

Zeegras in de Waddenzee

Rol in de Waddenzee en in Nederland,
kansen in de toekomst en wettelijk kader



Rapport 2008-002

J.H. Wanink

A.J. van der Graaf

Zeegras in de Waddenzee

Rol in de Waddenzee en in Nederland,
kansen in de toekomst en wettelijk kader

In opdracht van RWS / Waterdienst
Postbus 207
9750 AE Haren

Opdracht nr 4500093358

Auteurs J.H. Wanink
A.J. van der Graaf

Datum 20 februari 2008

KenB rapportnr 2008-002

Status Definitief

koeman en bijkerk bv
ecologisch onderzoek en advies

bezoekadres kerklaan 30 Haren
postadres postbus14 9750 AA Haren
telefoon 050 363 2265
telefax 050 363 5205
email koeman.en.bijkerk@biol.rug.nl
website <http://www.koemanenbijkerk.nl>

Foto omslag: Getransplanteerd groot zeegras (*Zostera marina*) op het Balgzand
(foto: Arthur Bos)

Deze publicatie kan geciteerd worden als:

Wanink, J.H. & A.J. van der Graaf. 2008. Zeegras in de Waddenzee: rol in de Waddenzee en in Nederland, kansen in de toekomst en wettelijk kader. Rapport 2008-002, Bureau Koeman en Bijkerk, Haren.

Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Historie: het verdwijnen van zeegras uit de Waddenzee	13
2.1 Sublitoraal groot zeegras in de westelijke Waddenzee	13
2.2 Litoraal groot zeegras en klein zeegras in de Nederlandse Waddenzee	13
2.3 Grootschalige infectieziekte (wierziekte of wasting disease)	14
2.4 Veranderingen in abiotiek	15
3 Zeegras in wettelijke kaders	19
3.1 Interprovinciaal Beleidsplan Waddenzeegebied (IBW)	19
3.2 Planologische Kernbeslissing Derde Nota Waddenzee (PKB)	20
3.3 Trilaterale Waddenzee Plan (TWP)	21
3.4 Europese Kaderrichtlijn Water (KRW)	22
3.5 Natura 2000	23
3.6 Rijkswaterstaat en de implementatie van wettelijke regelingen	24
4 Kleinschalige experimenten ter voorbereiding van herstelmaatregelen	25
4.1 Inleiding	25
4.2 Mesocosm-experimenten	25
4.3 Veldexperimenten	27
4.4 Aandachtspunten bij aanplant	30
5 Waar liggen de kansen voor herstel en wat zijn de lokale standplaatsvoorwaarden?	31
5.1 Inleiding	31
5.2 Verbeterde milieuomstandigheden door beheer?	31
5.3 Vertaling milieuomstandigheden in zeegraskansenkaart	33
5.4 Lokale standplaatsvoorwaarden	36
5.5 Aandachtspunten bij herintroductie	37
6 Grootschalige aanpak herstelmaatregelen op het Balgzand	39
6.1 Doelstellingen van de herstelmaatregelen	39
6.2 Locatiekeuze	39
6.3 Methoden	41
6.4 Resultaten	43
6.5 Conclusies	45
6.6 Aandachtspunten bij grootschalig herstel	46
7 Toekomstmogelijkheden voor zeegras in de Waddenzee	47
7.1 Mogelijkheden voor sublitoraal groot zeegras	47
7.2 Mogelijkheden voor litoraal groot en klein zeegras	50
7.3 Relaties met het beheer	55
7.4 Relaties met het beleid	56
7.5 Zijn er andere mogelijkheden voor zeegras in Nederland?	57
8 Literatuur	61
Bijlage I Zeegraskarteringen	67
Bijlage II Verspreidingskaarten Groninger kust (tijdserie)	71

Voorwoord

Sinds het verdwijnen van sublitoraal groot zeegras uit de Nederlandse Waddenzee in 1932 en de sterke achteruitgang van litoraal groot en klein zeegras in de zestiger en zeventiger jaren van de 20^{ste} eeuw is er in opdracht van Rijkswaterstaat veel onderzoek verricht naar de noodzakelijke milieufactoren voor groei van zeegras en de mogelijkheden tot herstel, terwijl tevens een grootschalig aanplantexperiment werd uitgevoerd. In opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) heeft Koeman en Bijkerk bv in deze rapportage de verschillende projecten samengevat.

De projectbegeleiding vanuit het RIKZ is verzorgd door dhr. D.J. de Jong en mw. I. Rus-Jonker.

Haren, 20 februari 2008

J.H. Wanink

A.J. van der Graaf

Samenvatting

Zeegrassen zijn vaatplanten van ondiepe kustwateren die de stabilisatie van hun omgeving en de biodiversiteit bevorderen. In Nederland komen groot en klein zeegras voor. Groot zeegras kent een flexibele vorm (meestal eenjarig) die litoraal en submers voorkomt, en een robuuste vorm (meestal meerjarig) die sublitoraal voorkomt. Klein zeegras is een meerjarige litorale soort. Het verdwijnen van sublitoraal zeegras uit de westelijke Waddenzee in 1932 viel samen met de uitbraak van de wierziekte en de voltooiing van de Afsluitdijk. Vanaf 1965 ging ook het litoraal zeegras sterk achteruit. Eind jaren '80 werd groot zeegras aangemerkt als indicatorsoort en werd onderzoek naar mogelijkheden tot herstel gestart. Dit rapport vat alle onderzoeken samen en bespreekt de toekomstkansen voor zeegras in de Waddenzee, mede in het licht van in het wettelijk kader vastgelegde plannen tot herstel van duurzame populaties.

De tot 1932 geëxploiteerde sublitorale groot zeegrasvelden in de westelijke Waddenzee werden geschat op 8.000 – 15.000 ha. Litoraal groot en klein zeegras was met slechts maximaal circa 500 ha in de Nederlandse Waddenzee aanwezig. Aan de wierziekte als enige veroorzaker van het verdwijnen van het zeegras werd al snel getwijfeld. De gevolgen van de aanleg van de Afsluitdijk op de waterdynamiek van de Waddenzee leken ook van belang. Verhoogde troebelheid veroorzaakte een reductie in de maximaal doordringbare diepte van de waterkolom voor zonlicht en het omhoogschuiven van de ondergrens van de diepte waarop sublitoraal zeegras nog kan groeien. Een toegenomen getijverschil en de daaruit voortvloeiende lagere gemiddelde laagwaterstand verhoogde de kans op uitdroging van zeegras. Hogere stroomsnelheden verkleinden de kans op vestiging. Grotere fluctuaties in het zoutgehalte hadden een negatief effect op de groei en ontwikkeling van zeegras.

De bescherming van zeegras is geregeld binnen wettelijke kaders op zowel interprovinciaal (Waddenprovincies), nationaal, trilateraal (Waddenzee-landen) als Europees niveau. In het algemeen wordt gestreefd naar vergroting van het zeegrasareaal, met name door het voorkomen van bodemverstoring, en een meer natuurlijke verspreiding en ontwikkeling van zeegrasvelden. Monitoring vindt plaats volgens het Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP). De Europese Kaderrichtlijn Water eist dat in 2015 een minimum areaal van 150 ha groot en klein zeegras aanwezig is. Groot zeegras wordt streng beschermd onder de Flora- en faunawet. Rijkswaterstaat (RWS) stelt, als beheerder van de Waddenzee beheersmaatregelen op. RWS is de Nederlandse monitoringsautoriteit van het TMAP programma (via het monitorprogramma MWTL) en is betrokken bij de verslaglegging daarvan.

Vanaf 1989 werden de voorwaarden voor een kansrijke herintroductie van litoraal zeegras onderzocht in mesocosm- en veldexperimenten. Het litoraal groot zeegrasveld op de Hond-Paap bleek de beste keus voor levering van zaailingen. Optimale aanplandichtheid en -diepte werden in de mesocosm bepaald. Een veldexperiment verwierp zaaien als goede methode. Zonder (kunstmatige) beschutting bleef de ontwikkeling van aanplant beperkt tot een smalle zone rond NAP, vooral door golfdynamiek. In het laboratorium werd interferentie tussen nutriëntenbelasting en zoutgehalte aangetoond. Bij hoge

nutriëntenconcentraties overleefde zeegras beter op plaatsen met een laag zoutgehalte. Te weinig overwinterend zaad voor populatieherstel in het voorjaar, deels veroorzaakt door naar open zee drijvende zaadstengels, kon worden voorkomen door een hogere aanplandichtheid en maatregelen om de zaadstengels ter plaatse vast te houden. Kieming was beter op modderig dan op zandig sediment.

Aan het begin van de 21^{ste} eeuw werden de kansen en randvoorwaarden voor grootschalige aanplant van litoraal zeegras in de Waddenzee bepaald op basis van milieuomstandigheden, een in ontwikkeling zijnde kansenkaart voor groeilocaties en de ervaringen uit mesocosm- en veldexperimenten. In vergelijking met de zeventiger jaren waren troebelheid, eutrofiëring en (door lokale verboden voor schelpdiervisserij) bodemverstoring afgenomen. Potentieel kansrijke aanplantlocaties werden aangegeven op basis van een kansenkaart gebaseerd op slibgehalte, diepte, stroomsnelheid, golf invloed, nutriënten- en zoutgehaltegegevens. Deze kaart overschatte hier en daar de kansrijkheid door onvolkomen golf- en stromingsmodellen. Uit veldonderzoek naar lokale standplaatsvoorwaarden bleek dat vooral beschutting, een permanent laagje water op de bodem en een laag zoutgehalte in het bodemwater van belang waren voor zeegrasgroei; deze zijn echter niet in de kansenkaart op te nemen.

Gedurende 2002-2005 voerden de Katholieke Universiteit Nijmegen en Alterra in opdracht van Rijkswaterstaat RIKZ het project "Herintroductie van groot zeegras in de westelijke Waddenzee" uit. Op het Balgzand werden zaailingen van de Hond-Paap geplant in plots van 37 planten (plantafstand: 30 of 50 cm). Beschutting bestond uit aangelegde mosselrichels, rijshouten schermen of natuurlijke mosselbanken. Op beschutte plekken stierven planten vroeg af door ingedreven macroalgen. Bij grotere waterdynamiek, grover sediment, lager organisch stofgehalte en lager zoutgehalte was de overleving goed maar zaadoverwintering slecht (beter bij hoge aanplandichtheid). Er ontstonden geen permanente zeegrasvelden, slechts één overblijvend veldje uit eerdere experimenten. De tweespalt tussen zaadoverwintering op beschutte plekken en plantenoverleving op geëxponeerde plekken lijkt representatief voor de Waddenzee.

Een studie naar de invloed van stuurvariabelen op sublitoraal groot zeegras beoordeelde de reële kansen op herstel in de Waddenzee als nihil. Na matige aanplantsuccessen met litoraal zeegras lijkt natuurlijk gevestigd klein zeegras in de Groninger kwelderwerken nu het meest kansrijk. In de Friese kwelderwerken ontbreekt zeegras, mogelijk door een te hoge opslibbing en ongunstige fysisch-chemische bodemomstandigheden. Periodieke verwaarlozing van de kwelderwerken lijkt hier de beste beheersvorm. Hoewel de KRW het streefbeeld voor zeegras heeft aangepast aan praktijkgerichte verwachtingen, kunnen de (beperkte) kansen in de Waddenzee alleen worden gerealiseerd door ingrijpend beheer in van nature ongeschikte gebieden. In het Grevelingenmeer kan mogelijk met minder ingrijpen in een natuurlijker omgeving een duurzaam areaal ondergedoken groot zeegras ontstaan; het type dat de basis vormt van een soortenrijke levensgemeenschap.

1 Inleiding

Zeegrassen zijn vaatplanten van ondiepe kustwateren die de stabilisatie van hun omgeving en de biodiversiteit bevorderen. In Nederland komen groot en klein zeegras voor. Groot zeegras kent een flexibele vorm (meestal eenjarig) die litoraal en submers voorkomt, en een robuuste vorm (meestal meerjarig) die sublitoraal voorkomt. Klein zeegras is een meerjarige litorale soort. Het verdwijnen van sublitoraal zeegras uit de westelijke Waddenzee in 1932 viel samen met de uitbraak van de wierziekte en de voltooiing van de Afsluitdijk. Vanaf 1965 ging ook het litoraal zeegras sterk achteruit. Eind jaren '80 werd groot zeegras aangemerkt als indicatorsoort en werd onderzoek naar mogelijkheden tot herstel gestart. Dit rapport vat alle onderzoeken samen en bespreekt de toekomstkansen voor zeegras in de Waddenzee, mede in het licht van in het wettelijk kader vastgelegde plannen tot herstel van duurzame populaties.

Zeegrassen zijn vaatplanten van ondiepe kustwateren. Zeegrasvelden vervullen een belangrijke functie als, onder andere, stabilisator van sediment- en waterdynamiek (den Hartog & Polderman 1975; Christiansen *et al.* 1981; Gambi *et al.* 1990), kinderkamer voor vissen (van Goor 1919, geciteerd in de Jong & de Jonge 1989) en voedselbron voor ganzen (Nienhuis & van Ierland 1978). Van de circa 60 soorten die wereldwijd zijn beschreven komen er twee, groot zeegras (*Zostera marina*) en klein zeegras (*Zostera noltii*), voor in de Nederlandse zoute wateren (den Hartog 1970).

Groot zeegras kent twee vormen / (onder)soorten; de flexibele en de robuuste vorm / (onder)soort. De eerste is litoraal en submers ("verdrongen" litoraal; permanent ondergedoken in stagnante zoute en brakke wateren, zoals in het Grevelingenmeer) te vinden en de tweede rond en onder de laagwaterlijn (sublitoraal). De eerste is grotendeels eenjarig (althans in Nederland) maar kan bij voldoende stabiliteit (bijvoorbeeld in een submerse omgeving) ook meerjarig zijn. De tweede is vooral meerjarig maar zal onder minder gunstige omstandigheden vermoedelijk ook eenjarig zijn. In Nederland worden robuust en flexibel groot zeegras beschouwd als één soort met verschillende fenotypen; in Engeland zijn het twee ondersoorten (*Z. marina marina* en *Z. marina stenophylla*) en volgens de Flora europaea zijn het twee aparte soorten (*Z. marina* en *Z. angustifolia*) (de Jong *et al.* 2005). De flexibele vorm verspreidt zich vooral via zaad en de robuuste vorm via uitlopers vanuit de wortelstokken (de Jong & de Jonge 1989; de Jonge *et al.* 1997).

Klein zeegras is een meerjarige soort die zich vooral via uitlopers vanuit de wortelstokken verspreidt en evenals de éénjarige vorm van groot zeegras vrijwel uitsluitend in het litoraal voorkomt. Van de twee in het litoraal voorkomende soorten moet de populatie van éénjarig groot zeegras ieder jaar opnieuw worden opgebouwd uit kiemplanten, terwijl overwintering van klein zeegras voornamelijk geschiedt via de wortelstokken. Dit betekent dat klein zeegras voor zijn overleving veel minder afhankelijk is van de weersomstandigheden dan litoraal groot zeegras, waarvan onder ongunstige condities complete populaties kunnen verdwijnen (de Jong & de Jonge 1989; de Jonge *et al.* 1997).



Figuur 1 Aanvoer van groot zee gras in de haven van Den Oever voor het uitbreken van de wierziekte (uit: archief Historische Vereniging Wieringen).

Van de hierboven beschreven soorten en vormen was het sublitoraal groot zee gras in het verleden veruit het meest algemeen in Nederland. Tot in de jaren dertig van de twintigste eeuw kwamen hiervan in de westelijke Waddenzee zulke uitgestrekte velden voor dat de exploitatie hiervan, de zogenoemde wiermaaijerij en -visserij, economisch rendabel was (Figuur 1). Door de economische betekenis van de soort zijn de historische verspreiding en de populatiedynamica van sublitoraal groot zee gras veel beter in kaart gebracht dan die van klein en litoraal groot zee gras (de Jonge *et al.* 1997). Voor de eerstgenoemde vorm kon hierdoor worden vastgesteld dat in 1932 sprake was van een massaal afsterven dat samenviel met zowel de uitbraak van de “wierziekte” of “wasting disease” als de voltooiing van de Afsluitdijk (den Hartog & Polderman 1975). Ondanks de geringere hoeveelheid beschikbare gegevens met betrekking tot litoraal groot en klein zee gras vermeldt de literatuur hiervoor wel een afname na 1965 in de Nederlandse Waddenzee (Polderman & den Hartog 1975).

Eind jaren '80 van de vorige eeuw kwam de noodzaak tot herstel van het verarmde ecosysteem van de Waddenzee hoog op de politieke agenda en werden plannen hiervoor vastgelegd in de Derde Nota Waterhuishouding (Anonymus 1990). In dit kader werd door Rijkswaterstaat groot zee gras aangemerkt als een indicatorsoort, die werd gebruikt om veranderingen in het ecosysteem te meten, maar waarvoor tevens mogelijkheden tot herstel werden onderzocht (de Jonge *et al.* 1996).

Om na te gaan in hoeverre litoraal groot en klein zee gras op een aantal locaties met en zonder beschermende maatregelen wel of niet weer tot ontwikkeling zouden kunnen komen, werd in de periode 1987-1995, grotendeels door de Katholieke Universiteit Nijmegen en het IBN (Texel), een serie kleinschalige experimenten uitgevoerd (de Jonge *et al.* 1997). Hierbij werden zowel in het veld als in het laboratorium de voor de groei van

zeegras noodzakelijke milieuocondities onderzocht (o.a. van Katwijk 1992, 2000; van Katwijk *et al.* 2000a; van Katwijk & Wijgergangs 2004).

Op basis van met name veldkennis, aangevuld met de resultaten van deze experimenten werd een kaart vervaardigd waarop de locaties in de Waddenzee met groeikansen voor groot zeegras werden aangegeven (de Jonge *et al.* 1997; van Katwijk *et al.* 2002). Deze kaart vormde de basis voor een grootschalige poging tot herintroductie van litoraal groot zeegras door aanplant op het Balgzand in de periode 2002-2005 (Figuur 2). Hoewel de grootschalige aanpak op het Balgzand niet tot duurzame vorming van zeegrasvelden leidde, werd uit het onderzoek wel geconcludeerd dat een nog grootschaliger aanpak op verschillende plaatsen in de Nederlandse Waddenzee mogelijk wel succesvol zou kunnen zijn (Bos & van Katwijk 2005). Hiertoe zou gebruik kunnen worden gemaakt van een inmiddels verbeterde kanskaart voor zeegras in de Waddenzee (de Jong *et al.* 2005). Overigens is sinds 1988 het areaal aan litoraal zeegras in de Waddenzee op natuurlijke wijze toegenomen, met name langs de Groninger kust. Dit betreft hoofdzakelijk klein zeegras. Sinds 2000 vond van deze soort een zeer sterke toename plaats in de kwelderwerken langs de Groninger kust (van der Graaf & Wanink 2007).

Recent zijn twee literatuurstudies uitgevoerd naar de groeimogelijkheden voor sublitoraal groot zeegras in de Nederlandse Waddenzee (van der Heide *et al.* 2006) en naar de redenen voor de grote verschillen tussen de Friese en Groninger kust met betrekking tot het voorkomen van litoraal zeegras (van der Graaf & Wanink 2007).

Dit rapport geeft een samenvattend overzicht van bovengenoemde onderzoeken en bespreekt de toekomstkansen voor zeegras in de Nederlandse Waddenzee, mede in het licht van in het wettelijk kader vastgelegde plannen tot herstel van duurzame populaties.



Figuur 2 Drooggevallen litoraal groot zeegras op het Balgzand (foto: Arthur Bos).

2 Historie: het verdwijnen van zeegras uit de Waddenzee

De tot 1932 geëxploiteerde sublitorale groot zeegrasvelden in de westelijke Waddenzee werden geschat op 8.000 – 15.000 ha. Litoraal groot en klein zeegras was met slechts maximaal circa 500 ha in de Nederlandse Waddenzee aanwezig. Aan de wierziekte als enige veroorzaker van het verdwijnen van het zeegras werd al snel getwijfeld. De gevolgen van de aanleg van de Afsluitdijk op de waterdynamiek van de Waddenzee leken ook van belang. Verhoogde troebelheid veroorzaakte een reductie in de maximaal doordringbare diepte van de waterkolom voor zonlicht en het omhoogschuiven van de ondergrens van de diepte waarop sublitoraal zeegras nog kan groeien. Een toegenomen getijverschil en de daaruit voortvloeiende lagere gemiddelde laagwaterstand verhoogde de kans op uitdroging van zeegras. Hogere stroomsnelheden verkleinden de kans op vestiging. Grotere fluctuaties in het zoutgehalte hadden een negatief effect op de groei en ontwikkeling van zeegras.

2.1 Sublitoraal groot zeegras in de westelijke Waddenzee

De uitgestrekte velden van de sublitorale vorm van groot zeegras bevonden zich grotendeels in de westelijke Waddenzee en het noordelijk deel van de Zuiderzee (Figuur 3). In het begin van de dertiger jaren van de vorige eeuw werd het totale oppervlak van deze soort geschat op tussen de 8.000 en 15.000 ha, maar in 1932 trad een massale sterfte op en verdween de gehele sublitorale populatie (Polderman & den Hartog 1975). Hierbij moet worden opgemerkt dat het verdwijnen van grote velden zeegras ten gevolge van natuurlijke lange-termijn fluctuaties in de dynamiek van een grootschalig ecosysteem zoals de Waddenzee niet ongewoon is. Den Hartog & Polderman (1975) laten zien dat de verspreiding van sublitoraal groot zeegras in de westelijke Waddenzee in 1931 (Figuur 3) grote verschillen vertoont met de verspreiding in 1869, volgens een kartering in Oudemans *et al.* (1870). In 1931 bleek een aantal in 1869 nog aanwezige grote velden niet meer te bestaan, terwijl op andere plaatsen nieuwe velden waren ontstaan. Als voorbeeld van een grootschalige verandering op korte termijn vermelden den Hartog & Polderman (1975) het door Martinet (1782) beschreven verdwijnen in één nacht in 1756 van een uitgestrekt zeegrasveld ten zuiden van Vlieland, ten gevolge van extreme sedimentatie gedurende een zware storm. Het feit dat in 1932 de totale populatie sublitoraal groot zeegras verdween uit de westelijke Waddenzee en zich tot op heden niet heeft hersteld (Figuur 3), geeft aan dat in dit geval niet mag worden gesproken van een natuurlijke fluctuatie in het bestand.

2.2 Litoraal groot zeegras en klein zeegras in de Nederlandse Waddenzee

De verspreiding van litoraal zeegras is in het verleden nauwelijks in kaart gebracht. Uit Figuur 3 blijkt dat litoraal groot zeegras in 1931 in de westelijke Waddenzee in veel geringere mate voorkwam dan sublitoraal groot zeegras. Voor de oostelijke Waddenzee zijn uit deze periode geen gegevens beschikbaar (de Jonge *et al.* 1997). In de westelijke Waddenzee komt litoraal groot zeegras vanaf het eind van de zeventiger jaren alleen nog maar op een locatie onder Terschelling voor (Figuur 3), terwijl voor de rest van de Nederlandse Waddenzee wordt gesproken van kleine verspreide voorkomens naast klein

zeegras. Tussen 1950 en 1973 lijkt er sprake van een afname van beide soorten. Voor beide soorten samen worden de volgende oppervlaktes geschat (de Jonge *et al.* 1993):

1950-1960: 400-450 ha
1972-1973: 160 ha
1988: 260 ha

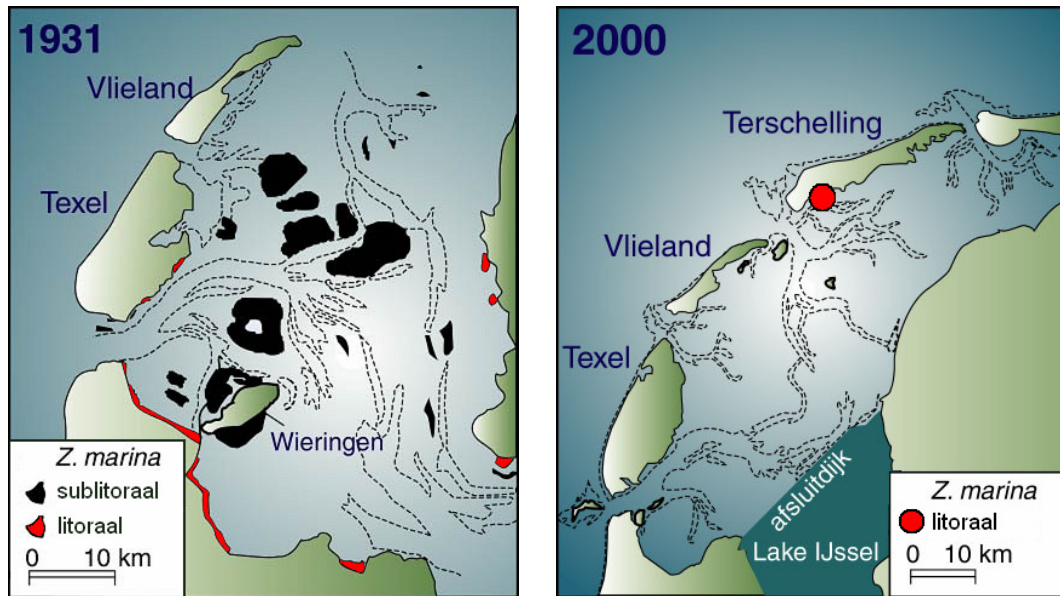
Hierbij moet worden opgemerkt dat de toename tussen 1973 en 1988 grotendeels voor rekening komt van de in de kwelderwerken langs de Groninger kust ontstane velden van klein zeegras (Philippart & Dijkema 1995).

