

# Herintroductie van *Zostera marina* in de westelijke Waddenzee (2002-2006)

*Resultatenrapportage 2004*



februari 2005

Dr. Ir. A.R. Bos  
Drs. D.C.R. Hermus  
Drs. P. Vugteveen  
Dr. M.M. van Katwijk

Afdeling Milieukunde, Radboud Universiteit Nijmegen  
Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen

# Herintroductie van *Zostera marina* in de westelijke Waddenzee (2002-2006)

*Resultatenrapportage 2004*

februari 2005

Dr. Ir. A.R. Bos  
Drs. P. Vugteveen  
Drs. D.C.R. Hermus  
Dr. M.M. van Katwijk

Afdeling Milieukunde

Radboud Universiteit Nijmegen  
Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen

Email: [a.bos@science.ru.nl](mailto:a.bos@science.ru.nl)

## **Voorwoord**

Dit rapport vat de resultaten samen van de werkzaamheden die in de periode februari tot december 2004 in het kader van het project “Herintroductie van Groot zeegras in de westelijke Waddenzee” (RKZ-912) werden uitgevoerd door de Afdeling Milieukunde (Radboud Universiteit Nijmegen) in samenwerking met Alterra Texel, in opdracht van Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) en Rijkswaterstaat Noord-Holland.

## Colofon

*Bos AR, DCR Hermus & P Vugteveen  
MM van Katwijk (2005).  
Herintroductie van Zostera marina  
in de westelijke Waddenzee (2002-  
2006). Resultatenrapportage 2004.  
Afdeling Milieukunde, Radboud  
Universiteit Nijmegen.*

*Opdrachtgever: Rijkswaterstaat  
Instituut voor Kust en Zee (RIKZ)  
en Rijkswaterstaat Noord-Holland  
(RWS NH)*

*Uitvoering: Radboud Universiteit  
Nijmegen (RU)*

*Kader: Maatregelenprogramma  
Waddenzee, maatregel N17*

*Stuurgroep: R. Bout (RU) Z. Jager  
(RIKZ), M. van Wieringen (RWS  
NH), M.M. van Katwijk (RU), M.  
Otterman (RU)*

*Begeleidingscommissie: leden van de  
stuurgroep en voorts A.R. Bos  
(RU), S. Braaksma (LNV Dir.  
Noord), N. Dankers (Alterra), A.  
Groeneweg (AGI), D.J. de Jong  
(RIKZ), A. Nicolai (RWS NN), J. de  
Vlas (RIKZ)*

*Publicatiedatum: februari 2005*

*Bijdragen van derden: zie dankwoord*

*Contactpersoon: A.R. Bos,  
Afdeling Milieukunde, Radboud  
Universiteit Nijmegen, Postbus 9010,  
6500 GL Nijmegen,  
a.bos@science.ru.nl*

# Inhoudsopgave

Voorwoord .....	1
Colofon.....	2
Inhoudsopgave .....	3
Samenvatting.....	5
1. Inleiding .....	7
1.1 Zeegras in de Waddenzee.....	7
1.2 Herstel natuurwaarden.....	7
1.3 Doelstellingen 2004.....	8
2. Materiaal en Methoden .....	9
2.1 Aanplantlocaties .....	9
2.1.1 Locatiekeuze 2004.....	9
2.1.2 Beschrijving van aanplantlocaties.....	10
2.2 Zeegrasaanplant 2004 .....	10
2.2.1 Verzamelen en transport.....	10
2.2.2 Aanplant juni 2004 .....	11
2.3 Veldactiviteiten .....	12
2.3.1 Basismonitoring .....	12
2.3.2 Zomer- en intensieve monitoring.....	13
2.3.3 Hoogtemetingen.....	15
2.3.4 Vogelobservaties.....	15
2.3.5 Zaadontwikkeling .....	15
2.3.6 Verzamelen en depositie van zaadstengels.....	15
2.4 Laboratoriumanalyses .....	15
2.5 Statistische bewerkingen .....	16
3. Resultaten.....	17
3.1 Zeegras .....	17
3.1.1 Plantontwikkeling in “oude veld” bij locatie B99.....	17
3.1.2 Overleving van de aanplanten uit 2002 en 2003 .....	17
3.1.3 Seizoensontwikkeling van de aanplant .....	17
3.1.4 Grootte en diepte van de aanplant.....	19
3.1.5 Zeegrasbedekking .....	19
3.1.6 Generatieve scheuten.....	21
3.1.7 Scheutlengte en -breedte.....	22
3.1.8 Zaadtellingen .....	23
3.1.9 Epifytenbedekking.....	24
3.2 Macro-algen.....	24
3.3 Fauna.....	25
3.3.1 Grazers .....	25
3.3.2 Wadpieren .....	27
3.3.3 Zagers.....	29
3.3.4 Krabben .....	29
3.3.5 Rotganzen.....	30
3.4 Bodemwater.....	30
3.4.1 Saliniteit .....	30
3.4.2 Ammonium en fosfaat.....	31
3.5 Sediment.....	32
3.5.1 Korrelgrootte .....	32

3.5.2 Organisch koolstofgehalte.....	34
4. Discussie.....	35
4.1 Zeegrasaanplant.....	35
4.2 Biologische omgevingsfactoren.....	36
4.2.1 Macro-algen.....	36
4.2.2 Fauna.....	36
4.3 Fysisch-chemische omgevingsfactoren.....	37
5. Conclusies & Aanbevelingen.....	39
5.1 Belangrijkste resultaten en conclusies van activiteiten in 2004.....	39
5.2 Aanbevelingen voor activiteiten in 2005.....	39
6. Dankwoord.....	41
7. Literatuur.....	43
Bijlage 1 Breedte- en lengtegraden van de aanplantlocaties.....	47
Bijlage 2 Zeegrasverzamelpunten op de Hond/Paap (Eems).....	49

## Samenvatting

In het kader van het onderzoek naar herintroductie van Groot zeegras in de westelijke Waddenzee zijn in 2004 ongeveer 1500 planten getransplanteerd. Het zeegras werd midden juni bij de donorpopulatie op de Hond/Paap in de Eems verzameld en een dag later op locatie getransplanteerd.

De zeegrasscheuten werden in 2004 op twee locaties (B99 en B93) op het Balgzand uitgezet, op plekken die in het jaar 2003 hoge zomeroverleving van planten hadden opgeleverd. Bovendien werden op beide locaties i.v.m. risicospreiding twee verschillende aanplantplekken gekozen. Op locatie B93 werden tevens aanplantplots van verschillende grootte (37 vs. 61 planten) en op verschillende aanplantdiepte (+1,5 vs. +7,0 cm NAP) uitgezet.

De planten ontwikkelen zich op beide locaties goed in het begin van het seizoen. Er werd geen verschil gevonden tussen de overleving van plots met 37 en 61 planten. Wel overleefden planten op locatie B93 op een hoogte van +7,0 cm NAP beter dan planten op een hoogte van +1,5 cm NAP (69 % vs. 54 % overleving in augustus 2004). Ook de zeegrasbedekking was op de hoge plekken hoger dan op de lager gelegen plekken.

Opvallend waren de hogere macro-algenbedekking op locatie B99 dan op B93 en de hogere dichtheid aan wadslakjes en de iets lagere epifytenbedekking op B93 dan op B99. Een gezamenlijk effect van deze factoren zou kunnen verklaren dat de overleving op de locatie B93 hoger was dan op locatie B99, respectievelijk 62 en 33 % in augustus 2004.

Op zowel locatie B99 als B93 hadden de planten aan het eind van het seizoen zaadstengels, die zich goed ontwikkelden. Echter, planten op locatie B99 verdwenen relatief snel in de maand september. Rijpe zaden werden vooral op locatie B93 aangetroffen.

*Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteurs en Rijkswaterstaat.*



# 1. Inleiding

## 1.1 Zeegras in de Waddenzee

Zeegrassen zijn de enige hogere planten die in het mariene ecosysteem voorkomen. Wereldwijd zijn er ongeveer 60 soorten, die voorkomen in alle kustzeeën behalve de poolzeeën. In de Nederlandse zoute wateren komen twee soorten zeegras voor: Groot zeegras (*Zostera marina* L., Figuur 1.1) en Klein zeegras (*Zostera noltii* Hornem.). Zeegras heeft een belangrijke functie als kraamkamer voor vissen en andere dieren, als bescherming tegen waterdynamiek en erosie, en als voedselbron voor bijvoorbeeld ganzen. Het draagt op deze manier bij aan de habitat- en biodiversiteit in het mariene ecosysteem (o.a. Hemminga & Duarte 2000).

Er bestaan twee typen Groot zeegras. Het zogenaamde robuuste type is meerjarig en groeit rond de laagwaterlijn en dieper (van Goor 1919, van Katwijk *et al.* 2000a). Tot begin jaren 1930 kwam dit type op een groot oppervlak voor in de Waddenzee. Een infectieziekte ('wasting disease'), de intensieve bouw van dammen en dijken (m.n. de Afsluitdijk) en enkele jaren met een verminderde hoeveelheid zonlicht droegen bij aan



Figuur 1.1 *Zostera marina* L.

de totale verdwijning van het robuuste type Groot zeegras uit de Waddenzee. De flexibele vorm van *Z. marina* groeit rond NAP en is begin jaren '70 sterk in areaal afgenomen, en zelfs volledig verdwenen uit de westelijke Waddenzee (Polderman & den Hartog 1975, Giesen *et al.* 1990).

Door de toegenomen troebelheid en nutriëntenbelasting van het water (Giesen *et al.* 1990, Philippart 1995, van Katwijk *et al.* 1997, van Katwijk *et al.* 2000a), mogelijk in combinatie met een intensievere schelpdiervisserij op potentiële zeegraslocaties (de Jonge 1990, de Jonge & de Jong 1992) hebben beide types zich tot op heden niet op natuurlijke wijze kunnen herstellen in de westelijke Waddenzee.

## 1.2 Herstel natuurwaarden

Uitgebreid mesocosmos, veld- en laboratoriumonderzoek hebben in de afgelopen jaren inzicht gegeven in de factoren die van belang zijn bij de overleving van het flexibele type Groot zeegras in de Waddenzee (o.a. van Katwijk 1992, van Katwijk 2000, van Katwijk & Wijgergangs 2000, van Katwijk *et al.* 2000b), te weten zoutgehalte, nutriëntenbelasting, troebelheid van het water en waterdynamiek (m.n. de duur van blootstelling). Ook is vastgesteld dat overleving optimaal is in de zone rond NAP.

Omdat de troebelheid en de nutriëntenbelasting in de Waddenzee de laatste 20 jaar sterk zijn afgenomen en een aantal gebieden gesloten zijn voor schelpdiervisserij, zijn de

overlevingskansen voor Groot zeegras aanzienlijk toegenomen (van Katwijk *et al.* 2002). Een terugkeer van *Z. marina* in de westelijke Waddenzee past in, en is onderdeel van, het beleid van de overheid waarin gestreefd wordt naar herstel van natuurwaarden in dit voor Nederland unieke gebied. Omdat het robuuste type volledig uit de Waddenzee verdwenen is, wordt in eerste instantie getracht het flexibele type, dat in de oostelijke delen van de Waddenzee nog voorkomt, terug te krijgen.

De kans op natuurlijke vestiging van zeegraspopulaties in de westelijke Waddenzee is echter klein door de overheersend uit het westen afkomstige stromingsrichting van water en wind. Hierdoor kunnen zaden vanuit de natuurlijke populaties in het oostelijk deel van de Waddenzee het westen zeer moeilijk bereiken (bv. Erfteijer & van Beek 2004). Daarom wordt getracht het Groot zeegras met menselijke hulp te herintroduceren in het westelijk deel van de Waddenzee.

Dit heeft geleid tot het huidige project, waarin de Radboud Universiteit Nijmegen, in samenwerking met Alterra Texel, in opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Holland en het RIKZ, tracht enige permanente *Zostera marina* bolwerken aan te leggen in de westelijke Waddenzee (van Katwijk *et al.* 2002). Eerder behaalde resultaten binnen het project werden reeds in rapportages vastgelegd (van Pelt *et al.* 2003, Bos *et al.* 2004).

### **1.3 Doelstellingen 2004**

Binnen bovengenoemd project bestonden in 2004 de volgende doelstellingen:

- Bepalant/versterken van de meest succesvolle locaties van de afgelopen jaren door aanplanten van Groot Zeegras, zodat de planten zich daar kunnen ontwikkelen en aan het eind van het seizoen zaad kunnen produceren
- Relateren van het vestigingssucces van de aanplant aan omgevingsfactoren door intensieve observaties en biologische en fysisch-chemische bemonsteringen van de omgevingsfactoren
- Inschatten van de effecten die vogels (m.n. Rotganzen) bij het Balgzand op de aanplant kunnen hebben
- Versterking van de aanplanten op het Balgzand door zaadstengeldepositie in de winter op een derde locatie die geschikt geacht wordt voor zeegrasonwikkeling

## 2. Materiaal en Methoden

### 2.1 Aanplantlocaties

In 2002 was op grond van een aantal criteria de keuze gevallen op het Balgzand als meest kansrijk gebied voor herintroductie van Groot Zeegras in de westelijke Waddenzee (van Katwijk *et al.* 2002, van Pelt *et al.* 2003). Het heeft namelijk een beschutte ligging ten opzichte van de grote (vaar)geulen in de Waddenzee en ten opzichte van de overheersende windrichting. Daarnaast was hier tot de jaren '70 van de vorige eeuw een populatie Groot zeegras aanwezig (den Hartog & Polderman 1975) en waren eerdere zeegrastransplantaties in dit gebied succesvol geweest (Hermus 1995). Een kleine populatie Groot Zeegras houdt zich hier zelfs in stand sinds aanplant in 1999. Door de nabijheid van de spuisluis Oostoever, de spui in de Afsluitdijk en de aanvoer van zeewater met verlaagd zoutgehalte vanaf de Hollandse Noordzeekust, is er op het Balgzand sprake van een zoetwaterinvloed, hetgeen gunstig kan zijn voor de ontkieming van zeegraszaden en de vitaliteit en productie van de volwassen planten (Kamermans *et al.* 1999, van Katwijk *et al.* 1999). Ook de aanwezigheid van *Ruppia maritima* duidt op een zoetwaterinvloed. Tenslotte is het Balgzand beschermd natuurgebied onder beheer van de stichting Landschap Noord-Holland. In 2004 werden de meest succesvolle aanplantlocaties van 2002 en 2003 op het Balgzand door aanplant versterkt om een zo uitgebreid mogelijk zeegrasveld te creëren.

#### 2.1.1 Locatiekeuze 2004

In 2003 waren twee van de vier aanplantlocaties opgevallen door hoge overleving van de planten (Bos *et al.* 2004). Deze twee locaties, B93 en B99 (Fig. 2.1), werden dan ook gekozen voor de aanplant in 2004, omdat deze de hoogste zekerheid boden dat het zeegras zich daar permanent kan vestigen. Wel werd door spreiding van de aanplanten binnen deze locaties getracht het risico op verlies door lokale verstoringen te minimaliseren.

##### *Locatie B99*

Sinds 1999 overleeft in het zuidwesten van het Balgzand een aantal Groot Zeegras planten. Deze zijn voortgekomen uit een éénmalige zaadstengelsdepositie in december 1998 en uit zaden die er op 30 maart 1999 i.v.m. een zaadexperiment werden geplaatst (van Katwijk & Wijgergangs 2000). Groot Zeegras wordt er sindsdien waargenomen en in 2002 waren dit in totaal 26 planten (van Pelt *et al.* 2003). In 2003 werd op deze locatie zelfs een zeegrasveldje met ca. 800 planten van maximaal 5,1 ha aangetroffen (Bos *et al.* 2004). Aangezien op deze locatie nu reeds enkele jaren planten overleven, werd er voor gekozen deze locatie verder te versterken met een nieuwe aanplant in 2004. Deze locatie zal in het vervolg met B99 aangeduid worden (Fig. 2.1).

