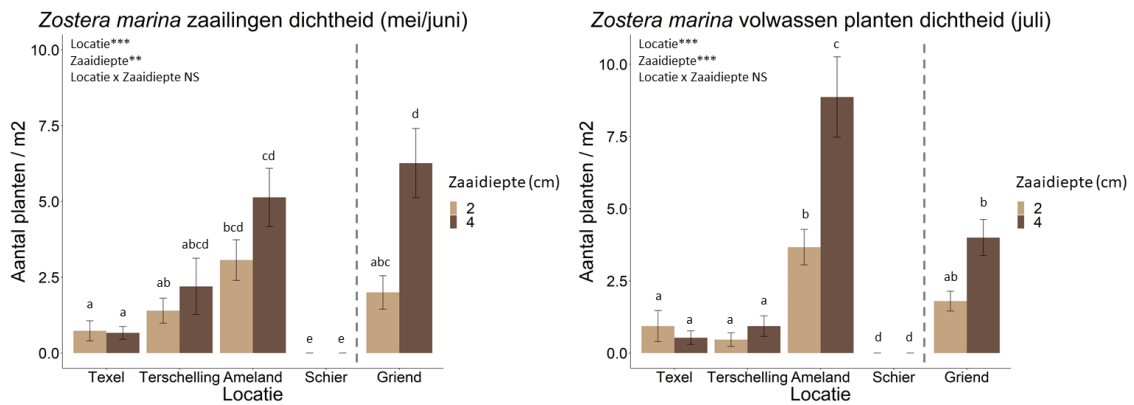
Ook bij dit experiment geldt dat de resultaten enkel de ontwikkeling van het zeegras in het groeiseizoen tonen. Om vast te kunnen stellen of klein zeegras zich daadwerkelijk meerjarig kan vestigen, is meerjarige monitoring noodzakelijk.

3.3 Resultaten en beschouwing groot zeegras

Resultaten

Om het succes van groot zeegras op de verschillende guerrilla -locaties te meten, is gekeken naar het aantal planten per vierkante meter binnen de uitgezette plots (Afbeelding 3.4). In mei/juni werden op alle locaties behalve Schiermonnikoog zaailingen waargenomen. Op Ameland en Griend werden er voor de zaaidiepte van 4 cm in juli significant hogere dichtheiden zaailingen waargenomen dan op de andere locaties. Het aantal zaailingen per m² werd enkel op Ameland beïnvloed door de zaaidiepte waarbij zaaien op 4 cm diepte resulteerde in hogere dichtheden. Bij Griend was het verschil in zaaidiepte in mei/juni significant, maar in juli niet meer. Bij Texel en Terschelling zien we dat de plantdichtheden bij het zaaien op 4 cm lager waren dan bij Ameland en Griend. Voor een zaaidiepte van 2 cm verschilden de plantdichtheden op Texel en Terschelling niet significant met Griend.

Afbeelding 3.4 De dichtheid van zaailingen in mei/juni (links) en volwassen planten in juli (rechts) van *Zostera marina* op de verschillende locaties en van de twee verschillende zaaidieptes

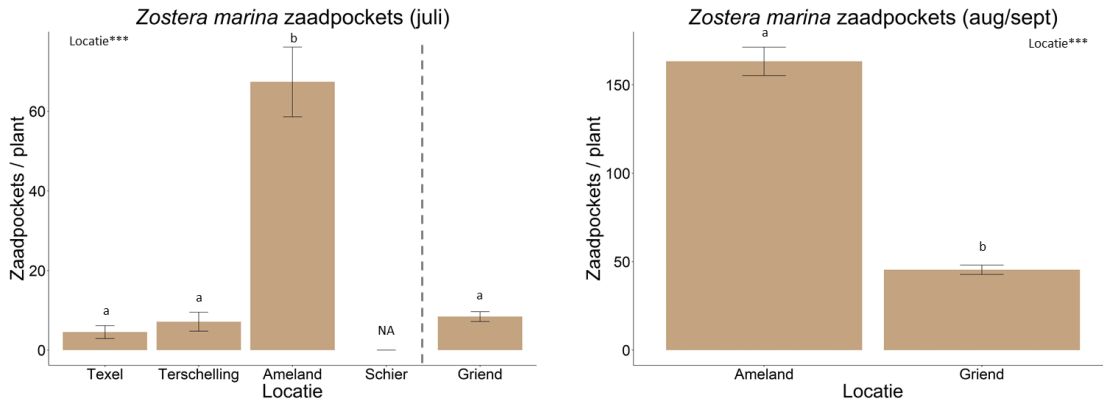


Opvallend was dat de planten bij Griend dit jaar kleiner waren dan voorgaande jaren (Afbeelding 3.5). De plantgroottes die werden waargenomen in Griend waren overeenkomstig met de plantgroottes van de donorpopulatie in Hamburger Hallig (Duitsland) (persoonlijke observatie Fieldwork Company). Echter waren de planten op Ameland fors groter. Dit is terug te zien in het aantal zaadpockets per plant (Afbeelding 3.6). Planten op Ameland hadden 3,5 keer meer zaadpockets dan de planten op Griend (163,29 versus 45,47 pockets/plant).

Afbeelding 3.5 Plantgrootte op Griend (links) en Ameland (rechts)



Afbeelding 3.6 Het aantal zaadpockets per groot zeegras-plant in juli (links) en aug/sept (rechts). Let op, de y-assen verschillen



Beschouwing

Net zoals voor klein zeegras, is Ameland voor groot zeegras een succesvolle locatie gebleken. De DIS methode met zaaidiepte 4 cm was het meest succesvol voor Ameland en heeft op deze locatie geresulteerd in de ontwikkeling van gezonde planten met hoge aantallen zaadpockets per plant. Hoewel de resultaten aantonen dat op deze locatie zeegras succesvol kan ontwikkelen vanuit zaad, is het nog onbekend of de zaden in het gebied blijven (zaadretentie) om als basis te dienen voor het volgende jaar. Komende jaren wordt het interessant om verdere zaai inspanningen uit te voeren, maar ook om te kijken hoe de zeegrassen zich hier verder op een natuurlijke manier ontwikkelen. Ook hier is meerjarige monitoring van belang. Om de ontwikkeling de komende jaren goed vast te kunnen leggen kan ervoor worden gekozen om de komende jaren contour- en dichtheidsmetingen uit te voeren op Ameland zoals dat ook voor Griend wordt gedaan (hoofdstuk 5). Hoewel op Texel en Terschelling wel planten uit zaad ontwikkelden, waren de dichtheden laag ten opzichte van Ameland en Griend (4 cm zaaidiepte). Schiermonnikoog is op deze experimentlocatie ongeschikt.

3.4 Verklarende omgevingsfactoren

In de paragrafen hierboven is te zien dat er verschil is in het succes van de soorten en herstelmethoden op de verschillende locaties. We zien dat Schiermonnikoog voor zowel klein zeegras als groot zeegras in 2023 niet geschikt was (m.b.t. de gebruikte methode en de specifieke testlocatie). Tegengesteld zien we dat juist op Ameland wel successen zijn geboekt die vergelijkbaar zijn (of zelfs beter) dan de controle locatie op Griend. Terschelling en Texel laten marginale resultaten zien; de kernen van klein zeegras handhaven zich maar op zaad gebaseerde methoden voor klein en groot zeegras leiden niet of beperkt tot resultaten. Afbeelding 3.7 laat zien welke locaties niet, marginaal of wel geschikt lijken.

Afbeelding 3.7 Overzicht geschiktheid van de locaties waarbij Griend de controle locatie is. Rood is ongeschikt, oranje is marginaal geschikt en groen is geschikt op basis van éénjarige monitoring



Om in de toekomst meer inzicht te hebben in de randvoorwaarden van herstelsucces, zijn op alle locaties gedurende het experiment verscheidene abiotische en biotische factoren gemeten die mogelijk verband houden met de overleving en/of het groeisucces van zeegrassen (Tabel 3.1) (zie ook kennisrapportages groot zeegras en klein zeegras voor uitgebreidere informatie over het effect van deze factoren, Versloot et al., 2023ab). Het komende jaar zal een Principale Componenten Analyse (PCA) uitgevoerd worden. Met deze analyse wordt geprobeerd om inzichtelijk te maken welke factoren bepalend kunnen zijn voor de geschiktheid van een locatie, met als neven doel om op basis van informatie vooraf een inschatting te kunnen maken van de geschiktheid van een locatie.

Tabel 3.1 Overzicht van gemeten biotische en abiotische factoren om herstelsuccessen te verklaren

Abiotisch	Biotisch (micro)	Biotisch (macro)
Sediment accumulatie	Cyanobacteriën (bentisch)	Wadpieren (dichtheid)
Erosie	Diatomen	Zeeduizendpoten (dichtheid)
Redox potentiaal	Epifyten dekking	Wadslakken (dichtheid)
Saliniteit	Macroalgen dekking	Kokkels (dichtheid)
Organisch materiaal		
Stroomsnelheid		
Droogvaltijd		
Sediment korrelgrootte		
Nutriënt gehalte		

4

VERSTERKING VELD GRIEND EN OPSCHALING GROOT ZEEGRAS

Een derde lange termijn doelstelling binnen het project (t/m 2027) is het verder versterken van het huidige groot zeegrasveld op Griend. Het huidige veld kan naar verwachting op natuurlijke wijze uitbreiden en voortbestaan zonder dat er aanvullende herstelwerkzaamheden nodig zijn. Het wordt dan ook gezien als een zelfredzaam veld (zie bijlage I). Echter, de dichtheden van het veld zijn nog relatief laag (grotendeels 1 – 5 % bedekking), en wordt hierdoor niet meegenomen binnen de KRW-doelstelling (zie onderstaand kader). Velden met een hogere dichtheid kennen vaak een hogere biodiversiteit, vervullen meer ecosystemendiensten en zijn beter bestand tegen fluctuerende omgevingsfactoren. Het is dan ook van belang om te kijken of het veld versneld verdicht kan worden met behulp van actieve herstelactiviteiten.

Door het huidige veld op verscheidene plaatsen te versterken, wordt gestreefd om het areaal > 5 % zeegrasbedekking zo snel mogelijk te vergroten. Bij de versterking van het veld in 2023 zijn enkele aanvullende zeegraskernen aangebracht. Binnen deze nieuwe zaalocaties is gekeken naar 1) het groeisucces op de verschillende locaties binnen Griend, 2) de effectiviteit van het gebruik van een zaaimachine en 3) de mogelijke oogstmogelijkheden op deze locaties.

KRW-doelstellingen

De Kader Richtlijn Water (KRW) doelstellingen voor zeegras valt onder het kwaliteitselement Macrofyten/Angiospermen. Binnen de KRW-doelstelling worden zowel kwantitatieve als kwalitatieve eisen gesteld voor de aanwezigheid van zeegrassen in de Waddenzee.

