

01 APR 2008

R. van de Voort
Projectbureau Zeeweringen
Postbus 100
4330 ZW Middelburg

PROJECTBUREAU ZEEWERINGEN	ACTIE	INFO
DATUM ONTVANGST		
PROJECTMANAGER		X
MANAGER PROJECTBEHEERSING		
SECRETARIAAT		
TECHNISCH MANAGER		
OMGEVINGSMANAGER		X
PROJECTSECRETARIS		
CONTRACTMANAGER		
TECHNIEK Disciplineleider Ontwerp		
TECHNIEK Disciplineleider Kennis		
TECHNIEK Adviseur Toetsingen + bnl		X
ARCHIEF nr. PDB-R-00092		X
CIRCULATIE MAP		

Ons kenmerk
62000413

Uw kenmerk
2139 ZLD-6470

Doorkiesnummer
024-3652478

Datum
28 maart 2008

Betreft
Eindrapportage Zeegrasmusmitigatie OS 2007

E-mail
M.vankatwijk@science.ru.nl

COROM in bibl.

Geachte mijnheer van de Voort,

Hierbij stuur ik u de herziene eindrapportage van het project Zeegrasmusmitigatie: begeleiden, monitoren, analyseren en rapporteren van zeegrasmusmitigaties in de Oosterschelde (ZLD-6470), uw kenmerk 2139, ons kenmerk van de offerte: AM/JA/13328u en aanvulling AM//13347u. De rapportage is getiteld: "Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde. Proeven met verplaatsen van klein zeegras *Zostera noltii* in de Oosterschelde: mitigatiemaatregel bij toekomstige dijkwerzaamheden ZLD - 6470" en is in tweevoud opgeleverd, tevens is een CD-rom toegevoegd met een digitale versie. Na uw goedkeuring zullen we de definitieve versie in vijfvoud opsturen.

Met vriendelijke groet,

Dr. M.M. van Katwijk
Onderzoeksleider
Afdeling Milieukunde
Faculteit der Natuurwetenschap, Wiskunde en Informatica
Radboud Universiteit Nijmegen
Postbus 9010
6500 GL Nijmegen

c.c. Drs. W. Giesen, Hr. P. Spoormakers



012738 2008 PZDB-R-08092

ken Eindrapportage Zeegrasmusmitigaties Oosterscheld



W.B.J.T. GIESEN
P. T. GIESEN
T. VAN DER HEIDE
M.M. VAN KATWIJK

RADBOUD UNIVERSITEIT NIJMEGEN

voor:

PROJECTBUREAU ZEEWERINGEN
RIJKSWATERSTAAT &
PROVINCIE ZEELAND

HERZIENE VERSIE

ZEEGRASMITIGATIES OOSTERSCHELDE

PROEVEN MET VERPLAATSEN VAN
KLEIN ZEEGRAS *ZOSTERA NOLTII* IN
DE OOSTERSCHELDE:
MITIGATIEMAATREGEL BIJ
TOEKOMSTIGE
DIJKWERKZAAMHEDEN
ZLD - 6470

EINDRAPPORTAGE

22 MAART 2008

Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde

**Proeven met verplaatsen van klein zeegras
Zostera noltii in de Oosterschelde:
mitigatiemaatregel bij toekomstige
dijkwerkzaamheden
ZLD - 6470**

Eindrapportage

Herziene versie 22 maart 2008

W.B.J.T. Giesen
P. T. Giesen
T. van der Heide
M.M. van Katwijk

Radboud Universiteit Nijmegen

voor:

**Projectbureau Zeeweringen
Rijkswaterstaat &
Provincie Zeeland**



Inhoudsopgave

Lijst van afkortingen.....	v
1 Inleiding	1
2 Achtergrondinformatie	4
2.1 Klein zeegras.....	4
2.2 Punten van aandacht bij locatieselectie.....	5
3 Aanplant: methodes en technieken.....	6
3.1 Mitigatielocaties.....	6
3.1.1 Krabbenkreek Zuid	6
3.1.2 Dortsman Noord	6
3.1.3 Verfijning mitigatielocaties	8
3.2 Transplantatiewijze.....	8
3.3 Antiwadpiemethodes: schelpenproef.....	9
3.4 Selectie van donorlocatie	10
3.5 Toepassing van methodiek door aannemer: technische uitvoering.....	10
3.5.1 Werkzaamheden op de donorlocatie	11
3.5.2 Mitigatielocaties.....	13
3.6 Aanpassingen tijdens de uitvoering.....	15
3.6.1 Donorlocatie	15
3.6.2 Mitigatielocaties.....	16
3.7 Aanpassingen achteraf.....	18
3.7.1 Donorlocatie	18
3.7.2 Mitigatielocaties.....	18
4 Monitorings- en analysemethodiek.....	20
4.1 Nulmeting	20
4.2 Monitoring.....	21
4.3 Additionele parameters.....	22
4.4 Statistische analyse.....	23
5 Resultaten nulmeting & monitoring	24
5.1 Nulmeting	24
5.1.1 Zeegrasparameters	24
5.1.2 Substraatparameters.....	26
5.1.3 Grazers & wadpieren.....	27



5.1.4	Parameters buiten de patches.....	28
5.2	Monitoring van mitigatielocaties.....	28
5.2.1	Zeegrasparameters.....	28
5.2.2	Substraatparameters.....	37
5.2.3	Algenroei & epifyten.....	39
5.2.4	Grazers en wadpieren.....	41
5.3	Extra parameters bij mitigatielocaties.....	44
5.3.1	Korrelgrootte van het sediment.....	44
5.3.2	Verschillen in reliëf.....	46
5.3.3	Analyse van poriënvocht.....	49
5.3.4	Organische stofgehalte van sediment.....	51
5.3.5	Mogelijke invloed van ganzen.....	52
6	Ontwikkeling van de donorlocatie.....	54
6.1	Direct na het rooien in juni.....	54
6.2	Ontwikkeling na juni.....	55
7	Conclusies.....	57
7.1	Donorlocatie.....	57
7.2	Mitigatielocatie.....	58
8	Aanbevelingen.....	63
9	Samenvatting.....	65
10	Vooruitblik.....	68
11	Referenties.....	70



Lijst van annexen

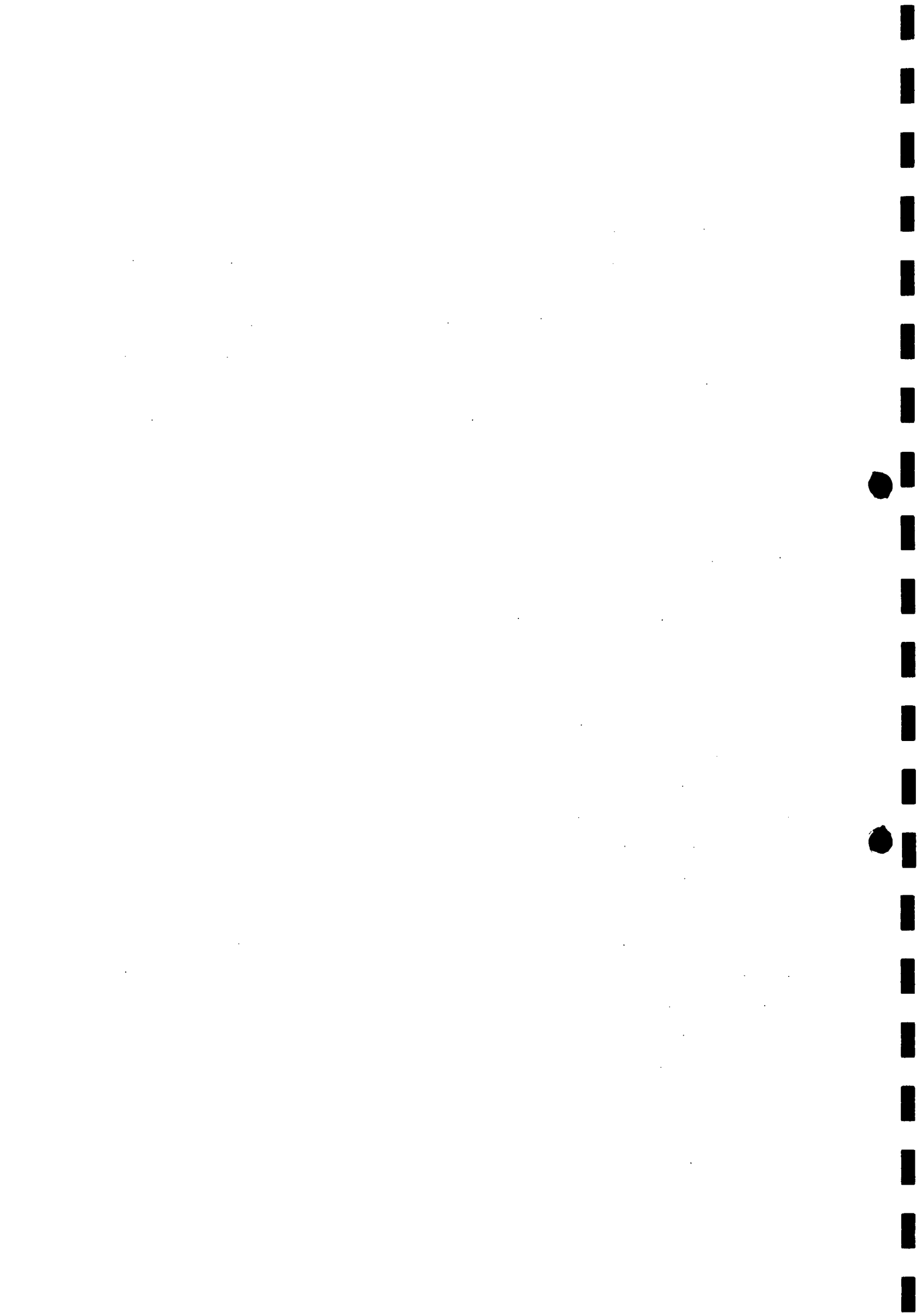
Annex 1	Donorlocatie Slikken van Viane.....	73
Annex 2	Donorlocatie de Goesse Sas	76
Annex 3	Fotosamenvatting uitvoering op donorlocatie Viane	80
Annex 4	Fotosamenvatting uitvoering op mitigatielocatie de Dortsman	83
Annex 5	Fotosamenvatting uitvoering op mitigatielocatie de Krabbenkreek	86
Annex 6	Formulier voor nulmeting	89
Annex 7	Resultaten nulmeting	91
Annex 8	Resultaten van monitoring.....	104

Lijst van tabellen

Tabel 1	Selectie van donorlocatie.....	10
Tabel 2	Effect van wadpierbehandeling op wadpierdichtheid in de plot.....	44
Tabel 3	Analyse van poriënvocht.....	50
Tabel 4	Effect van verschillende behandelingswijzen.....	66

Lijst van figuren

Figuur 1	Kaart van Oosterschelde, met donor- en mitigatielocaties.....	3
Figuur 2	Mitigatielocaties: Krabbenkreek Zuid en Dortsman Noord.....	7
Figure 3	Nummering van patches in veilige en kansrijke plots	8
Figuur 4	Nummering van plots op de Dortsman (D1-D16).....	9
Figuur 5	Nummering van plots op de Krabbenkreek (K1-K24)	9
Figuur 6	Plaggenrooier in werking op donorlocatie.....	11
Figuur 7	Twee kranen in gebruik bij rooien van plaggen op donorlocatie	12
Figuur 8	Afdekken van plaggen met natte dekens.....	12
Figuur 9	Schelpenbehandeling van een plot.....	14
Figuur 10	Plot voorbehandeld met een net.....	14
Figuur 11	Lossen van een plag in een plot met net	15
Figuur 12	Zeesla vastgehouden door slijkgras in zeegras veldje.....	17
Figuur 13	Piketpalen worden aangebracht op hoekpunten van de plots	19
Figuur 14	Zeegrasdichtheden in plaggen van de Dortsman (L) en de Krabbenkreek (R).....	24
Figure 15	Correlatie schelpen en afsterving bladeren	25
Figuur 16	Correlatie zeegrasbedekking en afsterving bladeren.....	25

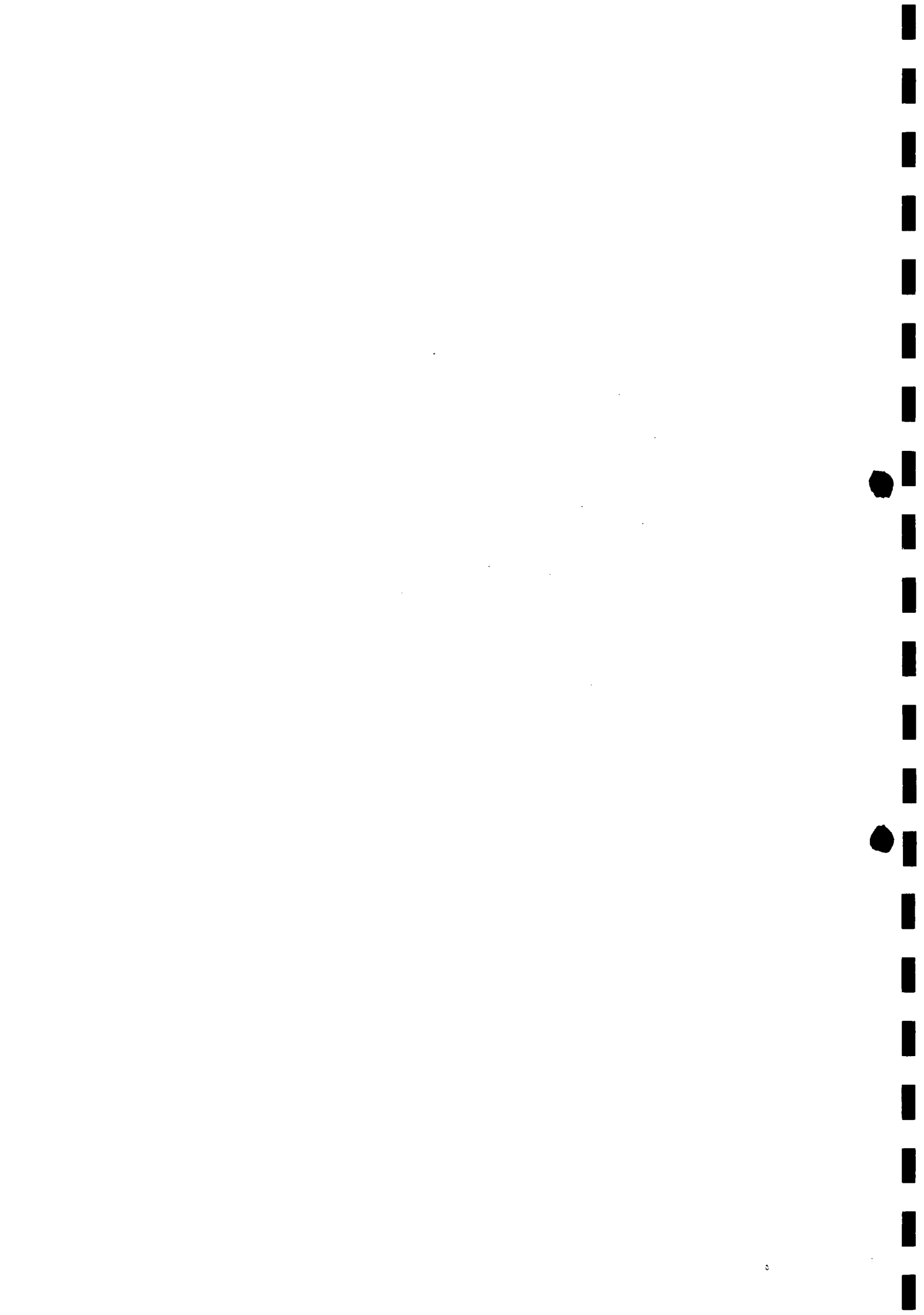


Figuur 17	Mate van onder water staan uitgezet tegen mate van afsterving bladeren.....	26
Figuur 18	Ontwikkeling van zeegrasbedekking en –scheutdichtheid.....	29
Figuur 19	Percentage van alle plaggen met <10% bedekking zeegras	29
Figuur 20	Ontwikkeling van patch Dortsman D2-4.....	30
Figuur 21	Ontwikkeling van patch Krabbenkreek 16-2	31
Figuur 22	Getransplanteerd (links) versus natuurlijk (rechts) zeegras op de Dortsman Noord.....	32
Figuur 23	Ontwikkeling van zeegrasbedekking% en mate van zwarte bladeren	33
Figuur 24	Ontwikkeling van zeegras onder verschillende wadpierbehandelingen.....	33
Figuur 25	Uitbreiding van plaggen door middel van nieuwe scheuten.....	35
Figuur 26	Uitbreiding van het zeegras in vierkante meters per patch.....	35
Figuur 27	Bedekking met schelpen binnen en buiten de zeegraspatches	37
Figuur 28	Onder water staan bij nulmeting versus ontwikkeling van zeegrasbedekking (Dortsman).....	38
Figuur 29	Plot Krabbenkreek K16 (schelpen-kansrijk) met algenbedekking (augustus).....	40
Figuur 30	Algenbedekkingen en schelpen.....	40
Figuur 31	Wadslakjes binnen en buiten de zeegraspatches.....	42
Figuur 32	Wadpieren op de Dortsman binnen en buiten de zeegraspatches	43
Figuur 33	Wadpieren in de Krabbenkreek binnen en buiten de zeegraspatches.....	43
Figuur 34	D50 korrelgrootte in zeegrasplaggen of buiten plots Krabbenkreek en Dortsman.....	45
Figuur 35	Korrelgrootteverdeling in zeegrasplaggen of buiten plots op de Dortsman.....	45
Figuur 36	Korrelgrootteverdeling in zeegrasplaggen of buiten plots in de Krabbenkreek.....	45
Figuur 37	Verschil na één week: patch D9-3 op 8 (links) en 16 (rechts) juni 2007	46
Figuur 38	Verschil na ruim 2 maanden: patch D3-1.....	47
Figuur 39	Plot 9 op 6 oktober 2007 (links) + overzicht Dortsman plots 12 december 2007 (rechts).....	47
Figuur 40	Netten elimineren wadpieren en reduceren microreliëf (Plot K6 op 6 oktober 2007).....	48
Figuur 41	Patch K5-5 op 23 juni (links) en 23 augustus 2007 (rechts).....	48
Figuur 42	Wadpierdichtheid & NH ₄ -concentratie	50
Figuur 43	Wadpierdichtheid & orthofosfaat concentratie	51
Figuur 44	NH ₄ -concentratie versus o-PO ₄ -concentratie.....	51
Figuur 45	Organische stofgehalte van sedimenten.....	52
Figuur 46	Invloed van ganzen?.....	53
Figuur 47	Donorlocatie na verwijderen van zeegrasplaggen in 15m zone.....	54
Figuur 48	Luchtfoto van donorlocatie na verwijderen van zeegrasplaggen	55
Figuur 49	Donorlocatie op 22 juni 2007, direct na afronding van het rooien.....	56
Figuur 50	Donorlocatie op 22 augustus 2007	56



Lijst van afkortingen

bft	Beaufort
BTL	Bureau voor Tuin- en Landschapsverzorging
D10, D50, D90	korrelgrootte percentiel; 10%, 50% of 90% van de deeltjes van het sediment heeft een korrelgrootte, dat kleiner is dan een bepaalde grootte (bijv. 150 μm)
DGPS	Differentiaal GPS
GPS	Global Positioning System
μm	1 miljoenste meter
NAP	Normaal Amsterdam's Peil
NIOO	Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek
RIKZ	Rijksinstituut voor Kust en Zee
RTK-GPS	Real Time Kinematic – GPS
RU	Radboud Universiteit
RWS	Rijkswaterstaat



1 Inleiding

Vanaf 1997 worden taludbekledingen op de zeedijken in Zeeland vervangen of verbeterd in verband met de veiligheid. Deze werkzaamheden worden uitgevoerd onder leiding van Projectbureau Zeeweringen, dat een samenwerkingsverband is tussen Rijkswaterstaat Dienst Zeeland en de Zeeuwse Waterschappen. Aanvankelijk werd vooral in de Westerschelde gewerkt maar sinds 2006 ook in de Oosterschelde (voor meer informatie, zie de site <http://www.zeeweringen.nl>).

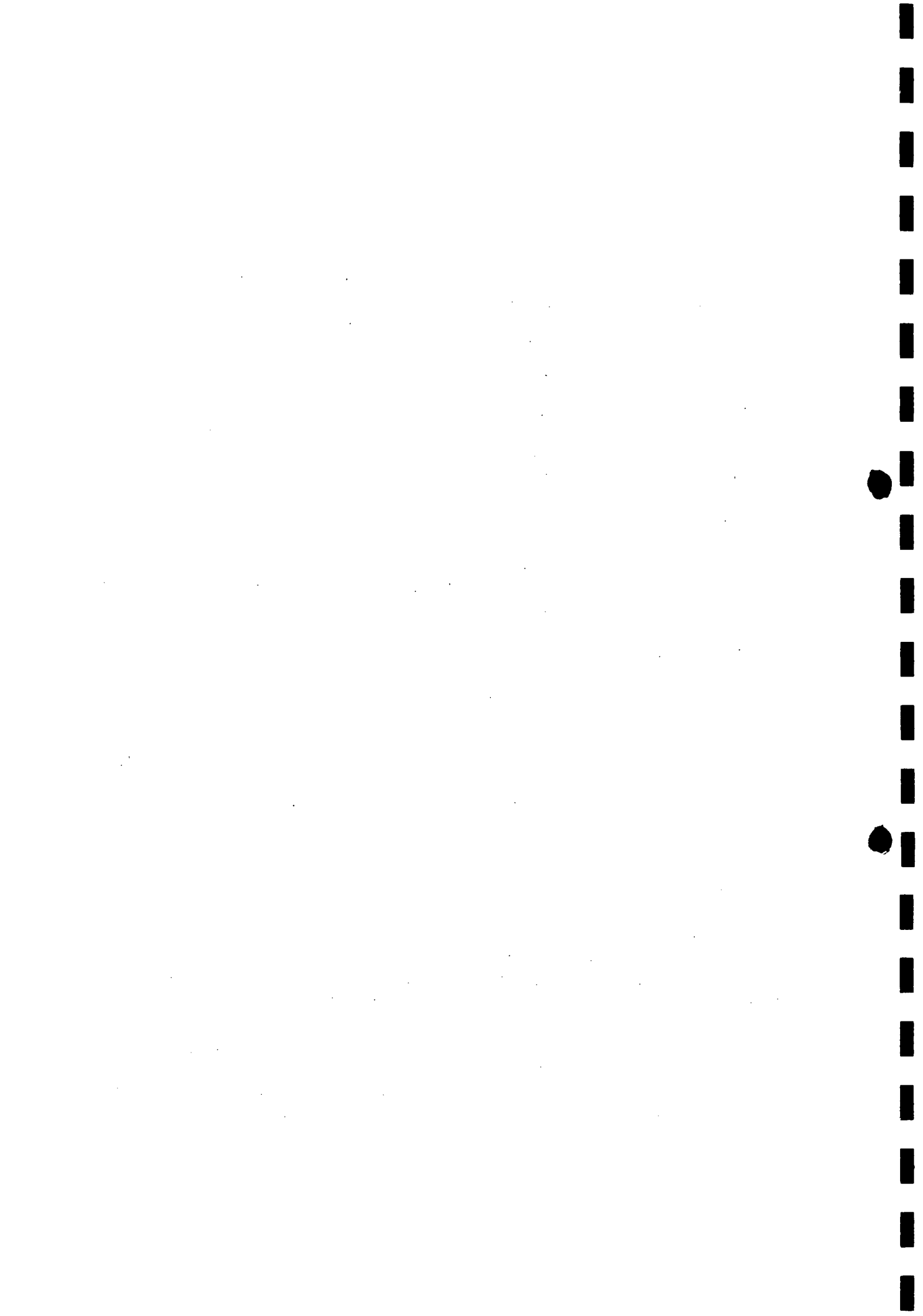
Tijdens voorbereidende werkzaamheden is gebleken dat op een aantal plaatsen waar de werkzaamheden plaats zullen vinden, klein zeegras *Zostera noltii* in populaties langs de dijk voorkomt. Ervan uitgaande dat in een zone van 8-15 meter breed vanaf de teen van de dijk zal worden gewerkt, zal in totaal ongeveer 4000-8000 m² aan klein zeegras moeten wijken.

Klein zeegras is een in Europees verband beschermde soort die het goed doet in de Waddenzee het laatste decennium (Reise & Kohlus, 2008), maar in Zeeland sterk is afgenomen. Voor constructie en sluiting van de Stormvloedkering in 1986 kwam ongeveer 1200 ha klein zeegras voor in de Zeeuwse wateren, maar tegenwoordig resteert daarvan nog maar 75 ha (zie www.zeegras.nl). Voornaamste reden van de achteruitgang is waarschijnlijk een toegenomen zoutgehalte (de Jong *et al.* 2005), maar ook andere invloeden zoals een paar strenge winters in de tachtiger en negentiger jaren, of gewijzigde factoren onder invloed van de stormvloedkering, kunnen een rol hebben gespeeld. Buiten de Zeeuwse kustwateren komt de soort alleen nog voor op enkele plekken in de Waddenzee (voor meer informatie, zie de site www.zeegras.nl van Rijkswaterstaat).

Bij de dijkwerkzaamheden wordt mitigatie¹ beoogd omdat ingrepen volgens EU-regelgeving geen significant effect mogen hebben op zeegrasvelden. In voorbereidende plannen voor de dijkwerkzaamheden is ervan uitgegaan dat <1% vernietiging geen significant effect is. De opdrachtgever wil mitigatiemaatregelen nemen om aan de veilige kant te blijven, en te zorgen dat de gevolgen in elk geval gering blijven.

Om de effecten van de werkzaamheden voor de zeegraspopulatie zo gering mogelijk te houden werd besloten om het zeegras te transplanteren vanuit de dijktrajecten waar de werkzaamheden zullen plaatsvinden, naar geschikt geachte locaties elders in de Oosterschelde. In Nederland bestaat ruime ervaring met het transplanteren van zeegras. Klein zeegras is succesvol geïntroduceerd in de westelijke Waddenzee, en heeft zich in de loop van 14 jaar langzaam maar gestaag uitgebreid. Groot zeegrasaanplanten bleken daar goed aan te slaan, maar hebben moeite met overwintering. De aanplanten waren altijd kleinschalig; de enige wat grootschaliger aanplant van groot zeegras heeft 8 jaar standgehouden. Dit, en diverse terugkoppelingsmechanismen die inmiddels bekend zijn van zeegras, doen vermoeden dat een grotere aanplantschaal meer succesvol zou kunnen zijn voor groot zeegras (van Keulen *et al.* 2003, van der Heide *et al.* 2007, van Katwijk *et al.* subm.).

¹ Onder mitigatie wordt verstaan het voorkomen of reduceren van de negatieve gevolgen van een ingreep.



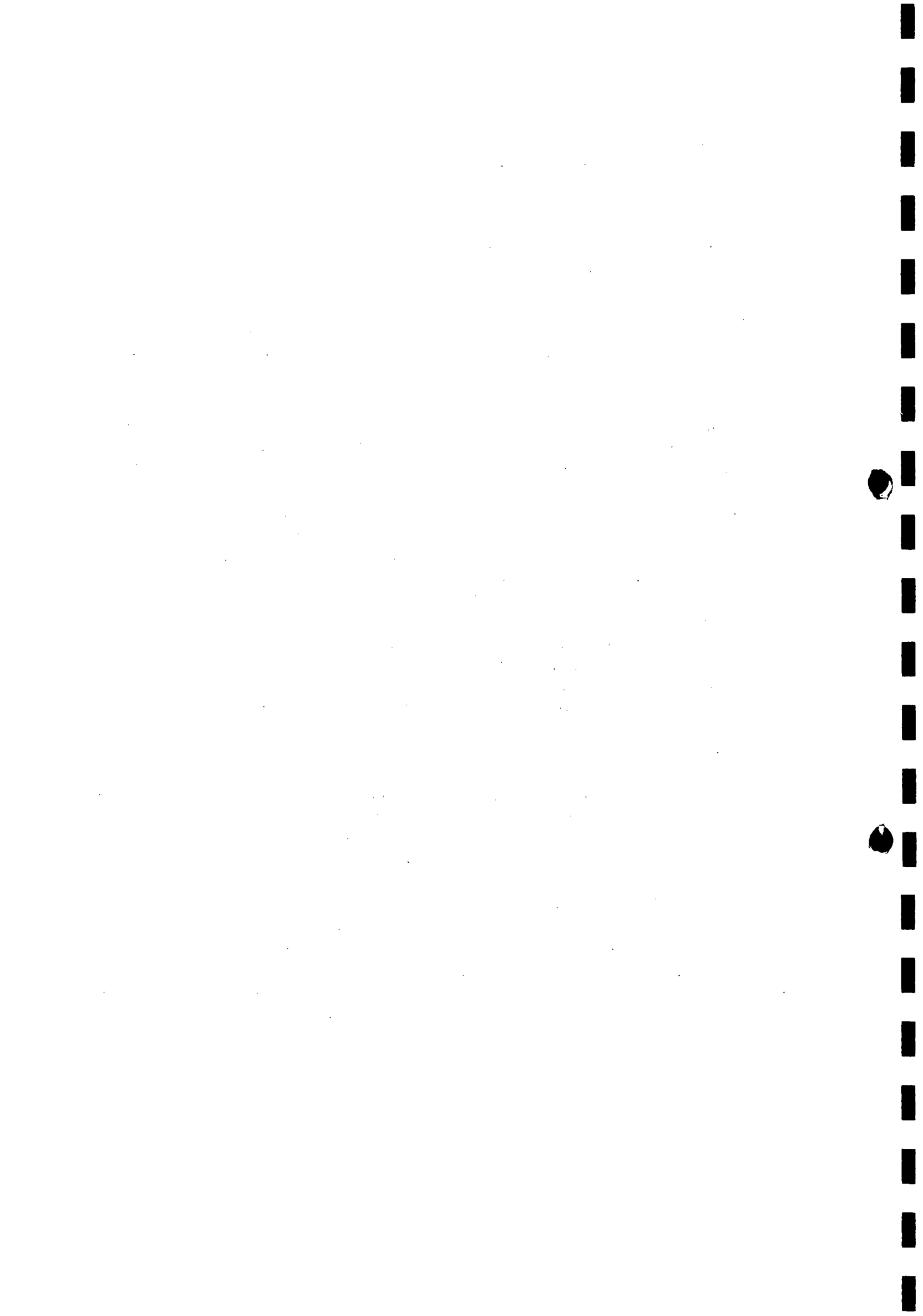
In de meeste gevallen wordt bij zeegrastransplantaties uitgegaan van losse scheuten, 'plugs' of sedimentvrije zoden (Fonseca *et al.*, 1998; Paling *et al.* in press), maar uit proeven blijkt dat transplantatie van zeegrasplaggen de beste resultaten kan geven, zeker waar de waterdynamiek geprononceerd is of waar erosie parten kan spelen (Fonseca *et al.*, 1998).

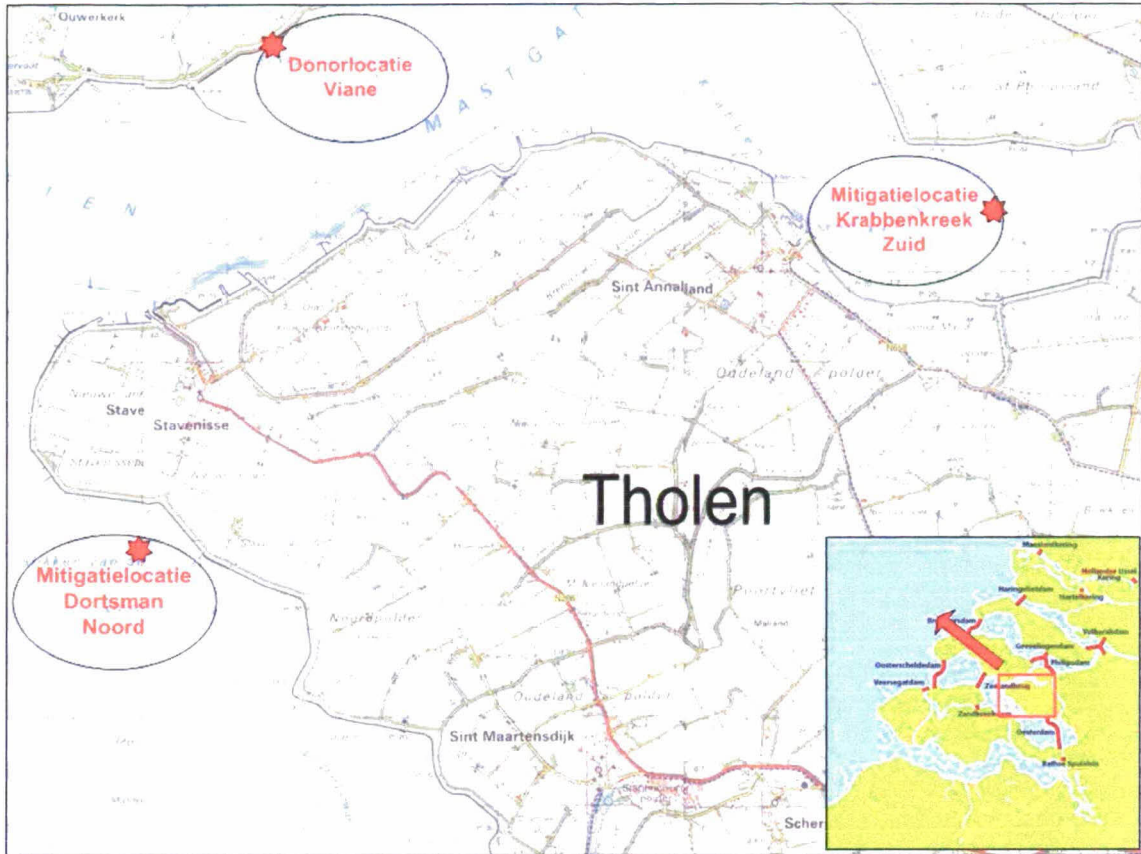
In opdracht van Projectbureau Zeeweringen werd begin 2007 een onderzoeksplan opgesteld door medewerkers van de Radboud Universiteit in Nijmegen (RU), samen met onderzoekers van het Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek (NIOO), Rijkswaterstaat (RWS) en het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ). In dit onderzoeksplan werd een verkennend onderzoek beschreven hoe deze mitigatie van klein zeegras in de Oosterschelde kan worden uitgevoerd. Het onderzoeksplan behelst twee proeven: i) een schelpenproef vooraf, en ii) een transplantatieproef met klein zeegras.

De **schelpenproef** vooraf werd uitgevoerd om te testen of een behandeling met schelpengruis succesvol zou zijn in het omlaag brengen van de wadpierzee *Arenicola marina* populatie, en hoe dit schelpengruis het beste kon worden aangebracht. Wadpieren concurreren met klein zeegras (Philippart, 1994b), en een behandeling vooraf op de mitigatielocaties werd daarom noodzakelijk geacht. Deze proef vooraf is in april 2007 uitgevoerd door het hoveniersbedrijf BTL uit Bruinisse, onder begeleiding van medewerkers van de RU. Uit de resultaten bleek dat een laag schelpengruis waarschijnlijk succesvol zou zijn in het omlaag brengen van de wadpierzee populatie tot acceptabele dichtheden (dwz <10-15 per vierkante meter). Ook was duidelijk dat een eenvoudige aanbrenging van een schelpengruislaag van 7 cm dikte onder een 10 cm laag slik voldoende zou zijn om wadpieren te weren. Omdat de effectiviteit op de lange termijn niet bekend is, werden ook netten geplaatst als antiwadpierzee maatregel. Behandelingen met netten zijn al vaker met succes toegepast, o.a. in Nederland, Duitsland en Denemarken; zie o.a. Hüttel, 1990; Volkenborn, 2005; Volkenborn *et al.*, 2007; van Wesenbeeck *et al.*, 2007.

De **transplantatieproef** met klein zeegras is bedoeld om inzicht te krijgen in hoe zeegrasplaggen het best kunnen worden getransplanteerd. Bij de proef, uitgevoerd in juni 2007 door BTL uit Bruinisse, werden zeegrasplaggen gerooid bij een van tevoren geselecteerde donorlocatie op Schouwen-Duiveland (westelijke gedeelte van de Slikken van Viane), en vervolgens gelegd op twee mitigatielocaties op het eiland Tholen (Krabbenkreek Zuid en Slikken van de Dortsman Noord; zie Figuur 1).

De eerste mitigatielocatie (Krabbenkreek) is beschermd, en daar werden wadpierzee populaties op twee manieren bestreden: met een schelpengruisbehandeling en met netten. De tweede mitigatielocatie (Dortsman Noord) is blootgesteld aan weer, golven en stromingen; daar werd alléén een schelpenbehandeling toegepast omdat netten mogelijk zouden losraken bij overmatige erosie. Op beide plekken werd ook een aantal onbehandelde plots beplant om te zien of de transplantaties misschien toch konden uitlopen zonder antiwadpierzee behandeling.





Figuur 1 Kaart van Oosterschelde, met donor- en mitigatielocaties

Bron: ANWB/VVV Topografische kaart 1:50,000 en www.deltawerken.com/Deltaworks/23.html

In afwachting van de definitieve vergunning is door Gedeputeerde Staten van de Provincie Zeeland een Gedoogbeschikking Handhaving natuur en milieu verleend op 22 mei 2007 voor de verplaatsing van zeegras (RMW0705548/3/40). Later is op 4 juli 2007 schriftelijke toestemming voor aanvang fase 2 van de zeegrasmusmitigaties gegeven door Projectbureau Zeeweringen, nadat op 2 juli de definitieve vergunning was afgegeven door de provincie.

Sinds het leggen van de plaggen zijn een nulmeting (direct na het leggen in juni 2007) en een zestal monitoringsronden geweest (in juni, juli, augustus, september en november 2007, en februari 2008) om de resultaten van de transplantatie te toetsen. Daarnaast zijn de mitigatielocaties bezocht en onderzocht in oktober en december 2007 en februari 2008. Dit verslag geeft de resultaten en een analyse van deze metingen weer, en blikkt vooruit naar een eventuele voortzetting en/of uitbreiding van deze proef in 2008.

2 Achtergrondinformatie

2.1 Klein zeegras

Voor een beter begrip van de gekozen onderzoeksaanpak is enige achtergrondkennis over klein zeegras *Zostera noltii* nodig. (N.b.: In de Oosterschelde staat vrijwel geen groot zeegras, *Zostera marina* meer.)