##### *Locatie B93*

De locatie B93 was in 2003 de meest succesvolle aanplantlocatie (Bos *et al.* 2004). Bovendien werd hier reeds in 1993 een succesvolle transplantatie van zowel Groot Zeegras als ook Klein Zeegras uitgevoerd (Hermus 1995, van Katwijk & Hermus 2000). Het Klein Zeegras is sindsdien op deze locatie te vinden. Het Groot Zeegras bleek na een goed groeiseizoen niet in staat de opvolgende winter te overleven. Waarschijnlijk als gevolg van extreme waterafvoer in de winter die resulteerde in zeer lage saliniteit, waardoor voortijdige kieming van de zaden optrad. Deze vroege zaailingen verdwenen vervolgens na een periode van vorst (van Katwijk & Hermus 2000). Wat betreft

groeifactoren leek deze locatie toch uitermate geschikt om zeegras te transplanteren hetgeen in 2003 opnieuw bewezen werd. Daarom werd er besloten deze locatie in 2004 te versterken met een nieuwe aanplant. Deze locatie wordt in het vervolg met B93 aangeduid (Fig. 2.1).

### **2.1.2 Beschrijving van aanplantlocaties**

Breedte- en lengtegraden van de aanplantlocaties zijn in Bijlage 1 te vinden.

Locatie B99 ligt slechts enkele tientallen meters van de dijk verwijderd. De planten werden evenals in 2003 op grofweg twee verschillende plekken aangeplant en deze zullen in het vervolg met B99A en B99B aangeduid worden (Fig. 2.1). Locatie B99A ligt ten noorden van B99B. Locatie B99A heeft een hoogte variërend tussen 0 en +9 cm NAP terwijl de hoogte op B99B tussen +1 en +12 cm NAP ligt. Er loopt een aantal kleine prieden door dit gebied. In het zuidelijke deel van locatie B99A werden eind 1998 zaadstengels gedeponeerd, terwijl op locatie B99B in het voorjaar van 1999 een zaadexperiment met Groot Zeegras werd uitgevoerd (van Katwijk & Wijgergangs 2002). Voor de zaadstengeldepositie werd de locatie B99C gekozen die zich ten zuiden van B99B bevindt (Fig. 2.1). Deze locatie werd weliswaar als aanplantlocatie geschikt geacht, maar zou tijdens het broedseizoen niet bezocht kunnen worden i.v.m. broedende vogels op het nabije schor.

Locatie B93 ligt 500 m van de dijk op een hoogte van 0 tot +9 cm NAP (Fig. 2.1). Het aanplanten vond plaats op twee sublocaties die in het vervolg met B93A en B93B aangeduid zullen worden. Deze sublocaties liggen ongeveer 150 m van elkaar verwijderd, waarbij B93A de westelijke en B93B de oostelijke positie innemen. Net ten noorden van locatie B93 bevindt zich een ondiepe geul. Op locatie B93B werden ook in 2003 transplantaties uitgevoerd.

## **2.2 Zeegrasaanplant 2004**

De aanplant werd midden juni 2004 uitgevoerd. Dit minimaliseerde het risico van vraat op de getransplanteerde scheuten aangezien rotganzen Nederland normaal gesproken in de eerste week van juni verlaten hebben.

### **2.2.1 Verzamelen en transport**

Het Groot zeegras op de getijdenplaat Hond/Paap in de Eems werd dit jaar opnieuw als donorpopulatie gebruikt. Ten behoeve van de aanplant werden op 14 juni 2003 door 7 personen ruim 1400 Groot Zeegrasscheuten verzameld. De donorplanten werden op drie verschillende locaties op de Hond/Paap verzameld. De coördinaten van de donorlocaties staan weergegeven in Bijlage 2. Vervoer naar de getijdenplaat werd verzorgd door het schip de “Regulus” van Rijkswaterstaat Noord Nederland.

Op de donorlocaties werd, t.b.v. de genetische diversiteit, één zeegrasplant op minimaal 2 m afstand van de vorige met de vingers uit het sediment gestoken, terwijl aanhangend sediment ter plaatse werd afgespoeld met zeewater. De planten werden met aanhangend water in open plastic zakken in koelboxen bij een temperatuur tussen 4-18°C vervoerd en bewaard tot het moment van uitplanten.



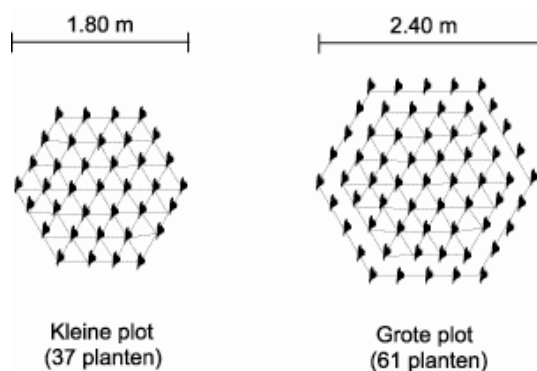
Figuur 2.1 Overzicht van aanplantlocaties op het Balgzand. B99A, B99B, B93A en B93B. Op locatie B99C werd de zaadstengeldepositie uitgevoerd. De lichte vlekken in de knik van de dijk en aan de onderzijde van de foto representeren het Kooyhoekschor en het Van Ewijkssluisschor. Bron: LandSat.

Op 15 juni werden de verzamelde planten op de locaties B99 en B93 op het Balgzand aangeplant. Tien personen werden m.b.v. de boot de “Omdraai” (Alterra) naar locatie B93 vervoerd, terwijl twee personen via de dijk te voet naar B99 kwamen.

### **2.2.2 Aanplant juni 2004**

In totaal moesten 1400 scheuten Groot zee gras verdeeld over 18 plots à 37 planten en 12 plots à 61 planten getransplanteerd worden (Tabel 2.1). In totaal werden 1499 planten verzameld. Dit getal ligt iets hoger dan de geplande hoeveelheid, aangezien ter zekerheid een klein aantal extra planten werd verzameld.

Evenals in 2002 en 2003, bestond een plot uit een zeshoekig stramien (Fig. 2.3). In 2004 werd ervoor gekozen het aantal planten per plot bij een aantal plekken te verhogen van 37 naar 61 planten om te onderzoeken of bij een grotere aantal planten de overleving positief beïnvloed wordt. Natuurlijke patches hebben nl. een hogere stabiliteit als ze uit meer dan 32 scheuten bestaan (Olesen & Sand-Jensen 1994). De grotere plot met 61 planten kwam tot stand door een extra ring van planten om een plot met 37 planten te transplanteren (Fig. 2.3). De onderlinge afstand van planten werd daarbij op 30 cm gehouden, omdat in 2003 was gebleken dat bij deze dichtheid een grotere overleving van het aantal planten werd gevonden dan bij een onderlinge afstand van 50 cm (Bos *et al.* submitted).



Figuur 2.3 Overzicht van de aanplant.

Grote en kleine plots werden op locatie B93 paarsgewijs aangelegd door de middelpunten van twee aangrenzende plots op 7 m afstand te houden. Om beide plots op gelijke wijze aan de plaatselijke waterdynamiek bloot te stellen, werd de oriëntatie hiervan  $40^\circ$  t.o.v. magnetisch noord gedraaid. Het grootste watervolume stroomt namelijk bij vloed uit NNW (vanaf Den Helder) het Balgzand binnen. Op locatie B99 werden zeegrasscheuten op beide locaties alleen in kleine plots aangeplant (Tabel 2.1). De restplanten werden direct na de aanplant op een tevoren uitgekozen geschikte locatie gezet op 50 m (B99) of 200 m (B93) afstand van de aanplant.

Tabel 2.1 Aantal plots per locatie, diepte (standaard deviatie) in cm NAP en plotgrootte die tijdens de aanplant 2004 werden aangelegd.

Locatie	Gemiddelde Diepte (cm)	Grote plot (à 61 planten)	Kleine plot (à 37 planten)
B99A	+4.2 (3.7)*	-	3
B99B	+8.1 (3.7)*	-	3
B93A	+1.3 (1.5)	3	3
B93A	+7.0 (1.0)	3	3
B93B	+1.5 (2.1)	3	3
B93B	+7.0 (1.7)	3	3

\*) Diepteschattingen bepaald met metingen uit 2003

## 2.3 Veldactiviteiten

Vanaf het moment van transplantatie werd de ontwikkeling van de planten regelmatig opgenomen. Ook werd er in september een bezoek aan de donorpopulatie in de Eems gebracht om de conditie van het Groot Zeegrass te vergelijken. De details per activiteit worden in de volgende paragrafen besproken.

### 2.3.1 Basismonitoring

De basismonitoring werd op 7 verschillende data uitgevoerd (Tabel 2.2) en bestond uit het tellen van het aantal aanwezige planten per plot.

Tabel 2.2 Data van veldactiviteiten in 2004; S = Selectie van locatie, H = Hoogtemeting, V = Vogelobservatie en Z = Zaadstengeldepositie. Begrippen worden in de tekst nader verklaard.

Datum	Activiteit	Natuurlijk veld bij B99
23/01/04	Basis	
10/03/04	Basis	
06/04/04	V	
19/04/04	V	
20/04/04	Basis + V	Monitoring
19/05/04	Basis + S + H + V	Monitoring
21/05/04	V	
14/06/04 - 15/06/04	Aanplant	
22/06/04	Zomer	
15/07/04	Zomer	Monitoring
30/07/04	Basis	
16/08/04 - 18/08/04	Zomer + Intensief	Monitoring
19/08/04	Krabben	
08/09/04	Eems	
15/09/04 - 16/09/04	Zomer	Monitoring
13/10/04	Basis	
14/12/04	Basis + Z	

### 2.3.2 Zomer- en intensieve monitoring

Zomermonitoringen werden in juni, juli, augustus en september 2004 uitgevoerd (Tabel 2.2). Deze bestonden, naast het tellen van de overlevende planten (basismonitoring), uit een opname van de bloeistadia en het bepalen van een globale macroalgenbedekking, waarbij tevens een indicatie van de dominante soorten werd gegeven. Bovendien werden de dichtheden van de grazers (aliekruiken en wadslakjes) en het aantal wadpierhoopjes geschat m.b.v. de kwadraatmethode. Hierbij wordt meermaals de bedekking binnen de oppervlakte van een houten kwadraat van 25 bij 25 cm geteld. Tevens werd de aanwezigheid van krabben geregistreerd.

In augustus 2004 werd tevens een intensieve zomermonitoring uitgevoerd (Tabel 2.2). Naast de hierboven beschreven zomermonitoring werden de volgende parameters onderzocht: zeegrasbedekking en epifytenbedekking werden geschat en de bodemfauna werd kwantitatief in kaart gebracht. Bovendien werd er bodemwater ter chemische analyse en sediment voor korrelgrootteanalyse verzameld. Een aantal parameters werd binnen de plots en, indien het getij het toeliet, ook buiten de plots gemeten c.q. verzameld. In dat geval werden gelijke handelingen op een afstand van ca. 3 m van de rand van de plot uitgevoerd.

#### *Zeegras*

Het bloeistadium van alle in een plot aanwezige planten werd tijdens de zomermonitoring ingedeeld in de categorieën: geen, in knop, vrouwelijke of mannelijke bloeiwijze. Het percentage generatieve en vegetatieve scheuten werd bepaald door deze bij enkele representatieve planten te tellen. De lengte en breedte van de bladeren werden

indien mogelijk bij 5 planten opgemeten. De totale zeegrasbedekking in een plot werd visueel geschat.

#### *Macro-algen en epifyten*

De macro-algenbedekking werd tijdens de zomermonitoring voor de dominante soorten in de plots visueel geschat. De epifytenbedekking werd op minimaal 4 bladeren van verschillende planten visueel geschat en gemiddeld.

#### *Macrofauna*

Om de bodemfauna tijdens de intensieve monitoring op een locatie te kwantificeren werden 10 random bodemmonsters verzameld met een PVC-steekbuis van 10 cm doorsnede. De steekbuis werd 30 cm het wad ingeduwd, waarna het verzamelde sediment (per locatie 23 dm<sup>3</sup>) ter plekke werd uitgezeefd m.b.v. een 1 mm zeef. Het gezeefde monster werd vervolgens in plastic zakken ingevroren. De monsters werden in het laboratorium in fotobakken uitgezocht. Tijdens de analyse werd het aantal wadpieren (*Arenicola marina*), zaggers (*Nereis diversicolor*) en alikruiken (*Littorina littorea*) geteld.

Wadslakjes (*Hydrobia ulvae*) werden apart bemonsterd en wel m.b.v. een PVC-steekbuis van 2,8 cm doorsnede. M.b.v. deze steekbuis werd per locatie tien keer 10 cm sediment verzameld. Het monster werd vervolgens met een zeef met een poriëgrootte van 1 mm geschoond en in zakjes verzameld. Uitwerking van deze monsters werd in het laboratorium uitgevoerd.

Ter inschatting van het strandkrabbenbestand (*Carcinus maenas*) werd opnieuw de bij het NIOZ voor handen zijnde expertise ingezet. Op 19 augustus 2004 werden op de twee Balgzand locaties tijdens hoogwater telkens 2 krabbenbemonsteringen uitgevoerd. Een boomkor van 1,0 m breedte (1 cm maaswijdte) werd hiertoe gedurende een minuut (~ 100 m) parallel aan de dieptelijn langs de aanplantlocaties gesleept. De boomkor was voorzien van een meetwiel, dat na elke trek werd afgelezen. De ingevroren monsters werden na enige tijd geanalyseerd. De krabben werden geteld en hun carapax gemeten en in grootteklassen (0,5 cm stappen) ingedeeld.

#### *Bodemwater*

De bodemwatermonsters werden verzameld t.b.v. bepaling van saliniteit en ammonium- en fosfaatconcentraties. Het bodemwater werd bemonsterd door lysimeters met een poreuze keramische cup van 5,5 cm lengte en 2 cm doorsnede circa 2 cm onder het wadoppervlak te plaatsen en deze vervolgens vacuüm te trekken met een 50 ml spuit. Het bodemwater werd met drie lysimeters per plot verzameld en gemengd bewaard in een 100 ml polyethyleen potje. Binnen 6 uur na monsternamen werd van deze monsters de saliniteit bepaald, waarna ze aangezuurd werden met citroenzuur (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) tot een eindconcentratie van 1,25 mg citroenzuur/l. Alle monsters werden de ochtend na de bemonstering ingevroren bij een temperatuur van -18°C tot het tijdstip van analyse.

#### *Sediment*

De sedimentmonsters werden verzameld door drie PVC-steekbuizen (doorsnede 2,8 cm) 10 cm in het sediment te steken. Het verzamelde materiaal werd per drie in één plastic zak gemengd en tot analyse bij een temperatuur van -18°C opgeslagen.



### **2.3.3 Hoogtemetingen**

De exacte hoogtemetingen van de individuele aanplantlocaties op locatie B93 werden op 19 mei 2004 (Tabel 2.2) i.s.m. de Informatiedienst Water van Rijkswaterstaat Noord-Holland uitgevoerd.

### **2.3.4 Vogelobservaties**

De observaties en tellingen van rotganzen werden op 6, 19 en 20 april, 19 mei en 21 mei 2004 op het Balgzand verricht (Tabel 2.2). Dit was telkens tijdens de laagwaterperiode als het potentiële zeegras werd blootgesteld.

### **2.3.5 Zaadontwikkeling**

De ontwikkeling van zaad werd vijf maal opgenomen: 17 augustus, 9, 16 en 28 september en 13 oktober 2004. Op deze data werden telkens 5 random planten in de kleine plots onderzocht. Hiertoe werd de verhouding generatieve en vegetatieve scheuten bepaald, het aantal aren per generatieve scheut en het aantal zaden per aar geteld. Met behulp van deze gegevens kon een schatting van het aantal geproduceerde zaden per locatie gemaakt worden.