Kwantiteit

Waddenzee (natuurlijk waterlichaam): Goede Ecologische Toestand (GET) 0,6 - 3,8 % van totale oppervlak - 8187 ha zeegras*.

Waddenzee vastelandskust (sterk veranderd waterlichaam): Goed Ecologisch Potentieel (GEP) 0,28 - 1,7 % van totale oppervlak - 479 ha zeegras.

Kwaliteit

Groot zeegras**: 21 % van het veldoppervlak met een minimale bedekking van 60 %.

Klein zeegras**: 41 % van het veldoppervlak met een minimale bedekking van 60 %.

Beide soorten moeten aanwezig zijn om de maximale Ecologische Kwaliteit Ratio (EKR) te kunnen behalen.

*minimale bedekkingsgraad van 5 %

**Algemene bedekkingsvariatie tussen de 1 % en 90 %.

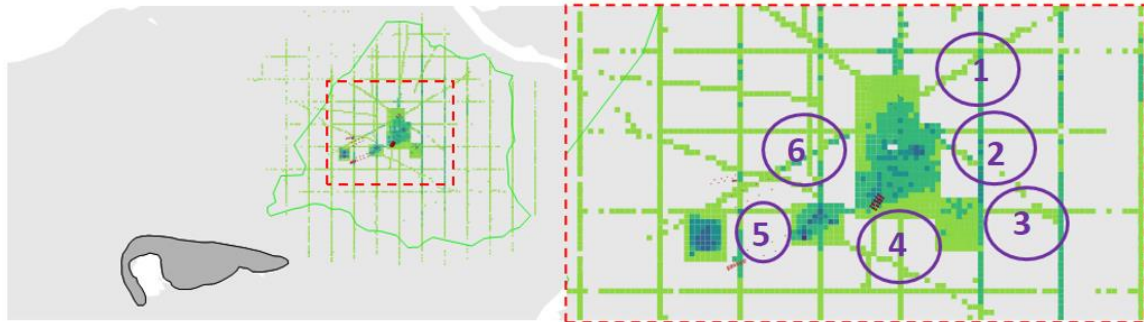
(STOWA, 2018)

4.1 Experimentele opzet

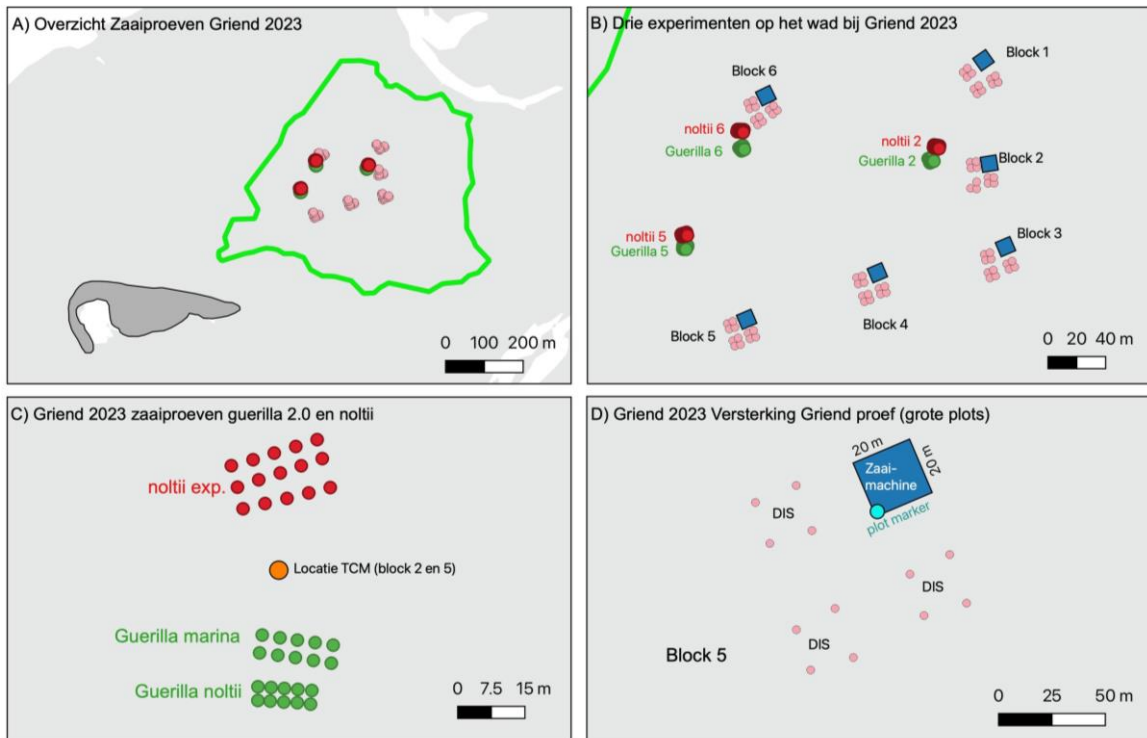
Eind 2022 is waargenomen dat een oppervlakte van minimaal 8 ha op Griend begroeid is met een minimale bedekking van 5 % groot zeegras. De kern van het veld ligt op locaties waar eerdere jaren is geëxperimenteerd binnen het eerder uitgevoerde zeegrasproject Waddenmozaïek. In Afbeelding 4.1 is te zien waar deze hogere dichtheden zijn gelegen binnen de verspreidingscontour van 2022. Daarnaast zijn in de afbeelding ook de zes zaalocaties weergegeven. In Afbeelding 4.2 is dit in meer detail uitgewerkt.

De zaalocaties voor de versterking zijn in de buurt van de kern van het veld zodat er in theorie een sterke zaad producerende kern ontstaat die via natuurlijke verspreiding het overige veld kan verdichten. Per locatie (ook wel versterkingsblok genoemd) zijn op basis van Gräfnings et al. (2023) vier vlakken van 400 m² (20 m x 20 m) ingezaaid met een hoge zaaddichtheid (125 zaden m⁻², DIS-methode). Hierbij zijn per versterkingsblok drie vlakken handmatig ingezaaid en is er bij één vlak geëxperimenteerd met een zaaimachine. In totaal zijn er voor de versterkingsproef ongeveer 1.200.000 groot zeegras zaden toegevoegd aan het veld bij Griend. In de maanden mei-juni, juli en augustus zijn de plantdichtheden bepaald met frametellingen. Hierbij is op tien random locaties binnen het zaaivlak, een frame van 50 x 50 cm geplaatst waarbinnen het aantal planten is geteld. Op basis van deze tien frametellingen is een gemiddeld aantal planten per m² bepaald.

Afbeelding 4.1 Overzicht locaties van de zaaiproeven op Griend 2023 ten opzichte van de dichte zaikernen van het veld in 2022



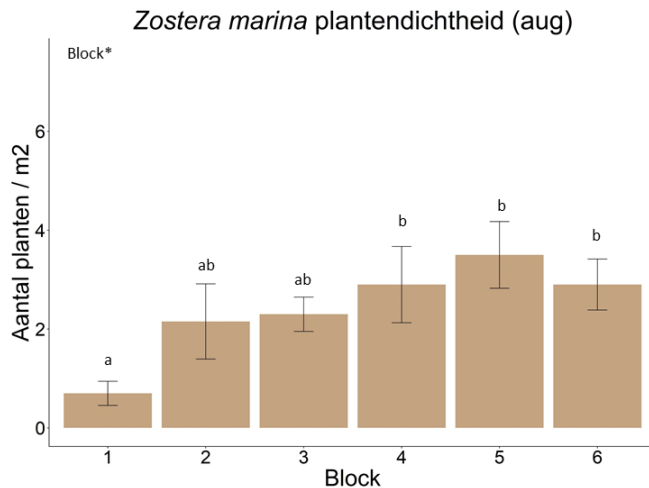
Afbeelding 4.2 Overzicht locaties van de zaaiproeven op Griend 2023. A) locaties van de zaaiproeven bij Griend t.o.v. de verspreidingscontour van 2022. B) Locaties van de versterkingsblokken (roze+blauw) t.o.v. de klein zeegras methode (*Z. noltii*, rood) en guerrilla 2.0 (groen) locaties. C) layout *Z. noltii* en guerrilla 2.0 experiment. D) lay out zaaivlakken binnen versterkingsblok 5



4.2 Groeisucces op de verschillende locaties binnen Griend

Binnen het experiment is er gekeken naar de groeiverschillen van groot zeegras in het verspreidingsgebied. In Afbeelding 4.3 zijn de gemiddelde plantdichtheden binnen de zes versterkingsblokken weergegeven voor augustus. Het gaat hierbij om een gemiddelde plantdichtheid per m². In de maanden mei-juni en juli waren er geen significante verschillen in plantenaantallen per versterkingsblok. Alleen in augustus was de gemiddelde plantdichtheid in blok 1 kleiner dan in blokken 4, 5 en 6. Deze resultaten laten zien dat er binnen de verspreidingscontouren op Griend sprake is van heterogeniteit binnen het veld.

Afbeelding 4.3 Gemiddelde plantdichtheden (plant/m²) per versterkingsblok van vier 400 m² plots in augustus



4.3 Effectiviteit van zaaimachine

Sinds de ontwikkeling van de handmatige DIS methode voor groot zeegras in 2016 wordt er ook nagedacht over het automatiseren van zaaien met een zaaimachine (Govers et al., 2022; The Fieldwork Company, persoonlijke communicatie, oktober 2023). Dit is gedaan met oog op het opschalen van herstelwerkzaamheden. De handmatige DIS methode kost op grotere schaal namelijk veel mankracht en tijd. Binnen het huidige project wordt er daardoor veel geleund op de assistentie van vrijwilligers om het werk uitvoerbaar te maken en de kosten van het zeegrasherstel te kunnen drukken. Daarnaast leidt het getij tot een beperkte werktijd in het veld, omdat de zaden alleen ingezaaid kunnen worden tijdens laagwater.