Klein zeegras is gevoelig voor:

- Blootstelling aan golfslag.
- Droogvalduur: meestal komt de plant voor bij 50-70% droogvalduur. Binnen deze zone zijn vooral plekken die volledig afwateren geschikt.
- Wadpier, *Arenicola marina* (Philippart *et al.* 1994b); deze kan het zeegras onder een laagje sediment bedelven, en er kunnen serieuze problemen ontstaan bij dichtheden >60 per m². Dit is ter plaatse een serieus probleem. Daarnaast is er op veel plaatsen in de Oosterschelde het fenomeen dat de “tandpastahoopjes” van de wadpier niet of nauwelijks bij ieder getij worden verspoeld, waardoor er een versterkt microreliëf ontstaat. In deze gebieden met versterkt reliëf blijft na droogvallen veel water stagneren omdat het slecht afstroomt naar de geulen, waardoor er een laagje water van enkele cm achter kan blijven.
- Veelkleurige zeeduizendpoot *Nereis diversicolor* (Paramor & Hughes, 2004); deze eet o.a. zeegraszaden. In een vergelijkbaar gebied in de Thamesmonding is dit een serieus probleem bij herkolonisatie. In de Oosterschelde zou dit ook kunnen spelen indien met weinig zeegrasmateriaal een groot gebied gehekoloniseerd zou moeten worden. Bij voldoende zeegraspatches zal de plant zich overigens voornamelijk vegetatief uitbreiden
- Macroalgen (Perez-Llorens & Niell, 1993; Hauxwell *et al.*, 2001), deze bedekken het zeegras, waardoor lichtgebrek ontstaat, en bij afbraak van de macroalgen ontstaan bovendien toxische stoffen.
- Epifyten (Philippart, 1995; Schanz *et al.*, 2002; Schanz & Asmus, 2003) kunnen licht wegnemen; de epifyten kunnen evenwel weer begraasd worden door wadslakjes *Peringia (Hydrobia)* of alikruiken *Littorina*, als er tenminste niet teveel waterdynamiek is.

Klein zeegras komt in de Oosterschelde nog vooral voor op plaatsen waar zich oude kleibanken in de bodem bevinden en waar enige zoetwaterinvloed is (zie bijv. de Jong *et al.* 2004). De kleibanken voorkómen hoge aantallen wadpiereen (Philippart *et al.* 1994). Klein (en groot) zeegras kan ook goed buiten kleibanken voorkomen, want de plant heeft een brede tolerantie wat betreft sedimentsamenstelling (Philippart *et al.*, 1995). Dat betekent dat de plant goed kan groeien in zandige en schelpenrijke bodems (tot bijna een schelpenbank). Dit deden groot en klein zeegras vroeger in de Oosterschelde dan ook. Bij kleibank moet worden gedacht aan echte klei, bijvoorbeeld van oude schorren, en niet een beetje zavelig materiaal.

2.2 Punten van aandacht bij locatieselectie

Punten van aandacht voor mitigatiegebieden zijn:

1. Is er een historie van zeegrasbegroeiing, en waarom is het verdwenen? De historie is grotendeels bekend. De Oosterschelde is na de aanleg van de stormvloedkering sterk veranderd. Eén van de veranderingen is dat op typische zeegraslocaties (enigszins beschutte ligging), het reliëf dat door wadpieren wordt veroorzaakt is toegenomen (waarneming D.J. de Jong). De dichtheid aan wadpieren is waarschijnlijk gelijk gebleven, maar de typische bultjes en kuilen zijn veel geprononceerder geworden. Dit is een gevolg van de verminderde stroming: vroeger werd het reliëf bij ieder hoogwater wat meer vlakgespoeld dan tegenwoordig. Dit is op veel plaatsen de mogelijke reden voor de achteruitgang van klein zeegras. Daarnaast zijn veel lokale zoetwaterinvloeden in de Oosterschelde geëlimineerd sinds circa 1985, waardoor het zoutgehalte van de Oosterschelde vrij hoog is. Aanvankelijk was het zoutgehalte te hoog voor zeegras, maar tegenwoordig is het zoutgehalte wat lager, en zijn de omstandigheden weer gunstiger. Na de aanleg van de stormvloedkering zijn ook sedimentatieprocessen veranderd: in de Oosterschelde overheerst op de meeste plaatsen erosie van sediment, ook op plaatsen die verder voor zeegras geschikt zijn. Dit kan betekenen dat zaden (en worteldelen) mogelijk gemakkelijker naar lager gelegen delen kunnen spoelen, en zo in voor zeegras ongeschikt gebied terechtkomen. Of dit ook de reden van achteruitgang was, is niet bekend. De achteruitgang was gestaag over vele jaren dus dat maakt het minder waarschijnlijk – klein zeegras overwintert toch vooral via worteldelen.
2. Blootstelling aan golfslag en droogvalduur; het zwaartepunt van voorkomen van klein zeegras lag in het verleden in beschutte gebieden tussen +0,15 en -0,30 m NAP. De ondergrens werd mogelijk bepaald door golfslag.
3. Aanwezigheid wadpieren, macroalgen, zeeduizendpoot. Vooral van de aanwezigheid van wadpieren wordt veel schade verwacht (verzanden en versterkt microreliëf → stagnerend water en begraving); maatregelen ter vermindering van wadpieren zijn daarom opgenomen in het onderzoeksplan. Macroalgen kunnen lokaal schadelijk zijn, bij locatieselectie wordt dit in de overwegingen meegenomen.
4. Zoutgehalte (niet hoger dan 30-31 promille zout, de Jong *et al.*, 2004). Zie punt 1.
5. Turbiditeit: het water is doorgaans zeer helder in de Oosterschelde, hier wordt geen probleem verwacht.

3 Aanplant: methodes en technieken

3.1 Mitigatielocaties

De genoemde aandachtspunten (zie 2.2) in overweging nemend zijn voor dit experiment twee locaties geselecteerd (Figuren 1 en 2): een beschutte locatie in Krabbekreek Zuid, en een meer geëxponeerde locatie bij de Dortsman Noord. Op deze wijze worden risico's enigszins gespreid, en kan meer kennis worden opgebouwd.

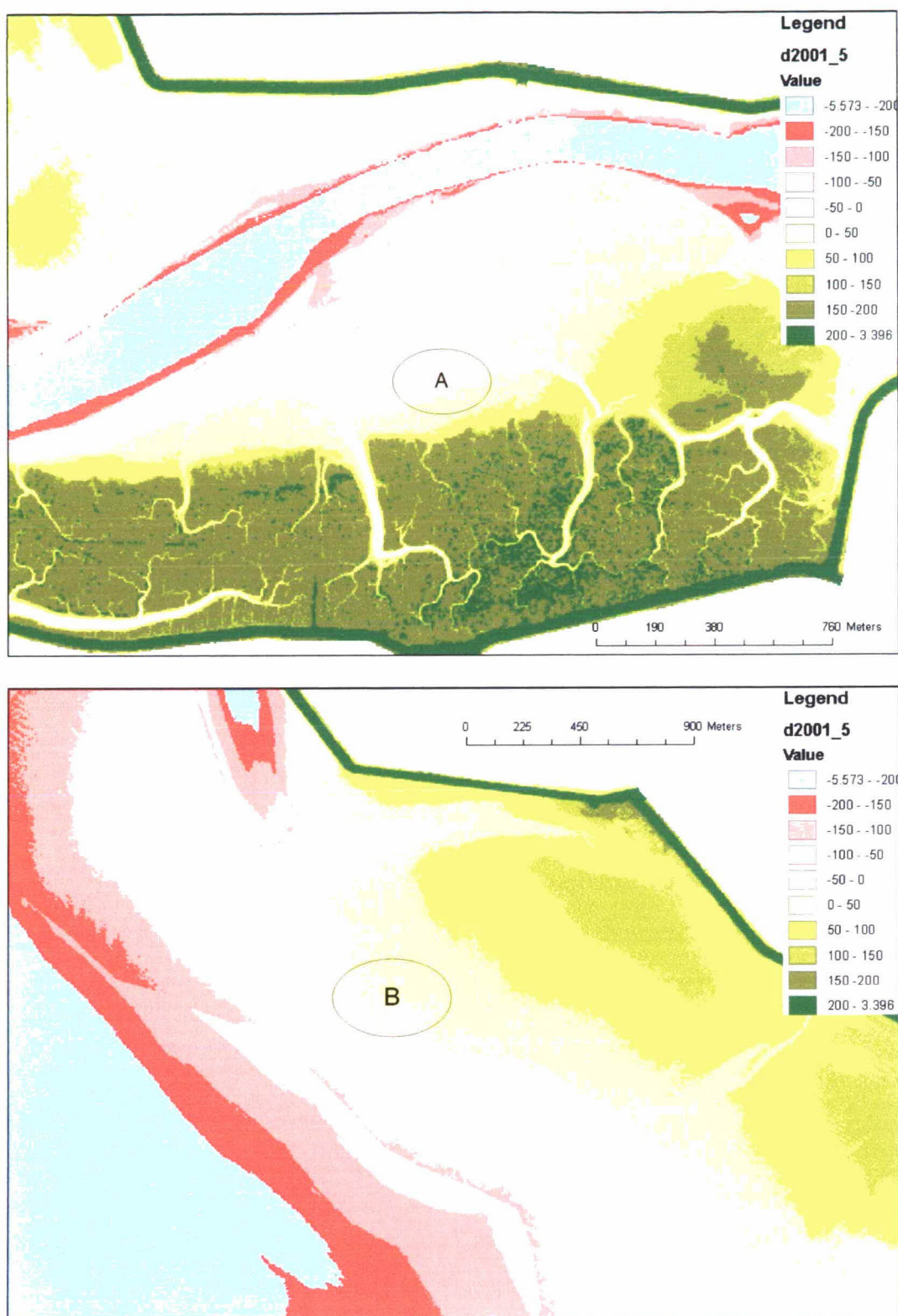
Voorafgaand aan de mitigaties werden (1) exacte erosiekaarten bestudeerd – erosiesnelheid mag niet te groot zijn; en (2) de exacte locaties aangegeven in het veld, waarbij tevens een nulmeting werd verricht m.b.t. toestand sediment, wadpierendichtheid en hoogteligging.

3.1.1 Krabbekreek Zuid

Dit slikken van Krabbekreek Zuid liggen beschut. In de Oosterschelde zijn beschutte locaties meestal minder geschikt geworden na de aanleg van de Oosterscheldekering, omdat geen sediment meer gemobiliseerd kan worden, waardoor netto erosie plaatsvindt. De locatie Krabbekreek Zuid vormt een uitzondering. In dit gebied bestaan nog steeds sterke stromingen in de hoofdgeul waardoor sediment vanuit de geul naar het slik wordt meegenomen, waardoor hier in een aantal delen geen erosie plaatsvindt. Op de tweede plaats kent het gebied een lange zeegrashistorie. De grote velden van vóór 1986 zijn verdwenen na 3 strenge winters gecombineerd met een lange periode met extra lage hoogwaters (door de afbouw van de Stormvloedkering). Bij veldbezoek door de auteurs op 7 februari 2007 zag de plek er geschikt uit; naar schatting fijnzandig met enig slib. Wadpierendichtheid is hoog (grobe schatting 50 per m²), maar niet te hoog (Philippart *et al.* 1994b; veld waarneming D. de Jong).

3.1.2 Dortsman Noord

De open slikken van Dortsman Noord kennen geen zeegrashistorie. Er worden echter oesterrichels aangelegd waardoor de achterliggende slik wordt beschut tegen golfslag, en erosie mogelijk minder sterk wordt. Vlak langs de kust (op een kleibank gelegen naast een brede, ondiepe geul) komt een strook zeegras voor, die vrij stabiel is (in vrijwel alle jaren dat gekarteerd is, was de strook aanwezig). De plek die geschikt leek ligt aan de overkant van een afwateringsdepressie. De wadpierbedekking varieert van laag tot hoog; oostelijk laag, westelijk hoog. In het oostelijk deel van het gemarkeerde gebied in B (Figuur 2) kwam tijdens ons bezoek op 7 februari 2007 al extensief zeegras voor (paar sprietjes per m²). In 1990 was het nabijgelegen zeegrasveld veel groter dan nu, en strekte zich vooral meer westelijk uit. In het beoogde gebied voor mitigatie lijkt het sedimenttype overeen te komen met dat van het bestaande zeegrasveld. Nog meer westelijk (langs de dijk) is niet wenselijk in verband met de toeristendruk (hier is wel zeegrashistorie).



Figuur 2 Mitigatielocaties: Krabbenkreek Zuid en Dortsman Noord

Krabbenkreek Zuid (boven, locatie A; beschermd) and Dortsman Noord (beneden, locatie B; relatief geëxponeerd). In kleur is de hoogteligging aangegeven (in cm). Klein zeegras komt vooral voor in beschutte gebieden tussen +0,15 en -0,30 m NAP, wat op de kaarten overeenkomt met de lichtgele-lichtroze kleuren. Het meest optimale dieptebereik voor klein zeegras komt overeen met een droogvalduur van 50-70%.

3.1.3 Verfijning mitigatielocaties

Binnen de beide mitigatielocaties is een zone aangegeven (d.m.v. bamboepalen) die tussen -0,30 m en +0,15 m boven NAP is gelegen. Bij de Dortsman Noord is de zone gemeten door de meetadviesdienst van RWS op 4 juni 2007, terwijl dat voor de Krabbenkreek is gemeten op 8 juni 2007. Daarbij werd gebruik gemaakt van RTK-GPS.

3.2 Transplantatiewijze

Klein zeegras is een soort die groeit in dichte zoden, en overwintert via de ondergrondse delen, zodat transplantatie van forse zoden voor de hand ligt. Plaggen die op geringe afstand van elkaar worden gelegd kunnen elkaar beschermen/ beschutten, maar aan de andere kant wil men ook uitbreidingskansen bevorderen. Hierop gebaseerd werden er twee strategieën gekozen: i) een 'veilige' strategie, met weinig verlieskansen, maar ook relatief minder uitbreidingskansen in de omgeving; en ii) een 'kansrijke' strategie, met verlieskansen maar ook grotere kansen op uitbreiding. Aanvankelijk werd gedacht aan 21 en 5 patches respectievelijk voor veilige en kansrijke plots, maar tijdens de uitvoering werd dit wegens tijdgebrek bijgesteld naar 9 en 5 respectievelijk (Figuur 3; zie 3.6.2).

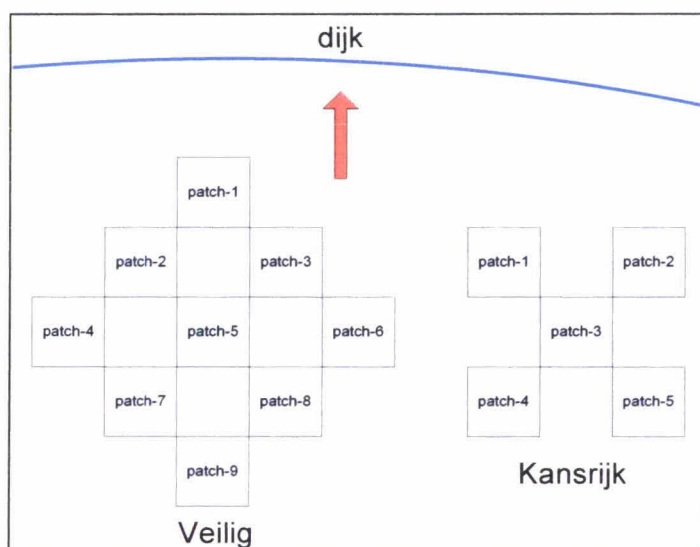
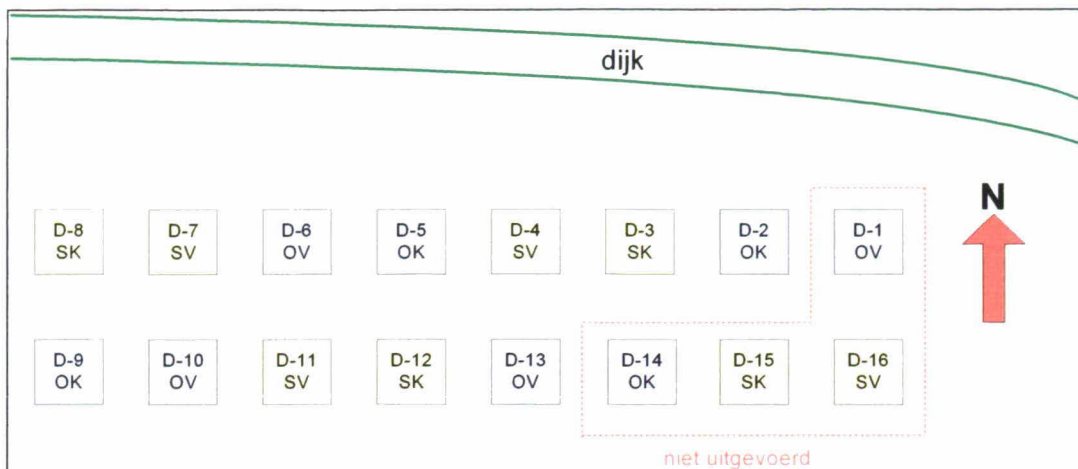


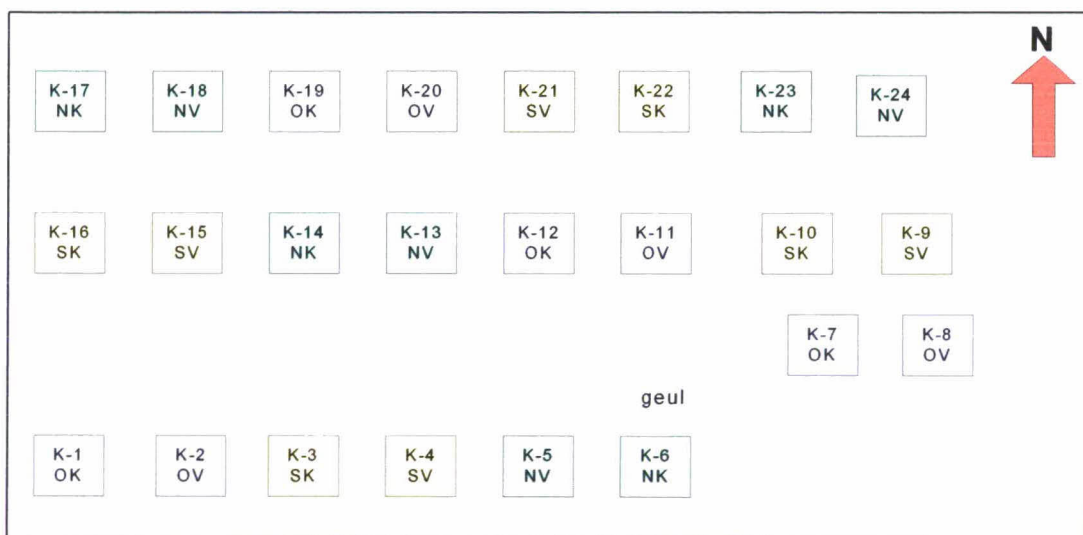
Figure 3 Nummering van patches in veilige en kansrijke plots

Op de Dortsman werd aanvankelijk gemikt op het aanleggen van 16 plots, in combinaties van veilige en kansrijke plots, met een schelpenbehandeling of onbehandeld tegen wadpieren (Figuur 4). Tijdens de uitvoering is dit wegens tijdgebrek teruggebracht naar 12 plots (zie 3.6.2). In de Krabbenkreek zijn 24 plots aangelegd, in combinaties van veilige en kansrijke plots, met een schelpen- of netbehandeling tegen wadpieren, of zonder wadpierenbehandeling (Figuur 5).



Figuur 4 Nummering van plots op de Dortsman (D1-D16)

O = onbehandeld; S = schelpenbehandeling; K = kansrijk; V = veilig



Figuur 5 Nummering van plots op de Krabbenkreek (K1-K24)

O = onbehandeld; S = schelpenbehandeling; N = netbehandeling; K = kansrijk; V = veilig

3.3 Antiwadpiermethodes: schelpenproef

Op 16-17 april 2007 werd een schelpenproef vooraf uitgevoerd op de slikken van Oostdijk (bij Yerseke, Wadpier Spitlocatie 5, nabij dijkpaal 1315) om te onderzoeken of het aanbrengen van een 5-7 cm dikke schelpenlaag de wadpierdichtheden kon reduceren tot een niveau dat als 'acceptabel' werd beschouwd (dwz <10-15 wadpierhoopjes/m²). Bij deze proef werden 8 plots van ieder 4x4m behandeld volgens 2 methoden (elk 4x). Voor de 'eenvoudige' methode werd 15 cm laag grond uitgegraven, een schelpenlaag (5-7 cm dikte) aangebracht, en de uitgegraven grond er weer bovenop geplaatst (overtollig grond werd uitgespreid). Voor de tweede (gecompliceerde) methode werd eerst tot op 30 cm uitgegraven; het uitgegraven materiaal werd niet meer gebruikt om het gat weer op te vullen, maar werd elders gedeponeerd. Vervolgens werd in de uitgegraven gat 15cm sediment aangebracht vanaf de bovenste 15cm slik ten weerszijden van de plot (waarin geen wadpiers zitten), en een schelpenlaag van 5-7cm aangebracht. Daarna werd het gat verder geëgaliseerd met sediment uit de bovenste (wadpiervrije) 15cm laag ten weerszijde van de plot.

Bij evaluatie na ongeveer een maand (13 mei 2007) bleek dat er géén significant verschil bestond tussen beide methoden (beide waren even effectief). Bij aanvang was de gemiddelde wadpiedichtheid² 48 per m², en na behandeling was dit gedaald tot 2-7/m². Deze proeflocatie is na eind mei 2007 niet meer gemonitord. Besloten is verder de eenvoudige methode te gebruiken.

3.4 Selectie van donorlocatie

Op basis van bezoeken van RU-medewerkers aan de Goesse Sas, de Slikken van Viane en de Zandkreek Noord (zie Annexen 1 & 2) op 12 en 18 mei 2007, respectievelijk, is op 23 mei 2007 (zie ZLD-6476 verslag overleg 01) besloten de Slikken van Viane (op Schouwen-Duiveland) te gebruiken als primaire donorlocatie, en de Goesse Sas achter de hand te houden als reservelocatie. De Slikken van Viane hebben als voordeel dat ze goed bereikbaar zijn en er voldoende zeegras beschikbaar is (Tabel 1); de Goesse Sas is minder goed te bereiken, en de Zandkreek Noord bevat te weinig zeegras (slechts 10 m²).

Uit inventarisaties uitgevoerd eind mei 2007 blijkt dat er géén broedvogels aanwezig zijn op de donorlocaties. Andere potentiële donorlocaties opgenomen in het contract vielen eerder af vanwege geringe hoeveelheden zeegras, of vanwege een grote afstand tot de mitigatielocaties.

Tabel 1 Selectie van donorlocatie

Locatie	Locatie ID in contract ZLD-6476	Verwacht m ² zeegras	Aanwezig m ² zeegras	Bereikbaarheid
Slikken van Viane West	G	1782	>1200	goed
Slikken van Viane Oost	G	2893	>1200	goed
Zandkreek Noord	H	410	<10	goed
Goesse Sas	D	2736	2700	minder goed*

* vanwege afstand van mitigatie locaties

3.5 Toepassing van methodiek door aannemer: technische uitvoering

Aannemer voor uitvoering van de zeegrasmusmitigatieproef is het bedrijf BTL (Bureau voor Tuinen Landschapsverzorging) – Realisatie uit Bruinisse. Materieel en personeel zijn door BTL ingehuurd van loonbedrijf van der Maas, eveneens uit Bruinisse. Schelpen zijn ingekocht via Van De Endt-Louwerse B.V. uit Yerseke, en bestaan uit kokkels en kokkelgruis, gewonnen in de Oosterschelde. Op maat gemaakte netten zijn door BTL besteld bij Netco B.V. uit Sittard. Deze netten (NETCO E80/70 Zwart PE/polyethyleen MONO) vertonen géén rek, hebben een maaswijdte van 1 mm, en zijn afbreekbaar binnen 10-20 jaar.

² Men telt niet het aantal wadpieten direct, maar het aantal 'hoopjes' sediment (die eruit zien als tandpastahoopjes) die aanwezig zijn per vierkante meter. Uit ervaring blijkt dit een eenvoudige en betrouwbare benadering te zijn (zie bijv. Volkenborn, 2005).

3.5.1 Werkzaamheden op de donorlocatie

Toegang tot de Slikken van Viane West

Om toegang te krijgen tot de donorslikken, zijn een balkenversperring en een prikkeldraad hekwerk tijdelijk verwijderd. De balkenversperring vormt onderdeel van de dijkmuur, terwijl het hekwerk de schapen op de schorren moet houden, en zorgt dat ze niet op de slikken komen. Tevens zijn er stalen rijplaten van 0,6 m bij 6 m (met een gewicht van 800 kg per stuk) gebruikt om wegzakken van de kraan in het zachte slib zoveel mogelijk te beperken.

Plaggenrooier

Door BTL en onderaannemer van der Maas is een "plaggenrooier" ontwikkeld speciaal voor de zeegrasmusmitigaties, die aan een kraan wordt gemonteerd en ongeveer werkt als een grote kaasschaaf (zie Figuur 6). Een houten bak van 0,75 m bij 1,5 m past precies in deze plaggenrooier, en de gerooide 10 cm dikke plag komt direct in deze bak terecht. Na het rooien van een plag wordt deze samen met de houten bak uit de plaggenrooier gelost, en een nieuwe bak aangebracht voor het rooien van de volgende plag. Plaggen werden gerooid tot op een afstand van 15 m vanaf de teen van de dijk, zoals gespecificeerd in de gedoogbeschikking.

Van tevoren is met graszoden geoefend, en na enige pogingen op de Slikken van Viane lukte het om gelijkmatige zeegrasplaggen te rooien. Daarbij werd gebruik gemaakt van een grote kraan van 17 ton, die een reikwijdte had van 5+ meter en daardoor minder ver de slikken op en af hoefde te rijden.



Figuur 6 Plaggenrooier in werking op donorlocatie

Vervoer van plaggen

Zeegrasplaggen zijn in houten kisten van 1,5 m bij 0,75 m vervoerd, die voorzien zijn van een plastic laag onderin en aan drie zijden voorzien zijn van een 15 cm hoge zijwand. Na het rooien werden de plaggen op de dijk door een tweede grote kraan naar een tractor met aanhangwagen gebracht (Figuur 7). Om uitdroging te voorkomen werden de plaggen afgedekt met stoffen dekens, die vochtig werden gemaakt met water uit de Oosterschelde (Figuur 8). De tractor met oplegger vervoerde de plaggen: i) direct naar de slikken van de Dortsman Noord, of ii) naar de haven van Sint Annaland, van waaruit het met een platbodem naar de Krabbenkreek werd vervoerd.



Figuur 7 Twee kranen in gebruik bij rooien van plaggen op donorlocatie



Figuur 8 Afdekken van plaggen met natte dekens

Nazorg van donorlocatie

Na het rooien van de zeegrasplaggen is er een 10 cm dikke schelpenlaag aangebracht op de plaats waar de plaggen zijn verwijderd, en daarop weer een sliblaag aangebracht zodat het geheel weer even hoog is als de aangrenzende slikken³. Dit is vervolgens zo glad mogelijk gestreken. Vervolgens zijn de rijplaten verwijderd en slikken/schorren zoveel mogelijk geëgaliseerd. Hekwerk en balkenversperring zijn vervolgens weer aangebracht, en zijn restanten van bekisting en schelpengruis verwijderd.

Uiteindelijk is zeegras alléén geroid op de Slikken van Viane West, en zijn de andere locaties (Slikken van Viane Oost en Goesse Sas) niet nodig geweest. Dit is ten dele het gevolg van een geringere aanplant (600 m² i.p.v. 950 m²), maar ook een indicatie dat er zuinig is omgesprongen met beschikbaar zeegras.

Rooien gebeurde doorgaans door een team van vier man: één voor iedere kraan, één voor de tractor met aanhangwagen (neerleggen, nazorg en vervoer van plaggen), en één voor het aanbrengen van de houten kisten in de plaggenrooier en het schoonhouden van de plaggenrooier.

3.5.2 Mitigatielocaties

Op de mitigatielocaties is van 4-8 juni 2007 gewerkt op de slikken van de Dortsman Noord, ten zuidzuidwesten van Stavenisse, en van 11-15 en 17-21 juni 2007 op de slikken van de Krabbenkreek Zuid, ten oosten van Sint Annaland (zie 3.1).

Vervoer naar de mitigatielocaties

Plaggen zijn van de Slikken van Viane naar de twee mitigatielocaties vervoerd door tractoren met aanhangwagen, en onderweg natgehouden met dekens die waren doorweekt met Oosterscheldewater. Bij de Dortsman Noord konden de tractoren met aanhangwagens zo de slikken oprijden omdat deze direct toegankelijk waren vanaf de dijk, en bovendien uit stevig zand bestaan. Bij de Krabbenkreek was dit onmogelijk, en conform aan de bepalingen in de gedoogvergunning werden de zeegrasplaggen vanuit de haven van Sint Annaland naar de slikken van de Krabbenkreek vervoerd met een ponton/platbodem.

Gereedmaken van plots

De plots werden met behulp van twee kleine kranen op drie verschillende manieren voorbereid voor het leggen van de zeegras plaggen:

- Voor de blanco's: verwijderen van bovenlaag van 10 cm;
- Voor de schelpenbehandeling: verwijderen van bovenlaag van ca. 17 cm, en aanbrengen van schelpenlaag van 7 cm (Figuur 9); en
- Voor de netbehandeling: verwijderen van bovenlaag van 10 cm, en aanbrengen van een net (bestaand uit één stuk; Figuur 10); n.b. de netbehandeling werd alléén op de Krabbenkreek toegepast.

³ Deze behandeling moet herstel van zeegras begroeiing op de donorlocatie bevorderen.

Leggen van plaggen

Door BTL is een speciale bak ontwikkeld waarin de plaggenkisten konden worden vervoerd en gelost met behulp van een kleine kraan van 5 ton. Plaggen werden uit de kisten gelost waarin ze zijn vervoerd door de kist schief te houden, de plag op te lichten met behulp van een schop, en emmers water achter/onder de plag te gieten (anders bleven deze door een zuigende werking in de bakken kleven; Figuur 11). Plaggen werden zo in het 'veilige' of 'kansrijke' schaakbord patroon gelegd (Figuur 3), en na het leggen werden de plots aangevuld met sediment dat eerder uit de plot was verwijderd tot aan het oorspronkelijk maaiveld. Het overschot aan sediment werd in de omgeving uitgespreid.



Figuur 9 Schelpenbehandeling van een plot



Figuur 10 Plot voorbehandeld met een net



Figuur 11 Lossen van een plag in een plot met net

Markeren van plots

Tijdens de werkzaamheden werden de plots en de buitengrenzen van de patches gemarkeerd d.m.v. bamboepalen van 4 meter lengte. Ook werden de hoekpunten van de plots gemarkeerd met betonijzers (staal, met doorsnede van 8 mm). Per plot werd vervolgens op 5 meter afstand van de buitengrens één bamboepaal met een geplastificeerde label aangebracht. Nadat alle plots gereed waren zijn de overige bamboepalen verwijderd en werden de betonijzers verder in het sediment geduwd zodat ze niet meer zichtbaar waren.

3.6 Aanpassingen tijdens de uitvoering

3.6.1 Donorlocatie

Tweede kraan

Aanvankelijk vormde de smalle dijk een probleem voor afvoer van gerooide plaggen. Tijdens de tweede week werd daarom een tweede grote kraan ingezet (Figuur 7), om gerooide plaggen vanaf de voet van de dijk te verplaatsen naar de aanhangwagen. Dit betekende dat de kraan die werd ingezet voor het rooien zelf, niet langer heen en weer hoefde te bewegen voor afvoer van plaggen, maar langer op één plek kon blijven staan. Behalve dat dit efficiënter werkte werd zo ook minder schade aangericht aan dijk en slikken. De winst qua efficiency was overigens ook aanzienlijk: aanvankelijk werden er 30-50 plaggen gerooid per dag, maar aan het eind van de tweede week kon men met gemak meer dan 100 plaggen rooien.

Kisten voor vervoer van plaggen

De kisten voor het rooien en vervoer van plaggen hebben aan drie zijden een wand (zie Figuren 7 en 8) – dit vergemakkelijkt het rooien en lossen van plaggen, maar heeft als nadeel dat de kisten minder goed stapelen en sneller uit elkaar vallen (een natte plag weegt ruim

200 kg). Sommige plaggen kwamen daardoor gehavend aan op de mitigatielocaties als gevolg van het verschuiven of uit elkaar vallen van de kisten, en er werd naar oplossingen hiervoor gezocht. Tijdelijk een vierde zijwand monteren werd als veel te tijdrovend gezien. Wel werden er latjes van 3cm doorsnede aan de bovenzijde van de openstaande zijkant gemonteerd, waar de plag in principe onderdoor zou kunnen, maar wat de bekisting meer stevigheid zou geven. In de praktijk bleek dat de vermindering van de hoogte van de kist (door het aanbrengen van het latje, van 15 naar 12 cm) ertoe leidde dat (vaak opkrullende) plaggen langs het latje schraapten en zo bij het rooien werden ontdaan van zeegras. Later werden er hoekijzers aan de binnenzijde van de kisten bevestigd, waardoor ze minder snel uit elkaar vielen.

3.6.2 Mitigatielocaties

Reductie aantal patches en duplo's

Op de Dortsman waren volgens de gedoogvergunning vijf dagen beschikbaar voor zeegras transplantatie. Vooraf leek dit voldoende, maar omdat tijdens de eerste week er nog géén routine was in het aanleggen van plots, en in het rooien, vervoer en leggen van plaggen, ging het allemaal minder snel dan verwacht. Het lossen en leggen van de plaggen bleek tijdrovender dan werd aangenomen: er waren continu drie man (één in de kraan, twee bij de plaggen) nodig voor het lossen/leggen. Dit bleek *de* bottleneck te vormen voor het hele transplantatieprogramma. Op de Dortsman werd het aantal duplo's verminderd van 4 naar 3, waardoor er in totaal 12 plots werden aangelegd i.p.v. 16. Al snel werd duidelijk dat 21 patches voor de veilige plots zeker niet gehaald zou worden, ook bij een vermindering van het aantal duplo's, en werd tevens gekozen voor een reductie van het aantal patches in de veilige plots naar 9 (aanvankelijk werd nog aan 13 gedacht, maar ook dat bleek niet haalbaar).

Blanco's voorbehandeld

Volgens het onderzoeksplan zouden de blanco plots niet worden voorbehandeld – alléén de plaatsen waar de patches zouden komen zouden worden uitgegraven. Door een misverstand zijn de eerste blanco's op de Dortsman in hun geheel uitgegraven tot 10 cm en na plaatsing van de plaggen weer aangevuld. Daarna is besloten om alle blanco's op dezelfde wijze te behandelen, zodat deze onderling vergelijkbaar bleven. Achteraf gezien blijkt dit toch een 'nettere' blanco te vormen dan een volledig onbehandelde plot, aangezien nu het verschil alleen bestaat uit wel of geen schelpenlaag of net.

Verschuiving van mitigatielocatie Krabbenkreek

Bij de Krabbenkreek Zuid werd aanvankelijk aan een locatie ca. 150 m meer westelijk dan de uiteindelijke mitigatielocatie gekozen als beste plaats, met een meer oostelijk gelegen plek als uitwijkmogelijkheid. Tijdens het uitzetten van de exacte mitigatielocatie (tussen -0,30 m en +0,15 m NAP) werden beide percelen meegenomen. Tijdens dag één op de Krabbenkreek zakte de middelgrote kraan (7 ton) tot aan de deur van de cabine weg in het slik en kon deze slechts met de grootste moeite eruit worden getrokken voor het volgende hoogwater. Achteraf bleek dat in het westelijk deel van de gekozen locatie een zachte sliblaag van bijna een meter dikte onder een zandrijke bovenlaag van 20 cm zat. Daarom werd gekozen voor een verschuiving naar het noordoosten, waar de diepere sliblaag ontbrak. Hierdoor werden 6 van de 24 plots in perceel 1 aangelegd, en de overige 18 in perceel 2.

Vermijden Schapendam

Bij de Krabbenkreek mocht men volgens de gedoogbeschikking niet met kranen (en graafmachines) over de Schapendam rijden tijdens de periode 16-21 juni i.v.m. springtij. De toestand van de Schapendam verslechterde zodanig na een paar keer rijden met een kleine kraan en rupsdumpers, zodat snel werd besloten om er alléén nog met rupsdumpers nog overheen te rijden, ook buiten de aangegeven periode. Ander materieel werd vervolgens met de ponton/platbodem vervoerd.

Aanpassen van plastic labels

Op de Dortsman werden in eerste instantie plastic labels van A-4 formaat aangebracht op bamboepalen m.b.v. plastic tie wraps, maar al na een paar dagen bleken ze allemaal te zijn verdwenen. Een combinatie van grootte (A-4) en verkeerd aanbrengen (via gleuven i.p.v. ronde gaten in het plastic) bleek hiervan oorzaak te zijn. Een tweede serie plastic labels van A-6 formaat (1/4 van A-4), voorzien van ronde perforaties en vastgemaakt met tie wraps bleken na twee weken nog allemaal aanwezig te zijn. De plots van de Krabbenkreek zijn ook op deze tweede wijze gelabeld. Deze laatste labels hebben het enkele maanden volgehouden, daarna waren de meeste bamboepalen verdwenen.

Aanvullen van plots

Een aantal dagen na het voltooiën van de plots van de Dortsman bleek bij controle dat er bij een aantal plots vrij diepe kuilen zaten tussen de plaggen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van inklinking, in combinatie met slecht zicht ten tijde van het invullen van de plots (water in de plots werd zéér troebel). Enige nazorg bleek daarom noodzakelijk – de gaten en kuilen zijn opgevuld en gladgestreken door een paar BTL medewerkers uitgerust met schop en hark. Dit is achteraf ook bij de Krabbenkreek mitigatielocatie toegepast.

Verwijderen van slijkgras

Gerooide plaggen bleken in sommige gevallen zowel kleine pollen als losse plantjes Engels slijkgras *Spartina anglica* te bevatten. Dit was zelden veel, maar om verstoring van de proef te voorkomen is het slijkgras door RU medewerkers na het aanleggen van de patches handmatig uit de plaggen verwijderd. Slijkgras kan het zeegras overwoekeren, maar biedt ook aanhechtingsplaatsen voor macroalgen zoals zeesla (Figuur 12), dat vervolgens het zeegras kan verstikken.



Figuur 12 Zeesla vastgehouden door slijkgras in zeegras veldje



3.7 Aanpassingen achteraf

3.7.1 Donorlocatie

Op de donorlocatie zijn géén aanpassingen achteraf noodzakelijk gebleken. Wel is er naar aanleiding van overleg tussen Projectbureau Zeeweringen, BTL en RU op 31 juli 2007 bij RWS te Middelburg een extra proefje uitgevoerd om de gevolgen van afdekking van zeegrasplaggen te onderzoeken. Dit werd uitgevoerd om te toetsen of verstikking (met doeken direct op het zeegras) tot afsterving kon leiden tijdens het vervoer. Er werden 6 plastic plantenbakjes (binnenmaat 37 bij 15 cm, 14 cm diep) gevuld met zeegrasplaggen, en als volgt behandeld:

- In 2 bakjes werden de plaggen alléén natgehouden;
- In 2 bakjes werden plaggen natgehouden, maar ook afgedekt met een vochtige doek dat boven de zeegrasplaggen zweefde; en
- In 2 bakjes werden plaggen natgehouden, waarbij een vochtige doek direct op de plaggen werd gelegd.

De conditie van het zeegras werd een paar dagen gevolgd, met als conclusie dat het allemaal géén verschil maakte: het zeegras bleef groen en gezond. De belangrijkste factor is dus het vochtig houden van het zeegras tijdens het vervoer.