In 1988, 1991 en daarna jaarlijks vanaf 1994 zijn de litorale zeegrasbestanden in de Nederlandse Waddenzee gekarteerd. Het Eems-Dollard estuarium in het meest oostelijke deel van de Nederlandse Waddenzee is de enige plaats waar zich in de loop der jaren een fors veld litoraal groot zeegras heeft ontwikkeld. Deze soort, die hier in 1973 voor het eerst op de getijdeplaat Hond-Paap werd waargenomen (Polderman & den Hartog 1975), vertoonde tussen 1988 en 2003 een toename van 13 naar 256 ha (Erftemeijer 2005). Daarna is het veld echter zowel in bedekking als in areaal sterk gereduceerd (Doeglas *et al.* 2006). In de kwelderwerken langs de Groninger kust bleken de in 1988 waargenomen velden van klein zeegras (260 ha; zie hierboven) in 1991 te zijn gereduceerd tot slechts 6 ha. Hierna nam het areaal tot 2003 enigszins onregelmatig toe tot 80 ha (Erftemeijer 2005). De sterke toename sinds 2000 heeft zich voortgezet tot een waarde van 140 ha in 2006 (van der Graaf & Wanink 2007). Behalve langs de Groninger kust komt tegenwoordig nauwelijks meer klein zeegras voor in de Nederlandse Waddenzee. In Bijlage I is een overzicht van de gekarteerde arealen zeegras te vinden.

2.3 Grootschalige infectieziekte (wierziekte of wasting disease)

Vanaf 1931 verdween het sublitoraal groot zeegras vrijwel totaal uit het gehele Noord-Atlantische verspreidingsgebied, naar werd aangenomen door de door een eencellige parasiet (*Labyrinthula macrocystis*) veroorzaakte wierziekte. Polderman & den Hartog (1975) vermelden dat de eerste verschijnselen in de Waddenzee werden waargenomen in april 1932. Aangetaste planten rotten door, vielen uiteen, verloren hun drijfvermogen en zonken naar de bodem. Enkele maanden later was vrijwel de gehele populatie verdwenen. Volgens hen werd de litorale vorm van groot zeegras slechts in geringe mate getroffen en klein zeegras in het geheel niet.

Er werd al snel betwijfeld of het verlies van de zeegrasvelden wel terecht aan de wierziekte was toegeschreven. Omdat het verdwijnen van het zeegras samenviel met het voltooiën van de Afsluitdijk, hetgeen duidelijke gevolgen had voor de waterdynamiek van de Waddenzee, werden de negatieve effecten van deze gigantische ingreep als alternatieve oorzaak aangevoerd door getroffen wiervissers die schadeclaims indienden. Na onderzoek door twee staatscommissies werd geconcludeerd dat niet de aanleg van de Afsluitdijk, maar de wierziekte de oorzaak was van het verdwijnen van het zeegras, hoewel de gewijzigde waterdynamiek minder bevorderlijk zou zijn voor het herstel van de velden (Polderman & den Hartog 1975).



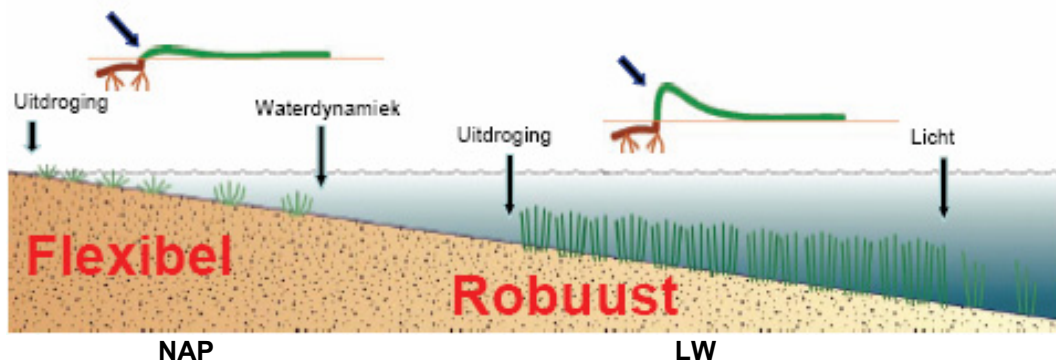
Figuur 3 Verspreiding in de westelijke Waddenzee van de sublitorale (zwart) en de litorale (rood) vorm van groot zeegras in 1931 en 2000 (naar: van Katwijk 2000).

Hoewel de beide staatscommissies de wierziekte verantwoordelijk stelden voor het verdwijnen van sublitoraal groot zeegras, is voor deze bewering nooit hard bewijs geleverd (de Jonge *et al.* 1997). Polderman & den Hartog (1975) denken dat de tijdens de aanleg van de Afsluitdijk reeds ontstane hydrodynamische veranderingen wel degelijk een negatief effect op het zeegras hebben gehad. De planten zouden door de veranderingen in een slechtere conditie hebben verkeerd, waardoor de parasiet kon aangrijpen. Zij wijzen erop dat de parasiet later veel werd aangetroffen in herstelde zeegrasvelden zonder virulent te worden. Naast de hydrodynamische veranderingen wordt ook een serie jaren met relatief weinig zonneschijn als een meespelende factor genoemd (Giesen *et al.* 1990b). In latere publicaties overheerst het idee dat sprake is geweest van een combinatie van factoren, waarbij de aanleg van de Afsluitdijk een belangrijke rol heeft gespeeld (de Jonge *et al.* 1997). Ook voor andere getroffen delen van het Noord-Atlantische gebied bestaan aanwijzingen voor het optreden van hydrodynamische of klimatologische veranderingen die mogelijk tot gevoeligheid van zeegras voor de parasiet hebben geleid (Polderman & den Hartog 1975).

In tegenstelling tot andere getroffen gebieden langs de Noord-Atlantische kusten is herstel van de zeegrasvelden in de Nederlandse Waddenzee uitgebleven. Dit wordt toegeschreven aan de gewijzigde waterdynamiek in de westelijke Waddenzee ten gevolge van de afsluiting van de Zuiderzee (de Jong & de Jonge 1989).

2.4 Veranderingen in abiotiek

Zoals hiervoor reeds werd aangegeven, heeft de aanleg van de Afsluitdijk een groot effect gehad op de abiotische omstandigheden in de westelijke Waddenzee. Hier behandelen wij enkele factoren waarvan bekend is dat ze een rol spelen bij de groei van zeegras en dat ze zijn veranderd na de aanleg van de Afsluitdijk.



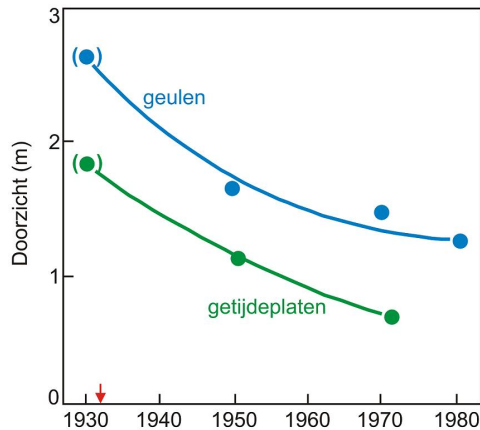
Figuur 4 De zones waarin litoraal (flexibel) en sublitoraal (robuust) groot zee gras voorkomen worden beide aan de bovenzijde begrensd door uitdroging. De ondergrens van de litorale zone wordt bepaald door waterdynamiek en de ondergrens van de sublitorale zone door lichtbeschikbaarheid. Litoraal groot zee gras is gevoeliger voor waterdynamiek dan de sublitorale vorm. De verschillen in gevoeligheid voor uitdroging en waterdynamiek hebben beide te maken met de stevigheid van de schedes (zie bovenste pijlen). NAP = Normaal Amsterdams Peil; LW = gemiddeld laagwater (uit: van der Heide *et al.* 2006).

Lichtbeschikbaarheid

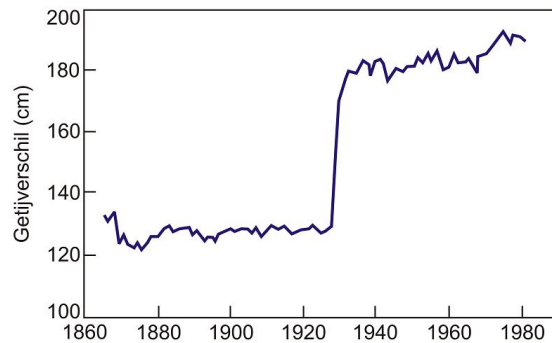
Voor litorale en sublitorale planten wordt de beschikbare hoeveelheid zonlicht bepaald door de instraling (direct tijdens laagwater of via de waterkolom; Figuur 4), de troebelheid van het water en het getijverschil. Van de laatste twee factoren is gerapporteerd dat de aanleg van de Afsluitdijk heeft geleid tot negatieve effecten op de lichtcondities voor zee gras in de Waddenzee (den Hartog 1987; Giesen *et al.* 1990a; de Jonge & de Jong 1992; de Jonge *et al.* 1997). Hoewel directe gegevens met betrekking tot troebelheid van het water (in de Waddenzee meestal het gehalte aan zwevend slib) voor de periode rond de voltooiing van de Afsluitdijk ontbreken, is aannemelijk gemaakt dat de werkzaamheden in verband met de aanleg van de dijk en de hierna veranderde waterdynamiek in de Waddenzee, in ieder geval gedurende een reeks van jaren, hebben geleid tot een hogere troebelheid (den Hartog 1987; Giesen *et al.* 1990a; de Jonge & de Jong 1992). Dit had een reductie in de maximaal doordringbare diepte van de waterkolom voor zonlicht tot gevolg, zoals geïllustreerd in de Jonge *et al.* (1993) (zie Figuur 5). Voor sublitoraal groot zee gras betekent dit dat de ondergrens van de diepte waarop de soort nog kan groeien omhoog is geschoven.

Uitdroging

De bovengrenzen van de zones waarin litoraal en sublitoraal groot zee gras voorkomen worden bepaald door de droogvalduur (kans op uitdroging). Het getijverschil en de daaruit voortvloeiende gemiddelde laagwaterstand zijn daarmee van groot belang voor de groeikansen. Na de afsluiting van de Zuiderzee nam het getijverschil in de westelijke Waddenzee vrij snel toe, bij Den Helder met circa 25 cm en nabij Harlingen zelfs met 50 cm (de Jonge & de Jong 1992; zie Figuur 6). Van der Heide *et al.* (2006) hebben aan de hand van dieptekaarten van 1930 en 1997 de gemiddelde laagwaterstanden bepaald per wantij (Figuur 7). Deze zijn na voltooiing van de Afsluitdijk in het vergelijkbare gebied lager geworden dan daarvoor. Naar het oosten toe worden de huidige waarden nog lager. In deze richting neemt ook het getijverschil toe (van der Heide *et al.* 2006).



Figuur 5 Gemiddelde waarden voor met behulp van een Secchi disc gemeten doorzicht in geulen en boven getijdeplaten in het Balgzand tussen 1930 en 1980. Waarden voor 1930 bij benadering. De voltooiing van de Afsluitdijk is aangegeven met een rode pijl (naar: de Jonge *et al.* 1993).



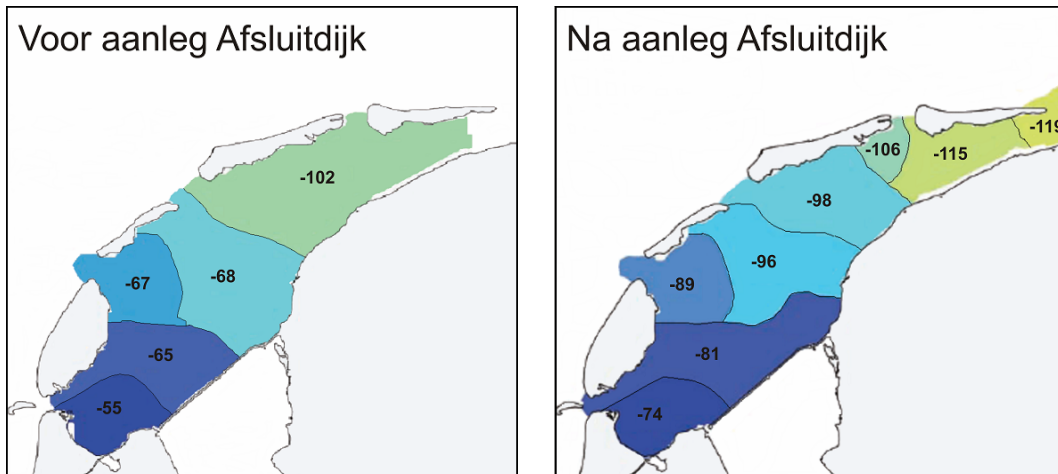
Figuur 6 Tijdserie van het jaargemiddelde verschil tussen hoog- en laagwater nabij Harlingen (naar: de Jonge & de Jong 1992).

Waterdynamiek

Sterke golfslag en hoge stroomsnelheden hebben vooral een negatief effect op de vestiging van zeegras. Een gevestigd veld sublitoraal (robuust) groot zeegras is goed bestand tegen waterdynamiek en heeft een golfdempende werking (de Jong & de Jonge 1989). Het slappere litoraal (flexibel) groot zeegras is minder goed bestand tegen waterdynamiek. De relatief hoge dynamiek in het gebied tussen de zones waarin de twee groeivormen voorkomen bepaalt de ondergrens van het litoraal zeegras (van Katwijk 2000; zie Figuur 4). De toename van het getijverschil in de Waddenzee na de afsluiting van de Zuiderzee is hierboven reeds besproken (zie Figuur 6). Deze afsluiting heeft ook geresulteerd in hogere stroomsnelheden in de westelijke Waddenzee (de Jonge & de Jong 1992). Gemiddeld nam de stroomsnelheid toe met een factor 1,25, maar er bestonden grote lokale verschillen, variërend tussen 0,25 en 2,9. De grootste veranderingen, die leiden tot sterk gewijzigde sedimentatie- en erosiepatronen, werden aangetroffen in de gebieden waar vroeger de uitgestrekte zeegrasvelden voorkwamen.

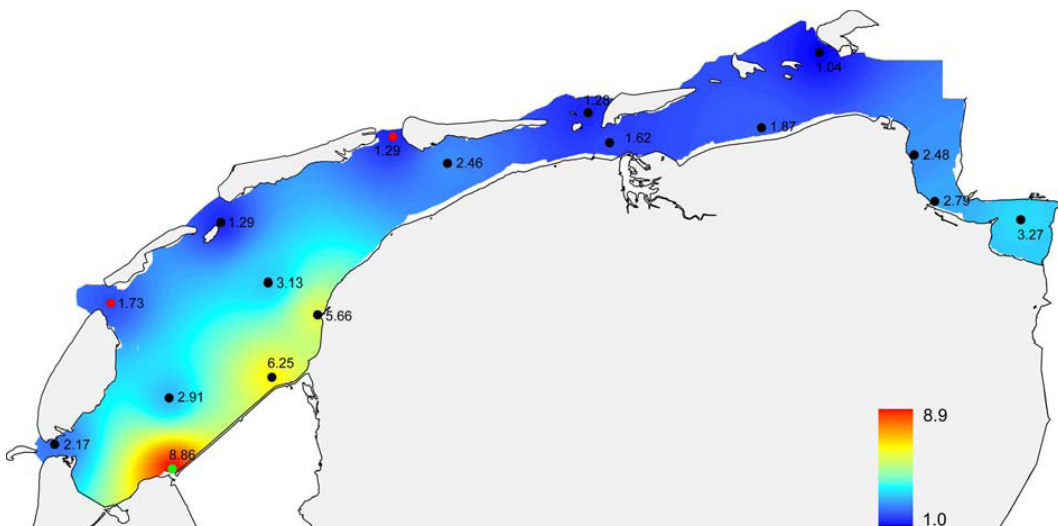
Zoutgehalte

Hoewel groot zeegras over een brede range van zoutgehaltes (5 - 42‰) voorkomt (de Jong & de Jonge 1989; Giesen *et al.* 1990b; van Katwijk *et al.* 1999) lijken waarden tussen 10 en 30‰ optimaal (McRoy 1966, geciteerd in Giesen *et al.* 1990b). Hoge zoutgehaltes (30 - 32‰) hebben een negatief effect op de vestiging en de uitbreiding van groot zeegras (Wijergangs 1994; Kamermans *et al.* 1999; van Katwijk *et al.* 1999). Over de effecten van zoutgehalte op klein zeegras is minder bekend (de Jong & de Jonge 1989).



Figuur 7 Overzicht van de gemiddelde laagwaterstand per wantij (in cm) in de Waddenzee voor en na de aanleg van de Afsluitdijk (naar: van der Heide *et al.* 2006).

Sinds de afsluiting van de Zuiderzee is het zoutgehalte in de westelijke Waddenzee gedaald. Ook is de lengte van de zoet-zoutgradiënt achter de spuisluizen in de Afsluitdijk veel kleiner dan de gradiënt ten tijde van de open uitmonding van de IJssel in de Waddenzee (van der Hoeven 1982, geciteerd in de Jonge *et al.* 1993). Een enigszins lager zoutgehalte lijkt niet ongunstig voor zeegras. Zowel momenteel als in het verleden lijkt het voorkomen van zeegras in de Waddenzee gekoppeld aan de nabijheid van uitstroom van zoet water (de Jonge *et al.* 1997). Behalve tot een verlaging van het zoutgehalte en een kortere zoet-zoutgradiënt heeft de aanleg van de Afsluitdijk, door het spui-beheer, ook geleid tot grotere fluctuaties (zoetwaterschokken) in het zoutgehalte (Figuur 8; van Katwijk *et al.* 2000a; van der Heide *et al.* 2006). Hiervan wordt een negatief effect op de groei en ontwikkeling van zeegras verwacht (van der Heide *et al.* 2006).



Figuur 8 De standaarddeviatiekaart voor zoutgehalte in het groeiseizoen van groot zeegras. Standaarddeviatie is genomen als een maat voor de fluctuaties in zoutgehalte. De kaart is verkregen door interpolatie tussen de punten op de kaart, die zijn gebaseerd op meetreeksen in de periode 1996-2005. Het getal bij elk punt is de lokale standaarddeviatie (uit: van der Heide *et al.* 2006).

3 Zeegras in wettelijke kaders

De bescherming van zeegras is geregeld binnen wettelijke kaders op zowel interprovinciaal (Waddenprovincies), nationaal, trilateraal (Waddenzee-landen) als Europees niveau. In het algemeen wordt gestreefd naar vergroting van het zeegrasareaal, met name door het voorkomen van bodemverstoring, en een meer natuurlijke verspreiding en ontwikkeling van zeegrasvelden. Monitoring vindt plaats volgens het Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP). De Europese Kaderrichtlijn Water eist dat in 2015 een minimum areaal van 150 ha groot en klein zeegras aanwezig is. Groot zeegras wordt streng beschermd onder de Flora- en faunawet. Rijkswaterstaat (RWS) stelt, als beheerder van de Waddenzee beheersmaatregelen op. RWS is de Nederlandse monitoringsautoriteit van het TMAP programma (via het monitorprogramma MWTL) en is betrokken bij de verslaglegging daarvan.

3.1 Interprovinciaal Beleidsplan Waddenzeegebied (IBW)

Het gereedkomen in 1993 van de herziene Nota Waddenzee (PKB; VROM 1994) vormde voor de Provinciale Staten van de drie waddenzeeprovincies, Groningen, Friesland en Noord-Holland, de aanleiding om hun gezamenlijke beleid op provinciaal niveau te actualiseren in het Interprovinciaal Beleidsplan Waddenzeegebied (IBW 1995). Het IBW geeft aan hoe de drie provincies de gewenste toekomstige ontwikkeling van het gebied zien en hoe zij die willen realiseren.

In die opzet wordt het IBW gebruikt als basis voor:

- Het op elkaar afstemmen van het beleid van rijk, provincies en gemeenten.
- Het bepalen van provinciale standpunten over het beleid en de initiatieven van rijk en gemeenten.
- Het nemen van initiatieven om gewenste activiteiten van de grond te krijgen.
- Het deelnemen aan andere beheers- en uitvoeringsactiviteiten waar de provincies bij betrokken zijn.
- Het voeren van overleg met diverse betrokkenen, zoals maatschappelijke organisaties en in en rond het gebied werkzame bedrijven.
- Het toetsen van plannen van de betrokken gemeenten.

Het vastgelegde beleid betreft:

- Een duurzaam behoud van de ecologische waarden.
- Een evenwichtige afstemming daarop van de huidige en toekomstige gebruiksmogelijkheden, dus binnen het raam van dit duurzaam behoud.

Tegen deze achtergrond sluiten de provincies zich aan bij de hoofddoelstelling van de PKB Waddenzee en richten zij hun beleid op de duurzame bescherming en ontwikkeling van de Waddenzee, de Noordzee en de Eems-Dollard als natuurgebied. Binnen deze

doelstelling zijn menselijke activiteiten met een economische en/of recreatieve betekenis mogelijk. Deze doelstelling houdt in dat het duurzame behoud en waar nodig het herstel van het ecosysteem voorop staat. Activiteiten met een economisch of recreatief karakter moeten hierin passen.

Met betrekking tot het behoud en de ontwikkeling van het plangebied als waardevol natuurgebied richten de provincies hun beleid op:

- Het terugdringen en weren van systeemvreemde invloeden, zodat het gebied zich duurzaam kan handhaven als een hoogwaardig ecosysteem.
- De bescherming en ongestoorde ontwikkeling van de getijdenbewegingen en de daarmee gepaard gaande geomorfologische processen.
- Het laten aansluiten van noodzakelijke (menselijke) ingrepen op het bioregime in het gebied.
- Het instandhouden van soorten en leefgebieden die in (inter)nationaal verband zeldzaam zijn
- Het behouden en ontwikkelen van (de belevingswaarde van) het specifieke waddenlandschap.

Hoewel het beleidsplan in grote lijnen het nationale beleid volgt, zoals vastgelegd in de Tweede Nota Waddenzee (VROM 1994), geeft men onder andere voor het onderdeel "Natuur en landschap" toch op enige punten expliciet het interprovinciaal beleid weer. Met betrekking tot zeegras wordt echter alleen in bijlage 2 (De huidige toestand van het ecosysteem van de Waddenzee) de volgende paragraaf weergegeven:

Zeegras is eveneens een karakteristiek onderdeel van het Waddenoecosysteem. Na een grote epidemie in 1930 heeft het groot zeegras zich niet meer herstelt. Klein zeegras is nog wel in de Nederlandse Waddenzee aanwezig maar het areaal daarvan is de laatste jaren steeds kleiner geworden ten gevolge van een aantal (mogelijke) oorzaken zoals de visserij en een toename van de troebelheid van het zeewater. Momenteel wordt geëxperimenteerd met de herintroductie van zeegras.

Geconcludeerd kan worden dat zeegras in het IBW geen speciale aandacht krijgt, maar dat aangenomen mag worden dat het nationale beleid inzake het beheer van zeegras ook op provinciaal niveau wordt doorgevoerd.

3.2 Planologische Kernbeslissing Derde Nota Waddenzee (PKB)

De aanwezigheid van natuurlijke zeegrasvelden maakte al deel uit van het in de Tweede Nota Waddenzee (VROM 1994) verwoorde streefbeeld. In het in 2007 gereedgekomen "Deel 4 van de planologische kernbeslissing Derde Nota Waddenzee" (VROM 2007) wordt zeegras erg weinig genoemd, maar wordt wel een duidelijk streefbeeld en beleid geschetst.

Bij de beleidsuitgangspunten wordt in het hoofdstuk "Ontwikkelingsperspectief voor de Waddenzee" gezegd:

De verstoring van de bodem is zodanig beperkt dat ongestoorde natuurlijke mosselbanken en zeegrasvelden voorkomen. Het areaal aan mosselbanken met een natuurlijke dichtheid en het areaal aan zeegrasvelden is vergroot.

Vervolgens wordt bij de beleidskeuzen onder “Sluiting van gebieden voor vormen van visserij” vermeld:

Een oppervlakte ter grootte van 26% van het litoraal in de Waddenzee is permanent gesloten voor bodemberoerende visserij (mosselzaadvissers, kokkelvisserij, visserij met bodemvistuigen met wekkerkettingen)

In de voor bodemberoerende visserij gesloten gebieden is de garnalenvissers niet toegestaan op de wadplaten (het litoraal). De visserij met overige sleepnetten, al dan niet voorzien van wekkerkettingen, is op de wadplaten (het litoraal) in het gehele pkb-gebied niet toegestaan.

Zeegrasvelden en een omliggende straal van ten minste 40 meter mogen niet worden bevestigd.

Hoewel geen kwantificering wordt gegeven, wordt duidelijk aangegeven dat gestreefd wordt naar vergroting van het zeegrasareaal. Hierbij lijkt het voorkomen van bodemverstoring het beleid te vormen.

