

ZIVO
Instituut voor Zeewetenschappelijk Onderzoek (vzw)
Institute for Marine Scientific Research
DEKORTERLAAN 3 - B - 8400 OOSTENDE BELGIUM
Tel: +32-(0)59-321045 - Fax: +32-(0)59-321135

De betekenis van het zout- en silicaatgehalte in Nederlandse kustwateren voor het zeegrasareaal

Faserapport 1996

Beleidsgericht
ecologisch onderzoek
van de
Noordzee/Waddenzee



NIOO-CEMO
RWS-RIKZ
IBN-DLO

B

De betekenis van het zout- en silicaatgehalte in Nederlandse kustwateren voor het zee- grasareaal

685

Faserapport 1996

P. Kamermans (NIOO-CEMO)
M.A. Hemminga (NIOO-CEMO)
D. de Jong (RWS-RIKZ)
K.S. Dijkema (IBN-DLO)

Februari 1997

BEON Rapport nr. 97-4

BEON project NIOO 96 EH 07

ISSN 0924-6576

Inhoudsopgave

		blz.
	Samenvatting	3
1.	Inleiding	4
1.1.	Algemene probleemstelling	4
1.2.	Doelstelling en vraagstelling onderzoek	5
1.3.	Beleidsrelevantie	5
2.	Materiaal en methoden	7
2.1.	Groeiproeven bij verschillende zout- en silicaatgehalten	7
2.2.	Analyse van de ontwikkeling van het zeegras in de Waddenzee in relatie tot waterkwaliteit en waterhuishouding	8
2.3.	Evaluatie van verhoogde zoetwatertoevoer naar de Grevelingen en de Oosterschelde	9
3.	Resultaten en discussie	10
3.1.	Groeiproeven bij verschillende zout- en silicaatgehalten	10
3.2.	Analyse van de ontwikkeling van het zeegras in de Waddenzee in relatie tot waterkwaliteit en waterhuishouding	19
3.3.	Evaluatie van verhoogde zoetwatertoevoer naar de Grevelingen en de Oosterschelde	19
4.	Conclusies	20
	Dankwoord	20
	Literatuurlijst	21

Samenvatting

De mondiale achteruitgang van zeegrasvelden wordt over het algemeen toegeschreven aan toegenomen eutrofiëring en turbiditeit van het water. Echter, zeer recent zijn door analyse van lange termijn gegevens, die sedert de zeventiger jaren verzameld zijn, tot dusver onopgemerkte verbanden gelegd tussen een tweetal omgevingsfactoren en het voorkomen van zeegras. De nu beschikbare gegevens wijzen erop dat een verhoogde saliniteit (boven circa $17 \text{ g Cl} \cdot \text{l}^{-1} = 31 \text{ PSU}$ of ‰) leidt tot een achteruitgang van de diverse zeegraspopulaties in Nederland: stabiele populaties van Groot Zeegras (*Zostera marina*) in de Nederlandse kustwateren zijn vrijwel uitsluitend nog te vinden op plaatsen waar zoetwaterinflux plaatsvindt. Daarenboven is er een zeer sterke correlatie gevonden tussen het silicaatgehalte in het water en het zeegrasareaal in de Grevelingen. Deze onderzoeksgegevens suggereren dat zowel een *matig zoutgehalte* als de *beschikbaarheid van silicaat* in de waterfase voorwaarden zijn voor vitale zeegraspopulaties en vergroting van het zeegrasareaal.

Op basis van deze hypothese is een onderzoeksproject geformuleerd dat een drietal deelonderzoeken omvat.

- (1) Door experimenteel onderzoek de betekenis van het zout- en silicaatgehalte in het water voor kieming en groei van Groot Zeegras bepalen.
- (2) Analyse van de achteruitgang van het zeegras in de Nederlandse Waddenzee in het licht van de eerder geformuleerde hypothese over de waterkwaliteit. Daarbij wordt tevens gekeken naar de ontwikkelingen in de Duitse en Deense Waddenzee.
- (3) Nagaan welke mogelijkheden er zijn om meer rivierwater toe te laten tot de Grevelingen en de Oosterschelde, hoe dit doorwerkt naar veranderingen in saliniteit en silicaat, en wat de potentiële areaaltoename van Groot Zeegras zal zijn.

Indien de hypothese correct blijkt, zijn er mogelijkheden om de uitkomsten van het onderzoek om te zetten in beheersrichtlijnen, omdat via de aanwezige sluizen en gemalen een duidelijke invloed kan worden uitgeoefend op de relevante waterkwaliteitsparameters.

De resultaten van groei-experimenten bij verschillende zout- en silicaatgehalten geven aan dat planten gekweekt bij een lager zoutgehalte dan het huidige zoutgehalte in de Grevelingen een andere strategie volgen dan planten die opgroeien onder omstandigheden met een hoog zoutgehalte (32 PSU). Bij een laag zoutgehalte (22 PSU) werden meer scheuten en bladeren per plant gevormd. De bovengrondse productie werd echter niet beïnvloed door het zoutgehalte. Dit valt te verklaren door naar de grootte van de geproduceerde bladeren te kijken. Bij een laag zoutgehalte werden weliswaar meer bladeren gevormd, maar deze bladeren waren iets kleiner dan bij een hoog zoutgehalte. Meer scheuten, zoals die zijn gevormd door *Z.marina* gekweekt bij een laag zoutgehalte, kan gunstig zijn voor het vergroten van het zeegrasareaal.

De resultaten van het silicaat-experiment hebben geen positief effect van het verhogen van het silicaatgehalte (van ongeveer $6 \mu\text{M}$ naar $70 \mu\text{M}$) op de groei en ontwikkeling van zeegras kunnen aantonen. Het eventuele positieve effect van een verhoogd silicaatgehalte kan teniet gedaan zijn door het hoge zoutgehalte van het water tijdens dit experiment. Voorlopige resultaten wijzen erop dat het silicaatgehalte van het water op indirecte wijze van invloed zou kunnen zijn via het type epifyt (al of niet silicaatbehoevend) dat groeit op *Z.marina* bladeren.

De andere twee deelonderzoeken (analyse van de ontwikkeling van het zeegras in de Waddenzee in relatie tot waterkwaliteit en waterhuishouding en evaluatie van verhoogde zoetwatertoevoer naar de Grevelingen en de Oosterschelde) zijn nog in de start-fase.

1. Inleiding

1.1. Algemene probleemstelling

Zeegrasvelden over de gehele wereld staan onder druk als gevolg van veranderende milieumomstandigheden. Op vele plaatsen is een drastische achteruitgang van de omvang van de populaties geconstateerd, of zelfs het compleet verdwijnen ervan. De teloorgang van deze mariene vegetaties wordt algemeen als een verarming van het kustmilieu gezien: zeegrasvelden vormen een waardevol habitat voor bodemdieren en voor vissen, en trekken watervogels aan die er fourageren.

Ook in de Nederlandse kustwateren heeft de afname van het zeegrasbestand zodanige vormen aangenomen dat de twee vertegenwoordigers van de zeegrassen in Nederland, Groot Zeegras (*Zostera marina*), en Klein Zeegras (*Zostera noltii*) vrijwel tot de zeldzame plantensoorten gerekend kunnen worden. In de Waddenzee is Groot Zeegras in het sublitoraal al in de dertiger jaren verdwenen als gevolg van de zgn. wasting disease. Deze ziekte was waarschijnlijk een reactie op de sluiting van de Zuiderzee die o.a. leidde tot toegenomen stroomsnelheden, een groter getijverschil en een grotere troebelheid¹. Naast dit verdwijnen uit het sublitoraal volgde vanaf de zestiger jaren een geleidelijke achteruitgang van de littorale vegetaties. De oorzaak van deze achteruitgang is niet volledig duidelijk, maar als mogelijke oorzaken zijn de toegenomen eutrofiëring en turbiditeit van het water in de jaren '60, '70 en '80 naar voren gebracht^{1,2}. Ook in het Deltagebied is het zeegrasareaal de laatste jaren sterk verminderd, m.n. in de Oosterschelde en in de Grevelingen. De achteruitgang in deze gebieden is zeer opmerkelijk, omdat de aanleg van de diverse dammen in het kader van het Deltaplan hebben geleid tot veranderingen in de waterkwaliteit die ogenschijnlijk gunstig zijn voor uitbreiding van het zeegras areaal. In beide wateren zijn de lichtcondities door afname van de turbiditeit sterk verbeterd en is de dynamiek verminderd. Daarnaast is, zeker voor de Oosterschelde, de nutriëntenbelasting van het water sterk afgenomen door de zeer beperkte hoeveelheid rivierwater die nu nog tot het systeem wordt toegelaten.

Zeer recent zijn echter door analyse van lange-termijn gegevens, die sedert de zeventiger jaren verzameld zijn, tot dusver onopgemerkte verbanden gelegd tussen een tweetal omgevingsfactoren en het voorkomen van zeegras. De nu beschikbare gegevens wijzen erop dat een verhoogde saliniteit (boven circa $17 \text{ g Cl} \cdot \text{l}^{-1}$) leidt tot een achteruitgang van de diverse zeegraspopulaties in Nederland: stabiele populaties van Groot Zeegras in de Nederlandse kustwateren zijn vrijwel uitsluitend nog te vinden op plaatsen waar zoetwaterinflux plaatsvindt^{3,4}. Daarenboven is er een zeer sterke correlatie gevonden tussen het silicaatgehalte en het zeegrasareaal in de Grevelingen⁵. Deze onderzoeksgegevens suggereren dat zowel een *matig zoutgehalte* als de *beschikbaarheid van silicaat* voorwaarden zijn voor vitale zeegraspopulaties.

Op basis van de nu bekende gegevens is het aannemelijk dat de invloed van saliniteit vooral tijdens de eerste groeistadia van belang is. Zo wijzen de bestaande literatuurgegevens erop^{6,7} dat het kiemingspercentage van zaden van Groot Zeegras lager is naarmate de saliniteit hoger is. Recente analyses van silicaat in zeegrassen uitgevoerd op het NIOO-CEMO tonen aan dat het gehalte aan silicium in Groot Zeegras aanzienlijk kan zijn: ca. 0.5 % van het drooggewicht in monsters uit het Veerse Meer, 0.3 % in monsters uit de Zandkreek en 0.05 % in monsters uit de Grevelingen⁸. Dit zijn waarden van eenzelfde grootte-orde als het fosfaatgehalte van Groot Zeegras⁹. Op basis van onderzoeksgegevens over silicium-accumulerende landplanten kan wat betreft de betekenis van silicium voor zeegras gedacht worden aan groeibevordering⁹. Daarnaast is bekend dat voldoende siliciumbeschikbaarheid de stress samenhangend met een hoge omgevingsaliniteit in sommige planten vermindert^{10,11}. Saliniteit en silicaat zouden dus op verschillende momenten tijdens de ontwikkeling en groei van de plant een rol kunnen spelen: saliniteit in de fasen van kieming en eerste groei, en silicaat tijdens de latere groeifasen.