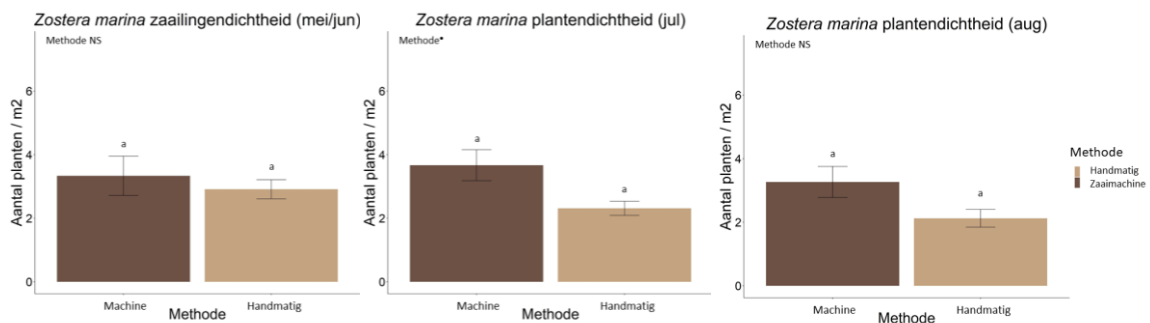
Het ontwerp van de zaaimachine op basis van de DIS methode wordt gelimiteerd door factoren zoals grootte, gewicht en gebruiksgemak. De machine moet makkelijk te vervoeren zijn per boot, maar moet voornamelijk ook over een zachtere wadbodem kunnen rijden. Daarnaast is het van belang dat het zaadmengsel kan worden bijgevuld in het veld. Deze beperkingen hebben geleid tot een eerste ontwerp waarbij een vat met spuitmonden over het wad kan worden gereden. Zodra de spuit in de bodem is gestoken wordt het zaadmengsel in de bodem gespoten (Afbeelding 4.4). Doordat de ontwikkeling van de zaaimachine parallel loopt aan de verbetering van de handmatige DIS methode konden eerdere successen met zaaidiepte en het zijwaarts inspuiten van het zaadmengsel worden meegenomen in het ontwerp van nieuwe prototypen.

Afbeelding 4.4 Zaaimachine prototype 2023 ontworpen door The Fieldwork Company



Bij het versterkingsexperiment is dit jaar per versterkingsblok een vlak van 400 m² toegevoegd waar zaden met de zaaimachine zijn gezaaid. Deze vlakken zijn vervolgens vergeleken met de naastliggende vlakken die handmatig zijn ingezaaid. In Afbeelding 4.5 zijn de resultaten van de zaaiblokken weergegeven. Hierbij zijn gemiddelden genomen voor alle versterkingsblokken die manueel zijn geplant en alle blokken die met de machine zijn ingezaaid op Griend. De plantdichtheden verschillen hierbij niet significant van elkaar.

Afbeelding 4.5 Gemiddelde plantdichtheden (plant/m²) van de versterkingsvlakken die handmatig (n= 18) en met zaaimachine (n=6) zijn ingezaaid op Griend



Het is voor het eerst dat het zaaien met de zaaimachine een vergelijkbaar resultaat geeft als handmatig inzaaien. Als kanttekening moet hierbij wel gegeven worden dat de handmatige plots in maart zijn ingezaaid en de machinale plots in april (blokken 1,2,3) en mei (blokken 4,5 en 6). Dit kan effect hebben gehad op het kiemings- en overlevingssucces van de planten. Toch zijn de resultaten veelbelovend.

Het succes zou te danken kunnen zijn aan enkele mechanische aanpassingen en de strategie van het gebruik van de zaaimachine. In eerdere pogingen is uitgegaan van een aantal tracés die werden gelopen binnen het vlak om een vergelijkbaar aantal injecties te realiseren als het handmatig inspuiten. Hierbij is niet meegenomen dat in sommige gevallen een spuitmond voor langere tijd geblokkeerd kon zijn en hierdoor geen zaad inspoot. Als er van een aantal injecties werd uitgegaan en de spuitmond werkte enkele injecties niet, dan werden er minder zaden in het plot gebracht. Dit jaar is uitgegaan van het verdeeld uitlopen van de machine totdat de voorraad van het zaadmengsel binnen de machine leeg is. De voorraad van de machine en het aantal zaden per succesvolle injectie corresponderen met het aantal zaden dat ook met de handmatige methode in het veld toegevoegd werd. Hierdoor bleven de resultaten vergelijkbaar (m.u.v. zaaimoment), maar wordt ingespeeld op tijdelijke blokkades van de spuitmonden die niet volledig kunnen worden voorkomen. Ook bij het handmatig inspuiten blokkeert de spuitmond sporadisch, maar dit wordt sneller opgemerkt en opgelost. Een belangrijke mechanische aanpassing van dit jaar is het toevoegen van een neuswiel om ervoor te zorgen dat de spuitmonden stabiel op gelijke diepte in kunnen spuiten. Dit neuswiel kan ook een positieve bijdrage leveren op zachtere bodems zoals bij Ameland doordat het gewicht van de machine over meer punten wordt verdeeld.

Op locatie Griend zien we veelbelovende resultaten van de zaaimachine als we kijken naar zaaisucces. Als we kijken naar efficiëntie van de methode, dan komt de zaaimachine vele malen beter uit de test. In de tabel hieronder (Tabel 4.1) is een tijdsinschatting gemaakt van het aantal uren die nodig is om de zaaiwerkzaamheden uit te voeren. Hierbij is gekeken naar het voorbereiden van de zaaimaterialen en het uitzaaien van een 20 x 20 m vlak. Het mengen van de zaden met het sediment en het bereiken en uitzetten van zaaiplots is hierbij niet meegenomen omdat dit voor zowel handmatig als machinaal zaaien hetzelfde is. Duidelijke verschillen zijn te zien bij zowel de voorbereiding als het daadwerkelijke uitzaaien. Het vullen van de vele kitkokers kost veel meer tijd dan het volgietsen van het reservoir van de zaaimachine. Daarnaast is het uitzaaien met de machine sneller en gemakkelijker. Wanneer op een andere locatie op grotere zaaivlakken groot zeegras ingezaaid moet worden is het gebruik van de zaaimachine dus een goed alternatief.

Tabel 4.1 Geschatte tijdsinspanning voor het klaarzetten van materiaal voor en het uitzaaien van één 20 x 20 m vlak. Het gaat hierbij om manuren. In het veld zal er minder tijd besteed worden doordat er met meerdere mensen tegelijk wordt gezaaid

	Handmatig DIS	Machinaal DIS
Vullen van de zaaimaterialen	90 minuten (Kitkokers)	5 minuten (Zaaireservoir)
Uitzaaien 20 x 20 vlak	200 minuten	20 minuten
Totaal	290 minuten	25 minuten

4.4 Oogstproeven op Griend

Binnen het versterkingsexperiment is ook gekeken naar de oogstmogelijkheden binnen de eigen populatie op Griend. Door op een duurzame en gecontroleerde manier te oogsten kan de populatie bij Griend mogelijk in de toekomst dienen als donorpopulatie voor de aanplant op andere locaties in de Waddenzee. Dit oogstexperiment is van belang omdat we momenteel volledig afhankelijk zijn van de donorpopulaties in Duitsland. In de toekomst kan het mogelijk moeilijker worden om vergunningen te verkrijgen om hier donormateriaal te verzamelen. Hierdoor is het van belang dat we de afhankelijkheid van andere landen verminderen.

In een natuurlijke situatie zouden de planten hun zaden afgeven op en nabij Griend. De depositie van zaden leidt tot de formatie van een éénjarige zaadbank die de basis vormt van het zeegrasveld in het komende jaar. Hierbij zal een deel van de zaden verloren gaan doordat ze op locaties terecht komen die ongeschikt zijn voor kieming of zullen zaden door (a)biotische omstandigheden aangetast worden.

Een klein deel van de zaden zal het volgende jaar daadwerkelijk uitgroeien tot plant. Bij het oogsten worden de zaden uit het natuurlijke systeem gehaald. Hoewel ook in dit proces zaden verloren gaan, zijn deze aantallen waarschijnlijk lager dan het natuurlijke verlies. Door een deel van de zaden ook weer op Griend uit te planten, wordt verwacht dat het oogsten geen tot minimaal effect zal hebben op de bestaande populatie.

Voor de oogstproef is op elk van de zes versterkingsblokken een handmatig ingezaaid vlak en een vlak dat is ingezaaid met de zaaimachine geoogst (Afbeelding 4.2). Dit betekent dat er per zaai blok twee van de vier zaai vlakken zijn geoogst. Het oogsten vond plaats door middel van het verzamelen van de aanwezige zeegrasplanten binnen de vlakken. In totaal is een hoeveelheid van 117,5 kg planten geoogst op Griend. Wanneer wordt uitgegaan van een zaadopbrengst van 4,31 zaden per gram komt dit neer op een verzameling van grofweg 506.000 zaden. Een deel van deze zaden gaat verloren tijdens het verwerkingsproces bijv. doordat zaden niet levensvatbaar waren, tussen zeven door komen of wanneer de zaden niet goed overwinteren en afbreken. De overgebleven zaden worden, samen met donorzaden uit Duitsland, volgend jaar tijdens de nieuwe experimenten weer terug gezaaid in de Waddenzee.

4.5 Beschouwing en aanbevelingen op basis van de versterkingsexperimenten

Het aanleggen van de versterkingsvlakken van groot zeegras laat zien dat er heterogeniteit is wat betreft de plantdichtheden tussen de verschillende blokken. Doordat er binnen de blokken geen vlak is gemeten waar geen zaden zijn toegevoegd, kunnen we geen inschatting maken in hoeverre het verschil te verklaren is op basis van de ontwikkeling van de natuurlijk verspreide zaden. Omdat de blokken nabij dichtere zeegraskernen zijn geplaatst, kan de natuurlijke verspreiding invloed hebben op de resultaten. Daarnaast blijft een wadplaat een dynamisch gebied. Erosie en sedimentatie op kleine schaal kunnen effect hebben op de ontwikkeling van zeegrasplanten. Een heterogeen veld ligt dan ook in lijn der verwachting. Het blijft daarom van belang dat er binnen de experimenten wordt gekeken naar zaai vlakken op verschillende locaties binnen een gebied/plaat.

De verdere ontwikkeling van de zaaimachine heeft ervoor gezorgd dat we dit jaar voor het eerst zien dat de resultaten even goed zijn als de resultaten van het handmatig inzaaien. Dit is veelbelovend met oog op opschaling binnen en buiten Griend. Hoewel het efficiënter lijkt, betekent het niet dat we klaar zijn met ontwikkelen of dat we enkel nog machinaal gaan uitzaaien. De huidige uitkomsten zijn enkel gebaseerd op één groeiseizoen waarbij het zaaimoment tussen handmatig zaaien en het machinaal zaaien van de verschillende blokken niet gelijk was. De zaaimachine kan vaker ingezet worden bij toekomstige herstelinspanningen, maar het blijft daarbij van belang om het zaaisucces te monitoren.

Tot slot zien we dat de versterkingsvlakken die zijn ingezaaid leiden tot oogstbare dichtheden groot zeegrasplanten. Hierbij is het aantal planten mogelijk nog wel sterk onder invloed van de natuurlijk aanwezige zaadbank doordat de vlakken dicht bij de groeikernen zijn geplaatst. In de toekomst kan het interessant zijn om vlakken aan de rand van de verspreidingscontour te zaaien en vervolgens aan het einde van het jaar te oogsten. Vervolgens kan gekeken worden of de zaadopbrengst van het oogsten hoger is dan het aantal gebruikte zaden. Op deze manier kan bijvoorbeeld worden gekeken of lokale zaadproductie als bron kan dienen voor toekomstige herstelprojecten. Daarnaast kan het volgende jaar worden gekeken wat het effect is geweest van het oogsten op de locatie.