3.3 Trilaterale Waddenzee Plan (TWP)

Naast de nationale bescherming van het Waddenzeegebied door de aan de Waddenzee grenzende landen, Nederland, Duitsland en Denemarken, is er ook een internationale samenwerking ter bescherming van het gezamenlijke gebied ontstaan. In 1978 werd in Den Haag voor het eerst een *Trilaterale Regeringsconferentie* gehouden. De *Trilaterale Waddenzee Samenwerking* is hierna het algemene kader geworden voor bescherming van de Waddenzee als een enkel, gezamenlijk ecosysteem. In de in 1982 ondertekende *Gemeenschappelijke Verklaring betreffende de Bescherming van de Waddenzee* spreken de drie landen de intentie uit om overleg met elkaar te plegen om hun activiteiten en maatregelen te coördineren, ten einde een aantal wettelijke maatregelen – Conventie van Ramsar (Wetlands Conventie), Conventie van Bonn, Conventie van Bern, EU Vogelrichtlijn en andere van toepassing zijnde richtlijnen – ten uitvoer te leggen met betrekking tot een samenhangende bescherming van de Waddenzeeregio als geheel met inbegrip van zijn flora en fauna. Hiertoe zullen de drie landen de contacten tussen de verantwoordelijke bestuursorganen intensiveren en verbreden, onder andere door regelmatig *Ministersconferenties* te houden. In 1987 is een *Gemeenschappelijk Waddenzee Secretariaat* (CWSS) ingesteld om de samenwerking te vergemakkelijken en te ondersteunen.

De uit opeenvolgende Waddenzeeconferenties voortgekomen regelingen zijn op de Conferentie van Stade in 1997 vastgelegd in het *Trilaterale Waddenzee Plan* (TWP 1997). Het TWP behelst beleid, maatregelen, projecten en activiteiten waarover de drie landen tot overeenstemming zijn gekomen. Het is een raamwerk voor het algemene beheer van de Waddenzee dat op gezette tijden wordt herzien. In het TWP wordt uiteengezet hoe de

drie landen zich het toekomstige gecoördineerde en geïntegreerde beheer van de Waddenzee voorstellen, alsmede de projecten en activiteiten die moeten worden uitgevoerd om de gezamenlijk overeengekomen doelen te bereiken.

De terugkeer van zeegrasvelden in de Waddenzee vormt in het trilaterale beleid een belangrijk item: het is een van de “ecotargets” van het TWP. Als doel wordt vermeld: een toename van het areaal van, en een meer natuurlijke verspreiding en ontwikkeling van *Zostera* velden (TWP 1997).

De monitoring in verband met de doelen van het TWP is vastgelegd in een gemeenschappelijk monitoring programma voor de gehele Waddenzee, het Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP). Per 1 januari 1994 wordt dit volledig uitgevoerd. In 1997 is een evaluatie uitgevoerd. Op basis hiervan is besloten over vervolgstappen omtrent de verdere ontwikkeling van het programma. Er zijn verdere afspraken gemaakt over de organisatie en de gegevensverwerking. Voor zeegras houdt het monitoring programma in dat eenmaal per jaar (in augustus/september) alle getijdenplaten in de Waddenzee dienen te worden onderzocht, waarbij de locatie, de oppervlakte en, zo mogelijk, de bedekking van de velden wordt vastgelegd. Vanwege het verspreide voorkomen over de Waddenzee mogen sommige gedeelten vanuit de lucht worden opgenomen, maar per land worden gebieden vastgesteld waar kartering op het wad plaatsvindt (TMAP 2000). In Nederland vindt de uitvoering hiervan plaats binnen het MWTL-programma van Rijkswaterstaat.

3.4 Europese Kaderrichtlijn Water (KRW)

De Europese Kaderrichtlijn Water (Anonymus 2000b) beoogt ondermeer de bescherming en verbetering van aquatische ecosystemen en duurzaam gebruik van water. Hiertoe wordt een kader geboden voor het vaststellen van doelen, het monitoren van de kwaliteit en het nemen van maatregelen. De KRW heeft tot doel het bereiken van een “goede toestand” van alle wateren. Om een maat voor deze goede toestand te kunnen afleiden dienen per type waterlichaam referentie-omstandigheden te worden bepaald. In dit kader zijn alle zoete en zoute Nederlandse wateren ingedeeld volgens de KRW-typologie (Elbersen *et al.* 2003). De referenties (gelijkgesteld aan de Zeer Goede Ecologische Toestand; ZGET) voor natuurlijke wateren zijn vastgesteld (van der Molen & Pot 2007). Voor de natuurlijke wateren zijn inmiddels maatlatten voor verschillende kwaliteitselementen opgesteld waarmee de toestand van een waterlichaam kan worden bepaald. De te bereiken goede toestand is onderverdeeld in een goede chemische en een Goede Ecologische Toestand (GET). De goede ecologische toestand is weer onderverdeeld in een goede biologische toestand en eisen ten aanzien van hydromorfologie, algemene fysische chemie en geloosde prioritaire en overige verontreinigende stoffen. Het bepalen van de “referenties” (Maximaal Ecologisch Potentieel; MEP) voor sterk veranderde en kunstmatige wateren is nog niet afgerond, maar inmiddels is wel een “default MEP/GEP” ontwikkeld waarmee een eerste schatting van het in dergelijke wateren te bereiken Goed Ecologisch Potentieel (GEP) kan worden gemaakt (Pot 2005).

De KRW is het enige wettelijke kader waarin de doelstellingen met betrekking tot zeegras worden gekwantificeerd. Volgens de natuurlijke deelmaatlat zeegras (voor groot en klein

zeegras samen) van de KRW voor het watertype K2, waaronder de Waddenzee (exclusief het Eems-Dollard estuarium) valt, ligt de ondergrens van de GET bij een areaal dat 9% van de oppervlakte van de Nederlandse Waddenzee (exclusief het Eems-Dollard estuarium) beslaat (van der Molen & Pot 2007). Dit komt neer op een areaal van circa 21.000 ha zeegras. Omdat het actuele areaal zeegras in de afgelopen decennia sterk negatief is beïnvloed door ongunstige externe ontwikkelingen, heeft men een MEP/GEP afgeleid. Op de MEP/GEP maatlat wordt de ondergrens van het GEP al bereikt bij een areaal zeegras van 150 ha. Dit lijkt een reëler uitgangspunt dan het te bereiken areaal volgens de natuurlijke maatlat (zie ook hoofdstuk 7).

3.5 Natura 2000

Natura 2000 (LNV 2006) is een netwerk in opbouw van natuurgebieden van Europees belang, met als hoofddoelstelling het handhaven van de biodiversiteit in Europa, zoals omschreven in artikel 2 van de EU-habitatrichtlijn (Anonymus 1992). Het netwerk omvat alle gebieden die zijn beschermd op grond van de EU-vogelrichtlijn (Anonymus 1979) en de Habitatrichtlijn en vormt een belangrijk instrument voor de verwezenlijking van één van de doelen van het natuurbeleid van de Europese Unie: het stoppen van de achteruitgang van de biodiversiteit in 2010.

Omdat voor Natura 2000 overlappende Vogel- en Habitatrichtlijngebieden worden samengevoegd, is er momenteel sprake van een afstemming van de gebiedsgrenzen, waarbij voor een flink aantal van de reeds aangemelde gebieden wijzigingen van de begrenzingen zullen plaatsvinden. Op dit moment lijkt het waarschijnlijk dat Nederland met 162 gebieden aan dit netwerk zal bijdragen. Van deze gebieden, met een totale omvang van circa één miljoen hectare, bestaat tweederde uit open water, inclusief kustwateren. Vrijwel de gehele Waddenzee is aangewezen als Natura 2000 gebied.

Op grond van artikel 2 van de Habitatrichtlijn zijn de lidstaten verplicht om alle habitattypen en soorten waar ze mede verantwoordelijkheid voor dragen in een gunstige staat van instandhouding te brengen én om instandhoudingsdoelstellingen te definiëren. Deze instandhoudingsdoelstellingen geven een concretisering van de hoofddoelstelling van het Natura 2000-netwerk voor Nederland. De concretisering, door middel van doelen op landelijk en gebiedsniveau, is vastgelegd in een beleidsdocument, het Natura 2000-doelendocument (LNV 2006). Hierin staat als één van de "kernopgaven" de verbetering van de kwaliteit van habitatype H1140_A (slik- en zandplaten in het intergetijdengebied) ten behoeve van de vergroting van diversiteit. In het Gebiedendocument Waddenzee (2007) wordt voor dit habitatype het volgende vermeld:

De Waddenzee is het belangrijkste gebied voor het habitatype slik- en zandplaten, getijdengebied (subtype A). De oppervlakte van de platen is hier nagenoeg natuurlijk. Wat de kwaliteit betreft is enerzijds behoud van de morfologische variatie van belang: de afwisseling tussen platen met een verschillende hoogteligging, mate van dynamiek en sedimentsamenstelling, en anderzijds de overgangen daartussen en de overgangen naar diepere geulen en naar habitattypen H1110 permanent overstromde zandbanken en H1310 zilte pionierbegroeiingen. Kansen voor verbetering van de kwaliteit

liggen met name bij herstel van droogvallende mosselbanken (en de daarbij behorende levensgemeenschappen) en bodemfauna, en bij uitbreiding van zeegrasvelden; onder meer herstel van geleidelijke zoet-zoutovergangen is hiervoor van belang. Voor de mosselbanken op de droogvallende platen, wordt gestreefd naar een toename van de oppervlakte.

Met de in 2005 in werking getreden gewijzigde Natuurbeschermingswet 1998 is het gebiedsbeschermingsdeel van de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn in de Nederlandse wetgeving geregeld (Anonymus 2005). Het soortenbeschermingsdeel van deze richtlijnen is in de Nederlandse wetgeving geïmplementeerd middels de in 2002 van kracht geworden Flora- en faunawet (Anonymus 2000a). Binnen deze laatste wet is klein zeegras onbeschermd, maar valt groot zeegras in de zwaarste beschermingscategorie: tabel 3 AMvB artikel 75. Ook staan beide soorten als "bedreigd" vermeld op de Nederlandse Rode Lijst (LNV 2004), alhoewel hieraan geen wettelijke bescherming is gekoppeld.

3.6 Rijkswaterstaat en de implementatie van wettelijke regelingen

In 1997 verscheen van de hand van het RIKZ een beheersvisie voor zeegras getiteld "Zeegras in de Waddenzee, een toekomstperspectief" (de Jonge *et al.* 1997). Hierin wordt geconcludeerd dat een herstel van zeegrasvelden langs natuurlijke weg weinig kansrijk is. Het gebruik van golfremmende constructies gedurende de opbouwperiode van een aanplant wordt gesuggereerd als methode om herintroductie van zeegras een kans van slagen te bieden (zie ook van Katwijk 1999; van Katwijk *et al.* 2000a).

Afstemming van deze beheersvisie met bij de Waddenzee betrokken instanties (terreinbeheerders, visserijorganisaties, natuurorganisaties) vond plaats middels een workshop op 29 april 1997 getiteld "Zeegras (Groot en Klein) in de Waddenzee". In deze workshop werden de conclusies van de beheersvisie onderschreven en werd het wenselijk geacht om in de westelijke Waddenzee een kleinschalig herintroductie-experiment van groot zeegras tot uitvoering te brengen, als onderdeel van een pakket van beheersmaatregelen en onderzoek. Deze actie is door Rijkswaterstaat verwerkt in een onderzoeksprogramma dat door de Commissie Uitvoering Beheersplan Waddenzee (CUBWAD) in 1997 op hoofdlijnen is geaccordeerd. Met ingang van 1998 is het project "Herintroductie van Groot zeegras in de westelijke Waddenzee", als maatregel N17 opgenomen in het Maatregelenprogramma Waddenzee.

Naast deze eigen inbreng in het beheer is Rijkswaterstaat steeds nauw betrokken geweest bij het opnemen van zeegras in de wettelijke kaders TWP, KRW en Natura 2000 via experts in diverse werkgroepen. In het kader van de Trilaterale Samenwerking speelt het voormalige Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) een belangrijke rol als monitoringsautoriteit van het TMAP programma (TMAP 2000). Ook in de verslaglegging van het monitoring programma in het Quality Status Report Wadden Sea (QSR) is een belangrijke rol weggelegd voor Rijkswaterstaat (bijvoorbeeld Essink *et al.* 2005).

4 Kleinschalige experimenten ter voorbereiding van herstelmaatregelen

Vanaf 1989 werden de voorwaarden voor een kansrijke herintroductie van litoraal zeegras onderzocht in mesocosm- en veldexperimenten. Het litoraal groot zeegrasveld op de Hond-Paap bleek de beste keus voor levering van zaailingen. Optimale aanplandichtheid en -diepte werden in de mesocosm bepaald. Een veldexperiment verwierp zaaien als goede methode. Zonder (kunstmatige) beschutting bleef de ontwikkeling van aanplant beperkt tot een smalle zone rond NAP, vooral door golfdynamiek. In het laboratorium werd interferentie tussen nutriëntenbelasting en zoutgehalte aangetoond. Bij hoge nutriëntenconcentraties overleefde zeegras beter op plaatsen met een laag zoutgehalte. Te weinig overwinterend zaad voor populatieherstel in het voorjaar, deels veroorzaakt door naar open zee drijvende zaadstengels, kon worden voorkomen door een hogere aanplandichtheid en maatregelen om de zaadstengels ter plaatse vast te houden. Kieming was beter op modderig dan op zandig sediment.

4.1 Inleiding

Ten tijde van de beleidskeuze voor herintroductie van litoraal zeegras in de Nederlandse Waddenzee was bekend dat de vestiging van zeegras op nieuwe locaties moeizaam verloopt, vooral in de meer dynamische gebieden. Om na te gaan in hoeverre het zaaien of aanplanten van groot en klein zeegras, al dan niet met beschermende maatregelen, tot de ontwikkeling van zeegrasvelden zou leiden, werd in 1989 besloten om mesocosm- en kleinschalige veldexperimenten te gaan uitvoeren (de Jonge *et al.* 1997). De experimenten werden grotendeels uitgevoerd door de Katholieke Universiteit Nijmegen in samenwerking met het IBN (Texel).

4.2 Mesocosm-experimenten

Eén van de eerste vragen die opkwam met betrekking tot de herintroductie van zeegras was waar het donormateriaal vandaan zou moeten worden gehaald. Binnen de Nederlandse Waddenzee waren de velden in de haven van Terschelling en op de Hond-Paap in het Eems estuarium voor de hand liggende opties. Omdat het hierbij echter ging om vrij kleine populaties, die wellicht zouden moeten worden ontzien, werd ook de geschiktheid van donormateriaal van verder weg gelegen locaties onderzocht. Dit gebeurde in mesocosm-experimenten op Texel. Onder half natuurlijke omstandigheden werd daar in grote betonnen bassins (Figuur 9) groot zeegras afkomstig uit Roscoff (Frankrijk), de Oosterschelde, het Grevelingenmeer, Terschelling, Hond-Paap (Eems estuarium), Sylt (Duitsland) en Yderfjorden (Denemarken) getest op groei, overwintering en zaadproductie (van Katwijk 1992; van Katwijk *et al.* 1998). Ongefilterd water werd met een doorstroomtijd van ongeveer 4 uur en een kolomhoogte van 70 cm door het bassin geleid. Met netten boven het bassin kon een verschillende mate van beschaduwing worden bereikt. De planten werden in het voorjaar van 1990 uitgezet in twee verschillende dichtheden en gedurende twee groeiseizoenen gevolgd tot september 1991. Van



Figuur 9 Een mesocosm-bassin van 5x50 m met daarin bakken met groot zeegras. Voor de foto zijn de beschaduwende netten weggehaald en is het waterpeil verlaagd (uit: van Katwijk *et al.* 1998).

eenjarige populaties werden zaailingen van circa 4-6 weken oud betrokken, van meerjarige populaties planten aan het begin van hun groeiseizoen.

In het algemeen bleken bakken met een hoge aanplandichtheid in eerste instantie een hogere bedekking en een groter aantal scheuten te ontwikkelen, maar in september was dit verschil niet meer aanwezig. De verschillen tussen 0 en 54% beschaduwden waren gering, maar bij een hogere beschaduwung ontwikkelden de planten zich minder goed, terwijl ze bij 90% beschaduwung vrijwel meteen na het planten afstierven. Uit de experimenten kon berekend worden dat de maximale diepte voor groot zeegras in de Waddenzee minstens op -80 cm NAP zou liggen, onder de aanname dat de zichtdiepte op het niveau van de negentiger jaren zou blijven (≥ 1 m; de Jonge *et al.* 1996).

Er waren grote verschillen tussen de populaties van de verschillende locaties. De sublitorale planten uit Roscoff en Yderfjorden ontwikkelden zich al matig tot slecht in het eerste groeiseizoen en waren niet in staat tot overwinteren. De litorale planten uit het Deltagebied en de Waddenzee ontwikkelden zich matig tot goed en overwinterden matig tot zeer goed. De zaadproductie varieerde van matig voor de populatie uit het Grevelingenmeer tot zeer goed voor die van de Hond-Paap en Sylt. Alle locaties met litoraal groot zeegras werden geschikt bevonden als leverancier van donormateriaal. Uit deze experimenten bleek tevens dat de waterkwaliteit in de westelijke Waddenzee op dat moment voldoende was om de herintroductie van zeegras te laten slagen.



Figuur 10 Zaailingen van groot zeegras, verzameld op de Hond-Paap in het Eems estuarium voor transplantatie-experimenten (foto: Stan van Pelt).

4.3 Veldexperimenten

Zaaien of planten

Bij de Wierschuur, ten zuiden van Terschelling, werd een kiemingsexperiment uitgevoerd. In het najaar van 1989 werden bijna 10.000 zaadjes van groot zeegras met de hand in een matrix op 2 cm diepte in het sediment geplaatst. De locatie werd beschermd tegen de winterstormen door het plaatsen van een rijshouten scherm. In het voorjaar bleek maar ongeveer 0,5% van de zaadjes te ontkiemen en slechts één plant kwam tot verdere ontwikkeling. De conclusie werd getrokken dat zaaien geen goede methode was en de verdere experimenten waren gericht op de transplantatie van zaailingen (Figuur 10) in juni.

Problemen met planten

De aanplantexperimenten kenden twee belangrijke problemen. Na het afsterven van de goed ontwikkelde populatie in het najaar, waren er in het voorjaar te weinig zaailingen voor herstel van de populatie. Bovendien vond een goede ontwikkeling in het eerste jaar slechts plaats in een smalle zone rond NAP (Hermus 1995; van Katwijk & Hermus 2000).

Onvoldoende zaailingen

Voor het onvoldoende opkomen van zaailingen in het voorjaar na de aanplant zijn een drietal verklaringen genoemd:

- Toevallige ongunstige klimaatomstandigheden.
- Afdrijven van het grootste deel van de bloeistengels naar open zee.
- Minder goede lokale omstandigheden voor ontkieming en/of zaailingoverleving.

In januari 1994 was het zeewater bij Balgzand extreem verzoet ten gevolge van uitzonderlijk hoge rivierafvoeren in de voorafgaande winter. Dit leidde tot een ongebruikelijk vroege kieming (zie onder), waarna de kiemplanten waarschijnlijk zijn doodgevroren tijdens een daaropvolgende vorstperiode. Om deze factor te vermijden wordt aanbevolen herintroductie te spreiden in ruimte en tijd (van Katwijk *et al.* 2002).

De mogelijkheid van het afdrijven naar open zee wordt bevestigd door de resultaten van een zaadstengeldepositie op het Balgzand. Daarbij werd in het najaar van 1998 een groot aantal zaaddragende stengels op één locatie gedeponeerd. In 1999 werden 100-200 planten aangetroffen. Eenzelfde aantal werd gevonden in 2000, maar nu verspreid over een groter oppervlak, terwijl er in 2001 nog slechts enkele planten aanwezig waren. Aanbevolen wordt om bij aanplant een minimum dichtheid aan te houden, omdat in relatief dichte zeegrasvelden de kans op afdrijven van de zaadstengels relatief klein blijkt te zijn (van Katwijk *et al.* 2002).

Vooraf lokale abiotische factoren lijken van belang voor een goede ontkieming of zaailingoverleving. Een veldexperiment op het Balgzand liet zien dat de kieming beter is op modderig (voetafdrukdiepte 3 cm) dan op zandig (voetafdrukdiepte 0 cm) sediment (van Katwijk *et al.* 2002). Een laag zoutgehalte bevordert de kieming van zaden van groot zeegras (Hootsmans *et al.* 1987). In het laboratorium werd 100% kieming binnen 48 uur bereikt bij een zoutgehalte van 1 PSU, maar bij een dergelijke lage waarde overleven de zaailingen niet. In het veld werden bij zoutgehaltes van 20 PSU tot 30 PSU kiemingspercentages van 75 tot 100% waargenomen (van Katwijk *et al.* 2002). Waarschijnlijk spelen hierbij in het veld rottingsprocessen in de bodem (die de zaadheid verweken) en de in de winter ondergane koudeperiode een positieve rol.

Overleving van zaailingen en vorming van nieuwe scheuten werden bevorderd door een beschutte ligging. Tevens was hiervoor de aanwezigheid van een permanent laagje water dat de planten ook tijdens laagwater bedekt, bijvoorbeeld in lokale depressies, van groot belang (van Katwijk & Wijgergangs 2000).

Beperkte diepteverspreiding

Het was niet onverwacht dat planten zich niet handhaafden boven circa +15 cm NAP, omdat daar sprake is van uitdroging (zie hoofdstuk 2; Figuur 4). Het verdwijnen van planten beneden -20 cm NAP was wel onverwacht, omdat de mesocosm-experimenten hadden uitgewezen dat er voldoende licht was tot -80 cm NAP, hetgeen in latere veldexperimenten werd bevestigd (van Katwijk & Hermus 2000).

Hoewel dieper staande planten langer omringd worden door het water, leek de waterkwaliteit volgens de mesocosm-experimenten geschikt (van Katwijk *et al.* 1998). Toch zou de waterkwaliteit een rol kunnen spelen, omdat het water dat gebruikt werd in het mesocosm-experiment afkomstig van een inlaatpunt vlak bij het Marsdiep, terwijl het veldexperiment werd uitgevoerd op wadplaten, waar het water al een tijd intensieve uitwisseling met het sediment had gehad. Dit heeft meestal een verrijking van de waterlaag tot gevolg.

Een andere verklaring zou kunnen zijn dat dieper staande planten langer zijn blootgesteld zijn aan golfdynamiek (van Katwijk *et al.* 2002). Veldexperimenten in de Nederlandse Waddenzee lieten zien dat er met betrekking tot golfdynamiek drie zones bestaan:

- Gemiddelde maximale orbitaalsnelheid aan de bodem gedurende het groeiseizoen $> 0,40 \text{ m s}^{-1}$ en geregeld $> 0,60 \text{ m s}^{-1}$. Deze zone is niet geschikt voor zeegras, omdat de planten worden afgerukt.
- Gemiddelde maximale orbitaalsnelheid zonder extra beschutting $< 0,40 \text{ m s}^{-1}$ (bijvoorbeeld Balgzand; de Wierschuur op Terschelling). Planten overleven in een smalle zone rond NAP, maar verdwijnen vanaf -20 cm NAP ten gevolge van langere blootstelling aan golfslag.
- Gebieden met extra beschutting (bijvoorbeeld de haven van Terschelling achter een halfhoge dam; de Paap-Hond in het Eems estuarium, waar een breed booreiland de golven vanuit open zee opvangt; achter stabiele mosselbanken). Planten kunnen hier groeien tot -40 cm NAP en incidenteel tot de laagwaterlijn.

Laboratoriumexperimenten wezen uit dat nutriëntenbelasting en zoutgehalte van belang zijn voor het zeegras en dat deze twee factoren interfereren. Nutriëntenverrijking van het sediment leidt vaak tot betere groei van zeegras, maar verrijking van het hele systeem (verhoogde belastingen) heeft meestal een negatief effect: de sterkere microalgenontwikkeling veroorzaakt in dat geval een verhoogde troebelheid, en er is sprake van een sterkere epifytenontwikkeling op de zeegrasbladeren (beschaduwing) en een sterkere macroalgenontwikkeling (beschaduwing en verstikking). Hoge ammoniumconcentraties hebben vooral in de nazomer en herfst een toxisch effect op zeegras (van Katwijk *et al.* 1997, 2002).

Hoewel het voorkomen van zeegras enigszins lijkt te zijn gerelateerd aan relatief lage zoutgehaltenes, is het zoutgehalte als zelfstandige factor waarschijnlijk niet van groot belang, afgezien van het effect op zaadontkieming. Wel werd in het laboratorium aangetoond dat hoge zoutgehaltenes van 26-30‰ een negatief effect hadden op de vitaliteit van groot zeegraszaailingen die uit een estuariene omgeving (Hond-Paap) waren gehaald, en dat gehaltenes van circa 30‰ tot minder scheuten leidden bij planten uit een relatief mariene omgeving (Terschelling) (van Katwijk *et al.* 1999).

In de hierboven genoemde laboratoriumexperimenten werd ook aangetoond dat een gecombineerde invloed van hoge nutriëntenconcentraties en lage zoutgehaltenes positief was voor de groei van zeegras. Dit werd vertaald naar de waargenomen verspreiding in het veld, waarbij in gebieden met een hoge nutriëntenbelasting de zeegrasvelden in het algemeen op relatief zoete locaties liggen. Gezien de hoge nutriëntenconcentraties en -belasting in de Waddenzee ten tijde van de experimenten, bestond er een grotere kans op overleving van zeegras op plekken waar het zoutgehalte laag was (Kamermans *et al.* 1999; van Katwijk *et al.* 1999). Veldexperimenten wezen echter uit dat vooral de duur van golfdynamiek de beperkte diepteverspreiding van het aangeplante zeegras veroorzaakte (Hermus 1995; van Katwijk & Hermus 2000).

