

ENKELE VOORWAARDEN
VOOR KIEMING EN
ZAAILINGONTWIKKELING
VAN GROOT ZEEGRAS
(*ZOSTERA MARINA* L.)

April 2000
M.M. van Katwijk
L.J.M. Wijgergangs

Leerstoelgroep Aquatische
Oecologie
en Milieubiologie
Katholieke Universiteit Nijmegen

In opdracht van het Rijksinstituut
voor Kust en Zee (RIKZ)

ENKELE VOORWAARDEN
VOOR KIEMING EN
ZAAILINGONTWIKKELING
VAN GROOT ZEEGRAS
(*ZOSTERA MARINA* L.)

April 2000
M.M. van Katwijk
L.J.M. Wijgergangs

Leerstoelgroep Aquatische
Oecologie
en Milieubiologie
Katholieke Universiteit Nijmegen

In opdracht van het Rijksinstituut
voor Kust en Zee (RIKZ)

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de eerste auteur.

DANKWOORD

In het veld hebben de volgende mensen enthousiast meegewerkt aan dit project: Jakob Asjes (RWS dir. Noord-Holland), Jappie van den Bergs (RWS dir. N-Nederland), Ruud Flachs, Klaas Groenveld (RWS Meetdienst Den Oever), Karin Hermus (KUN), Victor de Jonge (RWS), Leon Lamers (KUN), Esther Lucassen (KUN), Mirjam Mooijman (KUN), en Martin Versteeg (KUN). Bij het invoeren van de data hebben wij hulp gehad van Doriët Lambert en Mirjam Mooijman. Theo de Boo van de statistische afdeling van de Medische Faculteit (MIES) willen we danken voor statistisch advies. Veel dank ook aan Jelle Eygensteyn (KUN), Esther Lucassen (KUN), Joop Nieuwenhuize (CEMO/NIOO), Frank Spikmans (KUN) en Nils van Kessel (KUN) voor hun hulp bij het analyseren van de bodemgegevens. Meindert Otter (RWS Meetdienst Den Oever) heeft ons aldoor voorzien van de sleutel om het gebied te kunnen betreden. We willen tot slot de projectgroep zeegras (K. van Berkel LNV dir. Noord, T.H.L. Claassen RWS dir. Noord-Nederland, D.J. de Jong RWS RIKZ Middelburg, V.N. de Jonge RWS RIKZ Haren, M.J.C. Rozemeijer RWS RIKZ Den Haag en M. van Wieringen RWS dir. Noord-Holland) bedanken voor hun verbeteringen van en aanvullingen op het manuscript van dit rapport.

INHOUDOPGAVE

Dankwoord.....	i
Inhoudopgave.....	1
Summary.....	3
Inleiding.....	5
Methode.....	7
Proefopzet.....	7
Tijdsfasering en monitoring.....	9
Analyses.....	9
Statistische verwerking.....	10
Resultaten.....	11
Sediment.....	11
Veldwaarnemingen.....	12
Groot zeegras.....	13
Conclusies.....	17
Implicaties voor herintroductie.....	17
Literatuurreferenties.....	19
Bijlage 1.....	21

SUMMARY

Germination and seedling development were investigated in a field experiment at Balgzand in the Wadden Sea, with varying shelter, sediment types and degree of desiccation of the sediments. Seeds from two populations, Eems and Terschelling, were tested. Particularly muddy sediments were favourable to germination. Seedlings from the Eems population survived better than seedlings from the Terschelling population. A permanent layer of water on the sediments, as well as sheltered conditions were favourable to the seedling shoot expansion.

The results of this study stress the importance of careful selection of transplantation sites, not only at a regional scale, as was shown in previous studies, but also at a local scale. Differential suitability of donor populations was shown.

INLEIDING

Sinds 1987 wordt door de Katholieke Universiteit Nijmegen (KUN) onderzoek gedaan naar de standplaatsvoorwaarden van Groot zee gras en de mogelijkheden tot herstel van Groot zee grasvelden (*Zostera marina* L.) in de Nederlandse Waddenzee. De overheid streeft naar herstel van deze velden in het kader van 'herstel natuurwaarden (Anonymous 1989). Het onderzoek gebeurt in opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) van Rijkswaterstaat. Een overzicht van de studies die binnen dit project zijn uitgevoerd, wordt gegeven in van Katwijk et al. (2000).

Transplantatieonderzoek heeft uitgewezen dat Groot zee grasplanten goed aanslaan rond NAP bij de Wierschuur op Terschelling en op het Balgzand (Hermus 1995, van Katwijk & Hermus subm.). De planten zetten zaad, en het daaropvolgende jaar (1994) werden pasgekiemde zaden waargenomen. Op het Balgzand kiemden de zaden al in januari als gevolg van de uitzonderlijk lage saliniteiten die op dat moment heersten (denk aan de overstromingen in zuid Limburg, België en Duitsland, en evacuaties in het rivierengebied in de winter van 1993/1994). Groot zee gras kiemt namelijk veel sneller bij lage saliniteiten (Hootsmans et al. 1987 en referenties daarin). De zaailingen zijn later niet meer aangetroffen, hoogstwaarschijnlijk zijn ze doodgevroren (Hermus 1995). Bij de Wierschuur zijn de zaden later gekiemd, maar bleken de zaailingen niet te overleven. In een controle transplantatie-experiment op de Plaat bij de haven van Terschelling, nabij het natuurlijke zee grasveld, bleken de zaailingen wel te overleven. Waarom overleefden de zaailingen niet bij de Wierschuur, en wel op de Plaat? Van de volgende factoren weten we dat ze belangrijk zijn voor Groot zee gras, én dat ze verschillend zijn op het wad bij de Wierschuur en de Plaat. Daarom kunnen ze mogelijk het verschil in zaailingoverleving bij de Wierschuur en de Plaat verklaren:

1. Het sediment bij de Wierschuur is grover en bezit minder voedingsstoffen en organisch materiaal dan de Plaat. De noodzaak van enig organisch materiaal in het sediment voor een beginnend Groot zee grasveld wordt genoemd in den Hartog (1970); een positief effect van voedingsstoffen in de bodem op jonge aanplant werd aangetoond door Kenworthy et al. (1992).
2. De waterdynamiek is bij de Wierschuur groter dan op de Plaat, deze laatste is omringd door een dam die alleen bij hoogwater overstroomt. In het laboratorium hebben Mateo & Hemminga (unpublished results) aangetoond dat waterdynamiek een rechtstreeks negatief effect op de productiviteit van *Z. marina* planten heeft. Van Katwijk & Hermus (subm.) hebben dit eveneens aangetoond in een veldsituatie. Het is denkbaar dat het negatieve effect van waterdynamiek nog sterker geldt voor zaailingen, omdat ze nog niet geworteld zijn.
3. De getransplanteerde planten rond NAP bij de Wierschuur vallen langer droog dan bij de transplantatie op de Plaat, niet alleen omdat de laatste dieper ligt (circa -0.50 m NAP), maar ook omdat het water door de omringende dam waarschijnlijk langzamer afstroomt. Daarnaast komen op een wad plaatselijk depressies en verhogingen voor. Uit diverse waarnemingen (bv. den Hartog en van der Velde 1970, pers. obs. R.