5

HUIDIGE STAAT ZEEGRAS

Naast het monitoren van de verschillende experimenten, wordt de verdere ontwikkeling en verspreiding van zeegras in de Waddenzee op de voet gevolgd. In dit hoofdstuk gaan we in op de monitoring van het groot zeegrasveld bij Griend, aanvullende waarnemingen van zeegrassen in de Waddenzee en de nieuwste resultaten van MWTL (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands).

5.1 Groot zeegras herstelmonitoring en aanvullende waarnemingen

Zeegras herstel monitoring Griend

Sinds 2018 wordt de populatieomvang van groot zeegras op Griend jaarlijks bijgehouden door de contour in beeld te brengen. Afbeelding 5.1 geeft de ontwikkeling van het contour weer. Hier is te zien dat het veld sinds 2018 jaarlijks uitgebreid is (zie ook Tabel 5.1). De omvang van het veld betreft dit jaar maar liefst een oppervlakte van 1.252 ha. Dit is een toename in omvang van 90 % ten opzichte van 2022. Het gaat hierbij om de buitenste contour waarbij zeegrasplanten zijn waargenomen. Ter hoogte van de randen zijn de dichtheden zeegrasplanten doorgaans laag. De gemiddelde dichtheid in het veld bij Griend wordt bepaald op basis van de next-nearest-neighbour metingen op vaste meetpunten binnen rechtlijnige transecten. Jaarlijks worden de transecten verlengd zodat er voldoende punten binnen de verspreidingscontour aanwezig zijn. Op basis van deze data hebben we in 2023 een dichtheid van 0,1 plant per m² waargenomen. Hoewel deze dichtheid lager ligt ten opzichte van vorige jaren, resulteert het in een schatting van een totaal aantal planten van 1,2 miljoen: een toename van 20 % ten opzichte van 2022. De lagere dichtheid is onder andere te verklaren door de grote uitbreiding van de verspreidingscontour. We verwachten dat het veld – onder stabiele omstandigheden – de komende jaren uitbreidt tot de maximale grenzen van geschikt habitat binnen de plaat. Ondertussen zal het veld zich verdichten vanuit de kern.

Afbeelding 5.1 Contouren van het verspreidingsgebied groot zeegras op de plaat bij Griend



Tabel 5.1 Ontwikkeling van het groot zeegrasveld bij Griend sinds 2018

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Populatieomvang (ha)	30	100	170	275	650	1.252
Dichtheid (planten/m ²)	0.04	0.02	0.04	0.07	0,15	0,1
Aantal planten	10.000	25.000	100.000	200.000	1.000.000	1.200.000

Zoals eerder benoemd bij het Guerrilla experiment (hoofdstuk 3.3) was het dit jaar opvallend dat de planten op Griend en op de donorlocatie in Duitsland aanzienlijk kleiner waren dan in voorgaande jaren. Doordat de grootte van de plant correleert met het aantal zaden dat geproduceerd wordt, is het mogelijk dat er volgend jaar een minder grote toename van het aantal planten binnen het veld bij Griend wordt waargenomen. Echter verwachten we niet dat dit een negatief effect zal hebben op de verdere ontwikkeling van het veld. Variatie in plantgrootte wordt door de jaren heen vaker waargenomen en is onderdeel van de dynamiek van een zeegrasveld.

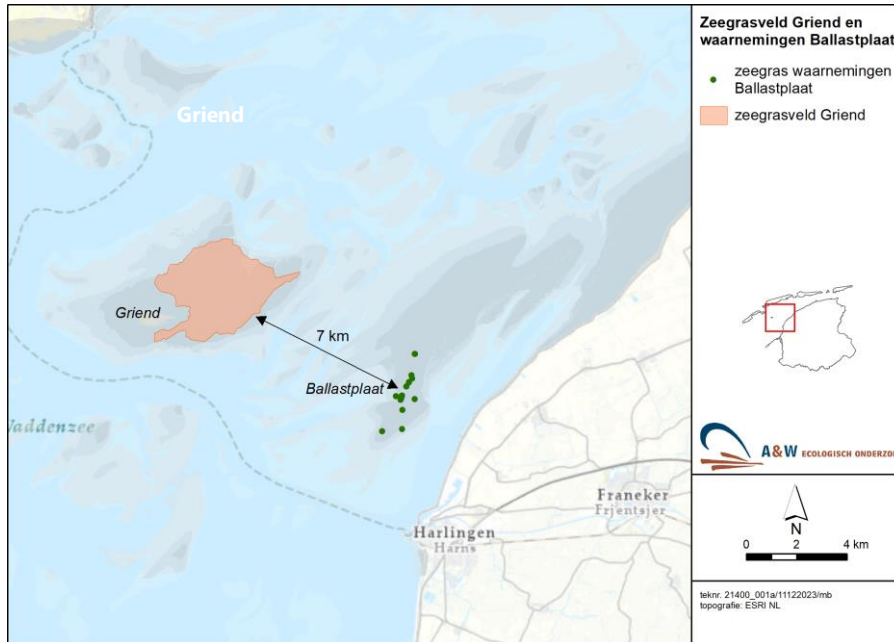
Waarnemingen Ballastplaat

Dit jaar werden voor het eerst groot zeegras planten waargenomen op de Ballastplaat. Deze plaat ligt direct ten zuidoosten van Griend. Het gaat om minstens 22 planten die op ongeveer 7 km afstand tot de buitenste contour van de populatie bij Griend zijn waargenomen (Afbeelding 5.2). Op basis van habitat geschiktheidskaarten werd al eerder verwacht dat er mogelijk geschikt habitat aanwezig is op de Ballastplaat (Afbeelding 5.3 Folmer, 2019).

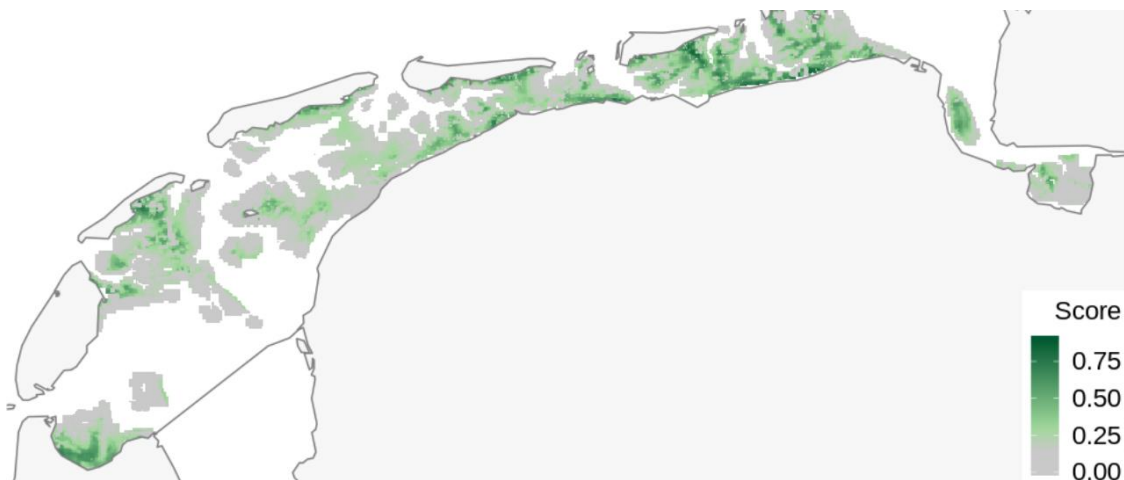
De betreffende waarnemingen tonen geen dekkend beeld van de mogelijke aanwezige planten op de Ballastplaat. De waarnemingen volgen een looproute die benodigd was voor het uitvoeren van metingen binnen een ander project. Het is waarschijnlijk dat er verspreid over deze plaat meer planten aanwezig zijn. De dichtheid van de planten was laag zoals ook wordt waargenomen aan de randen van de contour bij Griend. De waargenomen planten zagen er gezond uit en varieerden in grootte (Afbeelding 5.4). De planten op deze locatie zijn een resultaat van natuurlijke verspreiding vanuit Griend.

Voor de komende jaren is het daarom interessant om deze plaat in de monitoring mee te nemen en te verkennen als locatie voor actief zeegrasherstel.

Afbeelding 5.2 Waargenomen planten op de Ballastplaat (waarnemingen Michelle Marijt – Altenburg en Wymenga en Johan Krol – natuurcentrum Ameland) ten opzichte van het zeegrasveld bij Griend (contour 2023)



Afbeelding 5.3 Habitatsgeschiktheidskaart Folmer et al. (2019) op basis van droogvalduur, sediment type, slibgehalte, sediment stabiliteit, regio, golfwerking en wadpier-dichtheid



Afbeelding 5.4 Groot zeegras op de Ballastplaat (28 juni 2023, Foto Michelle Marijt)



Zaadmotor voor de Waddenzee onder de loep

In voorgaande jaren is gekozen voor actief zeegrasherstel in de Waddenzee, omdat passief herstel niet mogelijk was. Dit komt doordat de prevalentie stroming in de Waddenzee van west naar oost gaat. Zaden uit groot zeegraspopulaties uit ten oosten van de Waddenzee (onze huidige donorpopulaties) konden daardoor de geschikte Nederlandse platen niet op een natuurlijke manier bereiken. Met oog hierop werd de voorkeur gegeven aan het vinden van herstelllocaties in het westelijke deel van de Waddenzee. Deze locaties kunnen dan als zaadmotor dienen voor verdere verspreiding in oostelijke richting. De locatie op Griend lijkt hiervoor uitermate geschikt. De waarnemingen op de Ballastplaat laten deze zuidoostelijke verspreiding ook zien.

Tegelijkertijd werden in oktober veel plantenresten waargenomen aan het Noordzeestrand van Terschelling (Jannes Heusinkveld). Dit laat zien dat een deel van de planten (afkomstig van Griend) uiteindelijk via het zeegat naar buiten stroomt. Ook aan de Waddenzee zijde van Vlieland werden eind augustus plantenresten aangetroffen.

Het is onbekend waar de zaden van deze planten afgezet zijn. Het is mogelijk dat een deel van de zaden verloren gaat doordat ze in de diepe geulen terecht komen of op andere locaties met ongeschikte groeiomstandigheden buiten de Waddenzee.

Als we in de toekomst optimaal gebruik willen maken van de natuurlijke verspreiding binnen de Waddenzee, kan het zinvol zijn om bestaande stromingsonderzoeken te raadplegen bij het kiezen van nieuwe herstelllocaties. Daarnaast kan ook rekening gehouden worden met de geschiktheid van benedenstroomse locaties (ten opzichte van de herstelllocatie) zodat de kans groter is dat de zaden op een geschikte locatie terecht komen. Ook deze overwegingen kunnen, in combinatie met uitkomsten van eerdere habitatsgeschiktheidskaarten, van belang zijn bij het strategisch kiezen van toekomstige zeegrasherstelllocaties.