Kunstmatige beschutting

De mate van invloed die de golfdynamiek op zeegras zal hebben, lijkt af te hangen van de beschutting van de standplaats. In het veld is zeegrasgroei in de luwte van een goed ontwikkelde mosselbank onderzocht (van Katwijk & Hermus 2000; van Katwijk & Wijgengangs 2000). Hierbij werd het volgende gevonden:

- De productiviteit van de planten was hoger dan in turbulent water.
- Er gingen minder planten verloren door stormen.
- Er dreven minder zaadstengels af naar open zee.
- Het sediment werd slikkiger, waardoor de kieming wordt bevorderd.
- De wadbodem bleef langer vochtig, waardoor zaailingen zich sneller ontwikkelen en uitbreiden.

In het kader van de aanplantexperimenten is ook gewerkt met kunstmatige beschutting van de aanplantlocaties, om te trachten het verdwijnen van de planten (vooral op grotere diepte) tegen te gaan. Uit veldexperimenten bleek dat het verstevigen van de bodem met schelpen op een diepte van -40 tot -60 cm NAP tot een vertraging in het verdwijnen van aangeplante zaailingen leidde, maar dit niet geheel kon voorkomen. Omdat de planten echter wel tot maximaal 76 dagen langer aanwezig bleven, werd de techniek wel aanbevolen ter stabilisatie van relatief diepe aanplantlocaties. Op plaatsen boven NAP kon geen effect worden aangetoond (van Katwijk & Schmitz 1993; van Katwijk & Hermus 2000).

Een techniek waarbij de waterdynamiek werd uitgeschakeld door het plaatsen van een houten raamwerk dat al dan niet werd afgedekt met plexiglas of gaas, leverde goede resultaten op (van Katwijk & Hermus 2000). Hoewel de planten in de open opstellingen binnen twee weken verdwenen, waren ze op de afgedekte plaatsen na een maand nog allemaal aanwezig. Na verwijdering van het raamwerk verdwenen ook hier alle planten binnen twee weken.

4.4 Aandachtspunten bij aanplant

Uit de kleinschalige experimenten werd geconcludeerd dat herintroductie in de westelijke Waddenzee zeker mogelijk zou zijn, waarbij de volgende aanbevelingen golden (de Jonge *et al.* 1997):

- Aanplant dient slechts te worden overwogen voor gebieden die volgens de zeegraskansenkaart (Figuur 11) 90-100% groeikansen bieden voor zeegras.
- Voor herintroductie is planten beter dan zaaien.
- Donormateriaal van Sylt, uit het Deltagebied en van Terschelling is goed, maar materiaal van de Hond-Paap is te prefereren (het best aangepast aan het dynamische wadden-ecosysteem)
- Aanplant dient te geschieden tussen -20 en +15 cm NAP, met vooral in diepere gedeelten zonodig beschermende maatregelen.

5 Waar liggen de kansen voor herstel en wat zijn de lokale standplaatsvoorwaarden?

Aan het begin van de 21^{ste} eeuw werden de kansen en randvoorwaarden voor grootschalige aanplant van litoraal zeegras in de Waddenzee bepaald op basis van milieuomstandigheden, een in ontwikkeling zijnde kanskaart voor groeilocaties en de ervaringen uit mesocosm- en veldexperimenten. In vergelijking met de zeventiger jaren waren troebelheid, eutrofiëring en (door lokale verboden voor schelpdiervisserij) bodemverstoring afgenomen. Potentieel kansrijke aanplantlocaties werden aangegeven op basis van een kanskaart gebaseerd op slibgehalte, diepte, stroomsnelheid, golfvloed, nutriënten- en zoutgehaltegegevens. Deze kaart overschatte hier en daar de kansrijkheid door onvolkomen golf- en stromingsmodellen. Uit veldonderzoek naar lokale standplaatsvoorwaarden bleek dat vooral beschutting, een permanent laagje water op de bodem en een laag zoutgehalte in het bodemwater van belang waren voor zeegrasgroei; deze zijn echter niet in de kanskaart op te nemen.

5.1 Inleiding

Aan het begin van de 21^{ste} eeuw werden de mogelijkheden tot grootschalig herstel van groot zeegras in de Waddenzee verkend. Daartoe werd a) nagegaan in welke mate de omstandigheden in de Waddenzee waren verbeterd (5.2), b) een zeegraskanskaart gemaakt om de potentiële groeigebieden te identificeren (5.3) en c) gebruik gemaakt van de ervaringen uit de kleinschalige experimenten in de mesocosm en het veld (5.4).

5.2 Verbeterde milieuomstandigheden door beheer?

Wat veroorzaakte de achteruitgang?

De Jonge *et al.* (1997) noemen de volgende factoren als belangrijk voor de achteruitgang van het zeegras:

- De ten gevolge van de aanleg van de Afsluitdijk toegenomen factoren getijverschil, stroomsnelheid en troebelheid.
- Sterk toegenomen eutrofiëring.
- Intensivering van de kokkel- en mosselzaadvisserij.
- Vermindering van het aantal lozingspunten van zoetwater.

Hiervan wordt vooral de toegenomen troebelheid van groot belang geacht (Giesen *et al.* 1990a; de Jonge & de Jong 1992). De vertroebeling was niet alleen het gevolg van de veranderde hydrodynamiek, maar ook van de toegenomen eutrofiëring. In de jaren zestig en zeventig bereikte de vervuiling een hoogtepunt, met onder andere organische belasting, fosfaten uit wasmiddelen, kunstmest en pesticiden (de Jonge *et al.* 1993).

Verschillende auteurs hebben de sterke eutrofiëring via de nutriëntenbelasting gerelateerd aan de achteruitgang van litoraal groot zeegras (Giesen *et al.* 1990a; Philippart *et al.* 1992; Philippart 1994; van Katwijk *et al.* 1997, 1999). Deze factor hangt mogelijk samen met een sterk afgenomen dichtheid van wadslakjes, die de epifyten op de zeegrasbladeren begrazen (Philippart 1995). Begrazing van epifyten op de bladeren van zeegras is van belang om beschaduwing door de epifyten te verminderen. Door de eutrofiëring in de zeventiger jaren nam de dichtheid van epifyten op zeegras zodanig toe dat licht een sterk beperkende factor werd voor de groei. Indien in voldoende mate aanwezig, bleken de wadslakjes in staat dagelijks 25 tot 100% van de aangroeiende epifyten weg te grazen. De afname in dichtheid van de wadslakjes werd mogelijk veroorzaakt door in het steeds sterker verontreinigde water van de Waddenzee aanwezige toxische stoffen (Philippart 1994).

De opkomst van de mechanische kokkelvisserij en de uitbreiding van de mosselzaadvisserij naar droogvallende platen (Dankers 1998; de Jonge *et al.* 2000) hadden met name in het begin van de jaren negentig grote negatieve effecten op zeegras. De visserijactiviteiten resulteerden meermaals in de complete verwijdering van een veld of delen van een veld (de Jonge 1990; de Jonge & de Jong 1992; de Jonge *et al.* 1997; van Katwijk 2003).

Voor een goede ontwikkeling van zeegras is enige aanvoer van zoetwater in de nabije omgeving van belang, dit geldt met name voor de zaadontkieming in het voorjaar (Hootsmans *et al.* 1987). In combinatie met een verhoogde nutriëntenbelasting heeft een laag zoutgehalte echter ook een positief effect op de groei van zeegras (van Katwijk *et al.* 1999). Langs de Nederlandse Waddenkust is niet alleen het aantal lozingspunten van zoetwater afgenomen maar blijkt tevens dat op een aantal plaatsen de spui soms geheel stagneert, vooral in de zomer (Rus *et al.* 2001).

Wat is er verbeterd?

Uit een overzicht van van Katwijk *et al.* (2002) blijkt dat aan het begin van de jaren negentig het milieu in de Nederlandse Waddenzee met betrekking tot drie van de vier bovengenoemde verklarende factoren voor de achteruitgang van het zeegras aan het verbeteren was:

- De helderheid van het water nam toe.
- De eutrofiëring nam af.
- Plaatselijk werden schelpdiervisserijverboden van kracht.

Vanaf het begin van de jaren negentig nam de troebelheid van het Waddenzee water af (de Jonge & de Jong 1992; de Jonge *et al.* 1996; van Katwijk *et al.* 2002). Na 1989 bleef de troebelheid steeds onder de grenswaarde waarbij licht voor groot zeegras niet beperkend is tot minstens -0,80 m NAP (zie hoofdstuk 4; van Katwijk *et al.* 2002).

Door een verbeterde afvalwaterzuivering is de nutriëntenbelasting, met name van fosfaat en ammonium, sinds de jaren tachtig gestabiliseerd of afgenomen (de Jonge 1997; Philippart & Cadée 2000; van Beusekom *et al.* 2001). Herfstconcentraties van ammonium worden beschouwd als maat voor de eutrofiëring (van Beusekom *et al.* 2001) en hoge

concentraties hebben juist in deze periode een toxisch effect op zeegras (van Katwijk *et al.* 1997). Vanaf de jaren negentig namen de herfstconcentraties van ammonium echter weer af (Marijnissen *et al.* 2001; van Beusekom *et al.* 2001; van Katwijk *et al.* 2002).

Aan het begin van de jaren negentig werd de schelpdiervisserij verboden in delen van de Waddenzee (Essink 1992; Dankers 1998). Hoewel op dat moment nog geen sprake was van een totaal verbod voor de mechanische kokkelvisserij, mocht niet meer gevist worden in de omgeving van zeegrasvelden. Het was echter nog steeds mogelijk dat de visserij de uitbreiding van het zeegras zou verhinderen, zodat het van belang werd geacht de reeds ontwikkelde zeegraskansenkaart verder te verfijnen op basis van de tijdens het grootschalige herintroductieproject (zie hoofdstuk 6) te verwerven kennis en vervolgens beschermingsmaatregelen hierop te richten (van Katwijk *et al.* 2002).

5.3 Vertaling milieuomstandigheden in zeegraskansenkaart

Met de in het midden van de jaren negentig door het RIKZ ontwikkelde GIS-applicatie "ZEEGRAS" werden de potentieel kansrijke locaties voor het uitzetten van litoraal zeegras in kaart gebracht (de Jonge *et al.* 1997; van Katwijk *et al.* 2000a). De eerste versie van de zeegraskansenkaart was vooral gebaseerd op veldkennis en maakte gebruik van de groeifactoren: slibgehalte, diepte, stroomsnelheid en golfinvloed. Voor deze factoren werden waarden gebruikt die als optimaal voor litoraal groot zeegras werden beschouwd. Aangenomen werd dat voor klein zeegras hetzelfde zou gelden. Met behulp van de eerste kaart werden zeven potentiële aanplantlocaties in de Waddenzee bepaald, waaronder het Balgzand (de Jonge *et al.* 1997).

Op basis van de ervaringen in de kleinschalige experimenten (hoofdstuk 4) en verbeterde modelberekeningen werd een verbeterde versie van de kaart gemaakt (de Jong *et al.* 2005). Deze nieuwe kaart was bedoeld als uitgangspunt voor het grootschalige herintroductieproject (hoofdstuk 6). Daarnaast zou de kaart door de beheerder kunnen worden gebruikt om potentieel voor zeegras geschikte gebieden te kunnen beschermen tegen verstoring (door onder andere bodemberoerende visserij).

Parameters

Voor de verbeterde kansenkaart werden de volgende parameters gebruikt:

- Droogvalduur (% van de dag).
- Golfaanval (via orbitaalsnelheid; m s^{-1}).
- Stroomsnelheid (m s^{-1}).
- Zoutgehalte (PSU).
- Ammonium-flux ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$).

De droogvalduur kon uit hoogtekaarten worden afgeleid. Omdat de overige parameters slechts op enkele punten in het systeem werden gemeten, zijn deze via modellen naar gebiedsdekkende kaarten omgezet, waarbij werd uitgegaan van de best bekende condities met betrekking tot factoren als windsterkte, windrichting en zoetwaterafvoer.

HSI-relaties

Met behulp van de habitatsgeschiktheidsindex (HSI = Habitat Suitability Index) is voor elke parameter een relatie bepaald tussen die parameter en het voorkomen van zeegras, uitgedrukt als percentage geschiktheid. Dit gebeurde op basis van literatuurgegevens en kennis uit de kleinschalige experimenten, waar nodig aangevuld met veldkennis.

Droogvalduur

Droogvalduur is gedefinieerd als de relatieve duur, in procent van de dag, dat een stuk wadplaat droogvalt. De waarden werden afgeleid uit een gebiedsdekkende dieptekaart voor de periode 1997-2002 en het tienjarig gemiddelde getijverschil ter plaatse. De relatie tussen droogvalduur en kans van voorkomen van zeegras werd bepaald op basis van het ecologisch profiel zeegras (Wijgergangs & de Jong, 1999) en veldkennis uit de Waddenzee en de Oosterschelde. Als vuistregel gold dat de bodemhoogte die nog net bij ieder hoogwater wordt overspoeld ongeveer overeenkomt met een droogvalduur van 65% bij gemiddeld getij.

Golfaanval

Golfaanval is gedefinieerd als de maximum orbitaalsnelheid aan de bodem. De waarden werden berekend met behulp van een model voor golfberekeningen nabij de kust. De berekeningen zijn gedaan voor vier windrichtingen (ZW, W, NW en NO) bij gematigde stormcondities, voor waterniveaus die per 0,5 m varieerden tussen NAP -1,5 m en NAP +2,0 m. Tenslotte werd over alle berekeningen de maximumwaarde geselecteerd en gebruikt als eindresultaat. De relatie tussen golfaanval en kans van voorkomen van zeegras werd bepaald op basis van het ecologisch profiel zeegras (Wijgergangs & de Jong, 1999) en gekalibreerd door vergelijking van de resultaten met de werkelijkheid.

Stroomsnelheid

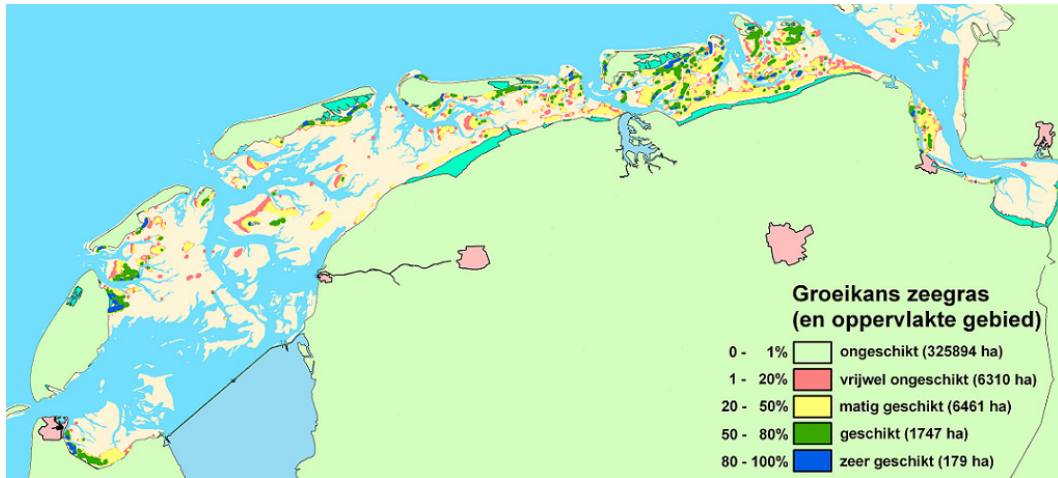
Stroomsnelheid is gedefinieerd als de maximale dieptegemiddelde stroomsnelheid die zich voordoet binnen het getij. De waarden werden berekend met behulp van een tweedimensionaal kuststrookmodel, voor dezelfde windrichtingen en gematigde stormcondities als voor de golfberekeningen werden gebruikt. Ook de relatie tussen stroomsnelheid en kans van voorkomen van zeegras werd bepaald op basis van het ecologisch profiel zeegras (Wijgergangs & de Jong, 1999) en gekalibreerd door vergelijking van de resultaten met de werkelijkheid.

Zoutgehalte

De ruimtelijke verdeling van het zoutgehalte is beschreven met een tweedimensionaal waterbewegings- en waterkwaliteitsmodel, waarbij rekening is gehouden met de grotere, lokale lozingen van zoetwater in de Waddenzee. Hoewel de berekeningen zijn gedaan voor verschillende neerslagomstandigheden, is de kanskaart gebaseerd op een relatief natte periode in een relatief nat jaar, omdat die de meest zoete situatie weergaf en zo een ondergrens kon zijn voor het voorkomen van zeegras.

Ammonium-flux

De ammonium-flux vanuit de bodem werd berekend voor het voorjaar en de zomer met behulp van het ecologisch model ECOWASP (van Katwijk & Brinkman 2004) en was met name gebaseerd op temperatuur en het organisch stofgehalte in de bodem. Dit model



Figuur 11 De verbeterde zeegraskansenkaart toont de geschiktheid van gebieden in de Nederlandse Waddenzee voor litoraal zeegras (naar: de Jong *et al.* 2005).

houdt slechts beperkt rekening met opname van ammonium door bodemdiatomeeën. Het organisch stofgehalte werd afgeleid uit het slibgehalte van de bodem, op basis van een gebiedsdekkende slibkaart. Omdat niet duidelijk was hoe een ammonium-flux uit de bodem doorvertaald moest worden naar ammoniumconcentraties in het water boven het wad, werd de flux genomen als maatgevend. Ammonium werd niet als aparte parameter gebruikt omdat er een interactie is met het zoutgehalte (zie hoofdstuk 4).

Interactie zoutgehalte en ammonium

Bij hoge nutriëntenconcentraties bestaat er een grotere kans op overleving van zeegras op plekken waar het zoutgehalte laag is (Kamermans *et al.* 1999; van Katwijk *et al.* 1999). Er is een kruistabel gemaakt van de vermoedelijke relatie tussen beide factoren die is vertaald in een kansenkaart op basis van beide parameters. Omdat na een verkenning van dit kaartbeeld bleek dat vrijwel nergens zeegras zou kunnen voorkomen, werd de ammonium-flux aangepast om te komen tot naar verwachting meer realistische ammoniumgehalten in het overspoelende water.

Kansenkaart zeegras

Bovenstaande parameters en HSI-relaties zijn verwerkt tot de verbeterde kansenkaart voor zeegras (Figuur 11). Volgens deze kaart worden de meest kansrijke gebieden gevormd door de kuststrook van het Balgzand, platen ten oosten van Texel, nabij Griend en ten zuiden van de andere eilanden, een strook net buiten de Groninger kwelderwerken, het open wad tussen Schiermonnikoog, Rottumeroog, Rottumerplaat en de vastelandskust, en de Hond-Paap in het Eems estuarium (zie Figuur 20 voor de benaming van de verschillende locaties).

De kansen op het voorkomen van zeegras in een bepaald gebied zijn verdeeld in kansklassen van 10%, die vervolgens zijn ingedeeld in vijf geschiktheidsklassen. De arealen van de verschillende klassen in de Waddenzee zijn weergegeven in Tabel 1. Hieruit blijkt dat op basis van de verbeterde kansenkaart circa 1750 ha in de Nederlandse Waddenzee potentieel geschikt werd geacht voor zeegras en circa 180 ha potentieel zeer geschikt.

Tabel 1 Potentiële geschiktheid en arealen per kansklasse op het voorkomen van zeegras in de Waddenzee (uit: de Jong *et al.* 2005).

Potentiële geschiktheid	Kansklasse (%)	Areaal (ha)	Som
Ongeschikt	0 - 1	325.984	325.984
Vrijwel ongeschikt	1 - 10	2.072	6.310
	10 - 20	4.283	
	20 - 30	4.171	6.461
Matig geschikt	30 - 40	2.287	
	40 - 50	3.032	
	50 - 60	1.018	1.747
Geschikt	60 - 70	465	
	70 - 80	264	
	80 - 90	127	179
Zeer geschikt	90 - 100	52	

Betrouwbaarheid kanskaart

De voor de kaart gebruikte parameters en HSI-relaties gelden voor een boven-lokaal niveau. Op lokaal niveau spelen waarschijnlijk nog andere aspecten een rol (zie paragraaf 5.4). Uit het feit dat met name in de oostelijke Waddenzee hoge kansen voor zeegras worden aangegeven, terwijl zeegras er niet of nauwelijks voorkomt, concluderen de samenstellers van de kaart dat wellicht nog een factor in het model ontbreekt. Ook geven zij aan dat de meeste gebruikte modellen minder betrouwbaar zijn in de ondiepe en de droogvallende zones, maar dat niet duidelijk is in welke mate. Verder waren de modellen niet toepasbaar binnen de kwelderwerken langs de Friese en Groninger kust. Door de aanwezigheid van dammen zijn golfslag en stroomsnelheden in de buitenste landaanwinningsvakken enigszins gedempt waardoor de groeimogelijkheden voor zeegras er in principe gunstiger kunnen zijn dan door de modellen wordt aangegeven. Tenslotte is aangenomen dat er, behalve bij zout en ammonium, geen interacties zouden zijn tussen parameters, hoewel daarover vrijwel niets bekend is.

De meest geschikte gebieden op de kaart blijken voor veel gebieden goed overeen te komen met de historische groeiplaatsen van de litorale zeegrassen, bijvoorbeeld Balgzand, Terschelling, Hond-Paap en Groninger kust. Daarentegen werd op de als potentieel geschikt tot zeer geschikt aangegeven gebieden rond de Schorren en het Eijerlandse Gat (Texel), rond Griend (westelijke Waddenzee), onder Rottum en tussen Schiermonnikoog en de Groninger kust (oostelijke Waddenzee) nauwelijks zeegras aangetroffen en bestaan hiervoor ook vrijwel geen meldingen uit het verleden. Hoewel de samenstellers van de kaart voor de verklaring van deze verschillen wijzen op de onnauwkeurigheid van de golf- en stromingsmodellen in de randgebieden langs de geulen en op een mogelijke invloed van bodemberoerende visserij, kunnen zij geen uitsluitel geven.

5.4 Lokale standplaatsvoorwaarden

Ook als alle gewenste factoren wel in de verbeterde zeegraskanskaart waren verwerkt, zou dat nog niet betekenen dat aanplant op geschikte locaties ook werkelijk tot de ontwikkeling van zeegrasvelden zou leiden, omdat lokale omstandigheden een grote rol lijken te spelen (van Katwijk *et al.* 2002). Op grond van de modellen lijken er méér

geschikte plekken te zijn dan de bekende groeiplaatsen, terwijl binnen en rondom bestaande velden grote plekken onbegroeid zijn die zeer geschikt lijken voor kolonisatie en absoluut bereikbaar voor zaden (van Katwijk *et al.* 2000b).

Om inzicht te krijgen in lokale standplaatsvoorwaarden van litoraal groot zeegras, werden begroeide en onbegroeide plekken in een viertal zeegrasvelden met elkaar vergeleken (van Katwijk *et al.* 2000b). De begroeide en onbegroeide plekken bleken niet te verschillen in de aanwezigheid van een permanent laagje water op het wad, hetgeen van groot belang is voor het voorkomen van groot zeegras (van Katwijk & Wijgergangs 2000). Ook de waterkwaliteit bleek binnen hetzelfde zeegrasveld niet te verschillen. Wel bleek het bodemwater op de begroeide plekken een lager zoutgehalte en een iets hoger siliciumgehalte te bevatten. Met name het verschil in zoutgehalte was aanzienlijk: gemiddeld 27‰ op de begroeide plekken en 37‰ op de onbegroeide. Dit zou verklaard kunnen worden door de aanwezigheid van het zeegrasveld, dat door zijn bedekking de bodem ter plekke tegen verdamping beschermt. Van Katwijk *et al.* (2002) vonden echter aanwijzingen voor de alternatieve verklaring dat er op wadplaten een mozaïekstructuur van hogere en lagere zoutgehaltenes bestaat en dat zeegras vooral groeit op plekken met een lager zoutgehalte.

Tenslotte bleken de onderzochte zeegrasvelden sterk van elkaar te verschillen in bodemwatersamenstelling en sedimentkenmerken. Dit leidde tot de conclusie dat litoraal groot zeegras op een grote variatie aan sedimenttypen kan voorkomen.

5.5 Aandachtspunten bij herintroductie

- Selectie van aanplantlocaties voor herintroductie dienen niet alleen op regionale schaal (de Jonge *et al.* 2000), maar ook op lokale schaal zorgvuldig te worden geselecteerd (van Katwijk *et al.* 2000b).
- Daarbij zijn beschutting van de locatie en de aanwezigheid van een permanent laagje water belangrijk (van Katwijk & Wijgergangs 2000), maar verdient het ook aanbeveling om locaties te selecteren met een plaatselijk verlaagd zoutgehalte in het bodemwater (van Katwijk *et al.* 2000b).



Figuur 12 Het overspannen met netten van locaties waar zaadstengeldeposities zijn uitgevoerd is een methode om het afdrijven van de zaadstengels naar open zee te voorkomen (zie hoofdstukken 4 en 6; foto's: Arthur Bos).