De correlatie tussen silicaatgehalte in het water van de Grevelingen en de fluctuaties van het zeegrasareaal suggereren dat de vitaliteit van de populatie een afgeleide is van silicaatopname door de bladeren⁵. Aangezien het poriewater in de bodem ongetwijfeld silicaat bevat roept dit de vraag op waarom de plant silicium-gelimiteerd zou kunnen zijn bij beschikbaarheid van dit element in de bodem. Recent op het NIOO-CEMO uitgevoerde proeven met zeegrasplanten in gecompartmenteerde incubatievaten wijzen er op dat de wortels zeer beperkt zijn in hun opnamecapaciteit m.b.t. silicaat, dit in tegenstelling tot de bladeren⁸. Wij veronderstellen daarom dat Groot Zeegras maar geringe hoeveelheden silicium aan de bodem kan onttrekken, en dat opname vooral vanuit de waterkolom moet plaatsvinden.

Een lage saliniteit en een hoog silicaatgehalte in een kustgebied zijn gekoppeld aan de toevoer van zoet water. Rivieren verlagen uiteraard de saliniteit van het kustwater, maar voeren bovendien veel silicaat aan; wereldwijd 80% van de silicaatinput in het mariene milieu¹². Als gevolg van de Deltawerken is de rivierinvloed op de Oosterschelde en het Grevelingenmeer nagenoeg verdwenen⁵. Voorts kan nog opgemerkt worden dat ook in de Waddenzee veel veranderd is met betrekking tot de aanvoer van zoet water, o.a. door afsluiting van de Zuiderzee en van de Lauwerszee, en door het saneren van polderuitlaten. Indien saliniteit en silicaat inderdaad de vitaliteit van het zeegras zo sterk beïnvloeden als verondersteld, dan worden daarmee ook de contouren voor toekomstige beheersmaatregelen zichtbaar die kunnen leiden tot herstel van het zeegrasbestand: deze zullen een gedoseerde grotere toevoer van zoet (rivier)water inhouden.

1.2. Doelstelling en vraagstelling onderzoek

- (1) Door experimenteel onderzoek de betekenis van het zout- en silicaatgehalte in het water voor kieming en groei van Groot Zeegras bepalen.
- (2) Analyse van de achteruitgang van het zeegras in de Nederlandse Waddenzee in het licht van de eerder geformuleerde hypothese over de waterkwaliteit. Daarbij wordt tevens gekeken naar de ontwikkelingen in de Duitse en Deense Waddenzee.
- (3) Nagaan welke mogelijkheden er zijn om meer rivierwater toe te laten tot de Grevelingen en de Oosterschelde, hoe dit doorwerkt naar veranderingen in saliniteit en silicaat, en wat de potentiële areaaltoename van Groot Zeegras zal zijn.

1.3. Beleidsrelevantie

Beide soorten zeegras kunnen worden beschouwd als kenmerkende soorten voor estuaria en stagnante zoute watersystemen op de grens van zee en rivier. Daarnaast vormen ze ook een karakteristiek habitatype in deze wateren, dat leefmogelijkheden biedt aan tal van andere planten (met name epifytische wieren) en dieren (bodemdieren, kleine vissen, vogels). Dit habitatype is de afgelopen decennia sterk achteruitgegaan in heel Nederland. Een gevolg hiervan is onder andere dat fouragerende vogels sterker zijn aangewezen op omliggende landbouwgronden¹³. Het beleid is erop gericht om de arealen van destijds zo mogelijk terug te brengen. Het uitgevoerde onderzoek vormt een belangrijke bijdrage voor de ontwikkeling van het benodigde instrumentarium hiertoe.

Het onderzoek valt binnen het BEON speerpunt "verstoring habitats", en daar binnen weer onder de beleidsthema's "effecten studies" en "beleidsalternatieven", en in mindere mate "invulling milieugebruiksruimte". Daarnaast zijn er duidelijke raakvlakken met het speerpunt "eutrofiëring", omdat het stuurmiddel ligt op het gebied van de beïnvloeding van de waterkwaliteit. De resultaten van dit onderzoek zullen bijdragen aan de invulling van het kennishiaat "relatie verspreiding zeegras met

waterkwaliteit (saliniteit en silicaatgehalte)".

Kennis over de vraag hoe grootschalige menselijke ingrepen in de waterhuishouding/-kwaliteit van invloed zijn op het voorkomen van zeegras kan door dit onderzoek worden geleverd. Over een belangrijke andere menselijke invloed (visserij) is al enige (empirische) kennis aanwezig en is er ook inzicht hoe deze factor kan worden beheerst (hierover zijn ook afspraken gemaakt met de visserij-sector). Ten aanzien van het aspect waterkwaliteit is nu een hypothese geformuleerd die in het voorliggende project wordt onderzocht. Indien deze hypothese correct blijkt, zijn er mogelijkheden om de uitkomsten van het onderzoek om te zetten in beheersrichtlijnen, omdat via de aanwezige sluisen en gemalen een duidelijke invloed kan worden uitgeoefend op de relevante waterkwaliteitsparameters.

2. Materiaal en methoden

Aansluitend bij de drieledige vraagstelling van het onderzoek vallen de werkzaamheden in drie onderdelen uiteen:

- (1) Kiem- en groeiproeven bij verschillende zout- en silicaatgehalten
- (2) Analyse van de ontwikkeling van het zeegras in de Waddenzee in relatie tot waterkwaliteit en waterhuishouding
- (3) Evaluatie van verhoogde zoetwatertoevoer naar de Grevelingen en de Oosterschelde.

2.1. Groeiproeven bij verschillende zout- en silicaatgehalten

In de mesocosmosfaciliteiten van het NIOO-CEMO zijn onder gecontroleerde condities experimenten uitgevoerd waarbij het zout- en silicaatgehalte werd gevarieerd. De groei van zeegras is hierbij gedetailleerd onderzocht. In de eerste fase van het onderzoek (1996) zijn een tweetal experimenten uitgevoerd. Het eerste experiment heeft zich geconcentreerd op de effecten van een verschillend zoutgehalte (saliniteits-experiment); het tweede experiment is uitgevoerd met een verschillend silicaatgehalte (silicaat-experiment).

De opstelling voor de groei-experimenten bestond uit 6 plexiglas cylinders met bodem (diameter 30 cm en hoogte 50 cm). Iedere cylinder had een watertoevoer (vanuit een mediumvat) die op 10 cm boven de bodem van de cylinder uitkwam. Ook had elke cylinder een waterafvoer op 2 cm beneden de bovenrand van de cylinder. De cylinders werden direkt naast de watertoevoer belucht met een bruissteentje. De 6 cylinders waren in een klimaatkamer onder 10 TL buizen geplaatst. De temperatuur in de kamer was 14 °C, en het lichtregime 14L:10D. De warmte van de lampen werd met behulp van een ventilator afgevoerd. De temperatuur werd tijdens het silicaat-experiment iets verhoogd ten opzichte van het saliniteits-experiment om de vorming van bloeiwijzen te stimuleren. Dit werd bewerkstelligd door de ventilator maar 4 uur per dag aan te zetten. Hierdoor liep de watertemperatuur in de cylinders in de lichtperiode op tot 18.8 °C en nam de temperatuur in de donkere periode af tot 15.5 °C. De lichtintensiteit in de cylinders varieerde (afhankelijk van de plaats op de tafel en in de cylinder) van 290 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ tot 394 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (PAR). Deze waarden liggen ver boven het verzadigingslichtniveau van *Zostera marina* (maximaal 88 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)¹⁴. Het saliniteits-experiment bevatte twee behandelingen: medium met een laag zoutgehalte en medium met een hoog zoutgehalte. Evenzo had het silicaat-experiment twee behandelingen: medium met een laag silicaatgehalte en medium met een hoog silicaatgehalte. Per behandeling werden 1 mediumvat (LOW voor de lage behandeling en HIGH voor de hoge behandeling) en 3 cylinders gebruikt (L1, L2 en L3 voor de lage behandeling en H1, H2 en H3 voor de hoge behandeling). De cylinders werden om en om op de tafel geplaatst, dat wil zeggen L1 voor H1 en naast H2, en zo verder. Het medium werd met een snelheid van 5 ml per min uit een PVC vat (185 l) naar de cylinders gepompt.

Het medium bestond uit gedemineraliseerd water waaraan zeezout (met vitamines en sporenelementen, maar zonder stikstof, fosfaat en silicaat) was toegevoegd om tot het juiste zoutgehalte te komen. In dit verslag wordt het zoutgehalte aangegeven in Practical Salinity Units (PSU). Deze waarden kunnen worden omgerekend naar chloriniteit met behulp van de volgende formule $S = 1.805 \text{ Cl} + 0.03$. Gedurende het saliniteits-experiment was het lage zoutgehalte 22 (= 12.2 g Cl · l⁻¹) en het hoge zoutgehalte 32 (= 17.7 g Cl · l⁻¹). Deze waarden zijn gekozen omdat het de onder- en bovengrens zijn van de zoutgehaltes die sinds 1973 in de Grevelingen zijn waargenomen¹⁵. Gedurende het silicaat-experiment werd het zoutgehalte in beide behandelingen gelijk gehouden op 30 (= 16.6 g Cl · l⁻¹). Deze waarde is vergelijkbaar met het huidige zoutgehalte in de Grevelingen. Aan het medium voor de beide

saliniteits-behandelingen werd $70 \mu\text{M Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ toegevoegd. Dit silicaatgehalte is veel hoger dan wat in het veld wordt aangetroffen. Deze keuze verzekert dat er in beide saliniteits-behandelingen een overmaat aan silicaat aanwezig is. Tijdens het silicaat-experiment werd in de hoog-silicaatbehandeling een overmaat aan silicaat toegevoegd ($70 \mu\text{M Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), terwijl aan het medium voor de laag-silicaatbehandeling geen silicaat werd toegevoegd. Deze laatste behandeling werd zo veel mogelijk silicaat vrij gehouden. Als nutriënten werd verder in ieder vat $10 \mu\text{M NH}_4\text{Cl}$ en $5 \mu\text{M Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ toegevoegd. Deze stikstof- en fosfaatconcentraties zijn vergelijkbaar met waarden die in de Grevelingen voorkomen. Vanaf dag 50 van het silicaat-experiment is $2.5 \mu\text{M}$ in plaats van $5 \mu\text{M}$ fosfaat toegevoegd om de groei van cyanobacteriën tegen te gaan.

Op 15 april zijn zeegras planten van ongeveer gelijke grootte verzameld nabij de Slikken van Flakkee in de Grevelingen voor het saliniteits-experiment en op 16 juli voor het silicaat-experiment. Deze planten (ongeveer 100) zijn individueel in genummerde 300 ml polyethyleen potjes met gezeefd (2mm) Grevelingensediment geplaatst. Vervolgens zijn de planten 2-4 weken in een buitenbasin met Oosterscheldewater gezet om de wortels te laten herstellen. Het water werd twee maal per week ververs.