Hughes, C. den Hartog, D.J. de Jong, eerste auteur, en meer specifiek voor de betrokken locaties m.n. door D. de Jong en K. Hermus) blijkt dat depressies waarin enig water stagneert noodzakelijk zijn voor de handhaving van Groot zeegrasvelden. Bij de Wierschuur is een dergelijk relief nauwelijks aanwezig.

Het is niet waarschijnlijk dat de waterkwaliteit het verschil in zaailingoverleving kan verklaren. De waterkwaliteit op de Wierschuur zal niet zeer sterk afwijken van de waterkwaliteit op de Plaat, aangezien de plekken relatief dicht bij elkaar liggen. Bij de Wierschuur komt water dat iets langer boven een wad heeft verkeerd, waardoor het een hoger ammoniumgehalte kan hebben (Asmus & Asmus 1998). Jonge planten kunnen beter tegen hoge stikstofgehalten dan oudere planten (van Katwijk, ongepubliceerde resultaten). Indien een mogelijk verschil in ammoniumgehalte van belang was geweest, zouden de volwassen planten in het eerste jaar van de transplantatie hier al hinder van hebben ondervonden. Dit werd niet waargenomen (Hermus 1995, van Katwijk & Hermus subm.).

De bovengenoemde drie mogelijke oorzaken voor het verschil in zaailingoverleving bij de Wierschuur en de Plaat (Hermus 1995, van Katwijk & Hermus subm.) zullen in deze studie worden onderzocht. De vraagstelling is derhalve: wat is het effect van sedimenttype, expositie en mate van droogvallen op de kieming en de zaailingontwikkeling van Groot zeegras. Dit werd onderzocht gedurende twee veldexperimenten met zaad dat afkomstig was van de Plaat (Terschelling). Om tevens mogelijke verschillen tussen de herkomsten van de zaaddonorpopulatie (het belang van een juiste donorpulatie werd aangetoond door van Katwijk et al. 1998) werden in één van de experimenten ook zaden gebruikt die afkomstig waren van de Paap (Eems).

METHODE

Proefopzet

Om het effect van expositie, de aanwezigheid van een permanent laagje water en sedimenttype te testen zijn op Balgzand twee experimenten uitgevoerd met Groot zeegraszaden. De zaden zijn afkomstig van de Plaat op Terschelling, en in het tweede experiment tevens van de Paap in het Eems-estuarium. Alle experimenten zijn uitgevoerd op plekken die tussen 0 en -0,10 m NAP zijn gelegen.

Op een geëxponeerde en een meer beschutte plek¹ zijn sedimenten onderling getransplanteerd en is een controle sedimenttransplantatie uitgevoerd zodat er uiteindelijk vier behandelingen waren (experiment 1, Figuur 1). Hierna zijn zaden geplaatst die afkomstig waren van de Plaat op Terschelling. Op de geëxponeerde plek was het sediment zandiger dan op de beschutte plek. Op beide plekken bleef gedurende laagwater een permanent laagje water staan.

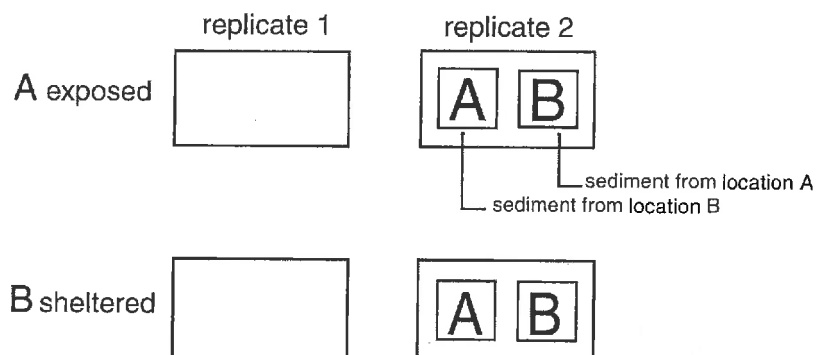
In een beschutte omgeving zijn droge plekken, en plekken waar gedurende laagwater een laagje water bleef staan geselecteerd². De sedimenten op deze plekken zijn onderling getransplanteerd en er is een controle sedimenttransplantatie uitgevoerd. Vervolgens zijn zaden van de Paap (Eemsmonding) en de Plaat (Terschelling) geplaatst, zodat er uiteindelijk acht behandelingen waren (experiment 2, Figuur 1). De sedimentoppervlakken waren op het oog niet verschillend.

Sedimenten zijn gewisseld door een gat van 0,20 x 0,20 x 0,20 m uit te graven en te vullen met een plastic zak met sediment dat ofwel van dezelfde plek afkomstig was (controle) ofwel van een andere plek. Sporadisch aangetroffen wadpieren in het sediment werden verwijderd, zodat deze niet voor een snelle vermenging van de sedimenten met de omgeving konden zorgen. In de loop van het experiment bleek dat dit perfect werkte. Zelfs in september werden er nog geen wadpieroepjes aangetroffen op de getransplanteerde sedimenten. In de plastic zak werden gaatjes geprikt om geringe uitwisseling van het bodemvocht met de omgeving mogelijk te maken. In het getransplanteerde sediment is op twee cm onder het sedimentoppervlak een platte gazen zak met 25 zaden ingegraven en verankerd met een dubbelgevouwen fietsspaak (Hermus 1995). De