3.7.2 Mitigatielocaties

Markering van de plots

Tijdens het monitoringsbezoek in oktober 2007 bleek dat alle bamboemarkeringsstokken waren verdwenen, waarschijnlijk ten gevolge van een storm eerder in de maand. Ook bleek bij eerdere monitoringsbezoeken dat de betonijzers die op alle hoekpunten waren geplaatst moeilijk te lokaliseren waren omdat ze te klein waren voor de metaaldetector (meestal worden dikkere staven hiervoor gebruikt).

Tijdens het werkoverleg aan de RU op 30 oktober 2007 tussen RU, Projectbureau Zeeweringen, NIOO en RWS werd daarom besloten alle plots te markeren met piketpalen op alle hoekpunten (zie Verslag overleg vervolgproef, met kenmerk PZDB-V-07259, van 5 november 2007). Op 12 en 13 december 2007 werd door medewerkers van de RU alle 36 plots voorzien van houten piketpalen op de hoekpunten (zie Figuur 13). Deze ronde palen van 1,0 m lengte werden diep in het sediment geplaatst zodat er slechts 15-20 cm uit de grond bleef steken. De locatie van alle palen wordt in februari 2008 door de Meetadviesdienst van RWS bepaald met een nauwkeurigheid van 3 cm.



Figuur 13 Piketpalen worden aangebracht op hoekpunten van de plots

Verwijdering van Slijkgras

Tijdens monitoringsbezoeken werden slijkgras scheuten die nog aanwezig waren in de plaggen met de hand verwijderd. Het ging hierbij om geringe aantallen, maar in sommige plaggen bleek de aanwezigheid van slijkgras hardnekkig, en was het noodzakelijk dit bij een aantal bezoeken te verwijderen. Daarbij werd wel getracht het zeegras zoveel mogelijk te ontzien.

4 Monitorings- en analysemethodiek

4.1 Nulmeting

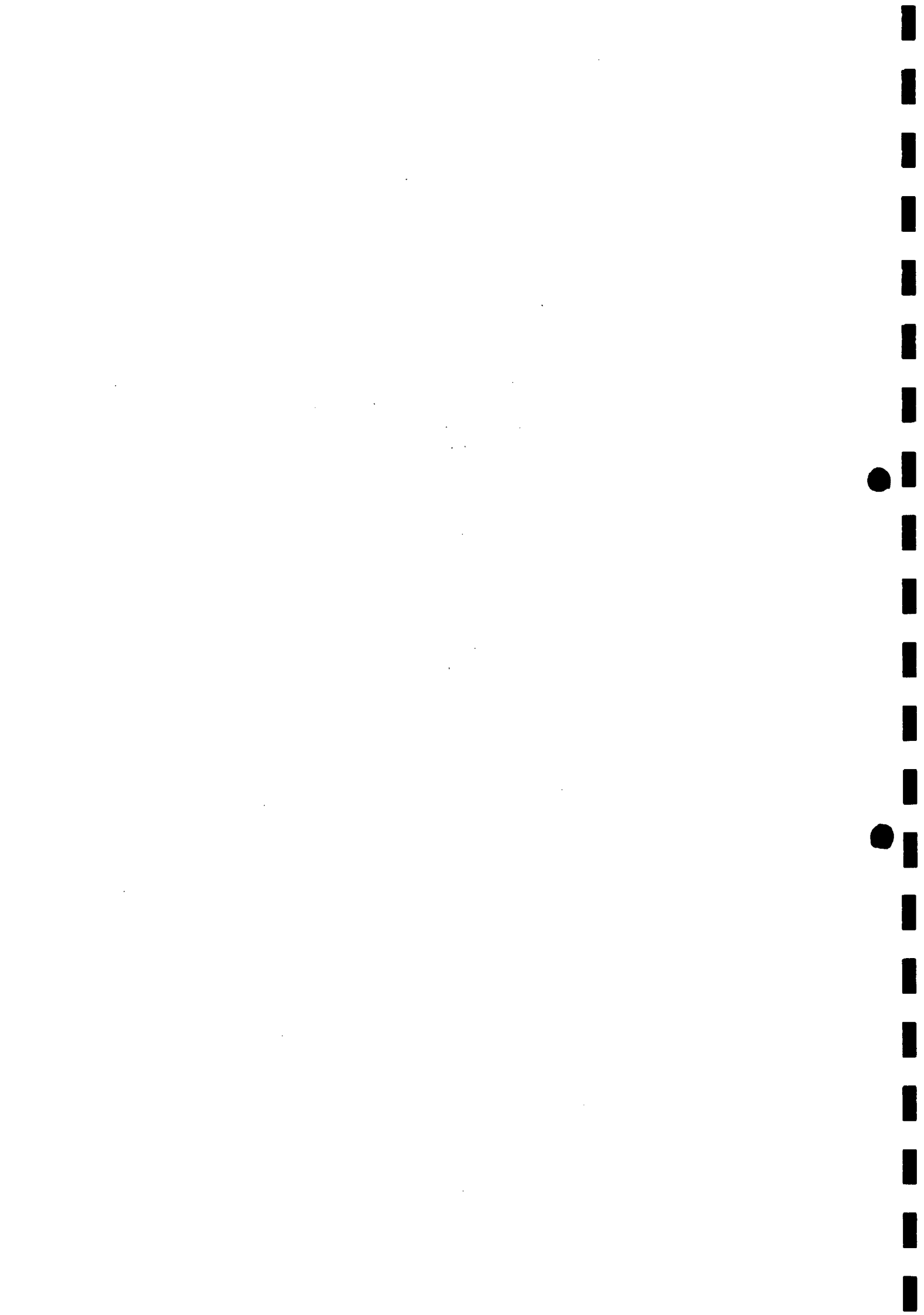
Voor de nulmeting en monitoring werd door RU medewerkers een formulier ontwikkeld (Annex 6) dat voor beide kon worden gebruikt. Tijdens uitvoering van de nulmeting werd duidelijk dat dit niet per plot moest worden ingevuld, maar per patch/plag, omdat er onderling zulke grote verschillen waren. Ook bleken sommige metingen tijdens de nulmeting niet mogelijk⁴, zoals het tellen van het aantal scheuten per vierkante meter, epifyten, en het meten van het microreliëf. Deze zijn wel tijdens de verdere monitoring meegenomen. Algen en slijkgras werden verwijderd uit de pas gelegde patches, maar zijn (waar het macroalgen betreft) tijdens de monitoring wel gemeten.

De volgende factoren zijn meegenomen in de nulmeting:

- Zeegras:
 - Bedekkingspercentage (schatting)
 - Aantal bloeiende scheuten (%)
- Grazers
 - Aantallen wadslakjes (per dm²) in de patch, en buiten de plot
 - Aantallen alikruiken (per patch, en buiten de plot)
- Wadpieren
 - Wadpier aantallen (per patch)
 - Wadpier aantallen per vierkante meter buiten de plot
- Schelpen
 - Percentage van oppervlakte door schelpen bedekt (per plag)
 - Bedekkingspercentage buiten de plot
- Erosie/sedimentatie
 - Notitie van zichtbare sporen van erosie (blootragen van scheuten) of sedimentatie (e.g. bedolven raken van plagen)
- Hoeveelheid water
 - Aantal cm's/percentage dat een plag onder water staat
 - Tijdstip van meting
- Hoeveelheid afgestorven bladeren
 - Inschatting van bedekkingspercentage zwarte/donderbruine bladeren (per plag)

Voor de nulmeting zijn alle plots genummerd volgens de schema's in figuren 4 en 5. Vervolgens zijn de patches per plot genummerd volgens de schema's in figuur 3. Per patch zijn de plagen als volgt geïdentificeerd: de plag aan de dijkkant = de top plag, de andere = bottom plag. Alle patches zijn gefotografeerd voor de nulmeting.

⁴ Tijd beschikbaar voor de nulmeting werd beperkt door het pas aan het eind van de week tegelijk klaarkomen van de meeste plots, en het overhevelen van dagen voor begeleiding van de mitigatieproef.



4.2 Monitoring

Om de monitoringsmethode te toetsen is op de Dortsman is een eerste 'proef' monitoring uitgevoerd op 16-19 juni 2007 waarbij vrijwel alle parameters werden gemeten behalve het noteren van bloeistadium van het zeegras en de mate van onderwater staan van de plaggen. Vervolgens is de eerste volledige monitoring uitgevoerd op 17 juli 2007. In de Krabbenkreek is géén proefmonitoring uitgevoerd, maar is gelijk met een volledige monitoring begonnen op 11 juli 2007. Volgende monitoringsronden waarbij metingen zijn verricht zijn uitgevoerd op 20-24 augustus, 11-12 september, 13-14 november 2007, en 13-14 februari 2008. Monitoringsbezoeken zonder metingen zijn uitgevoerd op 6 oktober en 12-13 december 2007, en 16 februari 2008.

Tijdens de nulmeting is er een schatting gemaakt van het percentage zwarte/donkerbruine bladeren, wat een mate is van stress (en mogelijk latere afsterving). Dit is tijdens de monitoring niet verder genoteerd. Algen zijn niet meegenomen als parameter in de plaggen tijdens de nulmeting (omdat ze waren verwijderd), maar wel buiten de plot gemeten. Bij de monitoring zijn macroalgen vervolgens wel meegenomen als parameter in de patches. Uitbreiding van het zeegras is gemeten tijdens de monitoring; dit is in de resultaten uitgedrukt in vierkante meters uitgelopen begroeiing buiten de aangeplante patches. Resultaten zijn weergegeven als "gemiddelde uitbreiding per patch", berekend als het totaal aantal vierkante meters uitbreiding in een plot gedeeld door het aantal plaggen⁵.

De meetmethoden zijn verder hetzelfde gebleven als bij de nulmeting, behalve dat bij sommige parameters de resolutie iets is verfijnd. Zo is er bij het tellen van wadslakjes uitgegaan van een vlak van 25 bij 25 cm i.p.v. 10 bij 10 cm, en zijn de schelpen in de patches geteld en weergegeven in aantal/m² in plaats van een schatting van het bedekkingspercentage. Verder zijn er enkele parameters gemeten die in de nulmeting ontbraken: i) schatten van epifytenlaag, en ii) bepaling van de correlatie tussen zeegrasbedekkingspercentage en het aantal zeegrasscheuten.

⁵ Dit is gedaan omdat men op deze manier de kansrijke en veilige plots eerlijk kunt vergelijken. Als het was uitgedrukt als uitbreiding per vierkante meter, dan vindt men natuurlijk altijd grotere getallen bij de veilige plots, omdat we daar zijn begonnen met meer plaggen.



4.3 Additionele parameters

Behalve nulmeting en monitoring zijn een aantal parameters eenmalig gemeten. Hierbij gaat het om korrelgrootte van de sedimenten; relatieve hoogteligging/microreliëf; nutriënten, pH en alkaliniteit van poriënvocht; en organische stof gehalte van de sedimenten. Hierbij een korte weergave van de gebruikte analysemethode:

- **Korrelgrootte** werd in het NIOO laboratorium te Yerseke bepaald met behulp van een zogenaamde 'Malvern' analysator, een laserapparaat dat speciaal is ontwikkeld voor automatische bepaling van korrelgroottes van sedimenten (zie www.malvern.co.uk). Hierbij zijn de 10%, 50% en 90% percentielen berekend; bij een percentiel van 10% (i.e. de D10) heeft 10% van het sediment een korrelgrootte, dat kleiner is dan de aangegeven diameter (in μm). Monsters zijn in augustus genomen, 'at random', op twee dieptes: 0-1 cm en 0-5⁶ cm, en 4x in elk van de volgende: in zeegrasplaggen van de controle-, schelp- of netplots, en buiten de plot. De monsters zijn eerst gevriesdroogd, en daarna gezeefd om grove delen zoals stukjes schelp en wortels eruit te halen. Per monster is uiteindelijk een paar gram sediment gebruikt voor de analyse met de Malvern.
- **Verschillen in reliëf.** Relatieve hoogte werd bepaald ten opzichte van een vast referentiepunt per mitigatielocatie, met behulp van een laser (Trimble Spectra Precision Laser LL500) die normaal in de bouw wordt gebruikt om relatieve hoogtes te bepalen (zie www.bouw-laser.nl). Hierbij kunnen normaliter tot op de millimeter nauwkeurig hoogteverschillen worden bepaald, maar met de gebruikte methode (met bakken) kunnen er fouten optreden tot +/- 0,5 cm. Het geeft in elk geval een maat voor het reliëf tot op een nauwkeurigheid van 5 mm.
- **Poriënvocht** werd gemonsterd in alle plots van de Krabbenkreek (niet op de Dortsman) met behulp van 5 cm lange 'rhizons' (sippers), die aan een spuit zitten die wordt uitgetrokken tot er 50 ml vacuüm ontstaat (zie bijv. Nayar *et al.*, 2005). Door het vacuüm wordt poriënvocht langzaam naar binnen gezogen. Gemiddeld is er op deze manier 30 ml poriënvocht per monsternamen verzameld.
- **Analyse van poriënvocht**
 - pH is gemeten met een pH-meter
 - Alkaliniteit is een maat voor de buffercapaciteit van de bodem. Procedure: 10 ml poriënvocht aangebracht in een 25 ml bekerglas. De pH wordt gemeten en vervolgens wordt druppelsgewijs 0,01 M HCl (zoutzuur) toegevoegd totdat de pH 4,2 is. Alle buffers zijn dan verbruikt. Belangrijke buffers in poriënvocht van zeewaterbodems zijn normaliter sulfide, fosfaat en bicarbonaat. <n.b. ammonium vormt geen buffer omdat het pH van ammonium hoger ligt dan de pH van het vocht.>
 - Ammonium (NH_4^+): spectrofotometrisch gemeten met behulp van hypochloriet op een Bran+Luebbe autoanalyser. De oplossing kleurt groen wanneer

⁶ D.w.z. dat een monster is genomen van de bovenste 5 cm.



- ammonium aanwezig is in de oplossing, en kleurintensiteit is een maat voor het ammoniumgehalte.
- Orthofosfaat (o-PO_4^{3+}): spectrofotometrisch gemeten met behulp van ammoniummolybdaat op een Bran+Luebbe autoanalyser. De oplossing kleurt blauw wanneer orthofosfaat aanwezig is in de oplossing, en kleurintensiteit is een maat voor het orthofosfaatgehalte.
 - N.b.: nitraat (NO_3^-) is niet gemeten, omdat alle monsters (ruikbaar) sulfide bevatten; sulfide wordt alleen gevormd (uit sulfaat) als de meer gunstige elektronenacceptoren (zuurstof en vervolgens nitraat) zijn verbruikt.
- **Organische stof** werd gemeten met behulp van een methode gebaseerd op gewichtsverlies na verbranding. Monsters zijn 24 uur gedroogd in een stoof bij 70°C, en een nauwkeurige hoeveelheid monster afgewogen. Dit monster is vervolgens 5 uur bij 550°C verbrand, waarna het gewichtsverlies werd bepaald. Het gewichtsverlies wordt bepaald door de organische stofgehalte; verbranding bij een hogere temperatuur (bijv. 900°C) kan tot CO_2 verlies leiden van de aanwezige carbonaat (zie bijv. Hieri *et al.*, 2001).

4.4 Statistische analyse

Alle statistische tests zijn uitgevoerd met het SPSS software pakket. Bij de toetsingen is als volgt te werk gegaan: bij elke toets werd eerst getest of de data normaal verdeeld waren met behulp van een normale verdelingstoets.

Bij een normaal verdeelde dataset werd verdere toetsing uitgevoerd met een Analysis of Variance (ANOVA) om te testen of er significante verschillen bestonden in de dataset. Wanneer de ANOVA toets aantoonde dat er significante verschillen waren, en er meer dan 2 behandelingen werden vergeleken, is een verdere analyse gedaan met een post-hoc test om te onderzoeken tussen welke groepen significante verschillen zaten. In het geval van homogene variantie werd Tukey's HSD (honestly significant difference) test gebruikt. Wanneer varianties niet homogeen waren is gebruik gemaakt van de Games-Howell test.

Wanneer de datasets niet normaal verdeeld waren, zijn ze getoetst met behulp van de Kruskal-Wallis test om te zoeken naar significante verschillen in de dataset. In het geval deze test een significante uitkomst gaf en er meer dan 2 behandelingen werden vergeleken, zijn post-hoc tests uitgevoerd met behulp van Mann-Whitney U tests met een Bonferroni correctie op het significantie niveau.



5 Resultaten nulmeting & monitoring

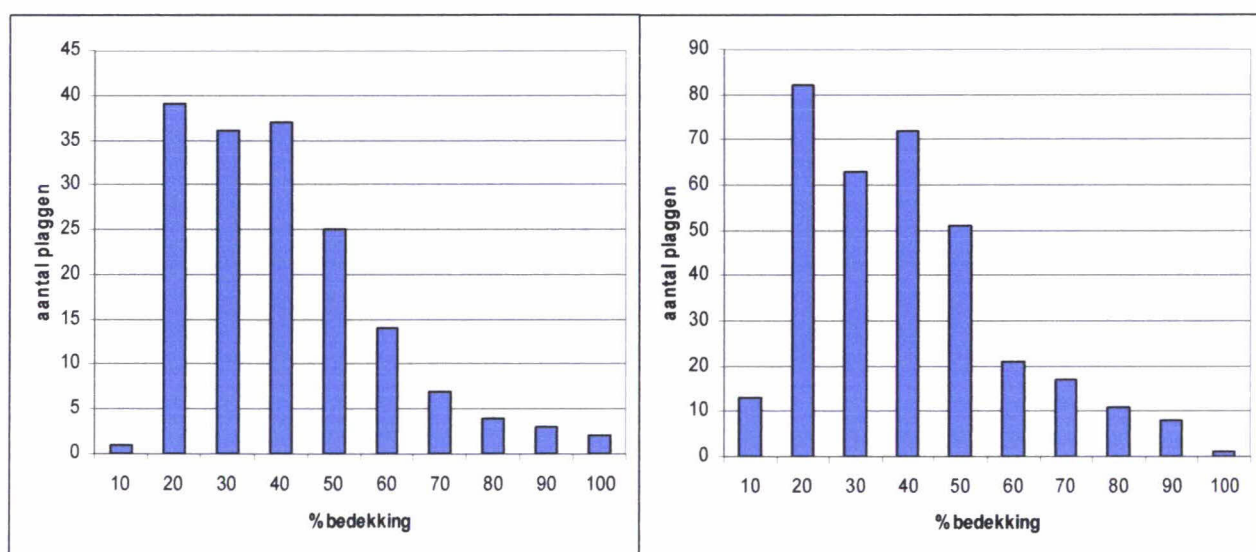
5.1 Nulmeting

Resultaten van de nulmeting zijn weergegeven in Annex 7. Hieronder volgt een analyse van de belangrijkste variabelen van de nulmeting.

5.1.1 Zeegrasparameters

Zeegrasbedekking

Figuur 14 geeft de verdeling weer van het aantal plaggen over de verschillende dichtheden aan zeegras voor de Dortsman en de Krabbenkreek. De gemiddelde bedekking met zeegras in de plaggen van de Dortsman was 32%, uiteenlopend van 7,5% (D4-4) tot 90% (D5-1 en D7-6). De gemiddelde bedekking in de Krabbenkreek was bijna identiek, met 31,5% gemiddeld, variërend van 3% in sommige bedolven plaggen (K5-3, K9-4) tot bijna 90% (K8-2, K10-2) of 90% (K11-2).



Figuur 14 Zeegrasdichtheden in plaggen van de Dortsman (L) en de Krabbenkreek (R)

Bloei van zeegras

Tijdens de nulmeting werd de mate van bloei in iedere patch genoteerd. Op de Dortsman varieerde dit van <1% van de scheuten (D13-4) tot ongeveer 20% van de scheuten (D2-1), met een gemiddelde van ongeveer 7% van de scheuten. In de Krabbenkreek varieerde dit van <1% van de scheuten (e.g. K4-5, K5-4, K8-1) tot ongeveer 13% van de scheuten (K24-6), met een gemiddelde van ongeveer 3.5% van de scheuten.

Afsterving van zeegrasbladeren

Bij uitdroging worden zeegras bladeren snel zwart of donkerbruin, en deze sterven vervolgens af. Ondergronds hoeft dit niet direct gevolgen te hebben, want wortels en

scheuten blijven vaak onaangetast en lopen spoedig weer uit. De mate van zwart worden van bladeren kan worden gebruikt om de mate van stress bij aanvang van de transplantatie te kwantificeren. Bij de plaggen op de Dortsman was de gemiddelde mate van 'zwart worden' van de bladeren ongeveer 30%, variërend van 5% (D4-6, top plag D7-6, D13-4, D13-8) tot 90% (bottom plag D7-6). Bij de plaggen van de Krabbenkreek was de mate van afsterving van bladeren iets minder, met een gemiddelde van 23% zwarte bladeren, variërend van 3% (K1-1, K5-1, K15-4, K18-3, K20-9, K22-1) tot 100% (K21-7).

Het zwart worden van de bladeren lijkt ten dele samen te hangen met het type substraat van de plag: plaggen met een groter percentage schelpen aan het oppervlak hebben een iets grotere mate van afsterving (Figuur 15). Ook is er enige samenhang met zeegrasbedekking: hoe groter het zeegrasbedekkingspercentage, hoe groter de mate van zwart worden van de bladeren (Figuur 16). Beide correlaties zijn overigens zwak, behalve voor plaggen met een hoog bedekkingspercentage met schelpen (>10%). Naast substraat en zeegrasbedekkingsgraad kan het weer ook een rol hebben gespeeld: tijdens werkzaamheden op de Dortsman was het zonnig en heet, maar tijdens de transplantaties op de Krabbenkreek was het doorgaans koeler en bewolkt.

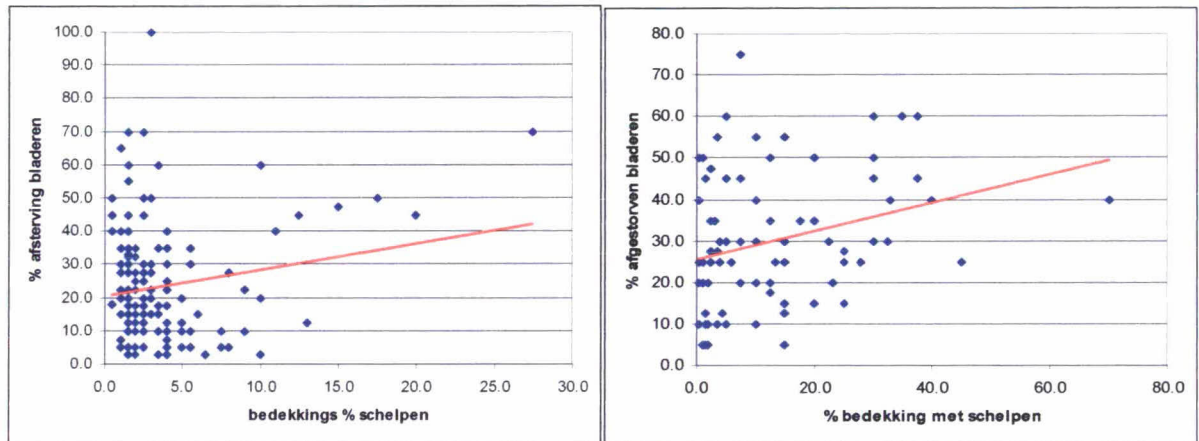
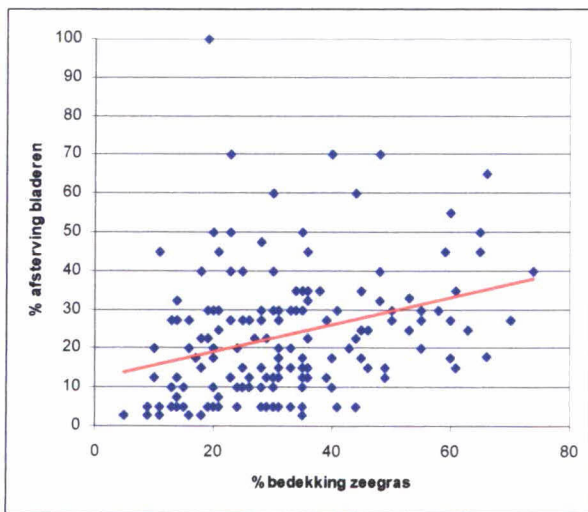


Figure 15 Correlatie schelpen en afsterving bladeren
data van de Krabbenkreek (L) en Dortsman (R)



Figuur 16 Correlatie zeegrasbedekking en afsterving bladeren
(data van de Krabbenkreek)

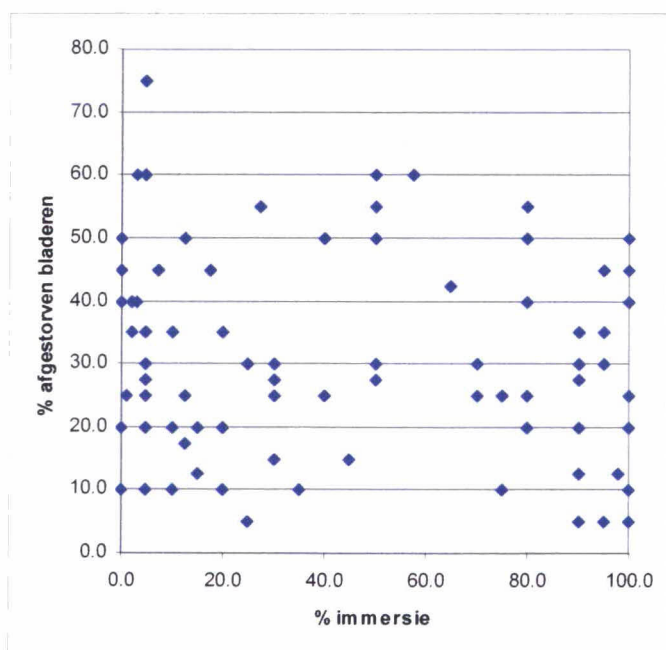
5.1.2 Substraatparameters

Schelpen

De schelpenbedekking van de plaggen varieerde sterk bij de nulmeting. Op de Dortsman liep dit uiteen van <1% (D2-1, D6-4, D6-8, D12-2, D12-3, D13-2, D13-5) tot 40% (D9-4, D10-7) en zelfs 70% (D11-1), met een gemiddelde bedekking van 12.3%. In de Krabbenkreek was de bedekking met schelpen veel lager: dit varieerde dit van <1% (K4-5, K8-2, K9-9, K11-2) tot bijna 30% (K4-1), met een gemiddelde bedekking van 3.4%.

Water op oppervlak

Tijdens laagwater staan bij de nulmeting (delen van) plaggen onder een laagje water, afhankelijk van de ligging t.o.v. het maaiveld. Sommige plaggen zijn wat lager komen te liggen en blijven nat, anderen wat hoger dan het maaiveld en vallen droog. Bij de Dortsman blijkt dat 44% van de patches bij laagwater onder een laagje water blijven staan – dit varieerde van 0% (helemaal droogvallend; D2-1, D2-3, D2-4, D10-7, D10-9) tot 100% (helemaal onder water; D6-5, D6-6, D6-8, D7-4, D13-2, D13-5, D13-8). De gemiddelde diepte van ondergedompelde delen op de Dortsman is 2-3 cm, variërend van 1-8 cm. In de Krabbenkreek is het deel van de plaggen dat onder water blijft staan kleiner dan bij de Dortsman – net boven 30% - uiteenlopend van 0% (e.g. K3-helemaal, K4-grotendeels) naar 100% (K14-2, K14-3). De gemiddelde diepte van onder water staande delen is ruim 2 cm, variërend van 1-10 cm. Er bestaat géén correlatie tussen de mate van onder water staan van de plaggen en de mate van afsterven (zwart/bruin worden) van de bladeren (Figuur 17).



Figuur 17 Mate van onder water staan uitgezet tegen mate van afsterving bladeren (data van de Dortsman; 7-8 juni 2007)

5.1.3 Grazers & wadpieren

Alikruikken

Het al of niet voorkomen van alikruikken *Littorina littorea* lijkt afhankelijk te zijn van het substraat (zijn er geschikte schuilplaatsen, bijv. onder stenen), en het al of niet voorkomen van slijkgras *Spartina* (verwijderd uit de plaggen). Gemiddeld kwamen er in de Krabbenkreek iets meer dan twee (2,2) exemplaren voor per patch, variërend van 0-15, terwijl op de Dortsman er gemiddeld ook iets meer dan twee (2,3) voorkwamen, eveneens variërend van 0-15.

Wadslakjes

Wadslakjes *Peringia (Hydrobia) ulvae* komen in alle zeegraspatches (en op de slikken daarbuiten) voor, maar opvallend is dat dit erg variabel is en afhankelijk lijkt te zijn van onder andere de mate van onderdompeling en weersomstandigheden. Ze komen bij laagwater bij voorkeur voor in overgebleven, ondiepe poeltjes, en zijn daarbuiten nauwelijks te zien; de tellingen zijn daarom gericht op aantallen in deze poeltjes en niet daarbuiten⁷. Bij ongunstige omstandigheden (bijv. harde slagregen) zijn ze vaak vrijwel afwezig van het slikoppervlak (zitten dan ondiep in het slik ingegraven), terwijl ze onder gunstige omstandigheden massaal kunnen voorkomen in ondiepe poeltjes bij laagwater⁸.

Op de Dortsman, meestal onder zonnige en droge omstandigheden, liepen de aantallen wadslakjes uiteen van 0-44 per 100 cm², met een gemiddelde van bijna 16 per 100 cm². In de Krabbenkreek, onder bewolkte en vaak regenachtige omstandigheden, waren de aantallen beduidend lager, uiteenlopend van 0-30 per 100 cm², met een gemiddelde van net boven de 8 per 100 cm².

Wadpieren

Wadpieren *Arenicola marina* (eigenlijk wadpierhoopjes) werden per patch geteld en niet per vierkante meter. Op de Dortsman werd alléén de schelpbehandeling toegepast naast de onbehandelde patches, en opvallend was dat in de meeste patches de aantallen niet erg hoog waren. In de onbehandelde patches liepen de aantallen uiteen van 0-23 wadpieren per patch, met een gemiddelde van een kleine 6 (5,6) per patch. In patches van plots die met schelpen waren behandeld waren de aantallen beduidend lager, variërend van 0-10 met een gemiddelde van onder de één (0,5) wadpier per patch.

Bij de Krabbenkreek viel het door de vele slagregens niet mee om wadpierhoopjes te tellen – door de harde regen werden ze geëgaliseerd en waren ze vaak nog nauwelijks te zien. Bij onduidelijkheid werden de aantallen aangeduid met een vraagteken (Annex 7) en uit de berekeningen weggelaten. In het algemeen was het aantal wadpieren in de Krabbenkreek veel hoger dan op de Dortsman. Bij de onbehandelde plots waren gemiddeld 33 wadpierhoopjes aanwezig per patch (variërend van 6-64), terwijl in de met schelpen behandelde plots dit gemiddeld bijna 8 was (7,7, variërend van 0-40), en in de met netten behandelde plots was dit gemiddeld slechts 3,5 hoopjes per patch (variërend van 0-11).

⁷ Bij afwezigheid van zulke poeltjes is het aantal wadslakjes zichtbaar aan het oppervlak doorgaans 'nul'.

⁸ Bij hevige slagregens werden poelen in sommige patches zo troebel dat er géén zicht was op het aantal wadslakjes – deze zijn aangeduid in Annex 7 met een vraagteken.

5.1.4 Parameters buiten de patches

Algengroei

Macroalgen zoals darmwier *Enteromorpha*-soorten en zeesla *Ulva marina* zijn talrijk in de Oosterschelde, en komen zowel op de donor als mitigatielocaties algemeen voor. Op de Dortsman zijn ze veel minder talrijk dan in de Krabbenkreek, waarschijnlijk door de grotere exponentie en het geringer aantal aanhechtingsplaatsen op de Dortsman. Op de Dortsman werden 2-5 macroalgen geteld per 25 vierkante meter (gem. 3 per 25 m² = ongeveer 0,1/m²), terwijl in de meer beschutte Krabbenkreek (met veel schelpen en o.a. oesterbanken) 2-10 macroalgen per vierkante meter voorkomen (gemiddeld = 3/m²), oftewel 30x zoveel. In de Krabbenkreek kwam naast darmwier en zeesla ook knoopwier *Gracilaria verrucosa* vrij algemeen voor, wat ontbrak op de Dortsman.

Wadpierdichtheden

Op de Dortsman zijn wadpiëren redelijk talrijk, en hebben een gemiddelde dichtheid van bijna 37 hoopjes per vierkante meter (n=10, uiteenlopend van 29-47). In de Krabbenkreek ligt dit met een gemiddelde dichtheid van 48 hoopjes (n=10, uiteenlopend van 42-55) per vierkante meter significant hoger.

Wadslakjes & alikruiken

Alikruiken *Littorina littorea* komen op de slikken van de Dortsman en de Krabbenkreek normaal niet voor, behalve zeer incidenteel, waar bijvoorbeeld een oesterbank voorkomt, of toevallig een steen ligt, maar dat is hoogst uitzonderlijk. Wadslakjes *Peringia (Hydrobia) ulvae* komen algemeen voor op beide mitigatielocaties, variërend van 10-15 per 100 cm² op de Dortsman, tot 15-25 per 100 cm² in de Krabbenkreek.

Schelpen aan oppervlakte

Op de slikken van de Dortsman liggen er niet of nauwelijks schelpen aan de oppervlakte, en de bedekkingsdichtheden zijn in elk geval veel minder dan 1%. In de Krabbenkreek zijn de dichtheden ook minder dan 1%, maar het ligt in elk geval vele malen hoger dan bij de Dortsman. In de Krabbenkreek zijn schelpenbanken talrijk op een diepte van 20-35 cm, en bij voorbereidingswerkzaamheden voor het transplanteren van de zeegrasplaggen zijn veel schelpen door het graven aan de oppervlakte gekomen.

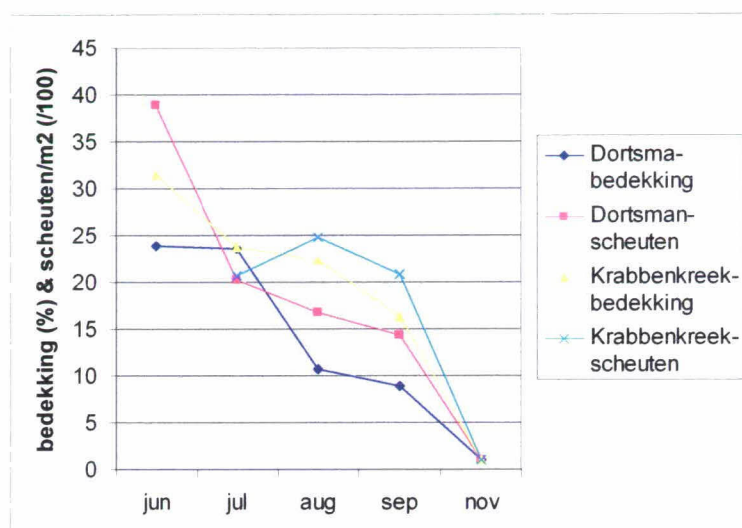
5.2 Monitoring van mitigatielocaties

5.2.1 Zeegrasparameters

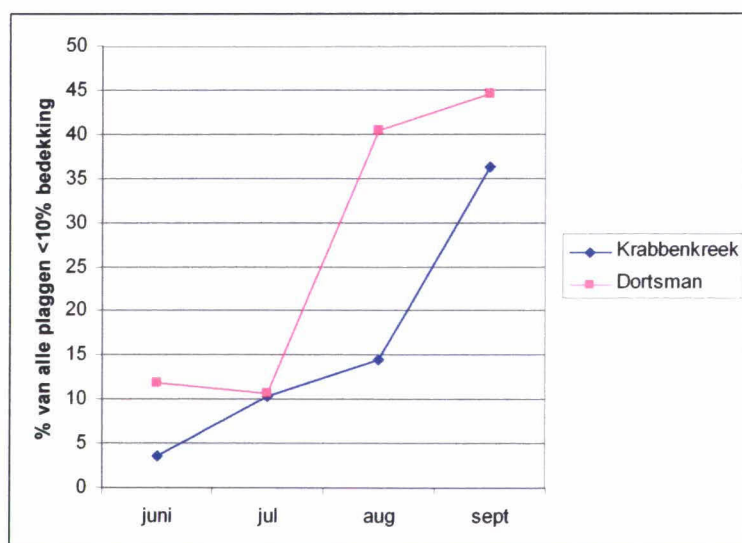
Zeegrasbedekking & -scheutdichtheid

De bedekkingen met zeegras en de scheutdichtheid (aantal scheuten per vierkante meter) zijn weergegeven in Figuur 18). Zowel het bedekkingspercentage als de scheutdichtheid namen sterk af in de eerste maand, tussen nulmeting (in juni) en de eerste monitoring (in juli). Vooral de scheutafname is aanzienlijk, en bedroeg gemiddeld 33,8% voor alle behandelingen. Deze afname is waarschijnlijk voornamelijk te wijten aan stress ten gevolge van de transplantatie – veel plaggen vertoonden dan ook bruine en zwarte bladeren, sommige al in juni tijdens/na de verplaatsing, anderen in juli. Daarnaast lijkt erosie ook een rol te spelen, zeker op de Dortsman, waar stroming en golfslag een aanzienlijke dynamiek veroorzaken.

In de Krabbenkreek treedt na juli enig herstel op, vooral in de scheutdichtheid, en een stabilisatie van de bedekking, terwijl op de Dortsman scheutdichtheid enigszins stabiliseert en de bedekking verder afneemt. Dit verschil kan een gevolg zijn van de verschillen in dynamiek (en erosie): de Krabbenkreek is relatief rustig, waardoor herstel kan optreden, terwijl de Dortsman veel dynamischer blijft. Een vergelijking met natuurlijk voorkomend zeegraspopulaties op de Dortsman laat zien dat het getransplanteerde zeegras in het algemeen in gelijke tred loopt en nauwelijks verschildt (zie Figuur 22).