### **2.3.6 Verzamelen en depositie van zaadstengels**

Op 8 september 2004 werden zaadstengels op de Hond/Paap in de Eems verzameld (Tabel 2.2). De zaadstengels werden extensief verzameld over een strook van ca. 3 km. Om de lokale zeegrasplanten op de Hond/Paap zo min mogelijk te belasten, werd slechts af en toe een zaadstengel meegenomen. De zadenstengels, ongeveer 3 kg natgewicht, werden bij 4°C bewaard tot depositie. Het groen van de zaadstengels verging langzaam zonder dat er schimmel in de zakken ontwikkelde. Het aantal verzamelde zaden werd in het laboratorium geschat op 3000.

De zaadstengels werden op 14 december 2004 op locatie B99C (Fig. 2.1) op het Balgzand gedeponeerd (Tabel 2.2). Tijdens het deponeren van de zaadstengels werden, in het geval dat de stengels door de aanwezige ebstroom direct naar de geul werden getransporteerd, de zaden met de hand uit de aren vrijgemaakt.

## **2.4 Laboratoriumanalyses**

### *Bodemwater*

PO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en Cl<sup>-</sup> gehalten werden colorimetrisch gemeten met een technicon AAII systeem volgens respectievelijk de ammoniummolybdaat met ascorbinezuurmethode (Henriksen 1965) en de mercuriothiocyanaat, ofwel de ferriammoniumsulfaatmethode (O'Brien 1962). NH<sub>4</sub><sup>+</sup> werd gemeten met een methode gebaseerd op de reactie volgens Berthelot-reactie (natriumhypochloride met phenol, Krom 1980).

De saliniteit van het bodemwater werd oorspronkelijk in het veld gemeten met een draagbare saliniteitsmeter. Echter, nadat ontdekt was dat deze saliniteitsmeter incorrect functioneerde, werd besloten alle waarden opnieuw te berekenen. De berekening werd m.b.v. de Cl<sup>-</sup> concentraties berekend volgens de volgende formule (Stumm & Morgan 1981):

$$\text{Saliniteit (\%)} = 1,80655 \cdot [\text{Cl (\%)}]$$

### *Sediment*

De korrelgrootte van het sediment werd geanalyseerd m.b.v. een Malvern Laser Particle Sizer. Het organisch stofgehalte van het sediment werd, na ontkalken m.b.v. 30 % HCl, bepaald met een NA-1500 NCS-analyser. Beide analyses werden bij het NIOO te Yerseke uitgevoerd. Alvorens met de analyses begonnen kon worden werd ongeveer 30 g bodemmateriaal per monster gedurende 24 uur gevriesdroogd. Het gevriesdroogde sediment werd vervolgens gezeefd (maas 1 mm) zodat stukjes schelp werden verwijderd. Hierna werd het gevriesdroogde sediment gemalen in een vijzel om een zo homogeen mogelijk monster te verkrijgen.

De korrelgrootte van het sediment (K) werd in vier categorieën ingedeeld:  $K = 63 \mu\text{m}$ ,  $63 < K = 125 \mu\text{m}$ ,  $125 < K = 250 \mu\text{m}$  en  $250 < K = 500 \mu\text{m}$ . Deze indeling komt respectievelijk neer op slib, zeer fijn zand, fijn zand en medium zand.

## **2.5 Statistische bewerkingen**

Voor de grafische weergave van de gegevens werd hoofdzakelijk het software programma SigmaPlot (Versie 4.01) gebruikt. Alle berekeningen werden met MS Excel 2000 uitgevoerd, terwijl de statistische tests m.b.v. SPSS (Versie 11.01) werden uitgevoerd.

Vele parameters worden m.b.v. een *box-whisker plot* gepresenteerd. Deze grafische weergave geeft de verdeling van waarden aan door de twee middelste quartielen als staaf af te beelden. De mediaan wordt als horizontale streep in de staaf aangegeven, terwijl het minimum en maximum met de “*whiskers*” worden aangegeven. Bij  $n = 3$  worden de buitenste waarnemingen als staaf verbonden en de middelste waarneming als mediaanlijn weergegeven.

De Kaplan-Meier methode (Bland & Altman 1998) werd gebruikt om overlevingscurven van de planten te berekenen. Hierbij wordt de overleving van elke individuele plant gebruikt om de gemiddelde seizoenoverleving van alle planten per behandeling grafisch weer te geven. Vervolgens werden verschillen tussen deze overlevingscurven met de LogRank Test berekend (Bland & Altman 2004). Verder werden alle statistische testen uitgevoerd m.b.v. de non-parametrische *Mann-Whitney U Test* aangezien in vele gevallen de data niet normaal verdeeld waren.

### **3. Resultaten**

#### **3.1 Zeegras**

##### ***3.1.1 Plantontwikkeling in “oude veld” bij locatie B99***

Op 20 april 2004 werden op locatie B99 in totaal 3 planten waargenomen. Op locatie B99A stonden 2 planten, waarvan één met 2 scheuten en de andere met 15 scheuten. De maximale lengte van deze scheuten was in beide geval 30 cm. De derde plant werd in een aanplantlocatie op locatie B99B aangetroffen. Op deze datum werden geen zaailingen gevonden.

Op 19 mei 2004 werden op locatie B99 ruim 50 planten geteld. De ruimtelijke verdeling van deze planten kwam overeen met de waarnemingen in voorgaande jaren. Afmetingen en uitgraven van één exemplaar deed vermoeden dat het opkomst uit rhizomen betrof. Op 15 juli werden 51 planten gevonden. Opvallend was dat op 18 augustus 2004 reeds de helft van deze planten verdwenen was. In september werden geen planten meer aangetroffen.

##### ***3.1.2 Overleving van de aanplanten uit 2002 en 2003***

In januari 2004 werden op locatie B93 nog 15 planten waargenomen verspreid over 4 plots. In maart bleken er nog 4 planten verspreid over 2 plots te staan. Uiteindelijk zou één plant van deze overblijven die zich gedurende het groeiseizoen 2004 goed ontwikkelde.

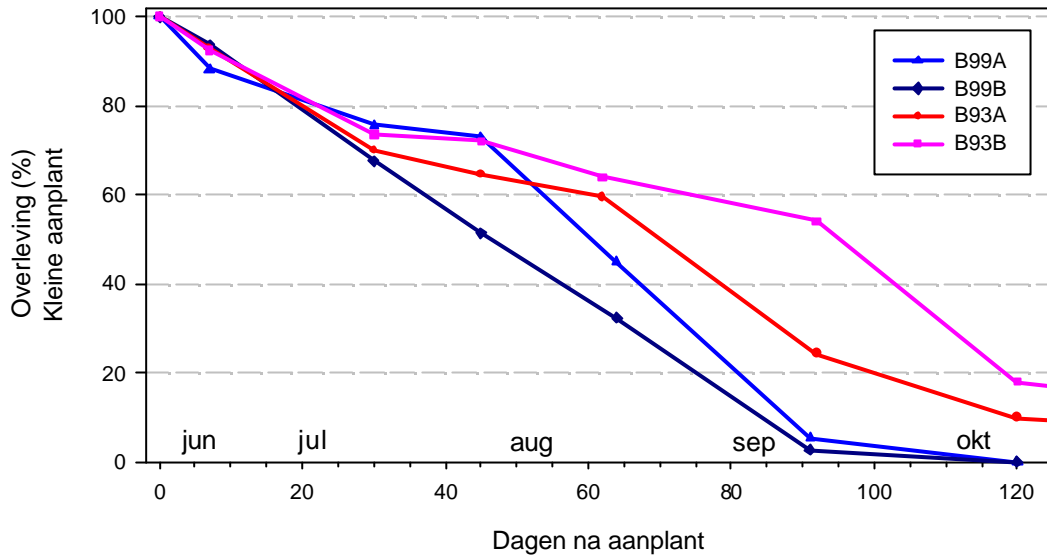
Op 20 april 2004 werd op locatie B99B één plant in een aanplantlocatie aangetroffen, die op 19 mei 2004 verdwenen was.

Op de aanplantlocaties van 2002, die in augustus 2004 werden gemonitord, werden geen planten gevonden. Wel werden oostelijk van deze aanplantlocatie 2 volgroeide zeegrasplanten gevonden tijdens een monitoring uitgevoerd door een andere werkgroep (Groeneweg 2004). Tevens werd in de buurt van de 2002 aanplantlocatie een losliggende zaadstengel van Groot Zeegras gevonden.

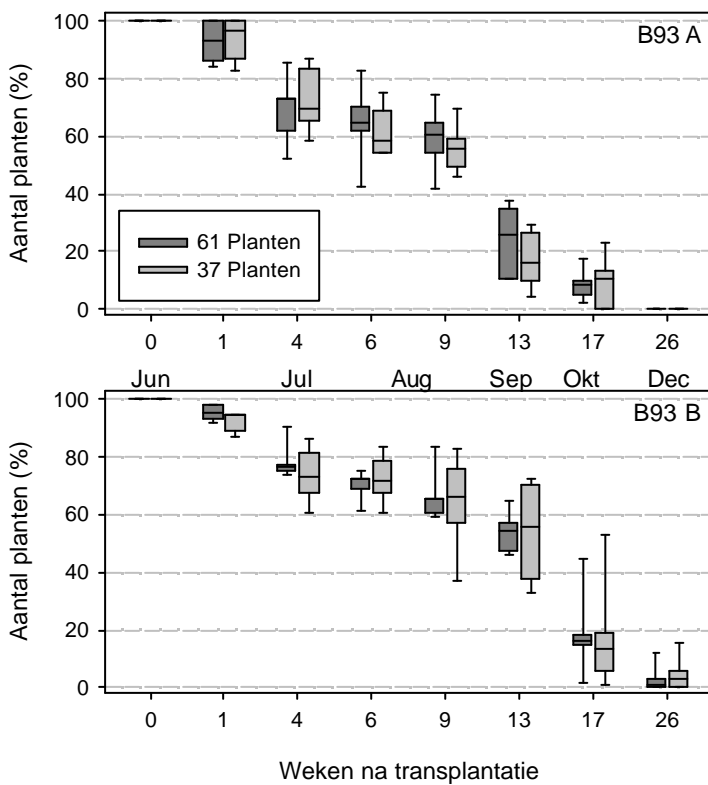
##### ***3.1.3 Seizoensontwikkeling van de aanplant***

De aanplant op locatie B93 overleefde over het gehele seizoen gezien beter dan de aanplant op locatie B99 (Fig. 3.1). Ter vergelijking werden alleen de kleine aanplanten (37 planten) weergegeven. Tot eind juli 2004 stond op alle locaties nog meer dan 50 % van de aanplant. Vanaf dat tijdstip ontwikkelden de planten op B93 zich beter dan die op de B99 locatie. Rond midden september waren op laatstgenoemde locatie de meeste planten verdwenen, terwijl op locatie B93B nog ruim 50 % van het oorspronkelijk aantal planten aanwezig was. Op locatie B93 overleefden de planten beter op de B-plek dan op de A-plek, terwijl dit op locatie B99 omgekeerd was. Alleen op locatie B93B werden in december nog enkele planten aangetroffen.

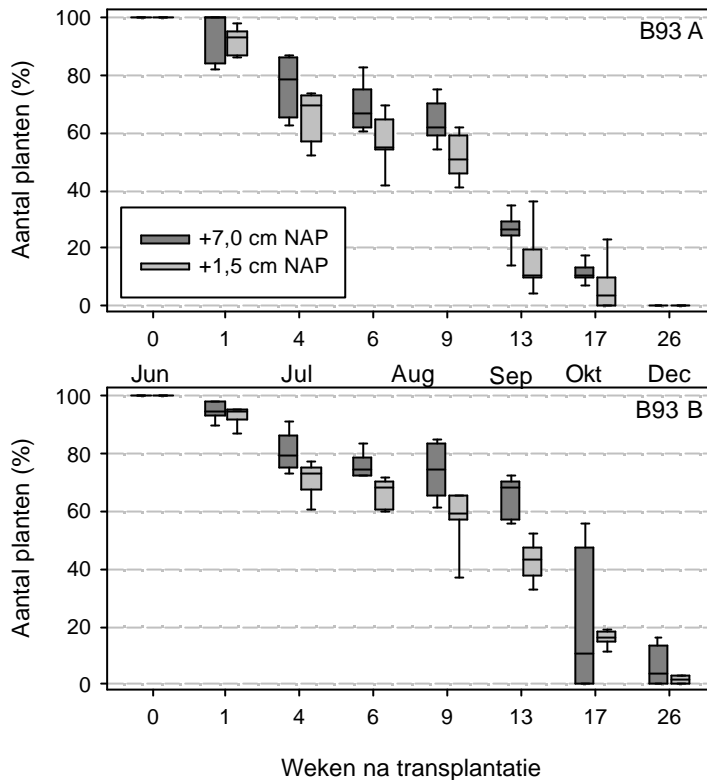
De restplanten, die na de aanplant op enige afstand van de twee hoofdlocaties waren neergezet, ontwikkelden zich op vergelijkbare wijze als de planten op de locaties zelf.



Figuur 3.1 Overlevingspercentage van de planten in de kleine aanplant (37 planten) gedurende het seizoen (aantal dagen na aanplant) op de locaties B93A, B93B, B99A en B99B. Het aanplanten vond plaats op 14 juni 2004 (dag 0).



Figuur 3.2 Overlevingspercentage van de planten in de grote en kleine plots op de locaties B93A en B93B.



Figuur 3.3  
Overlevingspercentage van de planten op verschillende aanplantdieptes op de locaties B93A en B93B.

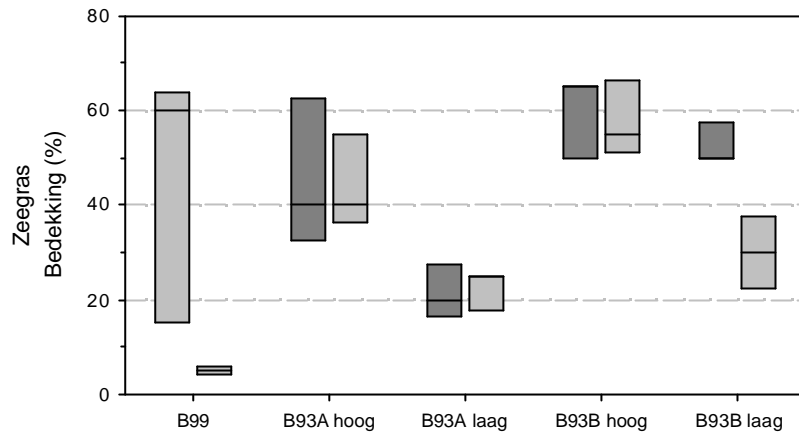
### 3.1.4 Grootte en diepte van de aanplant

De overleving van planten in de grote plots (61 planten) was over het gehele seizoen genomen niet significant verschillend (LogRank Test,  $P > 0.05$ ) van de overleving van planten in de kleine plots (37 planten) op de locaties B93A en B93B (Fig. 3.2).

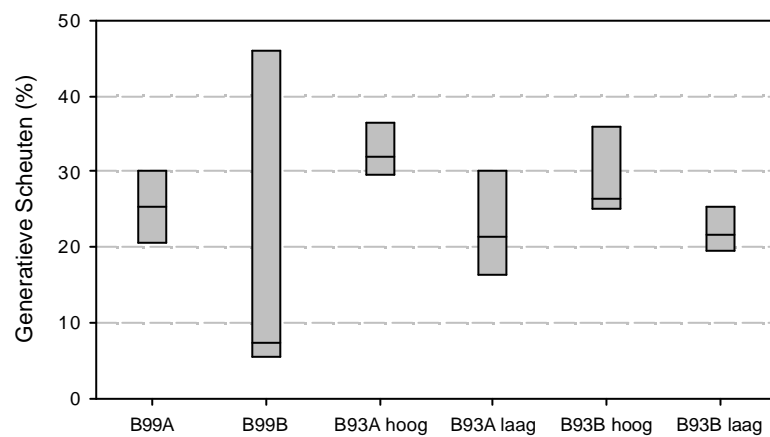
De aanplanten op verschillende dieptes op de locaties B93A en B93B vertoonden wel significant verschillende overleving (Fig. 3.3). Over het gehele seizoen genomen was de overleving van de planten op locatie B93A op +7 cm NAP significant hoger (LogRank Test,  $P < 0.01$ ) dan op +1.5 cm NAP. Op locatie B93B was dit ook het geval (LogRank Test,  $P < 0.01$ ).

