

PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen

The following full text is a publisher's version.

For additional information about this publication click this link.

<http://hdl.handle.net/2066/32668>

Please be advised that this information was generated on 2018-11-01 and may be subject to change.

Klein zeegras en Snavelruppia op het Balgzand.

Een transplantatiesucces en een spontane vestiging aan het begin van de 21^e eeuw



December 2005

M.M. van Katwijk, A.R. Bos,
D.C.R. Hermus
In opdracht van RWS Noord-Holland

Ecoscience, Nijmegen
Radboud Universiteit Nijmegen

Klein zeegras en Snavelruppia op het Balgzand.

Een transplantatiesucces en een spontane vestiging aan het begin van de 21^e eeuw

December 2005

M.M. van Katwijk^{1,2}, A.R. Bos², D.C.R. Hermus²
In opdracht van RWS Noord-Holland

¹Ecoscience

Peter Scheersstraat 26, 6525 DE Nijmegen
024-3245951, marieke@ecoscience.nl

²Radboud Universiteit Nijmegen

Afdeling Milieukunde, Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen
024-3652478

Colofon

van Katwijk MM, Bos AR, Hermus DCR (2005). Klein zeegras en Snavelruppia op het Balgzand. Een transplantatiesucces en een spontane vestiging aan het begin van de 21^e eeuw. Afdeling Milieukunde, Radboud Universiteit Nijmegen.

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Noord-Holland (RWS NH)

Projectleider: M. van Wieringen

Uitvoering: Radboud Universiteit Nijmegen (RU), afdeling Milieukunde

Met bijdragen van:

Klaas Groenveld, Informatiedienst Water

RWS NH: hoogtemetingen;

Art Groeneweg, AGI: Ruppia-kartering 2004;

Pim Vugteveen, RU Nijmegen: Zostera noltii-kartering 2004;

Norbert Dankers, Alterra Texel: Zostera noltii-kartering 2005 en foto's;

Alkyon & Informatiedienst Water RWS NH: zoutmetingen en -analyse;

R. Dekker (NIOZ Texel), R. van 't Veer (Landschap Noord-Holland), C. den Hartog (emeritus hoogleraar RU Nijmegen):

informatie over verspreiding van Ruppia;

G. Dekkers (RU Nijmegen): foto's;

D.J. de Jong (RIKZ), Z. Jager (RIKZ):

aanvullende informatie en tekstcommentaren.

Publicatiedatum: december 2005

Contactpersoon: M.M. van Katwijk,

Afdeling Milieukunde, Radboud

Universiteit, Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen,

m.vankatwijk@science.ru.nl

Inhoud

Inhoud.....	1
Samenvatting.....	2
Inleiding.....	3
Historie zeegras op Balgzand.....	5
Historie en ontwikkeling Klein zeegrasaanplant.....	7
Historie en ontwikkeling <i>Ruppia</i> -invasie.....	10
Ecologie.....	12
Ecologie van <i>Zostera noltii</i>	12
Algemeen.....	12
Saliniteit.....	13
Diepte en zonering.....	14
Ecologie van <i>Ruppia maritima</i>	15
algemeen.....	15
Saliniteit.....	16
Diepte en zonering.....	18
Situatie Balgzand.....	20
Kansen en risico's. Koppeling van milieueisen (ecologie) aan situatie Balgzand.....	21
<i>Zostera noltii</i>	21
<i>Ruppia maritima</i>	21
Literatuur.....	23
Bijlage 1. Ontwikkeling <i>Zostera noltii</i> -aanplant uit 1993 gedurende de eerste twee jaar.....	29
Bijlage 2. Continue zoutmetingen op drie plaatsen op het Balgzand.....	30
Bijlage 3. Zoutmetingen op het Balgzand in 1977 (Manuels 1978).	31

Samenvatting

In 2002 werden twee opmerkelijke vondsten gedaan op het Balgzand. Ten eerste werden Klein zeegraspaches aangetroffen op de locatie waar het in 1993 werd aangeplant en sinds 1994 niet meer was gemonitord. Ten tweede bleek zich een spontane vestiging van Snavelruppia (*Ruppia maritima*) te hebben voorgedaan. Tussen 2002 en 2005 breidden de Klein zeegraspaches zich sterk uit, en het Snavelruppiaveld bleef stabiel aanwezig op een oppervlak van circa 260 hectare met zeer lage bedekkingen. In dit rapport wordt deze ontwikkeling aan de hand van literatuur, monitoringgegevens en GIS-analyses gerelateerd aan het milieu, met name aan het zoutgehalte en de hoogteligging.

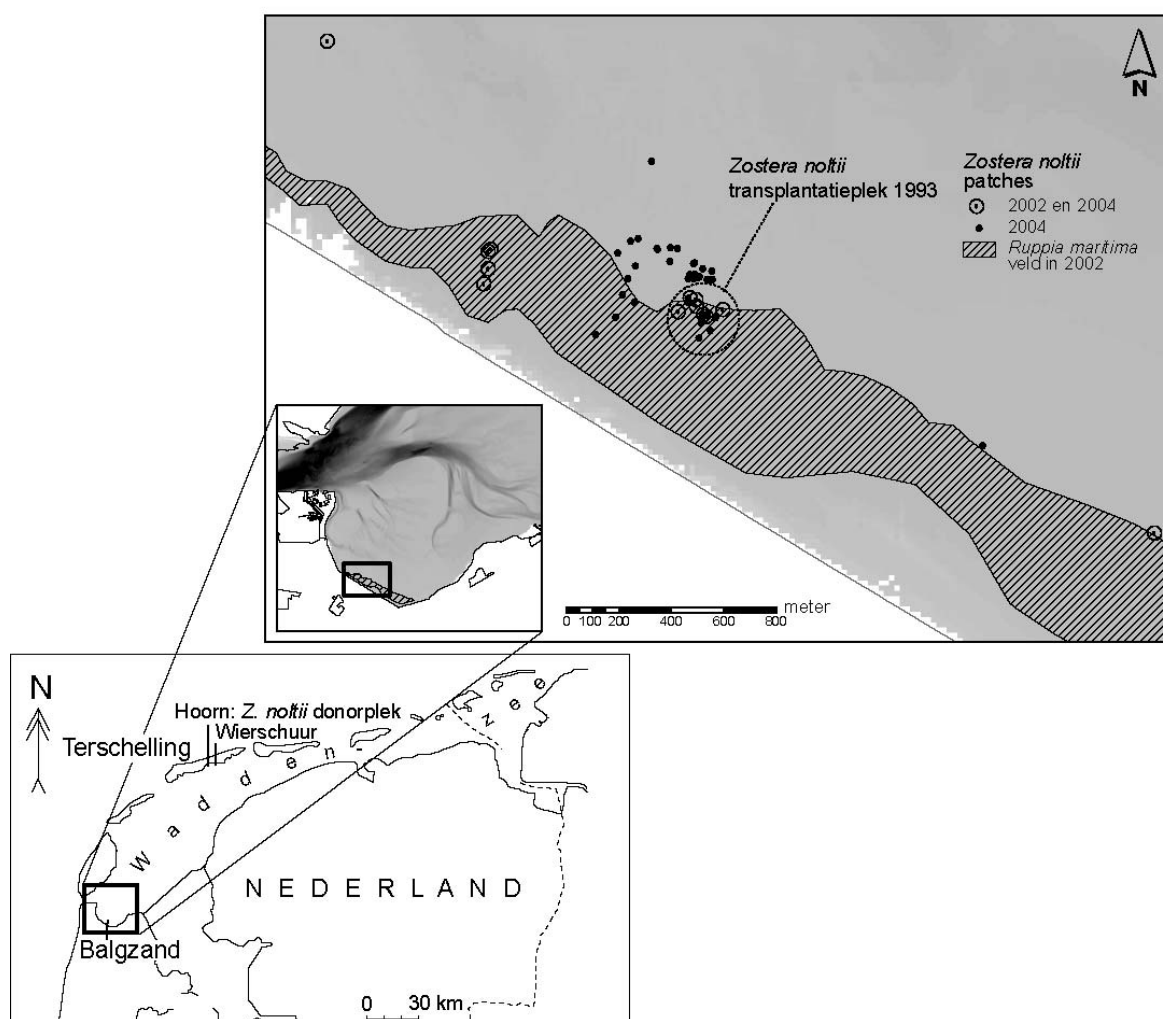
Klein zeegras is een meerjarige plant, terwijl Snavelruppia overwegend eenjarig is. Beide kunnen hoge zaadproducties halen en zich snel uitbreiden middels zaad. Snavelruppia's zijn brakwaterplanten, ze kunnen in zoetwater groeien, maar ook in wateren met periodiek zeer hoge zoutgehaltes. Klein zeegras kan minder extreme zoutgehaltes verdragen en kan niet tegen zoetwater (in de Oostzee minimaal 5 ‰, in de Waddenzee waarschijnlijk minimaal 10‰ jaargemiddeld). Op het Balgzand zijn continue zoutmetingen gedaan gedurende het jaar 2005. De saliniteit blijkt sterk te fluctueren, vooral in het voorjaar. In februari 2005 werden minima van circa 5 ‰ gemeten in het *Ruppiaveld* en bij de Klein zeegraspaches.

Wereldwijd groeien *Ruppia*'s, als ze in een getijdengebied voorkomen, doorgaans in een hogere zone dan de zeegrassen. Dit is ook op het Balgzand het geval, de Klein zeegraspaches blijken tussen de +0.03 en +0.26 m NAP te liggen met als mediane waarde +0.16 m NAP. In het Snavelruppiaveld is dit niet gemeten, maar uit een GIS-analyse met lodingsgegevens en uit veldwaarnemingen kunnen we afleiden dat het ongeveer tussen de +0.15 en +0.60 m NAP is gelegen.

Beide planten zijn gevoelig voor eutrofiëring en voor de macroalgenwoekering die hier vaak aan gerelateerd is. De nog steeds hoge eutrofiëringsniveaus van de Waddenzee worden daarom als de voornaamste bedreiging van deze unieke vegetaties beschouwd.

Inleiding

In de westelijke Waddenzee lagen van oudsher uitgestrekte zeegrasvelden. De ondergedoken Groot zeegrasvelden zijn economisch van belang geweest, en daarom uitvoerig beschreven in oude literatuur (Martinet 1782, Oudemans et al. 1870, van Goor 1922, Reigersman et al. 1939, Harmsen 1936). De droogvallende platen rond NAP herbergden echter ook zeegras, namelijk het flexibele type Groot zeegras, *Zostera marina* (toentertijd de smalbladige variant, ondersoort of soort genoemd, *Z. angustifolia* en *Z. stenophylla*) en het Klein zeegras, *Z. noltii*. Ze groeiden tot in de Zuiderzee, destijds een estuarium met een geleidelijke zoet-zoutovergang vanuit IJssel, IJ en kleinere rivieren. Ook Snavelruppia werd in brakkere delen van de Zuiderzee en Waddenzee aangetroffen.



Figuur 1. Overzicht van de locaties die in dit rapport besproken worden, tevens ligging van het Snavelruppiaveld en de Klein zeegraspatches in 2002, die aanleiding gaven tot het nadere onderzoek dat in dit rapport besproken wordt.

De zeegrassen zijn sterk teruggelopen gedurende de 20^e eeuw. Dit is het gevolg van een combinatie van factoren: afsluiting van de Zuiderzee met de afsluitdijk in 1932, de toegenomen druk van menselijke activiteiten zoals schelpdiervisserij inclusief het verdwijnen