Figuur 18 Ontwikkeling van zeegrasbedekking en -scheutdichtheid



Figuur 19 Percentage van alle plaggen met <10% bedekking zeegras

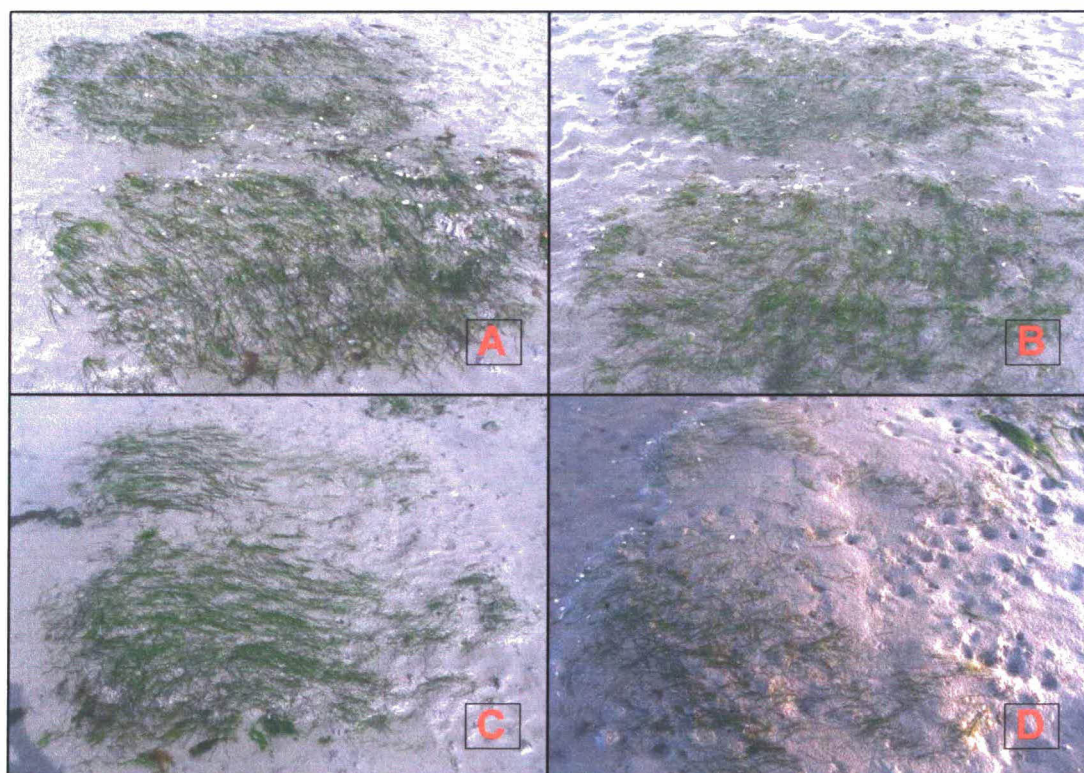
Als we kijken naar het aantal plaggen met minder dan 10% bedekking (Figuur 19), dan zien we op de Dortsman dat dit heel snel toeneemt tussen juli en augustus, van minder dan 11% tot meer dan 40% van alle plaggen, terwijl in de Krabbenkreek de plaggen in augustus nog een redelijke bedekking behouden en er pas in september sprake is van een forse toename in het aantal 'kale' plaggen. Het aantal plaggen met een zeegrasbedekking van nul is laag op beide mitigatielocaties. Op de Dortsman was dit beperkt tot slechts 1 plag in juni-juli, en dit

nam toe tot 7 plaggen (4%) in september. In de Krabbenkreek was dit niet aanwezig in juni-juli, en in september waren er 7 kale plaggen (2%).

Figuur 20 laat de ontwikkeling in de tijd zien van een representatieve patch (D2-4) uit een onbehandelde, kansrijke plot op de Dortsman Noord. Gedurende de eerste week blijken de randen van de plaggen te worden afgerond, en oneffenheden opgevuld. Tussen half juni en eind augustus vindt er een flinke reductie plaats van de zeegrasbedekking, maar in essentie doorstaan de plaggen de transplantatie. Begin oktober is de herfst al ingetreden en zijn de bovengrondse delen (de bladeren) voor een groot gedeelte afgestorven.

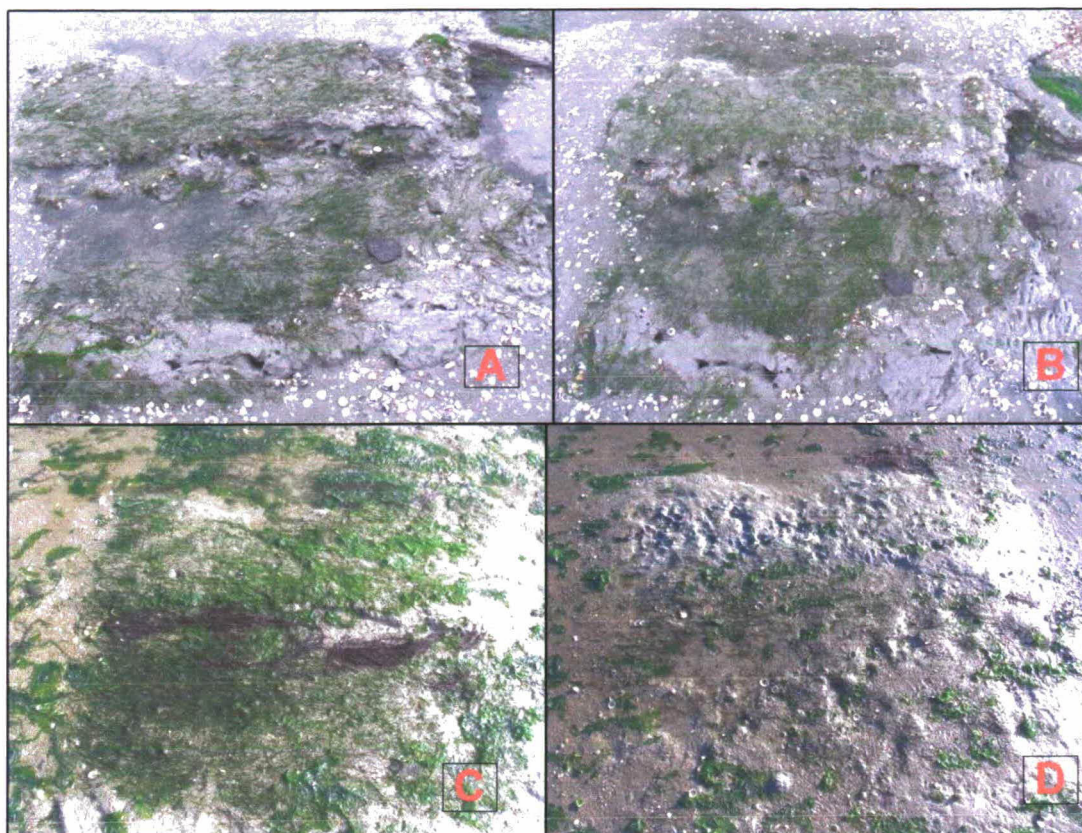
Figuur 21 laat de ontwikkeling in de tijd zien van een representatieve patch (K16-2) uit een met schelpen behandelde, kansrijke plot in de Krabbenkreek. Al na twee dagen (van A naar B) is er duidelijk een afronding van scherpe kanten en invulling van gaten/kloven in de plag. Tussen half juni en eind augustus is er géén afname van zeegrasbedekking (zoals bij de Dortsman het geval was), maar juist een stabilisatie of zelfs een lichte toename, met een duidelijke toename van de macroalgenbedekking. Begin oktober zijn vrijwel alle bladeren verdwenen en is de herfst heel duidelijk ingetreden.

Figuur 22 laat zien dat de ontwikkeling van de getransplanteerde plaggen op de Dortsman Noord in het algemeen in gelijke tred loopt met de ontwikkeling van de natuurlijke populatie. De natuurlijke populatie komt voor in en langs de noordzijde van een geul dicht bij de dijk, ten noordoosten van de mitigatieplots. Het bruin worden en afsterven treedt min of meer in gelijke mate op, en er is weinig verschil te bespeuren.



Figuur 20 Ontwikkeling van patch Dortsman D2-4

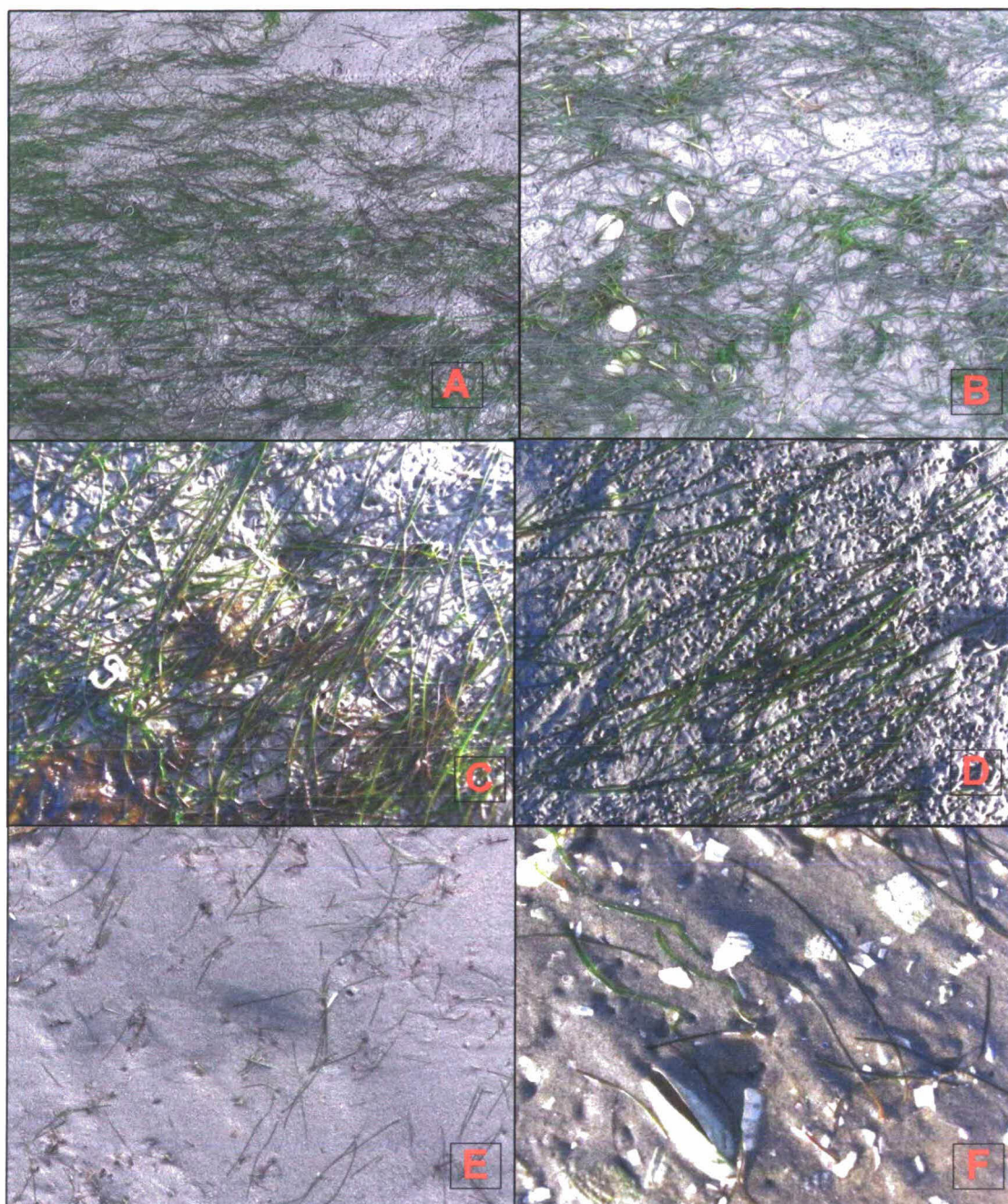
A = direct na het leggen van de plaggen op 8 juni; B = een week later, op 15 juni;
C = 21 augustus; en D = 6 oktober 2007; D2-4 is een onbehandelde kansrijke, plot.



Figuur 21 Ontwikkeling van patch Krabbenkreek 16-2

A = direct na het leggen van de pluggen op 21 juni; B = een paar dagen later, op 23 juni;

C = 23 augustus; en D = 6 oktober 2007; K16-2 is een met schelpen behandelde kansrijke, plot.

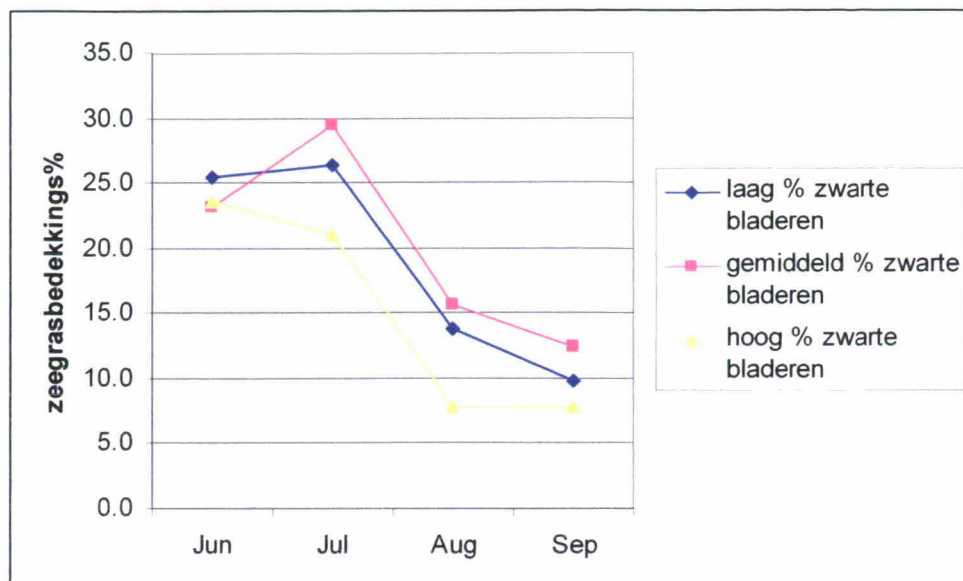


Figuur 22 Getransplanteerd (links) versus natuurlijk (rechts) zeegras op de Dortsman Noord

A = Patch D3-17, met 25-35% bruine bladeren; B = Dortsman, natuurlijke populatie, met 20-25% bruine bladeren.

C = Patch D13 op 6 oktober 2007; D = Dortsman, natuurlijke populatie, op 6 oktober

E = Zeegras in D plot op 12 december 2007; F = Dortsman, natuurlijke populatie, op 12 december 2007.

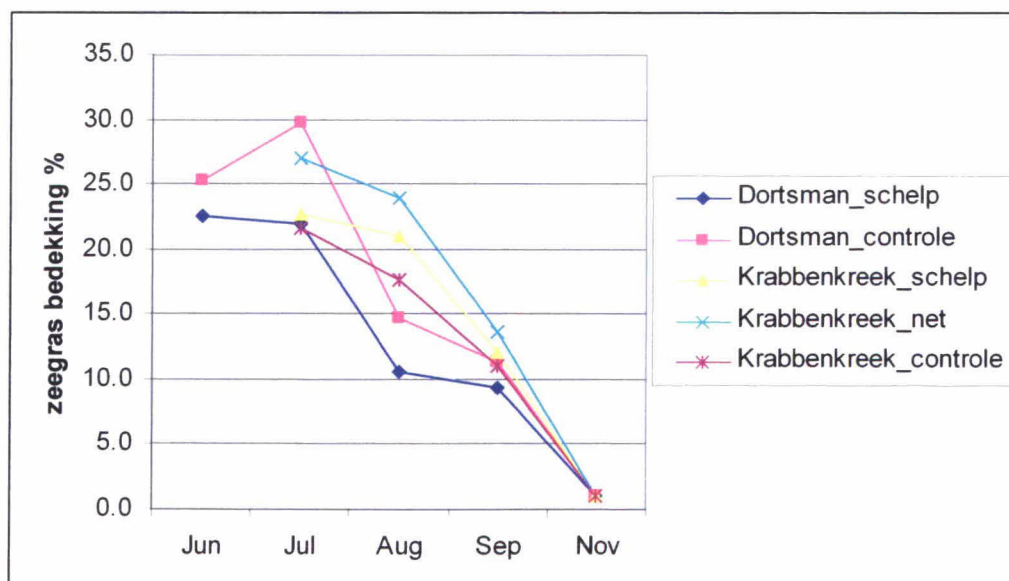


Figuur 23 Ontwikkeling van zeegrasbedekking% en mate van zwarte bladeren

Laag % zwarte bladeren = 0-20%; Gemiddeld % zwarte bladeren = 21-31%; Hoog % zwarte bladeren = 35-42%

Gevolgen van zwarte bladeren op verdere ontwikkeling

Tijdens de nulmeting werd vastgesteld dat in veel patches zeegrasbladeren zwart/donkerbruin waren geworden ten gevolge van stress (vooral uitdroging) tijdens het transport vanaf de donorlocatie. Analyse van de data voor de Dortsman (Figuur 23) illustreert dat het zwart worden van de bladeren direct leidt tot een lagere zeegrasbedekkingspercentage (in juni), maar dat de verdere ontwikkeling daarna parallel verloopt voor alle categorieën (laag-, gemiddeld-, en hoog percentage zwarte bladeren direct na transplantatie).



Figuur 24 Ontwikkeling van zeegras onder verschillende wadpiperbehandelingen

Effect van antiwadprierbehandeling op zeegrasonwikkeling

Gedurende dit eerste seizoen zijn er geen duidelijke verschillen in de ontwikkeling⁹ van zeegras onder de verschillende anti-wadprierbehandelingen (Figuur 24). Per locatie en per maand werd het effect van de behandelingen op de relatieve hoeveelheid overgebleven zeegras ten opzichte van van de eerste maand (juni voor Dortsman en juli voor Krabbenkreek) getoetst. Alle data bleken normaal te zijn verdeeld, en de statistische toets (ANOVA, zie 4.4) gaf aan dat er nergens significante verschillen te vinden waren.

Als bij aanplant de bedekking hoger was, dan bleef dat ook hoger gedurende het hele groeiseizoen. Zo was de bedekking in de controleplots van de Dortsman hoger dan in de schelpenplots bij aanplant in juni 2007, en dat bleef zo tot november, toen in alle plots de bedekking erg laag werd. In de Krabbenkreek was de bedekking van de netplots > schelpenplots > controleplots bij de eerste monitoring in juli, en dat bleef zo tot november. Het feit dat wadpieren (nog) geen negatief effect hebben op de zeegrasonwikkeling ondersteunt de veronderstelling dat zeegrasplaggen zelf in staat zijn – tot op zekere hoogte – om wadpieren (en negatieve gevolgen door bioturbatie) te weren. Het is niet duidelijk of dit veroorzaakt wordt door de planten zelf (bijv. door dicht wortelstelsel) of door het meegetransplanteerde substraat, afkomstig van compacte kleibodems.

Uitbreiding

Op de Dortsman Noord was er eerder sprake van uitbreiding dan in de Krabbenkreek, wat al opvallend was in juli, een maand na de transplantatie (zie Figuur 25). Tussen juni en juli bedroeg de gemiddelde uitbreiding 0,04 m² per patch (zie 4.2), variërend van 0,01 (D2) tot 0,13 m² (D6), met gemiddeld een toename van 16 scheuten per patch¹⁰. Deze uitbreiding vindt vooral plaats aan de beschutte zijdes van de plaggen, vaak op plaatsen waar de hoekpunten van plaggen elkaar raken. Deze uitbreiding is sterker in de controles dan in de schelpenbehandelingen en sterker bij de veilige (n=9) dan bij de kansrijke (n=5) plots. Mogelijk remmen schelpen in de wortelzone de rhizomale uitbreiding, of is er sprake van 'scouring' rondom schelpen die aan de oppervlakte komen.

Bij de helft van de plots op de Dortsman (3 x n=9 en 3 x n=5) is de uitbreiding het sterkst in bij de middelste plag, en bij de andere helft juist niet. Statistische analyse laat zien dat er gedurende het eerste seizoen geen verschil bestaat tussen midden- en randplag qua uitbreiding. Tussen juli en augustus vindt verdere uitbreiding plaats, en dit neemt toe van gemiddeld 0,04 m² in juli tot 0,11 m² per patch in augustus, met een toename van gemiddeld 76 scheuten per patch. Dit varieert van nul tot 0,65 m² (patch D5-4). Tussen augustus en september nam het aantal uitbreidingen zelfs verder toe, tot gemiddeld 0,14m² per patch, en nam de toename in aantal scheuten zelfs toe tot 101 per patch. Na september was er géén sprake van verdere uitbreiding.

In de Krabbenkreek was er in juli nog géén sprake van uitbreiding, maar in augustus was dit al opgetreden rondom de meeste patches (dwz bij 109 van de 168 patches, oftewel 65%). Gemiddeld ging het hierbij om een bescheiden uitbreiding van 0,05 m² per patch, variërend van nul tot 0,38 m² (patches K15-2 en K18-4), met gemiddeld een uitbreiding met 24

⁹ Onder 'ontwikkeling' verstaan we het verschil in % bedekking en het verschil in aantal scheuten, maar niet uitbreiding (zie verder, onder het kopje 'uitbreiding').

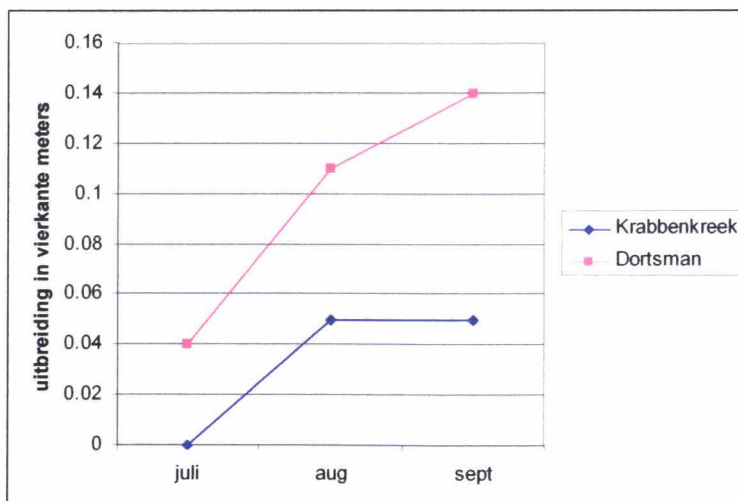
¹⁰ Uitbreiding is gedefinieerd als uitgelopen begroeiing buiten de aangeplante patches (uitgedrukt in vierkante meters).

scheuten. Tussen augustus en september was er géén sprake van verdere uitbreiding en waren de zeegrassen op hun retour. Een samenvatting van de resultaten van de uitbreiding is weergegeven in Figuur 26, wat betreft het aantal vierkante meters per patch.



Figuur 25 Uitbreiding van plaggen door middel van nieuwe scheuten.

Er was geen statistisch relevant verschil tussen de verschillende behandeling (controle-, net- en schelpenbehandeling) en de mate van uitbreiding, en ook geen statistisch relevant verschil tussen veilige en kansrijke plots qua mate van uitbreiding in de Krabbenkreek.



Figuur 26 Uitbreiding van het zeegras in vierkante meters per patch

Bloei

Tijdens de monitoring in juli waren er in alle behandelingen veel bloeischeuten te vinden, zowel op de Dortsman als in de Krabbenkreek. In de Krabbenkreek bloeide gemiddeld ruim 30% van alle scheuten, terwijl op de Dortsman dit net onder de 20% lag. Alle bloeiwijzen droegen onrijpe zaden. Dit is een flinke toename sinds de nulmeting, toen er gemiddeld 4-7% van alle scheuten bloeiwijzen droegen (respectievelijk op de Krabbenkreek en Dortsman). Eind augustus was het aantal bloeischeuten flink afgenomen: in de Krabbenkreek bedroeg dit nog maar ruim 5% van alle scheuten, terwijl dit op de Dortsman was gedaald, tot minder dan een half percent van de scheuten. Bloeiwijzen droegen toen voornamelijk rijpe zaden. In september waren alle bloeischeuten op beide mitigatielocaties nagenoeg verdwenen, alléén hier en daar verspreid over de plots was nog een bloeischeut overgebleven.

Vergelijking ontwikkeling zeegras Dortsman en Krabbenkreek

Een directe vergelijking qua ontwikkeling van het zeegras tussen de beide locaties is niet goed mogelijk omdat ze op verschillende momenten zijn aangeplant. Door vroegere tijdstip van aanplant is er op de Dortsman sprake van meer uitbreiding dan in de Krabbenkreek. Om toch een zo eerlijk mogelijke vergelijking te maken zijn in de statistische analyse alleen de maanden meegeteld waarin beide locaties waren getransplanteerd. In de analyse is met twee datasets gewerkt: in de eerste is gewerkt met de procentuele relatieve overleving van het zeegras in september ten opzichte van de maand juli ($\%zeegras\ september / \%zeegras\ juli$). In de tweede dataset is het aantal scheuten gebruikt in plaats van de procentuele bedekking. <N.b. de vergelijking juli-augustus is niet gemaakt, omdat deze periode te kort is voor stabilisatie van het zeegras in de Krabbenkreek.>

Wat de percentages bedekking met zeegras betreft waren voor zowel de controles als de schelpenbehandeling de data normaal verdeeld, en de ANOVA toets laat zien dat de overleving van de controles in de Krabbenkreek significant hoger is ten opzichte van de Dortsman. Voor de schelpenbehandeling is dit echter niet het geval: vergeleken met de controles doet de schelpenbehandeling het wat slechter in de Krabbenkreek. Op de Dortsman daarentegen doet de schelpenbehandeling het juist beter dan in de controles. Mogelijk wordt dit verschil veroorzaakt door de welderige algengroei in de schelpenplots van de Krabbenkreek.

Wat scheutdichtheid betreft was de dataset ook normaal verdeeld, en analyse met ANOVA laat zien dat er geen significante verschillen zijn tussen Dortsman en Krabbenkreek; zowel bij de controles als bij de schelpenbehandeling is er geen significant verschil¹¹.

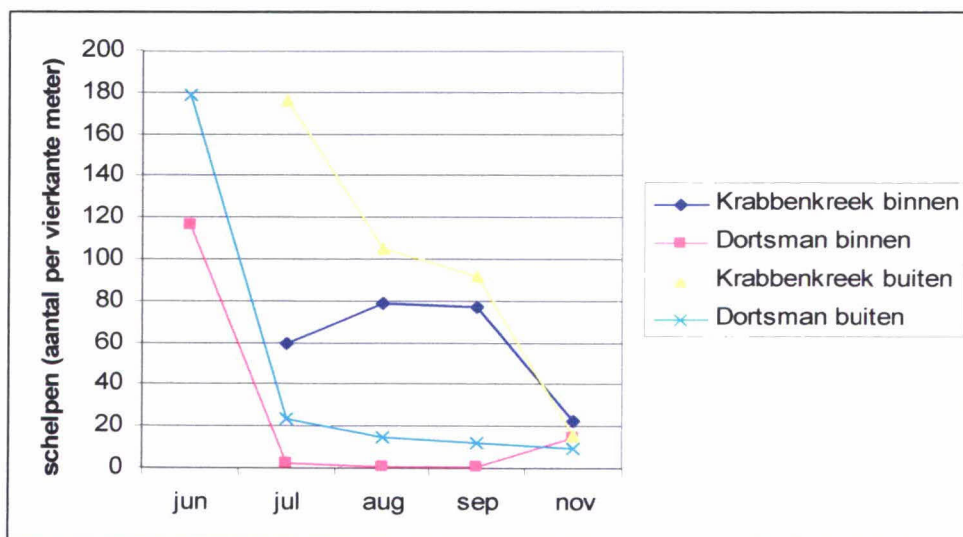
¹¹ Augustus is de enige maand waarvoor je betrouwbaar uitbreidingen kunt vergelijken tussen beide locaties. In deze maand zijn er geen statistische verschillen tussen de uitbreidingsnelheden op beide locaties. Dortsman heeft in totaal meer uitgebreid, maar dat gebeurde vooral in juli, toen waren de plots van de Krabbenkreek nog maar net aangelegd.

5.2.2 Substraatparameters

Schelpen

Op de Dortsman waren in sommige plots in juni vrij veel schelpen aan de oppervlakte te zien, met een gemiddelde van 117 schelpen/m² in de plaggen (een bedekkingpercentage van ruim 12%). In juli waren de schelpen grotendeels verdwenen, en het gemiddelde was gezakt tot slechts 3/m² binnen de plots, wat verder daalde tot 1/m² in augustus en september (zie Figuur 27). Deze sterke daling van het aantal schelpen is een duidelijke indicatie dat het hier een sterk hydrodynamisch systeem betreft¹². In november was het aantal schelpen aan de oppervlakte weer gestegen tot 15/m², en tegelijk was duidelijk te zien dat de verhoging van de plaggen flink was afgenomen. Erosie heeft waarschijnlijk ertoe geleid dat schelpen weer tevoorschijn komen. Buiten de plots op de Dortsman is de schelpenbedekking doorgaans hoger (behalve in november), maar loopt parallel aan dat binnen de plots.

In de plaggen van de Krabbenkreek was het aantal schelpen aan de oppervlakte in eerste instantie lager dan op de Dortsman (bedekkingpercentages respectievelijk 3-4% en 12%). In sommige plots van de Krabbenkreek waren zeer veel schelpen zichtbaar buiten de patches, waarschijnlijk omdat schelpenbanken (op een diepte van 20-40 cm) tijdens de werkzaamheden waren omgewoeld. Bij de eerste monitoring in juli bedroeg de gemiddelde bedekking 60 schelpen/m², tegenover slechts 3/m² op de Dortsman. In augustus en september steeg de schelpenbedekking in de Krabbenkreek binnen de plots, en pas in november was er sprake van een flinke daling. Buiten de plots is de bedekking aanvankelijk veel hoger dan in de plots, en net als bij de Dortsman komt dit gedurende de periode juli-september dicht bij elkaar, tot november, wanneer ze vrijwel gelijk zijn.



Figuur 27 Bedekking met schelpen binnen en buiten de zeegraspaches

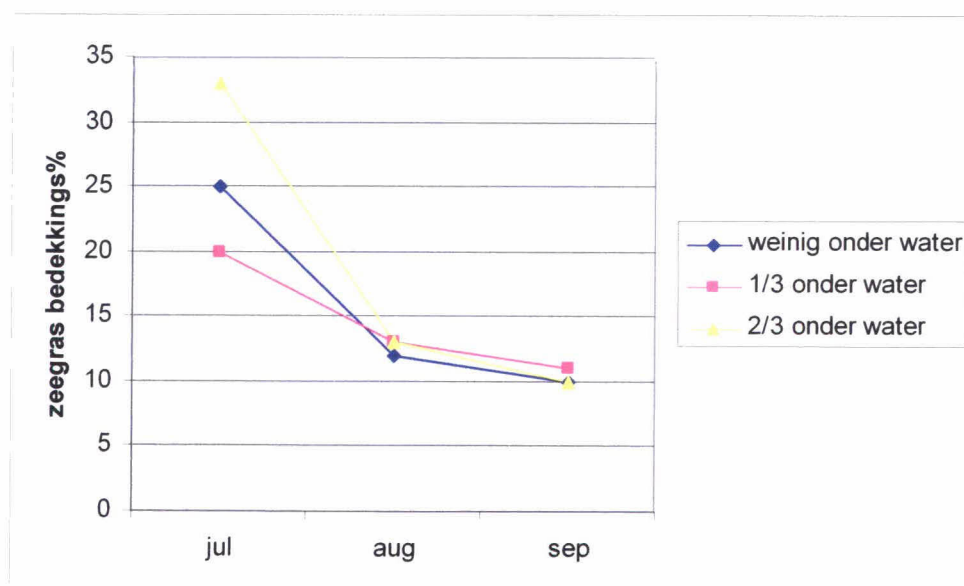
¹² Wadpieren kunnen door bioturbatie ook zorgen voor een daling van het aantal schelpen aan de oppervlakte, maar dat gaat minder snel, en bovendien vind de daling op Dortsman ook plaats in plots behandeld met schelpen, waar het aantal wadpieren erg gering was. Een vergelijking van plots met schelpenbehandeling met controles laat zien dat er bij de eerste meer schelpen aan de oppervlakte liggen dan bij de controles, maar het gaat daarbij om geringe verschillen, die mogelijk ook te verklaren zijn uit het morsen van schelpen bij de aanleg. Bovendien, de situatie buiten de plots loopt vrijwel gelijk op met dat binnen de plots.

Water op oppervlak

Op de Dortsman lagen in juli alle plaggen hoger dan de onbegroeide delen, terwijl tijdens de nulmeting gemiddeld 44% van alle patches onder een 2-3 cm laagje water stond bij laagwater (zie 5.1.3). Dit betekent dat a) het zeegras in staat is om sediment in te vangen met een redelijke snelheid, zonder bedolven te raken, en b) het zeegras tot op zekere hoogte nog wel in staat is erosie tegen te gaan, aangezien de plaggen boven onbegroeide delen komen te liggen. In augustus en september lagen alle plaggen nog verhoogd, al was de exacte morfologie vrij variabel. De open stukken tussen de plaggen op de Dortsman waren verlaagd, en daar stond veelal 2-5 cm water in. In november was duidelijk te zien dat door erosie de verhoging van de plaggen flink was afgenomen, en bij de meeste plaggen kwamen de wortelstokken van het zeegras aan de oppervlakte. In december steken de plaggen nog maar nauwelijks boven het maaiveld uit.

In de Krabbenkreek lagen in juli ook de meeste plaggen hoger dan hun omgeving, hoewel er 14% van de plaggen nog onder een laagje water van bijna 1 cm diepte (variërend van 0,5-3,5 cm) bleef staan bij laagwater. Tijdens de nulmeting in de Krabbenkreek was dit nog 30% van alle plaggen, met een gemiddelde diepte van ruim 2 cm, wat laat zien dat net als bij de Dortsman binnen een gering aantal weken vrij veel sediment kan worden ingevangen.

Er zijn géén aanwijzingen dat ondergedompelde plaggen sneller afsterven dan plaggen die in het begin hoger lagen. Voor de Dortsman is dit uitgerekend voor drie categoriën patch: patches met weinig immersie (<10% van patch), patches met ongeveer 1/3 immersie, en patches met 2/3 immersie (Figuur 28). De ontwikkeling van zeegrasbedekking van deze drie categoriën is vrijwel identiek, en er zijn vanaf augustus nauwelijks verschillen.



Figuur 28 Onder water staan bij nulmeting versus ontwikkeling van zeegrasbedekking (Dortsman)

5.2.3 Algengroei & epifyten

Tijdens de nulmeting werden macroalgen verwijderd uit de plaggen, voor zover ze het zeegras bedekten, maar tijdens de monitoring werden ze wel als parameter genoteerd. Dat zijn dus in het algemeen exemplaren die zich hebben gevestigd na de transplantatie.

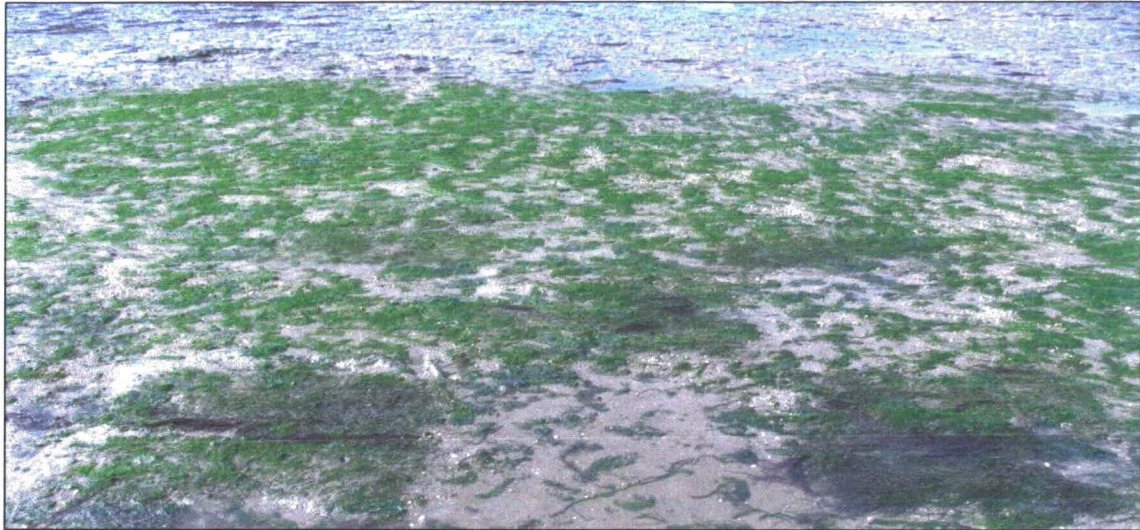
Op de Dortsman waren macroalgen in lage hoeveelheden aanwezig, met gemiddeld 0,5% bedekking (variërend van 0-8%) in juli. De voornaamste soorten waren zeesla en darmwier. De hoeveelheid epifyten op het blad is te verwaarlozen. In augustus was de macroalgenbedekking toegenomen tot 4%, en in september was dit verder opgelopen tot gemiddeld 6%. In november – na de stormen van begin november – was dit weer sterk gedaald, tot minder dan 1% bedekking. De wierkaarten van de Meetkundige Dienst (MWTL) van Rijkswaterstaat laten overigens zien dat bij de zomerpieken van macroalgengroei de dichtheden op de Dortsman Noord in de periode 1984-2003 nooit hoger waren dan 5% bedekking.

In de Krabbenkreek zijn macroalgen algemener, en in juli hebben ze een bedekkingsgraad van gemiddeld 1,6%, variërend van 0-20%. De onderlinge verschillen zijn groter – er zijn 8 plaggen met een algenbedekking van 10% of meer, en hierbij zou verstikking van het zeegras een (kleine) rol kunnen spelen. Het gaat voornamelijk om dezelfde soorten als op de Dortsman, alléén komt naast darmwier en zeesla ook knoopwier *Gracilaria verrucosa* in redelijke hoeveelheden voor. Tussen juli en augustus is er een explosieve groei geweest van macroalgen, en zijn veel plots bedekt met een dichte laag; de gemiddelde bedekking is ruim 20%, maar sommige plaggen zijn zelfs voor de helft bedekt. Plots die met schelpen zijn behandeld kennen een sterkere macroalgengroei dan andere plots (Figuur 29), waarschijnlijk omdat de schelpen aanhechtingsplaatsen bieden voor algengroei. Eerder werd geacht dat de schelpen mogelijk meer nutriënten zouden bieden en dat dit een bijdrage zou leveren, maar dat blijkt niet uit de analyses van het poriënwater (zie 5.3.3). Statistische analyse (ANOVA, zie 4.4) laat zien dat de data (schelpen versus algen) normaal zijn verdeeld. Hoewel er verschillen zijn in de gemiddelde algenbedekking per behandeling, is de spreiding ook erg groot, waardoor de verschillen niet significant zijn.