### 3.1.5 Zeegrasbedekking

De zeegrasbedekking lag voor alle locaties tussen de 5 en 66 % (Fig. 3.4). De hoogste zeegrasbedekkingen werden op de locaties B99A en B93B gevonden, die onderling niet significant verschilden (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ). De zeegrasbedekking op locatie B99A was significant hoger (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ) dan op locatie B99B. Op locatie B93 werden, met uitzondering van de lage plek op B93B (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ), geen significante verschillen (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ) tussen de grote en de kleine plots gevonden. Bovendien was de zeegrasbedekking op de hogere locaties op B93 significant hoger dan op de lagere locaties (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ).



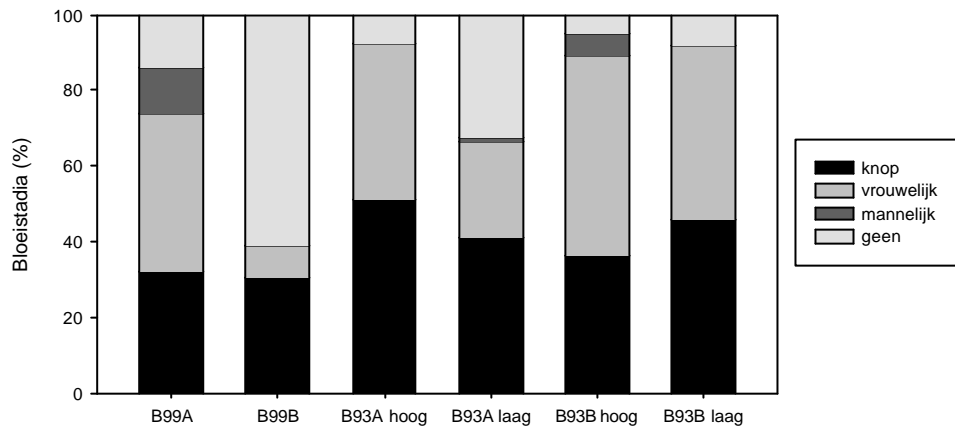
Figuur 3.4 Percentage zeegrasbedekking op de locaties B99, B93A en B93B eind augustus 2004. De B93 locaties worden per aanplantdiepte weergegeven. Donkere en lichte staven representeren grote (61 planten) en kleine plots (37 planten). Voor locatie B99 geeft de linker staaf locatie A weer en de rechter staaf locatie B.



Figuur 3.5 Percentage generatieve scheuten t.o.v. totaal aantal scheuten per plant op de locaties B99 en B93 eind augustus 2004.

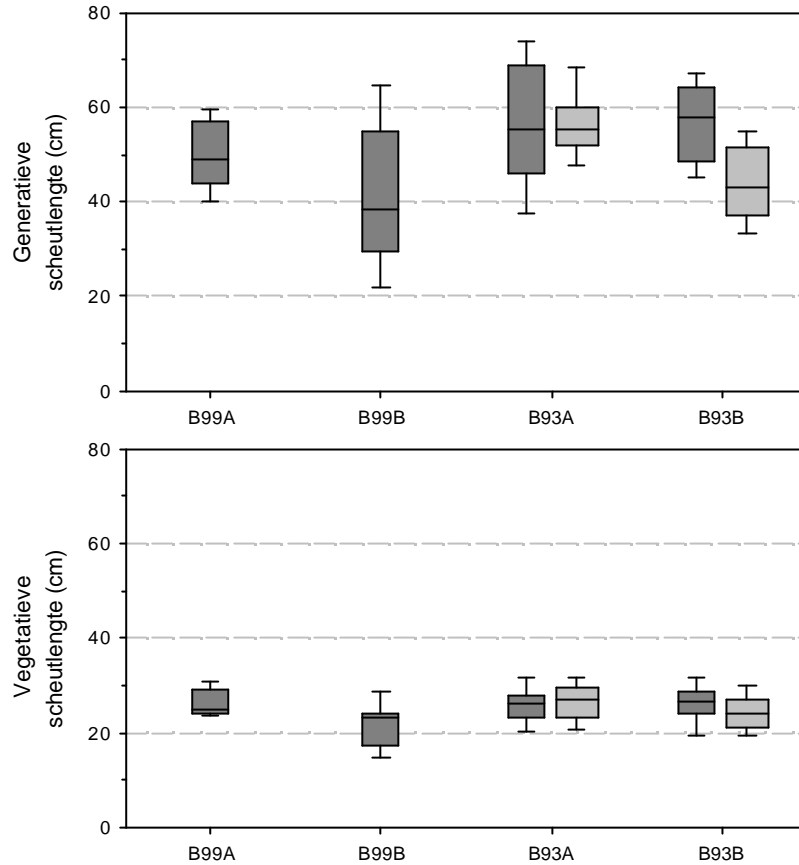
### 3.1.6 Generatieve scheuten

Het aantal generatieve scheuten per plant lag bijna overal tussen de 20 en 35 % (Fig. 3.5). Alleen op locatie B99B werd een zeer variabel percentage generatieve scheuten waargenomen, hetgeen hoofdzakelijk verklaard kan worden door de kleine planten aldaar. Op locatie B93A werden op de hoge plekken significant meer generatieve scheuten gevonden dan op de lager gelegen plekken (Mann Whitney U-test,  $P < 0.05$ ). Dit was op locatie B93B niet het geval.



Figuur 3.6 Percentage van planten per plot zonder generatieve scheuten of met generatieve scheuten in knop of met vrouwelijke of mannelijke bloeiwijze eind augustus 2004 per aanplantlocatie.

Naast het aantal generatieve scheuten per plant (Fig. 3.5) werden tevens alle planten per plot ingedeeld volgens het ontwikkelingsstadium van de generatieve scheuten (Fig. 3.6). Het hoogste percentage planten per plot met generatieve scheuten was 95 % en werd op locatie B93B gevonden (Fig. 3.6). Locatie B99B had het laagste percentage planten met generatieve scheuten van 40 %. Het verst ontwikkeld waren de generatieve scheuten op locatie B99A waar 12 % reeds mannelijke bloeiwijze vertoonden. Ook op de hoge locatie B93B werd de mannelijke bloeiwijze waargenomen.



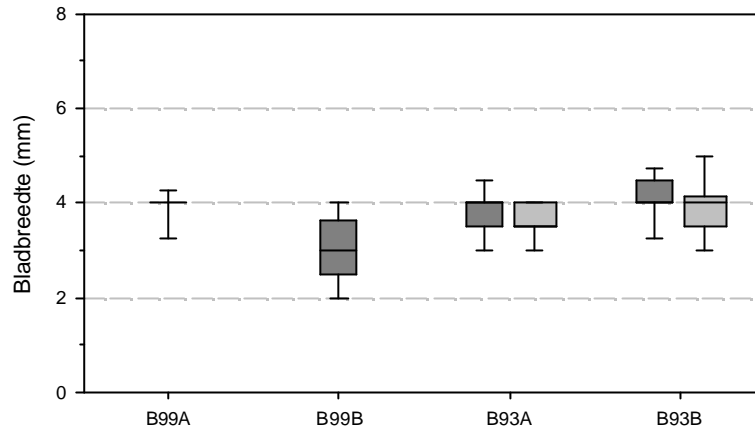
Figuur 3.7 Scheutlengte (cm) op de locaties B99A, B99B, B93A en B93B in september 2004. Donkere en lichte staven representeren hoge en lage aanplantlocaties.

### 3.1.7 Scheutlengte en -breedte

De lengte van de generatieve scheuten lag tussen 40 en 60 cm lengte, terwijl de lengte van vegetatieve scheuten op alle locaties tussen 15 en 30 cm lag (Fig. 3.7). De kortste generatieve scheuten, als ook de kortste vegetatieve scheuten, werden op locatie B99B gevonden. De generatieve scheuten op B93B waren significant langer op de hooggelegen locatie dan op de laaggelegen locatie (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ). Op de andere locaties was dit niet het geval. De mediaan van de lengte van de generatieve en van de vegetatieve scheuten in de Eems lag respectievelijk bij 51 en 29 cm.

De bladbreedte van de vegetatieve scheuten lag op alle locaties behalve B99B tussen 3 en 5 mm (Fig. 3.8). Op locatie B99B waren ze iets smaller met een mediaan van 3 mm. Er werd geen verschil in bladbreedte tussen hoog en laag gelegen aanplantlocaties waargenomen (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ). De mediaan van de breedte van de bladeren in de Eems was 3 mm.





Figuur 3.8 Breedte (mm) van vegetatieve bladeren op de locaties B99 en B93 eind augustus 2004. Donkere en lichte staven representeren respectievelijk hoge en lage aanplantlocaties.

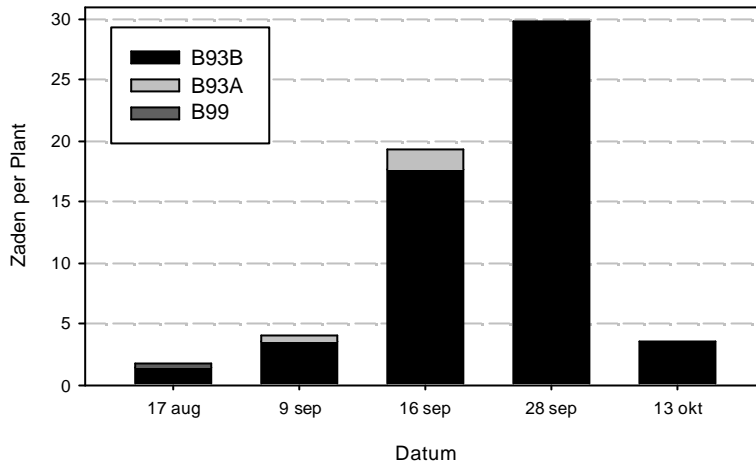
De lengte van de vegetatieve scheuten van het natuurlijke “oude” veld op locatie B99 had een mediaan van 35 cm en was significant groter (Mann-Whitney U,  $P < 0.05$ ) dan bij de getransplanteerde planten. De breedte van deze scheuten had een mediaan van 4 mm. Deze waarde was vergelijkbaar met die van de aanplantlocatie B99A (Fig. 3.8). Ook de generatieve scheuten van de planten in het natuurlijke “oude” veld van B99 waren significant langer (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ) met een mediaan van 78 cm, dan de getransplanteerde planten op deze locatie. Hierbij moet echter wel bedacht worden dat dit twee zeer goed ontwikkelde planten betrof .

### 3.1.8 Zaadtellingen

Gedurende de periode van observatie van de zaadontwikkeling waren alleen op locatie B93B op alle data bloeiende planten aanwezig om zaadtellingen uit te kunnen voeren. Op locatie B93A was dit alleen van 17 augustus tot 16 september het geval en op locatie B99 alleen op 17 augustus. Op deze beide laatstgenoemde locaties was de zaadproductie relatief laag met 1 à 2 zaden per plant (Fig. 3.9). Op 28 september werd op locatie B93B een optimum in de zaadproductie van 30 zaden per plant waargenomen.

In de Eems werden op 8 september gemiddeld 9 zaden per plant gevonden, terwijl één dag later bij locatie B93B op het Balgzand een waarde van 3 zaden per plant werd gevonden. Dit verschil was niet significant (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ).

Het totaal aantal zaden binnen de aanplantlocaties op het Balgzand werd berekend door het aantal zaden per plant met het totaal aantal aanwezige planten te vermenigvuldigen voor de 5 waarnemingsdata. Dit leverde de volgende reeks op: 503, 1067, 4292, 10390 en 580 zaden. Het totaal aantal zaden bedraagt dus tenminste 10390 stuks.



Figuur 3.9 Zaadproductie per plant op 3 locaties waargenomen van 17 augustus tot 13 oktober 2004.

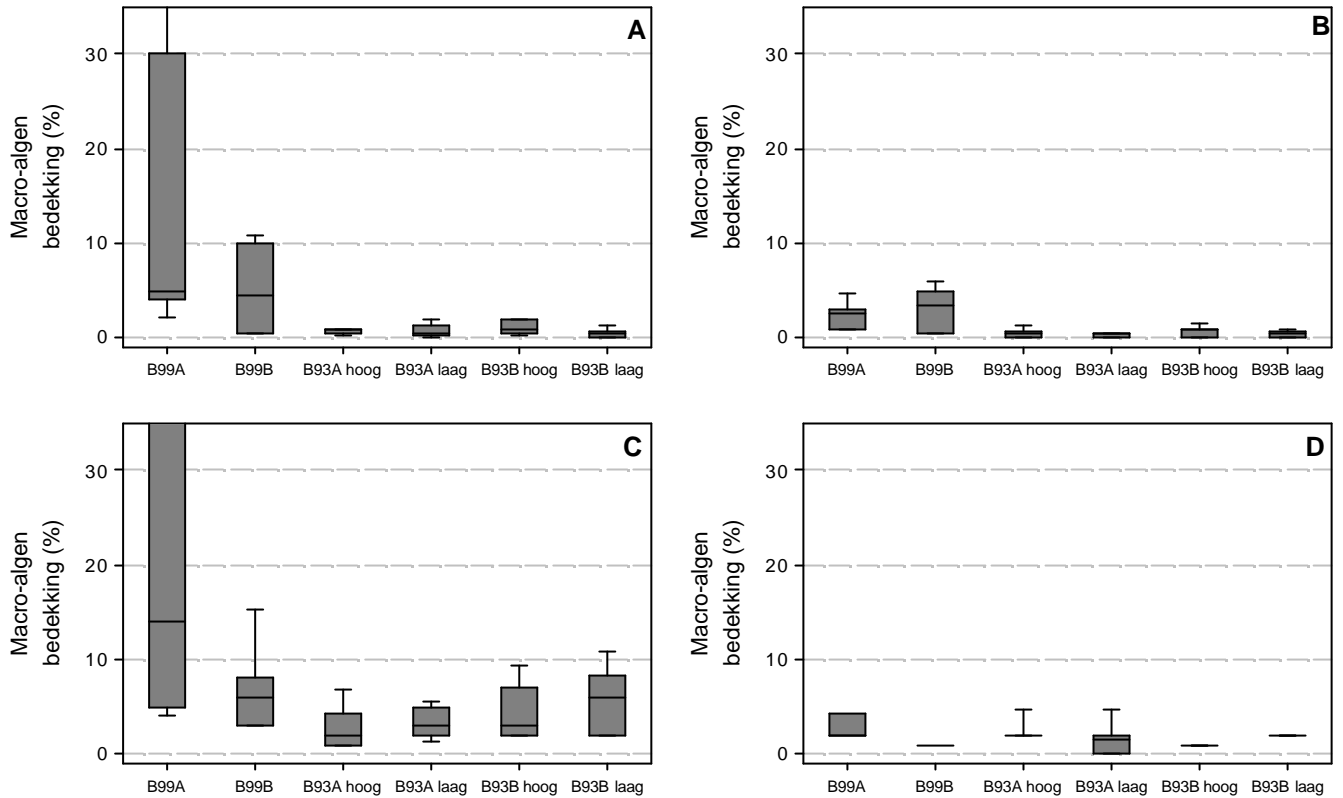
### 3.1.9 Epifytenbedekking

De epifytenbedekking op de bladeren was in augustus 2004 overall lager dan 5 %. Op locatie B99 lag de mediaan van de epifytenbedekking rond 3 %, terwijl deze op locatie B93 rond 1 % lag. Er werden geen significante verschillen waargenomen (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ).

