

# Kansenkaart Zeegras Waddenzee

Potentiële groeimogelijkheden voor zeegras in de  
Waddenzee

2 augustus 2005

D.J. de Jong<sup>\*</sup>  
M.M. van Katwijk<sup>\*\*</sup>  
A.G. Brinkman<sup>\*\*\*</sup>

Rapport RIKZ/2005.013

---

<sup>\*</sup> Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS-RIKZ)

<sup>\*\*</sup> Radboud Universiteit Nijmegen (RUN)

<sup>\*\*\*</sup> Alterra Texel (WUR)



---

## Inhoudsopgave

.....

<b>Samenvatting</b> .....	<b>5</b>
<b>Summary</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Inleiding</b> .....	<b>7</b>
1.1 Achtergrond .....	7
1.2 Doel .....	8
1.3 Leeswijzer.....	8
<b>2. Werkwijze</b> .....	<b>9</b>
2.1 Parameters .....	9
2.2 Bepalen HSI-relaties.....	9
2.3 Kansenskaart.....	11
<b>3. Geschatte HSI-relaties</b> .....	<b>13</b>
3.1 Droogvalduur .....	13
3.2 Golven .....	14
3.3 Stroomsnelheid.....	15
3.4 Zoutgehalte .....	15
3.5 Ammonium-flux uit de bodem .....	16
3.6 Interactie ammonium en zoutgehalte .....	17
<b>4. Kansenskaart zeegras</b> .....	<b>19</b>
<b>5. Gevoeligheidsanalyse</b> .....	<b>21</b>
<b>6. Discussie</b> .....	<b>23</b>
<b>7. Conclusies en aanbevelingen</b> .....	<b>27</b>
<b>Literatuur</b> .....	<b>29</b>
<b>Bijlage A Parameterkaarten, HSI-relaties en gecombineerde Kansenskaart zeegras</b> .....	<b>30</b>
<b>Bijlage B Groeivoorwaarden van Groot zeegras met betrekking tot nutriënten en saliniteit</b> .....	<b>31</b>
<b>Bijlage C Afbeeldingen Groot en Klein zeegras</b> .....	<b>32</b>
<b>Bijlage D Gegevensblad bij RWS-RIKZ rapporten</b> .....	<b>33</b>
<b>Bijlage E Disclaimers op RWS-RIKZ publicaties</b> .....	<b>34</b>

---

---

---

## Samenvatting

---

Dit rapport beschrijft de wijze waarop de kanskaart voor litoraal (droogvallend) Groot en Klein zeegras in de Waddenzee is gemaakt. Er was behoefte aan een dergelijke kaart voor het herintroduceren van Groot zeegras in de Waddenzee en tevens voor het bepalen van gebieden die potentieel geschikt zijn voor zeegras en die beschermd zouden kunnen worden tegen verstoring door bijvoorbeeld bodemberoerende visserij. Daarnaast kan deze kaart mogelijk gebruikt worden bij het bepalen van doelstellingen voor een goede kwaliteit van het watersysteem als onderdeel van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW).

De kanskaart is gemaakt op basis van de parameters droogvalduur, hydrodynamiek (stroming, golven), zoutgehalte en ammoniumflux. De relaties tussen deze parameters en het voorkomen van zeegras zijn bepaald volgens de methode van de Habitat Geschiktheids Index (HSI-methode). De kanskaart laat zien, op basis van de huidige kennis, dat potentieel ca. 180 ha zeer geschikt en ca. 1750 ha geschikt is voor zeegras.

Voor diverse parameters zijn aannamen gedaan over de relatie met het voorkomen van litoraal zeegras; de kaart kan dan ook nog worden verbeterd indien meer inzicht kan worden verkregen over deze relaties.

Naast het verbeteren van de parameterkaarten en relaties verdient het aanbeveling om:

1. de kanskaart te valideren in een ander maar vergelijkbaar gebied, bijvoorbeeld de Duitse en/of Deense Waddenzee;
2. de kaart periodiek aan te passen aan de actuele (veranderlijke) systeemkenmerken. Het Waddengebied is nu eenmaal een dynamisch gebied;
3. een vergelijkbare kanskaart te maken voor sublitoraal (ondergedoken) Groot zeegras, om te zien of er ergens in de Waddenzee nog groeimogelijkheden zijn voor deze (onder)soort/variëteit.

---

## Summary

---

This report describes the methods used to construct the Seagrass Opportunities Map for intertidal (regularly exposed) Eelgrass and Dwarf Grass-wrack in the Wadden sea. Such a map was required for the Eelgrass reintroduction scheme in the Wadden Sea, as well as to identify areas that might offer suitable conditions for seagrass and could be protected against disturbance by factors like fishing gear that stirs up the sediment. In addition, the map might be suitable in defining water system quality targets under the EU Water Framework Directive.

The Opportunities Map is based on four parameters: tidal exposure, hydrodynamics (current, wave action), salinity and ammonium flux. The Habitat Suitability Index (HIS) was used to assess the relations between these parameters and the occurrence of seagrass. The Opportunities Map shows that, based on current knowledge, a total area of about 180 ha should be highly suitable for seagrass, while about 1750 ha should be suitable.

Since various assumptions had to be made about the relations between some of these parameters and the occurrence of seagrass in intertidal zones, new insights into these relations may well lead to further improvements to the map.

In addition to improving the parameter maps and the current insights into these relations, it would also be useful to:

1. validate the Opportunities Map for a different but comparable region, such as the German and/or Danish parts of the Wadden Sea;
2. periodically update the map to take account of changes in system features, since the Wadden Sea is a highly dynamic environment;
3. produce a similar opportunities map for the subtidal (non-exposed) variety of Eelgrass, to identify any potential areas in the Wadden Sea that might be suitable for this variety/subspecies.

---

# 1. Inleiding

---

## 1.1 Achtergrond

In de Nederlandse Waddenzee waren zeegrassen vroeger een normale verschijning. Het betrof twee soorten, Klein zeegras (*Zostera noltii*) en Groot zeegras (*Zostera marina*). Van Groot zeegras kwamen twee vormen voor die waarschijnlijk aparte ondersoorten (conform de engelse flora) zijn, het breedbladig (robuust) Groot zeegras (*Z. marina marina*) en het smalbladig (flexibel) Groot zeegras (*Z. marina stenophylla*)<sup>1</sup>.

Het breedbladig (robuust) Groot zeegras groeide over grote oppervlakken in de westelijke Waddenzee in een zone rond de laagwaterlijn, ruwweg tussen Wieringen en de Friese kust. Deze vorm van Groot zeegras is verdwenen door de zeegrasziekte die in die periode in grote delen van West Europa toesloeg. Deze ondersoort is daarna niet meer teruggekomen, waarschijnlijk als gevolg van grote veranderingen in zoutgehalte, troebelheid en waterstromingen door de afsluiting van de Zuiderzee. Mogelijk heeft de totale afwezigheid van deze ondersoort tot in de verre omtrek hier ook een rol in gespeeld.

Het smalbladig (flexibel) Groot zeegras komt nog steeds voor in de Waddenzee. Het groeit tussen de hoog- en laagwaterlijn, litoraal, evenals Klein zeegras. Omdat beide soorten regelmatig door of naast elkaar voorkomen zullen de groeivoorwaarden voor beide soorten ongeveer vergelijkbaar zijn. Wel is duidelijk dat er op detailniveau verschillen zijn in de groei-eisen. Er is bijvoorbeeld een verschil tussen beide soorten wat betreft de reactie op achterblijvend water op de wadbodem: Groot zeegras groeit bij voorkeur in kleine depressies waar wat water achterblijft, terwijl Klein zeegras bij voorkeur groeit op kleine ophogingen waar juist geen water achterblijft. Over deze beide soorten zijn uit het verleden weinig kwantitatieve gegevens bekend over het voorkomen. Pas vanaf de jaren '50 komen er kaartjes en beschrijvingen beschikbaar. Vermoedelijk als gevolg van een grotere troebelheid in de jaren 1970-80 zijn deze beide soorten sterk achteruit gegaan en in de westelijke Waddenzee zelfs nagenoeg verdwenen; Terschelling was uiteindelijk de meest westelijke vindplaats van beide soorten (Wijgergangs & De Jong, 1999).

In het kader van de Derde Nota Waterhuishouding (Anonymus 1990) en het Integraal Beheersplan Waddenzee (Anonymus 1996) wordt geprobeerd om beide soorten zeegras weer op redelijke schaal in de Waddenzee terug

---

<sup>1</sup> Volgens de Flora Europaea betreft het aparte soorten. Volgens de Nederlandse flora betreft het één soort, maar die wordt qua levenswijze alleen beschreven als robuuste, die rond de gemiddelde laagwaterlijn groeit; de andere (flexibele) vorm wordt hierin niet apart beschreven.

---

te krijgen. Onderdeel hiervan is een herintroductieprogramma om Groot zeegras weer terug te krijgen in de westelijke Waddenzee door middel van aanplanten op het Balgzand. Deze aanplanten moeten als kern gaan fungeren voor verdere expansie in de westelijke (en oostelijke) Waddenzee.

## **1.2 Doel**

Voor het bepalen van geschikte locaties voor herintroductie was behoefte aan een kansenkaart voor zeegras, waarin de meest geschikte locaties voor zeegras staan. Daarnaast had de beheerder ook behoefte aan een dergelijke kaart met groeikansen om, naast de gebieden waarin zeegras actueel voorkomt, ook de potentieel voor zeegras geschikte gebieden te kunnen beschermen tegen verstoring (door onder andere bodemberoerende visserij). Tenslotte biedt de kaart aanknopingspunten bij het bepalen van doelstellingen voor een goede kwaliteit van het watersysteem als onderdeel van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Op basis van het gegeven dat beide zeegrassoorten regelmatig door of naast elkaar voorkomen wordt hierbij aangenomen dat de groeivoorwaarden voor beide ongeveer vergelijkbaar zijn. De detailverschillen zijn niet meegenomen, alleen al omdat de benodigde informatie hierover nauwelijks gebiedsbreed is te verzamelen en te karteren.

## **1.3 Leeswijzer**

Eerst wordt de gevolgde werkwijze beschreven (H2). Daarna wordt beschreven welke parameters en modellen zijn gebruikt om tot een kansenkaart te komen (H3). Tenslotte wordt de kansenkaart zelf beschreven (H4) en worden kanttekeningen gemaakt bij het geheel (H5 en 6). Het rapport wordt afgesloten met enkele conclusies en aanbevelingen (H7).



---

## 2. Werkwijze

---

Bij het maken van de kanskaart werd gebruik gemaakt van de 'Habitat Suitability Index'-methode, ofwel HSI-methode. Deze methode bestond globaal uit de volgende stappen:

- bepalen welke parameters relevant zijn voor de soort en die in kaartvorm beschikbaar maken (parameterkaarten)
- bepalen welke relaties er zijn tussen de parameters en de soort (HSI-relaties)
- vertalen van de HSI-relaties naar de parameter-kanskaarten
- combineren van deze kaarten tot de potentiële aanwezigheidskaart oftewel de kanskaart.

Deze stappen worden hieronder toegelicht.

### 2.1 Parameters

De kanskaart is gebaseerd op de factoren die van groot belang zijn voor het voorkomen van zeegras. Concreet zijn de volgende parameters gebruikt:

- droogvalduur (% van de dag)
- stroomsnelheid (m/s)
- golfaanval (via orbitaalsnelheid; m/s)
- zoutgehalte (PSU)
- ammoniumflux (kg/ha per jaar)

Van bovengenoemde parameters werden parameterkaarten gemaakt, waarop de ruimtelijke ligging van de parameterwaarden te zien is. Hiervan werd alleen de bodemhoogte (nodig voor het berekenen van de droogvalduur) gebiedsdekkend gemeten. Omdat de andere parameters slechts op enkele punten in het watersysteem werden gemeten, zijn deze via modellen berekend, aangezien dit de enige manier is om gebiedsdekkende kaarten te verkrijgen. Deze modelberekeningen werden gemaakt uitgaand van bepaalde omstandigheden wat betreft windsterkte, windrichting(en), zoetwaterafvoer en dergelijke (zie H3).

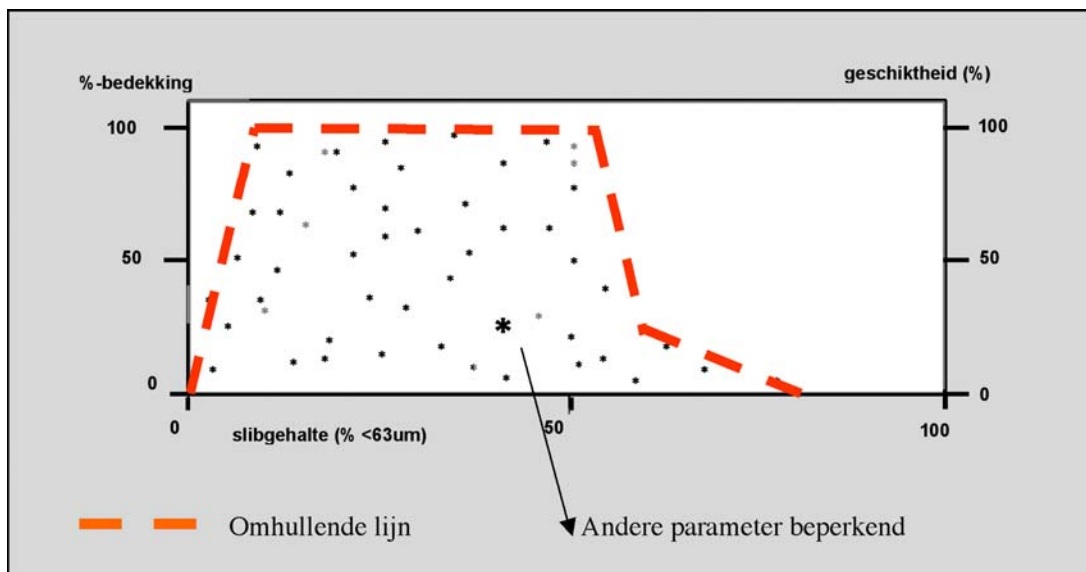
### 2.2 Bepalen HSI-relaties

Per parameter is een relatie bepaald tussen die parameter en de aanwezigheid van zeegras volgens de habitatgeschiktheidsindex (HSI). De relatie tussen het voorkomen van een soort en een bepaalde parameter levert een puntenwolk op. De lijn die als omhullende om die puntenwolk kan worden getrokken (of berekend) geeft in principe de relatie aan tussen de parameter en de betreffende soort (Figuur 1).

Lagere percentages geschiktheid bij een bepaalde parameterwaarde geven aan dat een of meer andere factoren beperkend zijn.

**Figuur 1**

Voorbeeld voor het bepalen van een HSI-relatie; op basis van een set waarnemingen wordt een omhullende lijn bepaald.