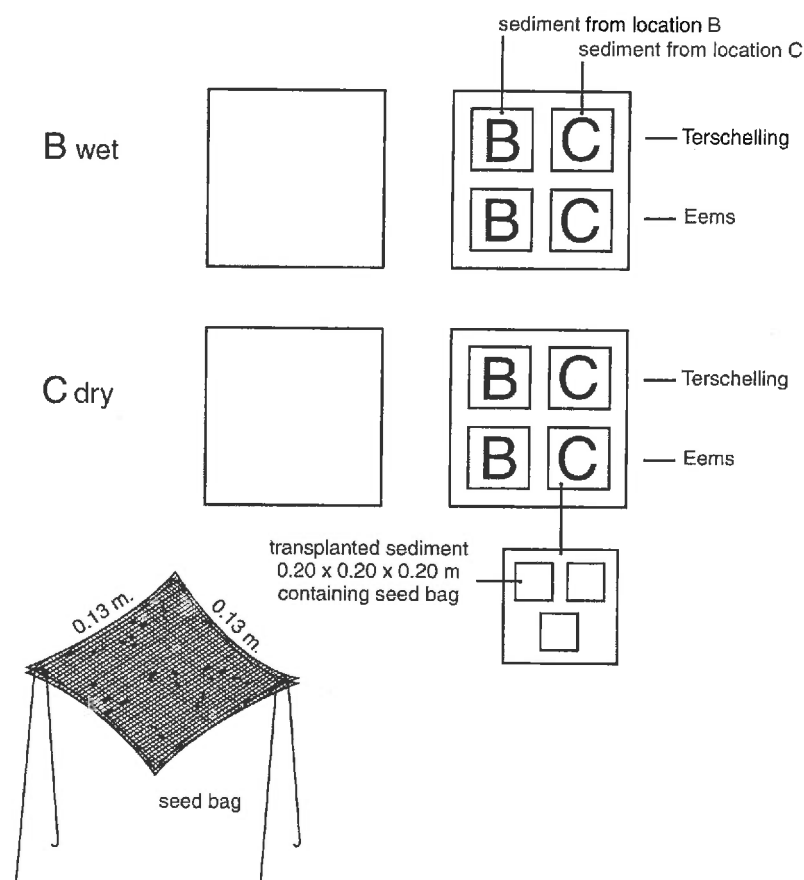
¹ De selectie van de locaties is gemaakt met expert view van beide auteurs en Klaas Groenveld (RWS Meetdienst Den Oever). We hebben het al dan niet beschut zijn van een locatie afgeleid van de ligging en van het sedimenttype. Meer specifiek: de geëxponeerde plekken lagen vlak bij een grote geul, een paar honderd meter van de kust met zandig sediment. De beschutte plekken bezaten een slibrijk sedimenttype, lagen ca. 100 m van de kust en enigszins in de luwte van een oeverwallepje dat begroeid was met mosselen die op 50-100 m afstand was gelegen.

² Als gevolg van kleine hoogteverschillen kunnen op een wad depressies voorkomen waar, door een slechte afwatering, een laagje water blijft staan tijdens laagwater. Plekken op dezelfde hoogteligging t.o.v. NAP, maar met betere afwatering, vallen droog tijdens laagwater.

Experiment 1



Experiment 2



Figuur 1. Proefopzet met zaden van Groot zee gras (*Zostera marina*). Boven: experiment 1, beschutte vs. geëxponeerde locatie. Onder: experiment 2, aanwezigheid van een permanent laagje water tijdens laagwater: natte locatie (wet) versus droge locatie (dry) waar het sediment tijdens laagwater droogvalt. De sedimenten zijn onderling getransplanteerd.

sedimentverwisselingen werden in drievoud uitgevoerd. Deze drie telden samen als één experimentele en statistische eenheid. Ieder experiment is in tweevoud uitgevoerd. Om het effect van de sedimenttransplantatie te testen zijn vier maal 25 zaden (afkomstig van Eems) ingegraven in onbehandeld sediment van beide replica's van de beschutte locatie met permanent laagje water tijdens laagwater (niet weergegeven in Figuur 1).

Tijdsfasering en monitoring

De zaden zijn in de herfst van 1998 verzameld. Ze zijn in de winter bewaard bij een saliniteit van 30 ‰ en een temperatuur van 4 °C, in het donker. Dit zijn omstandigheden die ook in het veld geregeld voorkomen, en die tegelijkertijd waarborgen dat een relatief klein percentage kiemt (pers. ervaring auteurs). Het medium werd tenminste iedere maand ververscht waarbij eventuele rottende en schimmelende zaden werden verwijderd. Op 1 december 1998 is een verkenning op het Balgzand uitgevoerd om een locatie te selecteren. Op 15 maart 1999 zijn de verschillende experimentele plekken geselecteerd, op 16 maart zijn sedimenten getransplanteerd, en op 30 maart zijn de zaden geplaatst. Tot en met 29 juni 1999 is circa iedere twee weken gemonitord. Op 14 mei zijn voorts bodemwatermonsters genomen m.b.v. smalle keramische cups van 5 cm lengte, en bodemmonsters van de bovenste 8 cm. Hoeveelheden grazers (wadslakjes en alikruiken) en wadpieren werden geschat. Op 10 september is het veld nog een maal bezocht. In november 1999 zijn de bodemwatermonsters geanalyseerd. Hierbij werden pH, Ca, Mg, Mn, Fe, S, Zn, totaal P, Al, CO₂, Total Inorganic Carbon (TIC), PO₄, NH₄, NO₃ en Cl gemeten. Korrelgrootteverdeling en organische fractie van de sedimenten zijn in februari 2000 gemeten. De pH van het bodemwater werd gemeten binnen 5 uur na monsternamen. Daarna werd de pH van het bodemwater omlaag gebracht met citroenzuur zodat precipitatie van metalen voorkomen werd (0.4 ml citroenzuur per 100 ml monster). Alle monsters werden koud naar het laboratorium vervoerd en gedurende 3 weken in de koelcel bij 4 °C bewaard. Daarna werden ze ingevroren bij -20 °C, zodat de analyse nog een aantal weken uitgesteld kon worden. De sedimentmonsters zijn direct ingevroren. De TIC-monsters werden bewaard bij 4 °C.