## 3.2 Macro-algen

Het percentage macro-algenbedekking bleek tijdens alle waarnemingen op locatie B99 hoger dan op locatie B93 (Fig. 3.10). In juni lag de mediaan van de macro-algenbedekking op B99 met 5 % significant hoger (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ) dan op B93 met een waarde van ongeveer 1 %. Op locatie B99 werd er in zowel juni als juli 2004 een significant hogere macro-algenbedekking gevonden (Mann-Whitney U,  $P < 0.05$ ) dan op locatie B93. Locatie B99 werd in alle onderzochte maanden gekenmerkt door een hoge variatie in macro-algenbedekking met in augustus een bedekking van 100 %. De mediaan van de macro-algenbedekking op locatie B93 was relatief stabiel en bereikte een maximum van 6 % in de maand augustus. Er werd geen verschil tussen binnen en buiten de plots gevonden (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ). Op de Hond/Paap in de Eems was de macro-algenbedekking in september ongeveer 1 %.

De vier meest voorkomende genera, in volgorde van dominantie, waren: Zeesla (*Ulva spp.*), Knoopwier (*Gracilaria spp.*), Draadwier (*Chaetomorpha spp.*) en Darmwier (*Enteromorpha spp.*). Op locatie B99A waren daarbij zowel Zeesla als ook Knoopwier dominant, terwijl het op locatie B99B m.n. Zeesla was. Alle bovengenoemde soorten werden in geringe gelijke dichtheden op locatie B93 gevonden.



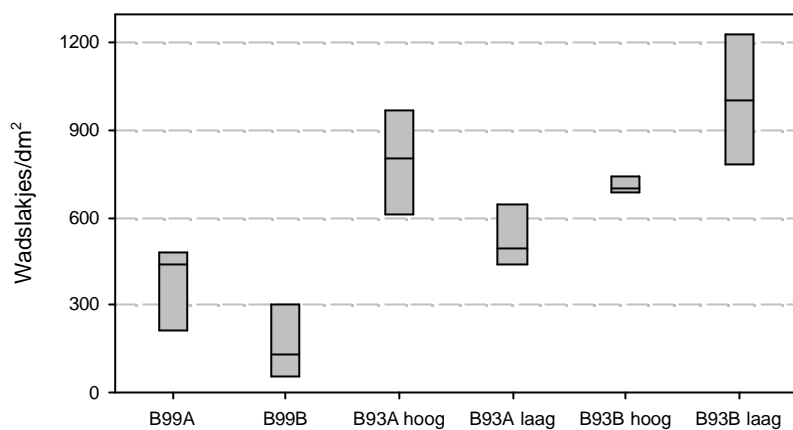
Figuur 3.10 Percentage macro-algenbedekking binnen de plots op de locaties B99 en B93 op 22 juni (A), 15 juli (B), 17 augustus (C) en 15 september 2004 (D).

### 3.3 Fauna

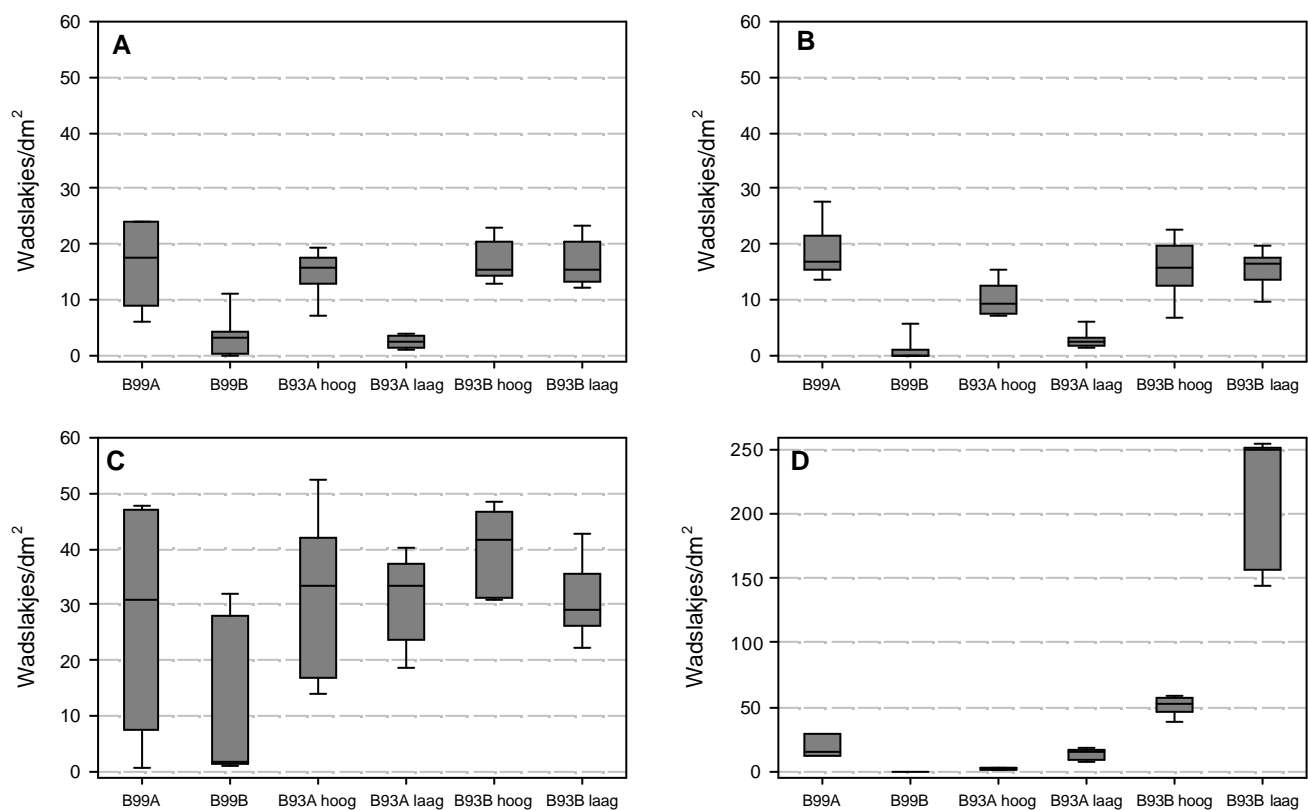
#### 3.3.1 Grazers

Het aantal wadslakjes per  $\text{dm}^2$ , geteld in steekbuismonsters in augustus, was op locatie B99 significant lager (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ) dan op locatie B93 (Fig. 3.11). Op B99 werden dichtheden van 100 tot 500 individuen/ $\text{dm}^2$  gevonden terwijl op B93 dichtheden van 500 tot 1200 individuen/ $\text{dm}^2$  werden gevonden. Opvallend was het grote aantal zeer kleine wadslakjes in deze monsters. De dichtheden verschilden niet significant voor de hoogte van de plots (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ).

Het aantal wadslakjes, als resultaat van de kwadraattellingen, lag in juni en juli op alle locaties tussen 10 en 20 individuen/ $\text{dm}^2$  (Fig. 3.12), alleen op locatie B99B en B93A-laag was dit significant lager (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ). In augustus lagen de dichtheden gemiddeld hoger dan in de maanden daarvoor met een maximum van rond de 50 wadslakjes/ $\text{dm}^2$ . De laagste dichtheden werden nu alleen op B99B gevonden. In september lagen de dichtheden weer iets lager. Echter, op locatie B93B werden toen juist extreem hoge dichtheden van meer dan 250 individuen/ $\text{m}^2$  waargenomen. Omdat er geen significante verschillen (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ) tussen dichtheden binnen en buiten de plots waargenomen werden, worden de resultaten hier gebundeld gepresenteerd. In de Eems werd op 8 september een mediaan van 22 wadslakjes/ $\text{dm}^2$  gevonden.



Figuur 3.11 Wadslakjesdichtheid buiten de plots (individuen/dm<sup>2</sup>) in augustus 2004 op de verschillende aanplantlocaties als resultaat van steekbuizenbemonstering.



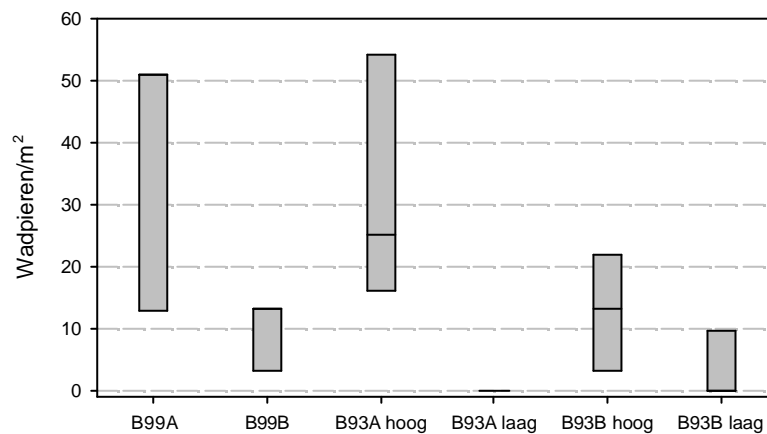
Figuur 3.12 Wadslakjesdichtheid (individuen/dm<sup>2</sup>) op de verschillende aanplantlocaties als resultaat van kwadraattellingen op 22 juni (A), 15 juli (B), 17 augustus (C) en 15 september 2004 (D).

Bij het tellen van de wadslakjes m.b.v. een kwadraat werden aanzienlijk lagere dichtheden gevonden dan m.b.v. de steekbuizen (vergelijk Fig. 3.11 met Fig. 3.12C).

Alikruiken werden m.b.v. van de steekbuis methode niet gevonden. Met de kwadratenmethode werden alleen op locatie B99 in juli en augustus alikruiken gevonden. De alikruikendichtheden waren op locatie B99A respectievelijk 26 en 30 individuen/m<sup>2</sup> en op locatie B99B 0,8 en 0,7 individuen/m<sup>2</sup>. De alikruiken werden telkens op de planten waargenomen en niet op het sediment. Op de Hond/Paap werden in september geen alikruiken waargenomen.

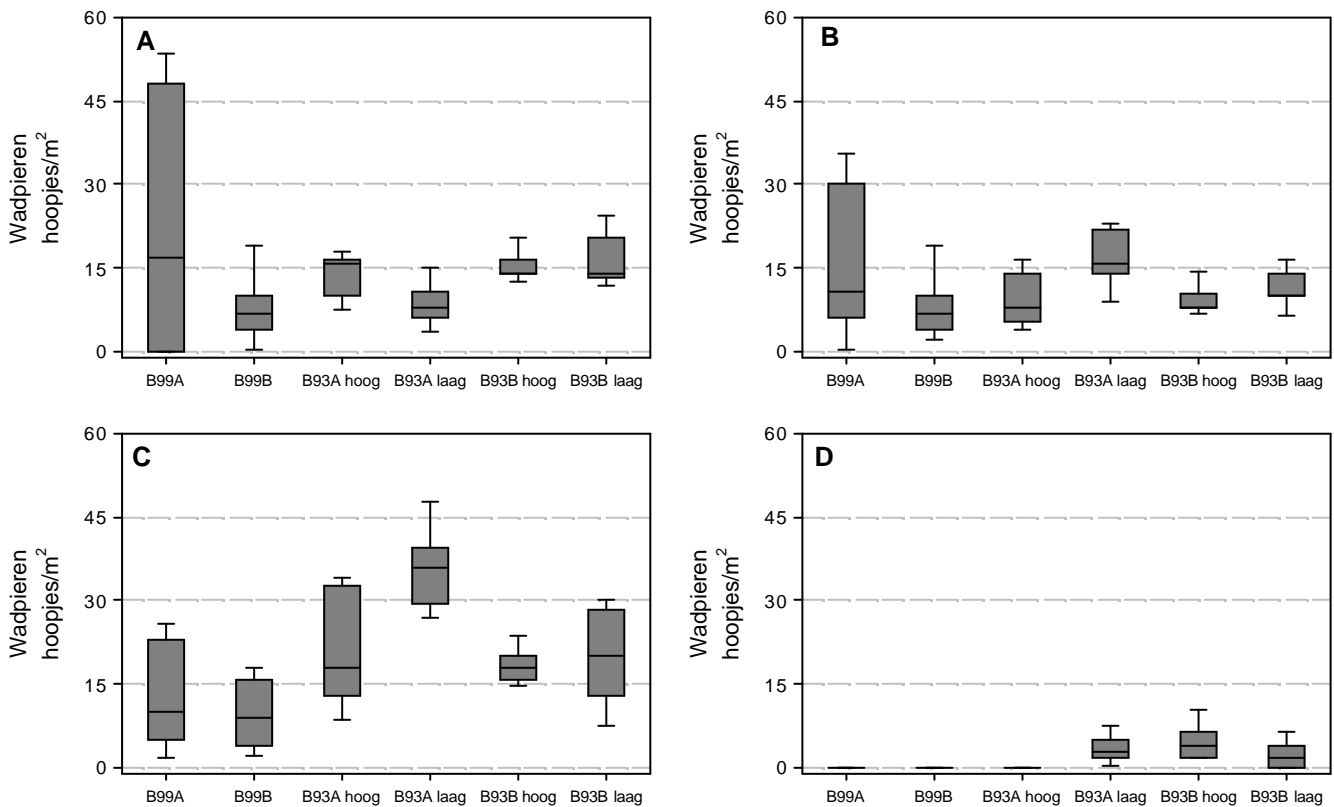
### 3.3.2 Wadpieren

De wadpierendichtheid was op zowel locatie B99A als op B93A het hoogst met een maximum van 54 individuen/m<sup>2</sup> (Fig. 3.13). De wadpierendichtheden op locatie B99B en B93B lagen tussen 0 en 20 individuen/m<sup>2</sup>. Er werden op locatie B93 significant meer wadpieren gevonden op de hoger gelegen plots dan op de lager gelegen plots (Mann-Whitney U,  $P < 0.05$ ).

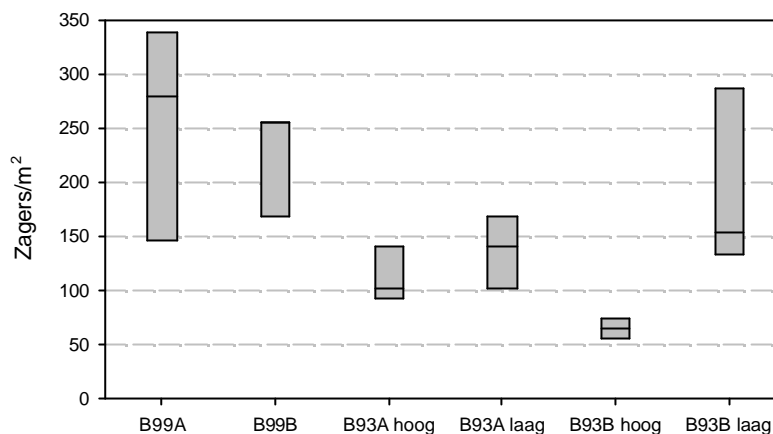


Figuur 3.13 Wadpierendichtheid (individuen/m<sup>2</sup>) op de verschillende aanplantlocaties in augustus 2004.

Dichtheden van wadpieroepjes binnen en buiten de plot waren niet significant verschillend (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ) en worden hier daarom gebundeld gepresenteerd (Fig. 3.14). In zowel juni als juli werden de grootste dichtheden aan wadpieroepjes op locatie B99A gevonden, echter ook de variatie per plot was op deze locatie het grootst. Op de andere locaties lag het gemiddelde rond de 10 wadpieroepjes per  $m^2$ . In augustus hadden juist de locaties op B93 hogere dichtheden wadpieroepjes met dichtheden tussen 15 en 40 per  $m^2$ . In september werden slechts enkele oepjes gevonden op locatie B93. In de Eems werd een mediaan van 8 wadpieroepjes per  $m^2$  gevonden.