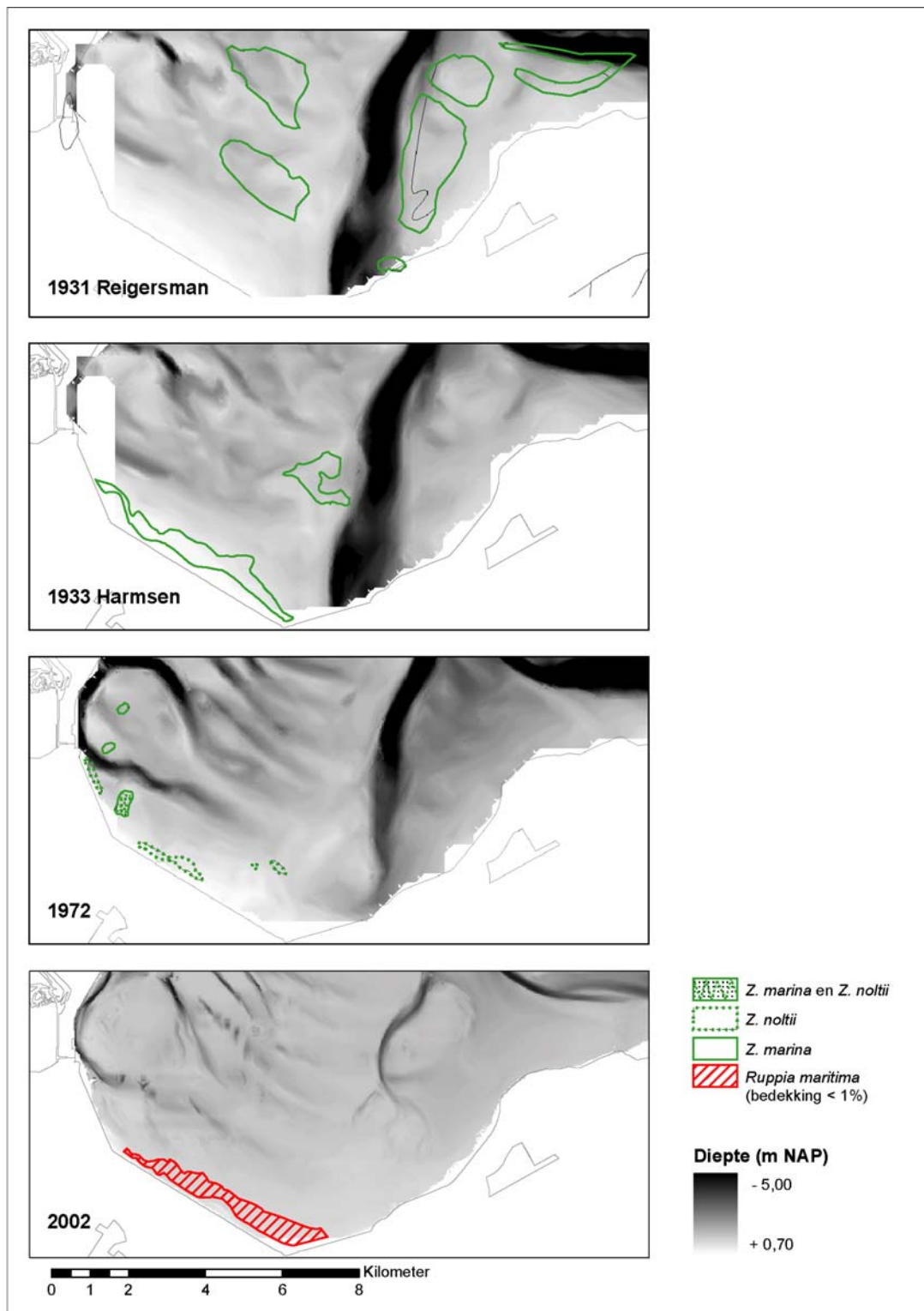
van mosselbanken, bagger- en constructieactiviteiten, eutrofiëring etcetera. Ook trad in de jaren 1930 een zeegrasziekte op het gehele Noordatlantische domein, waarvan de planten elders goed herstelden, maar niet in de Waddenzee. De ondergedoken zeegrasplanten zijn sindsdien uitgestorven in de Waddenzee (Giesen et al. 1990a,b, de Jonge & de Jong 1992, den Hartog 1996, van Katwijk 2003).

Sinds 1987 worden herintroductiemogelijkheden van zeegrassen onderzocht. Vanaf 1992 werden kleinschalige transplantaties uitgevoerd van voornamelijk Groot zeegras, maar ook Klein zeegras in 1992 en 1993 (Hermus 1995, van Katwijk & Hermus 2000, van Katwijk 2003, Bos et al. 2004, 2005a,b). De zeegrassen werden getransplanteerd op het wad bij Terschelling, en op het Balgzand, in het uiterste westen van de Waddenzee. Het is op deze laatste locatie, het Balgzand, dat deze rapportage zich richt.

In 2002 werden twee opmerkelijke vondsten gedaan op het Balgzand, door Rob Dekker (NIOZ) en Ron van 't Veer (Landschap Noord-Holland). Ten eerste werden Klein zeegraspatches aangetroffen op de locatie waar het in 1993 werd aangeplant en sinds 1994 niet meer was gemonitord. Ten tweede bleek zich een spontane vestiging van *Ruppia maritima* te hebben voorgedaan; in 2000 waren deze planten nog niet of nauwelijks aanwezig (pers. comm. R. van 't Veer en R. Dekker, Groeneweg 2004a,b, van Katwijk et al. subm., figuur 1).

In dit rapport wordt de ontwikkeling van de Klein zeegrastransplantatie uit 1993 in de jaren 2002 tot en met 2005 geschetst, alsmede de spontane vestiging van *Ruppia maritima* in deze periode. Aan de hand van literatuur, monitoringgegevens en GIS-analyses worden deze ontwikkelingen gerelateerd aan het milieu, met name aan zoutgehalte en hoogteligging.

Historie zeegras op Balgzand



Figuur 2. Vegetatiekarteringen van het Balgzand gedurende 75 jaar. In 1931 door Reigersman et al. (1939); in ca. 1933 door Harmsen (1936); in 1972 door Polderman & den Hartog (1975) en in 2002 door van 't Veer (van Katwijk et al. subm. 2005). De *Zostera noltii* patches in 2002-2005 zijn niet in deze figuur weergegeven. De witte vlekken in de jaren 1930 zijn gebieden waar geen lodingen zijn gedaan.

Het Balgzand (zie figuur 1) is van oudsher een zeegraslocatie. Op een vegetatiekaart uit 1869 (Oudemans et al. 1870) wordt Groot zeegras als vindplaats aangegeven. Van Goor (1919) beschrijft een aantal vindplaatsen van Klein zeegras in het gebied, niet alleen langs de randen van de kust, maar ook op Zuidwal, een plaat die grenst aan het verlengde van het Marsdiep. In ongeveer 1933 karteert Harmsen (1936) het Groot zeegras in Balgzand. Van Klein zeegras beschrijft hij alleen de aanwezigheid en de zonerings. Vlak daarvoor, in 1931, werd door de Commissie Reigersman (Reigersman et al. 1939) een kartering van de gehele westelijke Waddenzee uitgevoerd, aan de hand van de kaart uit 1869. Terwijl Harmsen alleen de ondiepere delen karteerde, karteerden Reigersman c.s. alleen de diepere delen (figuur 2 en 6). In 1972 karteerden Polderman & den Hartog (1975) het gebied opnieuw, nu voor het eerst inclusief het Klein zeegras. In de jaren 2002-2005 werd het gebied opnieuw geregeld gekarteerd (figuur 2, 3 en 5).

Anno 2005 groeit er in het gebied zo'n 260 hectare *Ruppia maritima* in lage bedekkingen (<1%), ongeveer 100 Klein zeegraspatches (mediane doorsnede van anderhalve meter) na aanplant in 1993, en 30-50 goedontwikkelde Groot zeegrasplanten na aanplanten in 1998, 2002, 2003 en 2004 (zie ook Bos et al. in druk).

Historie en ontwikkeling Klein zeegrasaanplant.

In 1992 en 1993 zijn Klein zeegrastransplantaties uitgevoerd in het kader van de Derde Nota Waterhuishouding, het project “Herintroductie van zeegras in de Waddenzee”, in opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee en Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland. De aanplanten werden gedaan op dieptes variërend van + 0.30 m NAP tot – 0.40 m NAP, met telkens 4 replica’s van 100 scheuten. In 1992 was de aanplantdichtheid 1600 scheuten m⁻² en werd tevens geëxperimenteerd met 800 en 400 scheuten m⁻². De aanplantdichtheid van 400 scheuten m⁻² gaf het beste resultaat. In 1993 werd met 400 scheuten m⁻² aangeplant (van Katwijk & Schmitz 1993, Hermus 1995).

Tabel 1. Aanplantdiepte (m NAP) met beste ontwikkeling van de Klein zeegrastransplantaties in 1992 en 1993, op Terschelling en Balgzand, gedurende de eerste 2 jaar (van Katwijk & Schmitz 1993, Hermus 1995). Zie ook bijlage 1.

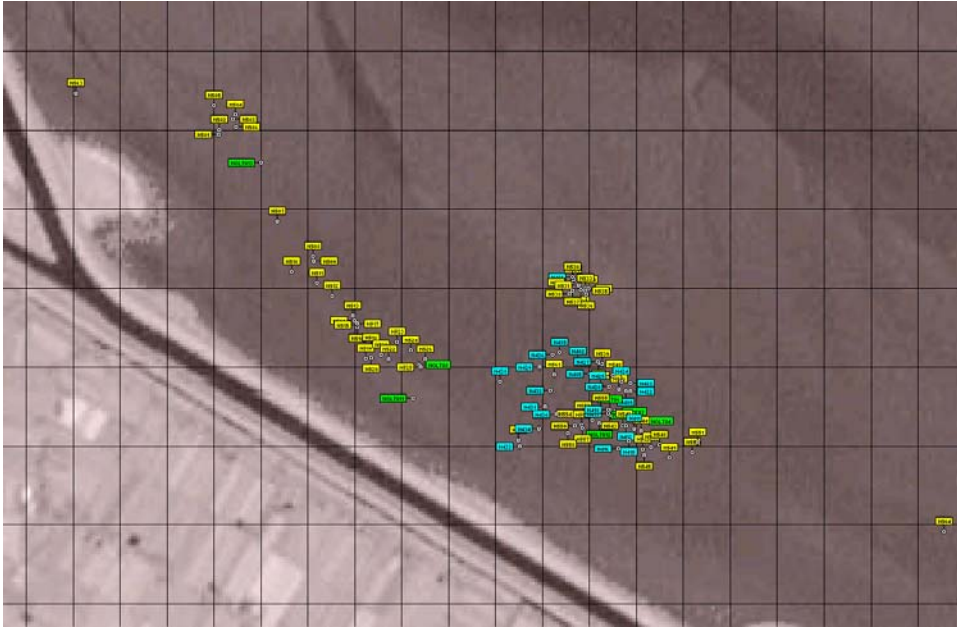
	Balgzand		Terschelling, Wierschuur	
	1 ^e jaar	2 ^e jaar	1 ^e jaar	2 ^e jaar
1992-aanplant	+0.15	+0.15	NAP	-0.20
1993-aanplant	NAP - + 0.15	+0.15	<u>NAP</u> - + 0.30	NAP

De optimale aanplantdiepte op het Balgzand was telkens rond +0.15 m NAP. Op Terschelling lag dit iets lager (tabel 1). Merk op dat de planten bij +0.15 m NAP in de zomer vrij vroeg achteruit gaan in vergelijking met planten bij 0 m NAP (bijlage 1). Dit is hoogstwaarschijnlijk een uitdrogingseffect. Na 1994 is er niet meer gemonitord in het transplantatiegebied tot in 2002.

In 2002 werd een 13-tal patches Klein zeegras gevonden bij de kartering van *Ruppia* door Ron van 't Veer (Landschap Noord-Holland). In 2004 werd opnieuw een telling uitgevoerd, en werden 46 patches gevonden. In 2005 werden 97 patches gevonden. In 2005 bleken 4 van de 13 patches uit 2002 niet meer aanwezig te zijn, en 1 is niet bezocht. Van de patches uit 2004 zijn er in 2005 11 niet meer aanwezig.

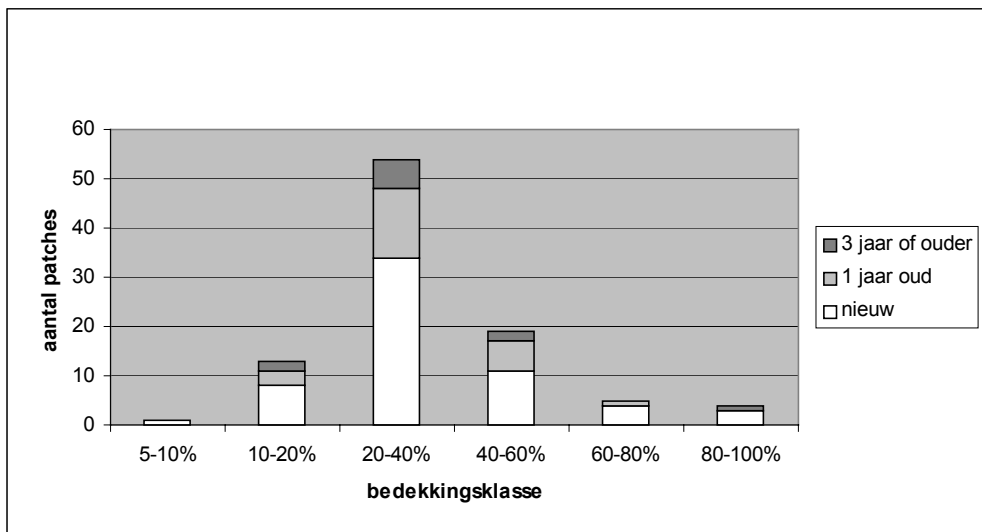
De tellingen zijn enigszins een onderschatting. In 2004 werd alleen de centrale vindplaats uitvoerig bezocht en de rest alleen in het toevallige voorbijgaan gerapporteerd. In 2005 werd oostelijk van de centrale vindplaats niet gezocht wegens tijdgebrek; alleen in het voorbijlopen tijdens een andere veldcampagne werd 1 patch gerapporteerd; het is onwaarschijnlijk dat er zich niet meer patches zouden bevinden in dit gebied. (N.B. Aanbeveling: voor kartering van Klein zeegras in dit gebied moet men met 3 mensen 2 dagen hiervoor uittrekken, waarbij 1 van de mensen een ervaren GPS-loper moet zijn.)

Een tweede tekortkoming van de tellingen tot nu toe is dat kleine patches van Klein zeegras die tussen *Ruppia* zijn gelegen onderschat worden. In 2005 ontdekten we dit soort patches tijdens het teruglopen door het hogergelegen *Ruppiaveld*. Ze zijn alleen van dichtbij te onderscheiden van de *Ruppiabultjes*. In het gebied waar we doorliepen betrof het ongeveer 1 op de 50 à 100 bultjes. Dit is vrijwel onmogelijk te monitoren; stel dat er zo'n 5 *Ruppia*'s op een stukje van 10x10 meter groeien, het gaat om 260 hectare: je zou dus 500x260=130.000 bultjes moeten checken...