Het bepalen van de omhullende lijn kan op verschillende manieren worden gedaan:

1. op het oog (zie Figuur 1).
2. met behulp van quantielregressie: bij voldoende waarnemingspunten kan een statistische benadering worden toegepast, waarbij een lijn wordt berekend door (bijvoorbeeld) de 90% percentielgrens<sup>2</sup>. Voordeel van deze tweede benadering is dat de relatie op reproduceerbare wijze wordt vastgesteld, waarbij uitbijters (extreme waarden) buiten beschouwing blijven. De informatie wordt in beide gevallen bij voorkeur gehaald uit actuele gemeten data over het voorkomen van de soort in relatie tot een bepaalde parameter in het interessegebied.

Voor het vaststellen en calibreren van HSI-relaties zijn de volgende soorten gegevens gebruikt:

1. kennis over het historisch voorkomen van zeegrassen
2. veldkennis over de actuele standplaatsen van zeegrassen: bij ontbreken van meetdata wordt algemene veldkennis ingezet, door de omhullende lijn in te schatten. Het calibreren wordt gedaan door een potentiekaart te maken op basis van een eerste schatting van de omhullende lijn voor een parameter. Door deze te vergelijken met actuele verspreidingsgegevens in een goede situatie kan de vorm van de lijn worden aangepast tot er een optimale overeenkomst is tussen de actuele verspreiding en de potentiële verspreiding.
3. gegevens uit (veld)experimenten

<sup>2</sup> 90%-percentiel: 90% van de metingen valt binnen deze grens.

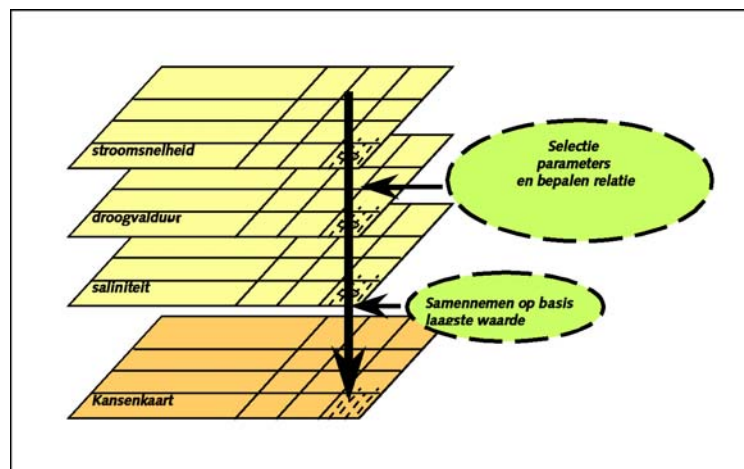
- 
4. vakliteratuur met betrekking tot vergelijkbare gebieden elders. Hierbij moet wel worden bedacht dat een relatie in principe geldt voor een bepaald gebied en de bijbehorende populatie. In een ander gebied kan de daar aanwezige populatie enigszins anders reageren op een parameter dan de eigen lokale populatie, bijvoorbeeld door genetische aanpassing aan de plaatselijke omstandigheden. Ook kan in een ander gebied een andere parameter, die in het interessegebied niet opportuun is, een verstrend effect hebben. Daarom moet men voorzichtig zijn met extrapoleren van gegevens.

De hier gebruikte HSI-relaties tussen de verschillende parameters en zeegras werden zoveel mogelijk gehaald uit literatuur en kennis uit veldexperimenten, waar nodig aangevuld met veldkennis. Zie verder Hoofdstuk 3.

## 2.3 Kanskaart

De verschillende HSI-relaties werden gecombineerd met de betreffende parameterkaarten tot kaarten die aangeven waar de soort (zeegras) op basis van die parameter zou moeten kunnen groeien (parameterkanskaarten). Vervolgens werden deze bewerkte parameterkanskaarten gecombineerd tot de eindkaart, de habitatgeschiktheidskaart of kanskaart. Dat gebeurde volgens het principe dat voor ieder punt op de kaart de laagste kans van alle parameters samen de eindwaarde bepaalde (Figuur 2).

**Figuur 2**  
Schema samennemen relaties per parameter tot een kanskaart.



---

---

---

## 3. Geschatte HSI-relaties

---

De gebruikte metingen en modellen voor het maken van de parameterkaarten en het bepalen van de HSI-relaties zijn hieronder beschreven.

### 3.1 Droogvalduur

Droogvalduur is de relatieve duur, in procent van de dag, dat een stuk wadplaat droogvalt. Bijvoorbeeld een stuk wad dat 6 uur per getij droogvalt en 6 uur per getij onder water staat heeft een droogvalduur van 50%. Een stuk wad dat 8 uur per getij droogvalt en dus 4 uur per getij onder water staat heeft een droogvalduur van ongeveer 67%. Zeegrassen moeten ieder getij worden overspoeld ter voorkoming van uitdroging; dit bepaalt de bovengrens tot waar ze kunnen voorkomen. De ondergrens wordt eigenlijk niet bepaald door de droogvalduur, maar door de mate van golfaanval (zie paragraaf "Golven") en de helderheid van het water. Hogere planten hebben licht nodig voor assimilatie en groei. In voldoende helder water dringt licht door en kunnen zeegrassen ook onder water nog assimileren<sup>3</sup>, maar in troebel water gaat dat niet en kunnen ze alleen assimileren tijdens de droogvalperiode.

De droogvalduur werd afgeleid uit de hoogteligging ten opzichte van NAP (gebiedsdekkende dieptekaart op basis van RWS vaklodingen Waddenzee, periode 1997-2002) en het getijverschil ter plaatse (10-jarig gemiddelde, zie Getijtafels voor Nederland of [www.getij.nl](http://www.getij.nl)). Dit verloopt in oostelijke richting van gemiddeld 1.4 m bij Den Helder naar 3 m bij Delfzijl.

De relatie tussen droogvalduur en kans van voorkomen van zeegras werd bepaald op basis van het ecologisch profiel zeegras (Wijgengangs & de Jong, 1999) en veldkennis uit de Waddenzee en de Oosterschelde (Figuur 3).

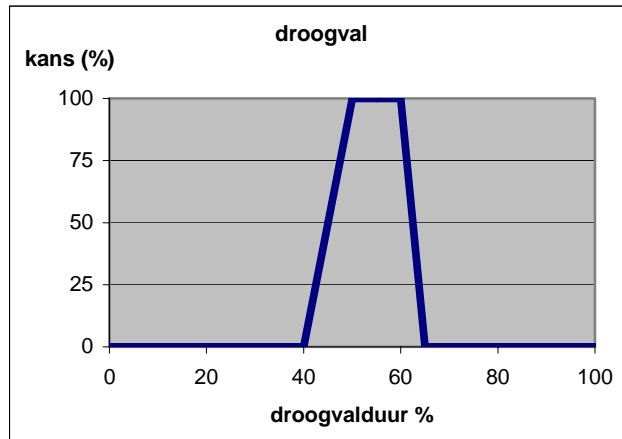
Als vuistregel geldt dat de bodemhoogte die nog net bij ieder hoogwater wordt overspoeld ongeveer overeenkomt met een droogvalduur van 65% bij gemiddeld getij.

De ondergrens van zeegrasvoorkomen is gebaseerd op veldervaringen in de Oosterschelde (Wijgengangs & de Jong, 1999) en uit ervaringen opgedaan tijdens de aanplantexperimenten in de Waddenzee (zie H 3.2; van Katwijk 2000).

---

<sup>3</sup> Assimileren: omzetten van voedingsstoffen in weefsel bij planten

**Figuur 3**  
Relatie droogvalduur – kans van  
voorkomen zeegras.



### 3.2 Golven

De parameter 'golven' wordt gedefinieerd als de maximum orbitaalsnelheid<sup>4</sup> (m/s) aan de bodem. De golfslag is belangrijk omdat dit de planten belet om te blijven staan. Door de golfslag wordt de bodem omgewoeld en spoelen de planten weg of breken de planten bovengronds af (van Katwijk 2000, H5). De totale golfaanval (of eigenlijk beter golfenergie) wordt groter gaande van gemiddeld hoogwater naar gemiddeld laagwater. Op een bepaald moment wordt de golfinvloed te sterk voor beide zeegrassoorten om nog met succes te kunnen groeien (van Katwijk 2000, H6). Alleen als er voldoende beschutting is tegen golfslag kan zeegras zich handhaven.

De golven zijn berekend met behulp van het model SWAN (Simulating Waves Nearshore; WL-Delft), een model voor golfberekeningen nabij de kust. De berekening is gedaan voor meerdere windrichtingen bij gematigde stormcondities. Windrichtingen en windsnelheden<sup>5</sup> die werden gebruikt zijn Zuidwest (20-22 m/s), West (21-22 m/s), Noordwest 18-21 m/s), Noordoost (15 m/s) (verschillende snelheden voor verschillende locaties in het model). De berekeningen werden gedaan voor verschillende waterniveaus van NAP -1,5 m tot en met NAP +2,0 m, per 0,5m. Tenslotte werd over alle berekeningen de maximumwaarde geselecteerd en hier gebruikt.

De informatie over de relatie tussen golfaanval en kans van voorkomen werd primair ontleend aan het ecoprofiel zeegras van Wijgergangs & de Jong (1999) en werd daarnaast gecalibreerd door vergelijking van de resultaten met de werkelijkheid. Dat laatste is nodig omdat modellen juist in de ondiepe en droogvallende delen minder betrouwbaar zijn (zie ook Hoofdstuk 5). In Figuur 4 zijn de HSI-waarden weergegeven.

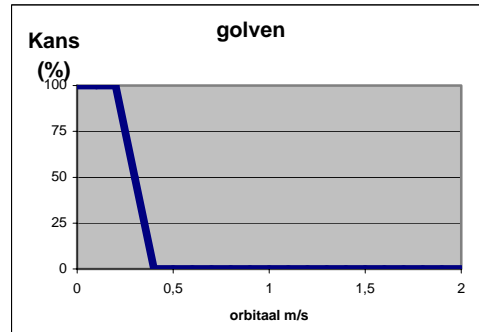
De bovengrens voor de orbitaalsnelheid is lager dan die voor de parameter 'stroomsnelheid' (zie 3.3) omdat het effect van golven via de

<sup>4</sup> Orbitaalsnelheid: een golf heeft in principe een rondgaande beweging; die beweging is aan de bodem merkbaar door een stroming, de orbitaalsnelheid (of 'boog'snelheid'). Deze grootte van deze snelheid is direct gekoppeld aan de grootte van de golf.

<sup>5</sup> 15m/s = 7 Beaufort, 18-21m/s = 8 Beaufort, 22m/s = 9 Beaufort

orbitaalsnelheid op de planten en de bodem anders is. Bij orbitaalsnelheid is sprake van een voortdurende verandering van de stroomsnelheid, met 'zuigende en duwende effecten' (enigszins vergelijkbaar met het schudden aan een paaltje). De precieze instellingen werden uiteindelijk bepaald door veldgegevens over het voorkomen van zeegras te vergelijken met de kanskaart.

**Figuur 4**  
Relatie golfaanval – kans van voorkomen zeegras.

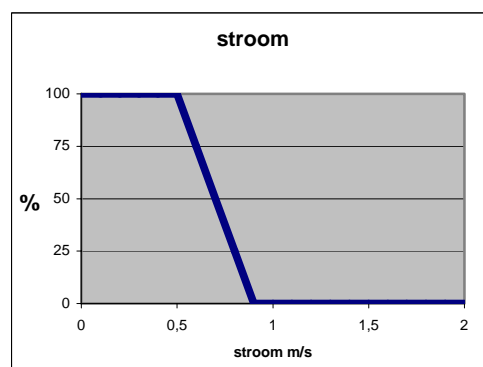


### 3.3 Stroomsnelheid

De stroomsnelheid is belangrijk omdat zeegras wegspoelt bij te hoge snelheden. Stroomsnelheid werd gedefinieerd als de maximale dieptegemiddelde stroomsnelheid die zich voordoet binnen het getij. Stroomsnelheden in de Waddenzee werden berekend met behulp van het 2D-kuststrookmodel (WL 1999) met dezelfde windrichtingen en gematigde stormcondities als voor de golfberekeningen werden gebruikt. De informatie over de relatie van zeegras met de stroomsnelheid werd grotendeels ontleend aan het ecoprofiel zeegras van Wijergangs & de Jong (1999).

In Figuur 5 is de relatie weergegeven. De precieze instellingen zijn uiteindelijk ook hier bepaald door de veldgegevens over het voorkomen van zeegras te vergelijken met de kanskaart.

**Figuur 5**  
Relatie stroomsnelheid-kans van voorkomen zeegras.



### 3.4 Zoutgehalte

Het zoutgehalte is een belangrijke parameter voor het voorkomen van zeegras. In Nederland is gevonden dat een te hoog zoutgehalte leidde tot

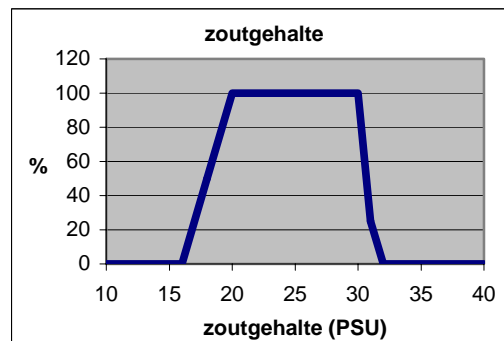
sterfte en verdwijnen van beide soorten. In het Grevelingenmeer en de Oosterschelde verdween respectievelijk verdwijnt het zeegras bij zoutgehaltes hoger dan circa 29,5 PSU<sup>6</sup> (16,5 g Cl/l).

In Nederland is voor beide soorten zeegras een ondergrens gevonden van circa 16 PSU (9 g Cl/l). Dit is gebaseerd op het gegeven dat geen zeegras wordt aangetroffen (behoudens een enkele losse plant) in de Dollard, en dat in de Oosterschelde geen zeegras voorkwam in het brakke Krammer/Volkerak onder deze grens. In brakkeren omstandigheden wordt zeegras vervangen of verdrongen door *Ruppia* en eventueel *Zanichellia*. In watersystemen buiten Nederland kunnen beide soorten zeegras (groot en klein) wel voorkomen bij hogere en/of lagere zoutgehaltes; grenzen kunnen daar enkele PSU hoger of lager liggen. De verschillen in reactie hebben vermoedelijk te maken met lokale aanpassingen aan het zoutgehalteregeime. De in Nederland aanwezige populaties hebben altijd in estuariene omstandigheden geleefd.