5.2 MWTL 2023 (klein en groot zeegras)

Dit jaar zijn door Bureau Waardenburg op verscheidene locaties metingen uitgevoerd in het kader van de 'Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands' (MWTL-metingen). Deze dragen bij aan het bepalen van de huidige staat van zowel groot als klein zeegras binnen de Waddenzee (Afbeelding 5.5). De metingen, die iedere drie jaar plaatsvinden, zijn onderdeel van een landelijk programma waarmee de overheid zicht houdt op de kwaliteit van de Nederlandse wateren. De resultaten laten zien in hoeverre er een toename is in oppervlakte met een bedekkingsgraad van >5 % van groot en klein zeegras. Naar aanleiding van de positieve ontwikkelingen op Griend, is het meetnet in 2023 uitgebreid. Zo kan voortgang op deze locatie nog beter in beeld gebracht worden. De gegevens in deze paragraaf komen uit de MWTL-rapportage (Van den Oever et al., 2023).

Afbeelding 5.5 Locaties van de uitgevoerde MWTL-metingen in de Waddenzee. 1. Balgzand, 2. Den Oever, 3. Griend, 4. Terschelling 5. Rottumerplaat, 6. Groningerkust raaien west, 7. Groningerkust Noordpolderzijl, 8. Groningerkust raaien midden, 9. Groningerkust Uithuizen, 10. Groningerkust raaien oost, 11. Hond Paap (Van den Oever et al., 2023)



Bij het karteren van zeegras worden gebieden met de rastermethode in kaart gebracht. Binnen een vooraf gedefinieerd raster met vakken van 20 m x 20 m wordt in het veld gekeken of zeegras aanwezig is en wat de procentuele dekking van de aanwezige soort is. Een bruto oppervlak van de soort wordt berekend door het aantal vakken waar de soort aanwezig is te vermenigvuldigen met de oppervlakte van het vak (0,04 ha). De netto geschatte oppervlakte wordt berekend door het percentage bedekkingsgraad van het betreffende vak mee te nemen in de berekening.

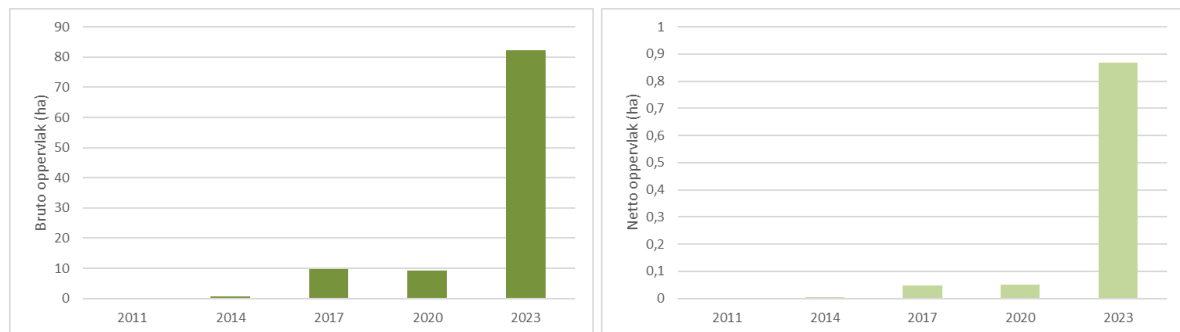
Binnen de MWTL-metingen is onderscheid gemaakt tussen KRW-gebieden Waddenzee (KRW NL81_1, deelgebieden Griend, Rottumerplaat en Terschelling-Oost), Waddenzee vastelandskust (KRW NL81_10, deelgebieden Balgzand, Den Oever, de Groningerkust raaien midden, west en Noordpolderzijl) Eems-Dollard kustwater (KRW NL82_3, deelgebieden Uithuizerwad en Groninger kust raaien Oost) en Eems (KRW NL81_2 Hond Paap).

Groot zeegras

De MWTL-metingen laten een forse toename zien in groot zeegras oppervlak ten opzichte van eerdere jaren. Als we de gehele Waddenzee in beschouwing nemen, dan zien we dat in 2017 een bruto oppervlakte van 31,96 ha groot zeegras aanwezig was. In 2020 nam het oppervlak af tot bruto 20,68 ha, maar in 2023 werd een oppervlakte van maar liefst 96,6 ha vastgelegd.

De forse toename in oppervlak werd waargenomen in KRW-deelgebied Waddenzee (NL81.1). Het bruto oppervlak is hier van $\pm 9,5$ ha (netto $\pm 0,05$ ha) in 2017 en 2020 gestegen tot 82,84 ha in 2023 (netto 0,87) (Afbeelding 5.6). Deze toename is direct gerelateerd aan het succes van actief zeegrasherstel bij Griend (bruto 82,4 ha). Naast Griend zijn er in dit deelgebied planten waargenomen bij Rottumerplaat (0,44).

Afbeelding 5.6 Areeal groot zeegras binnen KRW-deelgebied Waddenzee op basis van MWTL- monitoring. Let op, schaal varieert tussen bruto (links) en netto (rechts). (Van den Oever *et al.*, 2023)



Binnen Griend is bruto 1,6 ha groot zeegras gekarteerd met een bedekkingsgraad $>5\%$ en 80,8 ha met een bedekkingsgraad van 0-5%. Griend is dan ook de enige locatie in de Waddenzee waar een bedekkingsgraad $>5\%$ is waargenomen. Op Afbeelding 5.7 zijn de gekarteerde vlakken met de bedekkingsgraad geplott binnen de contour van het veld bij Griend.

In het KRW-gebied Waddenzee Vastelandskust is in 2023 enkel groot zeegras waargenomen bij Noordpolderzijl (bruto 0,08 ha) en tot slot is er groot zeegras waargenomen bij Hond Paap (KRW-gebied Eems, bruto 13,68 ha).

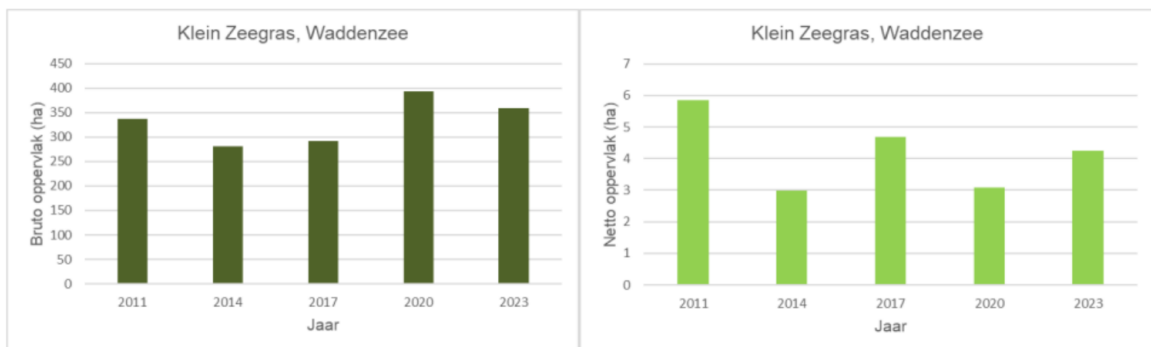
Afbeelding 5.7 Groot zeegras bedekking op basis van MWTL-kartering binnen de uitgelopen contouren



Klein zeegras

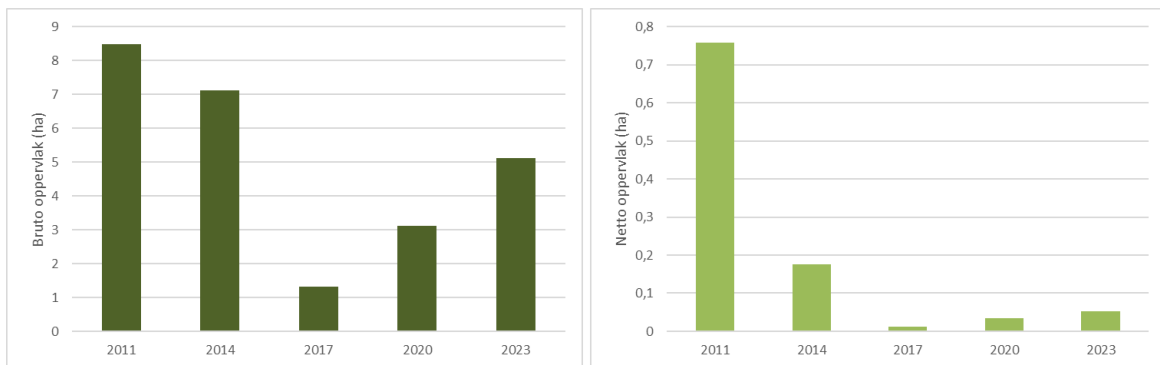
In de gehele Waddenzee is in 2023 is een bruto oppervlakte van 359,4 ha klein zeegras aangetroffen waarvan 19,32 ha een bedekkingsgraad van >5% had. Dit is een afname van het bruto oppervlak ten opzichte van 2020, maar het netto oppervlak is echter gestegen (Afbeelding 5.8). Dit komt door een toename in hogere bedekkingsgraden bij Noordpolderzijl/Uithuizerwad).