6 Grootschalige aanpak herstelmaatregelen op het Balgzand

Gedurende 2002-2005 voerden de Katholieke Universiteit Nijmegen en Alterra in opdracht van Rijkswaterstaat RIKZ het project "Herintroductie van groot zeegras in de westelijke Waddenzee" uit. Op het Balgzand werden zaailingen van de Hond-Paap geplant in plots van 37 planten (plantafstand: 30 of 50 cm). Beschutting bestond uit aangelegde mosselrichels, rijshouten schermen of natuurlijke mosselbanken. Op beschutte plekken stierven planten vroeg af door ingedreven macroalgen. Bij grotere waterdynamiek, grover sediment, lager organisch stofgehalte en lager zoutgehalte was de overleving goed maar zaadoverwintering slecht (beter bij hoge aanplandichtheid). Er ontstonden geen permanente zeegrasvelden, slechts één overblijvend veldje uit eerdere experimenten. De tweespalt tussen zaadoverwintering op beschutte plekken en plantenoverleving op geëxponeerde plekken lijkt representatief voor de Waddenzee.

6.1 Doelstellingen van de herstelmaatregelen

Primair

- Aanleggen van groot zeegrasgroeikernen in de westelijke Waddenzee op geschikte locaties, die de mogelijkheid bieden voor verdere natuurlijke uitbreiding, in de naaste omgeving en in de westelijke Waddenzee.

Hieraan gekoppeld

- Optimaliseren van de transplantatietechniek met betrekking tot aanplandichtheid en aanplantgrootte.
- Ondersteunen en versterken van de aanplanten door zaadstengeldepositie, zaadbehoudstechniek (Figuur 12) en stromingsreducerende constructies.
- Relateren van het vestigingssucces van de aanplanten aan omgevingsfactoren door observaties en biologische en fysisch-chemische bemonsteringen van de omgevingsfactoren.
- Aanbevelingen (kansen en risico's) geven voor het behoud en herstel van zeegras in de westelijke Waddenzee.

6.2 Locatiekeuze

Regionaal

Bij het zoeken naar de meest geschikte locatie werden de randvoorwaarden bepaald door de resultaten van de in hoofdstuk 4 beschreven kleinschalige experimenten met betrekking tot stuurvariabelen voor de groei van zeegras. Omdat de zeegraskansenkaart (zie hoofdstuk 5) onvoldoende gedetailleerd was om de locatiekeuze in detail op te baseren, zijn de volgende aanvullende selectiecriteria gebruikt (van Katwijk *et al.* 2002):



Figuur 13 Links: situering van het Balgzand en de Mokbaai in de westelijke Waddenzee. Het gestippelde vierkant geeft het onderzoeksgebied aan. Rechts: detail van het onderzoeksgebied met de verschillende aanplantlocaties (verklaring in de tekst). Het witte punt geeft de locatie van een groot zeegrasveld aan dat zich al sinds 1999 handhaaft (naar: Bos *et al.* 2005).

- Er moet enige zoetwaterinvloed zijn.
- Het moet een beschutte ligging hebben.
- Het moet een voormalige zeegraslocatie zijn.
- Er mag geen schelpdiervisserij zijn toegestaan, ook niet in de wijde omgeving (in verband met uitbreidingsmogelijkheden).
- Het gebied moet in de westelijke Waddenzee liggen omdat groot zeegras in dit gebied volledig ontbreekt. Daarbij is de kans op herkolonisatie vanuit het oosten nihil (tenzij op geologische tijdschaal), omdat de windrichting overwegend westelijk is en ook de overheersende stromingsrichting ten gevolge van getij oostwaarts is.
- Het gebied moet door Waddenzee- en zeegrasexperts als kansrijk worden aangemerkt.

Het Balgzand voldeed als enige aan deze criteria. Door de ligging van het gebied in het uiterste westen van de Waddenzee (Figuur 13) was het bij uitstek geschikt voor het bereiken van het streefbeeld: verspreiding van het aangeplante groot zeegras in de loop der tijd over de rest van de Nederlandse Waddenzee (van Pelt *et al.* 2003).

Lokaal

Een aantal zeegras- en waddenexperts heeft ter plaatse de meest gunstige plekken voor de aanplant van zeegras geselecteerd. Daarbij werd met name gelet op de hardheid van het sediment en eenvormigheid van het landschap ten behoeve van een optimale worteling van en nutriëntenbeschikbaarheid voor de planten. Tevens werd gezocht naar meerdere locaties met vergelijkbare situaties met betrekking tot hoogteligging en expositie. In de zuidhoek van het Balgzand werden twee vlakken (B1 en B2; Figuur 13) geselecteerd waarin op een strook van NAP 0 tot -30 cm een aanplant mogelijk werd geacht (van Pelt & van Katwijk 2003).



Figuur 14 Linksboven: aanplant van groot zeegras op het Balgzand. Rechtsboven: aangeplante plot met 37 zaailingen in een zeshoekig stramien. Linksonder: ter beschutting aangelegde mosselbank. Rechtsonder: ter beschutting aangelegd rijshouten scherm. (foto rechtsboven: Arthur Bos; overige: Stan van Pelt).

6.3 Methoden

Donorpopulatie

Van de twee beschikbare groot zeegrasvelden in de Nederlandse Waddenzee, in de haven van Terschelling en op de getijdenplaat Hond-Paap in de Eems (zie hoofdstuk 7; Figuur 20) werd de laatste gekozen als donorpopulatie (van Katwijk *et al.* 2002). Dit was met name gebaseerd op eerder onderzoek dat had aangetoond dat getransplanteerde planten van Terschelling minder goed overleefden dan planten van de Hond-Paap (van Katwijk *et al.* 1998). Bovendien was het veld in de haven van Terschelling ten tijde van de experimenten vrijwel geheel verdwenen (zie hoofdstuk 7; Figuur 21).

Aanplant

Transplantaties vonden in principe plaats in juni. Omdat de 1400 planten die in juni 2002 waren getransplanteerd naar de locaties B1 en B2 iets te diep waren uitgezet (tussen -17 en -27 cm NAP in plaats van tussen 0 en -10 cm NAP), bleek de overleving al binnen enkele weken onvoldoende. Daarom werden in juli van dat jaar nog eens 600 planten getransplanteerd naar de goede diepte op deze locaties (van Pelt & van Katwijk 2003). Omdat de overleving van de aanplant in juli ook slecht was, werden in 2003 en 2004 de locaties B93A, B93B, B99A en B99B (Figuur 13), waar in 1993 en in 1999 reeds beperkte

aanplantexperimenten waren gedaan, gebruikt voor deze transplantaties. Gedurende het gehele project werden bijna 6000 scheuten aangeplant (Bos *et al.* 2005). De planten werden altijd in een zeshoekig stramien, met minimaal 37 planten, uitgezet (Figuur 14), zodat de planten van onderlinge bescherming zouden kunnen profiteren. De plantafstand was maximaal 50 cm, gebaseerd op een in eerder onderzoek aangetoonde hogere stabiliteit van natuurlijke patches die uit meer dan 32 scheuten bestaan (Olesen & Sand-Jensen 1994). In 2002 en 2003 werd de dichtheid binnen een plot en de diepte van de plots gevarieerd; plantafstand 30 of 50 cm. In 2004 werden ook grotere plots van 61 planten uitgezet om te onderzoeken of een groter aantal planten de overleving positief beïnvloedde. Plots met verschillende aanplantdichtheden en -groottes werden paarsgewijs aangelegd met een onderlinge afstand van 7 m. De oriëntatie van de gepaarde plots werd zo gekozen dat ze op gelijke wijze aan de overheersende stromings- en golflslagrichting blootgesteld werden.

Zaadstengeldepositie

Na het groeiseizoen in 2002 werden zogenoemde zaadstengeldeposities uitgevoerd op de locaties B1, B93A en B93B om het aantal potentiële kiemplanten voor het volgend voorjaar te verhogen. Een zaadstengeldepositie bestaat uit het verzamelen van zaaddragende zeegrasstengels in een bestaand zeegrasveld en het uitleggen hiervan op een locatie waar men het volgend voorjaar zeegras wil laten kiemen. In 2004 vonden zaadstengeldeposities plaats op de locatie B99C (Figuur 13). Zaadstengels werden in beide jaren aan het eind van de zomer op de Hond-Paap verzameld. In 2002 werden de zaadstengels eerst aan een rijpingsprocedure onderworpen. Op locaties B93A en B93B werden de zaadstengels met netten (Figuur 12) of met een laagje van 2-3 cm sediment bedekt (van Pelt *et al.* 2003). Tijdens de depositie in december 2004 werden de zaden gedeeltelijk met de hand uit de aren vrijgemaakt om wegdrijven te voorkomen (Bos *et al.* 2005).

Stabilisatietechnieken

Groot zeegras overleeft transplantatie naar plots die tussen 0 en -10 cm NAP zijn gelegen meestal gedurende één groeiseizoen, maar vanaf -20 cm NAP wordt een dergelijke overleving alleen bereikt door aanvullende bescherming (van Katwijk & Hermus 2000). Bij natuurlijke populaties kan de bescherming worden gevormd door bijvoorbeeld een omringende dam of de aanwezigheid van stabiele mosselbanken (van Katwijk *et al.* 2002). Bij sommige plots op een locatie op het Balgzand werd gebruik gemaakt van twee stabilisatietechnieken (Figuur 14): de aanleg van mosselrichels, bestaande uit halfwas mossels op een kleirijke schelpenverhoging (kokkel- en oesterschelpen), en rijshouten schermen. Ter vergelijking werd ook een aanplant gerealiseerd in de luwte van een natuurlijke mosselbank, in de Mokbaai op Texel (Figuur 13; van Katwijk *et al.* 2002). De zes kunstmatige mosselbanken en zes rijshouten schermen die in september 2002 werden aangelegd en waarachter in 2003 zeegras zou worden geplant, waren echter begin november 2002 al vrijwel geheel verdwenen (van Dijk & van Katwijk 2002; van Pelt *et al.* 2003). Als alternatief werd in 2003 zeegras aangeplant achter een natuurlijke mosselbank op -40 cm NAP (locatie BM in Figuur 13), waar de mosselrichels een hoogte tot -14 cm NAP bereiken (Bos *et al.* 2005). Om het verschil tussen beschut en niet-beschut op gelijke diepte te onderzoeken werden op 60 m afstand van de mosselbank ook enkele planten geplaatst. Omdat de overleving zeer gering was werd op locatie BM en in de Mokbaai na 2003 niet meer aangeplant (Bos *et al.* 2005).

Zeegrasmonitoring

Tijdens elk veldbezoek werd het aantal aanwezige planten per plot geteld. Daarnaast werd in de maanden juli, augustus en september een opname van de bloeistadia gemaakt. Hiertoe werd het bloeistadium van alle in een plot aanwezige planten ingedeeld in de volgende categorieën: geen bloeiwijze, in knop, vrouwelijke of mannelijke bloeiwijze. Het percentage generatieve en vegetatieve scheuten werd bepaald in een steekproef. Bovendien werd éénmaal per jaar in augustus of september de totale zeegrasbedekking in een plot visueel geschat en de lengte en breedte van de bladeren bij vijf planten gemeten. In 2004 werd van augustus tot oktober de ontwikkeling van zaad bij telkens vijf planten per plot onderzocht om een inschatting te maken van het aantal geproduceerde zaden (Bos *et al.* 2005).

Overige factoren

Diverse andere abiotische en biotische factoren die de groei van zeegras kunnen beïnvloeden werden gedurende het hele project onderzocht (Bos *et al.* 2005). Dit betrof onder andere korrelgrootte en organisch stofgehalte van het sediment, zout-, ammonium- en fosfaatgehalte van het bodemwater, bedekking van macroalgen, voorjaarsdichtheid van rotganzen en dichtheden van alikruiken, wadslakjes, wadpieren en zeeduizendpoten.

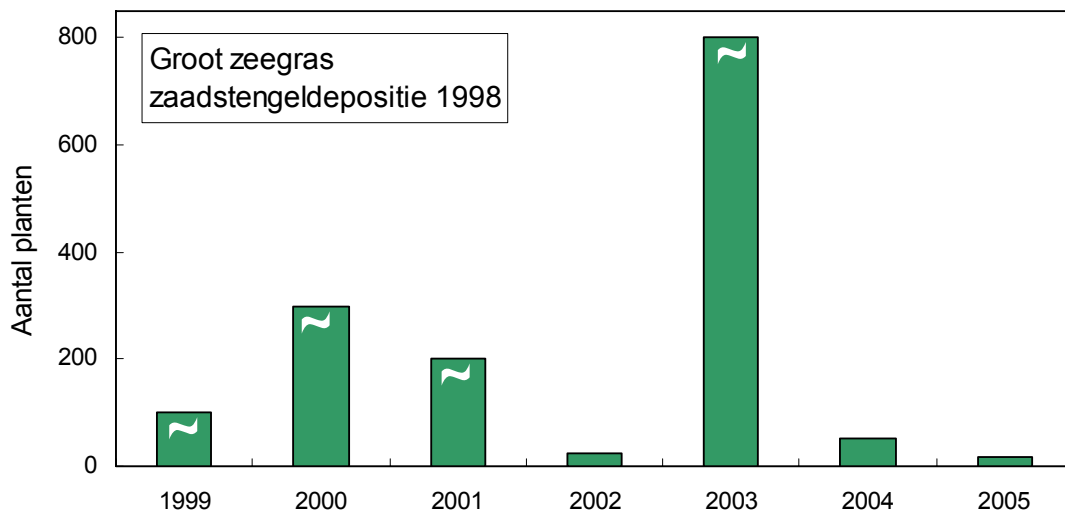
6.4 Resultaten

Lokale verschillen in overleving

Zoals hierboven reeds vermeld, verdween het in juni en juli 2002 aangeplante zeegras op de oorspronkelijk voor dit project geselecteerde locaties B1 en B2 binnen twee maanden. Als oorzaak hiervoor wordt een te hoge waterdynamiek gezien. Omdat ook de hier aangelegde mosselrichels en rijshouten schermen voortijdig verdwenen, waarschijnlijk door vogelvraat respectievelijk een slechte kwaliteit van het rijshout (van Pelt *et al.* 2003), kon de waterdynamiek niet worden gereduceerd. Ondanks het feit dat deze locaties een opvallend lage macroalgenbedekking kenden, een positieve factor voor zeegrasontwikkeling, werden de experimenten hier na 2002 niet voortgezet.

In 2003 bleek het aantal planten op de locaties met de natuurlijke mosselbanken (BM en Mokbaai) één week na de aanplant al gehalveerd en in september waren ze allemaal verdwenen (Bos *et al.* 2004). De bladeren waren hier vaak bedekt met een dun laagje sediment. Op de locatie BM verdwenen de planten wel sneller in het onbeschutte dan in het beschutte gebied op gelijke diepte, maar in de Mokbaai juist niet. Hoewel op de mosselbank zelf vrijwel geen algen werden gevonden, werden de mosselbanken omringd door een centimeters dikke laag van macroalgen. Het verdwijnen van de aanplant op deze locaties is waarschijnlijk terug te voeren op de relatief grote diepte waar ze werden aangelegd. Op de onderzochte locaties was de beschermende functie van de mosselbanken niet voldoende voor permanente vestiging van groot zeegras.

Op de locaties B93 en B99 was de zeegrasontwikkeling na aanplant goed, met zowel in 2003 als in 2004 overlevingspercentages van tenminste 45%, terwijl het wereldwijde gemiddelde bij dergelijke transplantaties 33% bedraagt (Bos *et al.* 2005). De planten breidden zich uit en ontwikkelden zaadstengels, maar de overwintering en opkomst uit zaden was matig tot slecht. In alle jaren verdwenen tijdens het groeiseizoen soms plotseling goed ontwikkelde planten



Figuur 15 Jaarlijkse aantallen planten nabij de locaties B99A en B99B, als resultaat van een zaadstengeldepositie in december 1998. Balken met een ~ vertegenwoordigen een globale schatting. In 2002 was ter plekke sprake van een geringe macroalgenontwikkeling en in 2003–2005 van een sterke. Voor de jaren 1999–2001 is de mate van macroalgenontwikkeling onbekend (naar: Bos *et al.* 2005).

zonder dat dit kon worden verklaard met behulp van de onderzochte parameters. Zowel in 2003 als in 2004 ontstonden na augustus grote verschillen tussen de locaties B99A, waar vrijwel alle planten in de eerste week van september verdwenen, en B93, waar eind oktober nog gemiddeld 30% van de planten aanwezig was.

Sturende factoren

Als mogelijke verklaring voor het verschil in afsterfsnelheid in het najaar tussen de aanplanten op de locaties B99A en B93 wordt gedacht aan de meestal veel hogere algenbedekking op locatie B99A, veroorzaakt door instroming van matten van macroalgen (Figuur 16), ondanks het feit dat hiervan zowel in augustus als september 2004 geen sprake was (Bos *et al.* 2005). In het algemeen was er in jaren en/of op locaties met veel macroalgen telkens sprake van een vervroegde sterfte van de zeegrasaanplant en een sterke afname van de zaadproductie. Het effect van macroalgen wordt het duidelijkst geïllustreerd aan het enige overblijvende groot zeegrasveldje in het Balgzand dat zich na een zaadstengeldepositie in december 1998 bij locatie B99 heeft gehandhaafd (Figuur 13).

Variaties in macroalgenontwikkeling liggen hier waarschijnlijk ten grondslag aan de grote jaarlijkse variatie in het aantal planten (Figuur 15). Een jaar met weinig macroalgen werd gevolgd door een sterke uitbreiding van het veld in het jaar erop. In de jaren met veel macroalgen werd telkens een achteruitgang waargenomen (Bos *et al.* 2005).

Op de locatie B93, waar de zeegrasplanten in het najaar langer overleven dan op de locatie B99A is sprake van een grotere waterdynamiek, met een grover sediment, een lager organisch stofgehalte en meer zoetwaterinvloeden vanuit het IJsselmeer. Hier hebben de planten echter meer moeite met overwintering. Mogelijke factoren die de matige overwintering beïnvloeden zijn het lage zoutgehalte dat soms in het voorjaar optreedt en dat vroegtijdige kieming zou kunnen veroorzaken, en de grotere waterdynamiek die wellicht te sterk is voor de jonge zaailingen (Bos *et al.* 2005).



Figuur 16 Sterke ontwikkeling van matten van macroalgen op locatie B99 op het Balgzand (foto: Arthur Bos).

Aanplantstrategie

Bij een hogere aanplantdichtheid (onderlinge afstand bij aanplant 30 versus 50 cm) was de overleving van planten beter op locaties die blootstonden aan een gemiddelde of hoge waterdynamiek (met name golfslag). De aanplantdichtheid had echter geen effect op de overleving op beschut gelegen locaties met geringe waterdynamiek. Ook vergroting van de plotgrootte van de aanplanteenheden tot boven de standaard waarde van 37 planten had geen effect op de overlevingskans. Op de meest hooggelegen aanplantlocaties (+7 cm NAP) overleefden de planten het best. Zaadstengeldeposities leverden een vergelijkbaar resultaat op als transplantaties met betrekking tot overleving. Deze methode vormt daarom een aanvulling op, of mogelijk zelfs een alternatief voor transplantaties (Bos *et al.* 2005).

6.5 Conclusies

Ondanks de relatief grootschalige aanpak en de lokaal goede overleving in het najaar, heeft het project niet geleid tot permanente vestiging van groot zeegrasvelden. Jaarlijkse aanplant bleef noodzakelijk. Alleen uit een eerder experiment blijkt zich een overblijvend zeegrasveldje te hebben ontwikkeld. Hierbij gaat het echter slechts om maximaal circa 800 planten per jaar en is er sprake van een grote kwetsbaarheid in verband met het optreden van grote dichtheden aan macroalgen. Op plaatsen waar macroalgen geen probleem vormen hebben de uitgezette planten echter lagere overwinteringskansen door andere omstandigheden, met name hydrodynamiek.

Bos *et al.* (2005) denken dat de op het Balgzand gevonden tweespalt tussen het voordeel van een beschutte omgeving in verband met hervestiging uit zaad, maar grotere kans op

vervroegd afsterven door indrijvende macroalgen, representatief is voor de situatie van groot zeegras in de gehele Nederlandse Waddenzee. Zoals ook elders werd aangetoond, vormt de input van afstervende macroalgen een sterk anoxische, mogelijk toxische stimulans in gebieden met fijn sediment en een hoog organisch stofgehalte. Om de kansen voor groot zeegras in de Waddenzee te verbeteren zou de eutrofiëring moeten worden teruggedrongen. Het is bekend dat grote zeegrasvelden ook zelf lokaal het nutriëntengehalte kunnen verminderen. Dit pleit voor een nog grootschaliger aanpak van de herintroductie, maar het is met de huidige kennis niet mogelijk om de omvang van de noodzakelijke inspanningen voor een goede kans op succes te kwantificeren. Bovendien ontstaat er dan een probleem met het vinden van voldoende planten omdat de zeegraspopulatie op de Hond-Paap, tot nu toe de donorpulatie, de laatste jaren sterk achteruitgegaan is (zie hoofdstuk 7; Figuur 21). Dan zou moeten worden uitgeweken naar een locatie buiten Nederland, in de Duitse of Deense Waddenzee.

Ook in de minder beschutte gebieden lijkt een grootschaliger aanpak noodzakelijk, in dit geval om de hoeveelheid geproduceerd zaad te vergroten en daarmee de kans op hervestiging in het voorjaar. Het positieve effect van een grotere aanplandichtheid op dergelijke plekken vormt hiervoor een aanwijzing. Op natuurlijke standplaatsen in minder beschutte gebieden is het belang van de hoeveelheid geproduceerd zaad ook aangetoond. Natuurlijke zeegrasvelden in de Waddenzee zijn, evenals de aangeplante velden, zeer dynamisch (zie hoofdstuk 7). Hun omvang, ligging en dichtheid vertonen grote jaarlijkse fluctuaties. Omdat de nog aanwezige velden veelal klein zijn en ver uit elkaar liggen is de kans groot dat lokale sterfte tot een totale extinctie in de Nederlandse Waddenzee leidt, omdat herstel via "import" van elders niet meer mogelijk is.

6.6 Aandachtspunten bij grootschalig herstel

- Gezien de grote onzekerheden met betrekking tot de noodzakelijke schaal van herintroducties wordt aanbevolen om geen grote kosten en donormateriaal aan nieuwe aanplant te besteden, maar te denken aan een goedkoper alternatief zoals zaadstengeldepositie. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van losgeslagen donormateriaal.
- Indien toch wordt aangeplant, dan lijkt dit het meest kansrijk op enigszins geëxponeerde, hooggelegen locaties (+5 tot +10 cm NAP) met een niet al te hoge waterdynamiek, waarbij ondiepe mosselbanken een beschuttende rol kunnen spelen.
- Bij een aanplant lijkt het gebruik van de in dit project gehanteerde standaard plots van 37 planten met een plantafstand van 30 tot 50 cm optimaal.
- De herintroducties moeten zoveel mogelijk in ruimte en tijd worden gespreid, in verband met de grote dynamiek van de Waddenzee.
- Voor de ruimtelijke spreiding vormt de mede op basis van de resultaten van dit project verbeterde kansenkaart zeegras Waddenzee (hoofdstuk 5; Figuur 11; de Jong *et al.* 2005) een goede leidraad.

7 Toekomstmogelijkheden voor zeegras in de Waddenzee

Een studie naar de invloed van stuurvariabelen op sublitoraal groot zeegras beoordeelde de reële kansen op herstel in de Waddenzee als nihil. Na matige aanplantsuccessen met litoraal zeegras lijkt natuurlijk gevestigd klein zeegras in de Groninger kwelderwerken nu het meest kansrijk. In de Friese kwelderwerken ontbreekt zeegras, mogelijk door een te hoge opslibbing en ongunstige fysisch-chemische bodemomstandigheden. Periodieke verwaarlozing van de kwelderwerken lijkt hier de beste beheersvorm. Hoewel de KRW het streefbeeld voor zeegras heeft aangepast aan praktijkgerichte verwachtingen, kunnen de (beperkte) kansen in de Waddenzee alleen worden gerealiseerd door ingrijpend beheer in van nature ongeschikte gebieden. In het Grevelingenmeer kan mogelijk met minder ingrijpen in een natuurlijker omgeving een duurzaam areaal ondergedoken groot zeegras ontstaan; het type dat de basis vormt van een soortenrijke levensgemeenschap.

7.1 Mogelijkheden voor sublitoraal groot zeegras

De eerder in dit rapport besproken onderzoeken met betrekking tot herstel­mogelijkheden voor groot zeegras in de Waddenzee waren vooral gericht op de litorale vorm van deze soort. In 2006 is de invloed van de eerder vastgestelde variabelen die mogelijk een sleutelrol kunnen spelen bij het al dan niet voorkomen van sublitoraal groot zeegras in de Waddenzee ruimtelijk onderzocht met behulp van GIS (van der Heide *et al.* 2006). Het ging hierbij om de volgende variabelen: droogvalduur, lichtbeschikbaarheid, zoutgehalte en nutriënten. De verwachte effecten van de eerste drie variabelen werden reeds besproken in hoofdstuk 2.4. Hier worden de resultaten gepresenteerd als kans­kaarten.

Droogvalduur

De bovenste kolonisatiegrens van sublitoraal groot zeegras wordt bepaald door de periode van droogval (zie Figuur 4). In Figuur 7 werd een overzicht gegeven van de gemiddelde laagwaterstand per wantij. Op basis daarvan en een op literatuurgegevens gebaseerde kolonisatiegrens tot maximaal 0,2 m boven laagwater zijn de gebieden die tegenwoordig geschikt zijn voor kolonisatie bepaald (Figuur 17). Wanneer alleen droogvalduur in beschouwing wordt genomen blijkt 62% van de Nederlandse Waddenzee nog geschikt.