Voor een kaart met een ruimtelijke verdeling van het zoutgehalte is gebruik gemaakt van modelberekeningen die zijn beschreven in Jager & Bartelds (2002). Er werd gerekend met een 2D<sup>7</sup>-waterbewegings- en waterkwaliteitsmodel, waarbij rekening is gehouden met de grotere, lokale lozingen van zoetwater in de Waddenzee. Gerekend is voor verschillende omstandigheden qua neerslag. Voor de zeegraskansenkaart is gewerkt met de situatie van een relatief natte periode in een relatief nat jaar, voorjaar 1988, omdat die de meest zoete situatie vertegenwoordigt en zo een ondergrens kan zijn voor het voorkomen. De bovengrens voor zeegras speelt in de Waddenzee amper een rol.

De HSI-relatie is weergegeven in Figuur 6.

**Figuur 6**  
Relatie zoutgehalte – kans van  
voorkomen zeegras



### 3.5 Ammonium-flux uit de bodem

Uit literatuur is bekend dat een hoge afgifte (flux) van ammonium uit de bodem giftig kan zijn voor Groot zeegras. Voor Klein zeegras is hierover weinig bekend, maar er werd aangenomen dat deze soort vergelijkbaar reageert. Uit waterkwaliteitsmetingen in een aantal geulen in de Waddenzee komt naar voren dat deze ammoniumniveaus lokaal ook in de

<sup>6</sup> PSU: Practical Salinity Unit,  $\approx$  g NaCl/l

<sup>7</sup> 2D-model: twee-dimensionaal model; dat wil zeggen dat er een ruimtelijk beeld wordt doorgerekend, maar slechts voor één diepte, meestal de gemiddelde diepte.



---

Waddenzee zouden kunnen voorkomen (Rijkswaterstaat MWTL). Daarom is met behulp van het ecologisch model ECOWASP (Van Katwijk & Brinkman, 2004) de ammoniumflux vanuit de bodem berekend in het voorjaar en de zomer (Bijlage B).

Hierbij werd de ammoniumflux met name gebaseerd op temperatuur (seizoen) en organische stof gehalte in de bodem. Hoe hoger beide parameters, hoe hoger de ammoniumflux. Bij de fluxberekening met het model werd slechts beperkt rekening gehouden met opname van ammonium door bodemdiatomeeën. Organische stof is meestal gebonden aan slibdeeltjes. Het organisch stof gehalte werd daarom gebaseerd op het slibgehalte van de bodem. De hiervoor vereiste slibkaart werd gemaakt op basis van ca 7000 bodemmonsters van de laag 0-10 cm (geanalyseerd volgens de MALVERN-methode<sup>8</sup> met niet-voorbewerkte bodemmonsters) Om een gebiedsdekkende slibkaart te verkrijgen werd een relatie bepaald tussen slibgehalte en de combinatie van diepte, afstand tot de geul, golfenergie en stroomsnelheid (op basis van dezelfde golf- en stroomsnelheidsberekeningen die ook voor de zeegraskansenkaart zijn gebruikt). Voor verdere details van de berekeningen wordt verwezen naar Bijlage B (Van Katwijk & Brinkman, 2004). Hoe een ammoniumflux uit de bodem doorvertaald moest worden naar ammoniumconcentraties in het water boven het wad waarin het zeegras groeit was niet helemaal duidelijk. Daarom werd de flux genomen als maatgevend. Ammonium werd niet als aparte parameter gebruikt omdat er een interactie is met het zoutgehalte. In paragraaf 3.6 wordt deze interactie nader toegelicht en gekwantificeerd.

### 3.6 Interactie ammonium en zoutgehalte

Uit onderzoek (zie bijlage B) bleek dat er een interactie is tussen ammonium en zoutgehalte. Bij hoge zoutgehaltes had zeegras problemen bij een lagere ammoniumconcentratie dan bij lage zoutgehaltes. Er is een kruistabel gemaakt van de vermoedelijke relatie tussen beide (Van Katwijk & Brinkman, 2004). Hierbij werden voor zoutgehalte de onder- en bovengrens aangehouden die hiervoor zijn beschreven (paragraaf 3.4). De ammoniumkaart en de zoutkaart werden samengevoegd als een kansenkaart op basis van beide parameters. Na een eerste verkenning van dit kaartbeeld bleek dat vrijwel nergens zeegras zou kunnen voorkomen. Bij halvering van de ammoniumflux ontstond een meer realistisch kaartbeeld. Daarom werd de ammoniumflux aangepast om te komen tot naar verwachting meer realistische ammoniumgehaltes in het overspoelende water. Hierdoor werd als het ware rekening gehouden met een zekere verdunning van het ammonium uit de bodem in de waterkolom, terwijl anderzijds een grotere opname van ammonium door bodemdiatomeeën werd gesimuleerd (wat immers slechts beperkt in het ECOWASP model verdisconteerd is). Hierop werd de tabel in van Katwijk & Brinkman (2004) aangepast en deze aangepaste tabel (Tabel 1) werd verder gebruikt bij het maken van de kansenkaart.

---

<sup>8</sup> MALVERN-methode: een methode om de samenstelling van de bodem te bepalen met behulp van een optische deeltjesgrootte *analyser*. Deze '*analyser*' meet via een laserstraal de grootte van de deeltjes en telt ze per grootte klasse. Op deze wijze kan op een snelle wijze een bodemmonster worden geanalyseerd op de grootte van de deeltjes zand en slib.

**Tabel 1**

Interactie zoutgehalte – ammoniumflux en de relatie met de kans van voorkomen van zeegras (aangepast naar van Katwijk & Brinkman, Bijlage B).

Kans voor zeegras (%) op basis van ammoniumflux en zoutgehalte				
Zoutgehalte, mediaan (PSU) (nat jaar, natte periode)	Ammoniumflux kg ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>			
	0 – 50	50 - 100	100 - 150	>150
>31	100 <sup>9</sup>	0	0	0
28-30	100	80	60	40
23-27	100	100	100	80
16-22	100	100	100	100
<16	0	0	0	0

<sup>9</sup> Waarde volgens zoutgehalte max. 25%, maar er werd een positief effect verondersteld van de geringe ammoniumbelasting.

---

## 4. Kansenskaart zeegras

---

Op basis van bovenstaande parameters en relaties is de gecombineerde zeegraskansenskaart gemaakt (Bijlage A). In deze bijlage zijn ook de resultaatkaarten per afzonderlijk parameter bijgevoegd, zodat duidelijk is welke parameter op een bepaalde locatie het meest kritisch was. De kansen werden per 10% samengenomen in kansklassen. De arealen per kansklasse zijn weergegeven in Tabel 2.

---

**Tabel 2**

Potentiële geschiktheid en arealen per kansklasse voor het voorkomen van zeegrassen in de Waddenzee.

Potentiële geschiktheid	Kansklasse (%)	Areaal (ha)	Som
ongeschikt	0-1	325984	325984
vrijwel ongeschikt	1-10	2027	6310
	10-20	4283	
matig geschikt	20-30	4171	6461
	30-40	2287	
	40-50	3032	
geschikt	50-60	1018	1747
	60-70	465	
	70-80	264	
zeer geschikt	80-90	127	179
	90-100	52	

In de Nederlandse Waddenzee is naar schatting 1747 ha potentieel geschikt en circa 179 ha potentieel zeer geschikt voor zeegrassen.

---

---

## 5. Gevoeligheidsanalyse

---

De resultaten werden beïnvloed door diverse zaken. De belangrijkste daarvan waren de gekozen parameters, de gebruikte modelberekeningen om kaarten te maken voor de parameters en de gebruikte HSI-modellen. Deze zullen hier alle kort worden besproken.

Bij de selectie van de parameters werd uitgegaan van wat uit de literatuur en het veld bekend was over kritische parameters die de aanwezigheid van zeegras kunnen bepalen. Zeker op lokaal niveau zullen nog andere aspecten een rol spelen (denk aan de eerder genoemde verschillen tussen beide soorten wat betreft hun reactie op net wel of net niet helemaal droogvallen (zie afbeeldingen in Bijlage C). Uit de kaartbeelden per parameter blijkt dat alle gebruikte parameters van invloed zijn op het voorkomen van zeegras en dat geen overbodige parameters zijn gebruikt. Met name in de oostelijke Waddenzee worden hoge zeegraskansen aangegeven op de kaart terwijl zeegras er niet of nauwelijks voorkomt. Dit suggereert dat wellicht nog een factor in het model ontbreekt.

Bij de gebruikte fysische modellen om kaarten te maken was er voor de meeste parameters een probleem in de ondiepe en de droogvallende zones. Juist in deze voor zeegras zo belangrijke delen van de Waddenzee waren deze modellen minder betrouwbaar. Daar spelen fysische processen die of niet voldoende bekend zijn of niet in de vereiste mate van detail in de modellen zijn opgenomen of zijn op te nemen. Daarbij speelde ook de grootte van de gridcellen<sup>10</sup> een belangrijke rol. Onduidelijk is in welke mate dit probleem speelt omdat erg weinig concrete meetdata beschikbaar zijn uit die ondiepe en droogvallende delen. Een ander belangrijk punt rond de modellen is dat ze niet toepasbaar zijn binnen de kwelderwerken langs de vastelandskust van Groningen en Friesland. 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.

De HSI-modellen zijn gebaseerd op met name literatuur, vaak uit andere gebieden, veldgegevens en laboratoriumonderzoek. Daarnaast heeft een terugkoppeling (calibratie) plaatsgevonden tussen het eindresultaat en de actuele verspreiding van zeegrassen in goede omstandigheden. Beter zou er gewerkt zijn met een goede set veldgegevens over de mate van voorkomen van zeegras en de omstandigheden ter plaatse. Deze informatie ontbreekt echter nagenoeg, in de Waddenzee maar ook elders. Daarnaast

---

<sup>10</sup> Gridcel: modellen rekenen met een grid. Dat is een rooster van cellen waarbij per cel de waarden worden berekend. Die cellen kunnen vierkant zijn, maar zijn ook vaak meegevoerd met de vorm van het waterlichaam, een kromlijinig grid. De grootte van de cellen kan sterk variëren. Voor veel modellen is de gridgrootte tussen de 50 en 100 m, maar groter (bv 300m) komt ook voor.

---

is een aanname van de hier gebruikte benadering dat er, behalve bij zout en ammonium, geen interacties zijn tussen parameters. Dat wil zeggen dat bijvoorbeeld een slechte score voor de ene parameter de waarde voor een andere parameter niet (positief of negatief) beïnvloedt. Hierover is vrijwel niets bekend.

Al deze zaken kunnen het eindresultaat beïnvloeden. Omdat hierover verder weinig concreets bekend is is de beste oplossing voorlopig te werken met bovengenoemde aannames. Aanvullend onderzoek en verbeterde fysische modellen (ondersteund door voldoende goede veldmetingen) kunnen leiden tot een verbetering van het totale HSI-model voor het voorkomen van zeegras.

---

## 6. Discussie

---

Bij vergelijking van de kansenkaart met de actuele verspreiding van zeegras in de afgelopen decennia, blijkt dat de kaart voor veel gebieden heel aardig overeenkomt met de historische groeiplaatsen van de litorale zeegrassen, bijvoorbeeld Balgzand, Terschelling, Paap en Groninger kust. Opvallend zijn de gebieden rond de Schorren en het Eijerlandse Gat (Texel), rond Griend (westelijke Waddenzee), onder Rottum en tussen Schiermonnikoog en de Groninger kust (oostelijke Waddenzee). Deze gebieden zijn aangemerkt als potentieel geschikt tot zeer geschikt en toch wordt er momenteel nauwelijks zeegras aangetroffen, terwijl er ook amper meldingen uit het verleden zijn.

Dit kan deels verklaard worden door de onnauwkeurigheid van het golf- en/of stromingsmodel in de randgebieden langs de geulen. Ook de bodemberoerende visserij (kokkel, mossel) kan hier mogelijk een rol spelen, maar daar is geen uitsluitsel over (Essink et al 2003). Mogelijk zijn er wel kansen voor zeegras, maar komen er door de reeds langere afwezigheid van zeegras in deze gebieden geen zaden waaruit de planten kunnen kiemen. Tenslotte is van enkele van deze gebieden bekend, uit veldwaarnemingen en satellietbeelden, dat er met enige regelmaat grote hoeveelheden wier aanspoelen en ophopen. Als dergelijke ophopingen op het zeegras terechtkomen worden de planten eronder verstikt en gaan ze al na korte tijd dood (Den Hartog, 1994).

In het oostelijk deel van de Nederlandse Waddenzee worden wel met enige regelmaat zeegrasplanten waargenomen, maar ze worden er nooit permanent aangetroffen. Vermoedelijk zijn hier in voorjaar/zomer de omstandigheden wel regelmatig min of meer geschikt, maar is waarschijnlijk vooral in de winterperiode de golfdynamiek toch sterker dan het model voorspelt.

In de berekeningen, en dus in de kansenkaart, zijn de omstandigheden in de buitenste kweldervakken onderschat. Hier zijn in principe meer mogelijkheden voor beide soorten dan nu 'berekend'. Lokaal komt er zeegras voor, met name Klein zeegras en meer sporadisch ook Groot zeegras dat profiteert van de luwte in deze kweldervakken.

In het grootste deel van de Waddenzee speelt dat er (te) weinig zaadaanbod is naar deze gebieden om een duurzame populatie op te bouwen. Vooral Groot zeegras, dat toch met name eenjarig is en dus van zaadaanvoer afhankelijk is, wordt hierdoor vermoedelijk beperkt in zijn voorkomen. Zaadbronnen zijn eigenlijk alleen aanwezig op de Hond/Paap voor Groot zeegras en zuid van Terschelling voor Klein zeegras. Van deze soorten produceert het grotendeels eenjarige Groot zeegras normaal gesproken wel redelijk wat zaden, maar door de overheersende van west naar oost gerichte reststroming van het water komen deze nauwelijks vanuit de Eems richting Nederlandse Waddenzee (zie ook Erftemeijer 2005). Het meerjarige Klein zeegras produceert als regel relatief weinig zaden en zal zich daardoor ook niet zo gemakkelijk verspreiden over

---

grotere afstanden. Heeft Klein zeegras zich eenmaal gevestigd uit zaden dan is de uitbreiding betrekkelijk langzaam. In de kwelderwerken is dit terug te vinden in de langzame, maar gestage uitbreiding van deze soort in de afgelopen jaren (zie de kaarten op [www.zeegras.nl](http://www.zeegras.nl)).

Bij het opstellen van de relaties tussen het voorkomen van zeegras en de gebruikte parameters wordt gebruik gemaakt van informatie uit de literatuur en van veldkennis. Bij de literatuurinformatie is echter veelal niet duidelijk welke omstandigheden precies bedoeld worden. Dit maakt het lastig om vanuit de literatuur goede relaties tussen zeegras en de gebruikte modelkaarten te leggen. Wordt dit gecombineerd met het gegeven dat de modelkaarten juist in de droogvallende delen minder betrouwbaar zijn (zie Hoofdstuk 5) dan wordt duidelijk dat de koppeling van relaties aan de parameterkaarten enigszins onzeker is.