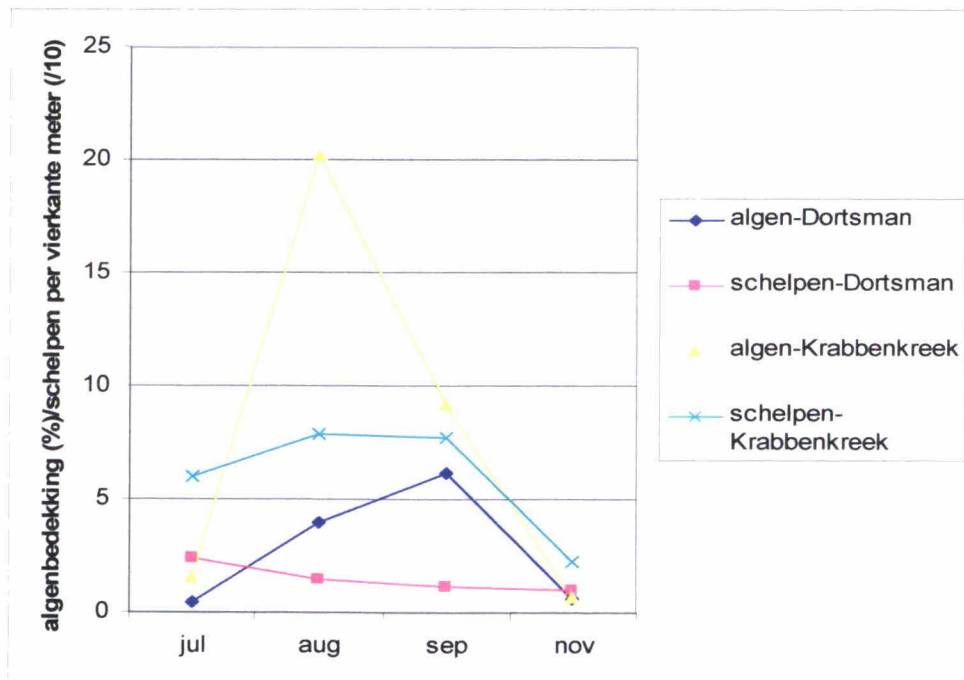
De verschillende behandelingen (net, schelp, controle) hebben overigens geen significant effect op de algenbedekking – alle data zijn normaal verdeeld voor beide locaties, en toetsing met ANOVA geeft aan dat er geen significante verschillen zijn. Het zeegras zelf blijkt overigens wel een effect te hebben op de algenbedekking. Op de Dortsman laat statistische analyse (ANOVA) zien dat er significant meer algen groeien op de zeegrasplaggen dan daarbuiten, terwijl in de Krabbenkreek dit niet het geval blijkt te zijn (dwz evenveel algen in als buiten de plaggen). Op de Dortsman bieden zeegrasplaggen aanhechtingsplaatsen (die anders schaars zijn) voor algen, terwijl in de Krabbenkreek er veel meer aanhechtingsplaatsen zijn (vnl. schelpenresten).

In september was de bedekking weer gedaald tot net boven de 9%, en in november bedroeg het minder dan 1%. De wierkaarten van de Meetkundige Dienst (MWTL) van Rijkswaterstaat laten overigens zien dat bij de zomerpieken van macroalgengroei de dichtheden in de Krabbenkreek in de periode 1983-2003 doorgaans een bedekking hadden van maximaal 5%, behalve dicht bij de schorren, waar dit in de meeste jaren opliep tot 5-20% bedekking, en vaak zelfs 20-40% bedekking haalde.

Als we algenbedekking in een grafiek weergeven samen met het aantal schelpen per vierkante meter (Figuur 30), dan zien we dat beide redelijk parallel lopen op de Krabbenkreek. Dit versterkt het vermoeden dat er een correlatie bestaat tussen aanhechtingsplaatsen en het voorkomen van macroalgen. Op de Dortsman bestaat deze correlatie overigens niet, mogelijk omdat de waterdynamiek daar ervoor zorgt dat de macroalgenbedekking laag wordt gehouden, ondanks de toename in aanhechtingsplaatsen.



Figuur 29 Plot Krabbenkreek K16 (schelpen-kansrijk) met algenbedekking (augustus)



Figuur 30 Algenbedekkingen en schelpen

5.2.4 Grazers en wadpieren

Alikruiken

Direct na de transplantatie kwamen er op de Dortsman meer dan 2 alikruiken voor per patch. In juli was dit al gedaald tot gemiddeld <1 per patch, en in augustus en september waren alikruiken helemaal afwezig. Dit doet vermoeden dat de alikruiken zijn meeverhuisd bij de transplantatie van de plaggen vanaf de donorlocatie, maar dat deze geëxponeerde locatie voor hen ongeschikt is. In november werd in één patch een alikruik aangetroffen, maar dit lijkt een toevalligheid.

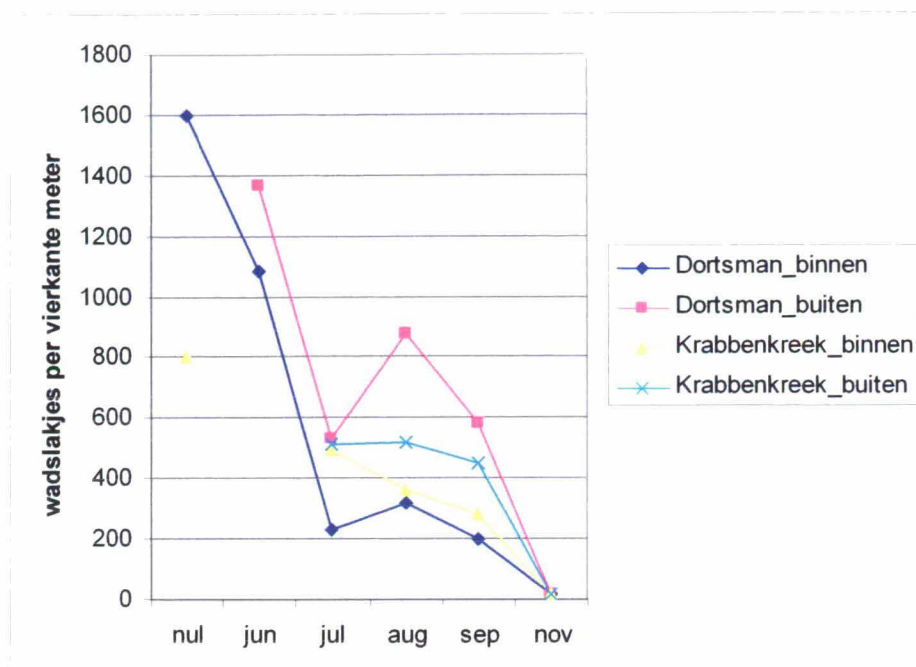
In de Krabbenkreek waren direct na de transplantatie ook gemiddeld meer dan 2 alikruiken per patch aanwezig, en dit nam in juli toe tot ruim 4 per plot. Blijkbaar is de Krabbenkreek een geschikte locatie voor alikruiken, in elk geval veel meer dan de Dortsman. Dit blijft vrij constant op 4 per patch in augustus en september, maar in november was het aantal overall gedaald tot minder dan 1 per patch. Dit lijkt op een seizoenseffect, en mogelijk zijn de aantallen in het voorjaar weer op hun oude niveau.

Wadslakjes

Op de Dortsman is gedurende het seizoen het aantal wadslakjes op de zeegraspatches afgenomen van 1600/m² bij de nulmeting, naar 17/m² tijdens de monitoring van november (Figuur 31). Buiten de patches ligt het aantal wadslakjes per vierkante meter doorgaans hoger dan binnen de patches. De flinke daling tussen de nul-/ (late) juni- metingen en die van juli komt waarschijnlijk voornamelijk omdat alle patches in juli ruim boven het maaiveld lagen, en de slakjes waarschijnlijk liever onderwater zitten. Verder speelt het weer een rol: juni was zonnig, en juli somberder en nat. De daling tussen juli en november is waarschijnlijk een seizoenseffect, veroorzaakt door daling van temperatuur en voedselaanbod.

In de Krabbenkreek werden tijdens de nulmeting gemiddeld 800 wadslakjes/m² gevonden, en bij de eerste monitoring in juli was dit gedaald tot gemiddeld 500/m². Deze daling is minder dramatisch dan bij de Dortsman, en komt waarschijnlijk door weersinvloeden (juni was zonnig, in juli was het regenachtig). Verder was het opvallend dat in vergelijking met de Dortsman, in de Krabbenkreek de wadslakjes wel op de droge delen willen zitten, mogelijk omdat hier relatief minder vochtig oppervlak beschikbaar is, of omdat het droogvallende slik in de Krabbenkreek vochtiger is. Verder is net als bij de Dortsman het aantal wadslakjes per vierkante meter buiten de patches groter dan binnen de patches, al zijn de verschillen hier iets minder groot. Ook is er sprake van een algehele afname tussen juli en november ten gevolge van seizoensinvloeden.

Hoe deze getallen moeten worden geïnterpreteerd blijft een punt van discussie, want wadslakjes duiken snel weg net onder het sedimentoppervlak zodra het weer ongunstig lijkt, en de onderlinge verschillen tussen patches tijdens één meting zijn groot. Verder worden ze bij stormachtige omstandigheden gemakkelijk weggespoeld.



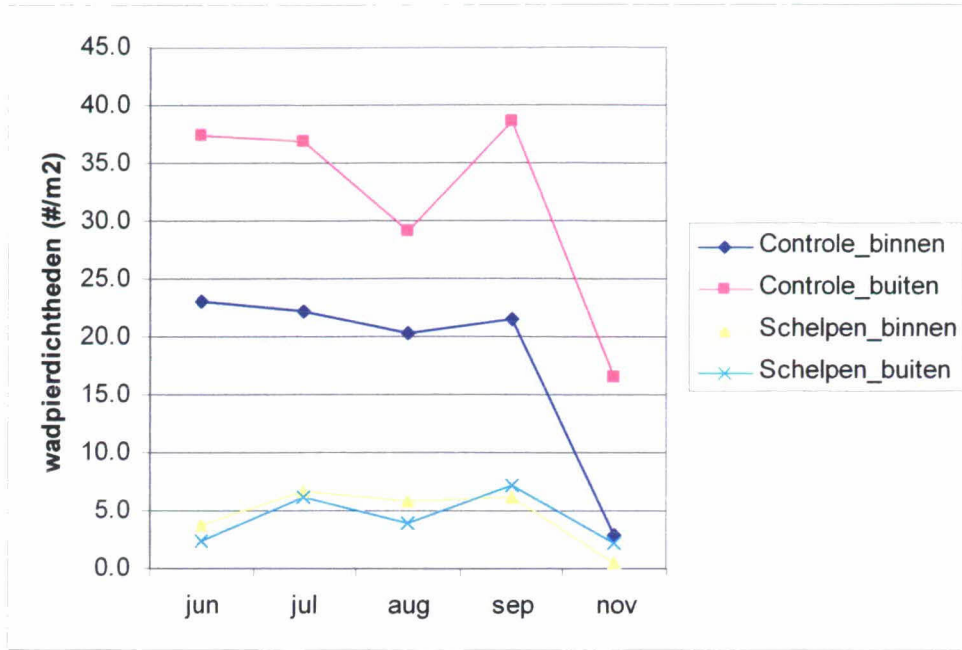
Figuur 31 Wadslakjes binnen en buiten de zeegraspatches

Wadpieren

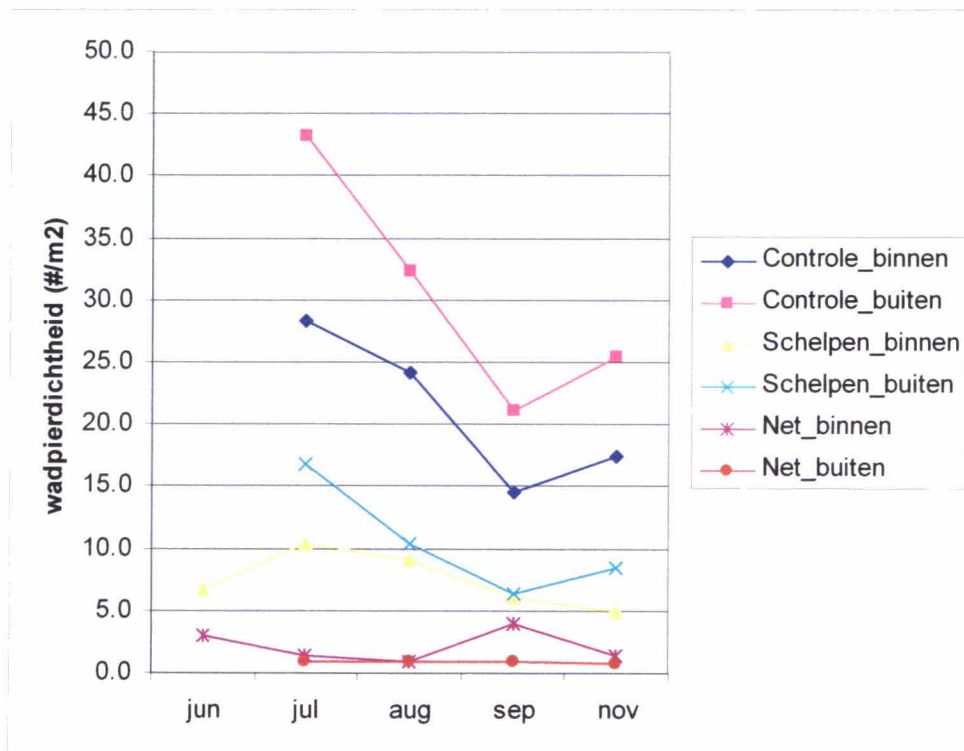
Zowel op de Dortsman als in de Krabbenkreek blijken de wadpierenbehandelingen effectief om wadpiedichtheden onder de 10-15/m² te houden. Aantallen wadpieren blijven (redelijk) hoog in de blanco's (zie Tabel 2), maar zijn een stuk lager in de met schelpen of met netten behandelde plots. De netbehandeling veroorzaakt een sterkere reductie van wadpieraantallen dan de schelpenbehandeling (Tabel 2) – 0,8-4,0/m², tegenover 5-10/m² voor de schelpenbehandeling. Statistische analyse laat zien dat netten significant beter zijn in het buiten houden van wadpieren dan de schelpenbehandeling. Schelpenbehandelingen zijn significant beter dan de controle, maar zijn minder effectief dan netten in het weren van wadpieren. Deze uitkomsten gelden voor zowel binnen als buiten de zeegrasplaggen.

Op de Dortsman bleven de wadpiedichtheden ruim onder de 10/m² (zie Figuur 32) – in het algemeen varieerde de waarde van 0,5-6,7 binnen de patches, en 2,3-7,2 in de plot buiten de patches. De controles op de Dortsman (zonder schelpen) hebben wadpiedichtheden tussen de 20-40m², behalve in november toen de waarden waren gezakt tot 3/m² binnen de zeegraspatches en 16 in de plot buiten de patches. Bij de controles is binnen de patches de wadpiedichtheid gemiddeld 30-40% lager dan buiten de patches (Figuur 32), wat aangeeft dat substraat en/of zeegrasmatten zelf in staat zijn om wadpieren te weren. Dit wordt bevestigd door statistische analyse, die laat zien dat er significant minder wadpieren in de zeegrasplaggen van de controles zitten, vergeleken met daarbuiten. In de andere behandelingen (schelpen en netten) is dit verschil niet significant.

In de Krabbenkreek zijn de netten erg effectief in het weren van wadpieren (zie Figuur 33), en zowel binnen als buiten de zeegraspatches (maar binnen de plots) bleven de wadpiedichtheden ruim onder de 10-15/m² grens, met schommelingen tussen 0,8-4,0/m². Net als bij de Dortsman was de schelpenbehandeling ook effectief in het laag houden van de wadpieraantallen, al lag het gemiddelde zowel binnen als buiten de patches (maar binnen de plots) ruim boven dat van de netten (5-16/m²).



Figuur 32 Wadpieren op de Dortsman binnen en buiten de zeegraspaches



Figuur 33 Wadpieren in de Krabbenkreek binnen en buiten de zeegraspaches

Tabel 2 Effect van wadpierreiniging op wadpierreiniging in de plot

Locatie		Wadpierreiniging (#/m ²)			
		buiten plots	controle	schelpen-behandeling	net-behandeling
Dortsman:	nulmeting	37	5	0,4	n.v.t.
	eerste monitoring		22,2	6,7	n.v.t.
	gem. monitoring	31,7	18,0	4,6	n.v.t.
Krabbenkreek	nulmeting	48	29	6,8	3,1
	eerste monitoring		28,4	10,4	1,4
	gem. monitoring	30,6	21,1	7,5	2,2

5.3 Extra parameters bij mitigatielocaties

5.3.1 Korrelgrootte van het sediment

Figuur 34 geeft de D50¹³ korrelgrootte weer voor zowel Krabbenkreek als Dortsman. Dit zijn gemiddelde waarden van 4 monsters genomen van respectievelijk de bovenste 1 cm of 5 cm op 23 augustus 2007, in zeegrasplaggen van de controle-, schelp- en nettenplots¹⁴, of buiten de plots. De gemiddelde D50 waarden van beide locaties zijn 177 µm (Dortsman) en 154 µm (Krabbenkreek), hetgeen betekent dat het sediment van de Krabbenkreek gemiddeld fijner is dan dat van de Dortsman. Beide vallen in de categorie 'fijn zand' (De Bakker & Schelling, 1966)¹⁵.

Opvallend is verder dat de korrelgrootteverdeling op de Dortsman weinig verschil toont tussen monsters genomen van de bovenste 1 cm of de bovenste 5 cm diepte (Figuur 35); gemiddeld is dit slechts een paar µm. Daarnaast is er een kleiner verschil tussen de D10 en de D90 waarden op de Dortsman (120-259 µm) vergeleken met sediment van de Krabbenkreek (60-277 µm; zie Figuur 36). Dit laat zien dat de Dortsman een homogener sedimentsamenstelling heeft dan de Krabbenkreek, waarschijnlijk ten gevolge van de grotere waterdynamiek.

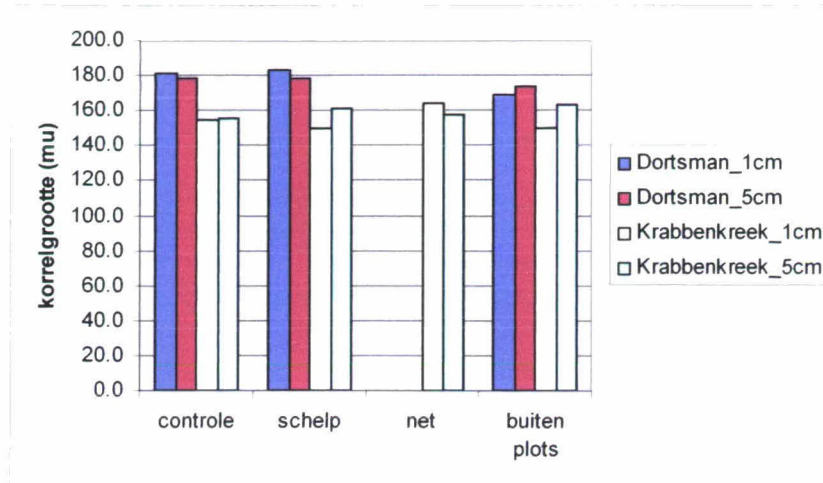
Sediment in de getransplanteerde plaggen wijkt af van dat van beide mitigatielocaties, maar op de Dortsman is er geen merkbaar verschil te zien (zie Figuur 35). Sedimentmonsters zijn genomen twee maanden na de transplantatie, en het is waarschijnlijk dat in deze tijd de samenstelling van het sediment is gewijzigd door invang van sediment.

In de Krabbenkreek is het een stuk rustiger qua waterdynamiek, en zijn uitwisselingen en invang vooral beperkt tot de bovenste 1cm, waar we geringe verschillen zien in korrelgrootteverdeling tussen omgeving en plaggen. Monsters genomen van de bovenste 5cm, tonen grote verschillen, wat het verschil qua sedimentsamenstelling aangeeft tussen Slikken van Viane en de Krabbenkreek.

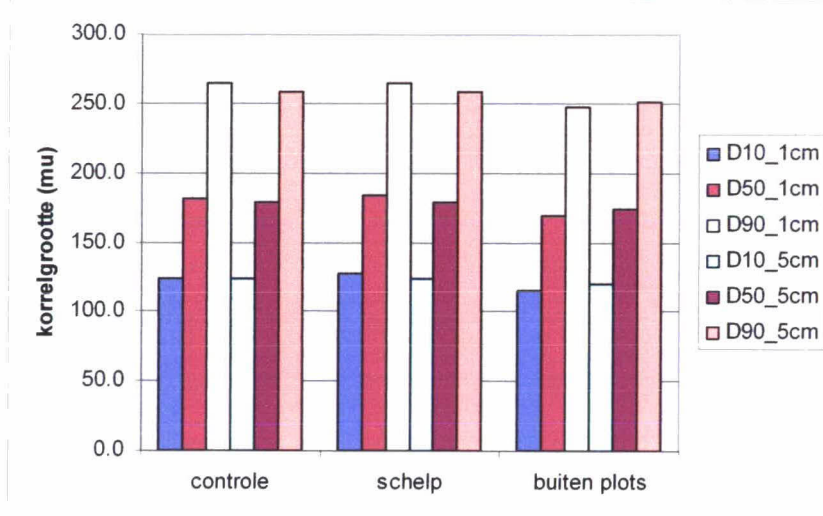
¹³ D50 wil zeggen dat 50% van de deeltjes van het sediment kleiner is dan de aangegeven diameter, in µm, dus de mediane korrelgrootte

¹⁴ In de Krabbenkreek; er zijn geen netplots op de Dortsman.

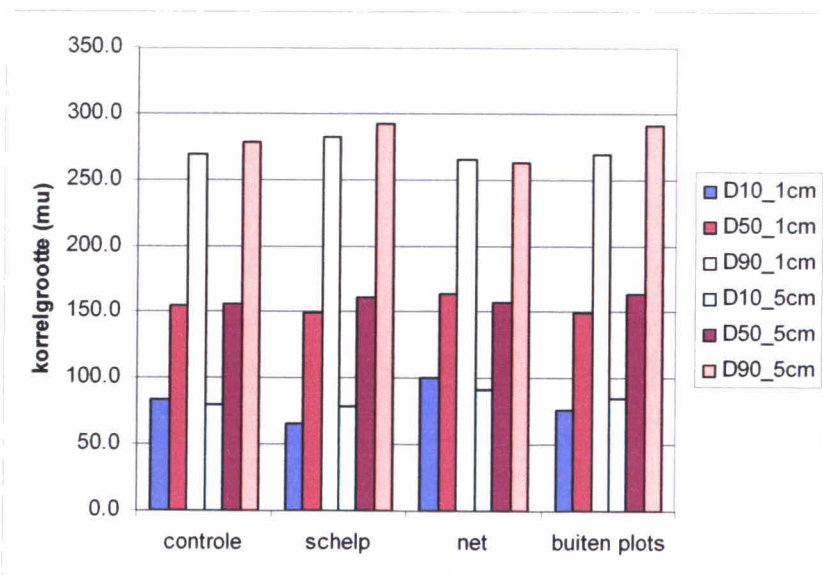
¹⁵ UFZ = uiterst fijn zand = 63-105 µm; ZFZ = zeer fijn zand = 105-150 µm; FZ = fijn zand = 150-210 µm; GZ = matig grof zand = 210-300 µm; ZGZ = zeer grof zand = 300-420 µm; UGZ = uiterst grof zand = 420-2000 µm



Figuur 34 D50 korrelgrootte in zeegrasplaggen of buiten plots Krabbenkreek en Dortsman



Figuur 35 Korrelgrootteverdeling in zeegrasplaggen of buiten plots op de Dortsman



Figuur 36 Korrelgrootteverdeling in zeegrasplaggen of buiten plots in de Krabbenkreek

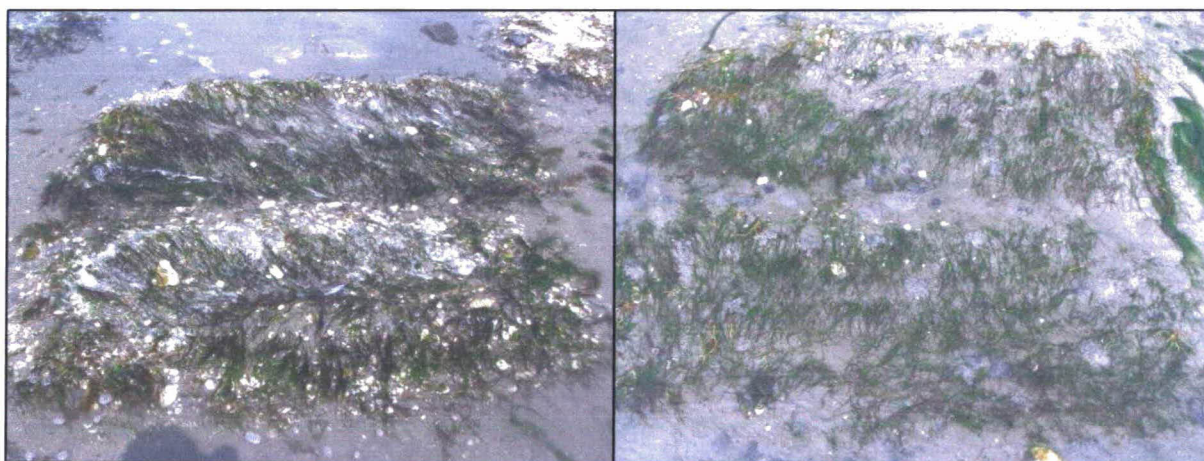
5.3.2 Verschillen in reliëf

Slikken van den Dortsman

Op de Dortsman, waar de dynamiek hoog is, was na een week al een verschil in reliëf waar te nemen. Bij de nulmeting lag gemiddeld bijna de helft van alle patches onder een laagje water, maar in juli lagen alle plaggen hoger dan de omliggende, onbegroeide delen. Het proces loopt snel: na een week waren schelpenrijke plaggen (die bij de nulmeting erg opvielen), al bedolven onder een laagje sediment en waren de schelpen aan het oog onttrokken (Figuur 37).

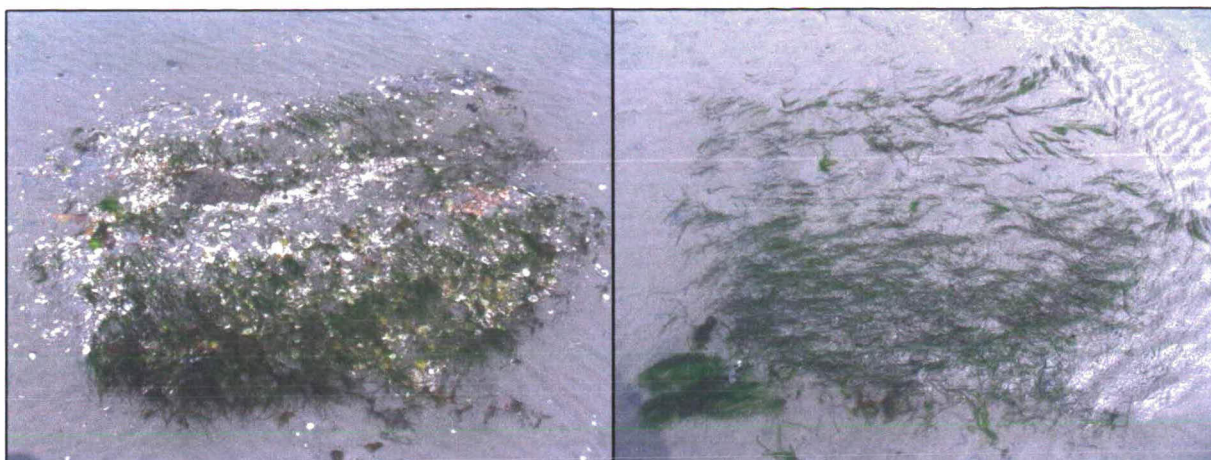
Metingen met de laser op 17 juli en 21 augustus geven aan dat de sedimentaccumulatie zich voortzet gedurende het groeiseizoen. In deze periode van ruim 5 weken is er gemiddeld 2 cm verschil in hoogte opgetreden tussen zeegraspatches en omliggend terrein, uiteenlopend van 8 mm (Plot 11) tot 3,3 cm in plot 3. Kwalitatief valt dit ook op: schelpenlagen en oneffenheden in plaggen zijn grotendeels verdwenen (Figuur 38). Bij de lasermetingen is duidelijk dat er weinig verschil is tussen schelpenplots en controles (respectievelijk 1,9cm en 2,1cm), en tussen veilige en kansrijke plots (respectievelijk 1,8cm en 2,2cm).

Bij de observaties in oktober 2007 liggen de zeegrasplaggen nog steeds duidelijk verhoogd ten opzichte van het omliggend terrein (Figuur 39, links), hoewel de bedekking met zeegras flink is afgenomen. Blijkbaar zijn de zeegraswortels in staat het sediment nog lange tijd vast te houden. Bij het volgende bezoek op 12 december was dit inmiddels veranderd, en lagen de patches niet of nauwelijks boven het maaiveld (Figuur 39, rechts).



Figuur 37 Verschil na één week: patch D9-3 op 8 (links) en 16 (rechts) juni 2007

Alle getoetste datasets waren normaal verdeeld (getoetst mbv ANOVA; zie 4.4). Op de Dortsman waren bij de zeegrasplaggen geen significante verschillen tussen veilig en kansrijk plots en tussen de behandelingen. Bij de open stukken, hadden de n=9 plots significant meer sediment ingevangen dan de n=5 plots (respectievelijk 3,55 en 2,10 cm gemiddeld).



Figuur 38 Verschil na ruim 2 maanden: patch D3-1

Op 8 juni 2007 (links) en 21 augustus 2007 (rechts)



Figuur 39 Plot 9 op 6 oktober 2007 (links) + overzicht Dortsman plots 12 december 2007 (rechts)

Slikken van de Krabbenkreek

Door een geringere dynamiek in de Krabbenkreek vergeleken met de Dortsman, is er veel meer microreliëf, o.a. door kleine geultjes, maar vooral door het voorkomen van wadpierhoopjes die minder worden afgevlakt dan op de Dortsman. Waar wadpieren worden geëlimineerd door netten, is het microreliëf meteen sterk afgevlakt (Figuur 40).

Hoewel er veel minder dynamiek is in de Krabbenkreek zijn de veranderingen in reliëf in de tijd toch opvallend. Tussen de nulmeting en de eerste monitoring in juli was het percentage van de patches dat onder een laagje water bleef meer dan gehalveerd. Bovendien was de gemiddelde diepte afgenomen van 2 cm naar net onder 1 cm. Dit illustreert dat, net als bij de Dortsman, binnen een gering aantal weken vrij veel sediment kan worden ingevangen door zeegrasplaggen. Bij observaties in augustus blijkt ook dat de gaten en kloven die duidelijk aanwezig waren na het leggen van de plaggen in juni (Figuur 41, links), na twee maanden grotendeels waren verdwenen (Figuur 41, rechts).



Figuur 40 Netten elimineren wadpieren en reduceren microreliëf (Plot K6 op 6 oktober 2007)



Figuur 41 Patch K5-5 op 23 juni (links) en 23 augustus 2007 (rechts)

Dit algemeen beeld van invanging van sediment door zeegrasplaggen wordt ook bevestigd door de lasermetingen van 11 juni en 24 augustus 2007. In deze periode van ruim 6 weken is er gemiddeld 1 cm verschil in hoogte opgetreden tussen zeegraspatches en omliggend terrein. De onderlinge verschillen tussen de plots zijn overigens veel groter dan op de Dortsman. Op de Dortsman was er in alle patches sprake van sedimentatie gedurende deze periode, terwijl in de Krabbenkreek sommige patches 2-5 mm lager lagen dan in juli (plots 2, 6 en 12), terwijl andere patches een aangroei van 3-4 cm kenden (plots 19 en 22). De onderlinge verschillen zijn dus groot, maar er is géén opvallend verschil tussen veilige en kansrijke plots (0,9 en 1,1 cm, respectievelijk), en tussen plots met verschillende behandelingen (net gemiddeld 0,9cm, schelp 1,3cm, controles 0,9cm).

Alle getoetste datasets waren normaal verdeeld (getoetst mbv ANOVA; zie 4.4). In de Krabbenkreek was er statistisch gezien geen verschil tussen veilig en kansrijk plots, en tussen de verschillende behandelingen. Dit geldt zowel voor de zeegrasplaggen als voor de tussenliggende open stukken.

5.3.3 Analyse van poriënvocht

Poriënvochtmonsters zijn alléén in de plots van de Krabbenkreek genomen omdat vooral interessant was om te onderzoeken of er verschillen bestaan tussen de verschillende behandelingswijzen (controle, schelp, net), en niet zozeer tussen Dortsman en Krabbenkreek. De resultaten van de metingen zijn weergegeven in Tabel 3. De pH vertoont weinig verschil tussen de verschillende monsters, en in alle behandelingswijzen is deze gemiddeld 7,5, wat normaal is in de Oosterschelde¹⁶ en Nederlandse kustwateren.

De alkaliniteit – een maat voor de buffercapaciteit – vertoont opvallende verschillen tussen de behandelingswijzen. De waarden in de controle- en schelpenplots zijn vrijwel gelijk: respectievelijk 2,8 en 3,0 meq (milli-equivalenten), terwijl dat van de net plots een gemiddelde heeft van 5,2 meq, oftewel bijna het dubbele. Een toename van de alkaliniteit¹⁷ wordt voor het grootste deel veroorzaakt door ophoping van bicarbonaat, wat vrij komt bij de afbraak van organische stof. Daarnaast blijkt uit de analyse dat ook fosfaat verhoogd is. Het gaat hierbij om hoeveelheden in de orde van enkele tientallen micromolen, terwijl de bodem totaal verscheidene milimolen bicarbonaat en mogelijk ook rond één mmol sulfide bevat. De bijdrage van fosfaat aan de alkaliniteit is dus waarschijnlijk te verwaarlozen. Ammoniak (NH₃) draagt in dit geval niet bij aan de buffercapaciteit. Bij hoge pH's is ammoniak een buffer, omdat het bij de omzetting van ammoniak naar ammonium (NH₄⁺) zuur (H⁺) kan opnemen. Hier is dit echter niet het geval omdat de zuur/base-constante (pK_a), de pH-waarde waar ammonium en ammoniak in evenwicht zijn, veel hoger is (pK_a 9,26) dan dat van het poriënvocht (pH 7,5). Dit betekent dat de meeste omzetting van ammoniak naar ammonium bij een veel hogere pH plaatsvindt, dan de waarde in het poriënvocht. Hierdoor is er al nauwelijks meer ammoniak in het poriënvocht beschikbaar.

Ammoniumgehalten van de controle- en schelpenplots liggen dicht bij elkaar, met respectievelijk 92 en 104 µmol/l, een gehalte dat normaal is in de Oosterschelde, waar waarden van 28-585 µmol/l (gem. 133 µmol/l) worden gevonden (metingen van T. van der Heide uit 2005). De netplots, vertonen echter een hoog ammoniumgehalte van gemiddeld ruim 400 µmol/l, oftewel 4x zo hoog¹⁸ als in de andere plots¹⁹. De netplots vertonen ook grote onderlinge verschillen: plot 18 heeft een ammoniumgehalte van rond de 1000 µmol/l, terwijl

¹⁶ Metingen van T. van der Heide uit 2005 in 8 verschillende wateren van de Oosterschelde komen gemiddeld uit op pH 7,5

¹⁷ Belangrijke buffers in poriënvocht van zeewaterbodems zijn bicarbonaat, sulfide en fosfaat; hier is alleen fosfaat gemeten.

¹⁸ Statistisch gezien zijn zowel ortho-P als ammonium hoger bij de netplots dan bij de controle- en schelpenplots. Er zijn geen statistische verschillen tussen controles en schelpen.

¹⁹ In de bodem is ammonium niet giftig voor zeegras, maar in de waterlaag wel (van Katwijk *et al.*, 1997). Het is niet waarschijnlijk dat diffusie uit de bodem een probleem zal zijn, aangezien (1) op het grensvlak tussen bodem en water doorgaans een diatomeënlagen zit die (vrijwel) alle nutriënten gebruiken; (2) door de voortdurende waterbewegingen het eventueel naar de waterlaag diffunderende water telkens afgevoerd wordt; en (3) waarschijnlijk juist een verlaagde uitwisseling tussen bodem en water de hoge concentraties in de bodem veroorzaakt heeft (Volkenborn *et al.*, 2007).

het gemiddelde van de andere netplots 230 $\mu\text{mol/l}$. Het grote verschil tussen de netplots en de controle/schelpenplots is de lage dichtheid aan wadpieren. Als we wadpieren in een grafiek uitzetten tegen ammoniumgehalte (Figuur 42) dan zien we dat alle plots met een hoog ammoniumgehalte ($>200 \mu\text{mol/l}$) een wadpiedichtheid hebben dat lager is dan $3/\text{m}^2$, en dat dit allemaal netplots zijn.

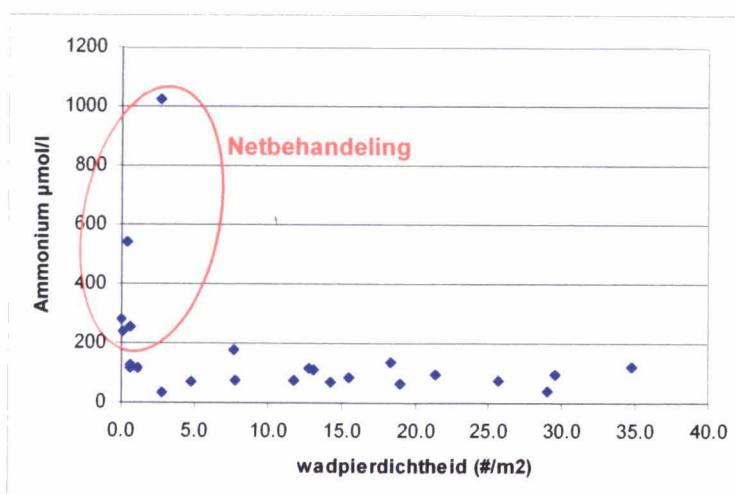
Tabel 3 Analyse van poriënvocht

Behandeling	NH_4^*	ortho- PO_4^*	pH	alkaliniteit **
Controle	91,8	13,1	7,5	2,8
Schelpen	104,2	14,2	7,5	3,0
Netten	406,8	46,4	7,5	5,2
Netten (zonder Plot 18)	230,0	26,1	7,5	3,8

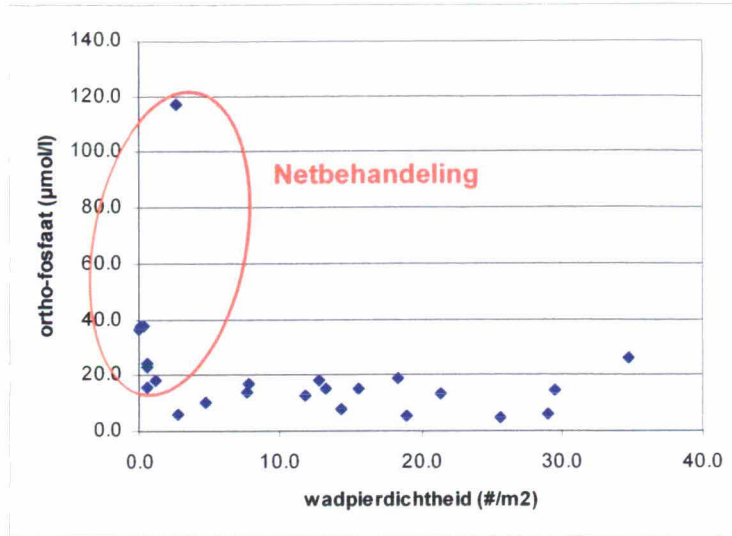
* in micromol per liter

** in milli-equivalenten per liter

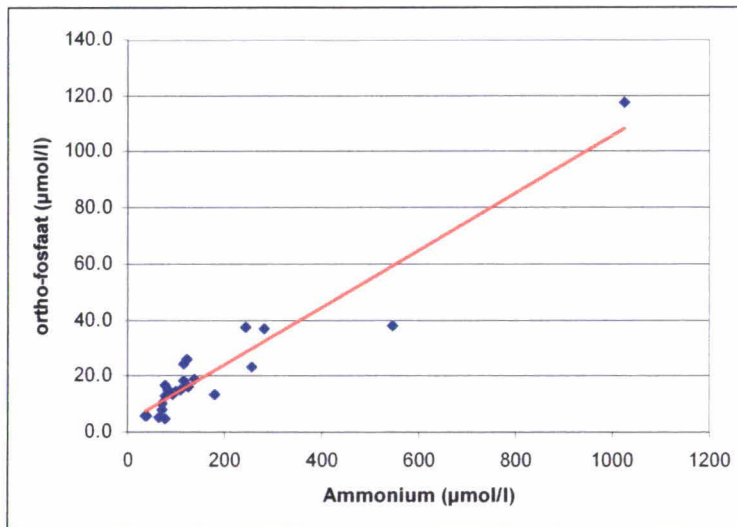
Orthofosfaatgehalten zijn ook hoger in de nettenplot (Figuur 43), al is de samenhang niet zo duidelijk als bij ammonium, en is er een lineair verband tussen ammoniumgehalte en orthofosfaatgehalte (Figuur 44): hogere ammoniumgehalten gaan samen met hogere orthofosfaatgehalten. Waarschijnlijk leidt een lage wadpiedichtheid tot een geringere doorluchting van de waterbodem (vanwege verminderde bioturbatie), waardoor nutriënten zich kunnen ophopen. Bij betere doorluchting treedt namelijk meer afbraak, mobilisatie en opname (o.a. door diatomeën) van nutriënten op.