Figuur 3.14 Wadpieroepdichtheid (hoopjes/ $m^2$ ) op de verschillende aanplantlocaties als resultaat van kwadraattellingen in juni (A), juli (B), augustus (C) en september 2004 (D).



Figuur 3.15 Zagersdichtheid (individue/m<sup>2</sup>) op de verschillende aanplantlocaties in augustus 2004

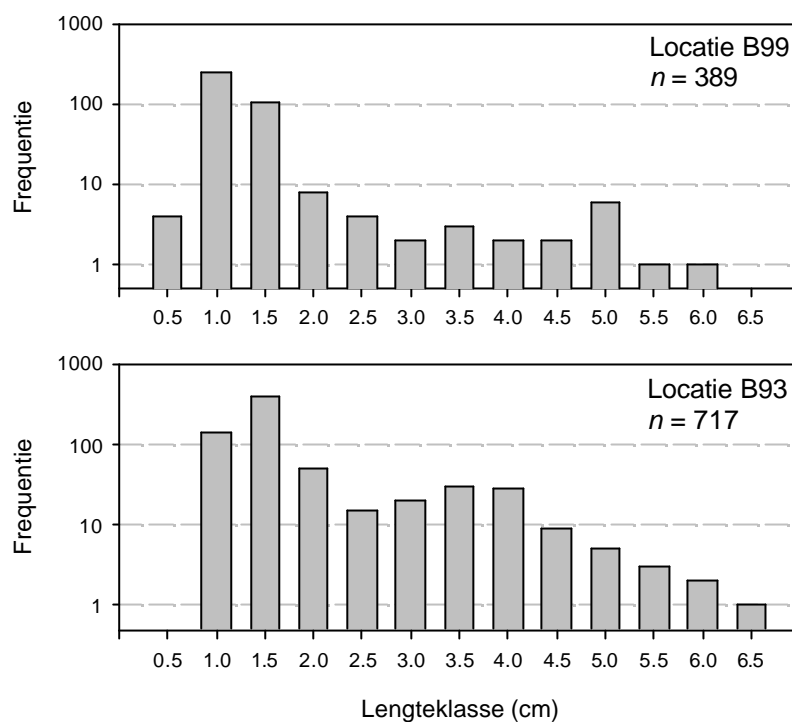
### 3.3.3 Zagers

De dichtheid van de zagers op het Balgzand lag grofweg tussen de 50 en 350 individuen/m<sup>2</sup> (Fig. 3.15). De hoogste zagersdichtheid met een mediaan van 280 individuen/m<sup>2</sup> werd op locatie B99A gevonden. De dichtheden op de B93 locaties waren significant lager dan op de B99 locaties (Mann-Whitney U,  $P < 0.05$ ). De laagste zagersdichtheid met een mediaan van 65 individuen/m<sup>2</sup> werd op hooggelegen locatie B93B gevonden. Deze waarde was significant lager dan bij alle andere locaties op het Balgzand (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ).

### 3.3.4 Krabben

De dichtheden van strandkrabben waren respectievelijk 4,9 en 1,8 individuen per m<sup>2</sup> op de locaties B99 en B93. Vooral de lengteklassen kleiner of gelijk aan 2,0 cm (gebaseerd op carapax lengte) bleken op beide locaties sterk vertegenwoordigd te zijn (Fig. 3.16). Op locatie B99 werden slechts enkele grotere dieren gevangen, terwijl op locatie B93 juist een tweede piek bij 3,5 en 4 cm in de lengteverdeling werd gevonden. Het grootste individu met een carapax van 6,5 cm werd op locatie B93 waargenomen.

Het aantal krabben dat bij laag water visueel werd waargenomen was uiterst gering. In juni werd geen enkele krab waargenomen, terwijl in juli in slechts één plot op B93 een krab werd gevonden. In augustus werden op locatie B99 en B93 in totaal 2 respectievelijk 6 krabben gevonden.



Figuur 3.16 Aantal strandkrabben per lengteklasse (cm) verzameld op  $\pm 100 \text{ m}^2$  op de aanplantlocaties in augustus 2004

### 3.3.5 Rotganzen

Rotganzen werden vanaf 19 april 2004 bij het Balgzand waargenomen. Op deze datum werden ongeveer 90 rotganzen binnendijks langs het kanaal ter hoogte van het Kooyhoekschor geteld. Op 20 april werden ongeveer 200 rotganzen op het Kooyhoekschor waargenomen, terwijl op het wad bij locatie B93 een groepje van 12 rotganzen werd gezien. Op 19 mei werden 3 groepjes van in totaal 60 rotganzen waargenomen op het wad bij locatie B99. De laatste waarneming van een groep van 100 rotganzen werd op 21 mei 2004 waargenomen binnendijks langs het kanaal. Eerder in het seizoen foerageerden regelmatig Bergeenden op het Balgzand bij de aanplantlocaties.

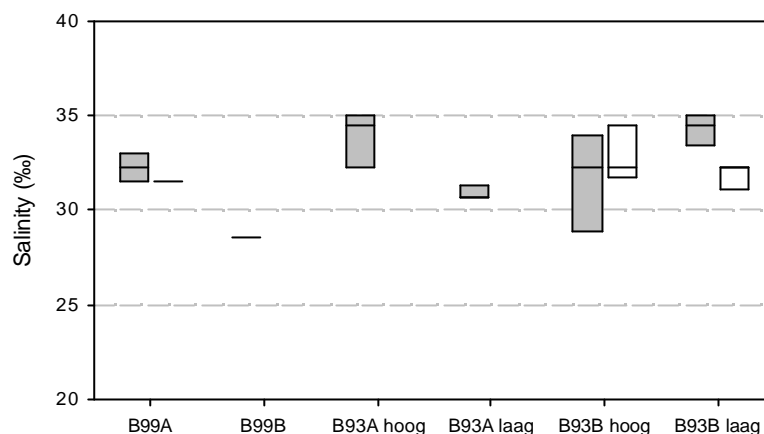
## 3.4 Bodemwater

Op de locaties B99B en B93A konden door opkomend tij geen bodemwatermonsters buiten de plots verzameld worden.

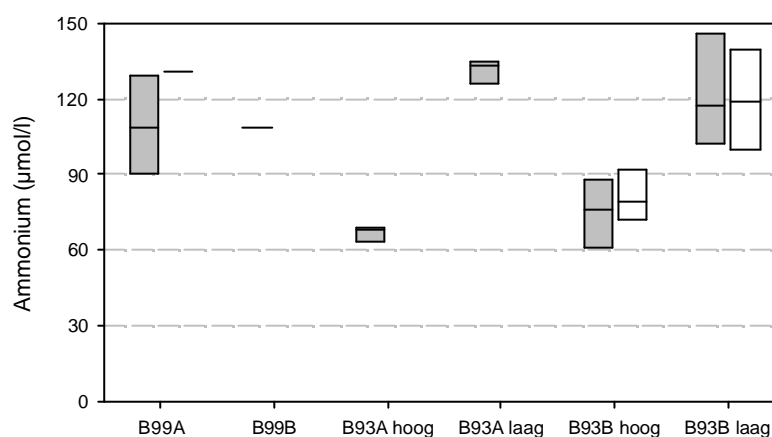
### 3.4.1 Saliniteit

De saliniteit van het bodemwater lag op bijna alle locaties tussen 28 en 35 ‰ (Fig. 3.18). Op de lage locatie B93B werd binnen de plots een significant hogere saliniteit in het bodemwater gevonden (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ) dan buiten de plots. In de Eems werd een mediaan van 28 ‰ gevonden.





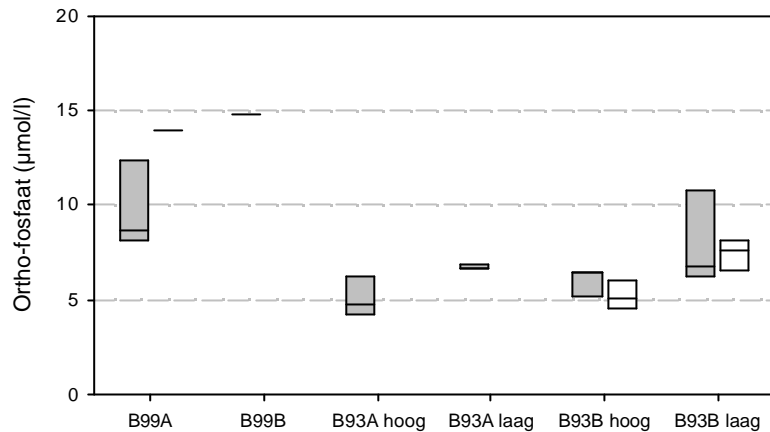
Figuur 3.18 Saliniteit (‰) van bodemwater op de verschillende aanplantlocaties in augustus 2004; binnen (grijs) en buiten (wit) de plots.



Figuur 3.19 Ammoniumconcentraties ( $\mu\text{mol/l}$ ) op de verschillende aanplantlocaties in augustus 2004; binnen (grijs) en buiten (wit) de plots.

### 3.4.2 Ammonium en fosfaat

De ammoniumconcentraties verschillen aanzienlijk per locatie (Fig. 3.19). Op locatie B99 werden zowel bij A als bij B concentraties tussen 90 en 130  $\mu\text{mol/l}$  gevonden. Significante verschillen tussen binnen en buiten de plots werden niet gevonden (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ). Wel waren de ammoniumconcentraties in de lager gelegen plots op locatie B93 significant hoger dan in de hoger gelegen plots (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ). In de lagere plots lag de ammoniumconcentratie rond 120  $\mu\text{mol/l}$  terwijl dit in de hoger gelegen plots tussen 70 en 80  $\mu\text{mol/l}$  lag. In de Eems werd een mediaan van 71  $\mu\text{mol/l}$  gevonden.



Figuur 3.20 Ortho-fosfaatconcentraties ( $\mu\text{mol/l}$ ) op de verschillende aanplantlocaties in augustus 2004; binnen (grijs) en buiten (wit) de plots.

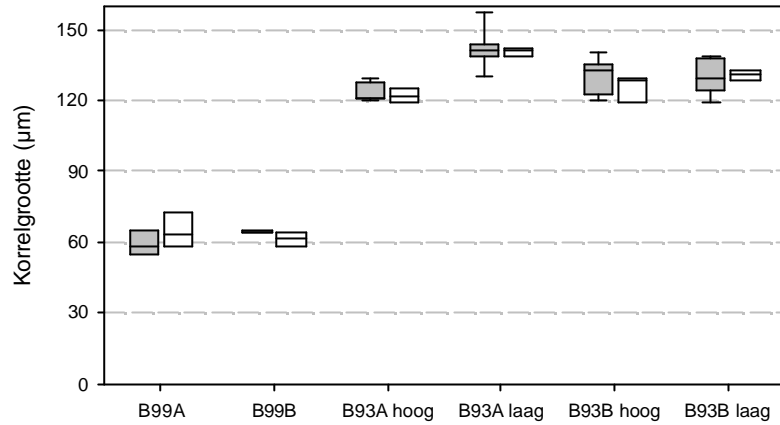
De hoogste ortho-fosfaatconcentraties variërend tussen 8 en 15  $\mu\text{mol/l}$  werden op locatie B99 gevonden (Fig. 3.20). Op locatie B93 waren de ortho-fosfaatconcentraties relatief constant met een mediaan tussen 5 en 7  $\mu\text{mol/l}$ . Er werden geen significante verschillen in ortho-fosfaatconcentraties binnen en buiten de plots gevonden (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ). In de Eems werd een mediaan van 13  $\mu\text{mol/l}$  gevonden.

### 3.5 Sediment

#### 3.5.1 Korrelgrootte

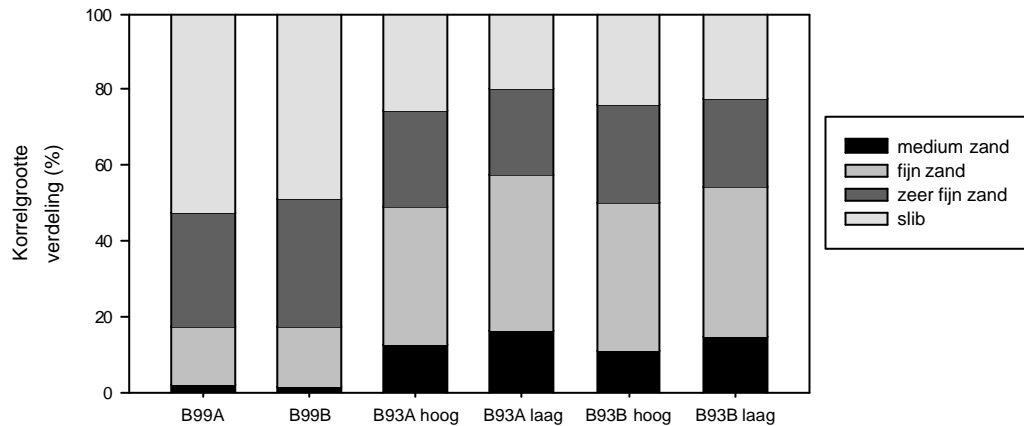
De korrelgrootte van de sedimentmonsters was op de locaties B99A en B99B niet significant verschillend (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ) en lag, zowel binnen als buiten de plots, rond de 60  $\mu\text{m}$  (Fig. 3.21). Bij locatie B93 lag de mediaan significant hoger dan bij locatie B99 (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ) en wel ruim tweemaal zo hoog tussen 120 en 140  $\mu\text{m}$ . Significante verschillen tussen grote en kleine plots werden niet gevonden (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ). Wel werd er op de lage B93A locatie, zowel binnen als buiten de plots, een significant hogere korrelgrootte (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ) dan op de hoger gelegen B93A locatie gevonden. Op de Hond/Paap lag de korrelgrootte van het sediment bij 103  $\mu\text{m}$ .

Het sediment op de B99 locaties bestond voor 50 % uit slib (Fig. 3.22), terwijl dit op B93 significant lager was (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ) met een waarde van ongeveer 25 %. Bovendien was het aandeel zeer fijn zand significant hoger op locatie B99 dan op B93 (Mann-Whitney U,  $P < 0.05$ ). Verschillen tussen de aanplantplekken op de 2 locaties onderling waren niet aanwezig (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ). Op de locatie B93 was zowel het aandeel fijn zand als ook medium zand significant hoger dan op locatie B99 (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ). Op locatie B93 werden tevens verschillen tussen de hoge en lage locaties gevonden. Op de hooggelegen locaties was het aandeel van slib en zeer fijn zand significant hoger (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ), terwijl het aandeel van fijn zand en medium zand op de laaggelegen locaties significant hoger was (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ).



Figuur 3.21 Korrelgroottemediaan ( $\mu\text{m}$ ) van het sediment op de verschillende aanplantlocaties in augustus 2004; binnen (grijs) en buiten (wit) de plots.

In het natuurlijke veld op de Hond/Paap maakte het aandeel van slib, zeer fijn zand en fijn zand respectievelijk 20, 47 en 32 % van het totaal uit. Het aandeel van het medium zand was hier slechts 1 %.



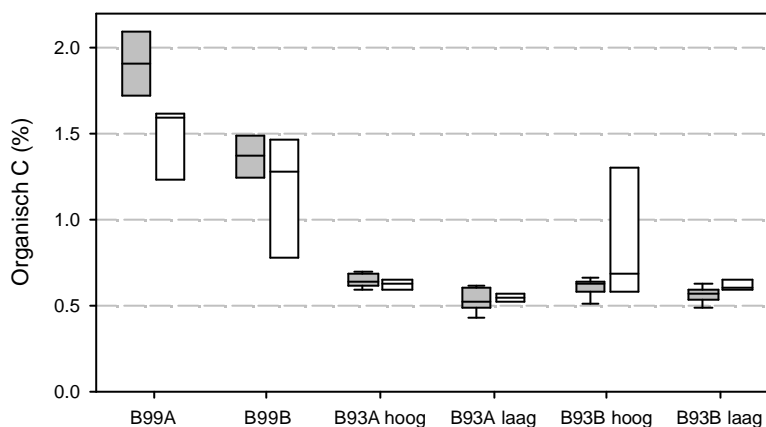
Figuur 3.22 Verdeling van de korrelgrootte van het sediment in vier categorieën (slib, zeer fijn zand, fijn zand en medium zand) op de verschillende aanplantlocaties in augustus 2004.