Deze onzekerheden kunnen alleen ondervangen worden door een goede controle of de gemaakte kaartbeelden kloppen met de geconstateerde verspreiding van de soort in het veld (validatie). Daarbij wordt de kanskaart vergeleken met de beschikbare informatie over voorkomen van zeegras in de Waddenzee en Eems in goede omstandigheden, in het heden en in het verleden. Die voorkomens moeten in ieder geval corresponderen met de potenties op de kanskaart. Indien buiten de reële gebieden nog meer mogelijkheden op de kanskaart worden aangegeven waar zeegras zou kunnen voorkomen, kan vaak op basis van veldkennis worden beoordeeld of dit wel of niet reële potenties zijn. Indien er grote verschillen zijn tussen potenties en reële voorkomens kan worden bekeken welke parameter(s) hiervoor met name verantwoordelijk is (zijn). Vervolgens moet worden bepaald of de verschillen een gevolg kunnen zijn van een onvoldoende werkend fysisch model of dat er sprake is van een niet correcte HSI-relatie tussen zeegras en die parameter. Het kan bijvoorbeeld noodzakelijk zijn om de relaties uit de literatuur aan te passen naar de andere omstandigheden die in het model zijn gebruikt. Vrijwel altijd zal de gebruikte relatie dus een compromis zijn tussen wat in de literatuur en in het veld is gevonden en wat de realiteit laat zien. Als gevolg van dit alles zijn de berekende kanskaarten altijd een afspiegeling van wat er aan relaties bekend is, wat er aan modelberekeningen gemaakt kan worden en wat de nauwkeurigheid van de modelberekeningen is.

Een apart probleem speelt rond de ammoniumkaart. Deze kaart is gebaseerd op een modelberekening van de flux) van ammonium uit de bodem naar het bovenstaande water. In een experiment is bepaald bij welke ammonium gehalten in het water het zeegras negatief werd beïnvloed. Het probleem is hier de vertaling van de bodemflux naar de concentratie ammonium in het water.

Bij de HSI- relatie is in eerste instantie gewerkt met de flux zelf, maar dat leverde geen realistisch beeld op; er zou nergens in de Waddenzee zeegras kunnen voorkomen, wat in tegenspraak is met de realiteit. Daarom is vervolgens gewerkt met een halvering van de fluxwaarden, hetgeen een realistischer beeld opleverde. In feite zou er eerst een onderzoek moeten komen naar die concrete vertaling van bodemflux naar concentratie in overspoelend water. Daarbij moet rekening gehouden worden met twee uitersten: tijdens overspoeling, als er veel water staat (en meestal langs stroomt), en tijdens droogval als er een dunne (veelal min of meer)



---

stagnante waterlaag aanwezig is waarin de concentraties kunnen oplopen. Opwarming tijdens de laagwaterperiode van die dunne waterlaag kan dat effect nog versterken. Hierover is verder niets bekend en er kon dus ook niets mee gedaan worden in de HSI-relatie. Omdat halvering van de flux een redelijk goed beeld leek op te leveren is dit voor het moment aangehouden. Indien hierover in de toekomst door onderzoek meer over bekend wordt kan dit onderdeel van de HSI-relaties nog verder worden bijgesteld.

---

---

## 7. Conclusies en aanbevelingen

---

Op basis van de kanskaart, zoals in dit rapport beschreven, is er slechts beperkt ruimte voor Klein zeegras en litoraal Groot zeegras. Potentieel blijkt in de Waddenzee ca. 180 ha zeer geschikt en ca. 1750 ha geschikt voor zeegras.

Weliswaar zijn er onzekerheden rond allerlei zaken die te maken hebben met het maken van de kaart, maar de conclusie dat er weinig ruimte is zal daardoor niet wezenlijk veranderen. Dit beeld is conform wat bekend is over het voorkomen van beide soorten in het verleden. Ook toen was het voorkomen in het intergetijdengebied heel beperkt.

De grote oppervlakten zeegras die bekend zijn uit het verleden betroffen sublitoraal Groot zeegras. Hiervoor is geen kanskaart gemaakt. Deze ondersoort komt in de Waddenzee niet meer voor, en de standplaatsfactoren zijn nog minder goed bekend dan van litoraal zeegras. Vanuit het streven om deze habitat terug te krijgen in de Waddenzee zou het interessant zijn om ook voor dit sublitoraal Groot zeegras een kanskaart te maken, om te zien of er nog ergens kansen zijn voor deze ondersoort.

Daarnaast kan worden overwogen om de gebruikte modellen voor de parameterkaarten te verbeteren voor met name de ondiepe en droogvallende delen. Dat zou een betere kanskaart kunnen opleveren. Ook het verbeteren van de informatie over de relaties tussen de parameters en zeegras kan hieraan bijdragen.

Naast het verbeteren van de relaties tussen de parameters en zeegras verdient het aanbeveling om:

1. de kanskaart te valideren in een ander maar vergelijkbaar gebied, bijvoorbeeld de Duitse en/of Deense Waddenzee;
2. de kaart periodiek aan te passen aan de actuele (veranderlijke) systeemkenmerken. Het Waddengebied is nu eenmaal een dynamisch gebied;
3. een vergelijkbare kanskaart te maken voor sublitoraal (ondergedoken) Groot zeegras, om te zien of er ergens in de Waddenzee nog groeimogelijkheden zijn voor deze (onder)soort/variëteit.

---

---

---

## Literatuur

---

**Anonymus, 1990.**

Derde Nota Waterhuishouding; water voor nu en later, Regeringsbeslissing. SDU uitgeverij, 's Gravenhage 1990.

**Anonymus 1996.**

Beheersplan Waddenzee 1996-2001. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland Leeuwarden.

**Den Hartog, C., 1994.**

Suffocation of a littoral *Zostera* bed by *Enteromorpha radiata*; Aquat Bot 47:3-14.

**Erftemeijer, P.L.A., 2005**

Trendanalyse van zeegrasverspreiding in de Nederlandse Waddenzee 1988-2003. Report Z3880, Delft Hydraulics, The Netherlands.

**Essink, K, J. de Vlas, R. Nijssen & G.J. M . Poot, 2003.**

Heeft mechanische kokkelvisserij invloed gehad op de ontwikkeling van zeegras in de Nederlandse Waddenzee. Rapport RIKZ/2003.026. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Haren/Den Haag.

**Jager, Z. & W. Bartels, 2002.**

Optimale zoetwateraanvoer naar de Waddenzee. Werkdocument RIKZ/AB/2002.604x. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Haren.

**Van Katwijk, M .M .,2000.**

Possibilities for restoration of *Zostera marina* beds in the Dutch Wadden Sea. Thesis, KU-Nijmegen.

**Van Katwijk, M.M. & A.G. Brinkman, 2004.**

Groeivoorwaarden van Groot zeegras met betrekking tot nutriënten en saliniteit en Waddenzeebrede schatting van stikstofbelasting. KUNijmegen/ALTERRA-Texel.

**Wijergangs, L J M & D J de Jong, 1999.**

Een ecologisch profiel van zeegras. KUNijmegen/RIKZ-Middelburg.

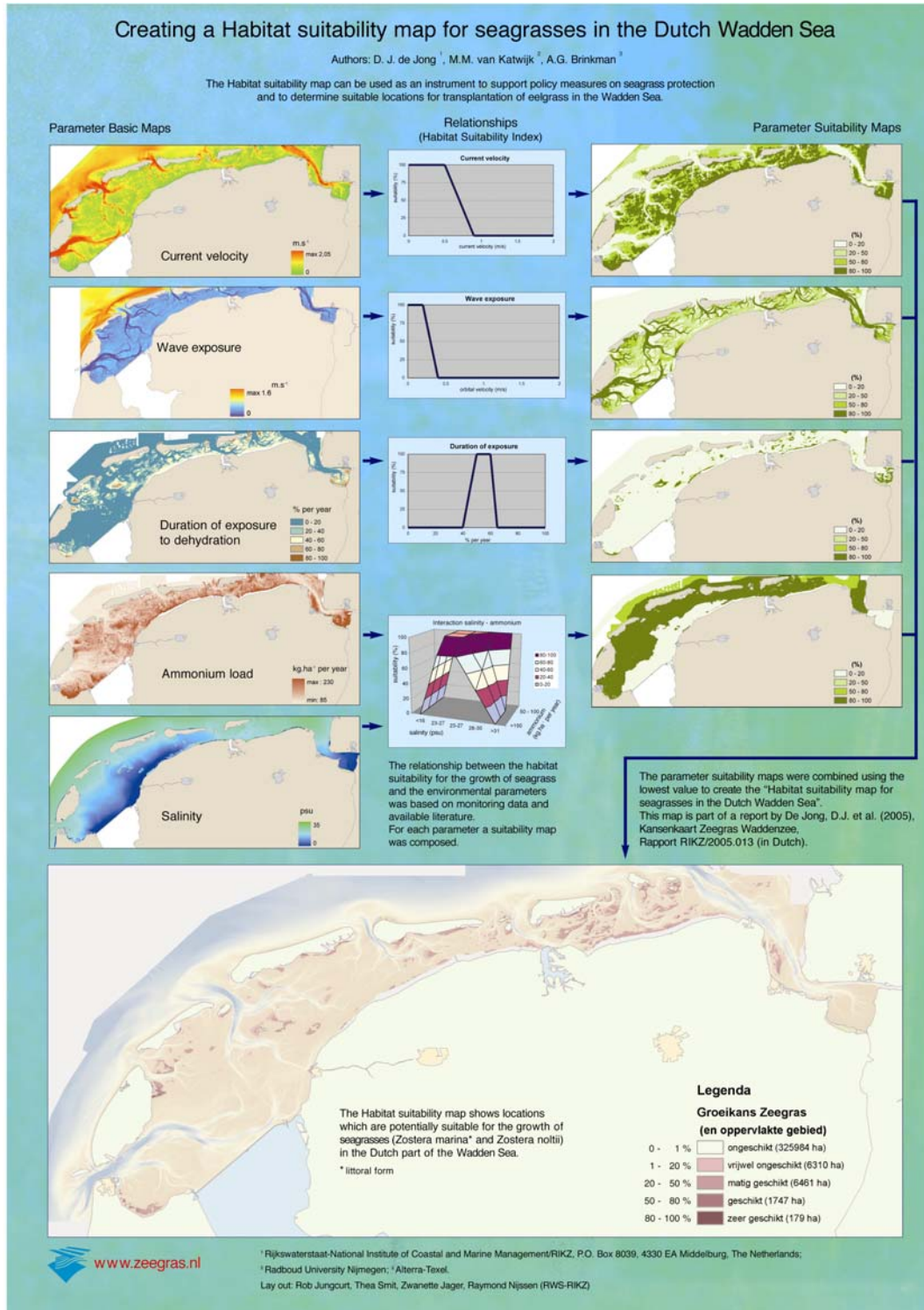
**WL-Delft. SWAN,**

Simulating Waves Nearshore, een model beschrijving.  
[www.Wldelft.nl/soft/swan/](http://www.Wldelft.nl/soft/swan/)

**WL, 1999.**

Toepassing GEM kuststrook en Waddenzee. Rapport Z2556. (zie internet)

# Bijlage A Parameterkaarten, HSI-relaties en gecombineerde Kansenkaart zeegras



# Groeivoorwaarden van Groot zeegras met betrekking tot nutriënten en saliniteit en Waddenzeebrede schatting van stikstofbelasting.

M.M. van Katwijk<sup>1</sup> en A.G. Brinkman<sup>2</sup>  
April 2004

<sup>1</sup>Katholieke Universiteit Nijmegen  
Afdeling Milieukunde  
Postbus 9010  
6500 GL Nijmegen  
[mvkatwyk@sci.kun.nl](mailto:mvkatwyk@sci.kun.nl)

<sup>2</sup>Alterra  
Wad en Zee  
Postbus 167  
1790 AD Den Burg  
[Bert.Brinkman@wur.nl](mailto:Bert.Brinkman@wur.nl)

## Inhoud

Inhoud.....	1
Inleiding .....	2
Achtergrond.....	3
Nutriënten.....	3
Zoutgehalte.....	4
Interactief effect saliniteit en nutriënten.....	5
Aanlevering gegevens stikstof en saliniteit voor de zeegraskansenkaart.....	7
Deel 1 Abiotiek –stikstofbelasting in de westelijke Waddenzee, op de platen.....	7
Deel 2. Vaststellen groeivoorwaarden zeegras .....	8
Kwantificering van de effecten van stikstof en saliniteit .....	11
<i>Literatuur</i> .....	13
BIJLAGE Toelichting schatting ammoniumbelasting .....	14
Introductie .....	14
Methode.....	14
Resultaten.....	15
Toepassing EcoWasp .....	15
Verband organisch materiaal in de bodem en het slibgehalte van het sediment.....	16
Constructie van aangepaste slibkaart voor de Waddenzee.....	17
Constructie van Waddenzee-brede kaart voor interne ammoniumbelasting.....	18

Deze notitie vormt Product W in het project “Herintroductie van Groot zeegras in de westelijke Waddenzee.”, RKZ-912.

## Inleiding

De aanwezigheid van natuurlijke zeegrasvelden maakt onderdeel uit van het streefbeeld dat door de Planologische Kernbeslissing voor de Waddenzee is verwoord, en is een van de eco-targets in het kader van de trilaterale Waddenzeesamenwerking. Om tot een effectiever beleid te komen en gerichte maatregelen te nemen, is het van belang om zo goed mogelijk vast te stellen welke gebieden in de Waddenzee kansrijk zijn voor zeegras. Sinds midden jaren 1990 is daarom door RIKZ een zeegraskansenkaart ontwikkeld (de Jonge et al. 2000). In de kaart wordt de geschiktheid van locaties voor Groot zeegrasgroei aangegeven, op basis van droogvalduur, sedimentsamenstelling, stroomsnelheid en golfdynamiek. Met deze kaart kan de locatiekeuze voor aanplant ondersteund worden, en tevens kunnen kansrijke gebieden voor Groot zeegras worden aangegeven. Ook kan met deze kaart inzicht worden verkregen over de mogelijke verspreiding van het zeegras vanuit de aanplant in de westelijke Waddenzee, en kunnen gebieden worden aangewezen die, indien mogelijk, extra beschermd dienen te worden voor bodemversturende activiteiten.

Het zeegraskansenmodel uit eind jaren '90 kan worden verbeterd op de volgende punten: (1) de stroomsnelheid en golfdynamiek zijn nu gebaseerd op één windrichting, noordwest, dit zou moeten worden uitgebreid naar meer windrichtingen, (2) nutriënten- en (3) saliniteitsgegevens zouden moeten worden ingebracht. In dit rapport worden groeivoorwaarden van Groot zeegras met betrekking tot nutriënten en saliniteit gepresenteerd ter ondersteuning van de verbetering van het zeegraskansenmodel. Aanvullend is door Alterra informatie geleverd omtrent de stikstofbelasting als gevolg van mineralisatieprocessen per gridcel. Samen met verbeterde modelberekeningen m.b.t. stroomsnelheid en golven (bij RIKZ) kan dan een nieuwe zeegraskansenkaart worden gemaakt.