Het saliniteits-experiment is op 16 mei van start gegaan en het silicaat-experiment op 2 augustus. In iedere cylinder werden 10 planten (saliniteits-exp.) of 14 planten (silicaat-exp.) geplaatst bestaande uit 1 scheut. Van deze genummerde planten was het aantal bladeren, en de lengte en breedte van ieder blad, direkt daarvoor bepaald. Uit de overgebleven planten werden enkele planten at random gekozen voor bepaling van de begin-biomassa. Na 3 dagen bij 60°C werd het drooggewicht van bladeren en van rhizoom (met wortels) apart bepaald. Per cylinder werden vier uniforme planten at random gekozen die gedurende het gehele experiment wekelijks werden opgemeten (aantal scheuten, aantal bladeren, lengte en breedte van ieder blad, en eventuele bloeiwijzen en zaadvorming). De toename in bladoppervlakte werd omgerekend naar produktie in mg drooggewicht per dag. Na iedere meting wisselden alle planten binnen de cylinder van plaats. Wekelijks werd ook nieuw medium aangemaakt. Het nutriëntengehalte en het zoutgehalte van het water in de mediumvaten en in de cylinders werd regelmatig gecontroleerd. Op dag 37 van het saliniteits-experiment zijn 24 planten (4 per cylinder) bemonsterd voor een tussentijdse biomassa bepaling. Aan het einde van het experiment (na 9 weken voor het saliniteits-experiment en na 10 weken voor het silicaat-experiment) zijn de planten bemonsterd voor de laatste metingen en de eind-biomassabepaling.

De resultaten van de groei-experimenten zijn statistisch geanalyseerd met behulp van tweewegs-variantie-analyses (two-way ANOVA's). Het effect van behandeling (LOW of HIGH) èn het effect van cilindernummer (L1,L2,L3,H1,H2 of H3), alsmede het effect van een eventuele interactie tussen die twee factoren werd getest. Homogeniteit van varianties werd visueel gecontroleerd met box plots. Alle testen zijn uitgevoerd met het computerprogramma SYSTAT¹⁶. In alle gevallen werd een significantieniveau van 5% aangehouden.

2.2. Analyse van de ontwikkeling van het zeegras in de Waddenzee in relatie tot waterkwaliteit en waterhuishouding

Onderwerp van dit deelonderzoek is de nadere analyse van de ontwikkelingen van het zeegras (beide soorten) in de Waddenzee, met name het aspect in hoeverre de beschikbare gegevens de "zout- en silicaathypothese" ondersteunen. Daarbij worden niet alleen de ontwikkelingen in het Nederlandse deel van de Waddenzee betrokken, maar ook die in het Duitse en Deense deel. De analyse van waterkwaliteitsgegevens (uit het RWS-meetnet), lozingsgegevens en waterhuishoudingsgegevens gerelateerd aan de zeegrasontwikkelingen in de de Nederlandse Waddenzee is in voorbereiding. Daarnaast zal voor de Duitse en Deense Waddenzee gebruikt gemaakt worden van een enquête van onderzoekers in die landen, met gerichte vragen over waterkwaliteit, veranderingen in lozingspunten,

zeegrasontwikkelingen en dergelijke.

2.3. Evaluatie van verhoogde zoetwatertoevoer naar de Grevelingen en de Oosterschelde

Met behulp van bestaande modellen wordt onderzocht welke mogelijkheden er zijn er om de input van zoetwater in de Grevelingen en de Oosterschelde te variëren en hoe dit doorwerkt naar het zout- en silicaatgehalte. De reactie van het zeegrasareaal op de nieuwe waterkwaliteits-omstandigheden is hierin opgenomen. Voor de uitwerking is aangehaakt op RIKZ projecten waarin dit aspect op een of andere wijze is opgenomen.

3. Resultaten en discussie

3.1. Groeiproeven bij verschillende zout- en silicaatgehalten

De behandelingen van de twee groei-experimenten bestonden hierin dat bij het saliniteits-experiment het zoutgehalte van de behandelingen verschilde, terwijl het silicaatgehalte gelijk bleef, en bij het silicaat-experiment het silicaatgehalte van het medium verschilde, terwijl het zoutgehalte gelijk bleef (Fig. 1.). Gedurende de experimenten liet het zoutgehalte geen grote afwijkingen zien van de beoogde waardes; 22 en 32 voor het saliniteits-experiment en 30 voor het silicaat-experiment (Fig. 1a,b). Het silicaatgehalte van het water had echter niet altijd de beoogde concentratie van 70 μM (Fig. 1c,d). De lagere waardes gedurende het saliniteits-experiment werden veroorzaakt doordat in eerste instantie (tot dag 30) gebruik werd gemaakt van een slecht oplosbare siliciumverbinding ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). De silicaatgehalten hoger dan 70 μM kunnen worden toegeschreven aan het slecht functioneren van de deminwater-installatie. Silicaat werd onvoldoende uit het leidingwater verwijderd en de installatie leverde deminwater met silicaatconcentraties van ongeveer 30 μM . Dit verklaart ook de hoge silicaatconcentraties in de laag silicaat-behandeling (Fig. 1d). Op dag 15 van het silicaat-experiment is de deminwater-installatie hersteld en liepen de concentraties terug naar normale waarden. De silicaatconcentraties in de cilindervaten waren bij beide experimenten beduidend lager dan in het medium (Fig. 1e,f). Dit wijst op silicaat opname. Opvallend is dat ook in de behandelingen met een overmaat aan silicaat de concentraties tot de helft gereduceerd werden. De stikstofconcentraties van het medium waren wat hoger dan de verwachte 10 μM (Fig. 2). De fosfaatconcentraties van het medium waren wel volgens verwachting (Fig. 3). Ook voor stikstof (Fig. 2) en voor fosfaat (Fig. 3) geldt dat de concentraties in de cilindervaten lager waren dan in het medium. De opname van stikstof was sterker dan die van fosfaat. Dit is in overeenstemming met de grotere behoefte aan stikstof.

De resultaten van het saliniteits-experiment laten zien dat bij een laag zoutgehalte meer scheuten per plant werden gevormd (Fig. 4a). Dit zoutgehalte-effect is vanaf dag 35 significant (two-way ANOVA, $P < 0.05$). Als gevolg van het grotere aantal scheuten werden bij een laag zoutgehalte vanaf dag 42 significant meer bladeren per plant gevormd (Fig. 4c; ANOVA, $P < 0.05$). Er werd nooit een significant effect van cilindernummer gevonden, noch een significante interactie tussen zoutgehalte en cilindernummer. De resultaten van het silicaatgehalte-experiment laten geen effect van een verhoogd silicaatgehalte zien. Zowel het aantal scheuten (Fig. 4b), als het aantal bladeren (Fig. 4d) geeft geen significant verschil tussen de silicaat-behandelingen, noch een effect van cilindernummer of een interactie effect (two-way ANOVA, $P > 0.05$). Het maximaal aantal gevormde scheuten en bladeren was in het silicaat-experiment lager dan in het saliniteits-experiment. Tabel 1 geeft de richtingscoëfficiënten van het verloop van het aantal bladeren per plant in de tijd per behandeling voor beide experimenten. Opvallend is dat de richtingscoëfficiënten van de behandeling met het lage zoutgehalte hoger zijn dan die van de andere behandelingen. Hoewel dit verschil niet significant is (ANOVA, $P > 0.05$) suggereren de resultaten wel dat alleen het verlagen van het zoutgehalte, en niet het verhogen van het silicaatgehalte, een positief effect had op de ontwikkeling van het aantal bladeren.

Zoals verwacht uit het grotere aantal bladeren bij laag-zoutgehalte was het aantal nieuw gevormde bladeren ook iets hoger in de laag-zoutgehalte behandeling van het saliniteits-experiment (Fig. 5a). Dit verschil was echter niet significant (two-way ANOVA, $P > 0.05$). In het silicaat-experiment werd ook geen effect van behandeling of cilindernummer op het aantal nieuw gevormde bladeren gevonden (Fig. 5b; two-way ANOVA, $P > 0.05$). Het aantal verloren bladeren was in beide experimenten in beide behandelingen gelijk (Fig. 5c,d; two-way ANOVA's, $P > 0.05$).

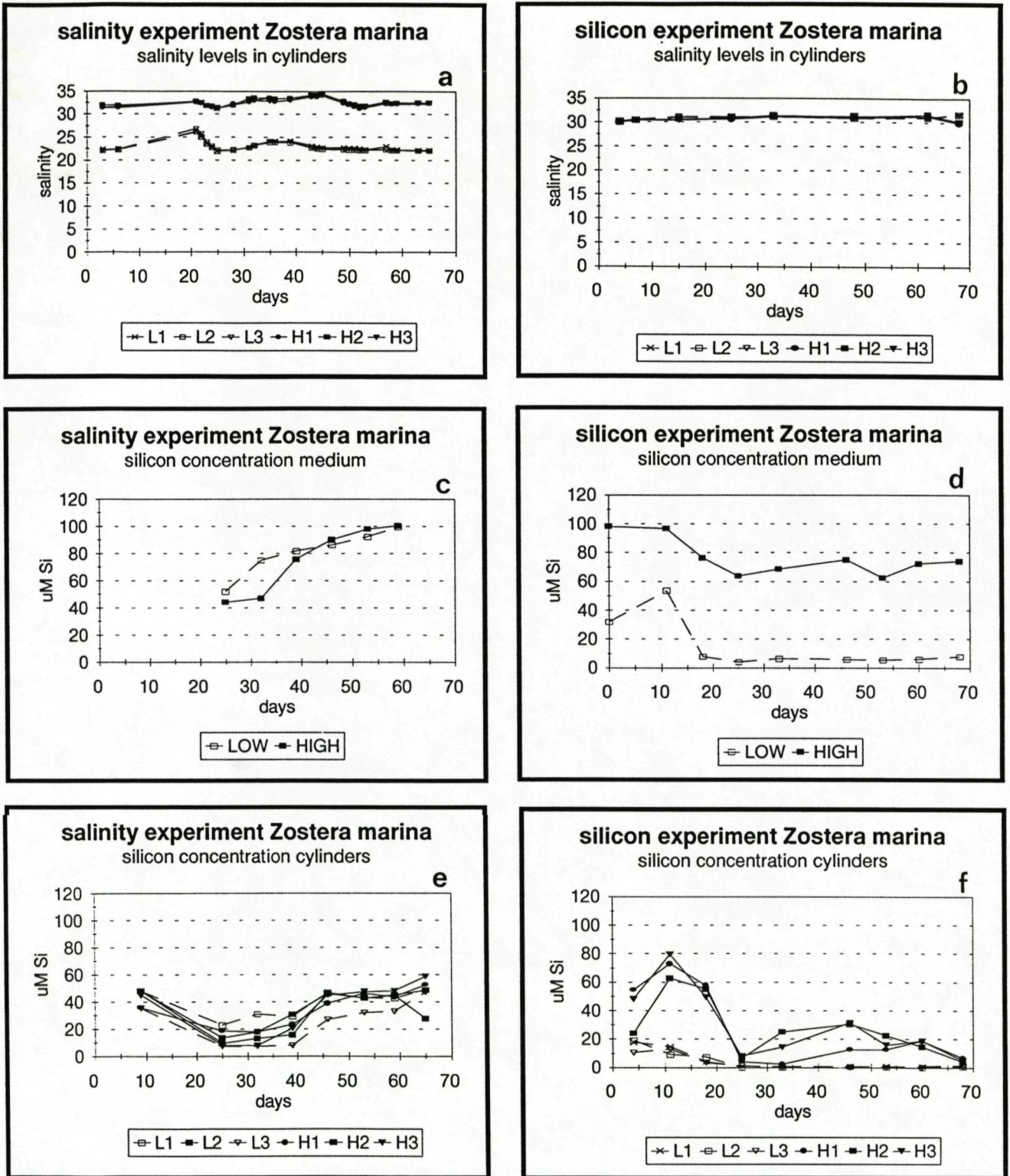


Fig. 1. De zout-gehalten in de verschillende cylinders (L1,L2,L3,H1,H2,H3) en silicaat-concentratie van het medium (LOW en HIGH) en de cylinders (L1,L2,L3,H1,H2,H3) gedurende de twee groei-experimenten. De linker panelen geven de resultaten voor het saliniteits-experiment en de rechter panelen voor het silicaat-experiment.