### 3.5.2 Organisch koolstofgehalte

Het organisch koolstofgehalte lag op locatie B99 significant hoger (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ) dan op locatie B93 (Fig. 3.23). De mediaan van het organisch koolstofgehalte lag op locatie B99A binnen de plots (1,9 %) bovendien significant hoger (Mann-Whitney U,  $P < 0.01$ ) dan buiten de plots (1,6 %). Op andere locaties werden geen significante verschillen tussen binnen en buiten de plots gevonden (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ). Op locatie B99B lag de mediaan bij 1,3 %.

Op de locaties B93 werd een organisch koolstofgehalte van ongeveer 0,6 % gevonden (Fig. 3.23). Opvallend was een uitschieter van 1,3 % op de hoger gelegen aanplantlocatie op B93B.

Het organisch koolstofgehalte in het natuurlijk veld op de Hond/Paap in de Eems lag met 0,4 % net iets lager dan de gehalten op locatie B93 op het Balgzand. Dit verschil was niet significant (Mann-Whitney U,  $P > 0.05$ ).



Figuur 3.23 Organisch koolstof (%) van het sediment op de verschillende aanplantlocaties in augustus 2004; binnen (grijs) en buiten (wit) de plots.

## 4. Discussie

### 4.1 Zeegrasaanplant

De overleving van de aanplant in 2004 was, m.n. op locatie B93, relatief goed gedurende het groeiseizoen. Eind september stond op plek B van deze locatie nog ruim 50 % van het aantal getransplanteerde planten (Fig. 3.1). In 2004 overleefden de planten op locatie B99 met een overleving van 45 % in augustus minder goed dan in het voorgaande jaar (65 % overleving). Net als in het voorgaande jaar bleken de twee sublocaties B99A en B99B zich verschillend te ontwikkelen. Dit verschil kwam niet duidelijk naar voren in de overleving van de planten (Fig. 3.1), maar door de significant lagere zeegrasbedekking op locatie B99B (5 % versus 60 % op locatie B99A).

Er werd geen verschil in overleving tussen plots van verschillende grootte op locatie B93 waargenomen (Fig. 3.2). Wel bleek de aanplantdiepte een significante invloed op de overleving te hebben, zelfs binnen de uit eerder onderzoek gebleken veilige range (van Katwijk 2000). Planten die bij +7,0 cm NAP werden geplaatst overleefden over het hele seizoen genomen significant beter dan planten bij +1.5 cm NAP. Echter, het verschil in overleving bedroeg gedurende het gehele seizoen slechts 10 % of minder (Fig. 3.3). De overleving op de lage locatie bij B93B was bijvoorbeeld in september nog ruim 40 %. Ook werden bij B93 een significant hogere zeegrasbedekking en significant meer generatieve scheuten gevonden op de hoger gelegen locaties dan op de lagere locaties. Deze verschillen zijn mogelijk terug te voeren op een langere blootstelling aan de getijdenstromingen op de lager gelegen locaties.

Verschillen tussen de locaties B99A en B99B zijn waarschijnlijk niet op de hoogte van de locaties terug te voeren aangezien de variatie in diepte op deze plekken zeer hoog was (Tabel 2.1). Er bestaat dan ook geen significant verschil in diepte tussen de aanplantplekken op B99A en B99B.

De hoge overleving en de goede ontwikkeling van de planten op locatie B93, lijkt een goede basis te zijn voor een populatieontwikkeling in het komende jaar. Echter, in 2003 werd ook een goede ontwikkeling van de planten waargenomen (zonder waarneming van rijpe zaden), maar kieming in het voorjaar van 2004 was zeer laag. Ook in 1993 werd op deze locatie een transplantatie uitgevoerd (vandaar de naam "B93") met succesvolle ontwikkeling van de planten zonder dat daar in het volgende voorjaar, vermoedelijk door voortijdige kieming van het zaad, planten ontwikkelden (van Katwijk & Hermus 2000).

Om dit proces beter te kunnen volgen en beschrijven werd in 2004 een intensieve zaadtelling gedurende meerdere weken uitgevoerd. In de maanden augustus, september en oktober werd het totaal aantal aanwezige zaden voor het Balgzand op tenminste 10.390 geschat. De meeste zaden werden op locatie B93 gevonden, hetgeen kieming in het voorjaar van 2005, mits omgevingsfactoren gunstig zijn, mogelijk zou moeten maken.

In de resultatenrapportage 2002 werd reeds het vermoeden geuit (van Pelt *et al.* 2003) dat zich op locatie B99 een relatief stabiele vestiging van Groot Zeegras op het Balgzand gevormd had, sinds hier zaadstengels werden neergelegd in december 1998. Het zeegrasveldje van 5,1 ha (met ca. 800 planten) dat in 2003 op deze locatie werd waargenomen (Bos *et al.* 2004), had zich in 2004 weer gereduceerd tot 51 planten. Dit aantal is hoger dan de 26 planten die in 2002 werden gevonden. Vermoedelijk zijn er

onvoldoende zaden geproduceerd in de zomer van 2003. Als er echter voldoende zaad was geproduceerd in 2003 had het aantal planten in 2004 veel hoger kunnen zijn. Mogelijk heeft hier het voortijdig afsterven van de planten in 2003, vermoedelijk veroorzaakt door macro-algen afbraak, een grote invloed gehad. Het verlies van nog onrijpe zaden zou dan de grote teruggang van de populatie kunnen verklaren. Aangezien in 2004 opnieuw grote hoeveelheden macro-algen op deze locatie te vinden waren en planten ook vroeg in het najaar verdwenen, zou de kieming in 2005 opnieuw laag kunnen uitvallen.

Op locatie B99C zijn extra zaden op geschikt geachte locaties aangebracht om de aanplanten nog verder te ondersteunen.

## **4.2 Biologische omgevingsfactoren**

### **4.2.1 Macro-algen**

Het aanspoelen van macro-algen op locatie B99, hetgeen door van Pelt *et al.* (2003) reeds werd beschreven, speelde ook in 2004 een rol. Vooral locatie B99A had in juni en augustus zwaar te lijden onder grote massa's macro-algen (Fig. 3.10), m.n. zeesla. Eén plot verdween dan ook geheel onder deze massa en werd ook later niet meer teruggevonden. Dat in juli geen macro-algen op de plots werden waargenomen, had er mogelijk mee te maken dat de algenmassa zich afhankelijk van wind en stroming verplaatste. Zo leken er in deze maand geen algen aanwezig te zijn, maar ze lagen enkele honderd meters ten zuiden en ten oosten van de aanplantlocaties. Ondanks de slechte overleving op locatie B99B had deze locatie minder last van de macro-algen.

Het feit dat de planten op locatie B93 zich tot aan het inzetten van de herfst konden handhaven (Fig. 3.1) zou mede veroorzaakt kunnen zijn door de relatief gunstige omstandigheden wat betreft de macroalgenontwikkeling. De bedekking van de macro-algen op locatie B93 was het hoogst in augustus tot maximaal 10 % (vergelijk 100 % bij B99A).

### **4.2.2 Fauna**

Rotganzen waren in ieder geval van 20 april tot eind mei op het Balgzand aanwezig. Gedurende deze periode verdwenen regelmatig planten, die eerder in het seizoen gelokaliseerd waren. Het lijkt mogelijk te zijn dat rotganzen toevallig op locatie B99 waren en zich aan enkele planten te goed gedaan hebben. Echter, het verdwijnen van de planten die overwinterden op locatie B93, kan waarschijnlijk niet door rotganzen veroorzaakt zijn, omdat ze zich op dat moment nog niet rond en op het wad van het Balgzand ophielden. Wel werden foeragerende Bergeenden op deze locatie waargenomen die door in het sediment te wroeten de planten los gemaakt zouden kunnen hebben zodat die vervolgens wegspoelden.

Wadslakjes kwamen in zeer hoge dichtheden voor (Fig. 3.11) in vergelijking tot waarnemingen in 2003 (Bos *et al.* 2004, Bos *et al.* submitted). Vele juveniele wadslakjes in de monsters van de steekbuizen m.n. op locatie B93 staven deze hoge dichtheden. Dit zou de verschillen tussen de waarnemingen met steekbuizen en de kwadraattellingen kunnen verklaren (Fig. 3.12); de juveniele wadslakjes werden in het veld waarschijnlijk niet waargenomen. Bovendien is het vrijwel onmogelijk om met de steekbuismethode een verschil tussen levende en dode wadslakjes waar te nemen, zodat

de werkelijke dichtheid overschat zou kunnen zijn. De hoogste dichtheden wadslakjes werden gedurende het gehele seizoen en met beide methodes op locatie B93B gevonden. Dit was ook de locatie waar de planten relatief goed ontwikkelden en het langst bleven staan. Mogelijk hebben de planten van de hoge dichtheden aan wadslakjes geprofiteerd doordat deze overdadige epifytengroei, die dan ook niet werd waargenomen, verhinderden.

Zagers staan er bekend om zaden van Klein Zeegras te eten (Reise 1985, Hughes *et al.* 2000) en dit zou ook bij Groot Zeegras het geval kunnen zijn. Hoge dichtheden van zagers zouden daarom vooral in de herfst en winter van invloed kunnen zijn op de voortplanting van het zeegras. De in augustus 2004 gevonden dichtheden van ongeveer 100 tot 300 zagers/m<sup>2</sup> (Fig. 3.15) op het Balgzand waren lager dan in 2003 (Bos *et al.* 2004) en vergelijkbaar met dichtheden gevonden in 2002 (van Pelt *et al.* 2003). Aangenomen dat zagers zaad van Groot Zeegras eten, zouden deze in het voorjaar van 2004 een significant aandeel van de geproduceerde zaden tot zich genomen kunnen hebben. Dat zou de geringe opkomst deels kunnen verklaren. Een lagere dichtheid van zagers in 2004 zou dan een voorbode kunnen zijn van een goede overleving van de zaden en een rijke kieming van zaden in het voorjaar van 2005.

Krabben kunnen het sediment rond zeegras omwoelen en zo een aanplant verstoren. Echter, er moet dan sprake zijn van individuen groter dan 4 cm die voor komen in dichtheid van meer dan 1 per m<sup>2</sup> (Davis *et al.* 1998). De dichtheden van deze grotere individuen waren lager dan deze drempelwaarde (Fig. 3.16), waardoor verstoring door krabben niet is te verwachten.

### 4.3 Fysisch-chemische omgevingsfactoren

De saliniteit van het bodemwater was relatief vergelijkbaar en lag op alle locaties rond de 33 ‰ (Fig. 3.18). Deze waarnemingen werden echter éénmalig in augustus uitgevoerd en het is waarschijnlijk dat lagere of hogere waarden op andere momenten in het jaar op het Balgzand voorkomen. De nabijheid van de spuisluis Oostoever zou kortstondig lage zoutgehaltes in het oppervlaktewater kunnen veroorzaken. De spuisluis kan echter alleen bij laag water spuien en daarom zijn effecten op de saliniteit van het bodemwater op de aanplantlocaties waarschijnlijk toch minimaal. Het gespuide zoetwater zou dan eerst door de vloedstroom over het Balgzand getransporteerd moeten worden en vervolgens nog in de bodem penetreren. De waargenomen zoutgehaltes vielen weliswaar binnen de tolerantiegrenzen van Groot Zeegras (Tutin 1938, Luther 1951, Wium-Andersen & Borum 1984), maar zijn mogelijk toch aan de hoge kant voor optimale groei (van Katwijk *et al.* 1999, Kamermans *et al.* 1999). Ook eerder bestudeerde zeegraslocaties in de Nederlandse Waddenzee waren doorgaans in september en oktober wat betreft de saliniteit aan de hoge kant (van Katwijk *et al.* 2000b).

Groot Zeegras is van nature aangepast aan lage nutriëntenconcentraties (Borum *et al.* 1989, Hemminga *et al.* 1991, Pedersen & Borum 1992). Verrijking van de waterkolom met nitraat, ammonium of fosfaat kan zowel leiden tot verhoogde groei (b.v. Bohrer *et al.* 1995) als tot verminderde groei (b.v. Nelsen & Waaland 1997, van Katwijk *et al.* 1999, van Katwijk *et al.* 1997). De ammoniumconcentraties in het bodemwater op het Balgzand in 2004 lagen tussen 0 en 140 µmol/l waarbij Groot Zeegras prima kan groeien (o.a. Hemminga *et al.* 1994, van Lent & Verschuure 1994). Opvallend waren de significant hogere ammoniumgehaltes van het bodemwater op de lagere plekken bij B93

(Fig. 3.19), waar de planten minder goed overleefden en een lagere bedekking hadden. Een plausible verklaring voor dit fenomeen werd echter niet gevonden.



## 5. Conclusies & Aanbevelingen

### 5.1 Belangrijkste resultaten en conclusies van activiteiten in 2004

- De aanplanten op de locaties B93 en B99 ontwikkelden zich goed na de aanplant. De overleving van de planten was 60 en 40 % respectievelijk in augustus 2004. De meeste planten ontwikkelden zaadstengels, die vanaf eind augustus ook zaad bevatten. Op locatie B93 werden tot in oktober grote hoeveelheden rijpe zaden waargenomen, terwijl op locatie B99 rijpe zaden slechts in augustus gevonden werden; in september verdwenen de planten reeds op B99. Wat betreft de mogelijkheid tot zaadproductie is B93 dus een gunstigere plek gebleken in 2004 dan B99.
- Verschil in overleving van de aanplanten op de locaties B99A en B99B en de locaties B93A en B93B onderling, duidt op een grote variatie op kleine schaal. Het belang van risicospreiding in de ruimte en tijd werd opnieuw onderstreept.
- Aanplanten met een groter aantal planten overleefden niet significant beter dan die met minder planten. Wel werd er een significant betere overleving bij planten op +7,0 cm NAP waargenomen dan op +1.5 cm NAP. Het verschil in overleving bedroeg gedurende het gehele seizoen niet meer dan 10 %.
- Het natuurlijke “oude” veld op locatie B99 was in 2004 weer gereduceerd tot 51, waarschijnlijk uit rhizomen opgekomen planten, maar bewees opnieuw potentie voor een stabiele Groot Zeegraslocatie te hebben. Dergelijke schommelingen van populatieomvang worden ook in natuurlijke velden waargenomen ([www.zeegras.nl](http://www.zeegras.nl)).
- Macro-algen hebben mogelijk grote invloed op de overleving van planten en de zaadproductie en dus op de meerjarige overleving van een populatie. Ook zou fauna (bijvoorbeeld zagers) een rol hebben kunnen gespeeld bij de relatief lage overwintering.

### 5.2 Aanbevelingen voor activiteiten in 2005

- Voor het jaar 2005 zijn geen aanplantactiviteiten gepland. Wel is het gepland dat er een inventarisatie van het aantal planten in het voorjaar van 2005 gemaakt zal worden. Bovendien zullen kieming, maar ook eventuele voortijdige kieming, gemonitord worden.
- Het kiemproces en de ontwikkeling van zaailingen op locatie B99C zou enkele malen gemonitord moeten worden. Echter, i.v.m. broedende vogels (o.a. rodelijstsoorten) op het Kooyhoekschor is dit niet mogelijk gedurende het voorbroedseizoen en het broedseizoen zelf. In nauw overleg met de stichting LNH, de beheerder van het gebied, zouden oplossingen gezocht moeten worden om toch informatie over het zeegras op deze locatie te kunnen verzamelen.