## Achtergrond

(zie ook de inventarisatie van bestaande kennis, van Katwijk et al. 2002)

### *Nutriënten*

Groot zeegras is aangepast aan lage nutriëntenconcentraties (Borum et al. 1989, Hemminga et al. 1991, Pedersen & Borum 1992). Verrijking van de waterkolom, met nitraat, ammonium of fosfaat, of een combinatie, kan zowel leiden tot een verhoogde groei van *Z. marina* (Harlin & Thorne-Miller 1981, Bohrer et al. 1995, van Katwijk et al. 1999), als tot een verminderde groei of productiviteit (Burkholder et al. 1992, 1994, Neckles et al. 1993, Williams & Ruckelshaus 1993, Taylor et al. 1995, Boynton et al. 1996, Nelsen & Waaland 1997, van Katwijk et al. 1997, 1999). De effecten kunnen direct zijn (Burkholder et al. 1992, 1994, van Katwijk et al. 1997, 1999), of indirect, als een gevolg van beschaduwning of zuurstofgebrek door de door nutriënten gestimuleerde groei van algen (Neckles et al. 1993, Williams & Ruckelshaus 1993, den Hartog 1994, Harlin 1995, Short et al. 1995, Taylor et al. 1995). Het negatieve effect van toegenomen algenontwikkeling geldt zowel voor toegenomen fytoplanktonontwikkeling (verhoogde troebelheid), als voor toegenomen epifytenontwikkeling op de bladeren van het zeegras (beschaduwning, bij afsterven soms een verzwaring van het blad waardoor het ook bij hoogwater op de bodem blijft liggen), als voor toegenomen macroalgenontwikkeling (beschaduwning en verstikking, den Hartog 1994).

Nutriëntenverrijking van de sedimenten heeft over het algemeen positieve effecten op Groot zeegras (Orth 1977, Short 1983, Roberts et al. 1984, Short 1987, Kenworthy & Fonseca 1992, Murray et al. 1992, Williams & Ruckelshaus 1993, van Lent et al. 1995). Nutriëntenverrijking van het gehele systeem (verhoogde belastingen) leidt echter meestal tot de verdwijning van zeegrasvelden (b.v. Taylor et al. 1995, Boynton et al. 1996, Short & Wyllie-Echeverria 1996, Brun et al. 2002).

Processen die bijdragen aan de eutrofiëring zijn onder meer gerelateerd aan de bevolkingsgroei. Eutrofiëring nam toe tijdens de industrialisatie en de introductie van kunstmest. Van Beusekom (2001) schat dat de eutrofiëring van de Waddenzee sinds begin jaren 1930 is vervijfvoudigd.

In de Waddenzee nam de nutriëntenbelasting toe tot midden jaren 1980, als gevolg van de verhoogde aanvoer door rivieren (b.v. de Jonge & Postma 1974, Höpner 1991, de Jonge 1997). IJssel (via het IJsselmeer) en Eems lozen nutriënten direct in de Waddenzee, al vindt in het IJsselmeer wel enige retentie plaats (Van Raaphorst & De Jonge, 2004). Nutriënten uit het Rijnwater die de Waddenzee via de kust van Zuid- en Noord-Holland bereiken ondergaan een verdunning met nutriëntarmer Noordzee-water.

Daarnaast is de voedingsstoffenbelasting in de Waddenzee toegenomen door interne eutrofiëring: organisch materiaal dat in de Waddenzee terechtkomt (de Waddenzee is een 'sink', geen 'source' van organisch materiaal) mineraliseert, waarbij anorganische stikstof en fosfaat wordt gevormd (b.v. Postma 1954, Helder 1974, de Jonge & Postma 1974). De invoer van organisch materiaal is voornamelijk toegenomen als gevolg van de verhoogde fytoplanktongehalten in de kustzone van de Noordzee (de Jonge & Postma 1974, de Jonge 1990b, de Jonge et al. 1993).

Tot slot is de nutriëntenbelasting van de Waddenzee toegenomen als gevolg van een 2 tot 4-voudige verhoging van de atmosferische depositie van stikstof, uitgaande van een oorspronkelijke belasting van  $5 \text{ kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$  (de Jonge & van Meerendonk 1990, Isermann 1990, Hou-dijk & Roelofs 1991, Schlünzen 1994, Mansfeldt & Blume 1997). Ten opzichte van de belas-

ting vanuit rivieren en Noordzee, en uit de bodem is dit evenwel een relatief geringe hoeveelheid.

Sinds de jaren 1980 zijn de nutriënteniveaus in de Nederlandse Waddenzee gestabiliseerd of afgenomen (de Jonge 1997, Philippart et al. 2000, van Beusekom et al. 2001). Vooral fosfaat is sterk afgenomen. Voorts heeft een belangrijke verschuiving plaatsgevonden in de verhouding tussen  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_3$  in de input van totaal-N uit de rivieren in de kustzone. Dit is het gevolg van de verbeterde afvalwaterzuivering sinds de jaren 1970. In de 1970-er jaren was het aandeel  $\text{NH}_4$  in totaal-N zo'n 40%, in de 1990-er jaren is het zo'n 5% (van Beusekom et al. 2001). Sinds de jaren 1990 is de algehele eutrofiëringsgraad van de Waddenzee afgenomen (van Beusekom et al. 2001, Marijnissen et al. 2001). Een graadmeter hiervoor is de ammoniumconcentratie in de nazomer en herfst in de Waddenzee (van Beusekom et al. 2001). Juist in deze periode is zeegras gevoelig voor ammoniumtoxiciteit (van Katwijk et al. 1997). Een verlaging van de ammoniumbelasting en -concentraties is gunstig voor zeegras.

## **Zoutgehalte**

Groot zeegras komt voor in wateren met zoutgehaltes tussen 5 en 42 PSU (Practical Salinity Unit, vergelijkbaar met promille) (Tutin 1938, Luther 1951). Zeegrassen zijn aangepast aan het zoute milieu door zowel fysiologische als anatomische adaptaties (b.v. Jagels 1983, Tyerman 1989, Arai et al. 1991, Pak et al. 1995, Fukuhara et al. 1996). Over het effect van zoutgehalte op de zeegrassen van het geslacht *Zostera* is het volgende bekend: Pinnerup (1980) vond een positieve correlatie tussen zoutgehalte en zeegrasproductiviteit in een onderzoek naar 3 Deense Groot zeegrasvelden bij zoutgehaltes tussen 13 en 31 PSU, terwijl Wium-Andersen & Borum (1984) geen effect vonden van de seizoensfluctuaties in zoutgehalte op de levenscyclus van een Groot zeegrasveld bij zoutgehaltes tussen 9 en 23 PSU. De productiviteit van een andere *Zostera*, *Z. capensis* Setchell, was negatief gecorreleerd met zoutgehaltes in de range van 15 tot 75 PSU (Adams & Bate 1994). De fotosynthese van *Z. japonica* Aschers. & Graebn. (sub nomine *Z. nana*) was optimaal bij 25 PSU (Ogata & Matsui 1965). Wasting disease, de ziekte die zich begin jaren 1930 over het gehele noordelijk Atlantische kustgebied verspreidde (overzicht in den Hartog 1996), kwam niet voor in gebieden met een laag zoutgehalte, mogelijk als gevolg van de voorkeur van de vermoedelijke ziekteveroorzaker *Labyrinthula* voor zoutgehaltes tussen 22 en 40 PSU (Young 1943, Pokorny 1967, Rasmussen 1977). In laboratoriumexperimenten werd een negatief effect van het zoutgehalte op Groot zeegras aangetoond in de range 23-30 PSU (van Katwijk et al. 1999), en bij vergelijking tussen 22 en 31 PSU (Kamermans et al. 1999).

De verspreiding van *Zostera marina* in Nederland doet vermoeden dat de zouttolerantie gekoppeld is aan het morfotype robuust versus flexibel (van Katwijk et al. 2000): In de Waddenzee en de Zuiderzee kwam het robuuste type zeegras voor tot in de jaren 1930 (Oudemans et al. 1870, Reigersman 1939), tot een maximale zoetwaterinvloed van 70% (van der Hoeven 1982), d.i. circa 10 PSU. Volgens Feekes (in van Goor 1922) was de ondergrens in die tijd 10-20 PSU. Huidige veldwaarnemingen betreffen alleen het flexibele type zeegras (het robuuste type is uitgestorven in Nederland). In de Waddenzee (Dollard) en Oosterschelde/Grevelingen komt het flexibele type Groot zeegras in Nederland niet voor bij zoutgehaltes lager dan 23-27 PSU (D.J. de Jong pers. comm., zie ook Plantengemeenschappen in Nederland deel 1).

De Groot zeegrasplanten in de Oostzee (het Deense onderzoek van Pinnerup 1980 en Wium-Andersen & Borum 1984) kunnen beschouwd worden als robuust. De laboratoriumexperimenten van Kamermans et al. (1999) en van Katwijk et al. (1999) betreffen het flexibele type zeegras (pers. obs.).

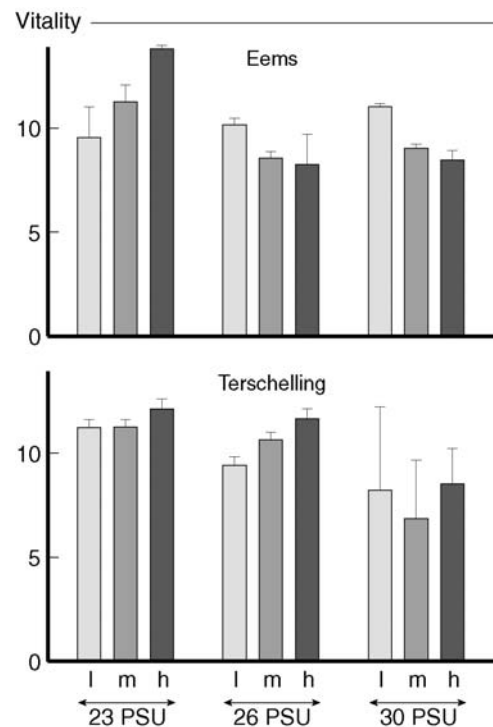
Kieming van *Zostera marinazaden* wordt bevorderd door een lage saliniteit (b.v. Hootsman et al. 1987). Met verschillende Waddenzee- en Zuidwest-Nederlandse zeegraszaden bereikt men bij 1 PSU doorgaans 100% kieming binnen 48 uur. Bij zo'n lage saliniteit overleven de zaailingen echter niet. Waarschijnlijk barst het zaad uit de zaadhuid door opzwellende a.g.v. het osmotische verschil. Als de zo gekiemde zaden overgebracht worden naar water met een hogere saliniteit ontwikkelen de meeste zich goed (ongepubl. resultaten MvK). Kiemingspercentages bij 30 PSU zijn laag in laboratoriumexperimenten (b.v. Hootsman et al. 1987, Hermus 1995). In het veld daarentegen, met saliniteiten van minimaal 20 PSU (VS) en zelfs gemiddeld 30 PSU (Oosterschelde), komen kiemingspercentages van 75 tot 100% voor (resp. Churchill 1983, Harrison 1991). Deze veel hogere kiemingspercentages in het veld vergeleken met de laboratoriumbevindingen kunnen worden verklaard door (1) de kortere duur van de meeste laboratoriumexperimenten, (2) het positieve effect van sediment op de kieming, mogelijk a.g.v. rottingsprocessen die de zaadhuid verweken<sup>1</sup> (b.v. Moore et al. 1993, Orth et al. 2000), en (3) de koudeperiode, die een gunstig effect heeft op de kieming (Hootsmans et al. 1987, Hermus 1995). Het is daarom de vraag of de snelle kieming bij lage saliniteit belangrijk is in ecologisch opzicht. Een snelle kieming is immers niet in het belang van de zeegraspopulatie: zaailingen die in september kiemen, zullen de stormen en koudeperiodes in de herfst en winter zelden overleven.

Het verschil in zouttolerantie tussen het flexibele, eenjarige zeegras en het robuuste meerjarige zeegras zou mogelijk verklaard kunnen worden door de voortplantingsstrategie: mogelijk heeft een te laag zoutgehalte een vroegtijdige kieming tot gevolg, waardoor de kans op doodvriezen groot is. Meerjarige populaties zijn niet afhankelijk van kieming uit zaad, en dus niet gevoelig hiervoor.

### ***Interactief effect saliniteit en nutriënten***

In Nederland komt Groot zeegras voor in hetzij zoute wateren (circa 30 PSU) met laag tot matige nutriëntenconcentraties, terwijl het in brakke wateren (15-25 PSU) ook voorkomt bij lage en hogere nutriëntenconcentraties. Een fysiologische basis voor dit verspreidingspatroon werd gevonden in een laboratoriumexperiment waarin een interactief effect van het zoutgehalte en de voedingsstoffenbelasting van het water werd aangetoond. Bij een zoutgehalte van 26 of 30 PSU heeft nutriëntenverrijking een negatief effect, bij een zoutgehalte van 23 PSU heeft het een positief effect (van Katwijk et al. 1999, zie figuur 1.).

*Figuur 1. De vitaliteit van Groot zeegras afkomstig van Terschelling en Eems, in relatie tot nutriënten (l=laag, m=middel, h=hoog) en saliniteit (uit van Katwijk et al. 1999).*



<sup>1</sup> N.B. teveel rotting geeft sterfte, Hootsman et al. 1987.

Dit interactieve effect is het gevolg van een algemeen principe: als een plant goed door kan groeien, kan hij ook veel stikstof verwerken, het stikstof werkt zelfs stimulerend; als een plant langzaam groeit, kan stikstof niet gebruikt worden, en werkt negatief, uiteindelijk zelfs toxisch (Burkholder 1992,1994, van Katwijk et al. 1997, 1999). Een langzame groei kan veroorzaakt worden door hoge saliniteit, die productiviteitverlagend werkt (Kamermans et al. 1999), maar ook door gebrek aan fosfaat (interactief effect met stikstof voor *Z. noltii* aangetoond door Brun et al. 2002), of het seizoen (temperatuur en licht): in voorjaar en zomer groeien planten sneller dan in herfst of winter (interactie tussen het effect van stikstof en seizoenen voor *Z. noltii* is aangetoond door Brun et al. 2002).

Gezien de huidige nutriëntenconcentraties en –belasting in de Waddenzee, bestaat er dus een grotere kans op overleving van zeegras op plekken waar het zoutgehalte niet te hoog is (Kamermans et al. 1999, van Katwijk et al. 1999). Deze beperking tot plekken met minimaal enige zoetwaterinvloed is waarschijnlijk sterker geworden door de toegenomen nutriëntenbelasting in de Waddenzee in de loop van de twintigste eeuw.