Lichtbeschikbaarheid

In de zone waar rond 1930 zeegras voorkwam (0,5 - 2,4 m < NAP) blijkt de troebelheid te zijn verzesvoudigd. Op basis van de lichtbeschikbaarheid is een maximum kolonisatiediepte van 0,2 m onder NAP vastgesteld. De hoogste gemiddelde laagwaterstand, in het uiterste westen van de Waddenzee, bedraagt echter al ruim 0,7 m onder NAP (Figuur 7).



Figuur 17 Een overzicht van de gebieden, tegenwoordig geschikt voor kolonisatie door groot zeegras, alleen op basis van droogvalduur (uit: van der Heide *et al.* 2006).

Het zeegras kan, op basis van de uitdrogingsgrens, slechts koloniseren tot 0,2 m boven de laagwaterstand. Dit betekent dat er, op basis van getij, diepte en troebelheid, momenteel geen ontwikkeling van sublitoraal groot zeegras mogelijk is in de Nederlandse Waddenzee.

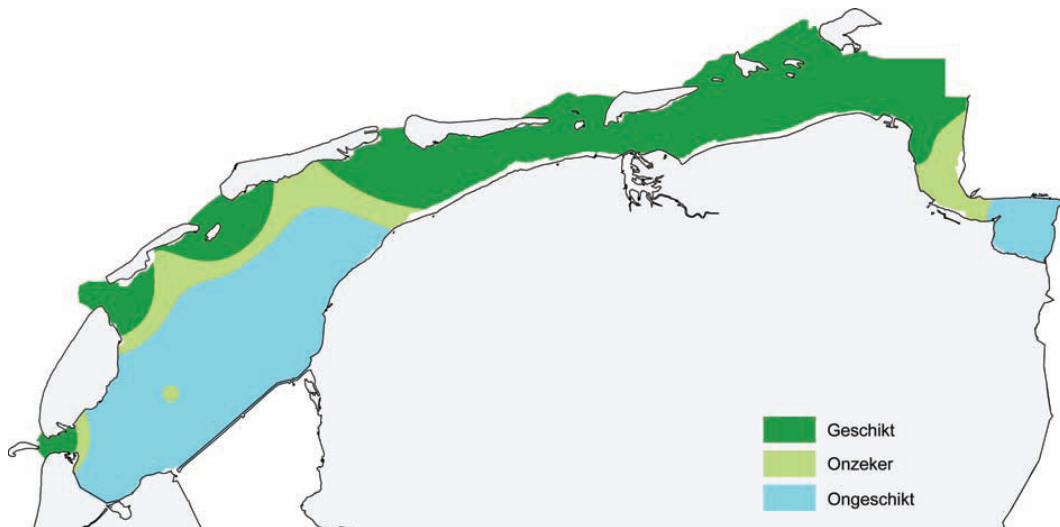
Zoutgehalte

Figuur 7 toont de door interpolatie verkregen standaarddeviatiekaart voor zoutgehalte in het groeiseizoen van groot zeegras. De fluctuaties rondom Harlingen en de Afsluitdijk zijn zeer hoog (SD: 5 - 9‰). In de oostelijke Waddenzee is het zoutgehalte veel stabiel (SD: 1 - 2‰). Uit de meetreeksen blijkt dat de standaarddeviaties van Urk en Lemmer in de periode 1894 - 1930 respectievelijk 2,1 en 2,7‰ bedroegen. De tolerantiegrens van groot zeegras zal hier tussenin liggen en waarschijnlijk niet hoger zijn dan 2,5‰. De berekende SD bij de Hond-Paap varieert tussen 2,5 en 2,8‰. Als onzekerheidszone is het gebied tussen 2,5 en 3,0‰ gekozen.

In Figuur 18 is de standaarddeviatiekaart weergegeven geclassificeerd naar geschiktheid voor sublitoraal groot zeegras. Bijna 47% van de Waddenzee valt binnen de tolerantiegrens (SD \leq 2,5‰) en bijna 60% binnen de onzekerheidszone (SD \leq 3‰). Op basis van de zoutfluctuaties blijkt de westelijke Waddenzee tegenwoordig grotendeels ongeschikt te zijn voor de ontwikkeling van deze soort.

Nutriënten

De westelijke Waddenzee blijkt gemiddeld iets meer stikstof en fosfor te ontvangen dan een gemiddeld Deens estuarium, maar de waarden vallen grotendeels binnen dezelfde range. In vergelijking met het Veerse meer zijn de nutriëntengehaltes in de westelijke Waddenzee een stuk lager, maar naar het oosten toe wordt de situatie in de Waddenzee ongunstiger.

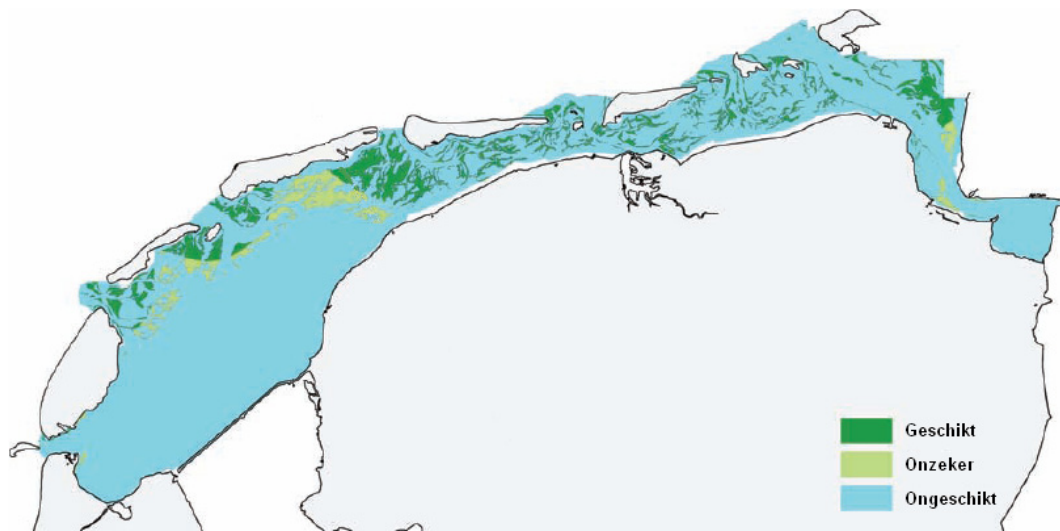


Figuur 18 Vestigingsmogelijkheden voor groot zeegras op basis van fluctuaties in zoutgehalte (uit: van der Heide *et al.* 2006).

Combinatie van factoren

Op basis van lichtbeschikbaarheid blijkt herkolonisatie door sublitoraal groot zeegras momenteel vrijwel onmogelijk. Onder de aanname dat de lichtbeschikbaarheid voldoende kan worden verbeterd (extinctiecoëfficiënt vergelijkbaar met die van rond 1930) zijn de kolonisatiemogelijkheden voor de gecombineerde groeivoorwaarden voor droogvalduur en zoutgehalte bepaald (Figuur 19). In deze figuur is nog geen rekening gehouden met de waterdynamiek die op veel plaatsen, die geschikt zouden kunnen zijn, te hoog is. In de westelijke Waddenzee, waar voor de afsluiting van de Zuiderzee de uitgestrekte zeegrasvelden lagen, is nu slechts 4% van het totale areaal geschikt voor kolonisatie. De totale hoeveelheid geschikt areaal bedraagt 9% (25.762 ha). Wanneer voor zoutgehalte de onzekerheidszone wordt gehanteerd, bedraagt het koloniseerbaar deel in de westelijke Waddenzee 9%, voor de totale Waddenzee is dat 13% (37.121 ha). In de oostelijke Waddenzee zijn meer mogelijkheden, maar daar is de situatie met betrekking tot de nutriënten ongunstiger. Hierbij moet worden bedacht dat een belangrijke parameter als stroomsnelheid niet is meegenomen. De meeste potentiële locaties zijn in de geulen gesitueerd waar deze vaak te hoog zal zijn voor sublitoraal zeegras. Ook is geen ondergrens qua diepte in rekening gebracht. Door beide factoren zal het potentiële areaal nog fors afnemen.

Hoewel dus niet alle mogelijke variabelen zijn onderzocht, lijken de kansen voor herstel van sublitoraal groot zeegras in de Nederlandse Waddenzee klein en zelfs nihil zonder ingrijpende maatregelen om de troebelheid te verminderen. Van der Heide *et al.* (2006) opperen onder andere de mogelijkheid een (groot) kunstmatig zeegrasveld aan te leggen om de turbulentie tijdelijk te verminderen. Dit lijkt echter geen haalbare optie. De voorgestelde reductie van de zoutfluctuaties in de westelijke Waddenzee door middel van een aangepast spuibeheer in de Afsluitdijk lijkt kansrijker, maar daarmee wordt nog niet de noodzakelijke toename van de lichtbeschikbaarheid verwezenlijkt.



Figuur 19 Kolonisatiemogelijkheden voor sublitoraal groot zeegras wanneer de groeivoorwaarden voor droogvalduur en zoutgehalte worden gecombineerd, onder de aanname dat de lichtbeschikbaarheid voldoende is, dat wil zeggen gelijk aan de situatie rond 1930 (naar: van der Heide *et al.* 2006).

7.2 Mogelijkheden voor litoraal groot en klein zeegras

De achteruitgang van litoraal groot en klein zeegras in de zestiger en zeventiger jaren van de 20^{ste} eeuw was minder spectaculair dan het vrijwel geheel verdwijnen van het sublitoraal groot zeegras in 1932 (Polderman & den Hartog 1975; de Jong & de Jonge 1989). Toch is ook klein zeegras in de loop der jaren zo sterk afgenomen dat de soort tegenwoordig, evenals groot zeegras, als “bedreigd” op de Nederlandse Rode Lijst staat (LNV 2004).

De ondernomen pogingen tot herintroductie van litoraal zeegras hadden wisselend succes. Uit het grootschalige experiment op het Balgzand (hoofdstuk 6) bleek dat aangeplant groot zeegras in het algemeen slechts gedurende één groeiseizoen overleeft in een smalle strook rond NAP (Bos & van Katwijk 2005). Slechts op één locatie ontwikkelde zich als gevolg van een zaaddepositie in december 1998 een klein veldje groot zeegras, dat in 2005 nog steeds aanwezig was. Het geringe succes van de herintroducties lijkt vooral te zijn gerelateerd aan het feit dat er in de Waddenzee slechts twee zones voorkomen die geschikt lijken voor groot zeegras, maar waaraan in beide gevallen een nadeel kleeft in verband met de overleving van de planten (Bos & van Katwijk 2005). In beschutte gebieden met weinig waterdynamiek, zoals de locatie op het Balgzand waar het veldje groot zeegras zich al jaren handhaaft, bestaat een grote kans op instroming van macroalgen, hetgeen kan leiden tot vervroegde sterfte van zeegras in het najaar en een lagere zaadproductie. Op meer geëxponeerde locaties waar macroalgen geen probleem vormen, blijken de kansen op hervestiging uit zaad in het voorjaar klein te zijn. Hoewel van aanplant op nog grotere schaal positieve effecten worden verwacht, vooral via het lokaal verminderen van het nutriëntengehalte van het water, lijkt de aanvoer van zaad voor hervestiging in het voorjaar een beperkende factor te blijven. De nog in de Waddenzee aanwezige natuurlijke velden zijn daarbij van groot

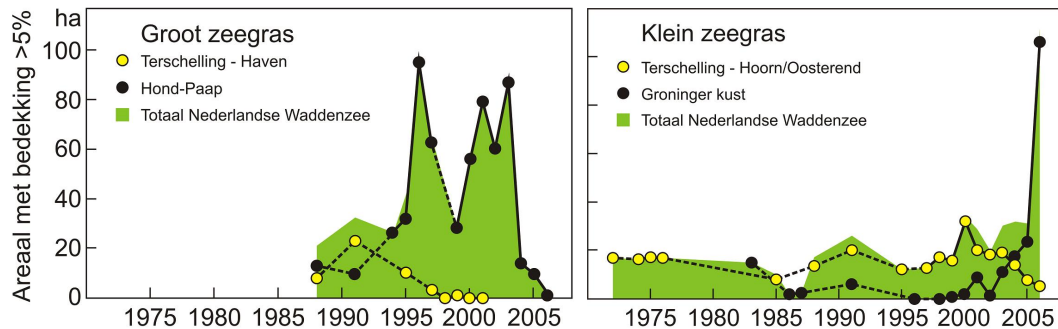


Figuur 20 Overzicht van de locaties in de Nederlandse Waddenzee waar sinds 1972 litoraal zeegras is aangetroffen. Gele pijlen verwijzen naar klein zeegras en witte naar groot zeegras. Langjarige karteringen zijn alleen uitgevoerd op de locaties Hond-Paap, Groninger kust en Terschelling (drie sub-locaties). De locatie Groninger kust beslaat de kwelderwerken tussen het Lauwersmeer en de Eemshaven (details: Bijlage II).

belang. Ook deze velden blijken zeer dynamisch te zijn, waarbij vooral de omvang van de velden doorslaggevend lijkt voor hun voortbestaan (Bos & van Katwijk 2005).

Op kleinere schaal dan voor groot zeegras, zijn ook voor klein zeegras pogingen tot herintroductie gedaan. In 1992 en 1993 werden op het Balgzand en bij de Wierschuur op Terschelling scheuten klein zeegras aangeplant in verschillende dichtheden en op verschillende dieptes (van Katwijk & Schmitz 1993; Hermus 1995). Hoewel hieruit bleek dat er een optimale aanplantdichtheid en -diepte bestond waarbij in het najaar van 1994 de dichtheid van de gemonitorde planten ongeveer gelijk was aan de aanplantdichtheid in 1993, is het monitoringprogramma na 1994 niet voortgezet. In 2002 werden op het Balgzand onverwachts verschillende groeikernen van klein zeegras aangetroffen op de aanplantlocatie van 1993 (van Katwijk *et al.* 2005). De ontwikkeling hiervan is tussen 2002 en 2005 gevolgd. Er bleek sprake van een sterke toename en in 2005 werden meer dan 100 groeikernen aangetroffen, verspreid over tientallen hectares. De meeste groeikernen waren klein (oppervlakte: 1-4 m²; bedekking: circa 40%), maar de grootste besloeg een oppervlakte van 40 m², bij een bedekking van 70% (Bos & van Katwijk 2005). Er lijken dus in de Waddenzee nog wel kansen voor klein zeegras te zijn, hetgeen wordt bevestigd door de recente toename van de natuurlijke velden in de kwelderwerken langs de Groninger kust (Erftemeijer 2005; zeegrasatlas op www.zeegras.nl).

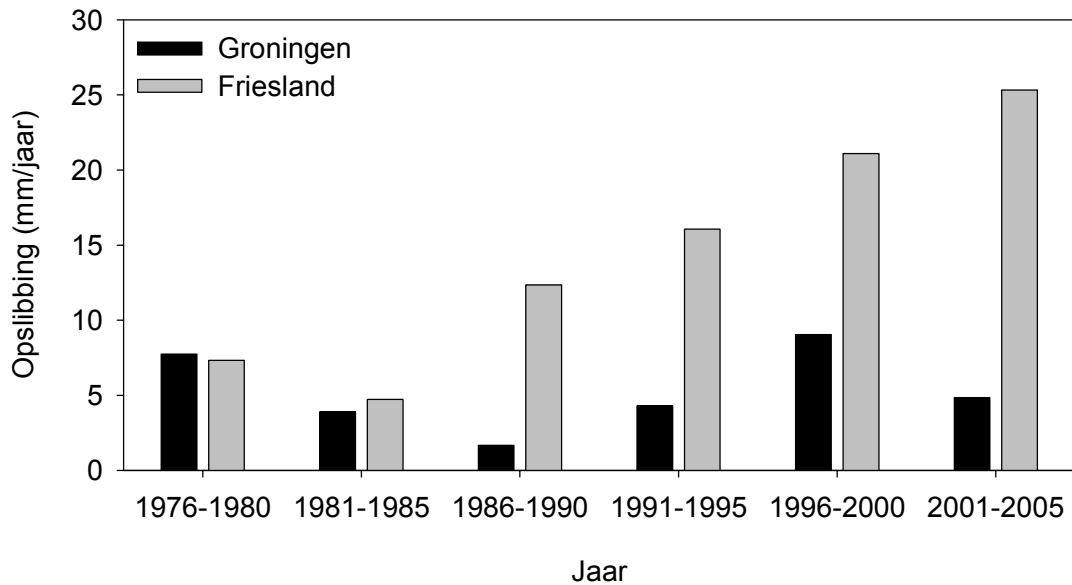
Volgens de verbeterde kansenkaart voor zeegras (de Jong *et al.* 2005) is op grond van de op dat moment onderzochte gegevensvariabelen nog ongeveer 1750 ha in de Nederlandse Waddenzee geschikt voor litoraal groot en klein zeegras, waarvan 180 ha zeer geschikt (een berekende groeikans van 80 - 100%). De geschiktheid van enkele gebieden is hierbij echter waarschijnlijk overschat (hoofdstuk 5). Figuur 20 toont de locaties waar sinds 1972 daadwerkelijk litoraal zeegras is aangetroffen. De belangrijkste locaties zijn opgenomen in een langjarig karteringsprogramma (zie www.zeegras.nl). De ligging van de momenteel bekende velden komt goed overeen met de volgens de kansenkaart geschikte gebieden.



Figuur 21 Arealen groot en klein zee gras met een bedekkingsgraad van meer dan 5%, bepaald tijdens de sinds 1972 uitgevoerde karteringen in de Nederlandse Waddenzee. Voor beide soorten zijn de resultaten van de twee belangrijkste locaties uitgezet. In jaren waarin het weergegeven totale areaal voor de Nederlandse Waddenzee hoger is dan de som van beide weergegeven locaties, zijn beschikbare gegevens van minder belangrijke locaties in het totaal opgenomen. Voor groot zee gras gaat het hierbij om de locatie Voolhok gedurende de periode 2003-2006 en voor klein zee gras de locatie Terschelling - Keeg/Ans in de jaren 1985 en 1988. Bron: Erfteijer (2005) en de zeegrassite van het RIKZ (www.zee gras.nl).

In Bijlage I zijn de arealen en hun bedekkingsgraad weergegeven van groot en klein zee gras op alle locaties in de Nederlandse Waddenzee die sinds 1972 gedurende kortere of langere tijd zijn gekarteerd. Bij de interpretatie van de karteringsresultaten wordt naast het totale zee grasareaal vaak gebruik gemaakt van het areaal met een bedekkingsgraad van meer dan 5%. Dit wordt gedaan omdat bij een lagere bedekking een nauwkeurige, herhaalbare kartering, zowel bij gebruik van luchtfoto's als bij het omgrenzen in het veld, vrijwel onmogelijk is (D.J. de Jong, persoonlijke mededeling). Voor beide soorten zee gras waren tussen 1972 en 2006 slechts twee locaties van belang (Figuur 21). Het groot zee grasveld in de haven van Terschelling was na 2000 geheel verdwenen en is daarna niet meer gekarteerd (maar wel regelmatig gecontroleerd op groot zee gras). Op de Paap-Hond vertoonde het groot zee grasveld een toename tot 2003, waarna het areaal met een bedekkingsgraad van meer dan 5% sterk afnam van 87 tot slechts 1,3 ha in 2006. Hoewel ook het totaal areaal in deze periode sterk verminderde was er in 2006 op deze locatie nog ongeveer 160 ha aanwezig. Op de locaties Hoorn en Oosterend onder Terschelling was jarenlang circa 15 ha klein zee gras met een bedekkingsgraad van meer dan 5% aanwezig. In 2000 nam het areaal toe tot 32 ha, waarna een daling volgde tot slechts 5 ha in 2006. Omdat er in dat jaar bijna geen plekken met een bedekkingsgraad van minder dan 5% in het veld aanwezig waren was dit tevens het totaal aanwezige areaal op de locatie Terschelling-Hoorn/Oosterend. In de kwelderwerken langs de Groninger kust was na 2000 sprake van een sterke toename in zowel het areaal als de bedekkingsgraad van klein zee gras. Het areaal met een bedekkingsgraad van meer dan 5% nam toe van 2 ha in 2000 tot 106 ha in 2006. Het totale areaal in de kwelderwerken in dat jaar besloeg 138 ha.

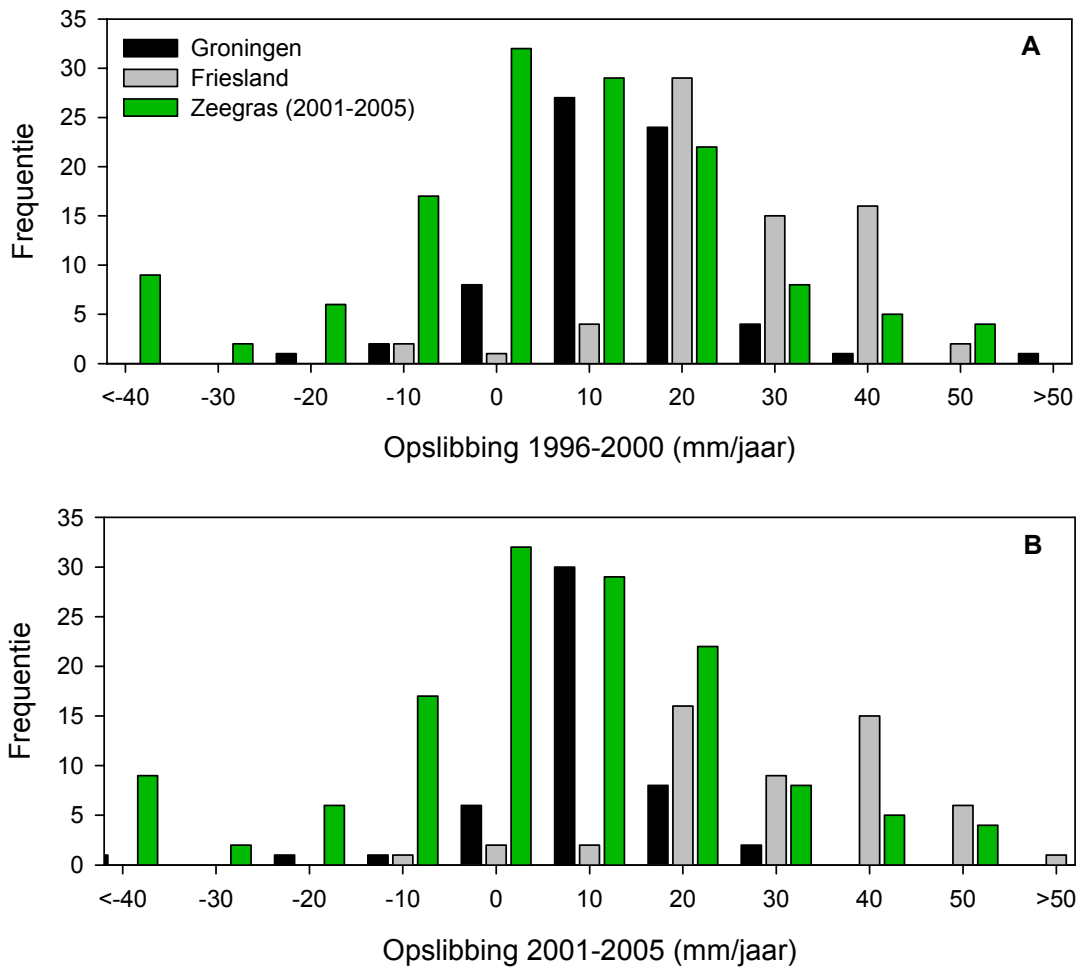
Uit de ontwikkelingen sinds 1972 kan worden geconcludeerd dat de kansen voor litoraal zee gras in de Nederlandse Waddenzee vooral aanwezig lijken te zijn voor klein zee gras in de kwelderwerken langs de Groninger kust. Philippart en Dijkema (1995) troffen daar vooral op zandige gronden zee gras aan, maar in principe lijken alle kwelderwerken langs de Friese en Groninger kust te vallen binnen de range van sedimentsamenstelling waarin zee gras mogelijk is (Philippart *et al.* 1992). Hierbij rijst de vraag waarom dan in de kwelderwerken langs de Friese kust niet, net als langs de Groninger kust, zee grasvelden zijn ontstaan.



Figuur 22 Gemiddelde jaarlijkse bruto opslibbing gedurende de periode 1975-2005 voor alle meetvakken in het tweede bezinkveld langs de Friese en Groninger kust. Uitgezet zijn de gemiddelde waarden over perioden van vijf jaar (uit: van der Graaf & Wanink 2007).