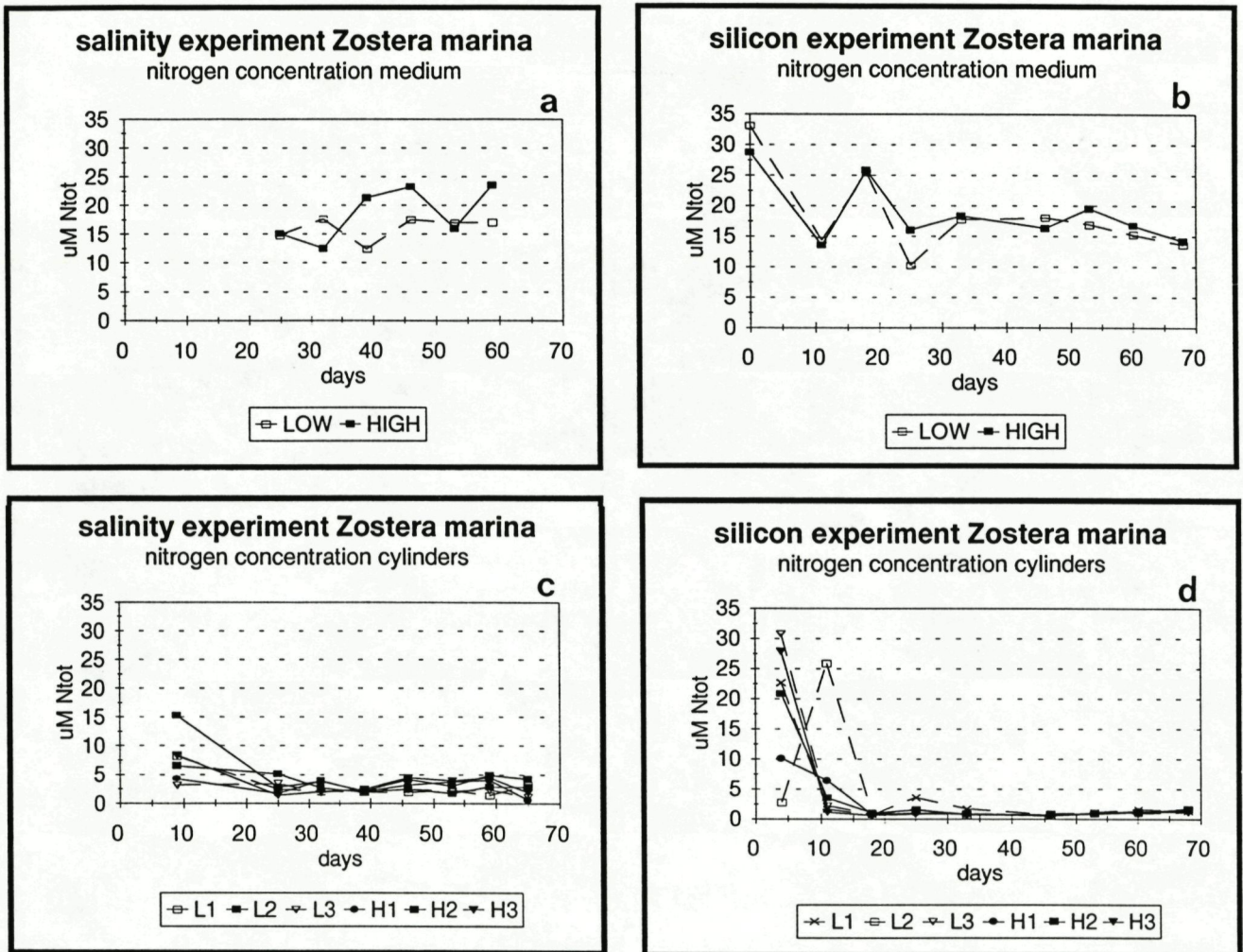


Fig. 2. De stikstof-concentratie van het medium (LOW en HIGH) en de cylinders (L1,L2,L3,H1,H2,H3) gedurende de twee groei-experimenten. De linker panelen geven de resultaten voor het saliniteits-experiment en de rechter panelen voor het silicaat-experiment.

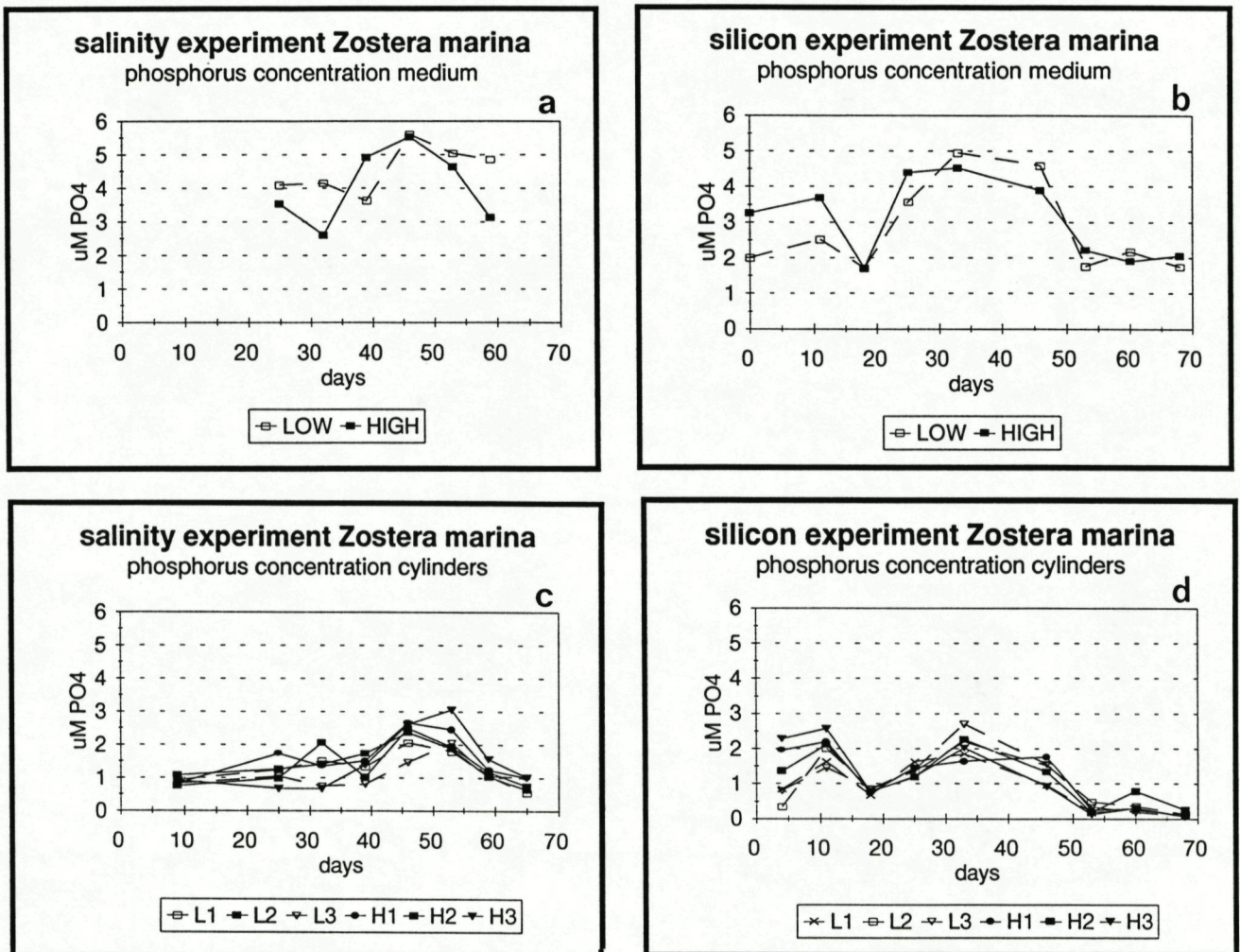


Fig. 3. De fosfaat-concentratie van het medium (LOW en HIGH) en de cylinders (L1,L2,L3,H1,H2,H3) gedurende de twee groei-experimenten. De linker panelen geven de resultaten voor het saliniteits-experiment en de rechter panelen voor het silicaat-experiment.