Het zoutgehalteregime in de Nederlandse Waddenzee is veranderd na de afsluiting van de Zuiderzee door de Afsluitdijk. Het jaarlijks gemiddelde zoutgehalte is iets afgenomen (van der Hoeven 1982), maar de estuariene gradiënt van weleer is vervangen door een variabel regime, waarbij de aanvoer van zoetwater grotendeels wordt geregeld door sluizen.

## **Aanlevering gegevens stikstof en saliniteit voor de zeegraskansenkaart**

### ***Deel 1 Abiotiek –stikstofbelasting in de westelijke Waddenzee, op de platen***

Probleem 1: stikstofbelasting is belangrijker dan stikstofconcentratie; in meeste literatuur wordt echter stikstofconcentratie gegeven. (De stikstofconcentratie buiten het groeiseizoen (winter) is eventueel bruikbaar, vormt dan in feite een maat voor de stikstofbelasting.)

Probleem 2: áls er in de literatuur stikstofbelastingen worden gepresenteerd, wordt niet goed uitgelegd hoe deze is berekend, in de meeste gevallen betreft het waarschijnlijk alleen input. Export zou er van afgetrokken moeten worden.

Probleem 3: gegevens over stikstofbelasting en/of stikstofconcentratie in de Waddenzee gaan vrijwel altijd over de hoofdgeulen, de diepere delen dus. In de getijdenzone vinden echter juist allerlei uitwisselingsprocessen plaats tussen bodem en waterkolom, en met name mineralisatieprocessen zorgen voor een plaatselijke toename van  $\text{NH}_4$  belasting.

Er is daarom gekozen om de plaatselijke  $\text{NH}_4$ -belasting te berekenen m.b.v. een aangepaste versie van het programma ECOWASP van Bert Brinkman, Alterra (zie o.m. Brinkman, 1993; Brinkman & Smaal, 2003). Het programma ECOWASP werkt als volgt (nadere toelichting zie bijlage).

Het model simuleert een aantal processen (door organismen of in detritus):

- a. algenactiviteit: 3 typen: benthische diatomeeën, pelagische diatomeeën en pelagische niet-diatomeeën.
- b. filtreerdersactiviteit (mossel-achtig, op basis van literatuur: lichaamsgewichttoenames, filtreersnelheden vergelijkbaar met metingen van Asmus & Asmus)
- c. mineralisatieprocessen: 7 soorten detritus die verschillen in samenstelling en daardoor verschillende afbraaksnelheidsconstanten hebben. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen detritus met en zonder Si.

Deze processen vormen het model dat ruimtelijk toegepast kan worden, en waarin seizoenen worden gesimuleerd. Voor onze simulatietoepassing heeft het model *10 jaarcycli* doorlopen. De jaren zijn niet met opzet gekozen, maar gezien de weersomstandigheden in Nederland omvat de periode zowel koude als warme, droge als natte jaren, ook jaren met een min of meer gemiddeld weertype.

Stappen voor onze toepassing van het model (op hoofdlijnen – details zie bijlage):

1. De simulaties zijn uitgevoerd over een periode van 10 jaar. In de simulaties worden 18 vakken onderscheiden. De 18 vakken behelzen 6 sublitorale gebieden (alles tussen de gemiddeld laagwaterlijn (GLW) en GLW-5 m), 6 geulgebieden (alles dieper dan GLW-5 m) en 6 litorale gebieden (alles boven GLW). Op basis van de simulatie-uitkomsten is er een relatie tussen organisch materiaal in de bodem en  $\text{NH}_4$ -flux over het bodem-water grensvlak vastgesteld. Dit is gedaan door de uitkomsten voor de 18 onderscheiden vakken in de westelijke Waddenzee samen te nemen. Vervolgens zijn de perioden in de voorjaren (met lage temperatuur) en die in het najaar (met hoge temperatuur) geselecteerd (tabel 1 in de bijlage). Voor beide selecties is een verband tussen  $\text{NH}_4$ -flux en organisch materiaal berekend.

2. Deze gevonden relatie is vertaald naar gridcelniveau (50\*50 m gridcellen) door het gehalte aan organisch stof te correleren met het gehalte aan anorganisch slib: (Formule: organisch stof -gehalte =  $0.1122 * \text{slibgehalte}$  (alle gehalten in gewichts-%). De formule is naar Zwarts (1988). Van het slibgehalte in de Waddenzee bestaat kaartmateriaal in GIS-vorm. Een slibkaart is in eerste instantie geproduceerd door Zwarts et al (2003), gebaseerd op Rijkswaterstaatmetingen (Sedimentatlas Waddenzee, RIKZ, 1998); de betreffende analyse is evenwel voor dit project overnieuw gedaan:
3. Zwarts et al (2003) vond een geschikte relatie tussen abiotische omstandigheden (golfwerking, droogvalduur) en het slibgehalte volgens de 7000 RIKZ- sedimentmonsters van de Waddenzee (RIKZ, 1998). Maar, de aldus gevonden slibkaart bevatte enkele inconsistenties (licht negatieve slibwaarden in de geulen, bijvoorbeeld). Daarom is de relatie tussen slibgehalten en een aantal abiotische gegevens opnieuw geanalyseerd. De abiotische gegevens waren: golven, stroming, afstand tot de geul en droogvalduur. Golven en stroming bleken de sturende grootheden te zijn voor het slibgehalte. De andere variabelen bleken niet voldoende significant.
4. Op basis van de bekende stromings- en golfgegevens (stroming: WADPLUS-model; golfintensiteit: orbitaalsnelheden uit het SWAN-model en een oudere berekening met het HISWA-model; Brinkman & Bult 2002) is vervolgens per gridcel het slibgehalte berekend (een soort habitatkaart voor slib, dus). Aldus zijn de data die in de sedimentatlas zijn gepubliceerd bewerkt tot een fijnere slibkaart.

Zodoende is op basis van een geconstrueerde slibkaart het organisch stof- gehalte van de bodem geschat voor elke 50\*50 m gridcel, en op basis van de berekende activiteit van het organische materiaal, en de berekende waarden voor de dichtheid van aanwezige benthische diatomeeën, geschat wat de NH<sub>4</sub>-flux zal zijn over het bodem/water-grensvlak in een voorjaars- en een najaarssituatie.

## ***Deel 2. Vaststellen groeivoorwaarden zeegras***

Wat gebeurt er met een toenemende stikstofbelasting? de plant gaat harder groeien; bij relatief lage saliniteit (23 promille) kan dit nog een tijdje langer doorgaan dan bij hogere saliniteit (30 promille). Bij te hoge N-gehalten gaat de stikstof negatief werken op twee manieren:

- direct: groeiremming en uiteindelijk toxiciteit
- indirect: overwoekering door algen (die het licht wegnemen, maar ook door verstikking als ze in augustus/september beginnen weg te rotten)

Bij de indirecte effecten gaat het om 3 typen algen:

1. fytoplankton, waardoor het water troebeler wordt: het water blijkt uit diverse proeven echter helder genoeg te zijn tot ten minste 80 cm beneden NAP voor zeegras (van Katwijk et al. 1998; van Katwijk & Hermus 2000).
2. epifyten, deze kunnen onder controle worden gehouden door grazers. Dit gebeurt ook doorgaans; belangrijk is dat de plek voldoende lichte heeft (Schanz et al. 2002 toonde dit aan in Sylt, Waddenzee), anders spoelen m.n. de wadslakjes weg.

macroalgen, deze factor is ingewikkeld: de macroalgen die overal op het wad groeien (aanvankelijk aangehecht aan kleine steentjes, dode schelpen of andere harde substraatjes) gaan al snel zwerven. Er zijn bepaalde aanspoelplekken, en als daar zeegras onder staat heeft het zeegras weinig kans. De omgeving van het nieuwe zeegras op Balgzand is zo'n plek, de aanwezige strook zeegras blijft echter relatief lang (tot ver in augustus en langer) vrij van macroalgen omdat het een brede laagte is waar water

langs afstroomt. Het posthuiswad op Vlieland is een goed voorbeeld van een plek waar vrijwel ieder jaar enorme hoeveelheden macroalgen naartoe drijven. Er zijn sterke jaar-tot-jaar effecten: in 1999, 2000 en 2001 was een behoorlijke macroalgenbelasting aanwezig was in de genoemde strook bij Balgzand, terwijl het gehele gebied vrijwel macroalgenvrij was in 2002 (pers. obs. eerste auteur). De ontwikkeling van het zeegras is in deze waarnemingenreeks duidelijk negatief gerelateerd aan de macroalgenontwikkeling.

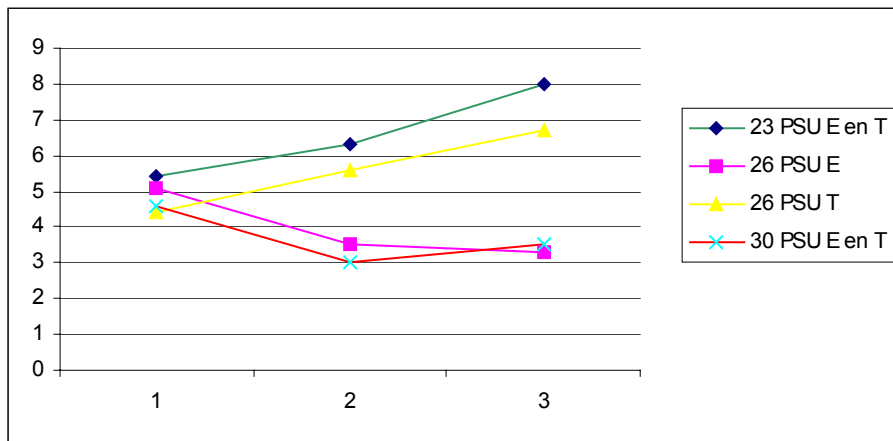
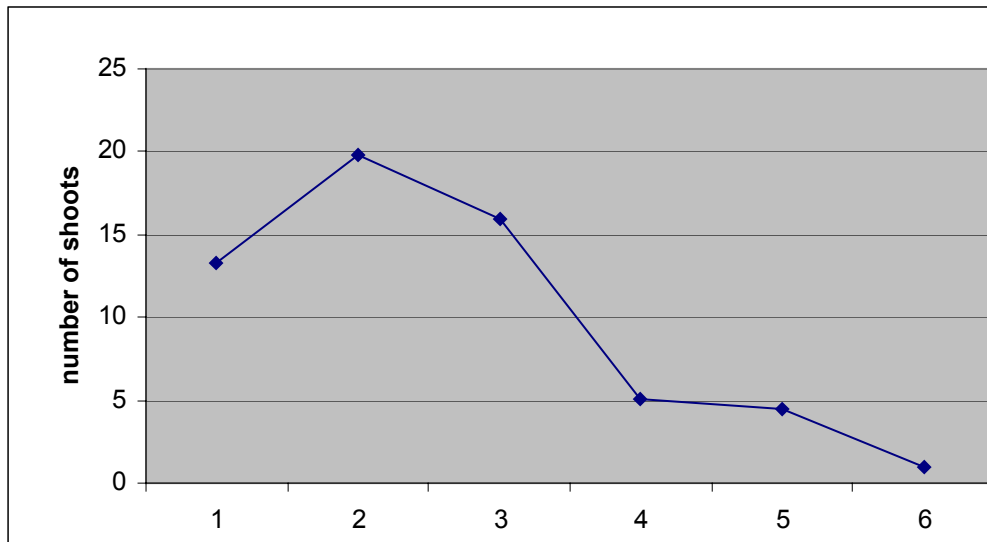
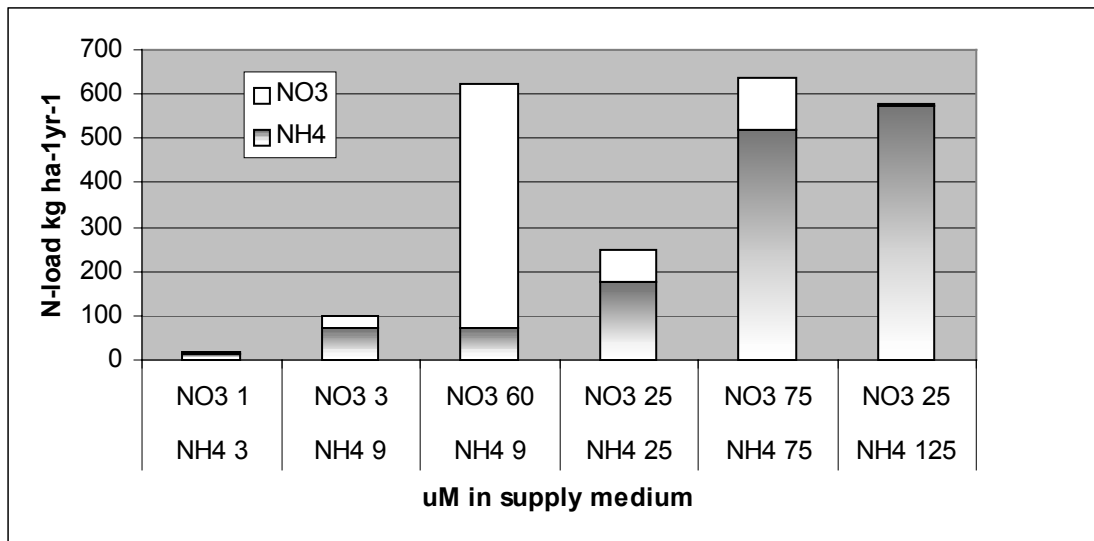
We willen ons beperken tot de directe effecten omdat 1 geen probleem vormt, en 2 en 3 niet in relatie staat met locale nutriëntbelasting, maar met locale waterdynamiek. Voor het vaststellen van directe effecten van nutriëntenbelasting op zeegras gebruiken we o.a. de resultaten van twee laboratoriumonderzoeken, de resultaten worden in figuur 2 kort samengevat (van Katwijk et al. 1997 en van Katwijk et al. 1999).

Uit het onderzoek bleek overigens een verschillende tolerantie van lokale zeegraspopulaties (figuur 2). Deze verschillen zijn zo klein dat ze geen rol spelen bij de tolerantiegrenzen zoals in de volgende paragraaf vastgelegd.