Uit een recente literatuurstudie is gebleken dat de Friese en Groninger kwelderwerken verschillen in de mate van jaarlijkse opslibbing (Figuur 22; van der Graaf & Wanink 2007), een factor die niet is meegenomen bij het opstellen van de kanskaart zeegras Waddenzee (de Jong *et al.* 2005). Eerder onderzoek had al aangetoond dat een weinig dynamische bodem met een goede balans tussen erosie en opslibbing een voorwaarde vormt voor het voorkomen van zeegrasvelden (Ranwell *et al.* 1974; Pasterkamp & Vermaat 2004; Cabaço & Santos 2007). In Engeland is geconstateerd dat een sterke verslibbing kan leiden tot achteruitgang en verdwijnen van zeegras (Butcher 1934). Ook het verdwijnen van groot zeegras uit de haven van West-Terschelling (Figuur 21) is toegeschreven aan sterke verslibbing (D.J. de Jong, persoonlijke mededeling). Van der Graaf & Wanink (2007) laten zien dat klein zeegras in de Groninger kwelderwerken met name voorkomt op plaatsen met een lage gemiddelde bruto opslibbing (Figuur 23). Het lijkt aannemelijk dat het ontbreken van klein zeegras in de kwelderwerken langs de Friese kust wordt veroorzaakt door de veel hogere jaarlijkse bruto opslibbing in dat gebied.

Toch zijn er ook langs de Friese kust wel plekken met een relatief lage opslibbing die vergelijkbaar is met plekken langs de Groninger kust waar wel zeegras groeit. Van der Graaf & Wanink (2007) veronderstellen dat behalve opslibbing met name de grotere variatie in zoutgehalte (zie Figuur 8) en het hogere slibgehalte langs de Friese kust een beperkende factor vormt voor de vestiging van litoraal zeegras. Van der Heide *et al.* (2006) hebben echter berekend dat ondanks de verschillen in zoutgehalteschommelingen tussen de Friese en Groninger kust, beide gebieden op grond van de factor zoutgehalte geschikt zouden zijn voor sublitoraal groot zeegras (Figuur 18). Het lijkt daarom onwaarschijnlijk dat het voorkomen van litoraal zeegras op plaatsen langs de Friese kust met een relatief stabiele bodemdynamiek wordt beperkt door de grotere variatie in zoutgehalte.



Figuur 23 Frequentieverdeling van de jaarlijkse bruto opstlibbing voor alle panden in het tweede bezinkveld langs de Groninger en Friese kust in de periode 1996-2000 (A) en de periode 2000-2005 (B), samen met de frequentieverdeling van de bruto opstlibbing in diezelfde periode voor alle panden (ook die in de andere bezinkvelden) waarin tussen 2001 en 2005 klein zeegras voorkwam (groene balken) (uit: van der Graaf & Wanink 2007).

Mogelijk speelt het hoge slibgehalte langs de Friese kust wel een rol. Dit is na 1980 sterk toegenomen en tegenwoordig aanzienlijk hoger dan langs de Groninger kust (Oost & Kleine Punte 2003). De gebieden langs de Groninger kust waar momenteel de grootste velden klein zeegras voorkomen hebben een relatief laag slibgehalte (van der Graaf & Wanink 2007). Onlangs is vastgesteld dat de slibrijke bodem in de Friese kwelderwerken ook vaak rijker aan organische stof is dan die in de Groninger kwelderwerken. Dat leidt tot hogere gehalten aan onder andere sulfiden, die in voor zeegras giftige concentraties voor kunnen komen, en ammonium (mogelijk soms ook in giftige concentraties). Daardoor lijkt het er op dat de bodem in de Friese kwelderwerken wat betreft fysisch-chemische omstandigheden beduidend minder gunstig voor de groei van zeegrassen is dan in de Groninger kwelderwerken. Dit kan mogelijk een oorzaak zijn dat zeegras hier niet of amper voorkomt in de afgelopen periode (informatie afkomstig van T. van der Heide (Radboud Universiteit Nijmegen) op basis van binnenkort te publiceren meetdata in de kwelderwerken).

Behalve de minder gunstige fysisch-chemische omstandigheden langs de Friese kust, lijken hier ook de mogelijkheden voor aanvoer van zaad of plantendelen minder te zijn

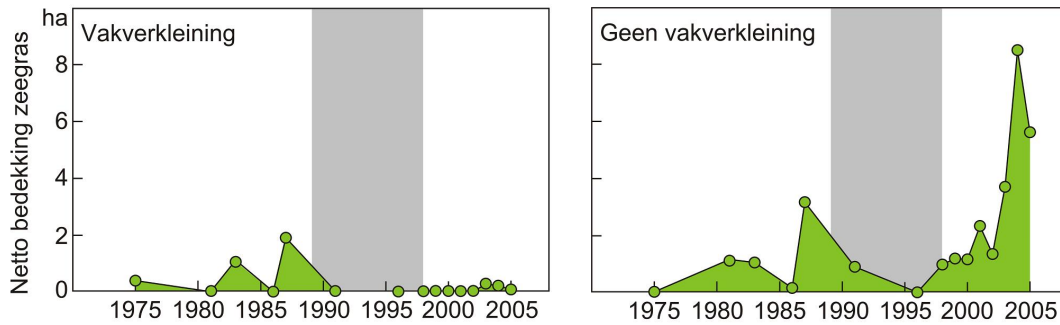
dan langs de Groninger kust. Gezien de ligging van de potentiële donorpopulaties langs de Groninger kust en in het Eems-Dollardgebied (Hond-Paap en Voolhok), zal natuurlijke vestiging van zeegras in de Friese kwelderwerken op grond van de in het najaar overheersende zuidwestelijke windrichting niet gemakkelijk zijn (Erfteemeijer & van Beek 2004). Deze auteurs toonden echter wel aan dat minder frequent voorkomende najaarsstormen met een oostelijke windrichting zaadstengels tot op 20 km ten westen van de Eemsmond kunnen doen belanden. Zij noemen de mogelijkheid dat vestigingen uit dergelijke verplaatsingen kunnen fungeren als stapstenen voor verdere westelijke verspreiding tijdens vergelijkbare stormen in latere jaren.

7.3 Relaties met het beheer

De aanleg van de kwelderwerken langs de Friese en Groninger kust heeft in eerste instantie geleid tot een verhoogde opslibbing, waarmee geen geschikt zeegrasbiotoop werd geschapen. Pas na het om economische redenen staken van het onderhoud aan de rijshouten dammen en de begreppeling in 1968 (van Duin *et al.* 2007) kwamen er kansen voor zeegras door het verminderen van de opslibbing in relatief beschutte gebieden. Het verwaarlozen van de kwelderwerken leidde echter tot erosie en vermindering van het kwelderareaal, waarna in de periode 1989-1998 toch weer onderhoud aan de rijshouten dammen werd uitgevoerd. Tevens heeft in deze periode in een aantal vakken vakverkleining plaatsgevonden (Dijkema *et al.* 2001). Hoewel hierna het kwelderareaal niet verder afnam (Dijkema *et al.* 2001), was deze ingreep, die de opslibbing opnieuw deed toenemen, niet gunstig voor zeegras (van der Graaf & Wanink 2007). De recente toename van klein zeegras langs de Groninger kust is vrijwel geheel beperkt tot gebieden waarin geen damrenovatie en vakverkleining heeft plaatsgevonden (Figuur 24).

Met behulp van enkele beheersmaatregelen zouden de omstandigheden voor litoraal zeegras langs de Friese en Groninger kust, zowel voor natuurlijke vestiging als voor aanplant, te verbeteren zijn. Van der Graaf & Wanink (2007) stellen een verdere “verwaarlozing” (het gaat niet zozeer om verwaarlozing op zich als wel om een zodanig beheer dat de opslibbingssnelheid vermindert) van de rijshouten dammen in de Friese kwelderwerken voor om de opslibbing te verminderen. Ook kan worden overwogen de op meerdere plaatsen uitgevoerde kweldervakverkleining, die langs de Friese en de Groninger kust tot verhoogde opslibbing heeft geleid, terug te draaien. Het negatieve effect van de hoge ammoniumconcentraties in de Friese kwelderwerken zou kunnen worden verminderd door een verlaging van het zoutgehalte (Kamermans *et al.* 1999; van Katwijk *et al.* 1999). Dit kan worden bereikt door uitbreiding van het aantal zoetwaterlozingspunten.

Hoewel de keuze voor het Balgzand voor de grootschalige herintroductie van litoraal groot zeegras mede was bepaald op basis van de ligging in de westelijke Waddenzee, waardoor mogelijke verspreiding van het zeegras met de overheersende wind- en stromingsrichtingen naar het oosten mogelijk zou zijn (van Pelt *et al.* 2003), was er in de praktijk geen sprake van een dergelijke natuurlijke verspreiding. Omdat voor de Friese kwelderwerken ook de kans op natuurlijke vestiging vanuit het oosten (Hond-Paap en Voolhok in het Eems estuarium) gering is (Erfteemeijer & van Beek 2004), lijkt voor dit gebied de aanvoer van



Figuur 24 Netto zeegrasbedekking (groen) gedurende de periode 1975-2005, in het tweede bezinkveld van de kweldervakken langs de Groninger kust waarin in de periode 1989-1998 (grijs) vakverkleining en damrenovatie heeft plaatsgevonden (links) en in de vakken waarin dit niet heeft plaatsgevonden (rechts). Groene punten geven jaren aan waarin zeegraskartering plaatsvond (naar: van der Graaf & Wanink 2007).

donormateriaal door de mens de beste optie voor de ontwikkeling van zeegras. Bij een keuze voor deze optie als onderdeel van het beheer van de Friese kwelderwerken wordt aanbevolen de op het Balgzand toegepaste arbeidsintensieve techniek van het individueel aanplanten van zaailingen te vervangen door een grootschalige depositie van zaad en/of zaadstengels die op een donorlocatie zijn verzameld (Erfmeijer & van Beek 2004).

Van Katwijk *et al.* (2006) hebben laten zien dat een hoge van jaar tot jaar dynamiek van bestaande zeegrasvelden er toe kan leiden dat per jaar meer dan 50% van een veld verloren kan gaan wanneer alleen het betreffende veld wordt beschermd en niet de in de buurt gelegen potentieel geschikte gebieden. Zij pleiten voor het beschermen van op basis van de zeegraskansenkaart (de Jong *et al.* 2005) bepaalde geschikte gebieden rond de bestaande velden. Indien er in de buurt van de bestaande velden geen geschikte gebieden aanwezig zijn kunnen maatregelen worden genomen om deze te creëren.

Een reeds in 2005 uitgevoerde maatregel die de geschiktheid van de strook buiten de kweldervakken kan verbeteren is het stopzetten van de mechanische schelpdiervisserij. Deze maatregel is genomen nadat was aangetoond dat in gebieden waar tot vlak op de buitenste rand van de kweldervakken wordt gevist het zeegras zich bijna geheel terugtrekt binnen de vakken (Essink *et al.* 2003). Door het wegvallen van de bodemverstoring en de lagere opslibbing dan binnen de kweldervakken zouden hier geschikte locaties kunnen ontstaan, hoewel de grotere hydrodynamiek waarschijnlijk een beperkende factor zal zijn (van der Graaf & Wanink 2007). De mogelijkheden van zowel de Friese kust als het gebied net buiten de kweldervakken worden geïllustreerd door de vondst in 2005 van enkele honderden pollen litoraal groot zeegras vrij op het wad bij de Hoek van de Bant (Figuur 20; Groeneweg 2006).

7.4 Relaties met het beleid

Met betrekking tot zeegras vormen de implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en het opstellen van de Natura 2000 beheerplannen momenteel de belangrijkste beleidsonderdelen. Volgens de natuurlijke deelmaatlat zeegras van de KRW ligt de ondergrens van de Goede Ecologische Toestand (GET) bij een areaal van circa

21.000 ha zeegras (van der Molen & Pot 2007). Omdat het actuele areaal zeegras in de afgelopen decennia sterk negatief is beïnvloed door ongunstige externe ontwikkelingen, heeft men de maatlat aangepast aan wat naar verwachting reëel mogelijk is, in de richting van een MEP/GEP (van den Berg *et al.* 2004). Voor sublitoraal groot zeegras is de verwachting nihil. De ondergrens van het te bereiken Goed Ecologisch Potentieel (GEP) voor litoraal groot en klein zeegras samen is vastgesteld op een areaal van 150 ha.

Herstel van geleidelijke zoet-zoutovergangen, waarvan een positief effect op zeegras mag worden verwacht, is genoemd als onderdeel van de implementatie van de KRW. Dit wordt in de KRW inderdaad aangegeven als maatregel maar met name ter verbetering van de migratiemogelijkheden van trekvis tussen zee/estuarium en binnenwateren (van der Molen & Pot 2007).

Het is nog onduidelijk wat de Natura 2000 beheerplannen precies zullen inhouden, maar verwacht mag worden dat de voor zeegras van belang zijnde maatregelen betrekking zullen hebben op de verbetering van het habitat in verband met de “kernopgave”: verbetering van de kwaliteit van habitatype H1140_A (slik- en zandplaten in het intergetijdengebied) ten behoeve van de vergroting van diversiteit (LNV 2006). Mogelijk liggen hier ook kansen voor uitbreiding van het aantal zoetwaterlozingspunten, omdat in dit verband herstel van geleidelijke zoet-zoutovergangen van belang wordt geacht voor de uitbreiding van zeegrasvelden (Gebiedendocument Waddenzee 2007).

7.5 Zijn er andere mogelijkheden voor zeegras in Nederland?

Waddenzee

De meeste in dit rapport geciteerde publicaties hebben betrekking op in de Waddenzee uitgevoerde projecten. Er is in de Nederlandse Waddenzee veel geïnvesteerd in pogingen tot herstel van zeegras (zie hoofdstukken 4 en 6) en ook binnen diverse wettelijke kaders wordt gestreefd naar de terugkeer van duurzame zeegrasvelden (zie hoofdstuk 3). Uit de paragrafen 7.1 en 7.2 werd duidelijk dat de kansen voor sublitoraal groot zeegras in de Waddenzee minimaal zijn, hoewel sommige auteurs denken dat de soort door zeer grootschalige ingrepen als het tijdelijk aanleggen van kunstzeegrasvelden, ter stabilisatie van de waterdynamiek, nog zou kunnen terugkeren (van der Heide *et al.* 2006). Voor litoraal groot zeegras en met name klein zeegras lijken de kansen iets gunstiger, zij het nog steeds zeer beperkt, gezien het totale oppervlak van de Nederlandse Waddenzee en de arealen in de Duitse en Deense Waddenzee.

Er kunnen de nodige vraagtekens worden geplaatst bij de maatregelen die noodzakelijk zijn om duurzame zeegrasvelden in de Waddenzee mogelijk te maken. Het herstel van sublitoraal groot zeegras lijkt slechts mogelijk na uitvoering van extreem grootschalige ingrepen in het gebied; maatregelen die niet stroken met de verdere doelstellingen van het Waddengebied. Voor litoraal groot en klein zeegras liggen de kansen voor uitbreiding vooral binnen en wellicht, nu de mechanische kokkelvisserij is gestopt, ook net buiten de kwelderwerken van de Friese en Groninger kust. Hiermee doet zich de vreemde situatie voor dat duurzame zeegrasvelden slechts zijn te verwachten in de minst natuurlijke, vrijwel geheel door de mens aangelegde delen van de Waddenzee. Bovendien zullen de

bestaande velden zich waarschijnlijk niet handhaven wanneer in de toekomst geen verdere maatregelen met betrekking tot de kwelderwerken worden genomen. De in paragraaf 7.3 voorgestelde verwaarlozing van de rijshouten dammen om de zeegrasontwikkeling te bevorderen, zal echter waarschijnlijk een negatief effect hebben op de kwelders. Er zal een subtiel evenwicht moeten worden opgebouwd in de mate van beschutting, sedimentatiesnelheid en slibgehalte van de bodem, waarmee zowel het behoud van de kwelder (inclusief pionierzone en prepionierzone) wordt bewerkstelligd, als de aanwezigheid, vestiging en eventueel uitbreiding van zeegras. Het is niet zeker of dat in de praktijk ook haalbaar is op de langere termijn.

De toekomstkansen voor zeegras in de Nederlandse Waddenzee lijken zeer beperkt en alleen te realiseren door ingrijpende maatregelen in een reeds erg onnatuurlijk deel van het gebied. Men kan zich afvragen of de Waddenzee wel het juiste gebied is om te komen tot grootschalig herstel van zeegrasvelden in Nederland. Het lijkt verstandig om verder te kijken binnen Nederland, en dan met name naar het Grevelingenmeer en het Veerse Meer.

Andere locaties (Deltagebied)

Hieronder schetsen wij in het kort de kansen in het Grevelingenmeer, gebaseerd op Hoeksema (2002).

In het Deltagebied hebben zich met de uitvoering van de deltawerken ook grote veranderingen in de zeegraspopulaties voltrokken. Gedurende de laatste 25 jaar is in het Deltagebied het areaal klein zeegras met 90% afgenomen en dat van groot zeegras zelfs met 98%. In 1968, voor de afsluiting van het Grevelingenestuarium, werd het areaal aan groot en klein zeegras in dit gebied op minimaal 1200 ha geschat. Na de afsluiting in 1970 en daarmee het stopzetten van de getijdenwerking, verdween het klein zeegras, maar breidden submerse velden (permanent onder water in een getijloze situatie) van groot zeegras zich sterk uit tot een maximum van ongeveer 4400 ha. In de jaren negentig vond een sterke terugval plaats en in 2000 bleek de soort volledig verdwenen.

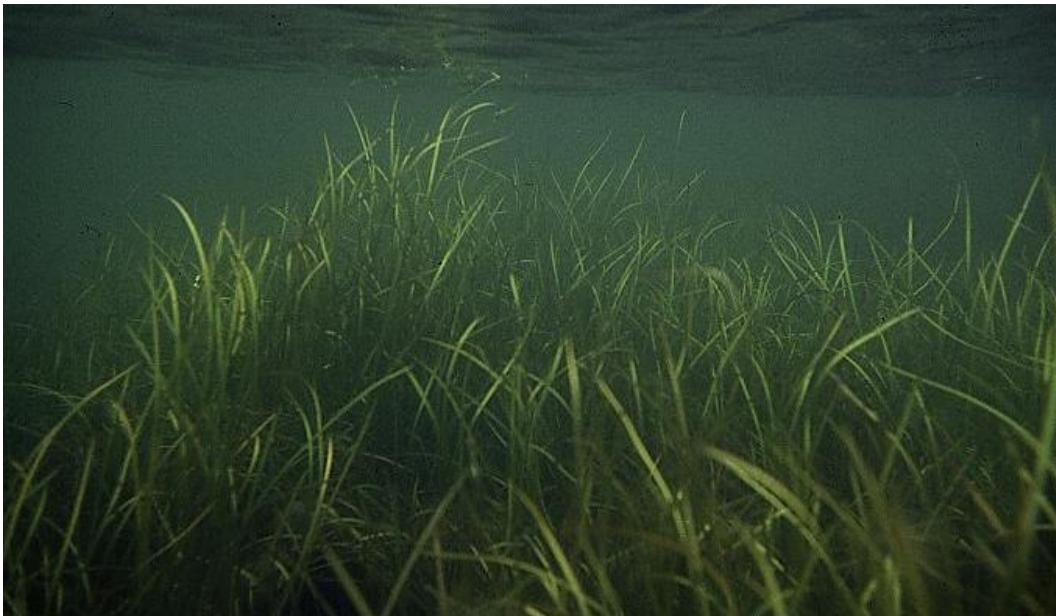
Hoewel hard bewijs ontbreekt, lijkt het hoge zoutgehalte in het meer, in samenhang met stikstoflimitatie, de meest waarschijnlijke factor achter het verdwijnen van groot zeegras. Ook de afwezigheid van uitstroom van zoet water in de nabije omgeving heeft waarschijnlijk een rol gespeeld. Tenslotte heeft een combinatie van warme zomers en het hoge zoutgehalte de vitaliteit van de planten waarschijnlijk verminderd.

Regulatie van zowel het zout- als het nutriëntengehalte in het meer is mogelijk is door de inlaat van extra rivierwater via de Grevelingendam (de spuisluis). De verdwenen periodieke zoetwateraanvoer kan verder worden hersteld door het weer in gebruik nemen van kleine lozingspunten van polderwater. Hiermee zou kunnen worden voldaan aan de voorwaarden voor het herstel van submers groot zeegras, al lijkt de volledige afwezigheid in het huidige systeem wel een actieve herintroductie te vereisen. In vergelijking met de Waddenzee lijkt het Grevelingenmeer echter een meer natuurlijker omgeving waarin met weinig ingrijpende maatregelen weer een duurzaam areaal aan groot zeegras kan worden bewerkstelligd.

Een interessant aspect van dit herstel is dat het hierbij gaat om een ondergedoken populatie, die wat betreft het ecologisch functioneren vergelijkbaar is met de vroegere

sublitorale groot zeegrasvelden in de westelijke Waddenzee (zie hoofdstuk 2). Het zijn juist deze ondergedoken zeegrasvelden (Figuur 25) die een specifiek milieu vormen voor allerlei dieren zoals jonge en kleine vissen en bodemdieren, waarvan vervolgens weer uitgebreide populaties van bijvoorbeeld vis- en plantenetende vogels leven (de Jong & de Jonge 1989). Voor de Waddenzee is een dergelijke zeegrasgemeenschap uitgebreid beschreven door van Goor (1919; geciteerd in de Jong & de Jonge 1989). Daarbij wijst hij onder andere op het bieden van schuilmogelijkheden en het functioneren als kraamkamer voor de inktvissoort gewone zeekat en voor vissen, zoals vier soorten zeenaalden en de zeestekelbaars, waarvan de meeste soorten na de ineenstorting van de sublitorale zeegrasvelden in de westelijke Waddenzee grotendeels of geheel zijn verdwenen (de Jong & de Jonge 1989). In tegenstelling tot in de Waddenzee lijken er er in het Grevelingenmeer dus mogelijkheden aanwezig te zijn om deze soorten en ook het momenteel al in de Oosterschelde voorkomende zeepaardje (D.J. de Jong, persoonlijke mededeling) weer terug te krijgen als onderdeel van een stabiele zeegrasgemeenschap.

Hoewel in veel beperktere mate dan in het Grevelingenmeer, worden in de naaste toekomst ook hernieuwde ontwikkelingsmogelijkheden van submerse groot zeegrasvelden verwacht in het Veerse Meer. In dit meer is de waterkwaliteit recent sterk verbeterd door de aanleg van een doorlaatmiddel naar de Oosterschelde. Onder het huidige tegennatuurlijke peilbeheer, waarbij de waterstand in de winter veel lager is dan in de zomer, zijn de mogelijkheden voor zeegras echter gering en treedt zowel uitdroging als vorstschade op. Men wil overgaan op een vast hoog streefpeil, waardoor het zeegras zich waarschijnlijk zal uitbreiden. Er wordt echter verwacht dat ook zeesla zich onder het nieuwe peilbeheer sterk zal uitbreiden waardoor, gezien de zwakke concurrentiepositie van zeegras ten opzichte van deze macroalg, de toename van het zeegras beperkt zal zijn (Koopman *et al.* 2006).



Figuur 25 Ondergedoken groot zeegras (foto: Radboud Universiteit Nijmegen)

8 Literatuur

- Anonymus. 1979. Richtlijn 70/409/EEG van de Raad van 2 april 1979 inzake het behoud van de vogelstand. *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen* Nr. L 103 van 25/04/1979: 1-18.
- Anonymus. 1990. *Derde Nota Waterhuishouding; water voor nu en later, Regeringsbeslissing*. SDU uitgeverij, 's Gravenhage.
- Anonymus. 1992. Richtlijn 92/43/EEG van de Raad van 21 mei 1992 inzake de instandhouding van de natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna. *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen* Nr. L 206 van 22/07/1992: 7-50.
- Anonymus. 2000a. Besluit van 28 november 2000, houdende aanwijzing van dier- en plantensoorten ingevolge de Flora- en faunawet (Besluit aanwijzing dier- en plantensoorten Flora- en faunawet). *Staatsblad 2000* 523: 1-11.
- Anonymus. 2000b. Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid. *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen* Nr. L 327 van 22/12/2000: 1-72.
- Anonymus. 2005. Wet van 20 januari 2005 tot wijziging van de Natuurbeschermingswet 1998 in verband met Europeesrechtelijke verplichtingen. *Staatsblad 2005* 195: 1-14.
- Bos, A.R. & M.M. van Katwijk. 2005. *Herintroductie van Groot zeegras (Zostera marina) in de westelijke Waddenzee (2002-2005)*. Afdeling Milieukunde, Radboud Universiteit Nijmegen.
- Bos, A.R., D.C.R. Hermus & M.M. van Katwijk. 2004. *Herintroductie van Zostera marina in de westelijke Waddenzee (2002-2006): resultatenrapportage 2003*. Afdeling Milieukunde, Radboud Universiteit, Nijmegen.
- Bos, A.R., N. Dankers, A.H. Groeneweg, D.C.R. Hermus, Z. Jager, D.J. de Jong, T. Smit, J. de Vlas, M. van Wieringen & M.M. van Katwijk. 2005. Eelgrass (*Zostera marina* L.) in the western Wadden Sea: monitoring, habitat suitability model, transplantations and communication. In: J.-L. Herrier, J. Mees, A. Salman, J. Seys, H. van Nieuwenhuysse & I. Dobbelaere (eds) *Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005' – International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats, Koksijde, Belgium, 19-23 September 2005*. VLIZ Special Publication 19: 95-109.
- Butcher, R.W. 1934. *Zostera*. Report on the present condition of eel grass on the coasts of England, based on a survey during August to October, 1933. *J. Cons. Int. Explor. Mer* 9: 96-97.
- Cabaço, S. & R. Santos. 2007. Effects of burial and erosion on the seagrass *Zostera noltii*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 340: 204-212.
- Christiansen, C., H. Christoffersen, J. Dalsgaard & P. Nørnberg. 1981. Coastal and near-shore changes correlated with die-back in eel-grass (*Zostera marina* L.). *Sediment. Geol.* 28: 163-173.
- Dankers, N. 1998. Four years of Dutch shellfish fisheries policy – and now the future. *Wadden Sea Newsl.* 1998 (1): 5-7.
- de Jong, D.J. & V.N. de Jonge. 1989. *Zeegras Zostera marina L., Zostera noltii Horn.: een ecologisch profiel en het voorkomen in Nederland*. Nota GWAO-89.1003, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, Haren.
- de Jong, D.J., M.M. van Katwijk & A.G. Brinkman. 2005. *Kansenkaart Zeegras Waddenzee: potentiële groeimogelijkheden voor zeegras in de Waddenzee*. Rapport RIKZ/2005.013, Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- de Jonge, V.N. 1990. *Schade door kokkelvisserij en mosselzadvisserij aan restanten van zeegrasvoorkomens in Waddenzee en Eems estuarium*. Notitie GWWS-90.12062. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren.
- de Jonge, V.N. 1997. High remaining productivity in the Dutch western Wadden Sea despite decreasing nutrient inputs from riverine sources. *Mar. Poll. Bull.* 34: 427-436.
- de Jonge, V.N. & D.J. de Jong. 1992. Role of tide, light and fisheries in the decline of *Zostera marina* L. in the Dutch Wadden Sea. *Neth. Inst. Sea Res. Publ. Ser.* 20: 161-176.