Figuur 3. Kartering van de Klein zeegraspaches in 2005. Met geel zijn nieuwe patches aangegeven, in blauw de patches die ook in 2004 aanwezig waren, en in groen de patches uit 2002.

De Klein zeegraspaches in 2005 hebben een mediane bedekking van 20-40% (figuur 4), en een mediane doorsnede van 1.5 m² (tabel 2).



Figuur 4. In 2005 werden 97 patches Klein zeegras aangetroffen met verschillende bedekkingsklassen. De leeftijd van de patch kon worden vastgesteld omdat de gps-techniek het mogelijk maakte om de plekken die in 2002 en 2004 waren bezocht terug te vinden.

Tabel 2. Het mediane patchoppervlak is 1.6 m². Een klein aantal patches had een groot oppervlak; uitschieters waren een patch van 4x4 en een patch van 5x8 meter.

	m ²
10-percentiel	0.5
25-percentiel	0.9
mediaan	1.6
75-percentiel	3.1
90-percentiel	6.3



*Foto 1. Klein zeegras
(foto:DCR Hermus)*



*Foto 2. Klein zeegraspach van 5 x 8 m, 1 september 2005
(foto: N Dankers)*

Historie en ontwikkeling *Ruppia*-invasie.

In 2002 werd in het Balgzandgebied *Ruppia maritima* waargenomen in grote getale (figuur 1). In 2000 was de plant nog niet aanwezig, of slechts zeer marginaal, ze is in ieder geval niet opgemerkt door R. Dekker van het NIOZ (pers. comm.), die het gebied met grote regelmaat bezoekt. In 2002 heeft R. van 't Veer (Landschap Noord-Holland) een kartering uitgevoerd, waarbij tevens een aantal Klein zeegraspatches werd aangetroffen (figuur 1). Volgens C. den Hartog (pers. comm), kwam *Ruppia maritima* vlak na de tweede wereldoorlog in grote mate voor in het Balgzandkanaal, maar is snel daarna verdwenen. Er zijn ook opgaven uit de Zuiderzee bekend, dit komt later aan de orde, tabel 3.

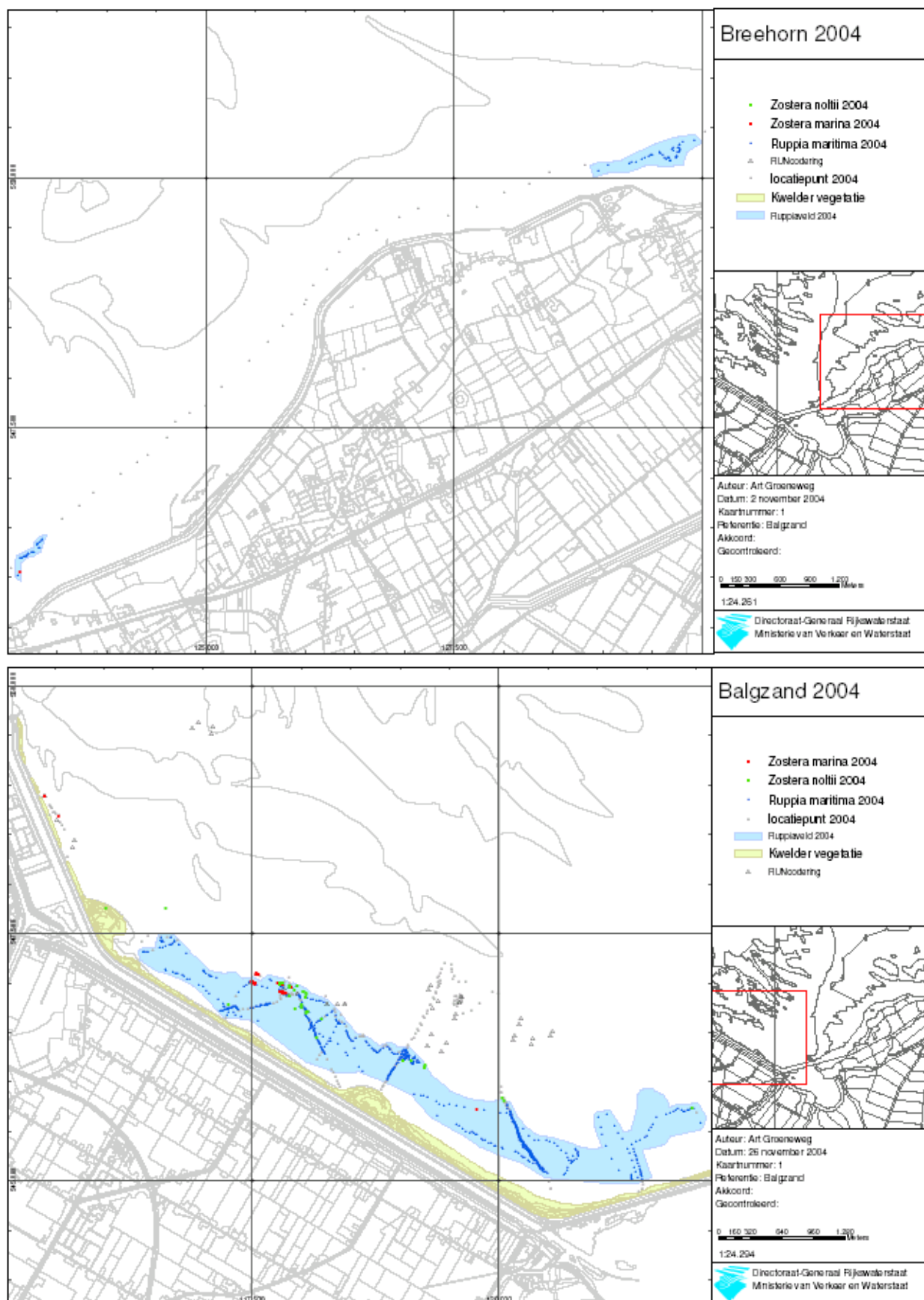
Na de afsluiting kwam *Ruppia maritima* in buitendijkse plasjes bij Oude Mirdumer Klif, tussen de Gelderse Hoek en Enkhuizen; *R. maritima* ssp. *spiralis* tussen Mokkebank en Friese kust Makkumerwaard, Mirnser Klif Zuiden van Afsluitdijk, Molkwerumerzijk, vooral tussen Afsluitdijk en ten zuiden van Makkumerwaard, Schokland (Feekes 1942 in vdW; 1905: voorkomend, 1933: enkele ex. 1939: vrij algemeen) (van der Werff 1954).

Het huidige veld beslaat circa 260 ha, met een zeer lage bedekking (figuur 5). Naar schatting zijn er doorgaans 2 tot 20 'planten' of patches per 10x10 m (zie foto's), met een plaatselijke bedekking binnen de patch van 5-40%. De totale veldbedekking is minder dan 1% (Groeneweg 2004a, pers.obs.).



Foto's: close-up (door G. Dekkers), aspect patch en landschap (door D.C.R. Hermus)





Figuur 5. Snavelruppiakartering in 2004 (uit Groeneweg 2004a)

Ecologie

Ecologie van *Zostera noltii*

Algemeen

De verspreiding van Klein zeegras is minder kosmopolitisch als die van *Snavelruppia* of Groot zeegras. De plant komt voor van Mauritanië als uiterst zuidelijke vindplaats tot het Aralmeer in het oosten, en Schotland als noordwestelijkste punt (Green & Short 2003). In Nederland is Klein zeegras een rodelijstsoort met de status 'bedreigd'. In de Waddenzee komt Klein zeegras, net als Groot zeegras, voor op beschutte locaties, op zowel zandige als modderige bodems (Philippart et al. 1992, Wijgergangs & de Jong 1999, Schanz & Asmus 2003). In de Waddenzee blijken ze alleen op de meest zandige bodems niet voor te komen (Philippart et al. 1992), noch op de meest extreem modderige en instabiele sedimenten (Philippart & Dijkema 1995). Ze groeien beter op beschutte plekken dan op relatief geëxponeerde (Schanz & Asmus 2003, de Jong et al. in druk). Het slibgehalte is gerelateerd aan waterdynamiek in combinatie met het slibaanbod in het water (troebelheid). Concluderend is het slibgehalte in de bodem waarschijnlijk niet van groot belang voor Klein zeegras, de hydrodynamiek wel.

In de Waddenzee groeit de plant rond NAP of iets daarboven, maar in zuidelijke delen van zijn areaal groeit de plant dieper, soms ook ondergedoken. Dit verschijnsel zien we vaker bij zeegrassen: de standplaatsvoorwaarden verschillen van plaats tot plaats (van Katwijk et al. 1998). Dit kan het gevolg zijn van ecotypische variatie (genetisch) of van fenotypische aanpassing, of van complexe interactieeffecten. De resultaten uit heel andere gebieden zijn hierdoor niet zonder meer van toepassing op de Waddenzee- en Balgzandsituatie.

De plant is net als *Zostera marina* (van Katwijk et al. 1997, 1999, 2000a) gevoelig voor eutrofiëring (Philippart & Dijkema 1995). Door eutrofiëring is Klein zeegras op vele plaatsen verdwenen; vooral in Italië, Spanje en Portugal zijn hier veel voorbeelden van (Perez-Llorens pers. comm., Brun et al. 2002, Lenzi et al. 2003, Lillebo et al. 2004, Cardoso et al. 2005). Ze worden dan vervangen door macroalgen. Na vermindering van de nutriëntenbelasting blijkt het Klein zeegras zich weer te kunnen herstellen; dit is althans waargenomen in Portugal, bij de Mondego-monding en in Orbetello lagoon in Italië (Cardoso et al. 2005, Lenzi et al. 2003).

De planten zijn voorts gevoelig voor bodemberoerende activiteiten (de Jonge & de Jong 1992, van Katwijk 1993, Essink et al. 2003, Cabaco et al. 2005).

Z. noltii is meerjarig, en in staat om een gebied snel te koloniseren. Dat bleek bijvoorbeeld uit de ontwikkeling van *Z. noltii* eind jaren 70 en in de jaren 80 langs de Groningse kust, toen het oppervlak iedere 3 jaar verdubbelde (Philippart & Dijkema 1995). Ook recente fluctuaties in zeegrasareaal geven aan dat Klein zeegras snel kan koloniseren, zo was er in 1999 langs de Groningse kust een uitbreiding van 60 hectare geconstateerd binnen 1 jaar, en bijvoorbeeld in 2000 bij Oosterend een nieuw gebied ter grootte van 30 hectare gekoloniseerd (in 2001 was dit overigens grotendeels weer verdwenen) (Erfteemeijer 2005, van Katwijk 2005, www.zeegras.nl). Over zulke grote oppervlakken zal deze uitbreiding uit zaad zijn gebeurd. De zaadproductie van Klein zeegras is hoog, zo werden in de Oosterschelde 2500 kiemkrachtige zaden per m² aangetroffen (Harrison 1991, 1993).

Klein zeegras heeft een belangrijke sedimentstabiliserende functie (bv Amos et al. 2004, Thompson et al. 2004) en vormt een habitat voor vis- en macrofaunagemeenschappen, ook als de velden in de getijdenzone groeien en periodiek droogvallen (Guidette & Bussoti 2002, Polte et al. 2005). Net als Groot zeegras heeft de plant een grote morfologisch plasticiteit (Peralta et al. 2000, 2005, Mercado et al. 2003, Silva & Santos 2003).

Saliniteit

De ondergrens van saliniteit die door Klein zeegras wordt verdragen, bijvoorbeeld in de Oostzee, ligt waarschijnlijk rond de 5-7 ‰, net als bij Groot zeegras (Luther 1951, Rasmussen 1973, Vermaat et al. 2000, Short & Short 2003, Charpentier et al. 2005). In de Rhone delta, Zuid-Frankrijk, bleek de plant (pas) na drie opvolgende jaren met een saliniteit van rond de 5 ‰ vrij plotseling te verdwijnen. Toen het zoutgehalte weer steeg tot rond de 15 ‰, herstelde het veld zich weer (Charpentier et al. 2005). Het verdwijnen van *Z. noltii* ging niet gepaard met een opkomst van de aanwezige brakwatersoorten (Spiraalruppia en Schedefonteinkruid); het verdwijnen was dus niet het gevolg van competitie.

Net als bij Groot zeegras is het echter niet zo dat tolerantiegrenzen die elders gevonden worden ook voor de Nederlandse situatie gelden (de Jong et al. in druk). Zo vermelden Wolff et al. (1967) dat *Z. marina* en *Z. noltii* nauwelijks verder dan de 18 ‰ isohaline het brakke water binnendringen in zuidwest-Nederland; in de richting van deze grens namen dichtheid en vitaliteit van de vegetaties af. In de Zuiderzee kwamen *Z. noltii*-velden evenals *Z. marina*-velden voor tot mediane zoutgehaltes van rond de 9 ‰. Dat blijkt bij vergelijking van waterplanteninventarisaties door van Goor (1922) met de zoutgehaltegegevens die uit die periode bekend zijn (van der Hoeven 1982), zie tabel 3. In de zeegraskansenkaart wordt een veilige ondergrens van 16 ‰ aangehouden omdat in de Dollard en Oosterschelde geen zeegras voorkomt beneden die grens (de Jonge et al. in druk).