Analyses

NH₄, NO₃, PO₄ en Cl gehalten in het bodemwater werden colorimetrisch gemeten met een Technicon AAI systeem, volgens respectievelijk de salicylaatmethode (Kempers & Zweers 1986), de hydrazinesulfaatmethode (Grasshoff et al. 1983), de ammoniummolybdaat met ascorbinezuurmethode (Henriksen 1965) en de mercuriothiocynaat, ofwel de ferriammoniumsulfaatmethode (O'Brien 1962). Saliniteit werd berekend volgens Stumm & Morgan (1981). K en Na zijn bepaald m.b.v. vlamfotometrie. Totaal P, totaal S, Mg, Ca, Fe, Si, Mn, Zn en Al werden gemeten met een Inductively Coupled Plasma spectrofotometer (ICP). TIC werd bepaald met behulp van een Horiba Pir-2000 IC-analysator. TIC werd vervolgens omgerekend tot de HCO₃ en CO₂ concentratie³ m.b.v. de gemeten pH-waarde volgens Stumm & Morgan (1981). Organisch stofgehalte van het sediment werd bepaald

³ De H₂CO₃ concentratie is bij de gemeten pH-waarden zeer laag (Stumm & Morgan 1981).

m.b.v. de gloeiverliesmethode (bij 500°C)⁴ en de korrelgrootteanalyse van het gevriesdroogde sediment werd uitgevoerd met behulp van een Malvern Particle Sizer, type 3600 E (User Manual version 6.0 and 6.2, 1987).

Statistische verwerking

Alle parameterwaarden waren normaal verdeeld. Verschillen tussen de behandelingen zijn getoetst met variantie-analyse (ANOVA) met behulp van de procedure GLM (SAS 1989), waarbij rekening is gehouden met de split-plot⁵ opstelling van de experimenten.

⁴ Het bij 60°C gedurende 48 uur gedroogde monster wordt gewogen, gedurende 4 uur bij 500°C gegloeid in een oven, en vervolgens na afkoeling weer gewogen. Het procentuele gewichtsverlies is een maat voor het organisch stofgehalte.

⁵ Het is een split-plot proef omdat de factor sediment en populatie variëren BINNEN de locaties. Locatie is dan een 'main plot factor', en sediment en populatie zijn 'subplot factoren' (zie bijvoorbeeld Freund & Littell 1985).

RESULTATEN

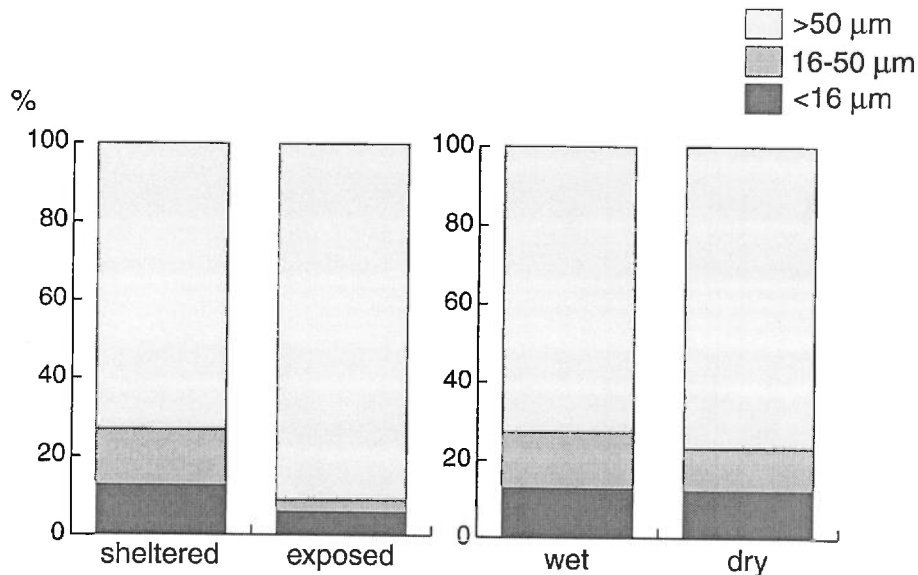
Sediment

Het sediment op de geëxponeerde locatie was grofkorreliger dan op de beschutte plek. (Figuur 2, tabel 1, ANOVA mediane korrelgrootte, $p < 0,05$), hetgeen ook op het oog zichtbaar was. De samenstelling van het bodemwater was zeer variabel, met name in het fijne sediment op de beschutte plekken. Het Si-gehalte en de pH zijn significant lager ($p < 0,05$) in het bodemwater van de geëxponeerde plek in vergelijking met het bovedemwater van de beschutte plek. Echter, indien men 17 parameters test zijn er al snel één of twee significant, zodat deze enkele significanties niet al te serieus genomen dienen te worden (bv. Hair et al. 1995, Peres-Neta 1999). De overige parameterwaarden verschilden niet significant van elkaar. De gemeten waarden zijn in de bijlage weergegeven.

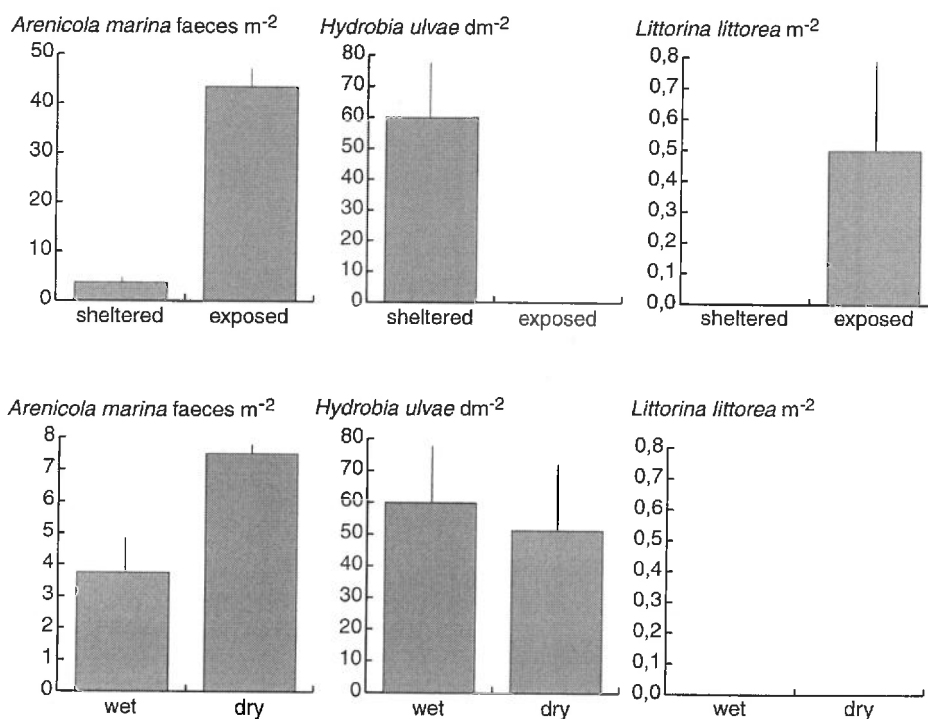
De zaden die ter controle in onbehandeld sediment op de beschutte, natte locaties werden ingegraven ontwikkelden zich niet afwijkend van de zaden die in het getransplanteerde sediment werden ingegraven ($p > 0,05$ voor zowel kieming, zaailingoverleving en uitbreiding van de zaden).