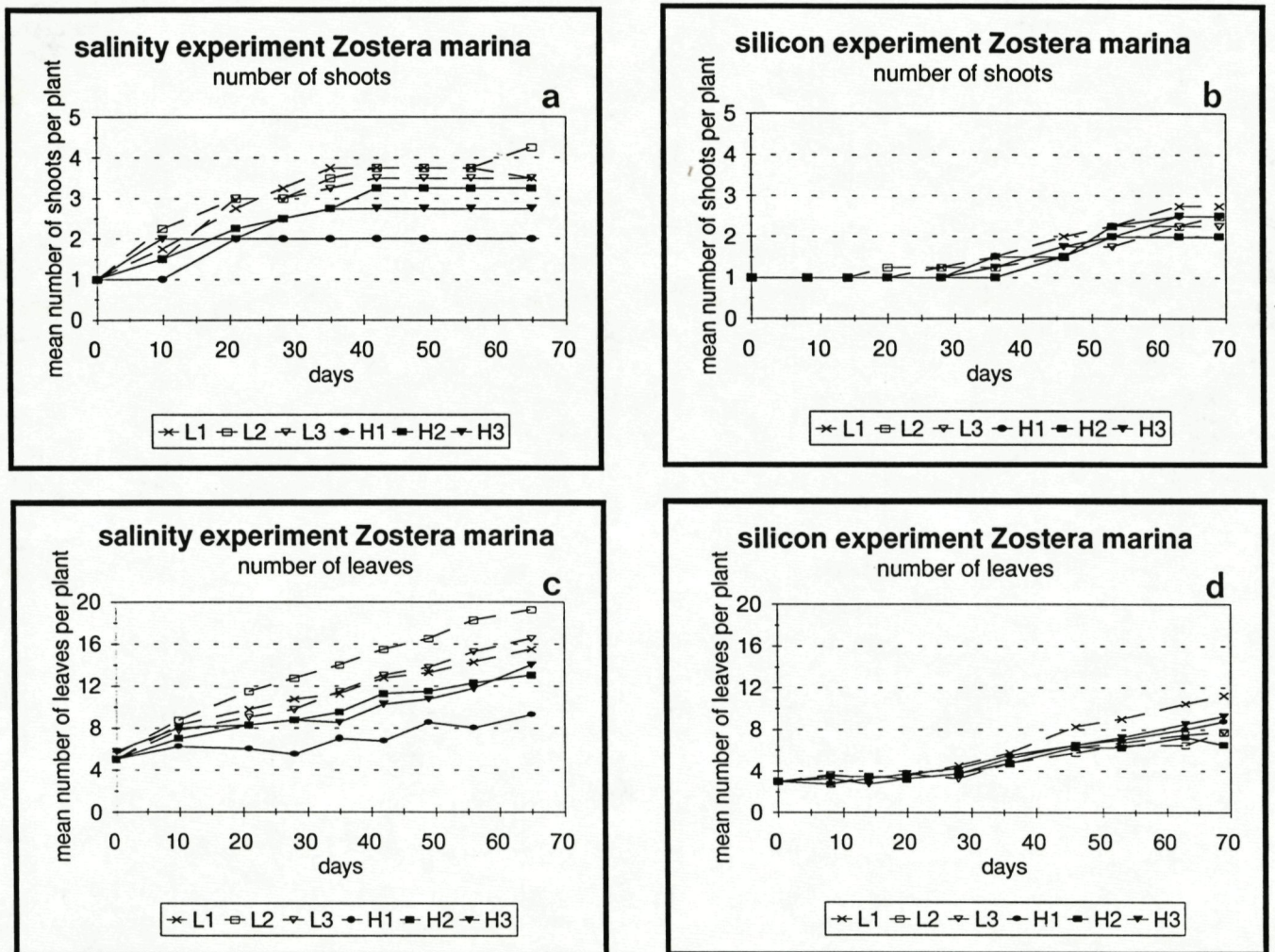


Fig. 4. Het gemiddeld aantal scheuten (a,b) en bladeren (c,d) van de zeegrasplanten ($n=4$ per cylinder) gedurende de groei-experimenten. De linker panelen geven de resultaten voor het saliniteits-experiment en de rechter panelen voor het silicaat-experiment. Voor de zout- en silicaatgehaltes wordt verwezen naar Fig. 1.

Tabel 1. Regressiegegevens van de lijnen uit Fig. 4c en Fig. 4d.

behandeling	cylinder	$y = ax + b$	R^2
PSU 22, 70 μM Si	L1	$y = 0.15 x + 6.13$	0.97
	L2	$y = 0.20 x + 6.51$	0.99
	L2	$y = 0.17 x + 5.38$	0.99
PSU 32, 70 μM Si	H1	$y = 0.06 x + 4.88$	0.82
	H2	$y = 0.12 x + 5.48$	0.98
	H3	$y = 0.11 x + 5.88$	0.92
PSU 30, 6 μM Si	L1	$y = 0.14 x + 1.69$	0.92
	L2	$y = 0.07 x + 2.37$	0.91
	L2	$y = 0.08 x + 2.24$	0.89
PSU 30, 70 μM Si	H1	$y = 0.10 x + 2.26$	0.96
	H2	$y = 0.07 x + 2.55$	0.85
	H3	$y = 0.11 x + 1.73$	0.92

De bovengrondse productie werd niet beïnvloed door het zoutgehalte of door het silicaatgehalte (Fig. 6a,b; two-way ANOVA's, $P > 0.05$). Dit resultaat is onverwacht voor het saliniteits-experiment waar meer bladeren werden gevormd (Fig. 4c). Deze bladeren waren echter kleiner dan bij een hoog zoutgehalte (Fig. 6c). De verschillen in bladgrootte tussen de behandelingen waren niet significant (two-way ANOVA, $P < 0.05$). Tijdens het silicaat-experiment werd ook geen significant verschil in bladgrootte tussen de silicaat-behandelingen gevonden (Fig. 6d; two-way ANOVA, $P < 0.05$).

In beide experimenten nam de ratio tussen bovengrondse- en ondergrondse-biomassa over het algemeen af ten opzichte van de beginsituatie (Fig. 7). Dit betekent dat er in het begin relatief minder ondergrondse biomassa aanwezig was. Het herstel van het rhizoom- en wortelstelsel is dus tijdens het experiment doorgegaan. De planten van de laag-zoutgehalte-behandeling lieten een iets lagere ratio tussen bovengrondse- en ondergrondse-biomassa zien dan de planten van de hoog-zoutgehalte-behandeling (Fig. 7a,c). Dit suggereert vorming van relatief meer ondergrondse-biomassa bij een laag zoutgehalte. Het effect van de behandeling was echter niet significant, noch op dag 37 van het experiment, noch aan het einde van het saliniteits-experiment (two-way ANOVA's, $P > 0.05$). Aan het einde van het silicaat-experiment werden geen significante verschillen in de biomassa -ratio gevonden (Fig. 7b,d, ANOVA's $P > 0.05$). Dit geldt zowel voor de planten die gedurende het gehele experiment zijn gevolgd (Fig. 7b), als voor de andere planten die in de cylinders aanwezig waren (Fig. 7d). Aan het einde van het saliniteits-experiment hadden in totaal twee planten bloeiwijzen gevormd (beide bij laag zoutgehalte). Gedurende het silicaatgehalte-experiment vond geen ontwikkeling van bloeiwijzen plaats.

Planten gekweekt bij een lager zoutgehalte dan het huidige zoutgehalte in de Grevelingen lijken een andere strategie te volgen dan planten die opgroeien onder omstandigheden met een hoog zoutgehalte. De meerjarige zeegraspopulatie in de Grevelingen is afhankelijk van vegetatieve voortplanting door middel van het vormen van nieuwe scheuten en het overwinteren van scheuten en ondergrondse biomassa. Dit in tegenstelling tot een éénjarige populatie, die, als de omstandigheden gunstig zijn, ieder jaar opnieuw uit zaden kan ontstaan. Meer scheuten, zoals die zijn gevormd door *Zostera marina* gekweekt bij een laag zoutgehalte, kunnen dus gunstig zijn voor het vergroten van het

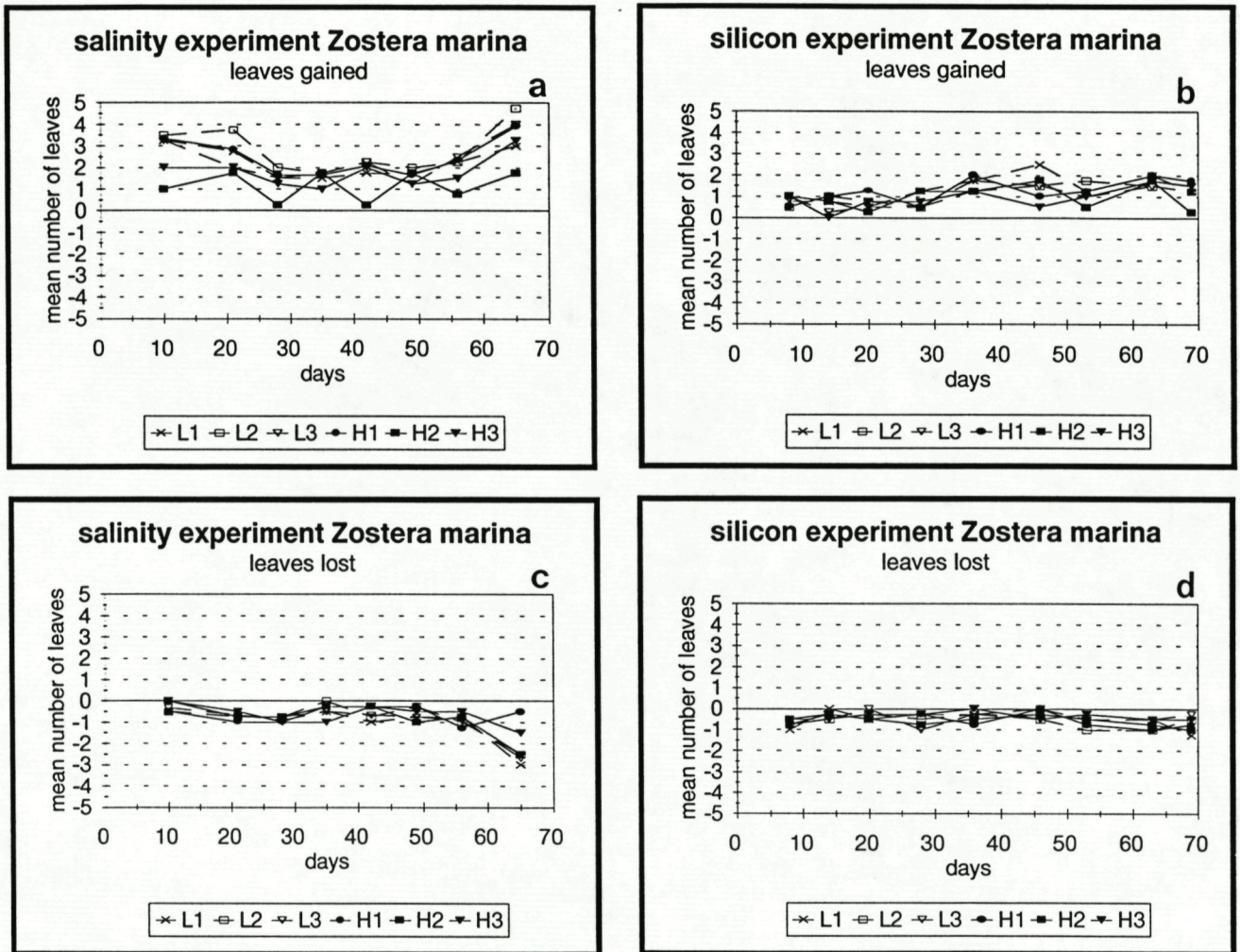


Fig. 5. Het gemiddeld aantal nieuw gevormde bladeren (a,b) en verloren bladeren (c,d) van de zeegrasplanten ($n=4$ per cilinder) gedurende de groei-experimenten. De linker panelen geven de resultaten voor het saliniteits-experiment en de rechter panelen voor het silicaat-experiment. Voor de zout- en silicaat-gehalten wordt verwezen naar Fig. 1.