Concentratie in het toegevoegde water (in $\mu\text{M}$ ) <sup>2</sup>		behandelingsnummer	stikstofbelasting in $\text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$	
NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>		NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>
NH <sub>4</sub> 3	NO <sub>3</sub> 1	1	14	6
NH <sub>4</sub> 9	NO <sub>3</sub> 3	2	72	27
NH <sub>4</sub> 9	NO <sub>3</sub> 60	3	74	549
NH <sub>4</sub> 25	NO <sub>3</sub> 25	4	176	73
NH <sub>4</sub> 75	NO <sub>3</sub> 75	5	519	119
NH <sub>4</sub> 125	NO <sub>3</sub> 25	6	573	6

---

<sup>2</sup> Afhankelijk van de doorstromingsnelheid in de aquaria geeft het toevoegen van water met deze concentraties een hogere of lagere belasting aan het systeem



Figuur 2. Laboratoriumgegevens experimenten KUN. N.B. de aanduidingen 1 t/m 6 en 1 t/m 3 op de horizontale as van de onderste twee figuren duidt op de behandelingen zoals in de bovenste figuur staan aangeduid, zie ook tabelletje op de vorige bladzijde. E=planten afkomstig van Eemspopulatie; T=planten afkomstig van Terschelling populatie.



## ***Kwantificering van de effecten van stikstof en saliniteit***

Op basis van de laboratoriumexperimenten in van Katwijk et al. 1997 en 1999, aangevuld met resultaten van veld- en laboratoriumexperimenten die in de literatuur zijn beschreven wordt de volgende tabel voorgesteld als input voor de zeegraskansenkaart van de westelijke Waddenzee

Tabel. Geschiktheid van omgeving voor Groot Zeegras in procenten. Er is onderscheid gemaakt in het flexibele, meer- en eenjarige type Groot zeegras dat rond NAP groeit, en het robuuste, doorgaans meerjarige type Groot zeegras dat grotendeels ondergedoken voorkomt (beschrijving van deze typen: van Katwijk et al. 2000).

saliniteit, mediaan periode juli-sept. (PSU) beide typen <i>Z. marina</i> :	Ammoniumbelasting kg ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>							
	0-25	25-50	50-75	75-100	100-125	125-150	150-175	>175
>30	100	0	0	0	0	0	0	0
28-30	100	80	60	40	20	0	0	0
24-27	100	100	100	80	60	40	20	0
16-23	100	100	100	100	100	100	100	100
flexibel, eenjarig <i>Z. marina</i> :								
<16	0	0	0	0	0	0	0	0
robuust, meerjarig <i>Z. marina</i> :								
10-15	100	100	100	100	100	100	100	100
5-10	20	20	20	20	20	20	20	20
<5	0	0	0	0	0	0	0	0

Verantwoording per rij.

- >30: We weten dat Groot zeegras voorkomt bij hoge saliniteiten (tot 42 PSU) van o.a. Tutin (1938), maar ook uit het feit dat op plekken langs de atlantische kust van Frankrijk Groot zeegras floreert in oceanisch water. Dit water is echter zeer nutriëntenarm. Ook weten we dat in N-Amerikaans onderzoek in 10 lagoons en estuaries, meeste met hoge saliniteit (maar saliniteit wordt niet aldoor vermeld) met N-belasting (dus ook incl. NO<sub>3</sub>) 24, 41, 64, 65, 157, 175, 310, 397, 520 en 624, het Groot zeegras alleen voorkwam bij 24, 41 en 64 kg N ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup> (Boynton ea 1996, McClelland & Valiela 1998).
- 28-30: a. Lab-experiment van Katwijk et al. 1999, behandeling 30 PSU; bij 14 NH<sub>4</sub>-load goede ontwikkeling, bij 72 en 74 NH<sub>4</sub>load slechtere ontwikkeling  
b. Lab-exp. Kamermans ea 1999, behandeling 30 vs 22 PSU. 30 deed het slechter.
- 24-27: a. Lab-experiment van Katwijk et al. 1999, behandeling 26 PSU: ambivalent: Terschelling populatie zelfde beeld als 23 PSU behandeling, zie onder, Eems-populatie zelfde beeld als 30 PSU-behandeling. Daarom is de NH<sub>4</sub>gevoeligheid in deze categorie als intermediair tussen de hogere en lagere PSU-categorie genomen.

b. Lab-experiment van Katwijk et al. 1997, behandeling 25.4 PSU: ammoniumtoxiciteit v.a. 175 NH<sub>4</sub>-load

16-23: a. Lab-experiment van Katwijk et al. 1999, behandeling 23 PSU: ammonium tot 74 stimulerend, hoger niet getest.

b. Lab-experiment Kamermans ea 1999 zie boven.

Flexibel, eenjarig zeegras:

<16: Veldwaarnemingen Waddenzee (Dollard) en Oosterschelde/Grevelingen: de plant komt in Nederland niet voor bij zoutgehaltes lager dan 23-27 PSU (D.J. de Jong pers. comm., zie ook Plantengemeenschappen in Nederland deel 1).

Robuust, meerjarig zeegras:

10-15: Veldwaarnemingen door seizoenen heen door Wium-Anderson & Borum (1984), (robuust type) gaven geen verschil tussen 9 en 23 PSU. In de Waddenzee en de Zuiderzee kwam het robuuste type zeegras voor tot in de jaren 1930 (Oudemans et al. 1870, Reigersman 1939), tot een maximale zoetwaterinvloed van 70% (van der Hoeven 1982), d.i. circa 10 PSU. Volgens Feekes (in van Goor 1922) was de ondergrens in die tijd 10-20 PSU.

5-9: C. Roos, pers. comm.

<5: Tutin 1938, Luther 1951.

## *Literatuur*

Zie literatuurlijst Product B (literatuurreferentie hieronder), aangevuld met:

Product B: van Katwijk MM, van Pelt S, Dankers N (2002) Herintroductie van Groot zeegras in de westelijke Waddenzee (2002-2006). Inventarisatie van bestaande kennis, selectie van locaties en plan van aanpak. Report Department of Environmental Science, University of Nijmegen, The Netherlands

Brinkman AG. 1993. Biological processes in the EcoWasp ecosystem model. IBN Research Report 93/6. 111 pp.

Brinkman, A.G. & J.P.C. Smit, 1993. Porewater profiles in the EcoWasp ecosystem model. IBN Research Report 93/2. 62 pp.

Brinkman, A.G. & W. van Raaphorst, 1986. De fosfaathuishouding in het Veluwemeer. PhD Thesis Twente Univ. of Technology. 481 pp + app

Brinkman, A.G. & C.J. Smit (eds), 2001. Modelling the impact of climate change on the Wadden Sea ecosystem. Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change, Report no 410 200 066, 200 pp

Brinkman AG & Bult TP. 2002. Geschiede eulitorale gebieden in de Nederlandse Waddenzee voor het voorkomen van meerjarige natuurlijke mosselbanken. Alterra rapport 456 (ISSN 1566-7197), 282 pp.

Brinkman AG & Smaal AC. 2003. Natuurlijke productie en onttrekking van schelpdieren in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1976-1999. Alterra/RIVO. Alterra-rapport 888.

Bruns, R. 1994 Benthische Primärproduktion, Remineralisation und Nitrifikation und de Austausch anorganischer Stickstoffverbindungen zwischen Sediment und Wasser im Nordsylyter Wattenmeer. PhD-Thesis CAU-Universität Kiel. 133 p..

Schanz A, Polte P, Asmus H (2002) Cascading effects of hydrodynamics on an epiphyte-grazer system in intertidal seagrass beds of the Wadden Sea. *Mar Biol* 141:287-297

RIKZ 1998. Sedimentatlas Waddenzee.

Van Raaphorst W & De Jonge VN (2004). Reconstruction of the total N and P inputs from the IJsselmeer into the western Wadden Sea between 1935-1998. *J. Sea Res.* In press

Zwarts, L., 1998. De bodemfauna van de fries-groningse waddenkust. Flevobericht nr 294. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, The Netherlands

Zwarts L., Dubbeldam W, Essink K, Van de Heuvel H, Van de Laar E, Menke U, Hazelhoff L & Smit CJ. 2003. Bodemgesteldheid en mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee. Rapport deelproject G van EVA-II.

## **BIJLAGE Toelichting schatting ammoniumbelasting**

**Toelichting op de Waddenzee-brede schatting van de interne NH<sub>4</sub>-belasting van het Waddenzee-ecosysteem, door A.G. Brinkman (Alterra – Texel).**

### ***Introductie***

De te beantwoorden vraag luidde:

wat is de NH<sub>4</sub> -belasting van het Waddenzee-ecosysteem in de gehele waddenzee berekend uit mineralisatie.

Voor deze NH<sub>4</sub>-belasting is een zo goed mogelijke schatting gegeven. Hierbij is een aantal stappen doorlopen, waarbij gebruik is gemaakt van simulaties van het Waddenzee-ecosysteem met behulp van het integrale ecosysteemmodel EcoWasp, een schatting van het organisch-stofgehalte van het sediment en een schatting van het slibgehalte van het sediment.

Aldus resulteren twee Waddenzee-brede GIS-kaarten, op basis van een 100\*100 m grid, waarin de schatting aangegeven is van de interne NH<sub>4</sub>-flux (in mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) in het voorjaar, en in het najaar.

### ***Methode***

Korte beschrijving EcoWasp-ecosysteemmodel

EcoWasp is een integraal ecosysteemmodel, waarin dynamische processen in de waterfase en het sediment van een ondiep getijdensysteem (dus inclusief droogvallende platen) wordt beschreven. Een gebied wordt daartoe opgedeeld in een aantal compartimenten, die deels kunnen droogvallen. Elk compartiment bezit een goed gemengde waterfase en een sedimentfase.

Er vindt toe- en afvoer van materiaal plaats (in de Waddenzee: uitwisseling met de Noordzee, en toevoer vanuit het IJsselmeer).

In de waterfase, en op het sediment vindt onder invloed van zonlicht primaire productie plaats; de geproduceerde algen gebruiken de aanwezige nutriënten. De lagen kunnen worden gegeten door macrobenthische filtreerders zoals mosselen, waarbij ook actieve depositie van (deels) organisch materiaal plaatsvindt. Afgestorven materiaal wordt aan een detrituspool toegekend, die uit meerdere detritussoorten bestaat, elk met een eigen reactiviteit (=mineralisatiesnelheidsconstante). Aldus wordt weinig reactief materiaal onderscheiden (humusachtig materiaal, verreweg de grootste fractie), en relatief reactief materiaal (vers afgestorven algen of macrobenthos).

Er vindt productie van onder meer ammonium plaats in het sediment, als gevolg van deze afbraakprocessen. Het ammonium diffundeert naar de waterfase, en kan ook door benthische algen geconsumeerd worden. De netto flux van ammonium (in mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) is de waarde waar verder mee gewerkt is.

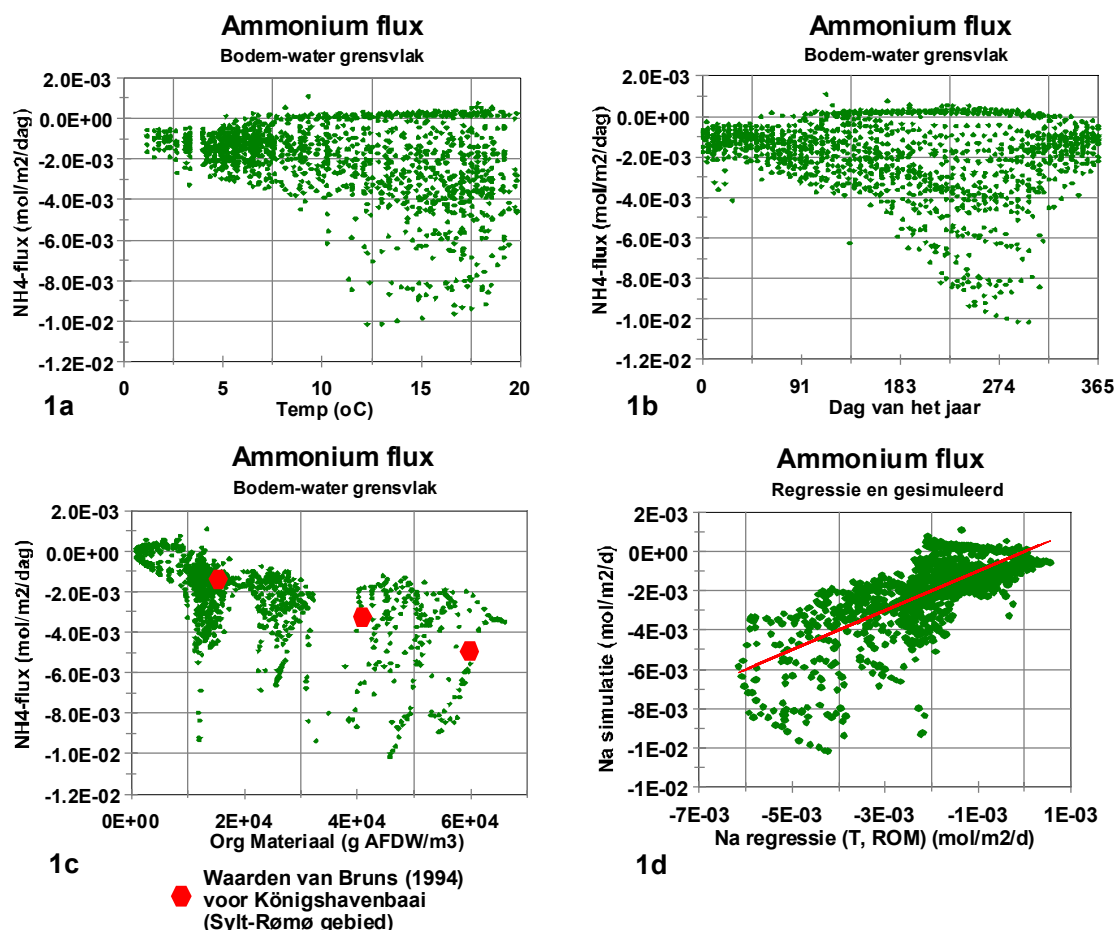
Voor een algemene toelichting op het EcoWasp-model wordt verwezen naar Brinkman (1993) en Brinkman & Smit (1993).

Slechts een klein deel van de resultaten is voor dit project van belang, en betreft de berekende uitwisseling tussen sediment en water van ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Deze uitwisseling is een resultante van mineralisatieprocessen in de bodem, en een diffusief –al dan niet door bioturbatie versneld- transport in het bodemwater, en tussen bodemwater en oppervlaktewater. De omgevingstemperatuur speelt een belangrijke rol omdat de biochemische afbraak van organische materiaal daar nogal gevoelig voor is. EcoWasp houdt rekening met de temperatuur, en rekent tevens met meerdere detritusfracties, met elk een eigen afbraaksnelheidsconstante. Meer en minder reactief materiaal wordt aldus onderscheiden.

## Resultaten

### Toepassing EcoWasp

Het EcoWasp-model is alleen gedraaid voor de westelijke Waddenzee, en is door haar opzet (in totaal worden 18 compartimenten onderscheiden) ook niet geschikt om fijnmazige informatie te leveren. Wél levert het model een groot aantal uitkomsten (ammoniumfluxen) in de tijd, en, door de compartimentering, bij een uiteenlopend gehalte aan organisch materiaal in de bodem. Deze uitkomsten zijn weergegeven in de figuren 1a-1c.