Tabel 1. Mediane korrelgrootte van het sediment in experiment 1 (links) en experiment 2 (rechts), gemiddelde (standaardafwijking) in μm .

Experiment 1			Experiment 2		
Sheltered	105	(15)	Wet	105	(15)
Exposed	171	(9)	Dry	115	(5)



Figuur 2. Korrelgrootteverdeling van de sedimenten in experiment 1 (links) en experiment 2 (rechts). Wet: locatie met permanent laagje water tijdens laagwater als gevolg van gebrekkige afvloeiing (zie voetnoot 6); dry: locatie die bij laagwater droogvalt

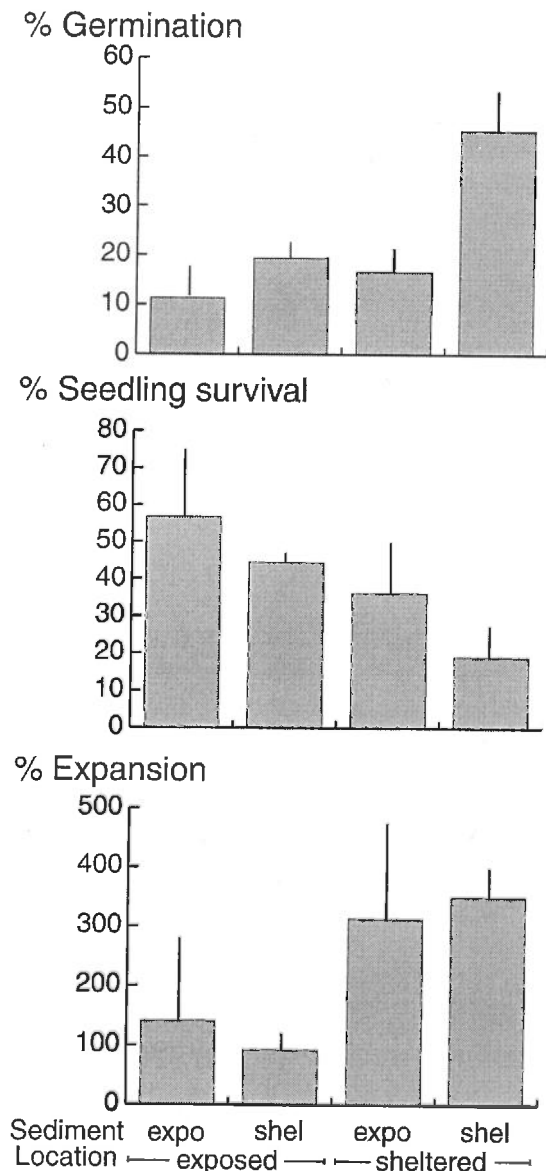


Figuur 3. Aantallen wadpieroopjes (*Arenicola marina faeces*), wadslakjes (*Hydrobia ulvae*) en alikruiken (*Littorina littorea*) aangetroffen in experiment 1 (boven) en experiment 2 (onder).

Veldwaarnemingen

Op de beschutte locaties zijn telkens wat meer macro-algen waargenomen dan op de geëxponeerde plekken. Het betreft m.n. *Ulva*, *Enteromorpha* en *Gracillaria*. De losdrijvende macro-algen bleven steken aan de bamboestokken en de sateh-prikkers die de plotjes markeerden. Op de beschutte locaties werden de 20x20 cm zeegrasplotjes soms bedekt door een plak algen, m.n. in juni, die vaak huisvesting bood aan een strandkrab (*Carcinus maenas*), zodat men mag aannemen dat de planten hierdoor gehinderd werden. Zelden werd echter een gehele experimentele eenheid (drie plotjes van 20x20cm) bedekt door algen en tevens bleek dat de algenbedekking telkens op andere plekken optrad (waarschijnlijk afhankelijk van windrichting op het moment van waterafvloeiing). Bij iedere monitoring werden de algen verwijderd. Mogelijk hebben de planten op de beschutte plekken dus enige hinder ondervonden van macro-algenbedekking, maar dit gaf geen aanleiding tot sterfte.