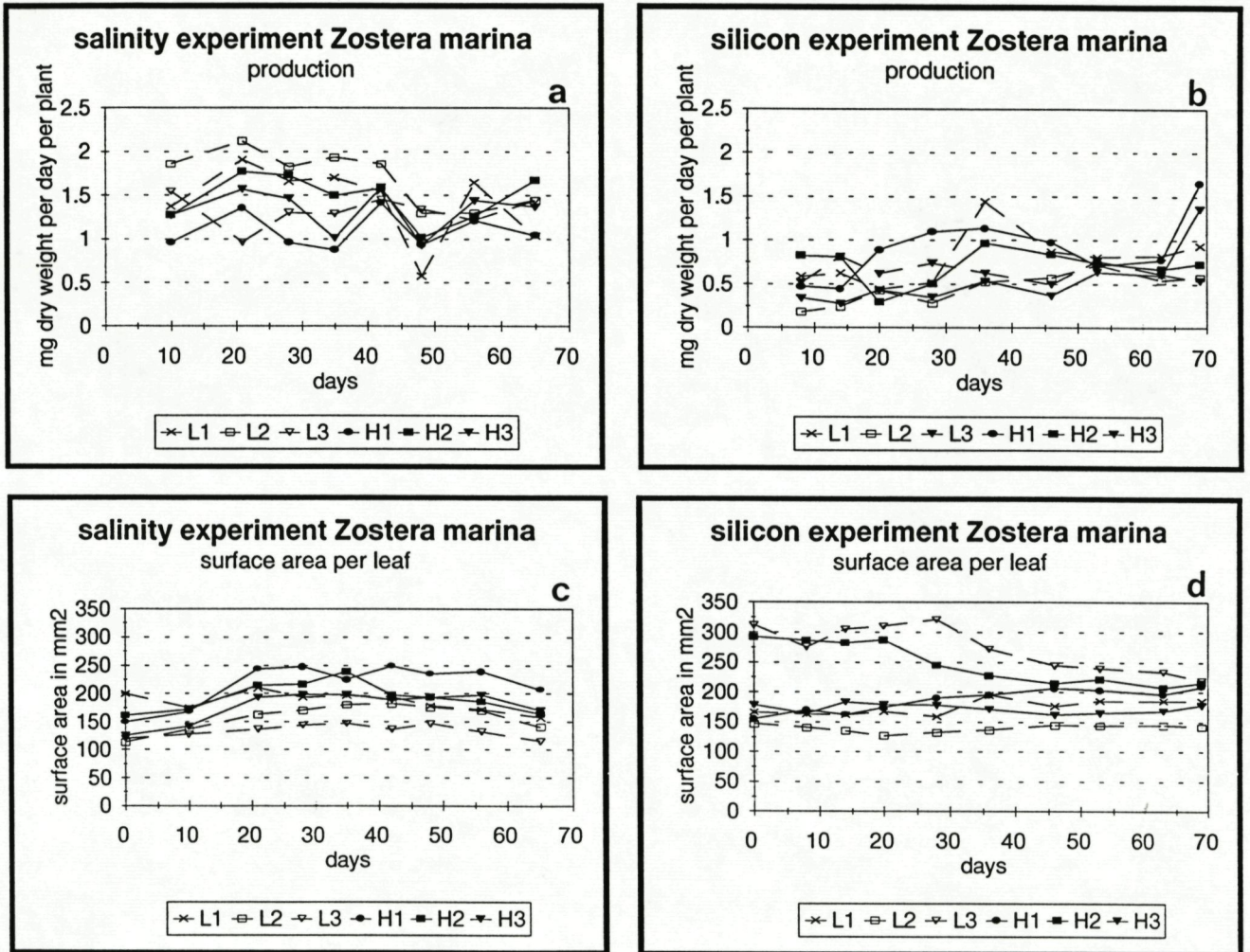


Fig. 6. De gemiddelde bovengrondse productie (a,b) en bladoppervlak (c,d) per plant ($n=4$ per cylinder) gedurende de groei-experimenten. De linker panelen geven de resultaten voor het saliniteits-experiment en de rechter panelen voor het silicaat-experiment. Voor de zout- en silicaat-gehalten wordt verwezen naar Fig. 1.

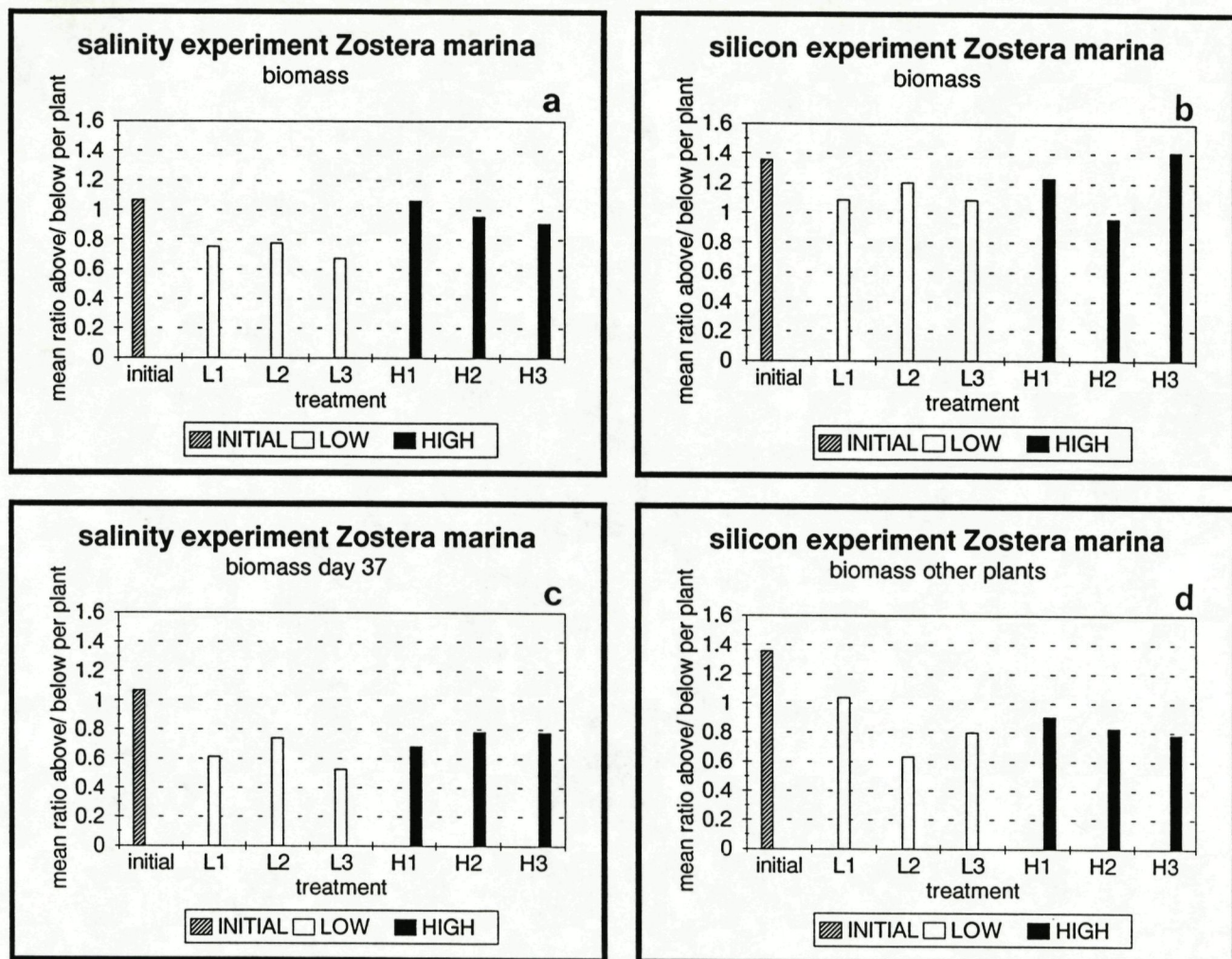


Fig. 7. De gemiddelde ratio tussen bovengrondse-biomassa en ondergrondse-biomassa per plant ($n=4$ per cylinder) aan het eind van de groei-experimenten. Op alle panelen staat de beginwaarde met grijs aangegeven. a en b geven de resultaten van de planten die het gehele experiment zijn gemeten, c geeft de resultaten van de bemonstering op dag 37 en d geeft de resultaten van de andere planten van de eindbiomassa-bepaling. De linker panelen geven de resultaten voor het saliniteits-experiment en de rechter panelen voor het silicaat-experiment. Voor de zout- en silicaatgehaltes wordt verwezen naar Fig. 1.

zeegrasareaal.

De hier gepresenteerde resultaten laten zien dat silicaat geen effect heeft op de groei van *Z. marina*. Uit de vergelijking van de resultaten van beide experimenten blijkt dat de groei van *Z. marina* bij een hoog silicaatgehalte alleen positief werd beïnvloedt onder condities van laag zoutgehalte. Het eventuele positieve effect van een verhoogd silicaatgehalte op de groei van Groot Zeegras zou in het silicaat-experiment teniet gedaan kunnen zijn door het relatief hoge zoutgehalte (30) van het water. Een eventuele verlichting van de zoutstress door verhoging van de silicaatbeschikbaarheid zoals die gevonden is voor gerst¹¹, heeft dit experiment niet aangetoond. Hierbij dient echter wel te worden opgemerkt dat de beide experimenten na elkaar zijn uitgevoerd. Dit betekent bijvoorbeeld dat er is gewerkt met uitgangsmateriaal dat is verzameld in een ander seizoen. In de volgende fase van het project (1997) zal ook het effect van een behandeling waarbij zowel het zoutgehalte als het silicaatgehalte laag zijn worden onderzocht. Nu de hoge silicaatgehaltenes door problemen met de demininstallatie voorkomen kunnen worden kan ook het silicaatgehalte in de proefopstelling beter gereguleerd worden.

Het silicaatgehalte van het water zou in het veld op een indirecte wijze van invloed kunnen zijn via de epifytengroei op *Z. marina* bladeren. Een eerste steekproef liet een duidelijk verschil zien tussen bladeren verzameld in de Grevelingen (laag silicaatgehalte van het water en bladeren begroeid met het filamenteuze roodwier *Acrochaetium* sp.) en bladeren verzameld in het Veerse Meer (hoger silicaatgehalte van het water en bladeren begroeid met benthische diatomeeën). Aangezien diatomeeën silicium nodig hebben voor het maken van hun skeletstructuur is het niet verwonderlijk dat in de Grevelingen juist een epifyt dominant is die niet afhankelijk is van het lage silicaatgehalte in het water. Mogelijk is het type epifyt dat op de bladeren aanwezig is (al of niet silicaatbehoevend) van belang voor de vitaliteit van het zeegras. Voor een aantal soorten behorend tot de familie van de Acrochaetiaceae is een endofytische levenswijze beschreven¹⁸. Omdat de wieren hun pigment niet verliezen is de relatie met de gastplant waarschijnlijk niet parasitair, maar epifytengroei tussen de cellen in plaats van op de cellen zou op een andere wijze de groei van het zeegras nadelig kunnen beïnvloeden.