Berekende ammoniumfluxen met het EcoWasp-model. Een positieve flux betekent toevoer van ammonium aan de bodem, en omgekeerd. In 1a is de flux volgens het simulatiemodel weergegeven als functie van de omgevingstemperatuur, en in 1b als functie van de dag van het jaar. In 1c is de flux uitgezet tegen het (eveneens berekende) gehalte aan organisch materiaal in de bodem. Dit gehalte is uitgedrukt als gram drooggewicht per m<sup>3</sup> sediment (vast plus vloeistof), maar is betrokken op alleen de bovenste 1 cm van het sediment. Figuur 1d geeft aan wat de overeenkomst is tussen geschatte flux volgens de regressievergelijking (waarbij T en organisch stofgehalte de onafhankelijke variabelen waren) en de flux volgens het simulatiemodel. De lijn geeft de 1:1-waarde weer (simulatiewaarde=regressiewaarde).

Ter vergelijking zijn in fig 1c enkele meetwaarden opgenomen van Bruns (1994). Ook de range van organisch-stofgehaltes in de bodem komt vrij goed overeen met de waarden die door hem worden genoemd.

Vervolgens is een regressie uitgevoerd, met als vergelijking

$$\text{Flux} = a + b \cdot \text{ROM} + c \cdot \text{TEMP}$$

Waarbij ROM (Refractory Organic Matter) staat voor de som van al het organische materiaal in de bodem ( $\text{g m}^{-3}$ ), en de omgevingstemperatuur = TEMP ( $^{\circ}\text{C}$ ). De gevonden evenredigheids-coëfficiënten zijn in tabel 1 en 2 weergegeven, samen met hun geschatte nauwkeurigheid. Omdat de gebruikte data niet alle onafhankelijk zijn, is het aantal vrijheidsgraden onbekend, en is de schatting voor s.e. te optimistisch, en is tevens de overschrijdingskans niet in de tabel opgenomen.

Tabel 1 Verband  $\text{NH}_4$ -flux en omgevingstemperatuur en organisch-stofgehalte van de bodem  
Nb: positieve flux is naar de waterkolom gericht, najaarssituatie

	schatting	s.e.
Constant = a	-0.0008644	0.0000931
ROM = b	7.69E-08	2.27E-09
Temp = c	0.00012706	0.00000686

Tabel 2 Verband  $\text{NH}_4$ -flux en omgevingstemperatuur en organisch-stofgehalte van de bodem  
Nb: positieve flux is naar de waterkolom gericht, voorjaarssituatie

	Schatting	s.e.
Constant	-0.0006663	0.0000823
ROM	-3.36E-08	1.55E-09
Temp	-0.0000037	0.0000142

Het verschil, tussen voor- en najaar wordt veroorzaakt door de verschillen in reactiviteit van het betreffende materiaal. In het najaar bevat het sediment relatief veel reactief, en dus makkelijk afbreekbaar, organisch materiaal. Dat is nauwelijks in de waarde van het organisch-stofgehalte zelf terug te vinden, omdat het allergrootste deel uit weinig actief materiaal bestaat.

### *Verband organisch materiaal in de bodem en het slibgehalte van het sediment*

Zwarts (1988) levert data om het gehalte aan organisch stof in de bodem van de Waddenzee te relateren aan het slibgehalte van de bodem. Hij vindt

$$\text{Humusgehalte} = 0.17 \cdot \text{lutum-gehalte}$$

$$\text{Lutum-gehalte} = 0.66 \cdot \text{slibgehalte}$$

(Hierin is het slib gedefiniëerd als de delen  $< 16 \mu\text{m}$ , en het lutum als de delen  $< 2 \mu\text{m}$ )

En aldus:

$$\text{Humusgehalte} = 0.11 \cdot \text{slibgehalte} \quad (\text{alle gehalten in gewichts-\%})$$

Omdat de regressie op de EcoWasp-data organisch-stofgehaltenes (in  $\text{g m}^{-3}$ ) betreffen, moet het humusgehalte ook als dusdanig bekend zijn. De soortelijke massa van het sediment wordt op ongeveer  $1.5 \cdot 10^6 \text{ g m}^{-3}$  gesteld, wat geen onrealistische waarde is (Brinkman & Van Raaphorst, 1986). Derhalve volgt voor het humusgehalte in ( $\text{g m}^{-3}$ ) =  $1.5 \cdot 10^4 \cdot \text{humusgehalte in \%}$ .

Zoals hierboven al is opgemerkt is humus het weinig reactieve deel van het organisch materiaal in de bodem, maar het heeft wél het verreweg grootste aandeel. De meest reactieve bestanddelen tellen qua gewichtfractie niet werkelijk aan. Het effect van die meer reactieve fracties is in de EcoWasp-berekeningen wél verdisconteerd, en dat wordt in de regressieberekening ook teruggevonden.

## Constructie van aangepaste slibkaart voor de Waddenzee

Er dient een gedetailleerde slibkaart van de Waddenzee beschikbaar te zijn. Hiertoe is gebruik gemaakt van berekeningen die in ander kader zijn verricht.

### a- sedimentanalyses Waddenzee

In de periode 1989-1997 zijn ruim 7000 sedimentmonsters genomen verdeeld over de gehele Waddenzee (RIKZ/RWS, zie tabel; RIKZ, 1998).

In de periode 1989-1997 zijn met een 'Van Veen'-bodenhapper in totaal ruim 7000 sedimentmonsters genomen verdeeld over de gehele Waddenzee (RIKZ/RWS). Hieruit is uit de bovenste 10 cm een mengmonster genomen. Gezeefd is over een 2 mm zeef om de grove delen te verwijderen. Deze monsters zijn vervolgens geanalyseerd met een Malvern 2600L Laser Particle Sizer (GeoSea Consulting Ltd,

**Tabel: Overzicht bemonsteringen sediment RWS/RIKZ.**

Bron: Sedimentatlas Waddenzee Min VenW (1998)

Eems-Dollard	oktober-december 1989
Vlie	mei-augustus 1991
Marsdiep, Eyerlandse Gat	april-juli 1993
Friesche Zeegat	april-juli 1994
Borndiep	april-juli 1995
Lauwers, Schild	april-juli 1996
<b>Extra bemonsteringen</b>	
Dollard	september-oktober 1991
Kustzone Terschelling	mei-juni 1995

UK). De monsters zijn **niet** voorbereid om kalk en organische deeltjes te verwijderen. Daarom geeft deze methode een onderschatting te zien van de fijne fractie. Dit is een nadeel wanneer het slibgehalte gekend moet worden, of wanneer een gemiddelde korrelgrootte berekend wordt in een monster dat relatief slibrijk is. Immers, dan zijn de fouten het grootst. De standaarddichtheid was 1 monster per km<sup>2</sup>; daar waar de variatie groot werd verondersteld zijn 2 monsters per km<sup>2</sup> genomen.

Deze data zijn door Zwarts (2003) bewerkt, en vergelijkbaar gemaakt met gestandaardiseerde bodembemonsteringsmethoden (zeef- en pipetmethoden). Zijn databestand is gebruikt om een verband te vinden tussen slibgehalten in de bodem, en een aantal abiotische omgevingsvariabelen.

Met behulp van computermodellen is een schatting te geven van de intensiteit van stroming en golven in het Waddengebied. Deze gegevens hebben de beperking dat ze alleen geldig zijn voor de omstandigheden waarvoor de berekeningen verricht zijn, en beslist geen gemiddelde toestand weerspiegelen, noch een gemiddelde van uitersten zijn. De door Zwarts gereconstrueerde slibkaart betreft alleen de litorale deel van de Waddenzee.

### b- omgevingskarakteristieken

Omgevingskarakteristieken die gebruikt zijn, zijn

- maximale stroomsnelheid van het water, berekend met het WADPLUS-model
- maximale orbitaalsnelheden bij wind uit verschillende richtingen, berekend met het SWAN-model, en een oudere berekening met het HISWA-model

Zie Brinkman & Bult (2002), de sedimentatlas van het RIKZ (RIKZ; 1998) voor een uitgebreidere beschrijving.

Op basis van deze stromings- en golfgegevens is vervolgens per gridcel (grootte 50\*50m ) het slibgehalte berekend (een soort habitatkaart voor slib, dus). De gebruikte formule is

$$\text{Slibgehalte} = \exp(a + bV + cV^2 + dNW + eNW^2 + fSW + gSW^2 + hNO + kNO^2 + mG + nG^2)$$

waarin

a= 2.003; b= -0.631; c=-1.849; d=2.68; e=-1.275; f=2.27; g=-20.24; h=4.637; k=-14.97;

m=-0.390; n= 0.475

en

V= maximale stroomsnelheid water

NW= maximale orbitaalsnelheid NW wind (SWAN model)

SW= maximale orbitaalsnelheid SW wind (SWAN model)

NO= maximale orbitaalsnelheid NO wind (SWAN model)

G= maximale orbitaalsnelheid volgens (HISWA-MODEL)

Het gebruik van én HISWA-resultaten én van SWAN-resultaten is niet geheel correct, maar gaf een net iets betere uitkomst.

Zodoende is op basis van een zo goed mogelijk geconstrueerde slibkaart (of precies: een potentiële slibkaart) het organisch stof- gehalte van de bodem geschat voor elke 50\*50 m gridcel, en op basis van de berekende activiteit van het organische materiaal, plús de berekende waarden voor de dichtheid van aanwezige benthische diatomeeën, geschat wat de NH<sub>4</sub>-flux zal zijn over het bodem/water-grensvlak in een voorjaars- en een najaars situatie.

### ***Constructie van Waddenzee-brede kaart voor interne ammoniumbelasting***

Door combinatie van de schattingen voor ROM als functie van het slibgehalte, én de schatting van de ammoniumflux als functie van temperatuur en ROM, kan een Waddenzee-brede schatting van de ammoniumfluxen worden gegeven. Hierbij is een voorjaarskaart, en een najaarskaart gegeven.

Voor de voorjaarskaart is een temperatuur van 8 °C aangehouden, voor de najaarskaart een temperatuur van 20 °C.

Inclusief de bovengegeven omrekeningsfactoren (% humus-> g humus m<sup>-3</sup>, en slib-> humus), volgt voor de gebruikte vergelijkingen:

$$\text{NH}_4\text{-flux} = 7.0 \cdot 10^{-4} + 5.5 \cdot 10^{-5} \text{ slib (voorjaars situatie)} \quad (\text{mol m}^{-2} \text{ d}^{-1})$$

$$\text{NH}_4\text{-flux} = 1.67 \cdot 10^{-3} + 1.27 \cdot 10^{-4} \text{ slib (najaars situatie)} \quad (\text{mol m}^{-2} \text{ d}^{-1})$$

Een hoog slibgehalte (40%) resulteert in het najaar in  $6.7 \cdot 10^{-3}$  (mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>), wat fors is, maar tevens een uitzondering gezien het feit dat dergelijk hoge slibgehalten nauwelijks aanwezig zijn in de Waddenzee. Een meer gangbaar slibgehalte is in de orde van 4-6%, en resulteert in ammoniumfluxen in de orde van  $2.2 \cdot 10^{-3}$  (mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>).

In het voorjaar worden globale fluxen gevonden in de orde van  $4.3 \cdot 10^{-3}$  (mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) bij 40% slib, en bijna  $9 \cdot 10^{-4}$  bij ongeveer 5% slib. In armere gebieden (0.5% slib) resulteert een waarde van  $7 \cdot 10^{-4}$  (mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>).

Het effect van zeegras zelf op de ammoniumuitwisseling is **niet** in de berekeningen betrokken.

Het gehele digitale bestand is als gridbestand beschikbaar.



---

## Bijlage C Afbeeldingen Groot en Klein zeegras

---

---

### Afbeelding 1

Groot zeegras in waterlaagje (D.J. de Jong)



---

### Afbeelding 2

Klein zeegras, nagenoeg droogliggend (D.J. de Jong)









## Bijlage D Gegevensblad bij RWS-RIKZ rapporten

Opdrachtgever / contactpersoon	Rijkswaterstaat Noord Holland/ M. van Wieringen
--------------------------------	---

Titel	<b>Kansenkaart Zeegras Waddenzee</b> <i>Potentiële groeimogelijkheden voor zeegras in de Waddenzee</i>
Rapportnummer	<b>RIKZ/2005.013</b>

Samenvatting	<p>Het rapport Kansenkaart Zeegras Waddenzee beschrijft op welke wijze een kaart is gemaakt die aangeeft waar potentieel in de Waddenzee zeegras kan groeien. Deze kansenkaart is gebaseerd op een aantal belangrijke abiotische parameters die een grote rol spelen in het voorkomen van zeegrassen (droogvalduur, hydrodynamiek, zoutgehalte en ammoniumgehalte). De kaart betreft uitsluitend de kansen voor litoraal zeegras. De kaart doet geen uitspraken over de mogelijkheden voor sublitoraal zeegras, dat in vroeger dagen uitbundig voorkwam in de westelijke Waddenzee.</p> <p>Een kansenkaart kan gebruikt worden om te bepalen waar eventuele beschermingsmaatregelen voor zeegras het beste getroffen kunnen worden; bijvoorbeeld in het kader van een beheersplan Waddenzee. Verder is de de kaart, binnen het project Zeegras, gebruikt om te bepalen waar de beste mogelijkheden zijn om zeegras te stimuleren door actieve maatregelen (aanplant).</p> <p>Geconcludeerd kan worden dat de kansen voor litoraal zeegras in de Waddenzee relatief beperkt zijn, met name door de relatief grote hydrodynamiek in het gebied. De locaties waar zeegras daadwerkelijk aanwezig is zijn echter beduidend minder dan de kaart aangeeft.</p>
--------------	--

Versie	Eigenaar (1 <sup>o</sup> auteur)	Datum	Opmerking	Beoordeeld	Goedgekeurd
0	1 <sup>o</sup> auteur D. J. de Jong par. 	w/10/05	Concept	Naam Inhoudelijk specialist J. de Vlas, Z. Jager par. 	Verantwoordelijk AH/KKM 
1	1 <sup>o</sup> auteur D. J. de Jong par. 	10/11/05	Definitief	Naam Accountmanager G.J. Rotmensen par. 	Verantwoordelijk AH/UM R. Kersten Par. 
Project ID	RWS-RIKZ Projectnaam Herstel&Inrichting / Zeegras RWS-RIKZ projectnummer				
Vertrouwelijk	<input type="checkbox"/> x NEE				
Status	<input type="checkbox"/> Startversie april 2004 <input type="checkbox"/> 8-8-2005 Concept <input checked="" type="checkbox"/> 19-9-2005 Definitief				

---

## Bijlage E Disclaimers op RWS-RIKZ publicaties

---

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee van Rijkswaterstaat (RWS-RIKZ), en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen.

Het Rijk sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.