- de Jonge, V.N., D.J. de Jong & J. van den Bergs. 1996. Reintroduction of eelgrass (*Zostera marina*) in the Dutch Wadden Sea; review of research and suggestions for management measures. *J. Coast. Conserv.* 2: 149-158.
- de Jonge, V.N., D.J. de Jong & M.M. van Katwijk. 2000. Policy plans and management measures to restore eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Dutch Wadden Sea. *Helgol. Mar. Res.* 54: 151-158.
- de Jonge, V.N., K. Essink & R. Boddeke. 1993. The Dutch Wadden Sea: a changed ecosystem. *Hydrobiologia* 265: 45-71.
- de Jonge, V.N., J. van den Bergs & D.J. de Jong. 1997. *Zeegras in de Waddenzee; een toekomstperspectief. Beheersaanbevelingen voor het herstel van Groot en Klein zeegras.* Rapport RIKZ 97.016. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee / Directie Noord-Nederland, Haren / Middelburg / Leeuwarden.
- den Hartog, C. 1970. The sea-grasses of the world. *Verh. K. Ned. Akad. Wetensch., Afd. Natuurk. Serie 2*, 59: 1-275.
- den Hartog, C. 1987. "Wasting disease" and other dynamic phenomena in *Zostera* beds. *Aquat. Bot.* 27: 3-14.
- den Hartog, C. & P.J.G. Polderman. 1975. Changes in the seagrass populations of the Dutch Wadden Sea. *Aquat. Bot.* 1: 141-147.
- Dijkema, K., A. Nicolai, J. de Vlas, C. Smit, H. Jongerius & H. Nauta. 2001. *Van landaanwinning naar kwelderwerken.* Rijkswaterstaat directie Noord-Nederland & Alterra, Texel, Leeuwarden.
- Doeglas, G., D.J. de Jong, T. Smit & M. van Wieringen. 2006. *Workshop 'Kansen voor Zeegras in de Waddenzee?!': verslag van de bijeenkomst op 23 mei 2006 in het Natuurmuseum Fryslân te Leeuwarden.* Rijkswaterstaat Noord-Holland, Haarlem.
- Elbersen, J.W.H., P.F.M. Verdonchot, B. Roels & J.G. Hartholt. 2003. *Definitiestudie KaderRichtlijn Water (KRW): I. Typologie Nederlandse oppervlaktewateren.* Alterra-rapport 669, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.
- Erfteijmer, P.L.A. 2005. *Trendanalyse van zeegrasverspreiding in de Nederlandse Waddenzee 1988-2003.* Rapport Z3880, WL | delft hydraulics, Delft.
- Erfteijmer, P.L.A. & J.K.L. van Beek. 2004. *Herstel van zeegrasvelden in de Nederlandse Waddenzee: de rol van zaadtransport.* Rapport Z3756, WL | delft hydraulics, Delft.
- Essink, K. 1992. Restrictions for cockle and mussel fishery in the Dutch Wadden Sea. *Wadden Sea Newsl.* 1992 (2): 18-19.
- Essink, K., J. de Vlas, R. Nijssen & G.J.M. Poot. 2003. *Evaluatieonderzoek schelpdiervisserij 2^e fase (EVA II), deelonderzoek E: Heeft mechanische kokkelvisserij invloed gehad op de ontwikkeling van zeegras in de Nederlandse Waddenzee?* Rapport RIKZ 2003.026. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Haren.
- Essink, K., C. Dettmann, H. Farke, K. Laursen, G. Lüerßen, H. Marencic & W. Wiersinga (eds.). 2005. *Wadden Sea Quality Status Report 2004.* Wadden Sea Ecosystem No. 19. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
- Gambi, M.C., A.R.M. Nowell & P.A. Jumars. 1990. Flume observations on flow dynamics in *Zostera marina* (eelgrass) beds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 61: 159-169.
- Gebiedendocument Waddenzee. 2007. *Natura 2000 gebied 1 - Waddenzee.* http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/gebieden/001/001_gebiedendocument_Waddenzee_maart%202007.pdf
- Giesen, W.B.J.T., M.M. van Katwijk & C. den Hartog. 1990a. Eelgrass condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquat. Bot.* 37: 71-85.
- Giesen, W.B.J.T., M.M. van Katwijk & C. den Hartog. 1990b. Temperature, salinity, insolation and wasting disease of eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Dutch Wadden Sea in the 1930's. *Neth. J. Sea Res.* 25: 395-404.
- Groeneweg, A.H. 2006. *Zeegraskartering Oosterschelde en Waddenzee 2005, deels op basis van false colour-luchtfoto's 1:10.000.* Rapport AGI-2006-GSMH-010. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Geo-informatie en ICT, Delft.

- Hermus, D.C.R. 1995. *Herinstructie van zeegras in de Waddenzee*. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Hoeksema, H.J. 2002. *Grevelingenmeer van kwetsbaar naar weerbaar? Een beschrijving van de ontwikkelingen van 1996 tot 2001 en een toetsing aan het beleid*. Rapport RIKZ/2002.033, Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- Hootsmans, M.J.M., J.E. Vermaat & W. van Vierssen. 1987. Seed-bank development, germination and early seedling survival of two seagrass species from the Netherlands: *Zostera marina* L. and *Z. noltii* Hornemann. *Aquat. Bot.* 28: 275-285
- IBW. 1995. *Interprovinciaal Beleidsplan Waddenzeegebied*. Stuurgroep Waddenprovincies, Provinciehuis Friesland, Leeuwarden.
- Kamermans, P., M.A. Hemminga & D.J. de Jong. 1999. Significance of salinity and silicon levels for growth of a formerly estuarine eelgrass (*Zostera marina*) population (Lake Grevelingen, The Netherlands). *Mar. Biol.* 133: 527-539.
- Koopman, A.D.G., J.A. Inberg & H.A.M. Prinsen. 2006. *Betekenis Veerse Meer voor beschermde soorten in relatie tot peilbeheer: effectenbeoordeling in het kader van de Flora- en faunawet naar aanleiding van vier mogelijke peilalternatieven*. Rapport 05-243. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- LNV. 2004. *Besluit van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit van ..., TRCJZ/2004/5727, houdende vaststelling van rode lijsten flora en fauna*. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag.
- LNV. 2006. *Natura 2000 doelendocument*. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag.
- Marijnissen, S., B. Frederiks, T. Smit & K. van de Ven. 2001. *Emissies naar de Waddenzee 1985-1999*. Rapport RIKZ/2001.048. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Haren.
- Martinet, J.F. 1782. Verhandelingen over het wier der Zuiderzee. *Verh. Holl. Maatsch. Wetensch. (Haarlem)* 20 (2): 54-119.
- McRoy, C.P. 1966. *The standing stock and ecology of eelgrass, Zostera marina, Izembek Lagoon, Alaska*. MSc Thesis, University of Washington, Seattle.
- Nienhuis, P.H. & E.T. van Ierland. 1978. Consumption of eelgrass, *Zostera marina*, by birds and invertebrates during the growing season in Lake Grevelingen (SW Netherlands). *Neth. J. Sea Res.* 12: 180-194.
- Olesen, B. & K. Sand-Jensen. 1994. Patch dynamics of eelgrass *Zostera marina*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 106: 147-156.
- Oost, A.P. & P.A.H. Kleine Punte. 2004. *Autonome morfologische ontwikkeling westelijke Waddenzee*. Rapport RIKZ/2004.021, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Oudemans, C.A.J.A., J.F.W. Conrad, P. Maats Jr. & L.J. Bouricius. 1870. Bijlage V. Verslag der staatscommissie in zake de wiermaayerij. In: *Verslag aan den Koning over de Openbare Werken in het jaar 1869*. Algemeene Landsdrukkerij, 's-Gravenhage. pp. 199-231.
- Pasterkamp, R. & J.E. Vermaat. 2004. *Evaluatie toepasbaarheid voorlopige kwantitatieve slibnormen voor Nederlandse kustwateren*. Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM), Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Philippart, C.J.M. 1994. *Eutrophication as a possible cause of decline in the seagrass Zostera noltii of the Dutch Wadden Sea*. Proefschrift, Universiteit Wageningen.
- Philippart, C.J.M. 1995. Effects of shading on growth, biomass and population maintenance of the intertidal seagrass *Zostera noltii* Hornem. in the Dutch Wadden Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 188: 199-213.
- Philippart, C.J.M. & G.C. Cadée. 2000. Was total primary production in the western Wadden Sea stimulated by nitrogen loading? *Helgol. Mar. Res.* 54: 55-62.
- Philippart, C.J.M. & K.S. Dijkema. 1995. Wax and wane of *Zostera noltii* Hornem. in the Dutch Wadden Sea. *Aquat. Bot.* 49: 255-268.
- Philippart, C.J.M., K.S. Dijkema & J. van der Meer. 1992. Wadden Sea seagrasses: where and why? *Publ. Ser. Neth. Inst. Sea Res.* 20: 177-191.

- Polderman, P.J.G. & C. den Hartog. 1975. De zeegrassen in de Waddenzee. *Wetensch. Meded. KNNV* 107: 1-32.
- Pot, R. (red.). 2005. *Default-MEP/GEP's voor sterk veranderde en kunstmatige wateren, concept versie 8 (30 november 2005)*. STOWA, Utrecht.
- Ranwell, D.S., D.W. Wyer, L.A. Boorman, J.M. Pizzey & R.J. Waters. 1974. *Zostera* transplants in Norfolk and Suffolk, Great Britain. *Aquacult.* 4: 185-198.
- Rus, J.S., Th. Ietswaart, M.J. van Endt, M. Bakker, C. van Holsteijn & D. As. 2001. *Verkenning Lauwersmeergebied*. Werkdocument project 25665. IWACO, Groningen.
- TMAP. 2000. *TMAP Manual, version June 2000*. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
- TWP. 1997. Trilateral Wadden Sea Plan. In: *Ministerial Declaration of the eighth Trilateral Governmental Conference on the protection of the Wadden Sea. Stade, October 1997, annex 1*. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
- van Beusekom, J.E.E., H. Fock, F. de Jong, S. Diel-Christiansen & B. Christiansen. 2001. *Wadden Sea specific eutrophication criteria*. Wadden Sea ecosystem no.14. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
- van den Berg, M., H. Coops, R. Pot, W. Altenburg, R. Nijboer, T. van den Broek, M. Fagel, G. Arts, R. Bijkerk, H. van Dam, T. Ietswaart, J. van der Molen, K. Wolfstein, D. de Jong & H. Hartholt. 2004. *Achtergrondrapportage referenties en maatlatten waterflora: rapportage van de expertgroepen macrofyten en fytoplankton*. www.stowa.nl.
- van der Graaf, A.J. & J.H. Wanink. 2007. *Zeegras in de Waddenzee: onderzoek naar het uitblijven van de groei van zeegras in de Waddenzee*. Rapport 2007-097, Bureau Koeman en Bijkerk, Haren.
- van der Heide, T., M.M. van Katwijk & G.W. Geerling. 2006. *Een verkenning van de groeimogelijkheden van ondergedoken Groot zeegras (Zostera marina) in de Nederlandse Waddenzee*. Onderzoekscentrum B-WARE / Ecoscience / GIS-Advies, Radboud Universiteit Nijmegen.
- van der Hoeven, P.C.T. 1982. *Watertemperatuur en zoutgehaltewaarnemingen van het Rijksinstituut voor Visserij-Onderzoek (RIVO): 1860-1981*. Wetenschappelijk Rapport WR 82-8. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt.
- van der Molen, D.T. & R. Pot (red.). 2007. *Referenties en maatlatten voor de natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water*. Rapportnummer 2007-32. STOWA, Utrecht.
- van Dijk, S. & M.M. van Katwijk. 2002. *Aanleg en nulsituatie van mosselbanken op Balgzand 2002*. Afdeling Milieukunde, Radboud Universiteit, Nijmegen.
- van Duin, W., K. Dijkema & D. Bos. 2007. *Cyclisch beheer kwelderwerken Friesland*. Wageningen IMARES / Altenburg & Wymenga, Den Burg, Texel / Veenwouden.
- van Goor, A.C.J. 1919. Het zeegras (*Zostera marina* L.) en zijn beteekenis voor het leven der visschen. *Rapp. Verh. Rijksinst. Viss. Onderz.* 1: 415-498.
- van Katwijk, M.M. 1992. *Herintroductie van zeegras in de Waddenzee. 1. Mesocosmexperimenten met Groot zeegras (Zostera marina L.)*. Aquatische Oecologie en Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- van Katwijk, M.M. 1999. *Mogelijkheden van stabilisatietechnieken bij zeegrastransplantatie*. Aquatische Oecologie en Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- van Katwijk, M.M. 2000. *Possibilities for restoration of Zostera marina beds in the Dutch Wadden Sea*. Proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- van Katwijk, M.M. 2003. Reintroduction of eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Dutch Wadden Sea: a research overview and management vision. In: W.J. Wolff, K. Essink, A. Kellermann & M.A. van Leeuwe (eds) *Challenges to the Wadden Sea: proceedings of the 10th International Scientific Wadden Sea Symposium, Groningen, 2000*. Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries / University of Groningen, Dept. of Marine Biology, Haren. pp. 173-195.
- van Katwijk, M.M. & A.G. Brinkman. 2004. *Groeivoorwaarden van Groot zeegras met betrekking tot nutriënten en saliniteit en Waddenzeebrede schatting van stikstofbelasting*. Katholieke Universiteit Nijmegen / Alterra, Texel.

- van Katwijk, M.M. & D.C.R. Hermus. 2000. Effects of water dynamics on *Zostera marina*: transplantation experiments in the intertidal Dutch Wadden Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 208: 107-118.
- Van Katwijk, M.M. & G.H.W. Schmitz. 1993. *Herintroductie van Zeegras in de Waddenzee: beplantingen 1991 en 1992*. Aquatische Oecologie en Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- van Katwijk, M.M. & L.J.M. Wijgergangs. 2000. *Enkele voorwaarden voor kieming en zaailingontwikkeling van Groot zeegras (Zostera marina)*. Aquatische Oecologie en Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- van Katwijk, M.M. & L.J.M. Wijgergangs. 2004. Effects of locally varying exposure, sediment type and low-tide water cover on *Zostera marina* recruitment from seed. *Aquat. Bot.* 80: 1-12.
- van Katwijk, M.M., A.R. Bos & D.C.R. Hermus. 2005. *Klein zeegras en Snavelruppia op het Balgzand: een transplantatiesucces en een spontane vestiging aan het begin van de 21^e eeuw*. Afdeling Milieukunde, Radboud Universiteit Nijmegen.
- van Katwijk, M.M., S. van Pelt & N. Dankers. 2002. *Herintroductie van Groot zeegras in de westelijke Waddenzee (2002-2006): inventarisatie van bestaande kennis, selectie van locaties en plan van aanpak*. Werkdocument RIKZ/OS/2002.609x. Afdeling Milieukunde, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- van Katwijk, M.M., L.J.M. Wijgergangs & D.C.R. Hermus. 2000b. *Standplaatsonderzoek Groot zeegras (Zostera marina L.): vergelijking van vier Nederlandse zeegrasvelden*. Leerstoelgroep Aquatische Oecologie en Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- van Katwijk, M.M., G.H.W. Schmitz, A.M. Gasseling & P.H. van Avesaath. 1999. Effects of salinity and nutrient load and their interaction on *Zostera marina*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 190: 155-165.
- van Katwijk, M.M., G.H.W. Schmitz, L.S.A.M. Hanssen & C. den Hartog. 1998. Suitability of *Zostera marina* populations for transplantation to the Wadden Sea as determined by a mesocosm shading experiment. *Aquat. Bot.* 60: 283-305.
- van Katwijk, M.M., L.H.T. Vergeer, G.H.W. Schmitz & J.G.M. Roelofs. 1997. Ammonium toxicity in eelgrass *Zostera marina*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 157: 159-173.
- van Katwijk, M.M., D.C.R. Hermus, D.J. de Jong, R.M. Asmus & V.N. de Jonge. 2000a. Habitat suitability of the Wadden Sea for restoration of *Zostera marina* beds. *Helgol. Mar. Res.* 54: 117-128.
- van Katwijk, M.M., G.W. Geerling, R. Rašín, R. van 't Veer, A.R. Bos, D.C.R. Hermus, M. van Wieringen, Z. Jager, A. Groeneweg, P.L.A. Erfteijer, T. van der Heide & D.J. de Jong. 2006. Macrophytes in the western Wadden Sea: monitoring, invasion, transplantations, dynamics and European policy. In: K. Laursen (ed.) *Proceedings from the 11. Scientific Wadden Sea Symposium, Esbjerg, Denmark, 4.-8. April, 2005*. NERI Technical Report No. 573: 89-98.
- Van Pelt, S. & M.M. van Katwijk. 2003. *Herintroductie Zostera marina in de westelijke Waddenzee (2002-2006): aanplant groot zeegras op het Balgzand juli 2002*. Afdeling Milieukunde, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Van Pelt, S., M.M. van Katwijk & N. Dankers. 2003. *Herintroductie Zostera marina in de westelijke Waddenzee (2002-2006): resultatenrapportage activiteiten 2002*. Afdeling Milieukunde, Katholieke Universiteit Nijmegen / Alterra, Den Burg.
- VROM. 1994. *Planologische kernbeslissing Tweede Nota Waddenzee, deel 4, tekst na goedkeuring door de Tweede en Eerste Kamer*. Ministerie van VROM, Den Haag.
- VROM. 2007. *Ontwikkeling van de wadden voor natuur en mens: deel 4 van de planologische kernbeslissing Derde Nota Waddenzee, tekst na parlementaire instemming*. Ministerie van VROM, in samenwerking met de ministeries van LNV, VenW en EZ, Den Haag.
- Wijgergangs, L.J.M. 1994. *Zeegras in het Grevelingenmeer en de Oosterschelde, relatie met voedingsstoffen en zoutgehalte*. Rapport KU-Nijmegen, Vakgroep Oecologie, Werkgroep Aquatische Oecologie.
- Wijgergangs, L.J.M. & D.J. de Jong. 1999. *Een ecologisch profiel van zeegras*. Katholieke Universiteit Nijmegen / RIKZ Middelburg.

Bijlage I Zeegraskarteringen

Per jaar worden arealen (ha) litoraal groot en klein zeegras gegeven voor verschillende bedekkingspercentages. De RWS BIOMON-karteringen (MWTl) zijn op basis van luchtfoto's en veldwerk. De oude karteringen zijn op basis van alleen veldmetingen en daarmee als regel wat globaler van karakter.

RWS BIOMON-karteringen

Groninger kwelderwerken – klein zeegras

Bedekking	1991	1996	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0-5%	0,0	9,8	35,7	78,6	21,5	31,0	33,9	68,3	96,3	25,8	31,9
5-20%	5,3	0,0	0,0	0,5	0,1	6,1	0,3	7,9	10,7	12,8	22,7
20-40%	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	2,5	0,9	3,0	1,5	10,6	38,1
40-60%	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	0,0	19,7
60-80%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	23,5
80-100%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	2,2
totaal >5%	5,9	0,0	0,0	0,5	1,9	8,6	1,2	11,0	17,3	23,4	106,2
totaal	5,9	9,8	35,7	79,1	23,4	39,6	35,1	79,3	113,6	49,2	138,1

Terschelling-Hoorn – klein zeegras

Bedekking	1991	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0-5%	0,0	5,3	0,6	0,2	10,9	49,1	9,0	7,0	0,7	1,7	3,2	0,1
5-20%	0,3	5,5	3,3	0,6	1,1	4,3	4,2	4,7	6,6	0,9	1,7	3,5
20-40%	0,5	1,6	1,3	2,3	1,2	10,8	2,9	3,7	1,6	2,1	5,8	1,6
40-60%	6,7	0,6	0,7	0,0	1,7	2,5	5,5	4,2	0,0	3,1	0,0	0,1
60-80%	12,5	2,2	2,2	14,1	2,6	4,7	6,5	0,2	8,9	8,1	0,0	0,0
80-100%	0,0	2,4	5,3	0,0	8,6	9,9	0,8	5,9	2,0	0,0	0,0	0,0
totaal >5%	20,0	12,3	12,8	17,0	15,2	32,2	19,9	18,7	19,1	14,2	7,5	5,2
totaal	20,0	17,6	13,4	17,2	26,1	81,3	28,9	25,7	19,8	15,9	10,7	5,3

Terschelling-haven – groot zeegras

Bedekking	1988	1991	1995	1997	1998	1999	2000	2001	
0-5%	6,6	0,0	8,5	2,3	1,0	5,0	4,1	1,9	geen karteringen meer
5-20%	7,0	4,3	7,7	1,9	0,6	0,8	0,2	0,0	ivm ontbreken zeegras
20-40%	1,1	1,7	2,7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
40-60%	0,1	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
60-80%	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
80-100%	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
totaal >5%	8,2	23,0	10,4	3,0	0,6	0,8	0,2	0,0	
totaal	14,8	23,0	18,9	5,3	1,6	5,8	4,3	1,9	

Hond-Paap – groot zee gras

Bedekking	1988	1991	1994	1995	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<1%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	109,2
0-5%	0,0	0,0	0,0	31,5	64,4	50,8	53,4	68,1	107,9	165,9	169,1	256,6	122,7	48,4
5-20%	0,0	9,7	13,6	21,3	54,4	30,6	17,7	42,5	78,7	56,1	79,9	13,7	6,1	1,3
20-40%	13,1	0,0	13,1	1,5	35,3	32,5	10,0	13,5	0,7	4,0	7,1	0,0	3,0	0,0
40-60%	0,0	0,0	0,0	9,3	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60-80%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80-100%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
totaal >5%	13,1	9,7	26,7	32,1	95,0	63,1	27,7	56,0	79,4	60,1	87,0	13,7	9,1	1,3
totaal	13,1	9,7	26,7	63,6	159,4	113,9	81,1	124,1	187,3	226,0	256,1	270,3	131,8	158,9

Voolhok – groot zee gras

Bedekking	2003	2004	2005	2006
0-5%	4,1	12,0	9,6	5,2
5-20%	2,1	0,6	0,9	1,0
20-40%	0,0	0,0	0,0	0,0
40-60%	0,0	0,0	0,0	0,0
60-80%	0,0	0,0	0,0	0,0
80-100%	0,0	0,0	0,0	0,0
totaal >5%	2,1	0,6	0,9	1,0
totaal	6,2	12,6	10,5	6,2

Oude karteringen

Groninger kwelderwerken – klein en groot zeegras

Bedekking	1975	1981	1983	1986	1987	1987 netto
0-5%	3,9	10,3	8,8	1,9	142,4	2,8
6-10%	3,1	11,2	7,2	1,7	14,3	1,2
11-25%	0,0	0,0	5,3	0,0	5,9	1,2
26-50%	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0
50-75%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Zostera marina</i>					8,6	
totaal >5%	3,1	11,2	14,7	1,7	20,2	2,4
totaal	7,0	21,5	23,5	3,6	171,2	5,2
	vakken west	vakken west	totaal	vakken oost	totaal	

Balgzand – klein en groot zeegras

Bedekking	1972
0-5%	12,9
5-20%	66,9
totaal >5%	66,9
totaal	79,8

Terschelling-Oostereind – klein en groot zeegras

Bedekking	1972	1974	1988
0-5%	116,1	11,4	26,8
5-20%	12,9	12,1	6,2
20-40%	3,5	4,4	2,4
40-60	0,0	0,0	1,4
totaal >5%	16,4	16,5	10,0
totaal	132,5	27,9	36,8

Terschelling-midden – klein zeegras

	De Keeg	De Ans	De Ans
Bedekking	1985	1985	1989
0-1%	0,5	1,3	
1-5%			3,6
1-10%	0,6	1,5	
10-15%			0,3
10-25%	0,2	0,1	
20-25%			0,3
30-50%			1,3
55-75%			1,0
75-100%			0,5
totaal >5%	0,6	1,2	3,4
totaal	1,3	2,9	7,0

Bijlage II Verspreidingskaarten Groninger kust (tijdserie)