Figuur 42 Wadpiedichtheid & NH_4 -concentratie



Figuur 43 Wadpiedichtheid & orthofosfaat concentratie

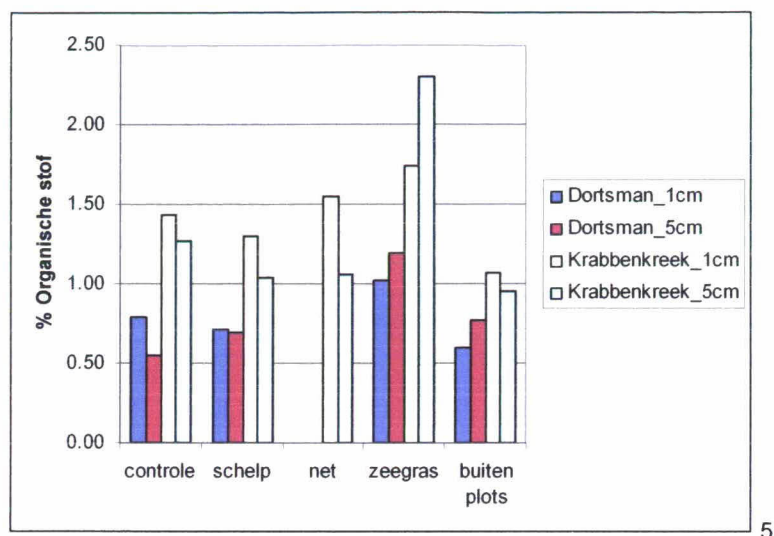


Figuur 44 NH₄-concentratie versus o-PO₄-concentratie

5.3.4 Organische stofgehalte van sediment

Organische stofgehalten in the waterbodems van zowel de Dortsman als de Krabbenkreek zijn niet erg hoog, en schommelen in het algemeen tussen de 0,8-2,0 % (Figuur 45). Dit zijn overigens normale waarden voor de Oosterschelde, waar waarden van 0,8-6,8% (gem. 3,0%) worden gevonden (metingen van T. van der Heide uit 2005). Gemiddeld zijn de sedimenten in de Krabbenkreek rijker aan organische stof dan die van de Dortsman, met gemiddeld 1,37% en 0,79%, respectievelijk. Zowel op de Dortsman als in de Krabbenkreek zijn er géén duidelijke verschillen tussen monsters genomen van de bovenste 1cm en die van de bovenste 5 cm. Ook zijn er géén duidelijke verschillen tussen de verschillende behandelingswijzen (net, schelp & controle), en tussen de behandelingswijzen en buiten de plots: deze waarden schommelen tussen de 0,85% en de 1,31%. Sedimenten binnen de

zeegrasvelden hebben wel een hoger organische stofgehalte dan de andere sedimenten, met 1,56% tegenover 1,08% in de behandelde plots en 0,85% buiten de plots²⁰. Alle getoetste data waren normaal verdeeld (getoetst met ANOVA; zie 4.4). Er waren geen significante verschillen tussen behandelingswijzen en tussen de samples genomen op 0-1 en 0-5 cm diepte bij zowel Dortsman als Krabbenkreek.



Figuur 45 Organische stofgehalte van sedimenten

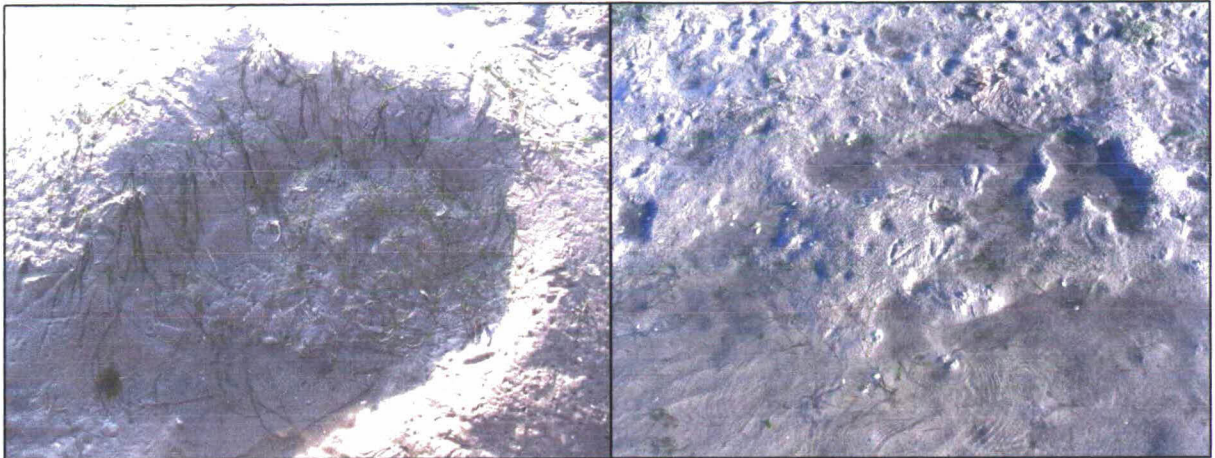
5.3.5 Mogelijke invloed van ganzen

Tijdens een monitoringsbezoek op 6 oktober 2007 werd in veel patches (27 van de 75, oftewel 36%) op de Dortsman ondiepe kuilen ontdekt in de plaggen, meestal met een doorsnede van 20-30 cm. In eerste instantie werd er gedacht aan erosie op plaatsen waar het zeegras was verdwenen en niet langer het sediment bijeen hield. Er bestaan ook kuiltjes waarin de zeegraswortels bloot liggen (Figuur 46, links), en daarom moet aan een andere oorzaak worden gedacht. Het is waarschijnlijk dat ganzen een rol spelen, want in de natuurlijk zeegraspopulatie op de Dortsman waren ook dergelijke kuilen aanwezig die eruit zagen alsof ze pas waren gegraven, met daarbij voetsporen van ganzen (Figuur 46, rechts). Ook werden rotganzen op korte afstand (enkele honderden meters) gesignaleerd. Dit fenomeen zou nader onderzocht moeten worden²¹, want dit kan een sterk versturende factor worden en het slagen van de mitigaties beïnvloeden.

²⁰ De verschillen zijn overigens niet statistisch significant, ook niet tijdens de eerste sampling, net na de aanleg.

²¹ Onderzoek kan vraat door ganzen niet voorkomen, maar als een proef wordt beïnvloed dan is het wel zaak te weten welke factoren in welke mate hebben bijgedragen aan de verstoring.

In de Krabbenkreek werden dergelijke sporen van verstoring en mogelijke vraat niet ontdekt, ook niet bij naspeuring van de foto's van alle patches, hoewel er in de nabijgelegen natuurgebieden ten oosten van de Krabbenkreek (Rammegors Natuurreservaat, van Haften Polder) en nabije weilanden veel kol- en rotganzen aanwezig zijn.



Figuur 46 Invloed van ganzen?

Links een kuil in Plot D-12, met blootliggende wortels, en rechts kuilen en ganzensporen bij natuurlijke zeegraspopulatie op de Dortsman (beide op 6 oktober 2007).

6 Ontwikkeling van de donorlocatie

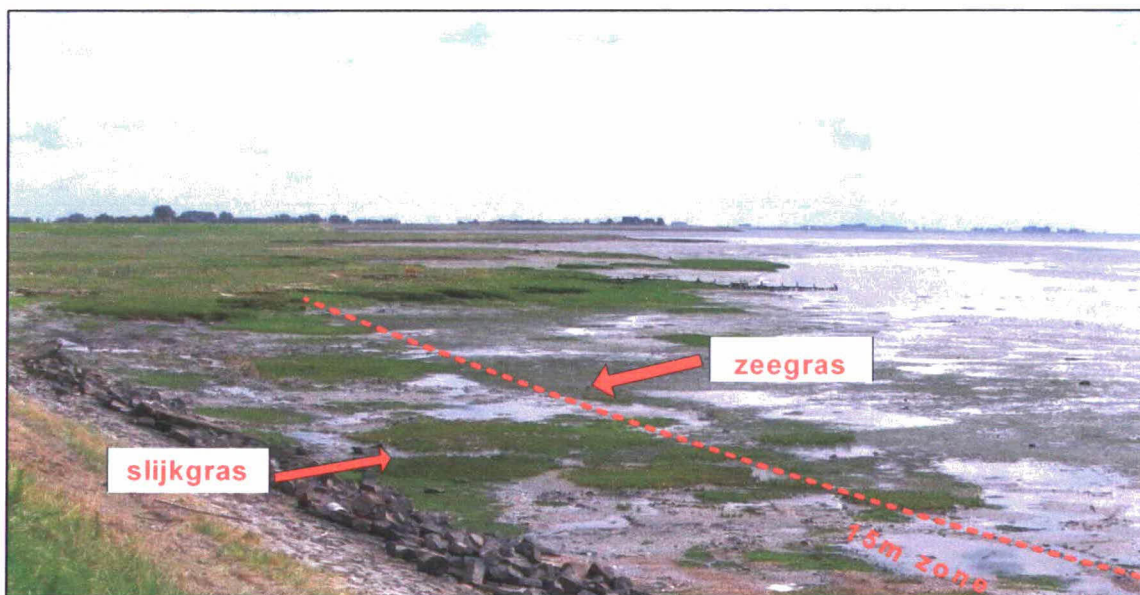
6.1 Direct na het rooien in juni

Rooien

In juni 2007 zijn in totaal 504 plaggen (252 patches) van 150 bij 75 cm verwijderd bij de Slikken van Viane, wat overeenkomt met een oppervlakte van 567 vierkante meter. Een aantal plaggen werd niet gebruikt omdat ze bij het rooien uiteen vielen, of te weinig zeegras bleken te bevatten. In totaal werd daardoor een kleine 600 vierkante meter klein zeegras geroid op de donorlocatie.

Effect op zeegrasvelden

Na het verwijderen van de zeegrasplag is nog een extra hoeveelheid slib (5 cm) verwijderd van de donorplek. Vervolgens is een schelpenlaag van 10 cm dikte aangebracht, en het weggehaalde slib in een 5 cm dikke laag weer hier overheen aangebracht en geëgaliseerd. Verder dan een afstand van 15 m van de teen van de dijk is het zeegras niet verstoord, en buiten de 15 m lijn begint op veel plaatsen direct een dicht zeegrasveld. Figuur 47 laat zien dat de *Spartina* veldjes grotendeels ongestoord achter blijven in de 15-meterzone, waar het klein zeegras grotendeels is verwijderd. Dit is ook goed te zien op de luchtfoto gemaakt op 21 juni 2007 door Dhr. Stikvoort (Provincie Zeeland) tijdens zeehondentellingen (Figuur 48).



Figuur 47 Donorlocatie na verwijderen van zeegrasplaggen in 15m zone



Figuur 48 Luchtfoto van donorlocatie na verwijderen van zeegrasplaggen

Foto gemaakt door Dhr. Stikvoort tijdens zeehondentellingen op 21 juni 2007; opvallend zijn de stalen rijplaten en de zone van zeegrasverwijdering.

Andere effecten

Verdere impacts bij de Slikken van Viane zijn gering. De schorren die bij de toegangsweg tot de slikken liggen zijn zéér plaatselijk door het aan- en afrijden verstoord, maar dit is achteraf door de aannemer geëgaliseerd. Verder is de schaapskudde tijdelijk verstoord, evenals vogels op de schorren (voornamelijk scholeksters).

6.2 Ontwikkeling na juni

Hoewel niet in het onderzoeksplan opgenomen, is er toch een paar keer een bezoek gebracht aan de donorlocatie om de verdere ontwikkeling en mogelijk herstel te volgen. Dit is niet gekwantificeerd, maar slechts *ad hoc* geobserveerd, eind juni (na het rooien van de plaggen) en eind augustus. De foto's hieronder (Figuren 49 en 50) geven een beeld van deze eerste ontwikkelingen.

Bij de eerste observaties eind juni (Figuur 49) is te zien dat de randen van de gerooide stroken nog scherp zijn, maar dat het gerooide vlak wel goed is geëgaliseerd. Zeegrasvelden die grenzen aan de gerooide gebieden hebben géén nadelige gevolgen ondervonden van het rooiingsproces, bijvoorbeeld door vrijgekomen slib of door verstikking.

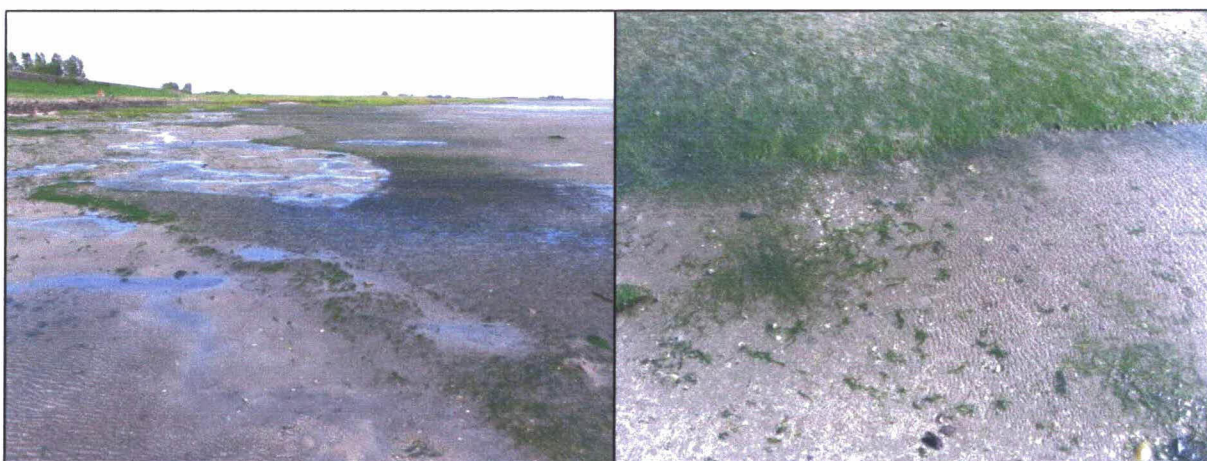
Twee maanden na het rooien (Figuur 50) is duidelijk te zien dat de velden verder zijn geëgaliseerd door de getijdenbeweging. Op veel plaatsen koloniseren zeegrasscheuten het beschikbaar terrein, tot op een afstand van bijna een meter vanaf de randen van het rooivlak. Dit is géén continu verschijnsel langs de randen, maar doet zich voor over 10-15% van de randlengte. Deze ontwikkelingen laten zien dat het rooiingsproces op veel plaatsen zal worden gevolgd door rekolonisatie, al kan er eventueel concurrentie optreden met al aanwezig slijkgras. Bij een bezoek op 15 februari 2008 was duidelijk te zien dat uitbreiding tot ruim 3m vanaf de rand is opgetreden op sommige plaatsen, en op veel plaatsen tot ruim 1m.

Theoretisch is het mogelijk dat dijkwerkzaamheden aangrenzende zeegrasvelden nadelig zal beïnvloeden, bijvoorbeeld door verstikking met een laag vrijgekomen slib, of door vertroebeling en vermindering van de lichtintensiteit waardoor het zeegras minder goed zou groeien. Een in 2006 uitgevoerde studie op de Slikken van de Dortsman en de Slikken van Kats (Persijn, 2007) laat echter zien dat deze negatieve effecten hoogstwaarschijnlijk te verwaarlozen zijn: troebelheid is zeer lokaal en tijdelijk. Hierbij moet worden opgemerkt dat de door Persijn uitgevoerde observaties met een beperkte meetopstelling zijn uitgevoerd (twee locaties, een meetopstellingen op één afstand). Andere rapporten die gevolgen bij al uitgevoerde dijktrajecten monitoren (Jentink, 2007) laten zien dat het type werkzaamheden deze invloeden sterk kan bepalen. Als er bijvoorbeeld water wordt gepompt uit de werkstroken of het gebied erachter, kan een directe lozing in de zeegrasvelden sterk negatieve gevolgen hebben.



Figuur 49 Donorlocatie op 22 juni 2007, direct na afronding van het rooien

Links de nog niet geëgaliseerde donorstrook, met nog aanwezige rijplaten; rechts na aanbrengen van een schelpenlaag en egalisering met sediment.



Figuur 50 Donorlocatie op 22 augustus 2007

Links een blik parallel aan de kust op de randen van de gerooide strook; rechts is te zien hoe nieuwe zeegras scheuten de gerooide veldjes koloniseren tot op een afstand van bijna 1 m.

7 Conclusies

7.1 Donorlocatie

Algemene conclusies

1. De Slikken van Viane bleken goed te voldoen als donorlocatie, zowel qua bereikbaarheid als qua hoeveelheid beschikbaar zeegras. Bovendien leverde deze locatie weinig problemen op qua verstoringen (bijv. aan vogels, vee of verkeer).
2. Rooien volgens de gebruikte methode had géén nadelige gevolgen voor nog aanwezige zeegrasvelden net buiten de gerooide 15m zone. In combinatie met (geslaagde) transplantaties van plaggen lijkt dit een gunstige mitigatiemaatregel te vormen voor klein zeegrasvelden in de Oosterschelde die worden bedreigd door dijkwerkzaamheden.
3. Na het rooien van de zeegrasplaggen is een schelpenlaag aangebracht en zijn de slikken geëgaliseerd. Dit biedt kansen voor herkolonisatie vanuit aangrenzende overgebleven zeegrasvelden (op afstand >15m vanaf de teen van de dijk), maar ook voor uitbreiding van aanwezige slijkgraspollen. Na een paar maanden blijkt dat er sprake is van kolonisatie van 10(-15%) van de rand van de gerooide velden vanuit aangrenzende nog bestaande zeegrasvelden. In augustus 2007 was de uitbreiding opgetreden tot 1-1,5 m vanaf de rand, en op 15 februari 2008 bleek dit zelfs tot ruim 3 m te zijn opgetreden op enkele plaatsen.

Practische aspecten mbt de donorlocatie

4. In totaal zijn 504 plaggen (252 patches) van 150 bij 75 cm verwijderd bij de Slikken van Viane, dat neerkomt op 567 vierkante meter, oftewel een kleine 600 vierkante meter.
5. De door BTL/van der Maas ontwikkelde plaggenrooier voldoet goed aan de verwachtingen, en was belangrijk voor het zorgen van een constante toelevering van plaggen van gelijke grootte en dikte.
6. De houten kisten die zijn gebruikt voor het vervoer van zeegrasplaggen zijn géén volmaakte oplossing: ze breken na een paar keer te zijn gebruikt, de zoden drogen redelijk snel uit omdat water direct eruit kan lopen (ze zijn slechts aan drie kanten gesloten), en het lossen van de zoden is niet gemakkelijk.
7. Het nathouden met behulp van vochtige doeken voldeed maar ten dele, aangezien in een groot percentage van de zeegrasplaggen de bladeren zwart of donkerbruin werden tijdens of kort na vervoer. Het probleem ligt bij het consistent nat en bedekt houden van de plaggen. Bij overslag van tractor naar mitigatielocatie werden de doeken verwijderd en daarna vaak niet teruggeplaatst omdat dit te tijdrovend was, en de plaggen toch binnen



een kort tijdsbestek zouden worden gelegd. Het blijft echter noodzakelijk de nog niet geplaatste plaggen altijd af te dekken met natte doeken of op een andere manier nat te houden. Het afsterven van bladeren wordt niet veroorzaakt door verstikking met doeken direct op het zeegras, maar puur door uitdroging o.i.v. zon en wind.

8. Het rooien van zeegrasplaggen vormde géén beperkende factor in de transplantatieproef – na 1-2 dagen werd dit een routinekwestie, en kon men 2-3x zo snel rooien als leggen, uitgaande van 1 ploeg per locatie (1 rooiploeg, 1 legploeg).

7.2 Mitigatielocatie

Uitvoering van transplantatie

1. Transplantatie van zeegrasplaggen van donor- naar mitigatielocatie is goed gelukt. Het transplanteren is weliswaar trager verlopen dan vooraf werd geschat, maar de getransplanteerde plaggen hebben in het algemeen de verplaatsing goed doorstaan en zijn goed aangeslagen. Op het moment van verschijnen van dit rapport (februari 2008) is niet bekend hoe de overwintering is verlopen.
2. Het lossen en leggen van de plaggen bleek tijdrovender dan werd aangenomen. Om binnen de toegestane tijd een representatief aantal plots af te krijgen op beide locaties werd het aantal replica's op de Dortsman teruggebracht van 4 naar 3, en werd het aantal patches in de 'veilige' plots teruggebracht van 21 naar 9. Het aantal vierkante meters dat is gelegd is ongeveer de helft van wat oorspronkelijk was geraamd.
3. Bij het aanleggen van de plots is enige nazorg een vereiste, omdat het leggen vaak in met water ondergelopen vlakken gebeurt, waarin weinig zicht is - bovendien kunnen er door inklinking en verschuiving gaten en kuilen ontstaan tussen de patches. De nazorg – bestaand uit het achteraf invullen van kuilen en kloven – zal bij een eventueel vervolg in 2008 ook moeten plaatsvinden.
4. Om extra verstoring te voorkomen moet slijkgras uit de zeegrasplaggen worden verwijderd. Omdat plaggen uit elkaar kunnen vallen bij het handmatig verwijderen van slijkgras, kan dit het beste gebeuren (direct) na het leggen van de plag. Dit zou ook bij het leggen van de plaggen bij een eventueel vervolg in 2008 moeten plaatsvinden.
5. In de praktijk blijkt dat plaggen niet met grote exactheid kunnen worden gelegd, waardoor sommige boven het maaiveld uitsteken, terwijl andere plaggen continu ondergedompeld zijn. Dit blijkt onvermijdelijk, omdat: i) plaggen niet even dik zijn, ii) plaggen de neiging hebben bij rooien te vouwen/plooien, en bij het lossen te scheuren; iii) het uitgraven van plots enige oneffenheden oplevert, die soms moeilijk te zien zijn omdat de plots na uitgraven opvullen met zeewater; iv) aanbrengen van schelpenlagen levert enige verschillen op; en v) lokale verschillen in microtopografie. Deze verschillen in hoogte blijken achteraf door invangen van sediment grotendeels binnen 1-2 maanden te zijn genivelleerd.



6. Rijsporen op de slikken vormen een tijdelijke verstoring, die na enkele weken grotendeels is verdwenen. Vooral op de Dortsman valt dit verschijnsel erg mee, omdat in dit zandig substraat de sporen in ieder geval ondiep zijn. In de Krabbenkreek – waar het substraat slibrijker en zachter is – waren de sporen langer zichtbaar, maar na juli waren ze niet langer zichtbaar. De sporen op de aanrijroute naar de Krabbenkreek – over de Schapendam – waren nog wel zichtbaar in december 2007 en zullen waarschijnlijk tot het voorjaar aanwezig blijven.

Ontwikkeling van het zeegras

7. Op de Dortsman en in de Krabbenkreek zijn de meeste plaggen goed aangeslagen en heeft het zeegras zich ontwikkeld op een wijze die overeenkomt met die in natuurlijke populaties in de omgeving (bijv. Dortsman Noord, nabij de dijk), of op de donorpopulatie.
8. Bij uitdroging worden zeegras bladeren snel zwart of donkerbruin, en deze sterven vervolgens af. De mate van zwart worden van bladeren kan worden gebruikt om de mate van stress bij aanvang van de transplantatie te kwantificeren. Bij de plaggen op de Dortsman was de gemiddelde mate van 'zwart worden' van de bladeren 30%, in de Krabbenkreek gemiddeld 23%. Het zwart worden van zeegrasbladeren leidt tot een afname in het initiële bedekkingspercentage dat het hele groeiseizoen zichtbaar blijft omdat het niet meer door groei kan worden ingehaald.
9. De gemiddelde bedekking met zeegras op beide mitigatielocaties bedroeg bij de nulmeting in juni iets meer dan 30%. Onderling waren de verschillen groot, variërend van 3% (in bedolven plaggen) tot 90%. Zowel op de Dortsman als in de Krabbenkreek neemt in alle plots de zeegrasbedekking af na de transplantatie in juni. In juli waren deze bedekkingen afgenomen naar respectievelijk 23,7% (Krabbenkreek) en 25,9% (Dortsman); dit nam verder af in het najaar, tot overal <1% in november 2007. Deze afname in het najaar treedt in gelijke tred op met de natuurlijke populatie, en kan daarom niet worden toegeschreven aan de gevolgen van de transplantatie. Groei en bedekkingspercentages in het voorjaar van 2008 zullen een betere indicatie geven van de mate van slagen van de mitigatieproef.
10. Gedurende dit eerste groeiseizoen is de overleving (uitgedrukt in verschil in bedekking en verschil in scheutdichtheid) van het zeegras in de controleplots significant hoger in de Krabbenkreek dan op de Dortsman. Voor de schelpenbehandeling is dit niet het geval: vergeleken met de controles doet de schelpenbehandeling het wat slechter qua overleving dan in de Krabbenkreek. Wat scheutdichtheid betreft zijn er geen significante verschillen tussen Dortsman en Krabbenkreek; zowel bij de controles als bij de schelpenbehandeling.
11. Er treden *grosso modo* in het eerste groeiseizoen geen statistisch significante verschillen op tussen de ontwikkeling van zeegrasbedekking onder de verschillende antiwadpierbehandelingen (net- & schelpbehandeling). Wel is op Krabbenkreek een schelpenbehandeling ongunstiger dan de controle, terwijl dit op Dortsman omgekeerd was.



12. De relatie tussen zeegrasbedekking en scheutdichtheid verandert aanzienlijk in de tijd, doordat de bladlengte en het aantal bladen per scheut toenemen. Op beide mitigatielocaties neemt zowel scheutdichtheid als bedekkingspercentage af gedurende de periode juni-september. In november is overal de bedekking zeer sterk afgenomen.
13. Naast een afname in de plaggen is er ook sprake van uitbreiding (vegetatief, via de wortelstokken; dus niet via zaad) buiten de plaggen. Deze uitbreiding vindt vooral plaats aan beschutte zijdes van de plaggen. De uitbreiding is sterker bij de "veilige" behandelingen (met 9 plaggen) in vergelijking met de kansrijke behandelingen (met 5 plaggen).
14. Op de Dortsman Noord was er eerder sprake van uitbreiding dan in de Krabbenkreek, een verschijnsel dat al opvallend was in juli, een maand na de transplantatie. Dit is waarschijnlijk gerelateerd aan de eerdere aanplant van Dortsman. De uitbreiding op Dortsman was sterker in de controles dan in de schelpenbehandelingen en sterker bij de veilige (n=9) dan bij de kansrijke (n=5) plots.
15. Bij 6 van de 12 plots op de Dortsman is de uitbreiding het sterkst rondom de middelste plag, wat het effect van beschutting duidelijk weergeeft. Tussen juli en augustus 2007 vind een toename plaats van gemiddeld 76 scheuten per patch²², wat verder oploopt tot 101 per patch in september 2007. Na september was er géén sprake van verdere uitbreiding. Uitbreiding was minder aanwezig in de Krabbenkreek, waar tussen juli en augustus een gemiddelde toename van 24 scheuten plaatsvond, maar dit liep in september niet verder op.

Substraat, nutriënten en reliëf

16. Het bedekkingspercentage met schelpen varieerde sterk. Op de Dortsman liep dit bij de nulmeting uiteen van <1% tot 70%, met een gemiddelde bedekking van 12,3%. In de Krabbenkreek varieerde dit van <1% tot bijna 30%, met een gemiddelde bedekking van 3,4%. Bij de eerste monitoring was de schelpenbedekking al flink gedaald, hoogstwaarschijnlijk ten gevolge van het invangen van sediment door de plaggen. In de Krabbenkreek was er eerst sprake van een lichte toename, voordat er een afname plaatsvond later in het jaar.
17. Bij de nulmeting bleek dat tijdens laagwater grote delen van plaggen onder een laagje water bleven staan. Bij de eerste monitoring bleek dit al voor een groot deel teniet te zijn gedaan – op de Dortsman bleken alle plaggen al boven het maaiveld uit te steken, terwijl in de Krabbenkreek nog maar een klein deel onderwater bleef staan. Uit lasermetingen blijkt dat op de Dortsman tussen juli en augustus alleen al gemiddeld 2 cm sediment was ingevangen, terwijl in de Krabbenkreek dit 1 cm bedroeg. Na afsterving van de bovengrondse delen van het zeegras in het najaar, steken de plaggen nog nauwelijks boven het maaiveld uit.

²² Er wordt gesproken over uitbreiding als het aantal scheuten rondom/vanuit een patch toeneemt. Uitbreiding vindt plaats *buiten* de patch, anders spreken we van een toename van de scheutdichtheid in een patch.



18. In de Krabbenkreek zijn er grotere verschillen in microreliëf dan op de Dortsman, vooral door een veelheid aan kleine geultjes en het feit dat wadpierhoopjes minder worden geërodeerd. Verstikking van het zeegras door sediment, zoals in juli (zie tussenrapport) nog werd gevreesd, blijkt niet te zijn opgetreden.
19. Sedimenten in de Krabbenkreek zijn iets rijker in organische stof dan op de Dortsman (1,37 % tegenover 0,79 %). Er zijn géén duidelijke verschillen tussen plots met verschillende behandelingswijzen, en tussen monsters genomen op verschillende dieptes (0-1 cm en 0-5 cm). Wel zijn organische stofgehaltenes hoger in zeegrasveldjes (1,56 %) dan in omliggende gebieden (1,08 %).
20. Nutriëntgehaltenes van (bodem-) poriënwater blijken samen te hangen met de behandelingswijzen. Dit is vooral bij ammonium het geval, waar bij de netbehandeling ammoniumconcentraties gemiddeld 4x (max. 10x) zo hoog lag als in de andere plots (schelpen en controle)²³. Orthofosfaat concentraties liggen in de netplots ongeveer 3x zo hoog als in de andere plots. Waarschijnlijk leidt een lage wadpiedichtheid (in de netplots) tot een geringere doorluchting van de waterbodem (vanwege de minder bioturbatie), waardoor nutriënten zich kunnen ophopen²⁴.

Algengroei

21. Groei van macroalgen kan een probleem vormen voor de zeegraspaches, vooral in patches met veel aanhechtingsplaatsen (schelpen, maar ook fragmenten van bakstenen en hout). Het fenomeen lijkt een groter probleem te vormen in de Krabbenkreek, waar relatief veel grotere hoeveelheden zeesla, darmwier en knoopwier voorkomen, dan op de slikken van de Dortsman.
22. Macroalgen bedekten maximaal 20% van de patchoppervlak in de Krabbenkreek (piek in augustus) en 6% op de Dortsman (piek in september). In de Krabbenkreek lijken macroalgen samen te hangen met schelpenbedekking (die aanhechtingsplaatsen bieden), terwijl op de Dortsman deze samenhang minder duidelijk is. Aangezien de schelpenbedekking is afgenomen (zie punt 15), is te verwachten dat problemen met overwoekering door algen zullen afnemen. In elk geval blijkt dat de piek in macroalgenbedekking in de Krabbenkreek maar van tijdelijke aard was, en alleen in augustus was er sprake van enige overwoekering van de zeegraspaches.
23. In de Krabbenkreek komen overigens niet significant meer algen voor in de plaggen als daarbuiten, terwijl op de Dortsman (waar verder weinig aanhechtingsplaatsen zijn) er wel significant meer algen in de zeegrasplaggen voorkomen.

²³ Ammonium in de bodem is niet giftig voor het zeegras (zie 5.3.3).

²⁴ Doorluchting leidt tot oxidatie en een grotere mobiliteit van nutriënten, die dan minder snel ophopen maar worden opgenomen in organismen of gewoonweg uitspoelen.

Fauna

24. Het al of niet voorkomen van alikruiken *Littorina littorea* lijkt afhankelijk te zijn van het substraat (zijn er geschikte schuilplaatsen, bijv. onder stenen), en het al of niet voorkomen van slijkgras *Spartina* (verwijderd uit de plaggen). Gemiddeld kwamen er tijdens de nulmeting iets meer dan twee exemplaren voor per patch, zowel in de Krabbenkreek als op de Dortsman. In juli was het aantal op de Dortsman gedaald tot gemiddeld <1 per patch, en in augustus en september waren alikruiken helemaal afwezig. In de Krabbenkreek nam in juli het aantal juist toe tot ruim 4 per plot, en rond 4 per patch in augustus en september; in november was het aantal overal gedaald tot minder dan 1 per patch. Blijkbaar is de Krabbenkreek een geschikte locatie voor alikruiken, in elk geval veel meer zo dan de Dortsman.
25. Wadslakjes *Peringia (Hydrobia) ulvae* komen in alle zeegraspatches (en op de slikken daarbuiten) voor, maar opvallend is dat dit erg variabel is, en afhankelijk lijkt te zijn van o.a. de mate van onderdompeling en van de weersomstandigheden. Wel lijken hun aantallen aan het seizoen te zijn gebonden (veel in zomer, minder in het najaar).
26. Wadpierbehandelingen zijn effectief in het uitbannen van wadpieren. Aantallen blijven (redelijk) hoog in de blanco's, maar zijn een stuk lager in de met schelpen of met netten behandelde plots. De netbehandeling veroorzaakt een sterkere reductie van wadpieraantallen dan de schelpenbehandeling: 0,8-4,0/m², tegenover 5-10/m² voor de schelpenbehandeling. Beide behandelingswijzen leveren voldoende reductie van wadpieren op om de concurrentie met het zeegras te beperken²⁵.
27. Ganzen zijn mogelijk een versturende factor op de slikken van de Dortsman Noord, waar bij de monitoring van oktober kon worden vastgesteld dat meer dan een derde van alle zeegraspatches sporen van mogelijke ganzenvraat vertoonden (kuilen van 20-30 cm diameter in de plaggen). Dit is nog onzeker, maar moet worden gemonitord om invloed van ganzen vast te stellen.

²⁵ Wadpiedichtheden zouden onder de 5-10 per vierkante meter moeten blijven om nadelige gevolgen voor klein zeegras te voorkomen; Philippart *et al.* (1994) spreken van serieuze problemen bij dichtheden >60/m².

8 Aanbevelingen

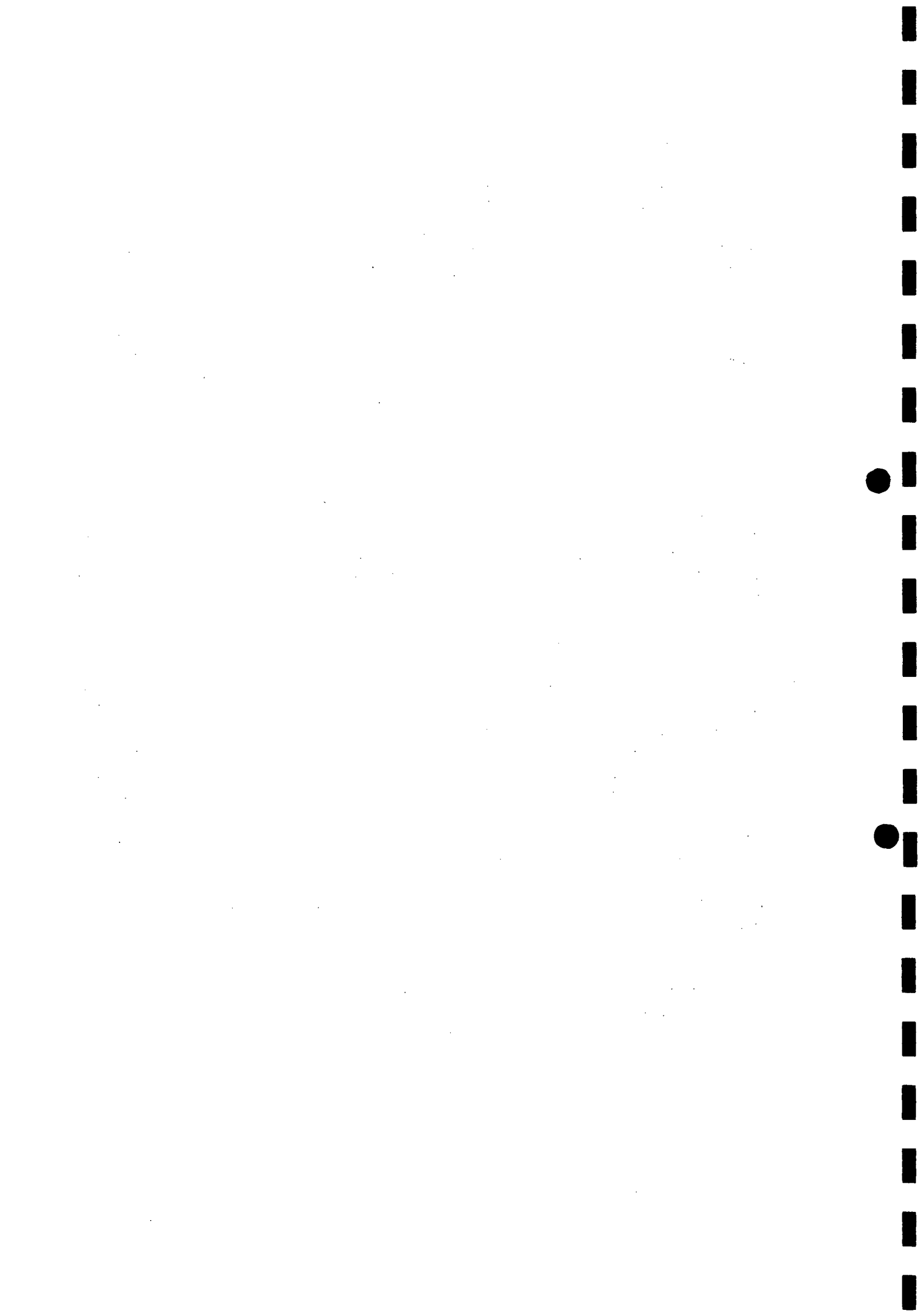
Monitoring

1. Getransplanteerde zeegras plaggen lijken het goed te doen, maar door de grote dynamiek, (bijv. afsterving, erosie, verstikking, bedekking), vooral op de Dortsman, blijft het noodzakelijk de plaggen goed te monitoren gedurende een paar (2-3) seizoenen.
2. De parameters die tot dusver zijn gemonitord in en om de zeegrasplots geven een goed beeld van hoe de getransplanteerde plaggen zich ontwikkelen. Ook het fotografisch vastleggen van iedere afzonderlijke patch blijkt waardevol te zijn, bijvoorbeeld om achteraf vraat door ganzen te kunnen schatten, of om de ontwikkeling van een afzonderlijke patch te volgen in de tijd.
3. Ganzen spelen mogelijk een verstorende rol – vooral op de Dortsman – en hun invloed (sporen, kuilen) moet ook worden gemonitord.
4. Aanvankelijk werd gevreesd voor een toename van schelpen aan de oppervlakte, omdat deze aanhechtingsplaatsen aan macroalgen bieden, die vervolgens het zeegras kunnen verstikken. Tijdens de monitoring bleek dat de schelpen vanzelf snel verdwijnen, omdat ze spoedig bedolven raken onder een laag ingevangen sediment. Het blijft echter noodzakelijk dit goed te monitoren, zodat eventueel ingegrepen kan worden (bijv. door te harken) mocht het toch een probleem worden.
5. De donorlocatie zou men moeten monitoren om eventueel herstel van de gerooide velden te volgen. Dit kan semi-kwantitatief, door 2 keer per jaar in de gerooide zone te schatting te maken van kolonisatie door zeegras (bijv. vanuit de aangrenzende velden) en door slijkgras (bijv. vanuit aanwezige pollen).
6. Het wordt ook aanbevolen een paar plotjes in een natuurlijke zeegraspopulatie (bijvoorbeeld op de Dortsman, in de geul nabij de dijk, of in de Krabbenkreek langs de schor aan de noordzijde) te monitoren, om zo goed vergelijkingsmateriaal te hebben. Dit kan op een niet destructieve manier, en zich beperken tot een aantal parameters zoals: ontwikkeling van reliëf t.o.v. vast punt, bedekkingspercentage zeegras, bedekkingspercentage schelpen, % bloeiende scheuten, scheutdichtheid, algenbedekking, en dichtheden wadpieren, alikruiken en wadslakjes.