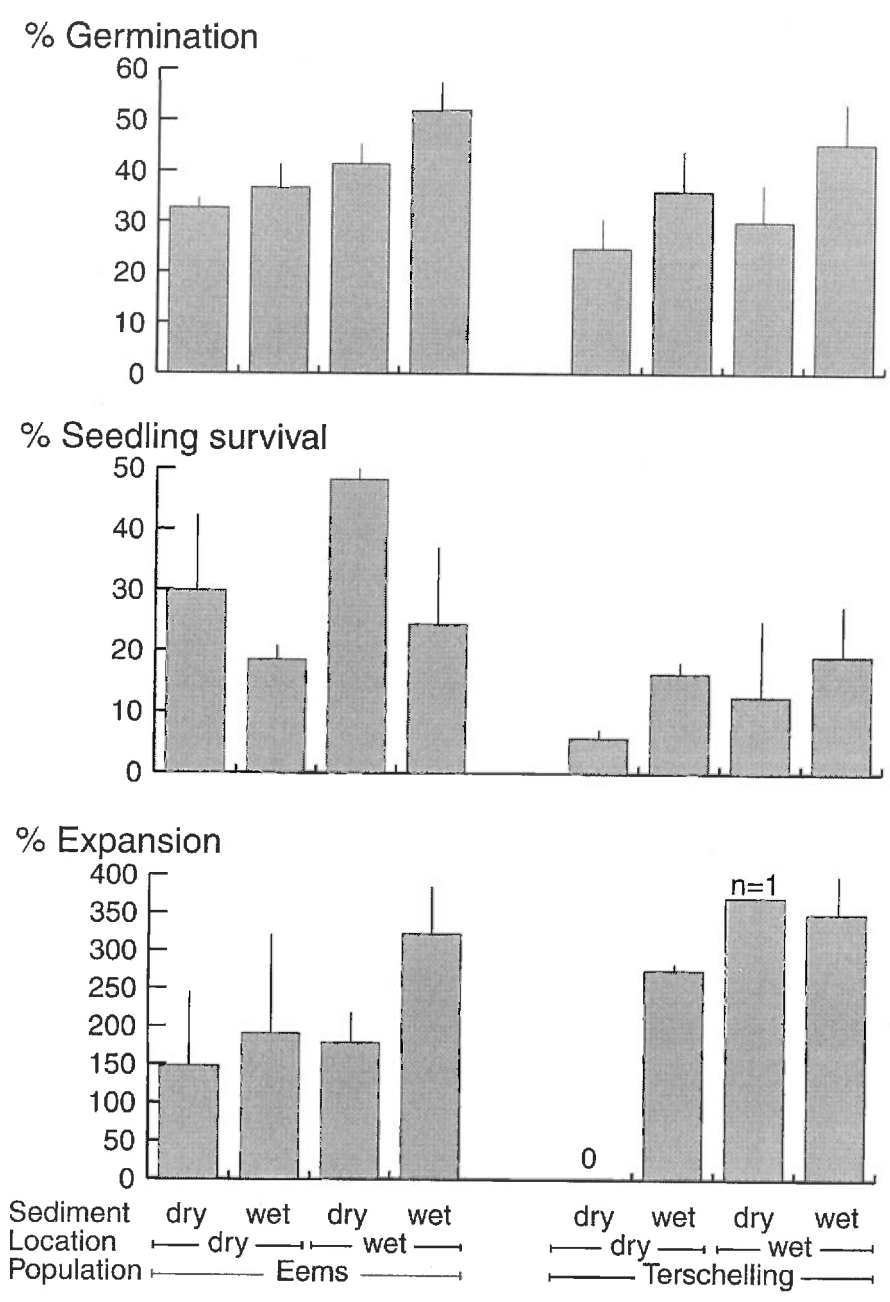
Op de beschutte plekken werden veel wadslakjes (*Hydrobia ulvae*) aangetroffen, en weinig wadpieren (*Arenicola marina*) in vergelijking tot de geëxponeerde plekken. Alikruiken (*Littorina littorea*) werden nooit aangetroffen op beschutte plekken, en in dichtheden van minder dan 1 per m² op geëxponeerde plekken. Op relatief droge plekken werden meer wadpieren aangetroffen dan op natte plekken (Figuur 3). In de getransplanteerde sedimenten werden echter nooit wadpieren aangetroffen (zie 'Methode').



Figuur 4. Kieming, zaailingoverleving en uitbreiding van de zaailingen van Groot zeegras op een beschutte en een geëxponeerde locatie, waarbij tevens de sedimenten afkomstig van beide locaties getest zijn (experiment 1).

Groot zeegras

In beide experimenten bleken de zaden binnen vier weken te kiemen. In de daaropvolgende vijf weken trad sterfte op, daarom karakteriseerden we de ontwikkeling van de zaailingen gedurende deze periode aan met 'zaailingoverleving'. Daarna trad nauwelijks meer sterfte op, en zagen we dat de zaailingen uitliepen. Hierbij werden nieuwe scheuten gevormd. Deze periode van ontwikkeling hebben we aangeduid met 'uitbreiding van de zaailingen'. Na 13 weken begonnen de planten bloeiwijzen te ontwikkelen, en werd het zaailingenstadium als afgerond beschouwd.



Figuur 5. Kieming, zaailingoverleving en uitbreiding van de zaailingen van Groot zeegras afkomstig van Terschelling en Eems, op een locatie met en zonder permanent laagje water (nat vs. droog), waarbij tevens de sedimenten afkomstig van beide locaties getest zijn. (experiment 2).

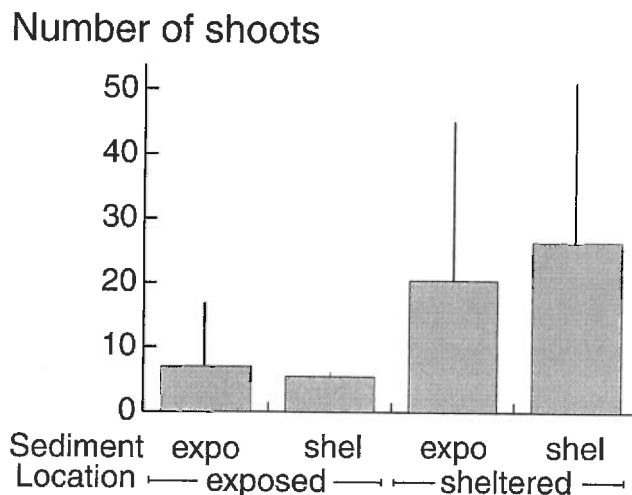
Enige algemene resultaten van beide experimenten: na 4 weken was 11-52% van de Groot zeegraszaden gekiemd. Het gemiddelde kiemingspercentage was 23% in experiment 1 en 37% in experiment 2. De overleving van de zaailingen lag tussen 5 en 56% (in de periode tussen 4 en 9 weken na zaadtransplantatie). In experiment 1 was het overlevingspercentage gemiddeld 39%, in experiment 2 gemiddeld 22%. De uitbreiding van de

zaailingen (de vorming van nieuwe scheuten) was tussen 0 en 370% (in de periode tussen 9 en 13 weken na de zaadtransplantatie). Gemiddeld was het uitbreidingspercentage 223% in experiment 1 en 220% in experiment 2. Dit betekent dat het aantal scheuten in deze fase meer dan verdubbeld is.