- Gezien de invasie van de brakwater plant *Ruppia* op het Balgzand bestaat het vermoeden dat de saliniteit, van zowel het bodem- als ook het oppervlaktewater, lager wordt, dan wel sterk fluctueert. Dit zou van grote invloed kunnen zijn op de ontwikkeling en overleving van Groot Zeegras op het Balgzand. Een intensieve studie naar de seizoensontwikkeling van het zoutgehalte op het Balgzand zou opheldering kunnen geven.

## 6. Dankwoord

Om te beginnen willen wij de vele vrijwilligers en studenten bedanken, die het project vooral in het veld, maar ook in het lab, op welke wijze dan ook ondersteund hebben. Te noemen zijn: Erika van Daalen, Mara Hauck, Stephanie Nitza, Maaïke Schaap, Wouter Suykerbuyk, en Lisa Wiesmann.

Alles zou niet mogelijk zijn geweest zonder de prima samenwerking met het Landschap Noord-Holland, in het bijzonder met Do van Dijk, Ron van 't Veer en Jan Zijp. Daarnaast willen we Piet-Wim van Leeuwen bedanken voor zijn bijdrage aan het veldwerk. Henk van der Veer en Hans Witte van het NIOZ willen we bedanken voor het inzetten van hun expertise op het gebied van de krabbenbemonsteringen. Ook zijn we dank verschuldigd aan Klaas Groenveld (Informatiedienst Water RWS NH) voor het uitvoeren van alle hoogtemetingen op het Balgzand. Jelle Eygensteyn en Roy Peters (Aquatische Ecologie RU) bedanken we voor de assistentie bij het uitvoeren van de chemische analyses van het bodemwater. De afdeling Celbiologie RU stond ons toe het bodemmateriaal aldaar te vriesdrogen. Tjeerd Bouma (NIOO) en Marco Houtekamer (NIOO) maakten het mogelijk dat de bodemanalyses bij het NIOO werden uitgevoerd. Vanuit de Radboud Universiteit werden de activiteiten ondersteund door Freek Bleeker.

We willen de bemanningen van de Capella (RWS NN), de Phoca (LNV), de Regulus (RWS NN) en de Stern (NIOZ) bedanken voor hun ondersteuning bij het bereiken van de verschillende onderzoekslocaties.

Tenslotte willen we de stuurgroep van het project – Ruud Bout (RU), Zwanette Jager (RIKZ), Martine Otterman (RU), Marco van Wieringen (RWS NH) – bedanken voor hun bijdragen aan het project in 2004 (zowel tijdens vergaderingen als op het wad) en voor hun verbeteringen van en aanvullingen op een eerdere versie van dit rapport, evenals – Sytze Braaksma (LNV Directie Noord), Norbert Dankers (Alterra Texel), Art Groeneweg (AGI), Dick de Jong (RIKZ), Aante Nicolai (RWS NN), Thea Smit (RIKZ) en Jaap de Vlas (RIKZ).

## 7. Literatuur

- BLAND JM & DG ALTMAN (2004) The logrank test. *Brit Med J* 328: 1073-1073
- BLAND JM & DG ALTMAN (1998) Statistics notes: Survival probabilities (the Kaplan-Meier method). *Brit Med J* 317:1572-1580
- BOHRER T, WRIGHT A, HAUXWELL J & VALIELA I (1995) Effect of epiphyte biomass on growth rate of *Zostera marina* in estuaries subject to different nutrient loading. *Biol Bull (Woods Hole)* 189:260
- BORUM J, MURRAY L & KEMP WM (1989) Aspects of nitrogen acquisition and conservation in eelgrass plants. *Aquat bot* 35:289-300
- BOS AR, HERMUS DCR & VAN KATWIJK MM (2004) Herintroductie van *Zostera marina* in de westelijke Waddenzee (2002-2006); Resultatenrapportage 2003. Afdeling Milieukunde, Radboud Universiteit, Nijmegen. 57p.
- BOS AR, HERMUS DCR & VAN KATWIJK MM (submitted) Interactive effects of planting density, exposure and mussel bed protection on transplantation success of eelgrass (*Zostera marina* L.). *Hydrobiol*
- DAVIS RC, SHORT FT & BURDICK DM (1998) Quantifying the effects of green crab damage to eelgrass transplants. *Rest Ecol* 6:297-302
- ERFTEMEIJER PLA & JKL VAN BEEK (2004) Herstel van zeegrasvelden in de Nederlandse Waddenzee: De rol van zaadtransport. WL/Delft Hydraulics Z3756. 34p.
- GIESEN WBJT, KATWIJK MM VAN, HARTOG C DEN (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
- GOOR ACJ VAN (1919) Het zeegras (*Zostera marina* L.) en zijn betekenis voor het leven der visschen. *Rapp Verh Rijksinst Visscherij I(4):415-498*
- GROENEWEG AH (2004) Rapportage zaadplanten kartering Balgzand & Breehorn. Adviesdienst Geo-informatie en ICT. AGI/1104/GAE003.
- HARTOG C DEN & POLDERMAN PJG (1975) Changes in the seagrass populations of the Dutch Waddenzee. *Aquat Bot* 47:21-28
- HEMMINGA MM & DUARTE C (2000) Seagrass Ecology. *Cambridge University Press*, 298 pp
- HEMMINGA MA, KOUTSTAAL BP, SOELEN J VAN & MERKS AGA (1994) The nitrogen supply to intertidal eelgrass (*Zostera marina*). *Mar Biol* 118:223-227

- HEMMINGA MA, HARRISON PG & LENT F VAN (1991) The balance of nutrient losses and gains in seagrass meadows. *Mar Ecol Prog Ser* 71:85-96
- 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*
- HUGHES RG, LLOYD D, BALL L & EMSON D (2000) The effects of the polychaete *Nereis diversicolor* on the distribution and transplanting success of *Zostera noltii*. *Helgol Mar Res* 54:129-136
- JONGE VN DE (1990) Schade door kokkelvisserij en mosselzaadvisserij aan restanten van zeegrasvoorkomens in Waddenzee en Eems estuarium. *Notitie GWWS-90.12062 Rijkwaterstaat Tidal Waters Division, The Netherlands*
- JONGE VN DE & JONG DJ DE (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
- KAMERMANS P, HEMMINGA MA & JONG D DE (1999). Significance of salinity and silicon levels for growth of a formerly estuarine eelgrass (*Zostera marina*) population (Lake Grevelingen, the Netherlands). *Marine Biology* 133: 527-539
- KATWIJK MM VAN (2000) Possibilities for restoration of *Zostera marina* beds in the Dutch Wadden Sea. *PhD thesis University, Nijmegen*
- KATWIJK MM VAN (1992) Herintroductie van zeegras in de Waddenzee. 1. Mesocosmexperimenten met Groot zeegras (*Zostera marina* L.). *Department of Aquatic Ecology and Environmental Biology, University of Nijmegen*
- KATWIJK MM VAN, PELT S VAN & DANKERS N (2002) Herintroductie van Groot zeegras in de westelijke Waddenzee (2002-2006) – Inventarisatie van bestaande kennis, selectie van locaties en plan van aanpak. *Department of Environmental studies, University of Nijmegen. Werkdocument RIKZ/OS/2002.609x*
- KATWIJK MM VAN & 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
- KATWIJK MM VAN, HERMUS DCR, JONG DJ DE, ASMUS RM, JONGE VN DE (2000a) Habitat suitability of the Wadden Sea for restoration of *Zostera marina* beds. *Helgol Mar Res* 54:117-128
- KATWIJK MM VAN & WIJGERGANGS LJM (2000) Enkele voorwaarden voor kieming en zaailingontwikkeling van Groot zeegras (*Zostera marina*). *Department of Aquatic Ecology and Environmental Biology, University of Nijmegen*

- KATWIJK MM VAN, WIJGERGANGS 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*
- KATWIJK MM VAN, SCHMITZ GHW, GASSELING AM & AVESAATH PH VAN (1999) The effects of salinity and nutrient load and their interaction on *Zostera marina* L. *Mar Ecol Prog Ser* 190:155-165
- KATWIJK MM VAN, VERGEER LHT, SCHMITZ GHW & ROELOFS JGM (1997) Ammonium toxicity in eelgrass *Zostera marina*. *Mar Ecol Prog Ser* 157:159-173
- KROM M (1980) Spectrophotometric determination of ammonia; a study of modified Berthelot reaction using salicylate and dichloroisocyanurate. *The Analyst* 105:305-316
- LENT F VAN & VERSCHUURE JM (1994) Intraspecific variability of *Zostera marina* L. (eelgrass) in the estuaries and lagoons of the southwestern Netherlands:II. Relation with environmental factors. *Aquat Bot* 48:59-75
- LUTHER H (1951) Verbreitung und Oekologie der höheren Wasserpflanzen im Brackwasser der Ekenäs-Gegend in Südfinnland. *Acta Bot Fenn* 50:1-72
- NELSON TA & WAALAND JR (1997) Seasonality of eelgrass, epiphyte, and grazerbiomass and productivity in subtidal eelgrass meadows subjected to moderate tidal amplitude. *Aquat Bot* 56:51-74
- O'BRIEN J (1962) An automated analysis of chlorides in sewage wastes. *Eng* 33:670-672
- OLESEN B & SAND-JENSEN K (1994) Patch dynamics of Eelgrass *Zostera marina*. *Mar Ecol Prog Ser* 106:147-156
- PEDERSEN MF, BORUM J (1992) Nitrogen dynamics of eelgrass *Zostera marina* during a late summer period of high growth and low nutrient availability. *Mar Ecol Prog Ser* 80:65-73
- PELT S VAN, KATWIJK MM VAN & DANKERS N (2003) Herintroductie van Groot zeegras in de westelijke Waddenzee (2002-2006) – Aanplant Groot zeegras op het Balgzand, juli 2002. *Department of Environmental studies, University of Nijmegen.*
- PHILIPPART CJM (1995) Effects of shading on growth, biomass and population maintenance of the intertidal seagrass *Zostera noltii* Hornem in the Dutch Wadden Sea. *J Exp Mar Biol Ecol* 188:199-213
- POLDERMAN PJG & HARTOG C DEN (1975) De zeegrassen in de Waddenzee. *K Ned Natuurh Veren Wet Meded* 107:1-32
- REISE K (1985) Tidal Flat Ecology. An Experimental Approach to Species Interactions. *Ecological Studies* 54, Springer-Verlag Berlin

STUMM W & MORGAN JJ (1981) Aquatic Chemistry. An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. *John Wiley & Sons, New York*

TUTIN TG (1938) The autecology of *Zostera marina* in relation to its wasting disease. *New Phytol* 37:50-71

WIUM-ANDERSEN S & BORUM J (1984) Biomass variation and autotrophic production of an epiphyte-macrophyte community in a coastal Danish area: I eelgrass (*Zostera marina* L.) biomass and net production. *Ophelia* 23:33-46

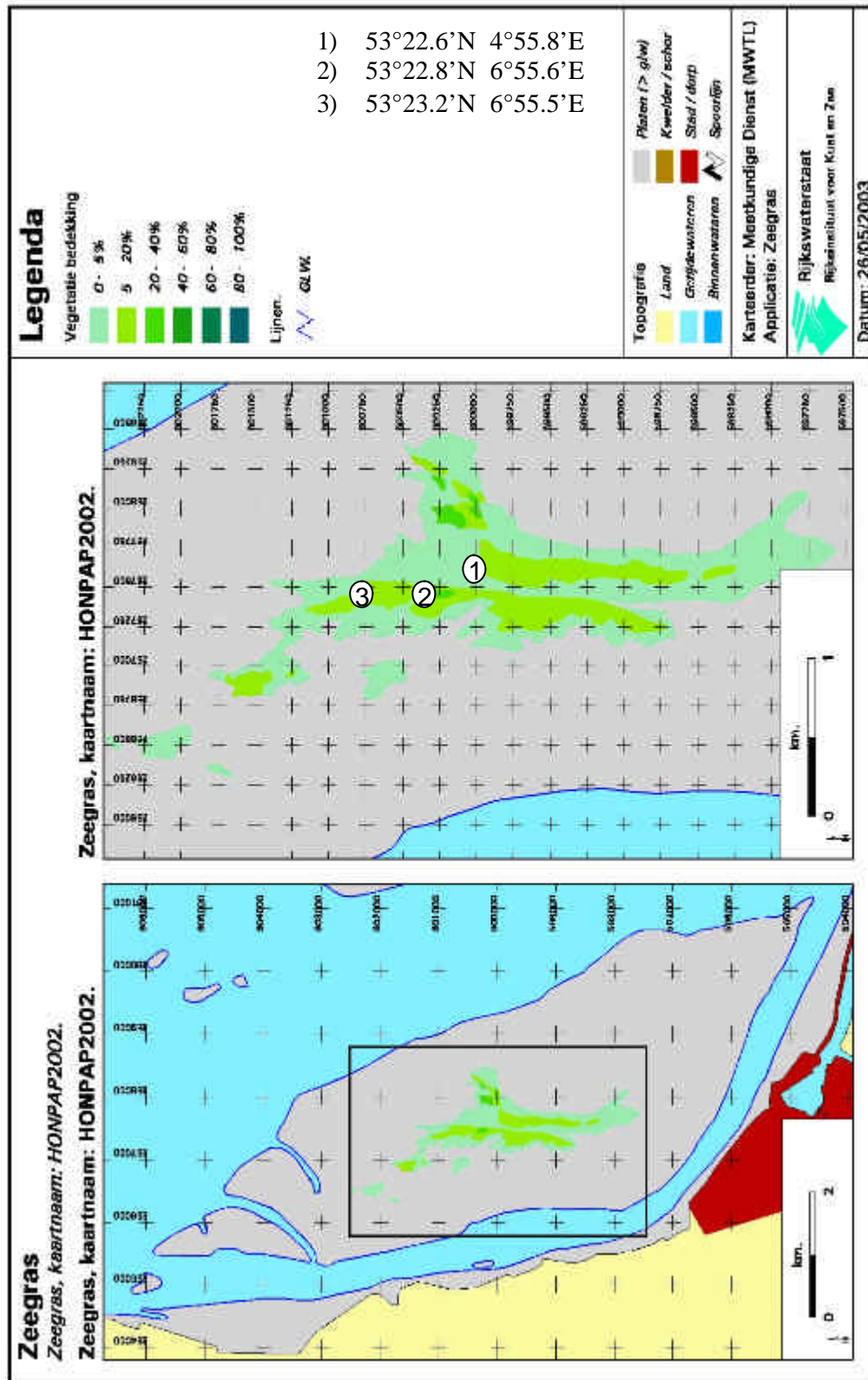
## Bijlage 1 Breedte- en lengtegraden van de aanplantlocaties

Locatie	Breedte	Lengte	Locatie	Breedte	Lengte
B99A-41	52°55.491'	4°47.950'	B99B-44	52°55.300'	4°48.172'
B99A-42	52°55.537'	4°47.896'	B99B-45	52°55.286'	4°48.168'
B99A-43	52°55.403'	4°48.013'	B99B-46	52°55.265'	4°48.172'
B93A-41	52°54.533'	4°49.776'	B93B-47	52°54.531'	4°50.032'
B93A-42	52°54.531'	4°49.797'	B93B-48	52°54.527'	4°50.045'
B93A-43	52°54.526'	4°49.814'	B93B-49	52°54.523'	4°50.061'
B93A-44	52°54.579'	4°49.825'	B93B-50	52°54.482'	4°50.047'
B93A-45	52°54.574'	4°49.846'	B93B-51	52°54.479'	4°50.065'
B93A-46	52°54.567'	4°49.862'	B93B-52	52°54.474'	4°50.089'

NB. Coördinaten in de WGS84 projectie



## Bijlage 2 Zeegrasverzamelpunten op de Hond/Paap (Eems)



Bron: Groeneweg 2004