Tabel 3. Voorkomen van zeegrassen en *Ruppia* in de Zuiderzee (van Goor 1922) in relatie tot het gemiddelde zoutgehalte (van der Hoeven 1982). N.B. Ook de aangegeven saliniteits 'range' betreft jaargemiddelden, namelijk van het zoetste versus het zoutste uiteinde van de genoemde kuststrook. *R. maritima* is in brede zin (incl. *rostellata*). j=present..

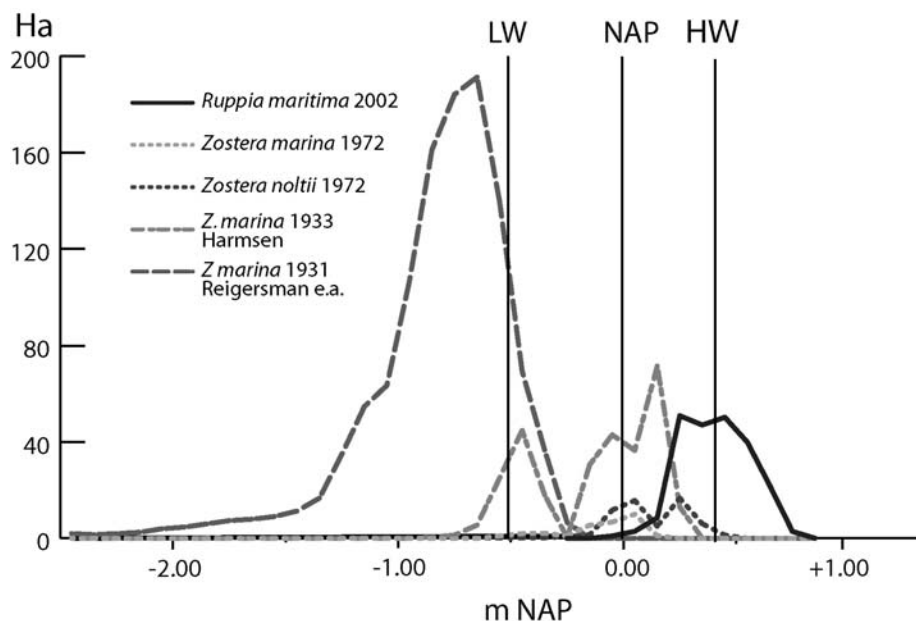
	PSU (range van gemiddelden)	<i>Zostera marina</i>	<i>Zostera noltii</i>	<i>Ruppia maritima</i>
kust overijssel	3			
kleiachtige kust mond Eem	3			
Schokland	5			
zandige kust van het gooi	5 (2-9)			
kust Gelderland (Veluwe)	5 (2-9)			
bocht vn Y vanaf Marken tot Muiden	5 (2-9)			j
zuidkust Frisland t/m Gaasterland	9 (5-12)	j	j	
Marken	10	j?		j
Urk	10	j?		j
kust Hoorn t/m Monnikendam	11 (10-12)	j		j
westkust Friesland va Stavoren tot piaam	17 (14-20)			
kuststrook va Ewijksluis tot Enkhuizen	22 (17-22)	j		
Wieringen	27	j	j	

Het verdwijnen van Klein zeegras als gevolg van een laag zoutgehalte wordt fraai geïllustreerd in een Nederlands voorbeeld: in het zomerseizoen na de afsluiting van de Volkerak in april (1986) bleef het al jaren bescheiden voorkomende *Z. noltii* nog aanwezig; het zoutgehalte was gezakt van rond de 18 naar circa 8 ‰. Het daaropvolgende jaar verdween Klein zeegras echter, toen het zoutgehalte vrijwel 0 was (Schutten et al. 1994; dit voorbeeld wordt uitvoeriger besproken in het hoofdstuk over Snavelruppia).

De bovengrens voor zout ligt vrij hoog voor Klein zeegras. In zuidelijke gebieden komt de plant geregeld voor bij 29-35 ‰ (b.v. Perez-Llorens & Niell 1993) en in Mauritanië zelfs boven de 35 ‰ (Wolff et al. 1993, Vermaat et al. 2000). Enige zoetwaterinvloed is echter gunstig voor Klein zeegras. Dit blijkt uit laboratoriumonderzoek van Vermaat et al. (2000) met onder andere Nederlandse planten: bij 35 ‰ is er een veel lagere overleving dan bij 15 ‰. Uit monitoringgegevens in zuidwest Nederland blijkt dat achteruitgang van de populaties, net als bij Groot zeegras, samengaat met zoutgehaltenes boven de 30 ‰ (Wijgergangs & van Katwijk 1993, Wijgergangs & de Jong 1999). Kieming en zaailingoverleving zijn zelfs gunstiger bij 10 ‰ dan bij 20 ‰ (Hootsmans et al. 1987). Er zijn geen aanwijzingen dat Klein zeegras een andere zouttolerantie heeft dan Groot zeegras in Nederland (zie karteringen en monitorings in Dijkema 1989, Groeneweg 2004b, www.zeegras.nl/zeegrasatlas: beide soorten dringen ongeveer even ver door in estuaria of kleinere zoetwaterinlaten).

Diepte en zonering

Z. noltii is minder gevoelig voor uitdroging dan *Z. marina* (Leuschner et al. 1998, Waddenzeestudie). Dit verklaart waarom *Z. noltii* in een hogere zone voorkomt dan *Z. marina*, hoewel de soorten ook vaak gemengd voorkomen (soms werkelijk gemengd, meestal echter een mozaiek waarbij *Z. marina* in de depressies groeit, en *Z. noltii* op de bulten (Polderman & den Hartog 1975, pers. obs.).



Figuur 6. Hoogteligging van Groot en Klein zeegras en Snavelruppia op het Balgzand in de periode 1931-2002. De gegevens zijn gebaseerd op lodingskaarten van Rijkswaterstaat en vegetiekaarten uit de verschillende periodes. LW en HW: laag- en hoogwaterniveaus voor de afsluiting van de Zuiderzee. Na afsluiting werd LW circa -0.85 m NAP en HW circa +0.60 m NAP.

De zonering in een getijdengebied is gerelateerd aan de getij-amplitudo en andere getij-gebonden eigenschappen. De diepteligging van zeegrassen is daarom niet zonder meer te vergelijken over verschillende gebieden. Uit een GIS-analyse van de zeegraskarteringen tussen 1931 en 2002 in het Balgzandgebied, in combinatie met lodingskaarten van Rijkswaterstaat uit de overeenkomstige periodes, blijkt dat *Zostera noltii* in het Balgzand in de jaren 1970 voorkwam tussen -0.10 en + 0.30 m NAP (Figuur 6, Rašín 2004, van Katwijk et al. subm.). Hoewel er fouten van 1 à 2 dm in de lodingen kunnen zitten, corresponderen de ranges die uit deze GIS-analyse naar voren komen uitstekend met de ranges zoals opgegeven door Harmsen (1936), hetgeen erop kan duiden dat de lodingsfouten enigszins uitgemiddeld worden en in zijn geheel toch een goed beeld geven (Rašín 2004).

De Klein zeegraspaches die momenteel voorkomen op het Balgzand na een herintroductie in 1993 liggen rond de +0.15 m NAP (Getijden in Balgzand: LW: -0.60 m NAP, HW: +0.85 m NAP) (tabel 4).

Tabel 4. Hoogteligging m NAP van 39 Klein zeegraspaches in 2004. N.B. dit is exclusief N401, de locatie die het verst uit de kust is gelegen..

	m NAP
gemiddelde diepte	0.15
standaardafwijking	0.06
maximum	0.26
minimum	0.03

Ecologie van *Ruppia maritima*

algemeen

Ruppia maritima of Snavelruppia is een zeldzame soort, net als de beide *Zostera*'s. Als gevolg van eutrofiëring en vernietiging van de habitat (het dempen van poelen en plassen, dijkverzwaringen, maar ook het afsluiten van zeearmen en kleine zoet-zoutovergangen) is deze brakwaterplant geleidelijk aan steeds verder achteruitgegaan in de twintigste eeuw (bijvoorbeeld Verhoeven 1979, Schaminée & den Hartog 1995). De plant staat dan ook op de rode lijst als 'kwetsbaar'.

Ruppia maritima of Snavelruppia komt voor over de gehele wereld: ook in zuidoost-Azië, India, Zuid-Amerika tot aan Argentinië, in Noord-Amerika en Canada aan beide kusten en in Afrika (Green & Short 2003). In west-Europa, zoals in andere delen van de wereld, groeien ze voornamelijk in brakwatermeren, plassen en lagunes; zelden buitendijks, zoals bijvoorbeeld in poeltjes en krekken op strandvlakten¹. Het gaat dan om liggende tapijten van korte spruiten, die uit één zaad zijn voortgekomen (Verhoeven 1979, Weeda et al. 1991, Hily et al. 2003). Balgzand is zo'n buitendijkse vindplaats. Ook voor *Ruppia* geldt dat standplaatsvoorwaarden verschillen van plaats tot plaats (Koch & Dawes 1991a,b), waardoor resultaten uit andere gebieden niet zonder meer te extrapoleren zijn naar onze streken.

¹ Verhoeven 1979 geeft zelfs aan dat ze in Europa nooit in intergetijdengebieden worden gevonden, maar wel in Noord-Amerika (Graves 1908, Setchell 1924, Phillips 1960 alle in Verhoeven). Echter, de Kogel & de Jong (1983) hebben ze in 1978 aangetroffen op het schor bij de Hogerwaardpolder (Oosterschelde, Markiezaat, nu ingepolderd); ten tijde van het onderzoek van Verhoeven was dit waarschijnlijk niet bekend.

Op het Balgzand is geen sprake van tapijten, de bedekking is laag, minder dan 1%, de polletjes zelf hebben een bedekking tussen de 10 en 50% (zie foto's). Eenzelfde Snavelruppiaontwikkeling is waargenomen in 1986 in het Volkerak in zuidwest-Nederland, vlak voor afsluiting. Hier wordt later uitvoeriger op ingegaan. De plant is overigens ook bekend van schorkreken. Zo heeft Art Groeneweg nog dit jaar (2005) *Ruppia maritima* aangetroffen in de eerste slenk op Schiermonikoog (veldverslag zie www.zee gras.nl). Waarschijnlijk zijn ze net als Spiraalruppia, *Ruppia cirrhosa*, eenjarig bij droogvallen, en meerjarig als ze permanent onder water staan (Gesti et al. 2005).

Snavelruppia verdraagt net iets minder zout en iets minder golfslag dan Spiraalruppia (*Ruppia cirrhosa*), en kan minder diep groeien (den Hartog 1971, Verhoeven 1979, Weeda et al. 1991). Snavelruppia kan beschouwd worden als een pionier. Meestal groeit ze op kleibodems die rijk zijn aan organisch materiaal, soms echter ook op puur zandige bodem (Weeda et al. 1991). In een experiment vond Verhoeven (1979) dat ze sneller groeiden op zand dan op modderige bodem; echter bij een lagere saliniteit (6 ‰ in vergelijking met 32 ‰) ontwikkelen ze uiteindelijk meer biomassa op modder dan op zand.

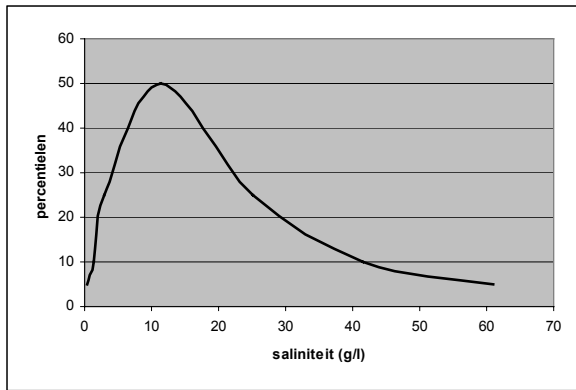
Ruppia maritima is gevoelig voor eutrofiëring (Kinney & Roman 1998), maar wat betreft nitraatverrijking zijn ze minder gevoelig dan Groot zee gras (Burkholder et al. 1994). Een andere soort *Ruppia*, *Ruppia drepanensis*, is gevoelig voor ammonium in de bodem. Voor *Ruppia maritima* is dit niet onderzocht. Ammonium kan ook uit de waterlaag door het blad worden opgenomen (dit is wel onderzocht voor *Ruppia maritima*, Thursby & Harlin 1984). *Ruppia maritima* is belangrijk als habitat voor visgemeenschappen, maar dit geldt waarschijnlijk alleen voor ondergedoken vegetaties (Castillo-Rivera et al. 2002).

Ruppia maritima-planten kunnen zich enorm snel uitbreiden, met zaadproducties oplopend tot boven de 20000 zaden per m² (Silberhorn et al. 1996, Hammerstrom et al. 1998, Woodhead & Bird 1998). Ze kunnen zich net als *Z. marina* (Harwell & Orth 2002) ook verspreiden via zaaddragende stengels die losgeraken en rondrijven (Cho & Poirrier 2005a). Ook door vogels gegeten zaden kunnen ver verspreid worden (bv Clausen et al. 2002). Meerjarige planten kunnen echter turions (soort wortelknolletjes) vormen, en daarmee overwinteren (Rosenzweig & Parker 2002).