Verplaatsen van zeegras & aanleggen plots

7. Voor het rooien van zeegrasplaggen zou in de toekomst een ander type bak voor het transport moeten worden ontwikkeld, zeker als er eventueel grotere hoeveelheden worden verplaatst. Plastic of stalen bakken zijn steviger dan de houten exemplaren (geeft meer bescherming), en voorkomen uitdroging. Een alternatief is ook een verbeterde versie van de houten bak, bijvoorbeeld door gebruik te maken van multiplex platen die normaal wordt gebruikt voor betonbekisting (steviger, met gladde, vochtwerende laag).
8. Zeegrasplaggen moeten consistent worden beschermd tegen uitdroging. Dit betekent dat natte doeken consequent op de kratten/bakken dienen te blijven, en hooguit tijdens het lossen en laden hiervan tijdelijk ontdaan mogen worden. Kisten met plaggen die wachten op plaatsing moeten te allen tijde worden afgedekt met natte doeken, of regelmatig worden besproeid met Oosterschelde- of zoetwater.
9. Tijdens de monitoringsbezoeken werd gezien dat netten die in de Krabbenkreek als anti-wadpiermiddel zijn gebruikt, aan de oppervlakte konden raken door lokale erosie (deze zijn vervolgens weer ingegraven door RU teamgenoten). Aanbevolen wordt bij eventuele toekomstige transplantaties de netten vast te leggen, bijvoorbeeld met behulp van hoeken gemaakt van betonijzers. De schelpenbehandeling blijkt vooralsnog goed te voldoen als antiwadpierbehandeling, en heeft daarom sterk de voorkeur bij verdere voortzettingen van de mitigatieproef, of bij grootscheepse mitigaties (tenzij na de overwintering anders blijkt).
10. Bamboepalen en betonijzers voldeden uiteindelijk niet voor markering van de plots. De bamboepalen verdwenen snel, vooral op de Dortsman, en de betonijzers waren slecht terug te vinden, ook m.b.v. een metaaldetector. Plots kunnen daarom het best meteen na het aanleggen worden gemarkeerd met 1m lange piketpaaltjes op alle hoekpunten, die in het sediment worden geplaatst zodat er slechts 15-20 cm uit de grond blijft steken. Daarnaast is het goed om tijdens de werkzaamheden per plot een bamboestok met daarop een duidelijke label (bijv. Plot 12 Schelpen/kansrijk) te bevestigen om misverstanden te voorkomen.
11. Het wegzakken van een kraan in perceel 1 in de Krabbenkreek geeft aan dat bij het kiezen van een mitigatielocatie niet alléén naar de stevigheid van de bovenlaag moet kijken, maar men ook vooronderzoek moet doen naar de stevigheid van de onderlaag. Zachte sliblagen moeten worden vermeden omdat materieel het gevaar loopt hierin weg te zakken.
12. De werkzaamheden zoals verricht door BTL zijn goed en tot ieders tevredenheid uitgevoerd, hoewel er op dit gebied géén ervaring bestond en het voor hen een volkomen nieuwe activiteit was. Het is aanbevolen om, indien mogelijk, bij een vervolgproef of tijdens de mitigatiewerkzaamheden, de activiteiten door BTL te laten voortzetten en niet voor een nieuwe aannemer te kiezen.



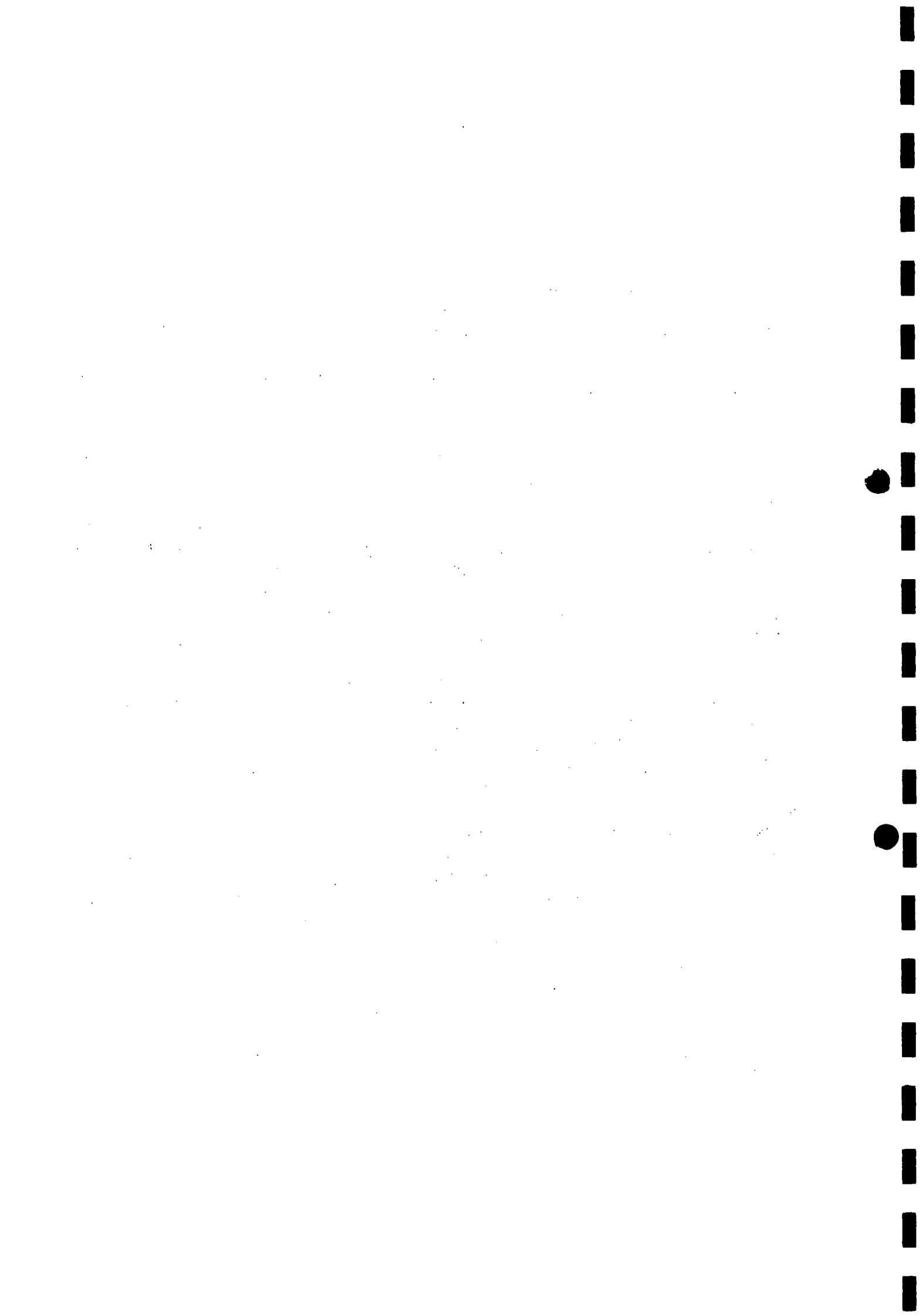
9 Samenvatting

Ongeveer 8000 m² klein zeegras *Zostera noltii* zal in de Natura2000-locatie Oosterschelde op een aantal plaatsen moeten wijken als in 2011-2015 een groot aantal dijken worden verwaard/verbeterd. Als mitigerende maatregel is voorgesteld om klein zeegras op de locaties waar het moet wijken te verplaatsen naar zogenaamde mitigatielocaties. Voorafgaand moet worden onderzocht hoe dit het beste kan gebeuren: hoe te verplaatsen, wanneer, op welke mitigatielocaties, hoe deze voor te bereiden, enzovoorts. Een onderzoeksplan om dit uit te zoeken werd opgesteld door RU, NIOO, RIKZ en RWS.

De praktische uitvoering vond plaats tussen 4-28 juni 2007, door de firma BTL uit Bruinisse, terwijl begeleiding en monitoring werd uitgevoerd door RU (op enkele dagen bijgestaan door RWS tijdens de begeleiding). Als donorlocatie werden de Slikken van Viane (Schouwen-Duiveland) geselecteerd op basis van beschikbaar materiaal en bereikbaarheid. Twee mitigatielocaties op Tholen werden gekozen: één geëxponeerde locatie (Dortsman Noord) en één beschutte locatie (Krabbenkreek Zuid). Op beide mitigatielocaties werden geschikte vlakken (tussen -0,30 en +0,15 m NAP) gemarkeerd voor aanvang van de werkzaamheden. Zeegrasplaggen werden gelegd tussen 4-22 juni, daarna volgde tot 28 juni nog enige afwerking plaats op de Slikken van Viane en in de Krabbenkreek.

Vanwege de concurrentie tussen wadpieren en klein zeegras werd gekozen voor een tweetal behandelingen tegen wadpieren: één met het aanbrengen van een schelpenlaag van 5-7 cm op 10 cm diepte, de tweede door een afbreekbaar net aan te brengen op 10 cm diepte. Zeegrasplaggen van 0,75 bij 1,5m werden gerooid in Viane en in houten kisten naar de mitigatielocaties getransporteerd. Daar werden ze in verschillende opstellingen neergelegd: een zogenaamde kansrijke opstelling van vijf patches (van 1,5 bij 1,5m ieder) in schaakbordpatroon, en een zogenaamde veilige opstelling van negen patches, eveneens in schaakbordpatroon. Op de Dortsman werden in totaal 12 plots uigezet, 6 veilige en 6 kansrijke, waarvan de helft met schelpenbehandeling en de helft als blanco (zonder schelpen of net). In de Krabbenkreek werden in totaal 24 plots uitgezet, waarvan 12 veilige en 12 kansrijke, ieder met 4 controles, 4 netbehandelingen en 4 schelpenbehandelingen. In totaal is 600 m² zeegras verplaatst naar de mitigatielocaties. Dit is minder dan de beoogde 1000 m², maar dat bleek snel onhaalbaar, vooral omdat het leggen van plaggen tijdrovender was dan aanvankelijk geschat.

Direct na het leggen van de plaggen is een nulmeting uitgevoerd, en in juli 2007 is een eerste monitoring uitgevoerd. Daarna is er uitgebreid gemonitord in augustus, september en november 2007, en in februari 2008. Tevens zijn er korte monitoringsbezoeken afgelegd in oktober en december 2007, en in februari 2008.



Tabel 4 Effect van verschillende behandelingswijzen

Samenvatting van statistisch significante verschillen; andere verschillen zijn niet weergegeven.

Sturende factor		Dortsman			Krabbenkreek		
		Δ zeegras	Δ scheut	Δ uitbreiding	Δ zeegras	Δ scheut	Δ uitbreiding
Wadpier-behandeling	Controle						
	Schelp	++		—	—		
	Net						
Opstelling	Veilige			++			++
	Kansrijke						
Locatie*		—			++		

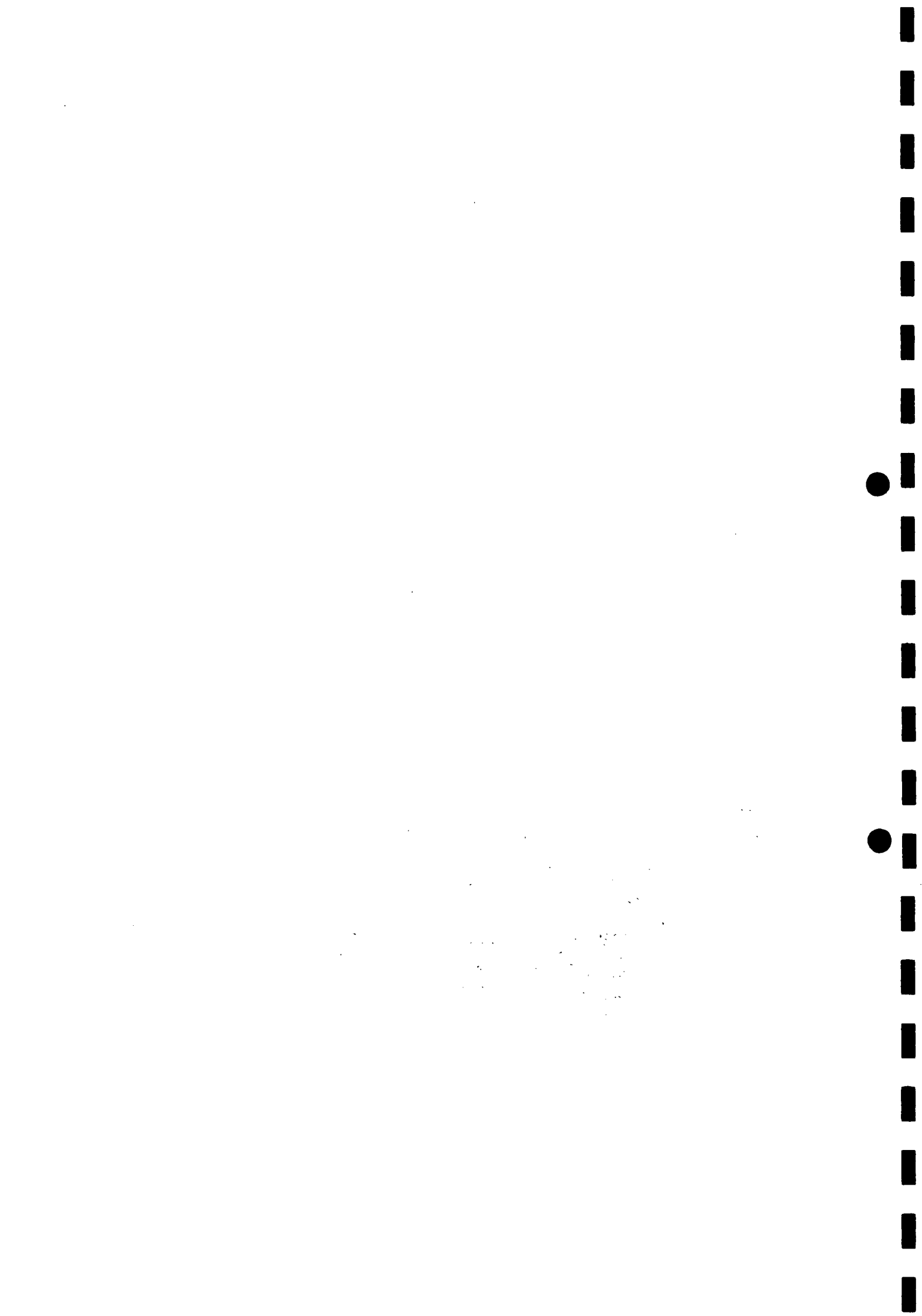
Δ = verschil; ++ = significant positief verschil — = significant negatief verschil. Zeegras=zeegrasbedekking, scheut=aantal scheuten per m², uitbreiding = m² uitgelopen begroeiing buiten de aangeplante patches. Verschillen zijn gemeten van juli-september (zeegrasbedekking en aantal scheuten/m²), en van juni-juli (uitbreidingen).

* alleen significante verschillen bij de controleplots

In het eerste groeiseizoen is de zeegrasonwikkeling gunstiger geweest op de beschutte locatie (Krabbenkreek) dan op de meer aan waterdynamiek blootgestelde locatie (Dortsman). De veilige opstelling (9 zeegraspatches bij elkaar) gaf een beter resultaat dan de kansrijke (5 patches bij elkaar). De anti-wadpierbehandelingen hadden geen of tegenstrijdige effecten. Het tweede groeiseizoen moet afgewacht worden om hier meer duidelijkheid over te krijgen, want::

- Niet significante verschillen zijn niet weergegeven in de tabel; het is waarschijnlijk dat sommige wel significant zullen worden in het tweede groeiseizoen.
- Concurrentie met wadpieren zal mogelijk toenemen, en de effecten hiervan zullen waarschijnlijk pas in het tweede groeiseizoen duidelijker worden.
- Verschillen tussen Krabbenkreek en Dortsman zullen duidelijker worden in het tweede groeiseizoen; nu is er alleen een significant verschil tussen de controleplots, maar de verwachting is dat dit verschil zich tussen alle plots zal manifesteren.

De monitoringsresultaten laten zien dat het zeegras in het algemeen goed is aangeslagen en er gezond uitziet. Er is een afname geweest van het aantal scheuten, maar tegelijk is er ook vegetatieve uitbreiding geconstateerd. Zeegraspopulaties in de getransplanteerde pluggen vertonen een ontwikkeling die parallel loopt aan die van natuurlijke populaties in de directe omgeving. In het najaar sterven de bovengrondse delen (grotendeels) af, en valt er weinig meer te bespeuren op een enkele bruine spriet na. Gedurende dit eerste groeiseizoen is de overleving van het zeegras in de controles significant hoger in de Krabbenkreek dan in de getransplanteerde pluggen van de Dortsman. Voor de schelpenbehandeling is dit niet het geval: vergeleken met de controles doet de schelpenbehandeling het wat slechter in de Krabbenkreek. Wat scheutdichtheid betreft zijn er dit eerste seizoen geen significante verschillen tussen Dortsman en Krabbenkreek.



Op de Dortsman lijkt erosie een mogelijk probleem te gaan worden vanwege de hogere dynamiek. Interessant was om te zien hoe op de Dortsman de zeegraspatches door invangings van sediment al na een maand hoger kwamen te liggen dan het maaiveld, terwijl ze bij aanplant voor een groot gedeelte onder het maaiveld lagen. Dit ligt aan het zeegras, want na afsterving van de bovengrondse delen in het (late) najaar waren de ontstane zeegrasbulten grotendeels weer afgevlakt. Ganzen blijken een mogelijk probleem te vormen in de nieuwe veldjes op de Dortsman, waar ze ondiepe kuilen graven om bij jonge scheuten te kunnen. Algegroeide veldjes vormen amper een probleem op de Dortsman. Bij voortzetting van mitigatieaanplant op de Dortsman gaat de voorkeur uit naar een locatie dicht bij de dijk, in de buurt van de natuurlijk voorkomende populatie, om minder last te hebben van erosie.

In de Krabbenkreek kan overwoekering door macroalgen mogelijk parten spelen, althans in de zomermaanden (vooral augustus) bleek dat gemiddeld meer dan 20% van de patches (in sommige zelfs >50%) te zijn bedekt, vooral door zeesla, darmwier en knoopwier. In september waren de macroalgen echter weer verdwenen, en zag het zeegras er gezond uit (bedekkingen en scheutdichtheden waren gelijk aan natuurlijke populaties in de omgeving). Tegelijk spelen dynamiek en erosie hier minder parten dan op de Dortsman, waardoor de kansen voor blijvende vestiging beter lijken. Ganzenvraat lijkt minder een rol te spelen dan op de Dortsman, en ondanks de nabijheid van natuurgebieden met (grote) ganzenpopulaties werden geen duidelijke sporen van vraat door ganzen ontdekt. Bij voortzetting van de mitigatieaanplant in de Krabbenkreek zou een locatie ten (noord-)oosten van de huidige locatie mogelijk zijn.

De wadpierenbehandelingen met schelpen of net zijn effectief om wadpiedichtheden onder de 10-15/m² te houden. Netten zijn effectiever, maar schelpen geven ook voldoende reductie van wadpieraantallen. Bij de controles is binnen de patches de wadpiedichtheid gemiddeld 30-40% lager dan buiten de patches, wat aangeeft dat substraat en/of zeegrasmatten zelf in staat zijn om wadpieren te weren. Bij de analyses van de monitoring van 2007 blijkt nog geen statistisch significant verschil in zeegrasbedekking, scheutdichtheid, uitbreiding en erosie tussen de plots met verschillende wadpierenbehandelingen. Een uitzondering is de schelpenbehandeling, dat op de Dortsman een positief effect, en in de Krabbenkreek een negatief effect op de zeegrasonwikkeling.

Van de twee mitigatielocaties is de Krabbenkreek het meest succesvol gebleken tijdens het eerste groeiseizoen, met hogere zeegrasbedekkingen en scheutdichtheden, en minder erosie dan op de Dortsman Noord. Op de Dortsman was er sprake van meer en eerdere uitbreiding van het zeegras, maar dit werd ter niet gedaan door een sterkere waterdynamiek, erosie en verdwijning van het zeegras.

10 Vooruitblik

1. **Bewijs van oplevering.** De uitvoering van zeegrasmusmitigaties in de Oosterschelde (ZLD-6476) door firma BTL is succesvol afgerond en afgesloten door afgifte van een 'Bewijs van Oplevering' door Rijkswaterstaat Zeeland op 28 juni 2007.
2. **Schriftelijke toestemming fase 2.** De gedoogbeschikking liep op 31 juli 2007 af, maar inmiddels is op 2 juli 2007 schriftelijke toestemming voor aanvang fase 2 van de zeegrasmusmitigaties afgegeven door Projectbureau Zeeweringen, nadat het bureau de vergunning (gedat. 2 juli 2007) had ontvangen van de Directie Ruimte, Milieu en Water van de Provincie Zeeland: "Vergunning ex. Artikel 19d, eerste lid. Van de Natuurbeschermingswet 1998 voor het uitvoeren van een experiment met het verplanten van zeegras als mitigerende maatregel in het Natura2000-gebied Oosterschelde". Deze vergunning loopt tot eind 2009, en dekt de resterende monitoringsperiode.
3. **Monitoring 2008.** De planning voor RU medewerkers op korte termijn is als volgt:
 - a. Eerst volgende monitoringsbezoek op beide mitigatielocaties: week 7 (13-14 februari 2008, inmiddels uitgevoerd), en een tweede korte monitoringsbezoek rond week 14 (tussen 15-22 maart 2008).
 - b. Monitoring van Slikken van Viane: monitoren van gerooide velden om mogelijk herstel te registreren (april of mei, plus augustus of september 2008).
 - c. Uitgebreide monitoring met metingen zullen beginnen in april, rond week 17 (20-27 april).

Vanaf mei t.e.m. september zullen de monitoringsronde op de Dortsman en in Krabbenkreek Zuid maandelijks plaatsvinden. De exacte data hiervoor moeten nog worden vastgesteld. Na september, wanneer het groeiseizoen voorbij is, zullen de bezoeken minder frequent worden.
4. **Vervolgprogramma mitigaties 2008.** Een onderzoeksplan voor een vervolgproef in 2008 werd eind 2007 besproken en zal – mits de vergunning wordt verleend – als volgt worden uitgevoerd:
 - a. Januari-februari: concept opdrachtomschrijving voor 2008 (van 15 december 2007) afronden (RU en Projectbureau Zeeweringen);
 - b. Januari-maart: Passende beoordeling voor de twee nieuwe mitigatielocaties: Krabbenkreek Noord en Rattenkaai (Projectbureau Zeeweringen);
 - c. Februari: aanvraag vergunning bij Provincie Zeeland (Projectbureau Zeeweringen);



- d. Eind mei (laatste week) – eerste twee weken van juni: transplantatie van zeegras vanaf de Slikken van Viane (naar Krabbenkreek Noord en aanvullende sector Krabbenkreek Zuid) en de Goesse Sas (naar de Rattenkaai); (BTL, met RU & Projectbureau Zeeweringen voor begeleiding);
- e. Halverwege juni: nulmeting op de nieuwe mitigatielocaties (RU);
- f. Tweede helft juli: begin van monitoring van nieuwe mitigatielocaties (RU);
- g. Augustus-september: maandelijkse monitoring van nieuwe mitigatielocaties;
- h. September: monitoring van donorlocaties (RU).
- i. November: laatste uitgebreide monitoring van nieuwe locaties (RU);
- j. Oktober & december: korte monitoringsbezoeken nieuwe locaties (RU).

De twee nieuwe mitigatielocaties – Rattenkaai en Krabbenkreek Noorden werden op 14 december bezocht door een gemengd team van Projectbureau Zeeweringen, NIOO, RWS, Provincie Zeeland en RU. De keuze voor de twee nieuwe locaties is uitgewerkt in het verslag 'Veldbezoek mitigatielocaties 2008' gedateerd 18 december, opgemaakt door Dhr Roy van de Voort van Projectbureau Zeeweringen.

5. **Eindprogramma 2008.** Volgens het onderzoeksplan zal er naast de monitoring in oktober-december een analyse van resultaten worden gemaakt, plus een plan voor continuering van de monitoring in 2009. Verder zal in december een bespreking plaatsvinden over de resultaten van 2008 en het plannen voor 2009.
6. **Tijdsplanning 2009.** Voor de goede orde hierbij nog de tijdsplanning voor 2008 en 2009 zoals weergegeven in het onderzoeksplan:
 - a. 2008: a) Verslaglegging resultaten 2008, b) Monitoren aanplant 2007 en 2008, c) Analyse van resultaten, en d) Voorlopige bespreking resultaten 2007 en 2008.
 - b. 2009: a) Verslaglegging resultaten 2008, b) Monitoren aanplanten, c) Analyse van resultaten, en d) Eindrapportage.



11 Referenties

Bakker, H. de & J. Schelling (1966) – Systeem van bodemclassificatie in Nederland. De hogere niveaus. Wageningen, The Netherlands: Center for Agricultural Publications and Documentation, 217 pp.

Borum, J. C.M. Duarte, D. Krause-Jensen & T.M. Greve (2004) – European seagrasses: an introduction to monitoring and management. EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses (M&MS) EVK3-CT-2000-00044, 88 pp.

Bos, A.R., N. Dankers, A.H. Groeneweg, D.C.R. Hermus, Z. Jager, D.J. de Jong, T. Smit, J. de Vlas, M. van Wieringen & M.M. van Katwijk (2005) – Eelgrass (*Zostera marina* L.) in the western Wadden Sea: monitoring, habitat suitability model, transplantations and communication. Herrier J.-L., J. Mees, A. Salman, J. Seys, H. Van Nieuwenhuyse & I. Dobbelaere (Eds). 2005. p. 95-109 Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005' – International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats, Koksijde, Belgium, 19-23 September 2005 VLIZ Special Publication 19, xiv + 685 pp.

Fonseca, M.S. W.J. Kenworthy & G.W. Thayer (1998) – Guidelines for the Conservation and Restoration of Seagrasses in the United States and Adjacent Waters. NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series No. 12. NOAA Coastal Ocean Office, Silver Spring, MD. 222 pp.

Hauxwell, J., Cebrian, J., Furlong, C., & Valiela, I. (2001) – Macroalgal canopies contribute to eelgrass (*Zostera marina*) decline in temperate estuarine ecosystems. Ecology Washington D C 82, 1007-1022.

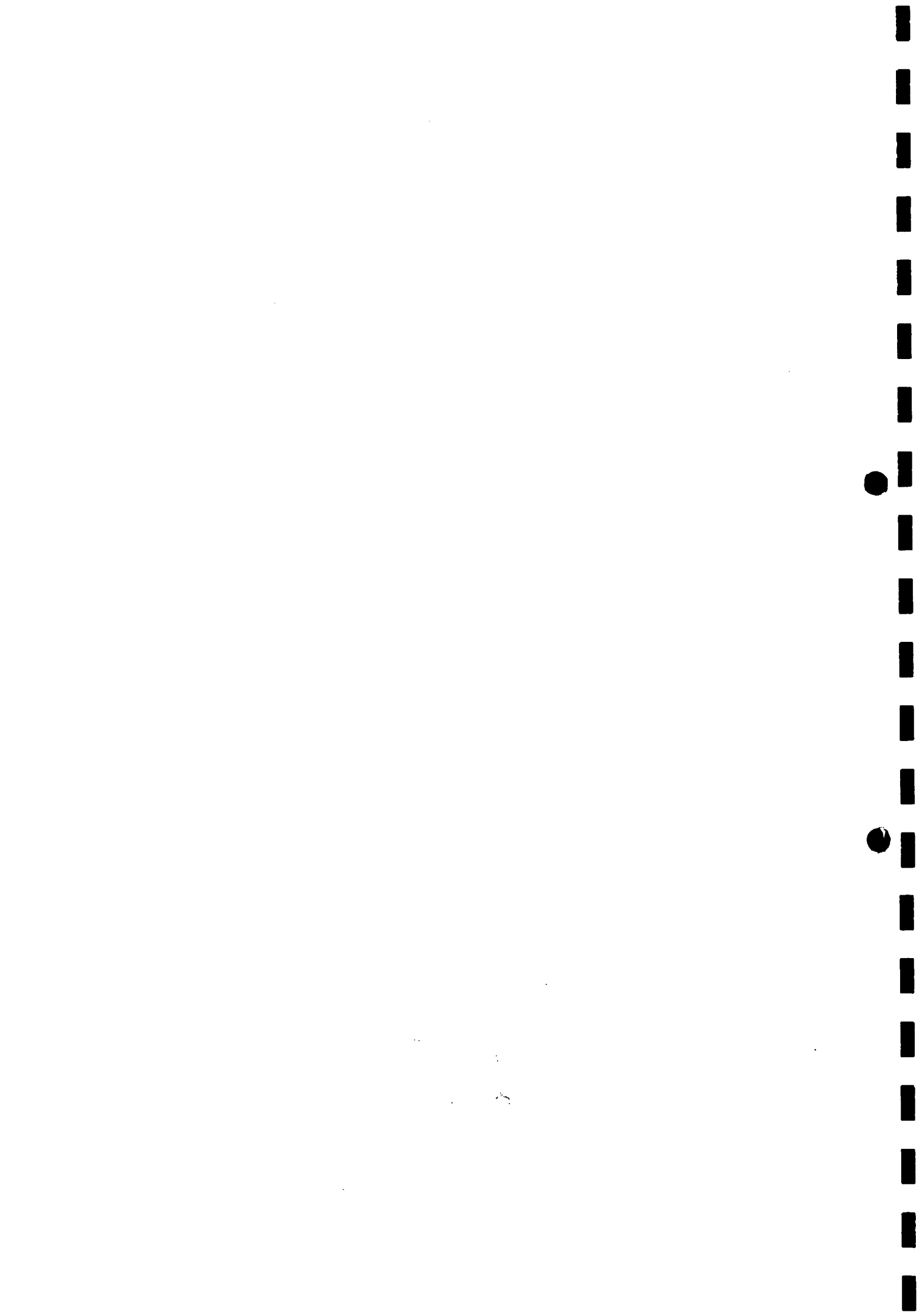
Heide, T. van der, van Nes, E. H., Geerling, G. W., Smolders, A. J. P., Bouma, T. J., & van Katwijk, M. M. (2007) – Positive feedbacks in seagrass ecosystems: implications for success in conservation and restoration. Ecosystems 10: 1311-1322.

Heiri, O., A.F. Lotter & G. Lemcke (2001) – Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. Journal of Paleolimnology 25: 101-110.

Hüttel, M. (1990) – Influence of the lugworm *Arenicola marina* on pore water nutrient profiles of sand flat sediments. Mar. Ecol. Prog. Ser., 62:241-248.

Jentink, R. (2007) – Ontwikkeling van het zeegras bij reeds uitgevoerde dijktrajecten. Tussenrapportage 2004-2006. Rijkswaterstaat Meetadviesdienst Zeeland, Middelburg, 27 pp.

Jones, L.A., Hiscock, K. & Connor, D.W. (2000) – Marine habitat reviews. A summary of ecological requirements and sensitivity characteristics for the conservation and management of marine SACs. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough. (UK Marine SACs Project report)



Jong, D. J. de, van Katwijk, M. M., & Jager, Z. (2004) – Zeegras in Nederland. De Levende Natuur 105, 209-211.

Jong, D. J. de, Brinkman, A. G., & van Katwijk, M. M. (2005) – *Kansenkaart zeegras Waddenzee. Potentiële groeimogelijkheden voor zeegras in de Waddenzee.* Report RIKZ/2005.013, Rijkswaterstaat, Middelburg, the Netherlands.

Katwijk, M.M. van (2000) – Possibilities for restoration of *Zostera marina* beds in the Dutch Wadden Sea. PhD Thesis, University of Nijmegen, The Netherlands, 151 pp.

Katwijk, M.M. van, A.R. Bos & D.C.R. Hermus (2005) – Klein zeegras en Snavelruppia op het Balgzand. Een transplantatiesucces en een spontane vestiging aan het begin van de 21^e eeuw. Ecoscience, Nijmegen en Radboud Universiteit Nijmegen, in opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Holland, 31 pp.

Katwijk, M. M. van, Bos, A. R., de Jonge, V. N., Hanssen, L. S. A. M., Hermus, D. C. R., & de Jong, D.J. (2008, submitted) – Guidelines for seagrass reintroduction: importance of habitat selection and donor population, spreading of risks, and ecosystem engineering effects.

Keulen, M. van, Paling, E. I., & Walker, C. J. (2003) – Effect of planting unit size and sediment stabilization on seagrass transplants in Western Australia. Restoration Ecology 11, 50-55.

Nayar, S. D. Miller, S. Bryars, A.C. Cheshire (2005) – A simple, inexpensive and large volume pore water sampler for sandy and muddy substrates. Estuarine, Coastal and Shelf Science 66 (2006) 298-302.

Paling, E. I., Fonseca, M., van Katwijk, M. M., & van Keulen, M. (in press, 2008) – Seagrass restoration. In Coastal wetlands: an ecosystem integrated approach.

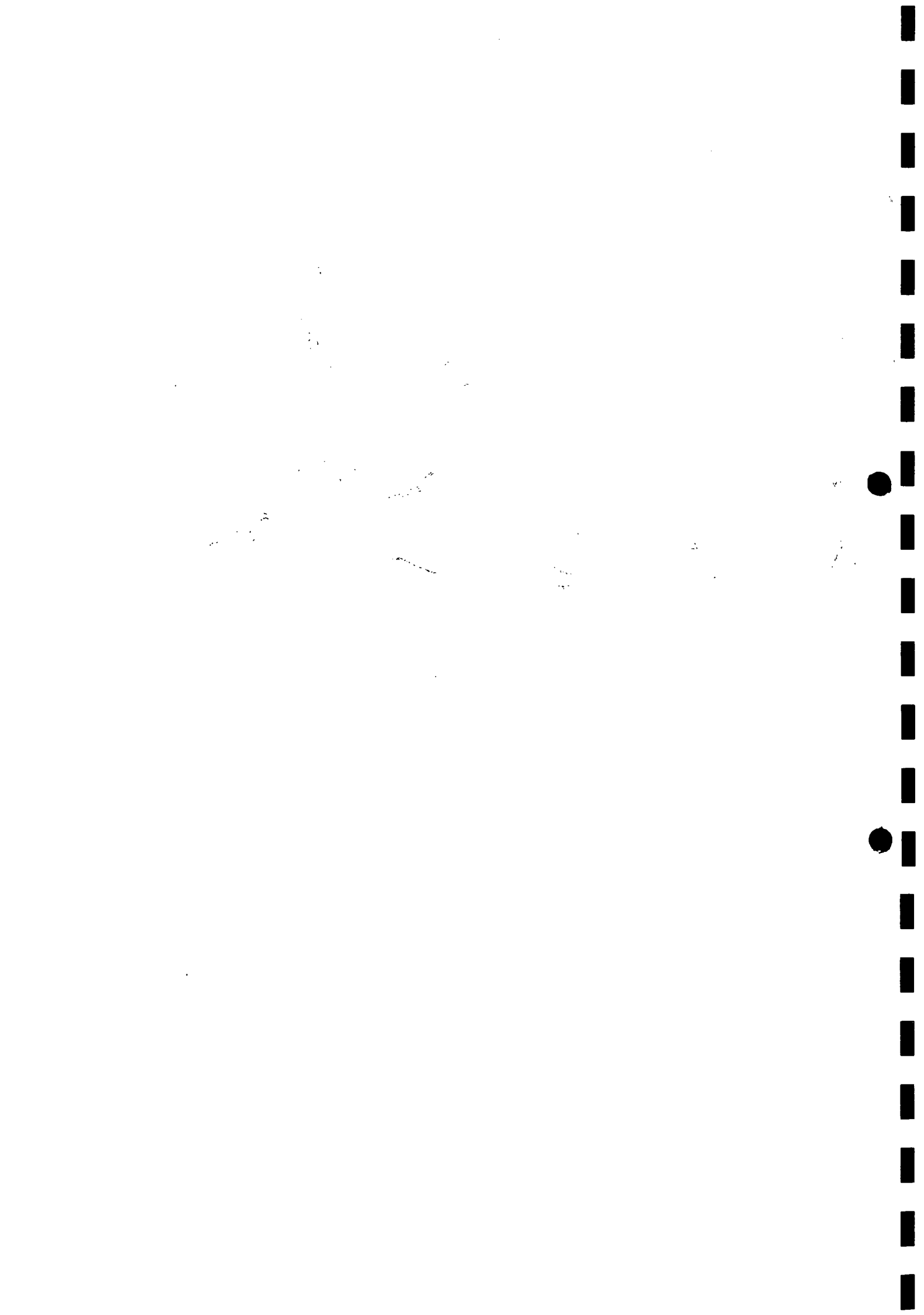
Paramor, O. A. L. & Hughes, R. G. (2004) – The effects of bioturbation and herbivory by the polychaete *Nereis diversicolor* on loss of saltmarsh in south-east England. Journal of Applied Ecology 41, 449-463.

Perez-Llorens, J. L. & Niell, F. X. (1993) – Seasonal dynamics of biomass and nutrient content in the intertidal seagrass *Zostera noltii* Hornem. from Palmones River Estuary, Spain. Aquatic Botany 46, 49-66.