Afbeelding 5.8 Totale oppervlakte van klein zeegras in de gehele Waddenzee op basis van MWTL- monitoring. Let op, schaal varieert tussen bruto (links) en netto (rechts). (Van den Oever et al., 2023)



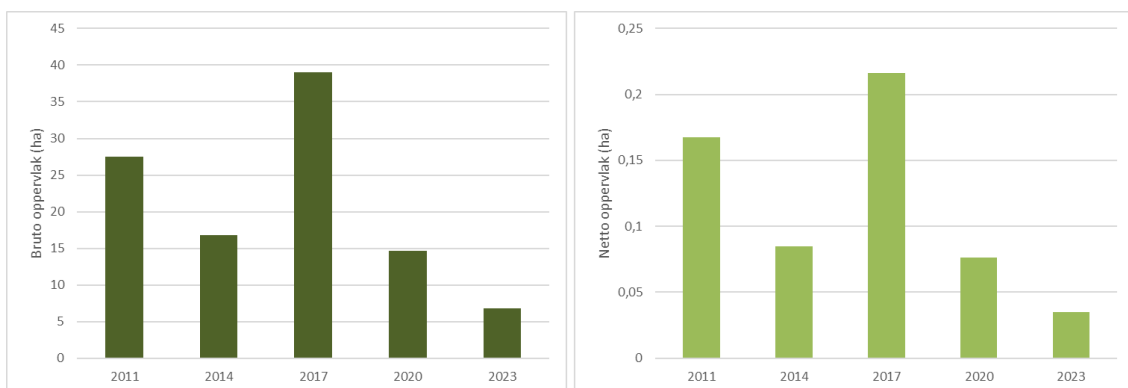
In het KRW-gebied Waddenzee (NL81_1) is klein zeegras aangetroffen bij Terschelling en Griend. Het bruto en netto oppervlak aan klein zeegras nam tussen 2011 en 2017 af, maar lijkt sinds 2017 weer toe te nemen (Afbeelding 5.9). Dit heeft voornamelijk te maken met de toevoeging van deelgebied Griend na 2017. De velden bij Rottumerplaat en Terschelling lijken juist te krimpen. Op Griend is er geen vlak klein zeegras waargenomen met een dekking van >5 %, enkel bij Terschelling (0,28 ha). Deze bedekking was te vinden langs de waddendijk ter hoogte van Oosterend (Van den Oever et al., 2023). Op locatie Rottumerplaat is in 2023 geen klein zeegras aangetroffen binnen de raai. Dit is mogelijk toe te schrijven aan het verschuiven van de zandige Bosplaat. Om de aanwezigheid van klein zeegras in dit gebied beter vast te kunnen leggen, wordt dan ook aan RWS geadviseerd om de raai te verplaatsen. (Van den Oever et al., 2023)

Afbeelding 5.9 Areaal klein zeegras binnen KRW-deelgebied Waddenzee (NL81_1) op basis van MWTL-monitoring. Let op, schaal varieert tussen bruto (links) en netto (rechts). (Van den Oever et al., 2023)

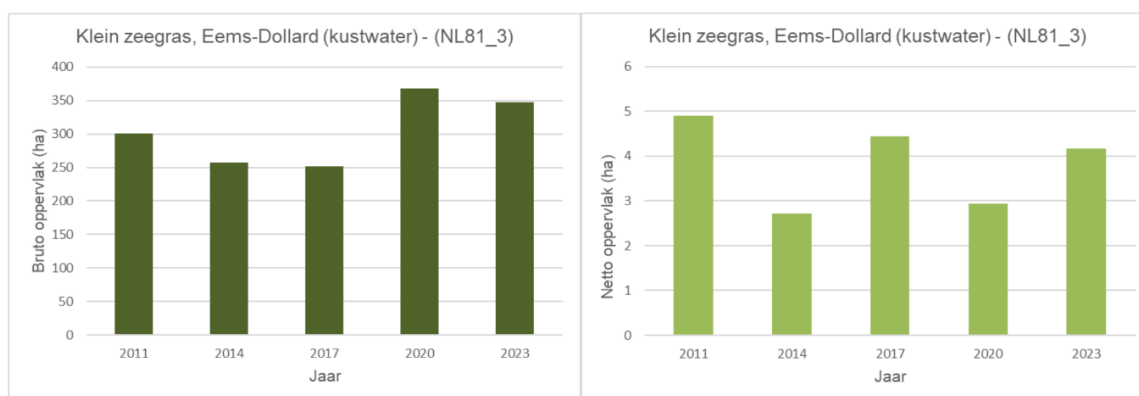


Binnen het KRW-gebieden Waddenzee vastelandskust (NL81_10) en Eems Dollard (kustwater) (NL81_3) wordt het grootste areaal klein zeegras waargenomen. Het bruto oppervlak is de laatste jaren afgenomen (Afbeelding 5.10, Afbeelding 5.11) hoewel het netto oppervlak bij Uithuizen lijkt toe te nemen door verdichting van het veld. Alleen bij Noordpolderzijl/ Uithuizerwad wordt in de Waddenzee klein zeegras aangetroffen met een dichtheid van >5 % (19,04 ha).

Afbeelding 5.10 Areaal klein zeegras binnen KRW-deelgebied Waddenzee vastelandskust (NL81_10) op basis van MWTL-monitoring. Let op, schaal varieert tussen bruto (links) en netto (rechts) (Van den Oever et al., 2023)



Afbeelding 5.11 Areaal klein zeegras binnen KRW-deelgebied Eems Dollard (kustwater) (NL81_3) op basis van MWTL-monitoring. Let op, schaal varieert tussen bruto (links) en netto (rechts) (Van den Oever et al., 2023)



5.3 Beschouwing

In de afgelopen jaren is droogvallend groot zeegras door actieve herstelinspanningen toegenomen in de Waddenzee. Dit zien we terug in onze eigen monitoring, evenals in de MWTL-monitoring. De door ons gemeten bruto oppervlak groot zeegras bij Griend wijkt hierbij wel sterk af van de MWTL-monitoring (respectievelijk bruto 82,4 ha MWTL versus 1252 ha op basis van veldcontour). Dit verschil komt vooral doordat gebieden met een dekking van 0 – 5 % voor de MWTL niet volledig vlakdekkend in kaart zijn gebracht. Alleen bij een bedekking van minimaal 5 %, wordt het gebied bij de MWTL-monitoring vlakdekkend meegenomen. Op dit moment is dit nog maar 1,6 ha, maar de verwachting is dat het veld de komende jaren zal verdichten en het oppervlak >5 % dekking toe zal nemen. Daarnaast zien we voorzichtige positieve resultaten van actief groot zeegrasherstel bij Ameland en natuurlijke verspreiding naar de Ballastplaat. Hoewel de resultaten van de komende jaren meer inzicht moeten geven in de zaadretentie, winteroverleving en zeegrasontwikkeling op deze locaties, is het in de toekomst mogelijk dat het MWTL-meetnet hiernaartoe uitgebreid moet worden.

Het areaal klein zeegras in de totale Waddenzee varieert sterk per jaar. Hoewel het areaal in de Waddenzee (NL81_1) langzaam lijkt toe te nemen, zien we ook een afname in Waddenzee Vastlandskust (NL81_10). Dit is mogelijk voor een deel toe te schrijven aan verschuivingen van klein zeegras binnen een gebied. Hierdoor kunnen zeegraspatches net buiten het vastgelegde MWTL-meetnet vallen. Het grootste klein zeegrasveld met een bedekkingsgraad van >5 % is momenteel te vinden bij Noordpolderzijl.

Binnen de MWTL-monitoring is in 2023 een totaaloppervlak van 20,92 ha zeegras (1,6 ha groot zeegras en 19,32 ha klein zeegras) met een bedekkingsgraad van >5 % waargenomen. Binnen de KRW is de totale kwantitatieve doelstelling een oppervlakte van bijna 10 000 ha. Een sterke toename in zeegras is dus nog vereist. De realisatie van grotere oppervlakte klein zeegrasvelden vormt daarbij de grootste uitdaging. Het verkrijgen van zaden voor deze soort is arbeidsintensief en de lage aantallen beschikbare zaden leiden ertoe dat zaaivlakken een beperkte grootte hebben. Daarnaast verloopt de uitbreiding van een klein zeegrasveld langzamer dan een groot zeegrasveld. Dit heeft te maken met de meerjarige groeistrategie van deze soort. Tot slot staat de kennisontwikkeling van klein zeegrasherstel nog in de kinderschoenen. Toch zien we positieve resultaten die ons kunnen helpen om een zo groot mogelijk areaal klein zeegras te realiseren binnen dit project.

6

CONCLUSIES EN VERVOLGSTAPPEN

Het afgelopen jaar hebben we met een enthousiast team hard gewerkt aan zeegrasherstel in de Waddenzee. De resultaten van de opgezette experimenten leveren inzichten die kunnen worden toegepast bij de herstelinspanningen van de komende jaren. Hieronder gaan we in op de geleerde lessen per hoofdvraag en hoe deze kunnen helpen bij de aanpak van zeegrasherstel de komende jaren.

Methoden klein zeegras

Binnen dit project gaan we verder in op het vraagstuk: 'Wat is de beste methode om klein zeegras te herstellen?' Het afgelopen jaar hebben we geëxperimenteerd met de Dispenser Injection Seeding (DIS) methode en de Core-methode. Beide methoden zijn succesvol gebleken voor het inzaaien en aanplanten van klein zeegras op Griend. Aan het einde van het groeiseizoen hebben we geen verschil waargenomen tussen het herstel door middel van kernen (1-core of 3-core) en met zaden (DIS). De omgevingsfactoren op Griend zijn zodanig geschikt dat zowel zaad- als core-methoden goed aanslaan. Dit is echter niet altijd het geval, zoals uit het Guerrilla 2.0-experiment is gebleken. Het is ook mogelijk dat de uitkomsten van dit experiment zijn beïnvloed door de aanwezigheid van rotganzen die een deel van de geplaatste kernen hebben begraasd aan het begin van het seizoen. Deze rotganzen verbleven uitzonderlijk langer op Griend dan normaal vanwege aanhoudende noordenwind in het voorjaar. De komende jaren is het interessant om de aanwezigheid van deze soort op Griend te monitoren. Om het succes van de methode (DIS, 1-core en 3-core) goed te kunnen bepalen, is het monitoren gedurende meerdere groeiseizoenen essentieel. Vooral de winteroverleving is hierbij van belang waarbij de staat van de rizomen een grote rol spelen. Het komende jaar zal de monitoring van dit experiment dan ook worden doorgezet.

Klein zeegrasherstel met zaden is momenteel nog niet opschaalbaar. Het verzamelen van de zaden is dermate arbeidsintensief dat het aantal beschikbare zaden limiterend is voor de opschaling. Het verzamelen van kernen daarentegen is makkelijker, maar de kernen moeten binnen korte tijd na verzamelen op de herstelllocatie worden uitgeplant wat logistieke problemen kan geven bij opschaling. In de toekomst blijft het interessant om beide methoden te combineren om op die manier voldoende donormateriaal in de Nederlandse Waddenzee te introduceren dat kan leiden tot zelfredzame herstellde zeegrasvelden. Hierbij kan gekeken worden of de aanwezigheid van kernen kunnen leiden tot facilitatie van klein zeegras ontwikkeling vanuit zaden.

Parallel aan het veldexperiment is in het lab gekeken of de verwerking van de klein zeegras zaden zodanig kan worden aangepast dat het kiemingspercentage wordt verhoogd. Het kiemingsexperiment van 2023 liet zien dat behandeling van zaden het kiemingspercentage fors kan verhogen, van 10 % naar 75 % - 90 %. Dit werd waargenomen bij een blootstelling van vier weken aan zoet water (0 PSU), maar ook wanneer de zaadhuid middels incisie werd beschadigd. De zaden blootstellen aan zoet water is een simpele aanpassing binnen de zaadverwerking die we de komende jaren kunnen toepassen. Een kortere blootstelling is mogelijk ook voldoende om genoeg tijd te realiseren tussen het stimuleren van ontkieming en het uitplanten van de zaden in het veld. Het verhogen van de kiemkans maakt een efficiënter gebruik van de zaden mogelijk. De verwachting is dat er lagere aantallen zaden per injectie benodigd zijn om eenzelfde oppervlak klein zeegras te kunnen herstellen. Eventueel kan het experiment van Gräfnings et al. (2023) herhaald worden voor de zaden waarbij de kiemkans hoger is na behandeling. Daarnaast zullen we monitoren hoe behandelde zaden het in het veld doen, onder natuurlijke omstandigheden. Het verhogen van de efficiëntie is een belangrijke verbetering in het herstelproces voor klein zeegras.