In de volgende fase (1997) zal in het veld (de Grevelingen) verzameld zeegraszaad onderzocht worden op kiemsucces bij verschillende saliniteiten. Tevens zal een langdurig groei-experiment gedaan worden waarbij de interactie tussen saliniteit en silicaat getoetst zal worden, en waarbij ook het effect op bloei en zaadvorming zal worden onderzocht. Deze geplande werkzaamheden zullen worden uitgebreid met onderzoek naar de relatie tussen silicaatgehalte en epifytengroei op zeegrasbladeren. Dit nieuwe aspect wordt toegevoegd omdat de observaties van dit jaar daartoe aanleiding geven. Zeegrasbladeren zullen regelmatig worden verzameld ter bepaling van de soortensamenstelling van de epifyten (opdeling in silicaatbehoevende en niet silicaatbehoevende soorten). Daarnaast zal ook de relatieve abundantie van de epifyten worden bepaald. De epifytengroei zal worden gerelateerd aan de groei van de bladeren. Dit onderdeel zal worden uitgevoerd in de experimentele opstelling en in het veld (het Veerse Meer en de Grevelingen).

3.2. Analyse van de ontwikkeling van het zeegras in de Waddenzee in relatie tot waterkwaliteit en waterhuishouding

De selectie van de relevante waterkwaliteitsparameters is gestart. Op basis van de bij de diverse onderzoekers beschikbare kennis en ideeën is D.J. de Jong gestart met breedskalige analyse van de achteruitgang van zeegras in de afgelopen decennia. De veranderingen in silicaat en saliniteit, die in dit project specifiek als factor worden onderzocht, maken hier onderdeel vanuit, evenals andere factoren zoals ammonium als direct inwerkend op zeegras en N en P als indirect inwerkend via eutrofiëring. Wat betreft silicium wordt een link gelegd naar de eutrofiëring in de zoete binnenwateren; door de hoge

eutrofiëringsgraad aldaar wordt het silicium daar reeds in het voorjaar vastgelegd in diatomeeën, waardoor er slechts marginale hoeveelheden reactief silicium worden "geloosd" in de zoute wateren.

Een eerste concept is voorgelegd aan enkele deskundigen op het gebied van zeegras en/of waterkwaliteit en positief ontvangen. In december zal een verdere uitwerking plaatsvinden, waarna in januari een discussie met een aantal zeegrasexperts zal worden georganiseerd over het belang van de verschillende factoren, alsmede over mogelijkheden voor het uitvoeren van verdere toetsing door middel van experimenteel onderzoek en van empirisch "veld"-onderzoek met behulp van informatie uit het waterkwaliteitsmeetnet. Op basis van deze discussie kan dan in 1997 onder andere het empirisch onderzoek worden ingevuld. Gestreefd wordt naar een breed samengestelde groep zeegrasonderzoekers en waterkwaliteitsdeskundigen van onder andere CEMO-Yerseke, KU-Nijmegen, RU-Groningen, IBN-Texel en RIKZ-Middelburg en -Haren.

3.3. Evaluatie van verhoogde zoetwatertoevoer naar de Grevelingen en de Oosterschelde

Als gevolg van problemen in de personele bezetting bij het RIKZ zijn nog geen resultaten te melden van dit onderdeel.

4. Conclusies

De resultaten van de groei-experimenten bij verschillende zout- en silicaatgehalten geven aan dat planten gekweekt bij een lager zoutgehalte dan het huidige zoutgehalte in de Grevelingen een andere strategie volgen dan planten die opgroeien onder omstandigheden met een hoog zoutgehalte (32 PSU). Bij een laag zoutgehalte (22 PSU) werden meer scheuten en bladeren per plant gevormd. De bovengrondse productie werd echter niet beïnvloed door het zoutgehalte. Dit valt te verklaren door naar de grootte van de geproduceerde bladeren te kijken. Bij een laag zoutgehalte werden weliswaar meer bladeren gevormd, maar deze bladeren waren iets kleiner dan bij een hoog zoutgehalte. Meer scheuten, zoals die zijn gevormd door *Zostera marina* gekweekt bij een laag zoutgehalte, kan dus gunstig zijn voor het vergroten van het zeegrasareaal.

Het verhogen van het silicaatgehalte (van ongeveer 6 μM naar 70 μM) had geen effect op de groei van *Z. marina*. Een eventueel positief effect van een verhoogd silicaatgehalte op de groei van Groot Zeegras zou in het silicaat-experiment teniet gedaan kunnen zijn door het relatief hoge zoutgehalte (30) van het water. Een verlichting van de zoutstress door verhoging van de silicaatbeschikbaarheid heeft dit experiment niet aangetoond. Voorlopige resultaten wijzen erop dat het silicaatgehalte van het water op een indirecte wijze van invloed kan zijn via het type epifyt dat groeit op *Z.marina* bladeren.

Voor de andere twee onderdelen van het onderzoek (analyse van de ontwikkeling van het zeegras in de Waddenzee in relatie tot waterkwaliteit en waterhuishouding en evaluatie van verhoogde zoetwatertoevoer naar de Grevelingen en de Oosterschelde) is het nog te vroeg om conclusies te trekken.

Dankwoord

Graag bedanken wij Ko Verschuure voor het verzamelen van de zeegrassen en het sediment, Jos van Soelen voor hulp bij het uitvoeren van de groei-experimenten en Peter van Breugel voor bepaling van de nutriëntenconcentraties in de watermonsters.

Literatuurlijst

1. V.N. de Jonge, J. van den Bergs & D.J. de Jong, 1995. Zeegras in de Waddenzee, een toekomstperspectief. Rapport RWS-RIKZ/Dir. Noord Nederland.
2. C.J.M. Philippart, 1994. Eutrophication as a possible cause of decline in the seagrass *Zostera noltii* of the Dutch Waddensea. Proefschrift, LU Wageningen.
3. L.J.M. Wijgengangs & D.J. de Jong, 1997. Een ecologisch profiel van zeegras en de verspreiding in Nederland. Rapport KUN en RIKZ, in prep.
4. M.J.S. Bellemakers & D.J. de Jong, 1997. De verspreidingsdynamiek van zeegras in de Oosterschelde: een beschrijving van de effecten van de Deltawerken. Rapport NIOO-CEMO & RIKZ, in prep.
5. P.M.J. Herman, M.A. Hemminga, P.H. Nienhuis, J.M. Verschuure & E.G.J. Wessel, 1996. The wax and wane of eelgrass (*Zostera marina* L.) and water column silicon levels. Mar. Ecol. Prog. Ser. 144: 303-307.
6. M. Raaijmakers, 1995. De kieming van groot zeegras *Zostera marina* L. KU Nijmegen, doctoraalscriptie.
7. M.J.M. Hootsman, 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 *Zostera noltii* (Hornem.). Aquat. Bot. 28: 275-285.
8. M.A. Hemminga, S. Gerbersdorf, J. Stapel, J. van Soelen, J. Nieuwenhuize & P.M.J. Herman, 1996. Silicon in seagrasses, submitted to Aquat. Bot.
9. R.R. Bélanger, P.A. Bowen, D.L. Ehret, J.G. Menzies, 1995. Soluble silicon, its role in crop disease management of greenhouse crops. Plant Disease 79: 329-336.
10. A.A. Sangster & M.J. Hodson, 1986. Silica in higher plants. In: Silicon biochemistry. Wiley, New York
11. Y. Liang, Q. Shen, Z. Shen & T. Ma, 1996. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. J. Plant Nutr. 19: 173-183.
12. P. Tréguer, D.M. Nelson, A.J. Van Bennekom, D.J. DeMaster, A. Leynaert & B. Quéguiner, 1995. The silica balance in the world ocean: a reestimate. Nature 268: 75-379.
13. A.A.M. van Haperen, 1992. Rotganzen te gast in de Delta. De Levende Natuur 93: 164-169.
14. W.C. Dennison, 1987. Effects of light on seagrass photosynthesis, growth and depth distribution. Aquat. Bot. 27: 15-26.
15. L.J.M. Wijgengangs & M.M. van Katwijk, 1993. Zeegrassterfte in het Grevelingenmeer; een studie naar de mogelijke oorzaken van de afname van het Groot Zeegras, *Zostera marina* L., sinds eind jaren tachtig. Vakgroep Oecologie, werkgroep Aquatische Oecologie, KU Nijmegen, 60 pp.
16. L. Wilkinson, 1989. SYSTAT: the system for statistics. Evanson, II. SYSTAT Inc., 638 pp.
17. D. Gabary, 1979. A revised species concept for endophytic and endozoic members of the Acrochaetiaceae (Rhodophyta). Bot. Notiser 132: 451-455.

Reeds verschenen BEON rapporten:

BEON rapport nr.	1.	BEON Meerjarenplan 1988-1993.	1987
BEON rapport nr.	2.	BEON Jaarwerkplan 1988.	1988
BEON rapport nr.	3.	BEON Modellering.	1988
BEON rapport nr.	4.	BEON meerjaren Uitvoeringsprogramma 1988-1993.	1989
BEON rapport nr.	5.	BEON Jaarwerkplan 1989.	1989
BEON rapport nr.	6.	Findings of the BEON Workshop in preparation for the Third North Sea Conference.	1989
BEON rapport nr.	7.	Beleidspresentatie BEON 23 juni 1989 Den Haag.	1989
BEON rapport nr.	8.	Effects of Beamtrawl Fishery on the Bottom Fauna in the North Sea.	1990
BEON rapport nr.	9.	BEON Jaarwerkplan 1990.	1990
BEON rapport nr.	10.	BEON Voortgangsrapport 1988-1989.	1990
BEON rapport nr.	11.	Beleidspresentatie BEON 31 mei 1990 Den Haag.	1990
BEON rapport nr.	12.	Beleidspresentatie BEON 20 juni 1991 Den Haag.	1991
BEON rapport nr.	13.	Effects of Beamtrawl Fishery on the Bottom Fauna in the North Sea. II. The 1990 - studies.	1990
BEON rapport nr.	13 A.	BEON Jaarwerkplan 1991.	1991
BEON rapport nr.	14.	BEON Jaarwerkplan 1992.	1992
BEON rapport nr.	15.	Beleidspresentatie BEON 19 juni 1992 Den Haag.	1992
BEON rapport nr.	16.	Effect of Beamtrawl Fishery on the Bottom Fauna in the North Sea. III. The 1991 - studies.	1992
BEON rapport nr.	17.	Beleidspresentatie BEON 12 december 1991.	1992
BEON rapport nr.	18.	Trace Element Geochemistry at the Sediment Water Interface in the North Sea and the Western Wadden Sea.	1993
BEON rapport nr.	19.	Effecten van met benzo(a)pyreen verontreinigd sediment op de Helmkrab (<i>Corystes cassivelaunus</i>). Rapportage Project BEONADD I/II.I	1993
BEON rapport nr.	20.	Scavenging seabirds behind fishing vessels in the Northeast Atlantic. (With emphasis on the Southern North Sea).	1993
BEON rapport nr.	21	Brug tussen Beleid en Onderzoek (Rapportage over het eerste BEON Meerjarenprogramma 1988-1992).	1993
BEON rapport nr.	93-1	Naar een duurzame ontwikkeling van de Noordzee. (Tweede Meerjarenprogramma BEON1993-1997).	1993
BEON rapport nr.	93-2	The appearance of scars on the shell of <i>Arctica Islandica</i> L. (Mollusca, Bivalvia) and their relation to bottom trawl fishery.	1993
BEON rapport nr.	93-3	BEON Jaarwerkplan 1993.	1993
BEON rapport nr.	93-4	BEON Beleidspresentatie "Zee en Wadvogels. "Voorkomen en invloeden daarop" d.d. 10 december 1993.	1993