Het sedimenttype bleek invloed te hebben op de kieming in beide experimenten (Figuur 4 en 5). In het zandige sediment (afkomstig van de geëxponeerde plek) leken de zaden minder goed te kiemen dan in het slibrijke substraat, dat afkomstig was van de beschutte plek ($p=0,1$). Sedimenten afkomstig van de 'natte' plek bleken betere kiemingsresultaten op te leveren dan sedimenten die afkomstig waren van de droge plek (ANOVA $p<0,05$). Deze bodems verschilden echter niet van elkaar in korrelgrootte, organisch stofgehalte noch in chemische samenstelling van het bodemwater. Vooral nog kan hiervoor dus geen verklaring worden gegeven. (Ook de 'natheid' kan geen verklaring bieden want de 'natte' sedimenten zijn immers ook getransplanteerd naar een 'droge' plek, en geven zowel op de natte als op de droge plek betere kiemingsresultaten.)

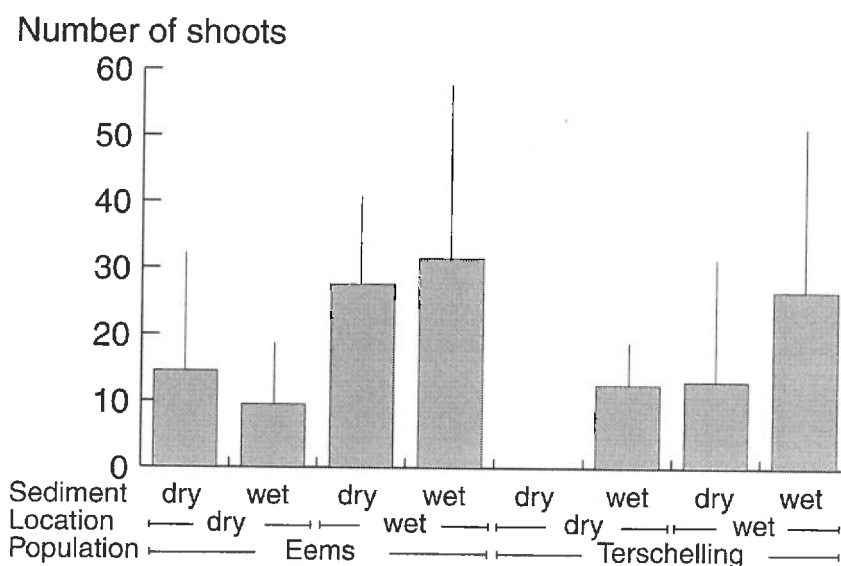
Beschutting, de aanwezigheid van een laagje water, noch sediment bleken invloed te hebben op de zaailingoverleving. De populatie van herkomst had echter wel invloed: de Eemszaailingen overleefden beter dan de Terschellingzaailingen ($p<0,05$).

De uitbreiding van de zaailingen bleek positief te worden beïnvloed door de aanwezigheid van een permanent laagje water op de wadbodem ($p<0,05$). Ook beschutting heeft een positieve invloed ($p<0,001$).



Figuur 6. Aantal Groot zeegrasscheuten (number of shoots) na 13 weken op een beschutte en een geëxponeerde locatie, waarbij tevens de sedimenten afkomstig van beide locaties getest zijn (experiment 1).

Na 13 weken blijkt, zoals uit bovenstaande al verwacht kon worden, dat het grootste aantal planten wordt aangetroffen op beschutte plaatsen met een permanent laagje water, m.n. op bodems afkomstig van de natte, beschutte plek (Figuur 6 en 7). De bestaande verschillen tussen de replica's worden echter steeds groter in de loop van de tijd, omdat de waarnemingen niet onafhankelijk zijn in de tijd, zodat de standaardafwijkingen na 13 weken groot zijn, en de verschillen niet significant zijn. Om dit te ondervangen hadden we een veel groter aantal replica's moeten gebruiken.



Figuur 7. Aantal Groot zeegrasscheuten (number of shoots) afkomstig van Terschelling en Eems na 13 weken, op een locatie met en zonder permanent laagje water (wet vs. dry), waarbij tevens de sedimenten afkomstig van beide locaties getest zijn (experiment 2).

CONCLUSIES

Kieming van Groot zeegras (*Zostera marina*) wordt positief beïnvloed door een slibrijk sedimenttype, m.n. als het afkomstig is van een plek met een permanent laagje water (natte plek). Het positieve effect van een slibrijk type in vergelijking met een zandig type komt overeen met laboratoriumbevindingen (Kurstjens & Pennings 1990).

De overleving⁶ van Eemszaailingen blijkt groter te zijn dan die van Terschellingzaailingen. Kennelijk zijn deze planten beter geschikt voor de omstandigheden zoals die op het Balgzand werden aangetroffen. Dit wordt ondersteund door een Waddenzeemesocosexperiment met verschillende sedimenttypes, waarin bleek dat Eemsplanten onder alle omstandigheden beter overleefden dan Terschellingerplanten (Westerveld & Verschuren 1992; Janssen 1996).

De aanwezigheid van een permanent laagje water op het wad en een beschutte ligging hebben een positieve invloed op de uitbreiding van de zaailingen⁷ (zie ook van Katwijk & Hermus, subm.).

Implicaties voor herintroductie

Bij herintroductie van Groot zeegras dienen de locaties zorgvuldig te worden geselecteerd. Niet alleen op regionale schaal (zie van Katwijk et al. in press, de Jonge et al. in press), maar ook op lokale schaal, zoals blijkt uit onderhavige studie. Op relatief beschutte plaatsen met een permanent laagje water zullen zich de meeste zaailingen uit zaden ontwikkelen.

⁶ In de periode tussen vier en negen weken na plaatsing van het zaad.

⁷ In de periode tussen negen en dertien weken na plaatsing van het zaad.