Saliniteit

Ruppia-soorten staan bekend om hun grote tolerantie voor fluctuaties in zoutgehalte, en komen ook bij uiteenlopende zoutgehaltes voor (literatuuroverzichten in bijvoorbeeld Verhoeven 1979, Kantrud 1991, figuur 7).

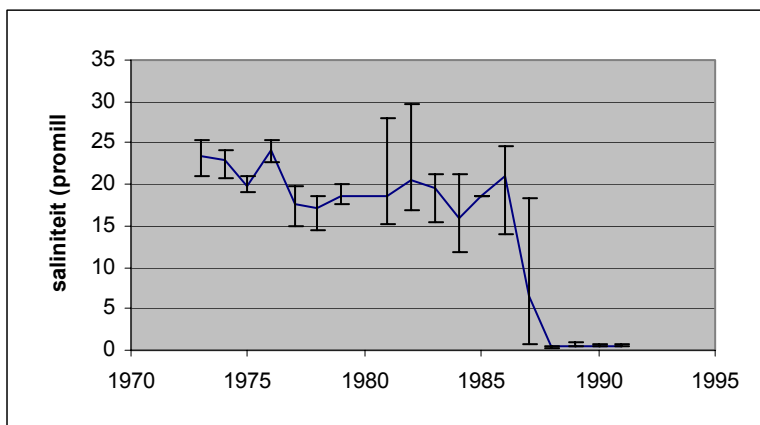
Voor *Ruppia maritima* wordt als ondergrens van het zoutgehalte meestal enkele tienden ‰ aangehouden, daaronder leggen ze het af tegen zoetwatersoorten (Verhoeven 1979, Cho & Poirrier (2005b)). De bovengrens kan zeer hoog zijn, tegen de 100 ‰ (Kantrud 1991, zie ook figuur 7). In tropische en subtropische wateren treft men de plant bij hogere zoutgehaltes aan dan in gematigde streken (den Hartog 1971). In een experiment vond Verhoeven dat *Ruppia maritima* doodging bij 50 ‰, bij 32 ‰ deden ze het vrij slecht, en bij 6 ‰ prima (Verhoeven 1979). La Peyre & Rowe (2003) vonden geen verschil in groei van *Ruppia maritima* uit de Golf van Mexico bij 10‰ versus 20 ‰. Er bestaat ook ecotypische variatie: Koch en Dawes (1991a) vonden de hoogste groei bij 20 ‰ in de ene populatie, en bij 10 ‰ in een andere populatie (10, 20 en 30 ‰ werden getest). De verschillen reflecteerden de natuurlijke standplaats van de geteste populaties.



Figuur 7. Voorkomen van *Ruppia maritima* over de gehele wereld in een range van saliniteiten (50-percentiel is de mediane waarde), op basis van 128 literatuurreferenties onderzocht door Kantrud 1991.

Ruppia maritima is een plant die kenmerkend is voor *fluctuaties* in het zoutgehalte (den Hartog 1971). In laboratoriumexperimenten bleek dat plotselinge overgangen van 10 naar 20 ‰ en terug geen probleem vormde voor *R. maritima*, maar de overgang van 10 naar 0 wel, evenals de overgang van 20 naar 30 ‰ (La Peyre & Rowe 2003). Uit een ander onderzoek bleek dat plotselinge zoutveranderingen in de range 10-40 ‰ aanvankelijk wel stressvol zijn voor *Ruppia maritima*, maar dat de plant zich binnen een paar dagen fysiologisch aanpast – met behulp van proline en oplosbare koolhydraten – (Murphy et al. 2003).

In west-Europa komt *Ruppia maritima* voor bij een gemiddelde saliniteit tussen 0.57 en 8.2; en maxima tussen de 4.4 en 13.8 PSU volgens Verhoeven (1979). In de Zuiderzee kwam *Ruppia maritima* voor tussen 2 en 27 ‰ (jaargemiddelde, zie tabel 3). De *Ruppia*-invasie op het Balgzand kan echter het best worden vergeleken met de verrassende vondst in 1986 van een groot veld *Ruppia maritima* in het Volkerak. Het Volkerak was een zelfde soort plek als het Balgzand (getijden, buitendijks), en met naar de beschrijving te oordelen een zelfde voorkomen van de planten (lage bedekking, eenjarig, korte planten) (Smit et al. 1989).



Figuur 8. Het zoutgehalte in de Volkerak tussen 1975 en 1991 (zomerwaarden, gemiddelde en minimum- en maximumwaarde, uit www.waterbase.nl aangevuld met informatie uit Schutten et al. 1994). De scherpe daling van het zoutgehalte is het gevolg van de afsluiting van de verbinding met de Oosterschelde in april 1987. *Ruppia maritima* was aanwezig in 1986, maar bleef daarna ook aanwezig. *Zostera noltii* was ook aanwezig in 1986 en daarvoor, maar verdween in 1988.

In 1978 was *Ruppia* nog niet in het Volkerak aanwezig in sterke mate, anders hadden de Kogel en de Jong (1983) het wel opgemerkt in hun uitgebreide studies in dit gebied (D.J. de Jong pers.comm.). Hetzelfde geldt voor de periode 1964-1969 toen Zwarts (1974) het gebied bezocht (referentie Zwarts in Smit et al. 1989). In 1986 werd de plant op een groot oppervlak aangetroffen (Smit et al. 1989). Het Volkerak werd al in het jaar erna afgesloten, waarna het in snel tempo verzoette (figuur 8). Zo kunnen we vaststellen dat de plant het kennelijk uitstekend blijft doen bij zeer lage saliniteiten en onder concurrentie van diverse zoetwatersoorten (Schutten et al. 1994). Na 1990 is het water steeds troebeler geworden, waarschijnlijk als gevolg van een toename van de bodemwoelende vispopulatie, en de waterplantenvegetaties zijn sterk achteruitgegaan.

Net als bij de *Zostera*'s (Hootsmans et al. 1987), kiemen de *Ruppia*'s sneller bij een lagere saliniteit. Maar ook bij 30 ‰, wordt volledige kieming bereikt, mits de temperatuur hoog genoeg is, en men langer wacht (van Vierssen et al. 1984). Koch en Dawes (1991b) vonden een lagere kieming bij 30 ‰ dan bij 15 of 1 ‰, en daarnaast vonden ze ook verschillen tussen populatie van herkomst. Beide geteste populaties, uit North Carolina vs. Florida, kiemden minder bij hogere saliniteit, maar de ene populatie had dat sterker dan de andere (Koch & Dawes 1991b). Verschillen in kieming tussen populaties werden ook gevonden voor *Z. marina*: zaden van de Grevelingen kiemden minder goed bij hoge saliniteiten dan Terschellingse zaden (ongepubliceerde resultaten M.M. van Katwijk).

Diepte en zonerings

In de literatuur wordt *Ruppia maritima* zoals gezegd voornamelijk beschreven voor meertjes en lagunes, en dus niet in een getijdenzone, op een paar uitzonderingen na, die hieronder zullen worden besproken. Maximale diepte in zulke wateren: 1.20 m (Verhoeven 1979). In Chesapeake Bay in Noord-Amerika groeit *Ruppia maritima* vaak samen met *Zostera marina*. Er is daar geen 'kleine' *Zostera* (*Z. noltii* of *Z. japonica*). In deze zonatie wordt *Ruppia maritima* altijd in de hoogste zone gevonden, deels in overlap met *Zostera marina*, die dan de diepste regionen bereikt. Aan de oostkust (schoner, zouter water) groeit *Ruppia* in een zone tussen de +0.20 en -1.00 m gemiddeld laagwater (LW); Groot zeegras groeit tussen de -0.30 en -1.50 m LW. Aan de westkust (troebeler en meer zoetwaterinvloeden) groeit Snavelruppia in een zone tussen de +0.10 en -0.80 m LW, en Groot zeegras tussen de -0.30 en -1.10 m LW (Orth & Moore 1998). Deze waarden zijn alleen in grote lijnen interessant en in relatie met de *Zostera*'s, want zonerings zijn in getijdengebieden afhankelijk van de eigenschappen van het getij, zoals amplitudo, tijdstip van springtij etc.

Aan de pacifische kusten van Canada, Noord-Amerika en Japan wordt een zonerings van *Ruppia maritima*, *Zostera japonica*, en *Z. marina* gevonden (Harrison 1982, Bulthuis 1995, Kondo et al. 2003). *Zostera japonica* is enigszins vergelijkbaar met *Zostera noltii* in voorkomen en ecologie, maar is strikt eenjarig. In dat opzicht is *Z. japonica* misschien beter te vergelijken met de flexibele vorm van Groot zeegras in onze regionen. In Canada in het estuarium van de Fraser-rivier groeit *Ruppia maritima* tussen 0 en -1 m MWL (=gemiddeld zeeniveau, dat 3 m boven gemiddeld laagwater is gelegen), *Zostera japonica* groeit tussen 0 en -2 m MWL en *Zostera marina* groeit rond de laagwaterlijn (tussen -2 en -4 m MWL). In Japan groeiden *Z. japonica* tussen 0.1 en 0.3 m onder zeeniveau (er wordt niet vermeld of hier getijden optreden), *Ruppia maritima* tussen 1.2 en 1.6 m (dus dieper dan *Z. japonica*!) en *Z. marina* tussen 1.00 en 2.10 m.

Tot slot worden in de Zwarte Zee zowel *Zostera marina*, *Z. noltii* en *Ruppia maritima* aangetroffen (en ook *R. cirrhosa*, *Zannichellia* en *Potamogeton*-soorten), op sommige

plaatsen alle door elkaar (Milchakova 1999, Milchakova & Phillips 2003). *Z. marina* groeit hier tussen 1 en 3 meter onder zeeniveau (totale range: 0.5-15 m), *Z. noltii* groeit tussen 0.2 en 0.5 m (max. 10 m) en *Ruppia maritima* groeit tussen 0.1 en 1 m (max. 2 m). Zoutgehaltes zijn overigens tussen de 11 en 19 ‰ in deze gebieden.

In Nederland, in het Volkerak voor afsluiting, werd *Ruppia maritima* aangetroffen in de volgende zone: + 1.00 - -0.30 m NAP, met als optimum +0.50 - + 0.20 m NAP. Gemiddeld getijverschil bedroeg hier 4.10 m; in het jaar van de kartering, één jaar voor afsluiting was het getijverschil al iets gedaald tot 3.05 m (Smit et al. 1989). In het Balgzand is de *Ruppia maritima*-populatie gelegen tussen de +0.15 en +0.70 m NAP (figuur 6). Dit correspondeert goed met elkaar, hoewel de hoogste waarden wellicht wat overschat zijn: hier komen de *Ruppia*'s waarschijnlijk voor in de laagtes van het schor. De GIS-berekening gaat uit van de gemiddelde diepte binnen een pixel.

Situatie Balgzand

Het gebied waar Klein zeegras en Snavelruppia op het Balgzand voorkomen is fijnzandig, de mediane korrelgrootte is 130μ en men zakt ongeveer 2-5 cm in het sediment weg (van Katwijk et al. 2000b, Bos & van Katwijk in druk)

Er zijn opmerkelijk weinig gegevens van de zoutgehaltes boven de platen/wadden (ook: pers.comm. R. Dekker). In de landelijke monitoringsprogramma's worden alleen geulen bemonsterd (www.waterbase.nl). In 2005 zijn op 3 locaties op het Balgzand zoutgehaltes gemeten in de Snavelruppia- en Klein zeegraslocaties, dus op de planten. Deze continuumetingen zijn uniek.

De continue zoutmetingen zijn, in opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Holland, uitgevoerd door de Informatiedienst Water, en verwerkt door Alkyon (bijlage 2, van Reen in prep.). Een van de drie meetlocaties ('no. 4', zie bijlage 2) is gelegen in het *Ruppiaveld*, op + 0.20 m NAP, bovenzijde meetbakje op + 0.30 m NAP. De tweede meetlocatie ('no. 5') is gelegen in het gebied tussen *Z.noltii* en de *Z. marina*-aanplant op +0.09 m NAP (dus aan de diepere kant van het Klein zeegrasveld), bovenzijde meetbakje op +0.19 m NAP. Een derde locatie is gelegen in het noordelijkste deel van het Balgzand in een *Zostera marina*-aanplantlocatie ('no. 6'), op een hoogte van +0.04 m NAP, bovenzijde meetbakje: +0.14 m NAP. Hoewel de locaties vlak bij elkaar liggen, verschilden de zoutgehaltes aanzienlijk. Op de *Zostera*-locatie is het 7 à 8 ‰-eenheden zouter dan op de *Ruppi*locatie in de periode februari – mei. In die periode fluctueert het zoutgehalte tussen 5 – 25 ‰ in het *Ruppiaveld*; en 12 – 36 ‰ op de *Zoster*locatie (van Reen in prep., bijlage 2). Later in het jaar zijn de zoutgehaltes hoger en minder verschillend tussen de locaties. Volgens Alkyon (van Reen in prep.) correleren zoetere perioden op het Balgzand met spuien bij de Afsluitdijk bij oostenwind. Inconsequenties in het verloop van de meetwaarden ondergraven de betrouwbaarheid ervan. Of het in het *Ruppiaveld* werkelijk wat zoeter is dan bij de Klein zeegraspatches, kan niet worden geconcludeerd.