Doordat we binnen dit project nog sterk gelimiteerd worden door het aantal beschikbare zaden van klein zeegras, is dit binnen het huidige project een extra belangrijke stap die de mogelijkheden voor klein zeegrasherstel op korte termijn kunnen vergroten.

Locatie-experiment: Guerrilla 2.0

Tijdens de Guerrilla 2.0 van 2023 is als vervolg op het 2020 experiment (Guerrilla 1.0) gezocht naar locaties in de Waddenzee waar zeegrassen zich kunnen ontwikkelen. Dit jaar hebben we zowel groot als klein zeegras uitgeplant via de DIS methode. Daarnaast hebben we voor klein zeegras geëxperimenteerd met kernen (3- core). Hierbij zochten we naar een locatie waar zeegrasherstel even succesvol zou zijn als bij Griend. Griend werd dan ook als controlelocatie gebruikt om de resultaten van andere locaties mee te kunnen vergelijken.

Op Ameland hebben we waargenomen dat voor klein zeegras zowel kern- als zaadmethoden succesvol waren. Daarnaast zagen we dat de kernen op Texel en Terschelling konden overleven. Monitoring over meerdere jaren zal uitsluitsel moeten geven over de geschiktheid voor winteroverleving en verdere ontwikkeling van deze locaties op langere termijn. Tijdens het experiment werd ook waargenomen dat zaaïen bij Texel en Terschelling niet leidde tot de vorming van klein zeegras patches. Mochten de kernen op deze locaties wel kunnen gedijen en uit kunnen groeien, dan ontstaat de vraag of de aanwezigheid van kernen en patches de omgevingsfactoren zodanig kunnen beïnvloeden dat de omgeving geschikt wordt voor ontwikkeling vanuit zaden.

Voor groot zeegras laat Ameland eveneens positieve resultaten zien. Tijdens de monitoring viel het op dat de planten veel groter waren en meer zaden droegen dan op Griend. Hoewel we dit verschil nog niet kunnen verklaren, is dit positief voor de verdere ontwikkelkansen van groot zeegras bij Ameland. In de komende jaren is het interessant om te monitoren of de zaden die zijn geproduceerd, ook in dit gebied aanwezig blijven en bij zullen dragen aan de ontwikkeling van een groot zeegrasveld op deze locatie. Dit jaar werd ook een significant verschil in effect gezien tussen de verschillende zaaidieptes. Zo tonen de resultaten op Ameland dat op deze locatie een zaaidiepte van 4 cm effectiever was dan 2 cm. Doordat de optimale zaaidiepte sterk gerelateerd is aan de sedimentatie en erosie op de herstelllocatie, blijft het van belang om in toekomstige herstellwerkzaamheden op nieuwe locaties te experimenteren met de zaaidiepte.

Versterking Griend

Bij het versterkingsexperiment hebben we gezien dat er heterogeniteit is binnen de geschiktheid van het veld bij Griend. In een dynamisch systeem als de Waddenzee is dit niet onverwacht. Het benadrukt de noodzaak om bij het zoeken naar nieuwe herstelllocaties (bijvoorbeeld een Guerrilla 3.0 experiment) herstellwerkzaamheden in verschillende blokken uit te voeren om enige heterogeniteit van de nieuwe locatie te ondervangen.

Dit jaar is voor het eerst waargenomen dat het inzaaien met een zaaimachine even effectief was als handmatig inzaaien. Aanvullende experimenten zijn nodig om deze uitslag te bevestigen. Dit is een grote stap binnen de opschaling van groot zeegrasherstel, omdat het machinaal inzaaien velen malen efficiënter is wat betreft de inzet van uren. Wanneer geschikte locaties zijn gevonden, kunnen in de toekomst op deze manier grote vlakken binnen korte tijd worden ingezaaid.

Uit de huidige resultaten kunnen we niet opmaken de effecten zijn van het oogstexperiment op het veld. Wel was te zien dat in de gezaaide vlakken oogstbare dichtheden zeegras aanwezig waren. Ook het verdichtende effect van de versterkingsvlakken is in dit jaar nog niet volledig vast te stellen.

Ontwikkeling zeegras in de Waddenzee

Jaarlijks wordt het ondergedoken groot zeegrasveld op Griend gemonitord. Hierbij brengen we de dichtheid, de contour en het aantal planten in kaart. Vanaf 2018 zien we dat het veld zich uitbreidt en dat de kern zich verder verdicht. Het veld wordt gezien als zelfredzaam. In 2023 hebben we waargenomen dat het oppervlak waarin groot zeegras zich heeft verspreid, is verdubbeld en dat het aantal planten in het gebied met 20 % is toegenomen. Tegelijkertijd zien we dit jaar voor het eerst planten op Ballastplaat. Deze locatie ligt ten zuidoosten van Griend en ligt in de meest prevalentie stromingsrichting. Daarnaast is plantmateriaal aangespoeld aan de Waddenzeezijde van Vlieland en het Noordzeestrand van Terschelling.

In de komende jaren is het interessant om te kijken hoe plantmateriaal met zaden zich door de Waddenzee verspreidt. Deze kennis kunnen we gebruiken om locaties voor zeegrasherstel strategisch te kiezen.

Het succes van zeegrasherstel op Griend is goed terug te zien in de MWTL-monitoring van groot zeegras. Het aandeel groot zeegras in de Waddenzee is fors toegenomen. Hoewel dit ook in eigen waarnemingen terug is te zien, moet de kanttekening geplaatst worden dat dit jaar het meetnet op Griend is uitgebreid. Verder laat de MWTL-meting zien dat het areaal klein zeegras fluctueert. Dit is deels toe te schrijven aan verschuivingen van zeegraspachtes ten opzichte van het meetnet en verdichtingen van het veld bij Noordpolderzijl. De Ballastplaat is dit jaar niet meegenomen in de MWTL, omdat het hier gaat om een eerste waarneming in zeer lage dichtheid. Als de Ballastplaat in de toekomst grotere plantdichtheden vertoont, raden we aan om deze locatie ook op te nemen in de MWTL-kartering.

Het zeegras herstelproject

Binnen het Rijkswaterstaatsproject Zeegrasherstel Noord Nederland en Zee & Delta werken we hard om zeegrasvelden te herstellen. In tabel 6.1 geven we een overzicht van de uitgevoerde herstelwerkzaamheden die onder dit project vallen.

In het vervolg van dit herstelproject zullen we verder op zoek gaan naar geschikte zeegrasherstellocaties, zetten we in op het verder uitplanten op grotere schaal van ondergedoken groot zeegras en zoeken we manieren om herstel van klein zeegras te optimaliseren. Door experimenten zorgvuldig te monitoren, streven we ernaar om de kennis van de succes- en faalfactoren van zeegras te vergroten. Met deze kennis kan toekomstig herstel en beheer optimaal uitgevoerd worden.

Tabel 6.1 Overzicht uitgevoerde experimenten binnen het project

Tijdlijn	Gebied	Experiment	Soort	Locatie	Aantal zaden/kernen	Geleerde lessen/vervolgvragen
2023	NN	Guerrilla 2.0	Zostera marina (lit) Zostera noltii	Griend (controle) Texel Ameland Terschelling Schiermonnikoog	Zostera marina 30.000 zaden/locatie (150.000 totaal) Zostera noltii 1.000 zaden/ locatie (3.000 zaden totaal) 15 cores/locatie (45 cores totaal)	Doel: Succesvolle herstelmethoden voor zeegras identificeren en testen op verschillende locaties binnen de Waddenzee. Resultaat: Ameland lijkt een veelbelovende locatie te zijn voor herstel (DIS-methode met zaaidiepte van 4 cm), vergelijkbaar met Griend. Schiermonnikoog lijkt ongeschikt. Leerpunten: Het succes hangt naast de locatie af van de herstelmethode. De zaadretentie bij Ameland is vooralsnog onbekend, waardoor monitoring van de ontwikkeling de komende jaren van groot belang is.
	NN	Versterking Griend	Zostera marina (lit)	Griend	Zostera marina 900.000 zaden DIS 300.000 zaden machinaal (1.200.000 zaden totaal)	Doel: 1) Versterken en verhogen van dichtheid van het huidige groot zeegrasveld op Griend door aanvullende en 2) geoptimaliseerde aanplantingsinspanningen (zaaimachine). 3) Daarnaast duurzaam en lokaal oogsten van groot zeegras. Resultaat: 1) Heterogeniteit in plantenaantallen (variërende gemiddelde plantendichtheid per m ²) binnen de versterkingsblokken op Griend. 2) Door mechanische en strategische aanpassingen aan de zaaimachine is dit jaar de zaai efficiëntie verbeterd, wat resulteerde in vergelijkbare resultaten als de handmatige DIS-zaaimethode. 3) Ingezaaide versterkingsvlakken leidden tot duurzame oogst. De geoogste zeegrasplanten (117,5 kg) komen overeen met zo'n 506.000 zaden. Leerpunten: 1) Heterogeniteit binnen het zeegrasveld blijft in de lijn der verwachtingen, daarom blijft het van belang dat er binnen pilots wordt gekeken naar zaaivlakken op verschillende locaties binnen een gebied. 2) De zaaimachine is een veelbelovende, tijdsefficiënte methode om in te zaaien, maar zaairesultaten dienen gemonitord te blijven om dit over meerdere groeiseizoenen te kunnen beoordelen. 3) Het aantal planten dat geoogst werd was nog sterk onder invloed van de natuurlijk aanwezige zaadbank door de zaalocatie. Door in de toekomst aan de rand van de verspreidingscontour te zaaien en aan het einde van dat jaar te oogsten, kan worden gekeken of de opbrengst daadwerkelijk hoger is dan de zaai-aantallen.