1994

- BEON rapport nr. 94-1 Effecten van verschuivingen van nutriëntenconcentraties op biota in de Nederlandse kustwateren. Philippart, C.J.M. & E.G. de Groot, A.G. Brinkman, R.G. Jak, M.C.Th. Scholten (IBN 93 E 02).
- BEON rapport nr. 94-2 Vervalt; zie 96-3
- BEON rapport nr. 94-3 Jaarwerkplan 1994.
- BEON rapport nr. 94-4 Jaarverslag 1993: Algenonderzoek in mesocosms en modelleringlering. Riegman, R. (NIOZ 93 E 01).
- BEON rapport nr. 94-7 Risico-analyse Mariene Systemen (RAM*2 project) Eindrapport van de RAM-Auditgroep.
- BEON rapport nr. 94-8 Comparison of models describing species composition of marine phytoplankton Michielsen, H & Berg, A. van den & Joordens, J., et al.(project MANS-FYFY, WL 93 E 01).
- BEON rapport nr. 94-9 Verslag BEON Workshop Risico-analyse, d.d. 27 april 1994, Den Haag.
- BEON rapport nr. 94-10 BEON Beleidspresentatie "Microverontreinigingen: effecten en trends", d.d. 21 juni 1994.
- BEON rapport nr. 94-11 De epi- en endofauna van de Nederlandse, Duitse en Deense kustzone: een analyse van 20 jaar bijvangsgegevens. Buijs, J., J.A. Craeymeersch, P. van Leeuwen, A.D. Rijnsdorp. (BEONADD IV/V)
- BEON rapport nr. 94-12 De inductie van cytochroom P450 1 A in platvis door blootstelling aan polyaromatische koolwaterstoffen in de Noordzee. INP-programma 1991- 1992. Boon, J.P., H.M. Sleiderink, M.L. Eggen, A.D. Vethaak (NIOZ 93 M 05)
- BEON rapport nr. 94-13 Directe effecten van de visserij met de 12m en 4m boomkorren op het bodemleven in de Nederlandse sector van de Noordzee. Bergman, M.J.N. en J.W. van Santbrink. (NIOZ 93 V 07)
- BEON rapport nr. 94-14 Scavenging seabirds at beamtrawlers in the southern North Sea, distribution, relative abundance, behaviour, prey selection, feeding efficiency, kleptoparasitism and the possible effects of the establishment of protected areas'. Camphuysen, C.J. (BEONADD IV/V)
- BEON rapport nr. 94-15 The relationship between food supply, reproductive parameters and population dynamics in Dutch Lesser Black-backed Gulls *Larus fuscus*: a pilot study. Spaans, A.L., M. Bukacińska, D. Bukacińska. (BEONADD IV/V)
- BEON rapport nr. 94-16 Pilot study on the influence of feeding conditions at the North Sea on the breeding results of the Sandwich Tern *Sterna sandvicensis*. Brenninkmeijer, A. & E.W. M. Stienen. (BEONADD IV/V)
- BEON rapport nr. 94-17 BEON-studie naar de effecten van de teruglopende nutriëntenbelasting van de Nederlandse kustzone. Boddeke, R. en P. Hagel. (RIVO 93 E 03)

1995

- BEON rapport nr. 95-1 Effecten van de schelpdiervisserij op het bodemleven in de Voordelta. Van der Land, M.A. (RIVO 94 V 06).
- BEON rapport nr. 95-2 Jaarwerkplan 1995.
- BEON rapport nr. 95-3 Trends in het voorkomen van vissen en epibenthische evertetraten in de Noordzee: Een vergelijking van datasets. Van der Veer, H.W., J.A. Craeymeersch, J. Van der Meer, A.D. Rijnsdorp, J.IJ. Witte. (NIOZ 93 A 04)
- BEON rapport nr. 95-4 De ontwikkeling van een in vitro assay voor de bepaling van de invloed van biotransformatie op de bioaccumulatie van lipofiele organohalogenen verbindingen in mariene toppredatoren. I. Validatie van de assay met PCBS en de eerste resultaten met Toxafeen. Boon, J.P., van Schanke, A., Roex, E., de Boer, J., Wester, P. (NIOZ 94 M 01)
- BEON rapport nr. 95-5 BEON beleidspresentatie "Ontwikkelingen in het beleid", d.d. 9 december 1994.
- BEON rapport nr. 95-6 BEON beleidspresentatie "Modellering: de stand van zaken en het belang voor beleid en beheer", d.d. 31 maart 1995.
- BEON rapport nr. 95-7 Wetenschappelijke discussie. De visserij-intensiviteit van de Nederlandse boomkorvisserij op de Noordzee mede in het licht van de milieu effecten en gesloten gebieden.

- BEON rapport nr. 95-8 Antropogene eutrofiëring en natuurlijke variaties. Consequenties voor de produktiviteit van de Noordzee. INP-MOORING/PELAGIC FOOD WEB/STED/ STRAECOS. Van Raaphorst, W., F.C. van Duyl, H. Ridderinkhof, R. Riegman, P. Ruardy. (NIOZ 94 E 01)
- BEON rapport nr. 95-9 Effecten van antropogene activiteiten op de produktiviteit van het ecosysteem in de Westelijke Waddenzee. Van der Veer, H.W., J.J. Beukema, G.C. Cadée, J. Hegeman, B. Mom, W. Van Raaphorst, J. IJ.. Witte (NIOZ 93 E 02)
- BEON rapport nr. 95-11 Biomarkers of Toxic effects chemoreception: effects of contaminated dredge spoil on chemoreception acuity in whelks. Ten Hallers-Tjabbes, C. and C.V. Fisher. (NIOZ 93 M 05)
- BEON rapport nr. 95-12 Habitatkarakteristieken van de Nederlandse kustzone. Wintermans, C. et al. (IBN 94 H 02)
- BEON rapport nr. 95-13 BEON Tweejaarverslag 1993-1994. Onderzoek en beleid kiezen samen het ruime sop; PB-BEON; augustus 1995.
- BEON rapport nr. 95-14 Toxische algen tussen Noordwijk- en Terschelling-raai. Peperzak, L. et al. (RIKZ 94 E 05; RKZ-040).
- BEON rapport nr. 95-15 Korte en lange termijn veranderingen in macrofauna veroorzaakt door verschillende vormen bodemvisserij. Bergman, M. et al. (NIOZ 94 V 01).
- BEON rapport nr. 95-16 Intercalibratie en toepassing Noordzee-modellen (MANS-FYFY) fase 2. (WL 94 E 04).
- 1996**
- BEON rapport nr. 96-1 Boon, J.P., H.M. Sleiderink, J. De Boer, P. Wester, H.J. Klamer, B. Govers. De ontwikkeling van een in-vitro assay voor de bepaling van de invloed van biotransformatie op de bioaccumulatie en de mutageniteit van lipofiele organohalogeenvbindingen in mariene toppredatoren. II. Toxafeen. (NIOZ 95 M 03).
- BEON rapport nr. 96-2 *Spisula subtruncata* als voedselbron voor Zeeëenden in Nederland. Leopold, M.F. (IBN 95 V 29).
- BEON rapport nr. 96-4 Algenbegrazing: Een nadere analyse van de invloed van toxicanten op het ontstaan van eutrofiëeringsproblemen. Jak, R.G., Michielsen, B.F. (TNO 95 E 07).
- BEON rapport nr. 96-5 Habitatkartering en beschrijving Nederlandse kustwateren (IBN 96 H 36)
- BEON rapport nr. 96-6 Onderzoek naar de invloed van fluctuaties in de lokale voedselbeschikbaarheid op de populatiedynamiek van de grote stern *Sterna sandvicensis*: tussentijdse resultaten. Stienen, E.W.M. & A. Brenninkmeijer. (IBN 95 H 24).
- BEON rapport nr. 96-7 Resultaten BEON Workshop NW4.
- BEON rapport nr. 96-8 Thema bijeenkomst Boomkorvisserij.
- BEON rapport nr. 96-9 Jaarwerkplan 1996.
- BEON rapport nr. 96-10 SCREMOTOX (WL 95 M 21).
- BEON rapport nr. 96-11 Effecten van de schelpdiervisserij op het bodemleven in de Voordelta: De schelpdierbestanden in de Voordelta in 1995. Van der Land, M.A. (RIVO 95 V 30).
- BEON rapport nr. 96-12 Verslag van de BEON workshop ter voorbereiding van de Nederlandse inbreng van de tussenconferentie van Noordzee- en Visserijministers (IMM 97).
- BEON rapport nr. 96-13 BEON thema bijeenkomst polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). 22 februari 1996 Den Haag.
- BEON rapport nr. 96-14 Evaluatierapport BEON 1996. Tussentijdse evaluatie Tweede Meerjarenprogramma BEON 1993-1997. Rapport naar aanleiding van de BEON evaluatieworkshop d.d. 2 februari 1996, Den Haag.
- BEON rapport nr. 96-15 Onderzoek naar mogelijkheden tot vermindering van discard productie door technische aanpassing van boomkornetten (NIOZ 95 V 05). Fonds, M. & W. Blom
- BEON rapport nr. 96-16 INP-Mooring 94-96: Antropogene eutrofiëring en natuurlijke variaties in de open Noordzee: metingen op een verankeringsstation in de Oestergronden (NIOZ 95 E 01)

1997

- BEON rapport nr. 97-1 Fluctuaties in de lokale voedselbeschikbaarheid in relatie tot de populatiedynamiek van de Grote Stern *Sterna sandvicensis*: resultaten 1995-1996 (IBN 95 H 24). Stienen, E.W.M. en A. Breninkmeijer.
- BEON rapport nr. 97-4 De betekenis van het zout- en silicaatgehalte in Nederlandse kustwateren voor het zeegrasareaal. Kamermans, P., M.A. Hemminga, D. de Jong, K.S. Dijkema. (NIOO 96 EH 07).

Informatie BEON:

PROGRAMMA BUREAU BEON
p/a Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijks Instituut voor Kust en Zee
Kortenaerkade 1
2518 AX Den Haag
Postbus 20907
2500 EX Den Haag
070- 3114257/3114258/3114259/3114260
Telefax: 070- 311432

e-mail: beon@rikz.rws.minvenw.nl.