Een andere interessante dataset vormt de meetreeks uit mei 1977 van Manuels (1978); hier werd 3 dagen achtereenvolgend gemonsterd, in totaal 10x, min of meer gelijktijdig over het gehele Balgzand op 40 à 50 monsterpunten, meest in geultjes en prielen. Er is alleen op 23 mei een sterke zoetwaterinvloed gemeten, 13 PSU, die afkomstig lijkt van Amsteldiep, echter, daar is geen zoetwaterinlaatpunt (bijlage 3); op die dag werd er bij Den Oever fors gespuid (Manuels 1978). Dus ook in deze periode blijkt het zoutgehalte periodiek behoorlijk laag te kunnen zijn.

In het zuidwestelijk deel van het Balgzand is in de periode 1925-2000 sedimentatie opgetreden (Grolle 2000, Rašín 2004), vooral in de zone tussen NAP en laagwater. In de hogere zone is volgens Grolle (2000) erosie opgetreden, maar in de voor zeegras en Snavelruppia relevante zone (de eerste decimeters boven NAP) is dit waarschijnlijk niet het geval (Rašín 2004).

Kansen en risico's. Koppeling van milieueisen (ecologie) aan situatie Balgzand.

Zostera noltii

Het succes van de Klein zeegrasaanplant uit 1993 op het Balgzand duidt erop dat de locatie geschikt is voor deze plant. De transplantatielocatie is gekozen op grond van de verwachte geschiktheid met betrekking tot criteria als beschutting, zoetwaterinvloed, sedimenttype en historie van zeegrasvoorkomen (van Katwijk & Schmitz 1993, van Katwijk et al. 2002) en werd ook als geschikt aangemerkt door het habitatmodel van de Jong et al. (in druk). Het zoutgehalte in het voorjaar van 2005 was lager dan verwacht op basis van de gegevens over de nabijgelegen geulen (www.waterbase.nl). Sporadische minima van 5 ‰ traden op; geregeld zakte de saliniteit tot 10-15 ‰. Een risico hiervan is een voortijdige kieming, waardoor jonge zaailingen meer risico lopen te worden blootgesteld aan langdurige koudeperiodes met ijsgang en/of voorjaarsstormen. Als de zoutgehaltenes in het Balgzandgebied verder zouden dalen of fluctueren (dit wordt hieronder bij *Ruppia* toegelicht), vormt dit een bedreiging voor Klein zeegras. Niet alleen vanwege het bovengenoemde risico van voortijdige kieming, maar ook omdat de volwassen planten een ondergrens voor zoutgehaltenes hebben, hoewel die ondergrens nog lang niet bereikt is in het Balgzand (zie paragraaf 'saliniteit'; Charpentier et al. 2005, Schutten et al. 1994).

De hoogteligging van rond de 15 cm boven NAP is kennelijk optimaal in het Balgzand. Dit blijkt niet alleen uit de ligging van de uitzaaiingen van de Klein zeegrastransplantatie, maar ook uit de globale ligging van de velden in 1972 (zie paragraaf 'diepte en zonering'; Polderman & den Hartog 1975, van Katwijk et al. subm.). In Terschelling ligt het optimum iets lager. Deze hoogteligging is in het Balgzandgebied niet 'bedreigd'; er vindt geen sterke sedimentatie of erosie plaats in dit gebied (Grolle 2000, Rašín 2004).

In het gebied waar Klein zeegras zich momenteel uitbreidt is doorgaans geen macroalgenwoekering (Bos et al. 2005a, pers. obs.). De waterdynamiek is vermoedelijk iets hoger dan in het uiterst westelijk gelegen gebied, waar een kleine *Z. marina*-aanplant aanwezig is (Bos & van Katwijk in druk), en waar de korrelgrootte veel kleiner is en wél vaak macroalgenwoekering optreedt. *Z. noltii* is, net als *Z. marina*, gevoelig voor eutrofiëring (b.v. Cardoso et al. 2005). De nog steeds hoge eutrofiëeringsgraad van de Waddenzee (van Beusekom et al. 2001, van Beusekom & de Jonge 2002) vormt daarom een gevaar voor *Z. noltii* (Valiela & Cole 2002).

Ruppia maritima

De invasie van *Ruppia maritima* in 2002 kwam als een verrassing. De plant is kenmerkend voor fluctuerende zoutgehaltenes, maar met een mediane waarde van circa 10 ‰ (bijvoorbeeld Den Hartog 1971, Verhoeven 1979, Kantrud 1991). Balgzand werd verondersteld een zoutgehalte van 20-32 promille te hebben (incidentele metingen RU Nijmegen, metingen in geulen, www.waterbase.nl). Continue zoutmetingen in 2005 wezen echter uit dat het zoutgehalte inderdaad vrij laag is op de hogere delen van het Balgzand waar *Ruppia* groeit (van Reen in prep. Zie bijlage 3). Waarschijnlijk is de zoetwaterinvloed afkomstig uit de spuisluis Den Oever in de afsluitdijk. Het zoetwater bereikt het Balgzand waarschijnlijk alleen bij oostenwind in combinatie met spuien (van Reen in prep.). Het feit dat *Snavelruppia* nog niet eerder is gaan woekeren op het Balgzand zou erop kunnen duiden dat de zoetwaterinvloed en/of de fluctuaties daarin de laatste jaren zijn toegenomen. Dit is echter

niet op te maken uit de spuivolumes van de spuisluis Den Oever: deze zijn namelijk niet toe- of afgenomen sinds halverwege de jaren 1970, en ook lijkt er geen verschuiving in de seizoentaliteit ervan te zijn opgetreden (data-analyse www.waterbase.nl, zie ook van Reen in prep.). Als de zoetwaterinvloed inderdaad is toegenomen, zou dit te maken kunnen hebben met veranderde stromingspatronen in het Balgzandgebied. Als dit proces zich voortzet (als gevolg van steeds vroeger optredende sneeuwsmelt gedurende kortere tijdspannes is dit niet ondenkbaar), levert dit waarschijnlijk geen gevaar op voor *Ruppia* omdat deze plant een zeer lage ondergrens heeft voor zoutgehaltes. Het aanblijven van de populatie in het Volkerak, waar het zoutgehalte plotseling daalde tot enkele tienden promilles, vormt hiervoor een aanwijzing, evenals de andere vele vindplaatsen van *Ruppia* bij lage zoutgehaltes (bijvoorbeeld Verhoeven 1979; zie paragraaf 'saliniteit').

De hoogteligging in het Balgzandgebied is vrij stabiel, zoals boven ook genoemd (Grolle 2000, Rašín 2004), dus hier is geen bedreiging van de *Ruppia*populatie te verwachten. Net als de beide *Zostera*'s is *Ruppia* gevoelig voor eutrofiëring (Kinney & Roman 1998), dus ook voor deze plant vormt de hoge eutrofiëeringsgraad van de Waddenzee een gevaar (van Beusekom et al. 2001, van Beusekom & de Jonge 2002, Valiela & Cole 2002).

Literatuur

- Amos CL, Bergamasco A, Umgiesser G, Cappucci S, Cloutier D, DeNat L, Flindt M, Bonardi M, Cristante S (2004) The stability of tidal flats in Venice Lagoon - The results of in-situ measurements using two benthic, annular flumes. *Journal of Marine Systems* 51:211-241
- Bos AR, Hermus DCR, van Katwijk MM (2004) Herintroductie van *Zostera marina* in de westelijke Waddenzee (2002-2006). Resultatenrapportage 2003. Report Dep. of Environmental Studies, University of Nijmegen
- Bos AR, Hermus DCR, van Katwijk MM (2005a) Herintroductie van *Zostera marina* in de westelijke Waddenzee (2002-2006). Resultatenrapportage 2004. Report Dep. of Environmental Science, Radboud University Nijmegen, The Netherlands
- Bos AR, Dankers N, Groeneweg AH, Hermus DCR, Jager Z, de Jong DJ, Smit T, de Vlas J, van Wieringen M, van Katwijk MM (2005b) Eelgrass (*Zostera marina* L.) in the western Wadden Sea: monitoring, habitat suitability model, transplantations and communication. In: Herrier J-L, Mees J, Salman A, Seys J, van Nieuwenhuysse H, Dobbelaere I (eds) Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005' - International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats. VLIZ Special Publication 19, Koksijde, Belgium, 19-23 September 2005, p 95-109
- Bos AR, van Katwijk MM (in druk) Herintroductie van *Zostera marina* in de westelijke Waddenzee (2002-2006). Dep. of Environmental Science, Radboud University, Nijmegen, The Netherlands
- Brun FG, Hernandez I, Vergara JJ, Peralta G, Perez-Llorens JL (2002) Assessing the toxicity of ammonium pulses to the survival and growth of *Zostera noltii*. *Mar Ecol Prog Ser* 225:177-187
- Bulthuis DA (1995) Distribution of seagrasses in a North Puget Sound estuary. Padilla Bay, Washington, USA. *Aquat Bot* 50:99-105
- Burkholder JM, Glasgow HB, Jr., Cooke JE (1994) Comparative effects of water-column nitrate enrichment on eelgrass *Zostera marina*, shoalgrass *Halodule wrightii*, and widgeongrass *Ruppia maritima*. *Mar Ecol Prog Ser* 105:121-138
- Cabaco S, Alexandre A, Santos R (2005) Population-level effects of clam harvesting on the seagrass *Zostera noltii*. *Mar Ecol Prog Ser* 298 :123-129
- Cardoso PG, Brandao A, Pardal MA, Raffaelli D, Marques JC (2005) Resilience of *Hydrobia ulvae* populations to anthropogenic and natural disturbances. *Mar Ecol Prog Ser* 289:191-199
- Castillo-Rivera M, Zavala-Hurtado JA, Zarate R (2002) Exploration of spatial and temporal patterns of fish diversity and composition in a tropical estuarine system of Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:167-177
- Charpentier A, Grillas P, Lescuyer F, Coulet E, Auby I (2005) Spatio-temporal dynamics of a *Zostera noltii* dominated community over a period of fluctuating salinity in a shallow lagoon, Southern France. *Est Coast Shelf Sci* 64:307-315
- Cho HJ, Poirrier MA (2005a) Seasonal growth and reproduction of *Ruppia maritima* L. s.l. in Lake Pontchartrain, Louisiana, USA. *Aquat Bot* 81:37-49
- Cho HJ, Poirrier MA (2005b) Response of submersed aquatic vegetation (SAV) in Lake Pontchartrain, Louisiana to the 1997-2001 El Nino Southern Oscillation shifts. *Estuaries* 28:215-225
- Clausen P, Nolet BA, Fox AD, Klaassen M (2002) Long-distance endozoochorous dispersal of submerged macrophyte seeds by migratory waterbirds in northern Europe - a critical review of possibilities and limitations. *Acta Oecologica International Journal of Ecology* 23:191-203

- de Jong DJ, Brinkman AG, van Katwijk MM (in druk) Kansenskaart zeegras Waddenzee. report RIKZ, Middelburg, the Netherlands
- de Jonge VN, de Jong DJ (1992) Role of tide, light and fisheries in the decline of *Zostera marina* L. in the Dutch Wadden Sea. Neth Inst Sea Res Publ Ser 20:161-176
- de Kogel, de Jong DJ (1983) Vegetatiekartering van de schorren in de Oosterschelde en het Krammer-Volkerak. RWS-DDMI nota 80-20
- den Hartog C (1971) De Nederlandse *Ruppia*-soorten. Gorteria 5:148-153
- den Hartog C (1996) Sudden declines of seagrass beds: "wasting disease" and other disasters. In: Kuo J, Phillips RC, Walker DI, Kirkman H (eds) Seagrass Biology: Proceedings of an International Workshop. Rottneest Island, Western Australia, 25-29 January 1996. University of Western Australia, Nedlands, p 307-314
- Dijkema KS (1989) Habitats of the Netherlands, German and Danish Wadden Sea. Research Institute for Nature Management, Texel, The Netherlands
- Erfteijer PLA (2005) Trendanalyse van zeegrasverspreiding in de Nederlandse Waddenzee 1988-2003. Report Z3880, Delft Hydraulics, The Netherlands
- Essink K, de Vlas J, Nijssen R, Poot GJM (2003) Heeft mechanische kokkelvisserij invloed gehad op de ontwikkeling van zeegras in de Nederlandse Waddenzee? Rapport RIKZ/2002.026, Haren, The Netherlands
- Gesti J, Badosa A, Quintana XD (2005) Reproductive potential in *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande in response to water permanence. Aquat Bot 81:191-198
- Giesen WBJT, van Katwijk MM, den Hartog C (1990) Temperature, salinity, insolation and wasting disease of eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Dutch Wadden Sea in the 1930's. Neth J Sea Res 25:395-404
- Giesen WBJT, van Katwijk MM, den Hartog C (1990) Eelgrass condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea. Aquat Bot 37:71-85
- Green EP, Short FT (2003) World atlas of seagrasses. Prepared by the world UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, U.S.A.
- Groeneweg AH (2004a) Rapportage zaadplanten kartering Balgzand & Breehorn 2004. AGI/1104/GAE003. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Geo-informatie en ICT, Delft, the Netherlands
- Groeneweg AH (2004b) Verslag macrofytobenthos & zeegraskartering in Oosterschelde en Waddenzee 2003, deels op basis van false colour-luchtfoto's schaal 1:10.000. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Geo-informatie en ICT, Delft, the Netherlands
- Grolle L (2001) Hydrologische en morfologische ontwikkeling platen en geulen Balgzand. Van verleden tot toekomst? RIKZ, Haren
- Guidetti P, Bussotti S (2002) Effects of seagrass canopy removal on fish in shallow Mediterranean seagrass (*Cymodocea nodosa* and *Zostera noltii*) meadows: a local-scale approach. Mar Biol 140:445-453
- Hammerstrom K, Sheridan P, McMahan G (1998) Potential for seagrass restoration in Galveston Bay, Texas. Texas Journal of Science 50:35-50
- Harmsen GW (1936) Systematische Beobachtungen der Nordwest-Europäischen Seegrassenformen. Ned Kruidk Arch 46:852-877
- Harrison PG (1982) Seasonal and year-to-year variations in mixed inter-tidal populations of *Zostera japonica* Aschers. and Graebn. and *Ruppia maritima* L. S.L. Aquat Bot 14:357-371
- Harrison PG (1991) Mechanisms of seed dormancy in an annual population of *Zostera marina* (eelgrass) from The Netherlands. Can J Bot 69:1972-1976