LITERATUURREFERENTIES

- Anonymous (1989) Water voor nu en later. Derde Nota Waterhuishouding. Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Tweede Kamer 1988-1989 21250, Den Haag
- Asmus H, Asmus R (1998) The role of macrobenthic communities for sediment-water material exchange in the Sylt-Rømø tidal basin. *Senckenbergiana maritima* 29:111-119
- de Jonge VN, de Jong DJ, van Katwijk MM Policy plans and management measures to restore eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Dutch Wadden Sea. [In Press] *Helgoländer Meeresunters*
- den Hartog C, van der Velde G (1970) De flora en de vegetatie van het Balgzand. *K N N V Wet Meded* 86:20-36
- den Hartog C (1970) *The Sea-grasses of the World*. North-Holland, Amsterdam
- Freund RJ, Littell RC (1985) *SAS for linear Models. A Guide to the ANOVA and GLM Procedures*. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Grasshoff K, Ehrhardt M, Kremling K (1983) *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie GmbH, Weinheim
- Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC (1995) *Multivariate Data Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- Henriksen A (1965) An automated method for determining low level concentration of phosphate in fresh and saline waters. *The Analyst* 90:29-34
- Hermus DCR (1995) Herintroductie van zeegras in de Waddenzee. Het verloop van de beplantingen in 1992-1994 & zaadexperimenten. Department of Aquatic Ecology and Environmental Biology, University of Nijmegen
- Hootsmans MJM, Vermaat JE, Van Vierssen W (1987) Seed-bank development, germination and early seedling survival of two seagrass species from the Netherlands: *Zostera marina* L and *Z. noltii* Hornemann. *Aquat Bot* 28:275-285
- Janssen A (1996) Effect van bodemtype en populatie van herkomst op de ontwikkeling van Groot zeegras (*Zostera marina* L.) in twee mesocosmos-experimenten. Department of Aquatic Ecology and Environmental Biology, University of Nijmegen
- Kempers AJ, Zweers A (1986) Ammonium determination in soil extracts by

- the salicylate method. *Commun Soil Sci Plant Anal* 17:715-723
- Kenworthy WJ, Fonseca MS (1992) The use of fertilizer to enhance growth of transplanted seagrasses *Zostera marina* L. and *Halodule wrightii* Aschers. *J Exp Mar Biol Ecol* 163:141-161
- Kurstjens G, Pennings E (1990) Kiemingsexperimenten met *Zostera marina*. Department of Aquatic Ecology and Environmental Biology, University of Nijmegen
- O'Brien J (1962) An automated analysis of chlorides in sewage wastes. *Eng* 33:670-672
- Peres-Neto PR (1999) How many statistical tests are too many? The problem of conducting multiple ecological inferences revisited. *Mar Ecol Prog Ser* 176:303-306
- SAS (1989) SAS/STAT User's Guide, Version 6. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Stumm W, Morgan JJ (1981) Aquatic Chemistry. An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters. John Wiley & Sons, New York
- van Katwijk MM, Schmitz GHW, Hanssen LSAM, den Hartog C (1998) Suitability of *Zostera marina* populations for transplantation to the Wadden Sea as determined by a mesocosm shading experiment. *Aquat Bot* 60:283-305
- van Katwijk MM, Hermus DCR Effects of physical disturbance on *Zostera marina*: transplantation experiments in the intertidal Dutch Wadden Sea. [subm] *Mar Ecol Prog Ser*
- van Katwijk MM, Wijgergangs LJM, Hermus DCR (2000) Standplaatsonderzoek Groot zeegras (*Zostera marina* L.). Vergelijking van vier Nederlandse zeegrasvelden. Department of Aquatic Ecology and Environmental Biology, University of Nijmegen
- van Katwijk MM, Hermus DCR, de Jong DJ, Asmus RM, de Jonge VN Habitat suitability of the Wadden Sea for restoration of *Zostera marina* beds. [In Press] *Helgoländer Meeresunters*
- Westerveld S, Verschuren D (1992) Het effect van beschaduwning (tweede groeiseizoen) en het effect van substraattype op *Zostera marina* in een mesocosmexperiment. Department of Aquatic Ecology and Environmental Biology, University of Nijmegen

BIJLAGE 1

Bodemwaterparameters per plek en per bodem (n=2). Alle waarden in μM behalve Cl (mM) en pH (pH-eenheden). PL=plek (geëxponeerd of beschermt; nat of droog). SE=sediment (afkomstig van de geëxponeerde of beschutte plek; de natte of de droge plek)

Experiment 1. Gemiddelden

PL	SE	Cl	PO ₄	NO ₃	NH ₄	Ca	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	P	S	Al	pH	TIC	CO ₂	HCO ₃
ex	ex	491	9	2,09	50	8960	46000	10	23	71	28,5	67	24750	8,0	7,59	2420	65	2350
ex	sh	493	16	0,55	185	9680	44900	41	109	132	33,5	81	23980	7,6	7,42	2610	103	2510
sh	ex	492	37	1,69	216	9240	45100	27	46	223	25,1	96	23530	21,9	7,73	3600	61	3540
sh	sh	513	34	1,89	254	9270	44900	27	41	221	23,3	102	23690	19,4	7,70	3350	72	3280

Experiment 1. Standaardafwijkingen

PL	SE	Cl	PO ₄	NO ₃	NH ₄	Ca	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	P	S	Al	pH	TIC	CO ₂	HCO ₃
ex	ex	9	5	2,51	16	10	400	4	6	21	0,3	7	280	0,5	0,01	60	4	60
ex	sh	5	2	0,70	14	440	400	13	33	54	7,0	5	420	0,9	0,01	370	18	350
sh	ex	33	29	1,97	74	640	4000	11	15	41	4,4	14	2700	5,9	0,08	.	.	.
sh	sh	36	29	2,67	141	430	3400	14	39	26	1,3	33	3270	10,1	0,02	630	16	610

Experiment 2. Gemiddelden

PL	SE	Cl	PO ₄	NO ₃	NH ₄	Ca	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	P	S	Al	pH	TIC	CO ₂	HCO ₃
dr	dr	460	36	0,28	208	8900	42900	48	50	182	22,8	95	22500	10,5	7,63	3180	78	3100
dr	na	481	38	1,50	301	9020	44300	23	17	166	23,8	99	23090	14,9	7,89	3420	46	3370
na	dr	501	56	0,85	277	9240	44500	39	22	200	23,2	115	23370	15,4	7,73	3560	72	3490
na	na	513	34	1,89	254	9270	44900	27	41	221	23,3	102	23690	19,4	7,70	3350	72	3280

Experiment 2. Standaardafwijkingen

PL	SE	Cl	PO ₄	NO ₃	NH ₄	Ca	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	P	S	Al	pH	TIC	CO ₂	HCO ₃
dr	dr	11	3	0,17	19	230	1900	13	1	21	0,5	9	1460	3,6	0,04	190	3	190
dr	na	8	25	1,87	225	310	2000	9	12	102	0,1	33	1990	7,1	0,13	1130	2	1130
na	dr	38	22	1,20	25	330	300	1	4	38	0,5	32	60	2,0	0,12	40	20	10
na	na	36	29	2,67	141	430	3400	14	39	26	1,3	33	3270	10,1	0,02	630	16	610