Tijdlijn	Gebied	Experiment	Soort	Locatie	Aantal zaden/kernen	Geleerde lessen/vervolgvragen
	NN	Methoden klein zeegras	Zostera noltii	Griend	Zostera noltii 1) 6.720 zaden 2) 2.000 zaden/locatie (6.000 zaden totaal) 80 cores/locatie (240 cores totaal)	Doel: Verbeteren van herstelmethode van klein zeegras via zowel 1) zaaien (DIS) als 2) het planten van kernen. Resultaat: 1) Met de meest succesvolle behandeling (20 zaden/injectie op een diepte van 1,5 cm) resulteerde bijna elke tweede injectie in de ontwikkeling van een klein zeegraspach (7,5 plekken/plot). 2) Er is geen significant verschil in groei en bedekking van klein zeegras in augustus tussen de drie behandelingen (zaad, 1-core en 3-cores). Dit jaar speelde vraat van rotganzen een negatieve rol in de overleving en bedekking van zeegras. Leerpunten: 1) Arbeidsinspanning/efficiëntie afwegen tegen resultaten; daardoor wordt de middenweg (10 zaden/injectie, minimaal 1,5 cm) geadviseerd voor klein zeegrasherstel met zaden. 2) Griend lijkt geschikt voor de kieming de overleving van klein zeegras, maar de patchontwikkeling van de verschillende methoden dient gemonitord te worden de komende jaren.
	NN	Kiemingsproef klein zeegras	Zostera noltii	Laboratorium proef	Zostera noltii 1.000 zaden	Doel: Verbeteren kiemkracht geogste zaden. Resultaat: Verscheidene methoden leidde tot hogere kiemingspercentages. De geteste schuring-/shakerbehandeling was niet succesvol, waarschijnlijk veroorzaakt door te heftige schuring. De zaden zonder zaadhuidbehandeling ontkiemden het beste bij lage saliniteit (0 en 10 PSU). De incisiebehandeling gaf hoge ontkiemingsresultaten ongeacht de toegepaste saliniteit. Onaangetaste zaden die enkel aan zoet water werden blootgesteld (2 weken lang) vertoonden vergelijkbare kiemingsresultaten als de manueel ingesneden zaden bij diezelfde saliniteitsbehandeling. Leerpunten: Aanvullende behandelingen van de zaden voorafgaand aan uitplanten kan een groot effect hebben op de ontkiemingskansen. Met oog op opschaling en efficiëntie lijkt een behandeling met 2 weken blootstelling aan zoet water (0 PSU) optimaal. Daarnaast lijkt zaadhuidbehandeling een positief effect te hebben, waardoor schuring interessant is om verder te onderzoeken. Gelet moet worden op de gevoeligheid van aangetaste zaden t.a.v. schimmels.

7

REFERENTIES

Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2), pp. 169–193.

Bertelli, C.M., Unsworth, R.K.F., (2014). Protecting the hand that feeds us: seagrass (*Zostera marina*) serves as commercial juvenile fish habitat. *Mar. Pollut. Bull.* 83, pp. 425–429.

Blackburn, N. J., & Orth, R. J. (2013). Seed burial in eelgrass *Zostera marina*: the role of infauna. *Marine Ecology Progress Series*, 474, pp.135-145.

Folmer, E. O., van Beusekom, J. E. E., Dolch, T., Gräwe, U., Katwijk, M. M., Kolbe, K., & Philippart, C. J. M. (2016). Consensus forecasting of intertidal seagrass habitat in the Wadden Sea. *The Journal of Applied Ecology*, 53(6), 1800–1813. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12681>.

Folmer, E. (2019). Update habitatkaart litoraal zee gras voor de Nederlandse Waddenzee. Rapport Ecospace, in opdracht van Rijkswaterstaat.

Govers, L. L., Heusinkveld, J. H., Gräfnings, M. L., Smeele, Q., & van der Heide, T. (2022). Adaptive intertidal seed-based seagrass restoration in the Dutch Wadden Sea. *PLoS One*, 17(2), e0262845.

Gräfnings, M.L.E. (2023) Seed to Meadow. Developing intertidal seagrass restoration. PhD Thesis University of Groningen.

Gräfnings, M.L.E., Heusinkveld, J.H.T., Hoeijmakers, D.J.J., Smeele, Q., Wiersema, H., Zwarts, M., van der Heide, T., Govers, L.L. (2022). Optimizing seed injection as a seagrass restoration method. Max Gräfnings PHD Thesis November 2022.

Jones, C. G., Lawton, J. H., & Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Ecosystem management* pp. 130-147. Springer, New York, NY.

Kwakernaak, C., Hoeijmakers, D. J. J., Zwarts, M. P. A., Bijleveld, A. I., Holthuijsen, S., de Jong, D. J., & Govers, L. L. (2023). Ragworms (*Hediste diversicolor*) limit eelgrass (*Zostera marina*) seedling settlement: Implications for seed-based restoration. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 560, 151853.

Lamb, J. B., van de Water, J. A. J. M., Bourne, D. G., Altier, C., Hein, M. Y., Fiorenza, E. A., Abu, N., Jompa, J., & Harvell, C. D. (2017). Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates. *Science*, 355(6326), 731–733.

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

Mtwana Nordlund, L., Koch, E. W., Barbier, E. B., & Creed, J. C. (2016). Seagrass Ecosystem Services and Their Variability across Genera and Geographical Regions. *PLoS One*, 11(10), e0163091.

STOWA (2018) Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2021-2027. rapportnummer 2018-49.

Suding, Higgs, E.S., Palmer, M., Callicott, J.B., Anderson, C.B., Baker, M.E., Gutrich, J.J., Hondula, K.L., LaFevor, M.C., Larson, B.M.H., Randall, A., Ruhl, J.B., Schwartz, K.Z.S. (2015). Conservation. Committing to ecological restoration. *Science*. 348. 638-640. 10.1126/science.aaa4216.

Silliman, B. R., Schrack, E., He, Q., Cope, R., Santoni, A., van der Heide, T., Jacobi, R., Jacobi, M., & van de Koppel, J. (2015). Facilitation shifts paradigms and can amplify coastal restoration efforts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(46), 14295–14300. <https://doi.org/10.1073/pnas.1515297112>.

Tan, Y.M., Coleman, R.A., Biro, P.A., Dalby, O., Jackson, E.L., Govers, L.L., Heusinkveld, J.H.T., Macreadie, P.I., Flindt, M.R., Dewhurst, J., and Sherman, C.D.H. (2023), Developing seed- and shoot-based restoration approaches for the seagrass, *Zostera muelleri*. *Restor Ecol*, 31: e13902. <https://doi.org/10.1111/rec.13902>.

Van den Oever, A., van Son, L.M., Schepp, K. (2023). Zeegraskartering MWTL Waddenzee en Oosterschelde 2023. Bureau Waardenburg Rapportnr. 23-372 Waardenburg Ecology, Culemborg.

Versloot, F., Weisscher, S., Marijt, M.A.T., Van der Werf, T., Van der Zee, E.M. en Govers, L.L. (2023a) Zeegrasherstel Zee & Delta en Noord Nederland, Rapportage kennisontwikkeling groot zeegras NN. Rapport Witteveen en Bos, Altenburg en Wymenga, Rijksuniversiteit Groningen en The Fieldwork company, in opdracht van Rijkswaterstaat.

Versloot, F., Weisscher, S., Marijt, M.A.T., Van der Werf, T., Van der Zee, E.M. en Govers, L.L. (2023a) Zeegrasherstel Zee & Delta en Noord Nederland, Rapportage kennisontwikkeling klein zeegras NN. Rapport Witteveen en Bos, Altenburg en Wymenga, Rijksuniversiteit Groningen en The Fieldwork company, in opdracht van Rijkswaterstaat.

Zuidewind, T. J. (2021) Experimental assessment of new restoration sites for *Zostera marina* and *Z. noltii* on the intertidal mudflats of the Dutch Wadden Sea. MSc student report University of Groningen.

Bijlage(n)

BIJLAGE: BEGRIPPENLIJST

In deze bijlage zetten we enkele belangrijke begrippen op een rij die in de praktijk doorgaans door elkaar heen worden gebruikt. Ook geeft Tabel I.1 een overzicht van afkortingen die in deze rapportage worden gebruikt.

Zelfredzaam zeegrasveld: een zeegrasveld met voldoende areaal en bedekking om zichzelf in stand te kunnen houden zonder additioneel bij te hoeven zaaien/planten/beheren. Dit veld moet in staat zijn zichzelf in stand te houden onder huidige scenario's van extreme condities (bijv. stormen, hittegolven, ijsgang). Zelfredzaam en Zichzelf in standhoudend kunnen als synoniemen worden gebruikt.

Herstellend zeegrasveld: een natuurlijk zelfredzaam zeegrasveld met een positieve populatietrend (bijv. qua omvang en bedekking) als gevolg van verbeterde condities, o.a. door verbetering van de waterkwaliteit of het toepassen van additionele beheermaatregelen voor het beïnvloeden van de omgeving (passief herstel) (In het Engels wordt dit 'recovery' of 'recovering meadow' genoemd).

Hersteld zeegrasveld: 1) een actief hersteld zeegrasveld dat zelfredzaam is geworden als gevolg van actief zeegrasherstel ('Restored' in het Engels). 2) een natuurlijk zelfredzaam hersteld veld dat is hersteld als gevolg van verbeterde omgevingscondities ('Recovered' in het Engels). NB. Een veld waar wordt geëxperimenteerd met zeegrasherstel, maar waar zich nog geen zelfzelf in standhoudend veld heeft ontwikkeld wordt gezien als een 'experiment' of 'proeflocatie'.

Passief herstel: de eerste stap voor actief herstel van een ecosysteem is het verwijderen of sterk verminderen van de oorzaken van achteruitgang zodat het systeem zelf kan beginnen te herstellen (herstellend) via natuurlijke processen: passief herstel. Deze vorm van 'herstel' door middel van het faciliteren van natuurlijke herstelprocessen gaat ervan uit dat een systeem van nature herstelmechanismen en tijdschalen zijn die mogelijk anders (langzamer) zijn dan door mensen gedreven actief herstel (Batchelor et al., 2015, Palmer et al., 2016). Passief herstel wordt gekenmerkt door een lage intensiteit van menselijk ingrijpen en er moet een nabije bronpopulatie van donormateriaal aanwezig zijn met kansen voor natuurlijke uitwisseling (connectiviteit) om passief herstel van een ecosysteem te faciliteren.

Actief herstel: Het actief faciliteren van het herstel van een ecosysteem dat is gedegradeerd, beschadigd of vernietigd door middel van actief menselijk ingrijpen en herstelmaatregelen op ecosystemniveau. Deze vorm van herstel is beheerintensief tijdens het proces van herstel, maar heeft het doel om een zichzelf in standhoudend ecosysteem te creëren (hersteld). (SER 2019, Suding et al., 2015). Hierbij wordt in het geval van zeegras actief plant- of zaadmateriaal ge(her)introduceert in een systeem.

Tabel I.1 Afkortingen

DIS	Dispenser Injection Seeding
EKR	Ecologische Kwaliteit Ratio
GEP	Goed Ecologisch Potentieel
GET	Goede Ecologische Toestand
KRW	Kader Richtlijn Water
MWTL	Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands
N2000	Natura 2000
PVA	Plan van Aanpak
RWS	Rijkswaterstaat
sub	Submerged (ondergedoken)
lit	Litoraal