- Harrison PG (1993) Variations in demography of *Zostera marina* and *Zostera noltii* on an intertidal gradient. *Aquat Bot* 45:63-77
- Harwell MC, Orth RJ (2002) Long-distance dispersal potential in a marine macrophyte. *Ecol* 83:3319-3330
- 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
- Hily C, van Katwijk MM, den Hartog C (2003) The seagrasses of Western Europe. In: Green EP, Short FT (eds) *World atlas of seagrasses*. UNEP, University of California Press, Berkeley, USA, p 48-58
- 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
- Kantrud HA (1991) Wigeongrass (*Ruppia maritima* L.): A literature review. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish and Wildlife Research 10. Jamestown, ND: Northern Prairie Wildlife Research Center Home Page., <http://www.npwrc.usgs.gov/resource/literatr/ruppia/ruppia.htm>
- Kinney EH, Roman CT (1998) Response of primary producers to nutrient enrichment in a shallow estuary. *Mar Ecol Prog Ser* 163:89-98
- Koch EW, Dawes CJ (1991a) Ecotypic differentiation in populations of *Ruppia maritima* L. germinated from seeds and cultured under algae-free laboratory conditions. *J Exp Mar Biol Ecol* 152:145-159
- Koch EW, Dawes CJ (1991b) Influence of salinity and temperature on the germination of *Ruppia maritima* L. from the north Atlantic ocean and Gulf of Mexico. *Aquat Bot* 40:387-392
- Kondo K, Kawabata H, Ueda S, Hasegawa H, Inaba J, Mitamura O, Seike Y, Ohmomo Y (2003) Distribution of aquatic plants and absorption of radionuclides by plants through the leaf surface in brackish Lake Obuchi, Japan, bordered by nuclear fuel cycle facilities. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 257:305-312
- La Peyre MK, Rowe S (2003) Effects of salinity changes on growth of *Ruppia maritima* L. *Aquat Bot* 77:235-241
- Lenzi M, Palmieri R, Porrello S (2003) Restoration of the eutrophic Orbetello lagoon (Tyrrhenian Sea, Italy): water quality management. *Mar Pollut Bull* 46:1540-1548
- Leuschner C, Landwehr S, Mehlig U (1998) Limitation of carbon assimilation of intertidal *Zostera noltii* and *Z. marina* by desiccation at low tide. *Aquat Bot* 62:171-176
- Lillebo AI, Neto JM, Flindt MR, Marques JC, Pardal MA (2004) Phosphorous dynamics in a temperate intertidal estuary. *Est Coast Shelf Sci* 61:101-109
- Luther H (1951) Verbreitung und Oekologie der höheren Wasserpflanzen im Brackwasser der Ekenäs-Gegend in Südfinnland. *Acta Bot Fenn* 50:1-72
- Manuels R (1978) Water-, stof- en warmtehuishouding van het Balgzand. Report no. 1978-2, Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel, The Netherlands
- Martinet JF (1782) Verhandeling over het wier der Zuiderzee. *Verhandelingen Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen* 20:54-129+plates I-VI
- Mercado JM, Niell FX, Silva J, Santos R (2003) Use of light and inorganic carbon acquisition by two morphotypes of *Zostera noltii* Hornem. *J Exp Mar Biol Ecol* 297:71-84
- Milchakova NA (1999) On the status of seagrass communities in the Black Sea. *Aquat Bot* 65:21-32
- Milchakova NA, Phillips RC (2003) Black Sea seagrasses. *Mar Pollut Bull* 46:695-699

- Murphy LR, Kinsey ST, Durako MJ (2003) Physiological effects of short-term salinity changes on *Ruppia maritima*. *Aquat Bot* 75:293-309
- Oudemans CAJA, Conrad JFW, Maats P, Bouricius LJ (1870) Verslag der Staatscommissie inzake de wiermaayerij. Anonymous Verslag aan den Koning over de Openbare Werken in het Jaar 1869. Van Weelden en Mingelen, Den Haag, p 199-231
- Peralta G, Perez-Llorens JL, Hernandez I, Brun F, Vergara JJ, Bartual A, Galvez JA, Garcia CM (2000) Morphological and physiological differences between two morphotypes of *Zostera noltii* Hornem. from the south-western Iberian Peninsula. *Helgol Mar Res* 54:80-86
- Peralta G, Brun FG, Hernandez I, Vergara JJ, Perez-Llorens JL (2005) Morphometric variations as acclimation mechanisms in *Zostera noltii* beds. *Est Coast Shelf Sci* 64:347-356
- Perez-Llorens JL, Niell FX (1993) Seasonal dynamics of biomass and nutrient content in the intertidal seagrass *Zostera noltii* Hornem. from Palmones River Estuary, Spain. *Aquat Bot* 46:49-66
- Philippart CJM, Dijkema KS, Van der Meer J (1992) Wadden Sea seagrasses: Where and why? *Neth Inst Sea Res Publ Ser* 20:177-191
- Philippart CJM, Dijkema KS (1995) Wax and wane of *Zostera noltii* Hornem in the Dutch Wadden Sea. *Aquat Bot* 49:255-268
- Polderman PJG, den Hartog C (1975) De zeegrassen in de Waddenzee. *K Ned Natuurh Veren Wet Meded* 107:1-32
- Polte P, Schanz A, Asmus H (2005) The contribution of seagrass beds (*Zostera noltii*) to the function of tidal flats as a juvenile habitat for dominant, mobile epibenthos in the Wadden Sea. *Mar Biol* 147:813-822
- Rasmussen E (1973) Systematics and ecology of the Isefjord marine fauna (Denmark). *Ophelia* 11:1-507
- Rašín R (2004) Succession of brackish water plants related to 75 years of sedimentation. Report no. 259, Dep. of Environm. Sci., Radboud University of Nijmegen, The Netherlands
- Reigersman CJA, Houben GFH, Havinga B (1939) Rapport omtrent den invloed van de wierziekte op den achteruitgang van de wierbedrijven, met Bijlagen. Provinciale Waterstaat in Noord-Holland, Haarlem
- Rosenzweig MS, Parker BC (2002) Turion production by *Ruppia maritima* in Chesapeake Bay. *Rhodora* 104:309-311
- Schaminée JHJ, den Hartog C (1995) Ruppiaetea (*Ruppia*-klasse). In: Schaminée JHJ, Weeda EJ, den Hartog C (eds) *De vegetatie van Nederland. Deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden*. Opulus Press, Uppsala, Leiden,
- Schanz A, Asmus H (2003) Impact of hydrodynamics on development and morphology of intertidal seagrasses in the Wadden Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 261:123-134
- Schutten J, Van Der Velden JA, Smit H (1994) Submerged macrophytes in the recently freshened lake system Volkerak-Zoom (The Netherlands), 1987-1991. *Hydrobiologia* 275-276:207-218
- Short FT, Short CA (2003) The seagrasses fo the western North Atlantic. In: Green EP, Short FT (eds) *World atlas of seagrasses*. UNEP, University of California Press, Berkeley, USA, p 207-215
- Silberhorn GM, Dewing S, Mason PA (1996) Production of reproductive shoots, vegetative shoots, and seeds in populations of *Ruppia maritima* L from the Chesapeake Bay, Virginia. *Wetlands* 16:232-239
- Silva J, Santos R (2003) Daily variation patterns in seagrass photosynthesis along a vertical gradient. *Mar Ecol Prog Ser* 257:37-44

- Smit H, Dirksen S, Snoek M (1989) Snavelruppia op de Hellegatsplaten: ontwikkeling en consumptie door watervogels. *De Levende Natuur* 90:72-78
- Thompson CEL, Amos CL, Umgieser G (2004) A comparison between fluid shear stress reduction by halophytic plants in Venice Lagoon, Italy and Rustico Bay, Canada - analyses of in situ measurements. *Journal of Marine Systems* 51:293-308
- Thursby GB, Harlin MM (1984) Interactin of leaves and roots of *Ruppia maritima* in the uptake of phosphate, ammonia and nitrate. *Mar Biol* 83:61-67
- Valiela I, Cole ML (2002) Comparative evidence that salt marshes and mangroves may protect seagrass meadows from land-derived nitrogen loads. *Ecosystems* 5:92-102
- van Beusekom JEE, Fock H, de Jong F, Diel-Christiansen S, Christiansen B (2001) Wadden Sea specific eutrophication criteria. Wadden Sea ecosystem no.14. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshafen, Germany
- van Beusekom JEE, de Jonge VN (2002) Long-term changes in Wadden Sea nutrient cycles: importance of organic matter import from the North Sea. *Hydrobiologia* 475:185-194
- van der Hoeven PCT (1982) Watertemperatuur en Zoutgehaltewaarnemingen van het Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek (RIVO): 1860 - 1981. Scientific report W.R. 82-8 . Koninklijk Nederlands Metereologisch Instituut, De Bilt
- van Goor ACJ (1919) Het zeegras (*Zostera marina* L.) en zijn beteekenis voor het leven der visschen. *Rapp Verh Rijksinst Visscherij* I(4):415-498
- van Goor ACJ (1922) De halophyten en submerse phanerogamen. In: Redeke HC (ed) *Flora en fauna der Zuiderzee*. Nederlandse Dierkundige Vereeniging, Den Helder, The Netherlands, p 48-53
- van Katwijk MM, Schmitz GHW (1993) Herintroductie van Zeegras in de Waddenzee. Bepantingen 1991 en 1992. Department of Aquatic Ecology and Environmental Biology, University of Nijmegen
- van Katwijk MM (1993) Reintroduction of Seagrass (*Zostera marina* L. and *Z. noltii* Hornem.) in the Dutch Wadden Sea. *Wadden Sea Newsl* 1993-1:22-25
- van Katwijk MM, Vergeer LHT, Schmitz GHW, Roelofs JGM (1997) Ammonium toxicity in eelgrass *Zostera marina*. *Mar Ecol Prog Ser* 157:159-173
- 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, Schmitz GHW, Gasseling AM, van Avesaath PH (1999) The effects of salinity and nutrient load and their interaction on *Zostera marina* L. *Mar Ecol Prog Ser* 190:155-165
- van Katwijk MM, Hermus DCR (2000) Effects of water dynamics on *Zostera marina*: transplantation experiments in the intertidal Dutch Wadden Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 208:107-118
- van Katwijk MM, Hermus DCR, de Jong DJ, Asmus RM, de Jonge VN (2000a) Habitat suitability of the Wadden Sea for restoration of *Zostera marina* beds. *Helgol Mar Res* 54:117-128
- van Katwijk MM, Wijgengangs LJM, Hermus DCR (2000b) Standplaatsonderzoek Groot zeegras (*Zostera marina* L.). Vergelijking van vier Nederlandse zeegrasvelden. Department of Aquatic Ecology and Environmental Biology, University of Nijmegen
- 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

van Katwijk MM (2003) Reintroduction of eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Dutch Wadden Sea; a research overview and management vision. In: Wolff WJ, Essink K, Kellermann A, van Leeuwe M (eds) Challenges to the Wadden Sea. Proceedings of the 10th International Scientific Wadden Sea Symposium, Groningen 2000. Ministry of Agriculture Nature Management and Fisheries / University of Groningen, Dept. of Marine Biology, Den Haag, p 173-197

van Katwijk MM (2005) Dynamiek van zeegrasvelden in de Waddenzee en aanbevelingen voor het beheer. Radboud University, Nijmegen, The Netherlands

van Katwijk MM, Geerling GW, Rašín R, van 't Veer R, Bos AR, Hermus DCR, van Wieringen M, Jager Z, Groeneweg AH, Erfteijmer PLA, van der Heide T, de Jong DJ (subm.) Macrophytes in the western Wadden Sea: monitoring, invasion, transplantations, dynamics and European policy. In: Laursen K, Marencic H, et al. (eds) Proceedings of the 11th International Scientific Wadden Sea Symposium. Esbjerg, Denmark,

van Reen MJ (in prep.) Saliniteit op het Balgzand. Analyse van saliniteit in relatie met zoetwaterdebieten op de westelijke Waddenzee. Rapport A1550R1r2, Alkyon i.o.v. Rijkswaterstaat, Emmeloord

Van Vierssen W, Van Kessel CM, van der Zee JR (1984) On the germination of *Ruppia* taxa in western Europe. *Aquat Bot* 19:381-393

Verhoeven JTA (1979) Ecology of *Ruppia*-dominated communities in western Europe. 1. Distribution of *Ruppia* representatives in relation to their autecology. *Aquat Bot* 6:197-268

Vermaat JE, Verhagen FCA, Lindenburg D (2000) Contrasting responses in two populations of *Zostera noltii* Hornem. to experimental photoperiod manipulation at two salinities. *Aquat Bot* 67:179-189

Weeda EJ, Westra R, Westra Ch, Westra T (1991) Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties. IVN, Amsterdam

Wijgergangs LJM, van Katwijk MM (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. Department of Aquatic Ecology and Environmental Biology, University of Nijmegen

Wijgergangs LJM, de Jong DJ (1999) Een ecologisch profiel van zeegras en de verspreiding in Nederland. Department of Aquatic Ecology and Environmental Biology, University of Nijmegen

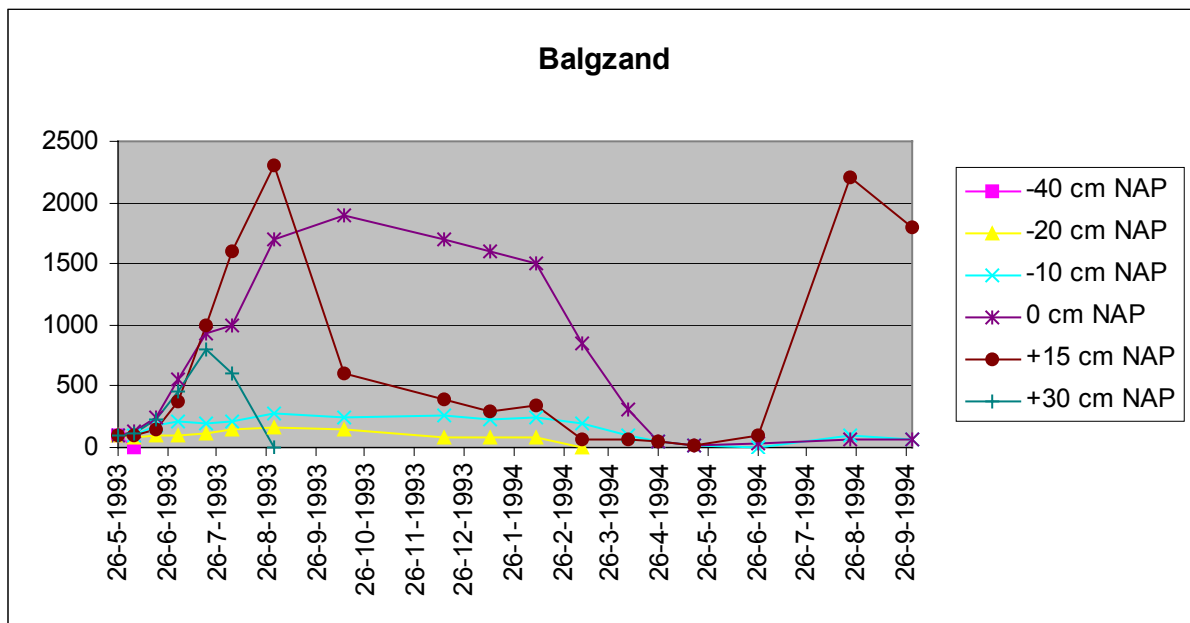
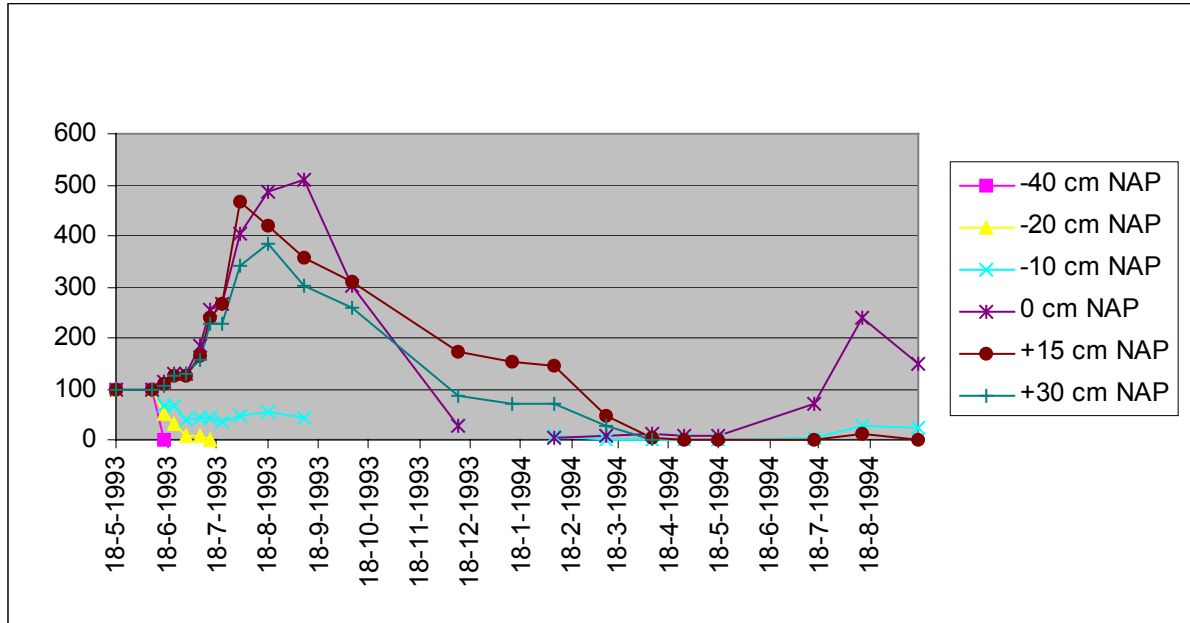
Wolff WJ, Koeijer Pd, Sandee AJJ, Wolf Ld (1967) De verspreiding van Rotganzen in het Deltagebied in relatie tot de verspreiding van hun voedsel. *Limosa* 40(4):163-174

Wolff WJ, Duiven AG, Duiven NP, Esselink P, Gueye A, Meijboom A, Moerland G, Zegers J (1993) Biomass of macrobenthic tidal flat fauna of the Banc D'Arguin, Mauritania. *Hydrobiologia* 258:151-163

Woodhead JL, Bird KT (1998) Efficient rooting and acclimation of micropropagated *Ruppia maritima* Loisel. *Journal of Marine Biotechnology* 6:152-156

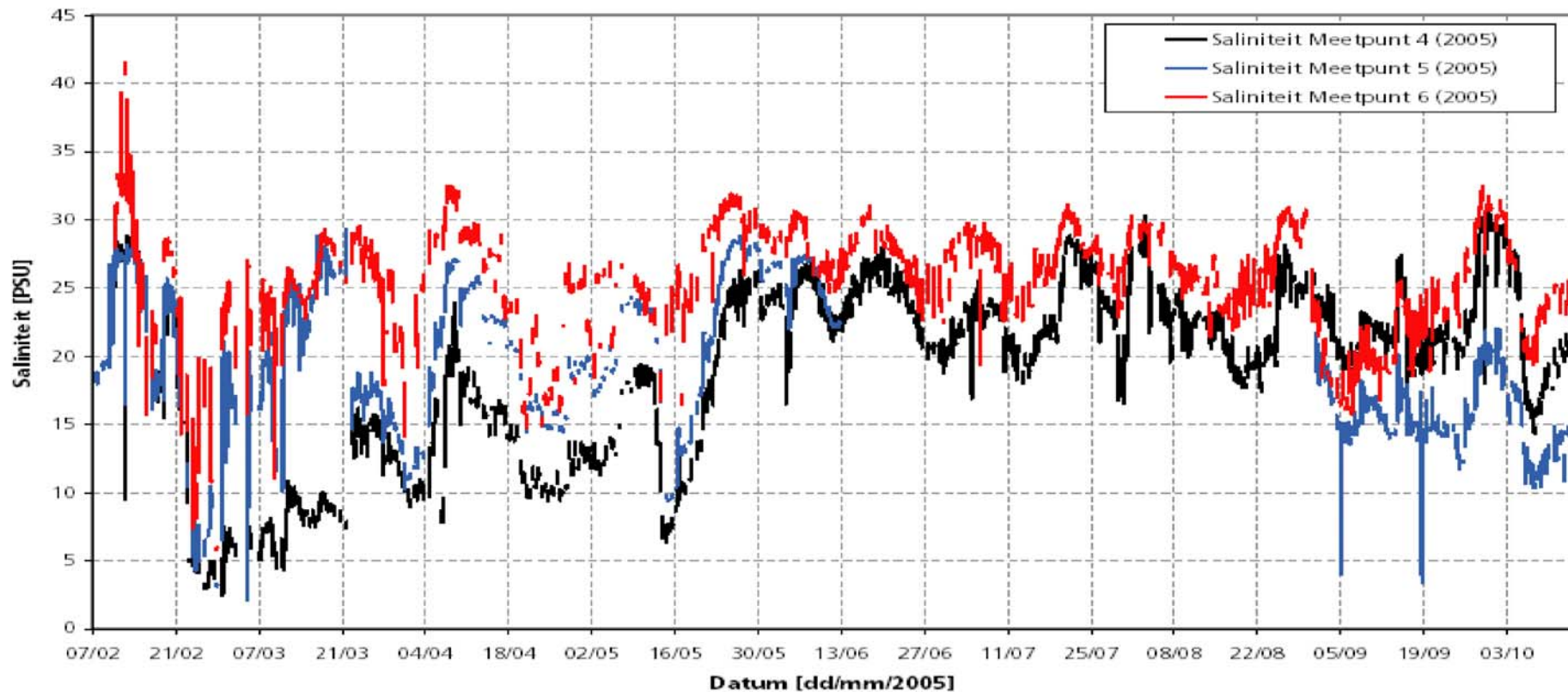
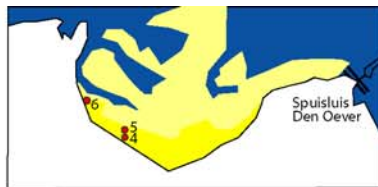
Bijlage 1. Ontwikkeling *Zostera noltii*-aanplant uit 1993 gedurende de eerste twee jaar

Percentage Klein zeegrasscheuten ten opzichte van het aantal scheuten na de initiële verliezen; dit is op Terschelling na 3 weken, en op Balgzand na 1 week. Op $t=0$ werden 100 scheuten geplaatst op een vierkante meter die was onderverdeeld in 4 vakjes van 25x25 cm. Op elk van deze vakjes werden 25 scheuten geplant.

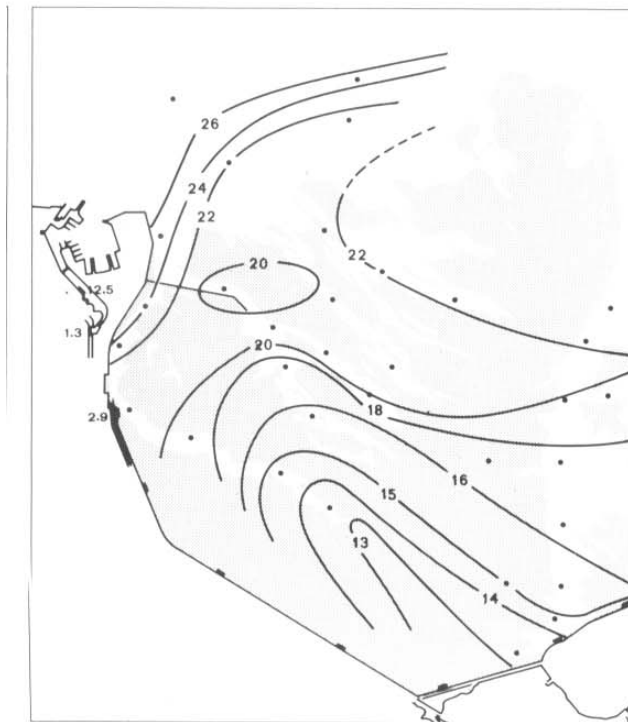


Bijlage 2. Continue zoutmetingen op drie plaatsen op het Balgzand

Zoutmetingen in de *Ruppia*vegetatie (no. 4), in de *Zostera noltii*+*Z. marina*-aanplant (no. 5) en in de *Zostera marina* transplantatie uit 1998 in het uiterste westen (no. 6). Gegevens Alkyon september 2005 (van Reen in prep.).



Bijlage 3. Zoutmetingen op het Balgzand in 1977 (Manuels 1978).



*23 mei 1977 ongeveer 15.00u. In totaal is 3 uur over de bemonstering gedaan, hetgeen fouten op kan leveren. Om 15.00 was het eb en waren de waterstanden als volgt:
Den Helder: -0.82 m NAP
Oostoever: -0.61 m NAP
Den Oever: -0.24 m NAP*



*25 mei 1977, circa 13.00u. Hier is binnen korte tijd gelijktijdig gemonsterd over het gehele gebied. Om 13.00u was het eb en waren de waterstanden als volgt:
Den Helder : +0.24 m NAP
Oostoever: + 0.39 m NAP
Den Oever: + 0.50 m NAP*