Persijn, A. (2007) – Invloed van dijkwerkzaamheden op Klein zeegras in de Oosterschelde, Locaties Slikken van Kats en Slikken van den Dortsman. Rapport ZLMD.07N-11. Rijkswaterstaat Meetadviesdienst Zeeland, Middelburg, september 2007, 27 pp. + bijlagen

Philippart, C.J.M (1994a) – Eutrophication as a possible cause of decline in the seagrass *Zostera noltii* of the Dutch Wadden Sea.. Available from: <<http://www.nioz.nl/en/deps/mee/katja/seagrass.htm>>

Philippart, C.J.M. (1994b) – Interactions between *Arenicola marina* and *Zostera noltii* on a tidal flat in the Wadden Sea. Marine Ecology Progress Series, 111, 251-257.



Philippart, C. J. M. (1995) – Seasonal variation in growth and biomass of an intertidal *Zostera noltii* stand in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 33, 205-218.

Reise, K. and Kohlus, J. (2008) – Seagrass recovery in the northern Wadden Sea? *Helgoland Marine Research* 62. 2008. In Press

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

Schanz, A. & Asmus, H. (2003) – Impact of hydrodynamics on development and morphology of intertidal seagrasses in the Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series* 261, 123-134.

Volkenborn, N. (2005) – Ecosystem engineering in intertidal sands by the lugworm *Arenicola marina*. PhD Thesis, University of Bremen, 133 pp.

Volkenborn, N., L. Polerecky, S.I.C. Hedtkamp, J.E.E. van Beusekom & D. de Beer (2007) – Bioturbation and bioirrigation extend the open exchange region in permeable sediments. *Limnol. Oceanogr.* 52(5): 1898-1909.

Wesenbeeck, B.K. van, P.M.J. Herman, J.P. Bakker & T.J. Bouma (2007) - Biomechanical warfare in ecology; negative interactions between species by habitat modification. *Oikos*, 116(5): 742-750.



Annex 1 Donorlocatie Slikken van Viane

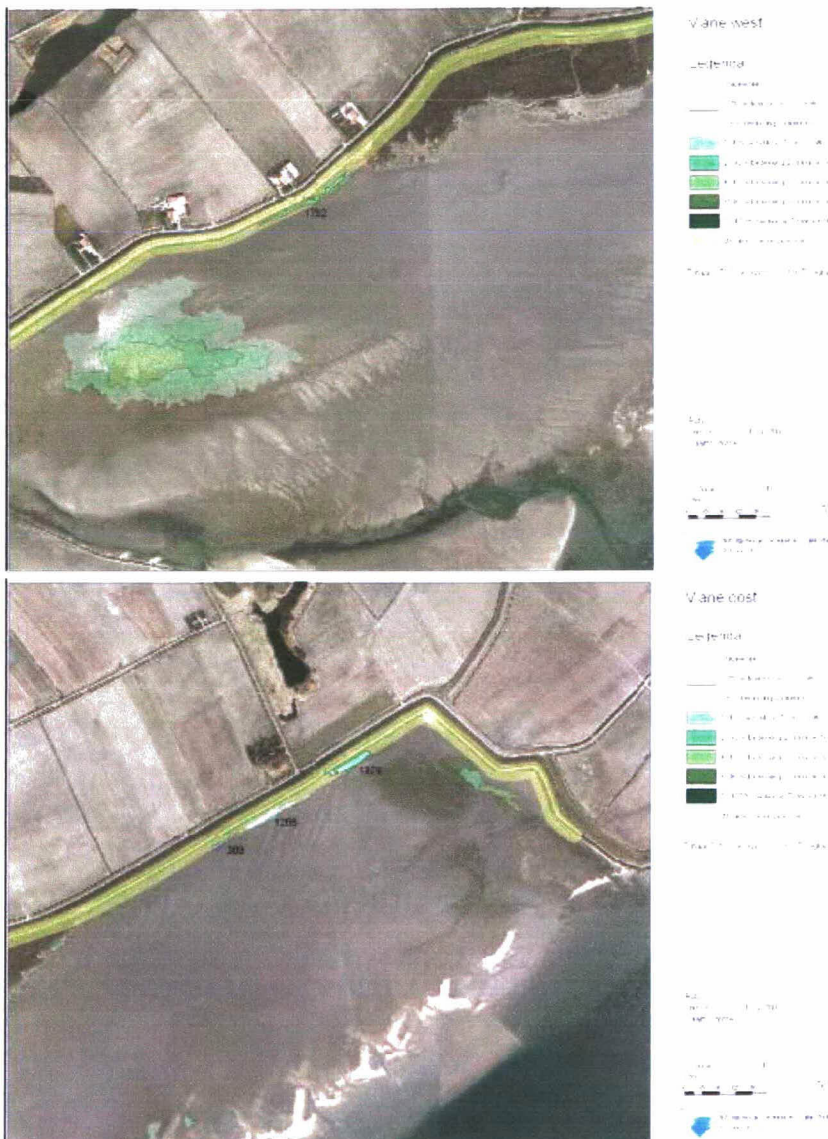
Donorlocaties Viane-west, Viane-oost en Zandkreek-Noord, veldverkenning 18 mei 2007

Zeegras

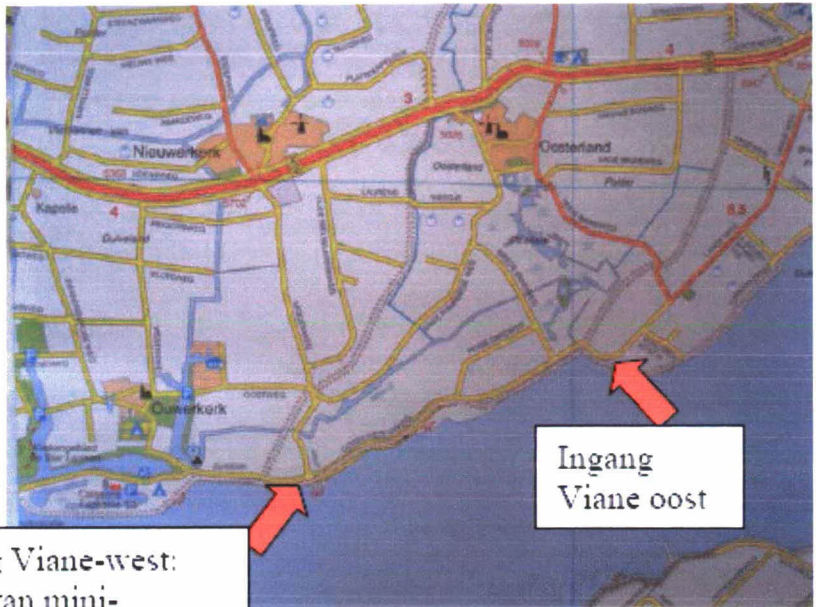
De aantekeningen betreffen de strook van 15m vanaf de visuele dijkteen.

- Viane-west: aangetroffen op de locaties zoals in figuur 1, naar schatting 1200m² werkelijk begroeid (rest open plekken, Spartina pollen etc.). Bedekkingen 10 tot 70%
- Viane-oost: aangetroffen op de locaties zoals in figuur 2, daarnaast ook nog extra patches (va 100m²) richting westen. Naar schatting in totaal 1200 m² werkelijke begroeiing, in oostelijk deel van Viane-oost zijn de bedekkingen zeer laag, 5-10% (ca. 300m²), wel meenemen.
- Zandkreek-noord: in totaal slechts 10 m² zeegras aangetroffen....

Een tamelijk sterke correlatie tussen voorkomen zeegras en lage wadprierbedekking werd gevonden. Zeegras groeide ook hier, net als in Goese Sas (Annex 2) niet altijd alleen op bulten, ook soms in depressies.



Bereikbaarheid :



Ingang Viane-west:
via P van mini-
maritiem museum

Ingang
Viane oost

Viane-west

Bereikbaar vanaf mini-maritiem museum, parkeerplaats oprijden, doorrijden op buitendijks weggetje, eenrichtingsverkeer. Men kan hier niet parkeren, maar in het midden is een afgesloten doorgang waar de vrachtauto misschien geparkeerd kan worden. Er is een balkenversperring, en er is een prikkeldraadversperring op het schor, zie foto's.



Ingang voor slik,
tevens parkeren
vrachtauto,
balkenversperring

Mini-
Maritiem
museum

Viane west

Legend:

- Water
- Weg
- Weggetje
- Weggetje (buitendijks)
- Weggetje (buitendijks) met prikkeldraad
- Weggetje (buitendijks) met balkenversperring
- Weggetje (buitendijks) met prikkeldraad en balkenversperring
- Weggetje (buitendijks) met prikkeldraad en balkenversperring op schor

Scale: 0 10 20 30 40 50 meters



3 foto's op hetzelfde punt genomen, rechts zie je de doorgang naar het slik

Viane-oost

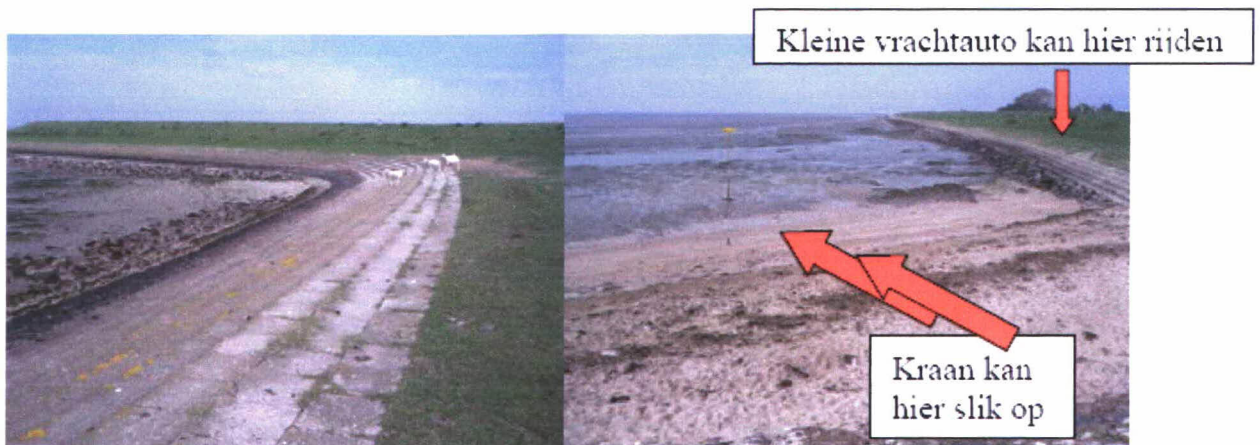
Kan bereikt worden via het hieronder aangegeven punt 1. Er is hier een hek (foto). Buitendijks kan een niet te grote vrachtwagen over het gras rijden boven de stenen dijkbekleding tot helemaal bij het zeegras in de buurt. Een kraan kan het slik op in de hoek bij 4. Rest van de dijkbekleding is getrapt of met grote stenen met gat erin, waardoor wellicht minder geschikt voor de kraan om af te gaan.



1. Ingang Viane-oost, omhoog 2. Buitendijks over het gras weer omlaag



3. Zelfde punt, 180° gedraaid 4. Kraan- en vrachtautomogelijkheden



Annex 2 Donorlocatie de Goesse Sas

De Goesse Sas werd op 12 mei 2007 bij laag water (18:30-19:30) bezocht. Gekeken werd naar: zeegras dichtheden, locatie, microreliëf, wadpieren, en bereikbaarheid voor de aannemer.

Zeegras dichtheden & locaties:

Velden van *Zostera noltii* komen qua locatie overeen met wat er op de kaart is aangegeven – de dichtheden lijken wat lager, maar dat is waarschijnlijk een seizoenaal aspect aangezien het zeegras volop aan het groeien is en nog verder zal toenemen (in aantal/dichtheden). Nergens werd een dichtheid van 100% gezien, hooguit 60-70% (foto 1). We moeten nog adviseren wat de aannemer zou moeten doen met de vele kleine plukjes zeegras die her en der verspreid staan (foto 2).

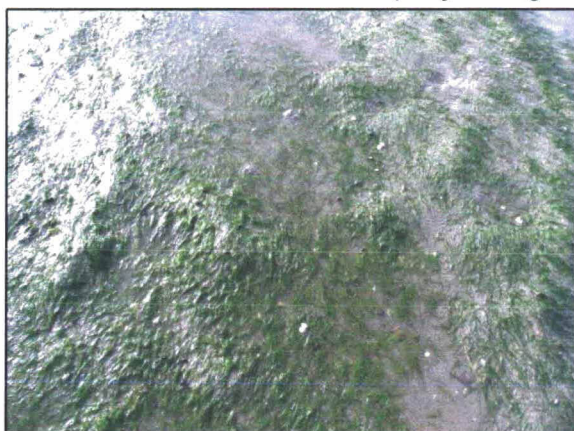


Foto 1: hoogste zeegras dichtheden



Foto 2: zeegras plukjes die her en der staan

Microreliëf & wadpieren:

Zostera noltii lijkt meer voor te komen op hoger gelegen delen van het wad (1-5 cm boven maaiveld) dan in depressies/poeltjes. Echter, dit lijkt géén ijzeren wet, want ze komen ook af en toe voor in ondiepe poeltjes (foto 3). Wel is opvallend dat wadpier dichtheden (veel) lager zijn in zeegrasveldjes dan direct ernaast (foto 4).

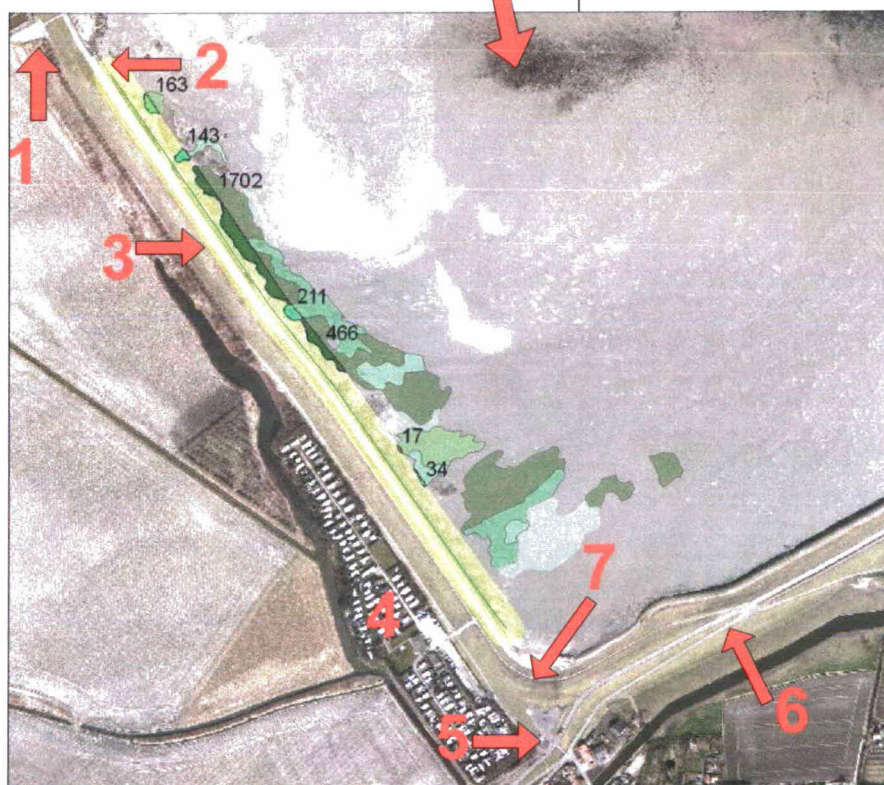
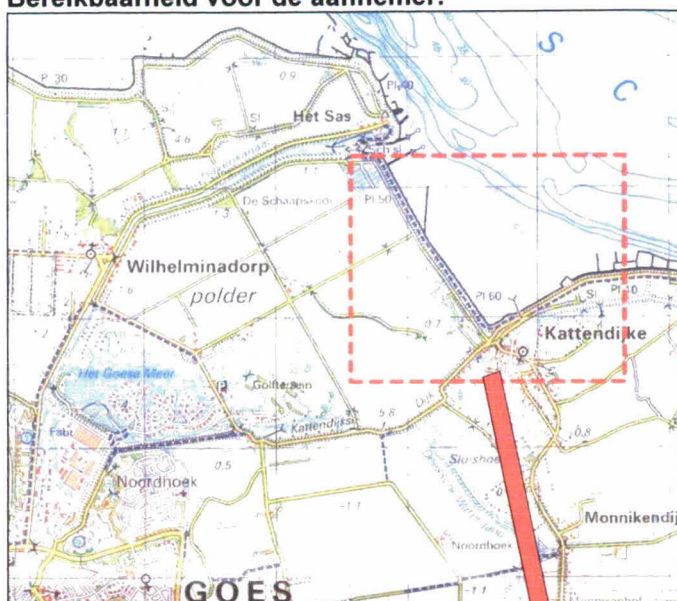


Foto 3: zeegras: soms in poeltjes + op verhogingen



Foto 4: wadpieren lijken niet voor te komen waar zeegras staat

Bereikbaarheid voor de aannemer:



Goesse Sas

Legenda

- (white box) 0% bedekking Zostera notch
- (light blue box) 1-4% bedekking Zostera notch
- (medium blue box) 5-9% bedekking Zostera notch
- (light green box) 10-14% bedekking Zostera notch
- (medium green box) 15-19% bedekking Zostera notch
- (dark green box) 20-24% bedekking Zostera notch
- (black box) 25-100% bedekking Zostera notch

Totaal 2726 vierkante meter Zostera

Auteur: []
 Datum: 14-2-2007
 Kaartnummer: []

Schaal: 1:3.250
 Raster: []

0 20 40 60 80 meter

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
 Rijkswaterstaat

Locaties: (zie rode nummers)

1. Parkeerplaats; géén toegang tot wad behalve via steile dijk, of via trappen.
2. Toegang tot het wad mogelijk als een paar grote stenen worden verplaatst.
3. Tussen paal 1636 en 1637 (40 m ten noorden van paal 1636) is er een opening tussen de stenen waar de aannemer het wad kan oprijden. Het wad is hier stevig genoeg: wandelend zak je 0,5-1 cm weg.
4. Camping.
5. Parkeerplaats: biedt plaats aan twee vrachtwagens + aanhangers + 4-5 auto's.
6. Begin van fietspad langs de binnenkant van de dijk; twee ijzeren paaltjes moeten worden verwijderd om toegang te verschaffen voor materieel van de aannemer.
7. Hier kan materieel van de aannemer gemakkelijk het wad op: geleidelijke helling, zonder grote stenen, en een vrij stevig sediment (wandelend zak je 1 cm weg). Het is wel een hoek waar 's zomers mag worden gezwommen – kennelijk door gasten van de camping.

Voor de aannemer is er één gemakkelijke route, en dat is via het fietspad in de bocht bij Kattendijke (paal 1627; **punt 6**), bij de ingang van de camping (**punt 4**). Om toegang te krijgen moeten een paar paaltjes worden verwijderd (foto 5). Er ligt direct langs de weg (dijk kant) een parkeerplaats (bij paal 1629; **punt 5**; foto 6) dat geschikt is voor vrachtwagens e.d.; om het wad te bereiken moet het materiaal via het fietspad rijden (omweg van 200+200 = 400m). In de bocht kunnen ze gemakkelijk het wad op (**punt 7**; foto 7). Daar liggen géén grote stenen (wat wel het geval is langs een groot gedeelte van de dijk), en het slib is vrij stevig (wandeland zak je 1 cm weg).

Verder kan de aannemer tussen paal 1636 en 1637 (40 m ten noorden van paal 1636; **punt 3**; foto 8) het wad oprijden (géén stenen), en in de bocht bij paal 1638 (**punt 2**) waar een paar stenen misschien verplaatst moeten worden; foto 9). De dijk is verder te steil en hoog om toegang te verschaffen voor materieel; aan de buitenkant loopt onderaan een onverharde weg; boven over de dijk loopt een pad door het lange gras; aan de binnenkant loopt een fietspad. Bij de tweede parkeerplaats (**punt 1**) is het wad bereikbaar via een steile stenen trap.



Foto 5: begin van het fietspad (punt 6)



Foto 6: parkeerplaats (punt 5, gezien vanaf dijk)



Foto 7: zwemhoekje bij parkeerplaats (punt 7)



Foto 8: bereikbaar punt 3 (tussen palen 1636-37)



Foto 9: Wad is bereikbaar als hier enkele stenen worden verplaatst (rechter gedeelte van foto) (punt 2)

Annex 3 Fotosamenvatting uitvoering op donorlocatie Viane



Foto 1 Viane: *Gezonde velden van klein zeegras langs de teen van de dijk*



Foto 2 Viane: *Rooien van zeegrasplaggen met behulp van een kraan*



Foto 3 Viane: *Rooien (achter) en vervoer (voorgond) van zeegrasplaggen*



Foto 4 Viane: *Rooien (voorgond) en vervoer (achter) van zeegrasplaggen*



Foto 5 Viane: *Gerooid zeegrasveld: tot 15 m vanaf de teen van de dijk*



Foto 6 Viane: *Gerooide zeegrasvelden zijn nabehandeld met een schelpenlaag (10cm) met daarop een laag slib*

Annex 4 Fotosamenvatting uitvoering op mitigatielocatie de Dortsman



Foto 1 Dortsman: *Plots worden uitgegraven tot 15 cm diepte*



Foto 2 Dortsman: *Vervoer van plaggen met tractor en aanhangwagen*



Foto 3 Dortsman: *Plaggen liggen klaar om te worden gelegd in uitgegraven plots*



Foto 4 Dortsman: *Het lossen van de eerste zeegrasplag*



Foto 5 Dortsman: *Emmers water werden gebruikt om plagen los te weken*



Foto 6 Dortsman: *Kansrijke plot met 5 zeegras patches*

Annex 5 Fotosamenvatting uitvoering op mitigatielocatie de Krabbenkreek



Foto 1 Krabbenkreek: *Vervoer van pluggen ging via een platbodem*



Foto 2 Krabbenkreek: *Kranen en schelpen werden ook per platbodem vervoerd*



Foto 3 Krabbenkreek: *Leggen van plaggen in een plot waarin een net is aangebracht*



Foto 4 Krabbenkreek: *Plaggen worden gelegd*



Foto 5 Krabbenkreek: *Veilige plot met 8 zeegras patches (ieder 1,5 bij 1,5 m)*



Foto 6 Krabbenkreek: *De Schapendam is achteraf geëgaliseerd om herstel te bevorderen*

Annex 6 Formulier voor nulmeting

Locatie: Krabbenkreek Zuid / Dortsman Noord
Onderzoeker(s):
Datum:
Plot: ID Nr:
 Kansrijk / Veilig Schelpen / Net / Blanco

Parameters		Waarneming
Zeegras	Bedekking (m ²)	
	Aantal scheuten per m ²	
	Bloeistadium (gem. & verst) Stadia: géén, in knop, Vr. of man.	
Macroalgen	Bedekking (m ²) binnen plot	
	Bedekking (m ²) buiten plot	
	Voornaamste soorten	
Epifyten	Schatting gem. van 4 bladeren	
Grazers	Aantal wadslakjes per dm ²	
	Aantal alikruiken per m ²	
	Strandkrabben (géén, 1-2 per plot, >2/plot)	
Wadpier dichtheid	Hoopjes per m ² in plot	
	Hoopjes per m ² buiten plot	
Schelpen	Schelpen/m ² in plot, of %	
	Schelpen/m ² buiten plot, of %	
Wadpier relief	Hoogetverschil (mm) van 10 hoop/kuil paren per plot	
Erosie & sedimentatie	Hoogtemeting tov referentiepunt, mbv lasermeting	
Sediment monster	Bovenste 1 cm: in het zeegras; in wadpierbeh. 1; wadpierbeh. 2; en in de controle	
	Sample van bovenste 5 cm (steekbuis): in wadpierbeh. 1; wadpierbeh. 2; en in de controle	
Water	Hoeveel water blijft er na droogval staan? % van plot	
	Gem. diepte van waterlaag (mm) + tijdstip van meting	



DGPS hoogtemeting	<Door NIOO>	
Bijzonder- heden		
Schets		



Annex 7 Resultaten nulmeting



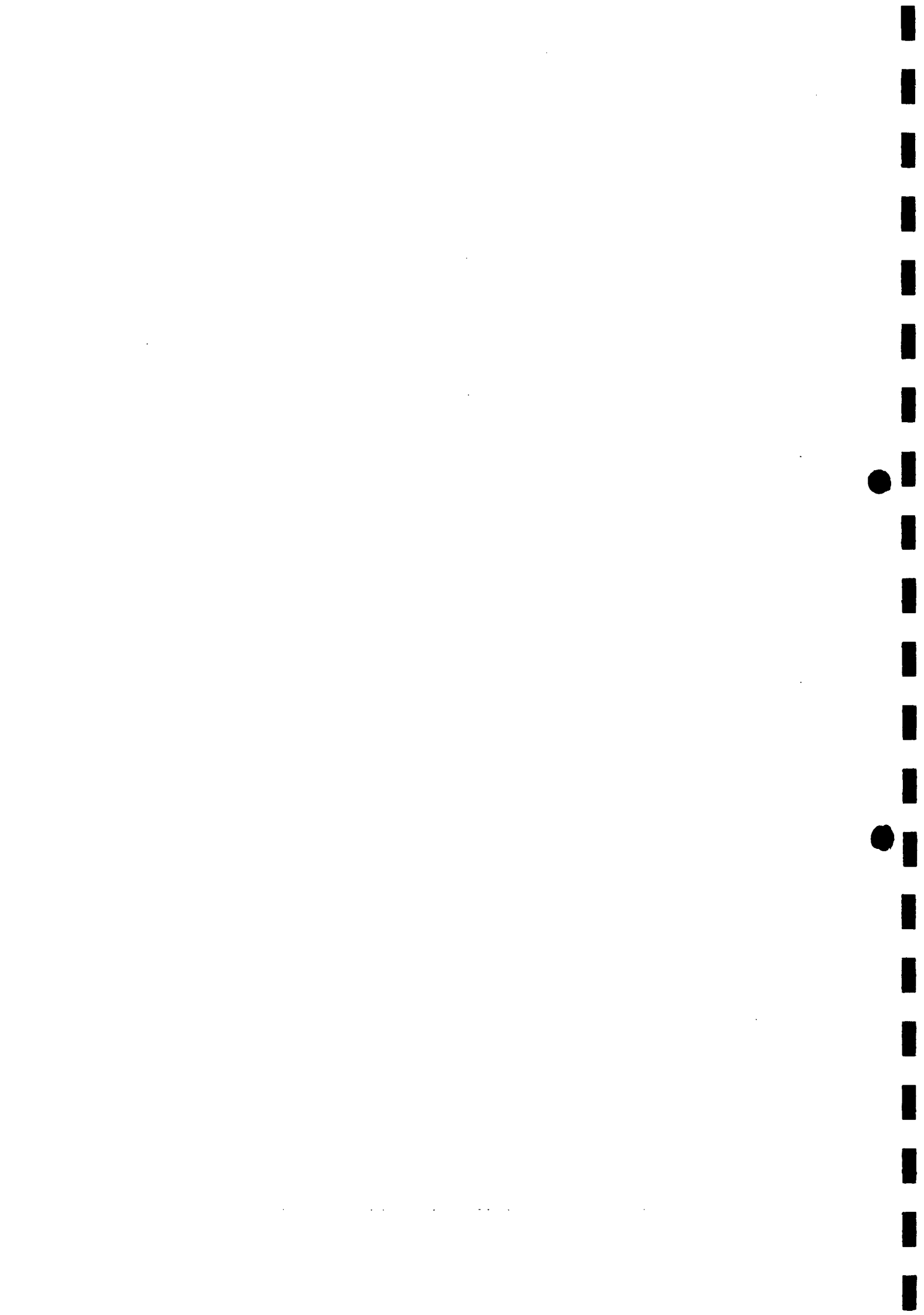
NULMETING DORTSMAN

Coördinaten		zeegras bedekking %		bloei %	schelpen % bedekking	wadpieren # per 2.25m2	wadslak # per 100cm2	aljkruik # per 2.25m2	immersie			zwarte bladeren %	opmerkingen
		top	bottom						%	cm	gem.		
D2	1	10	45	20	<1	17	0	0	0	0	0	50	
geén	2	28	45	15	1-2	21	0	1	0	0	0	10	
7-jun	3	30	40	10	2	5	0	2	0	0	0	10	
17:02	4	30	40	10	1	18	0	4	0	0	0	20	mossel 1x
0569413	5	30	10	8	3-4	12	12	4	35	2-3	2,5	10	zeer onregelmatige plaggen, vooral top, met 3-4 cm diepe geultjes
5713500													
D3	1	10	38	<2	30	2	44	15	40	2-3	3	50	
schelp	2	40	20	13	10/30	0	40	3	2	1-3	2	35	
7-jun	3	30	40	5	28	0	29	4	30	1-4	3	25	
17:23	4	20	10	10	15/50	1	27	6	>90	1-7	5	30	veel puin en schelp fragmenten
0569393	5	20	10	5	15	1	20	1	30	3-4	3,5	15	bovenste rand van top plag = weg
5713507													
D4	1	10	15	20	10	0	19	2	10	7-8	7	10	
schelp	2	20	10	2-3	15	0	16	6	30	2-3	2,5	25	
7-jun	3	15	10	20	25	0	5	3	5	5-7	6	25-30	
17:48	4	50	5-10	5	5-10	0	4	3	5-10	1-2	1,5	40-50	
0569358	5	35-40	30-35	20	5-7	0	0	4	1	<1	<1	25	bottom bestaat uit veel brokken
5713518	6	25	10	20	15	0	8	0	25	8	8	5	
	7	35	45	10-15	10	0	30	2	10	2-3	2,5	20	
	8	40	25	10	15	0	25	0	15	6-7	6	10-15	
	9	20	45	15	5-10	0	5-10	3	5	5-6	5	20	



Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde

Coördinaten		zeegras bedekking %		bloei %	schelpen % bedekking	wadpielen # per 2.25m2	wadslak # per 100cm2	alIkruik # per 2.25m2	immersie			zwarte bladeren %	opmerkingen
		top	bottom						%	cm	gem.		
D5	1	90	50	5-10	2-3	12	12	3	50	1-2	1,5	25-30	
géén	2	40	15	5	2-3	10	10-15	3	10	2-3	2,5	30-40	wortels liggen bloot in RO deel
08-Jun	3	35	45	5	3-4	8	20	0	90	3-7	4	25-30	
14:25	4	25	65	10	2-3	18	25-30	5	75	3-6	4	25	
0569323	5	30	60	5-10	3-5	23	10-15	1	70	1-3	2	30	
5713526													
D6	1	30	40	5	3-5	0	15	1	80	2-6	3	25	
géén	2	40	15-20	2-3	4-5	3	25-30	1	98	1-8	2	10-15	
08-Jun	3	50	60	5	2-3	0	10-15	0	95	2-3	2,5	30-40	
18:45	4	20	20	5	<1	0	30	4	70	2-3	2,5	25	diagonaal vervangen na dumper beschadiging
0569293	5	40	25-30	5	1-2	4	30	1	100	2-4	3	40-50	
5713550	6	10	30	5	1	0	20	0	100	3-5	4	50	RO deel van top plag = géén zeegras
	7	25	30	2-3	1	0	20	2	75	1-3	2	25	diagonaal vervangen na dumper beschadiging
	8	35	25	1-2	<1	0	15-20	1	100	2-5	3	40	
	9	15	30	5	5	0	20	1	75	2-6	3	10	
D7	1	20	50	5	2-3	0	10-15	0	30	3-6	4	25-30	rechter 1/3 van top plag = kaal
schelp	2	20	25	5	30	0	30	1	5	2-3	2,5	60	
08-Jun	3	30	45	10	3	0	20	0	20	4-6	5	35	
17:10	4	75	25	5	2-25	0	20-25	3	100	1-8	3	25	top schelpen = 2; bottom = 25
0569263	5	35	30	10	3-4	0	25-30	2	80	1-5	2	55	
5713571	6	30	90	5-10	2-3	0	30	0	65	4-5	4,5	5-90	top= 5% zwart; bottom= 90% zwart
	7	20	35	5	20-25	0	15-20	2	50	3-4	3,5	30	
	8	35	50	5	15-20	0	20-25	2	95	2-3	2,5	35	
	9	60	20	5	5	0	5	1	95	1-7	4	45	



Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde

Coördinaten		zeegras bedekking %		bloei %	schelpen % bedekking	wadpielen # per 2.25m2	wadslak # per 100cm2	allkruik # per 2.25m2	immersie			zwarte bladeren %	opmerkingen
		top	bottom						%	cm	gem.		
D8	1	40	10	5-10	10	0	15-20	1	80	1-3	2	40	
	schelp 2	30	10	5	10-15	2	10-15	2	90	2-5	3	35	grote keien mid-top
08-Jun	3	40	45	10	10	3	5-10	4	50	1-3	2	55	geul (4-6cm) tussen plaggen
13:25	4	20	35	5-10	10-15	2	12	2	10-15	2-5	3	15-20	erosie LB; rots met blaaswier BR
0569232	5	30	45	10	15	0	15	0	25	2-7	3	30	bult met schelpen links-midden van bottom plag
5713585													
D9	1	45	45	5	5	12	15-20	2	50	2-4	3	60	LO diagonaal = nat
	géén 2	60	50	5	30	2	10	3	15-20	3-5	4	45	bottom plag = schelpenrijk; geul tussen plaggen
08-Jun	3	60	50	5	20	5	5-10	0	50	1-3	2	50	geultje tussen plaggen
14:10	4	50	20	5	35-40	4	10-15	2	55-60	1-5	3	60	schelpenbult bovenste helft bottom plag
0569202	5	25-30	30	10	25	8	5-10	3	45	2-5	3,5	15	20-30 cm brede geul; bottom = brokken + schelpen
5713546													
D10	1	80	15	10	5-10	0	0	0	5	2-5	3,5	75	slijkgras RO bottom plag (verwijderd)
	géén 2	25	25	5	15-20	0	25	3	5	2-5	3,5	35	geul tussen plaggen
08-Jun	3	30	30	15	10-15	0	5-10	1	10-15	1-3	2	50	
14:50	4	15	10	5	10-15	2	10	0	10	2-4	3	20	RO bottom plag = brokken + schelp, géén zeegras
0569234	5	35	15	5	25	0	<5	2	5	1-3	2	25	geul tussen plaggen; schelp: 5(top); 45 (bottom)
5713533	6	30	30	15	15	0	15	4	25-30	3-7	5	55	geul tussen plaggen
	7	15	10	5	35-40	0	0	2	0	0	0	45	
	8	15	20	5	35	0	5	2	3	1-3	2	60	
	9	10	80	5	33	6	0	5	0	0	0	40	schelp: top (60); bottom (5)



Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde

Coördinaten		zeegras bedekking %		bloei %	schelpen % bedekking	wadpielen # per 2.25m2	wadslak # per 100cm2	alikruik # per 2.25m2	immersie			zwarte bladeren %	opmerkingen
		top	bottom						%	cm	gem.		
D11	1	10	10	0	70	10	0	5	2	2-5	3	40	
	2	10	20	5	45	0	20	2	10-15	1-5	4	25	geul tussen plaggen
08-Jun	3	15	20	5	30	0	30-40	1	5	1-5	3	30	nat = hoek LO
18:05	4	30	20	10	10	0	20	4	30	2-5	3	30	geulen in breuken + tussen plaggen
0569269	5	40	75	10	20	0	10	2	30	2-4	3	15	schelp: top (3), bottom (35)
5713514	6	20	15	5	40	0	25	0	3	2-3	2,5	40	nat= hoek MR
	7	10	25	5-10	23	0	7	0	15	2-6	5	20	schelp: top (35), bottom (10)
	8	25	20	10-15	10	0	10	0	90	1-5	4	20	
	9	40	45	10	5-10	0	20	4	90	2-8	4,5	30	geul tussen plaggen
D12	1	15	30	5	5	0	15	3	5	2-3	2,5	30	nat = geul
	2	35	15	2	<1	0	10-15	0	20	2-3	2,5	10	
08-Jun	3	20	15	5	<1	0	15	2	5	2-3	2,5	10	
19:20	4	50	60	10	1	0	15	1	80	1-3	2	20	
0569297	5	10	15	5	2	0	20	5	20	2-4	3	20	
5713497													
D13	1	30	80	5	2-3	0	10-15	7	40	1-3	2	25	
	2	25	35	5	<1	0	20	0	100	1-5	3,5	10	
08-Jun	3	70	50	5	1	0	10	3	80	2-7	3,5	50	slijkgras (verwijderd)
18:30	4	10	10	<1	1-2	15	20-25	3	90	1-3	2	<10	linker 2/3 bedolven
0569329	5	50	50	5	<1	0	15	0	100	2-8	2,5	20	
5713478	6	10	20	5	2	2	15-20	5	95	1-3	2	<10	schelp: top (3), bottom (<1)
	7	30-40	70-80	5	1-2	10	25-30	5	90	2-4	3	10-15	mosselen (3x); slijkgras (verwijderd)
	8	30	50	1-2	1	12	15	3	100	1-5	3	<10	
	9	50	40-50	2	1-2	6	20	3	90	2-7	4	10-15	
plaggen 4 +6-9 op 14 juni 19:40													



NULMETING KRABBENKREEK

Coördinaten		zeegras bedekking %		bloei %	schelpen % bedekking	wadpielen # per 2.25m2	wadslak # per 100cm2	allkruik # per 2.25m2	immersie			zwarte bladeren %	opmerkingen
		top	bottom						%	cm	gem.		
K1	1	30	40	5	1-2	44	5-8	1	50	1-5	3	<5	bottom plag bestaat uit brokken
géén	2	15	25	3-4	2-3	30	5	0	70	2-3	2,5	15-20	rechterheft van bottom plag = bedolven
19-jun	3	20-25	20	5	3-5	26	<5	0	10	2-4	3	25	bottom plag = hobbelig
11:45	4	30-35	30	2-3	2-3	35	5-10	2	5	3-6	5	10-15	nat = geul tussen plaggen
0579002	5	40-45	35	5	1-2	33	5-7	0	15-20	6-8	7	25-30	diepe geul tussen plaggen; bottom plag = brokken
5717701													
K2	1	20-25	20	10	2-3	33	<5	0	2-3	1-3	2	5	
géén	2	40	15	5	3-5	37	5-10	0	40	1-4	2,5	30	zeegras doet het vooral goed in geul
19-jun	3	10-15	10-15	2-3	2-3	46	0	0	0	0	0	25-30	beide plaggen hobbelig/bestaan uit brokken
12:10	4	50	50-60	3	1-2	39	5-10	2	5	1-2	1,5	33	top = 25% zwart; bottom = 40% zwart
0579018	5	25-30	25	1-2	1-2	51	5-7	0	1-2	1-2	1,5	10-15	
5717712	6	10	10	5-10	2	40	<5	0	5	1	0,5	<10	
	7	15	30	5	3	56	5-10	0	3	1-2	1,5	25-30	<i>Spartina</i> in top (verwijderd)
	8	10-15	60	5	2	43	5-7	2	5	2-3	2,5	35	top = 10% zwart; bottom = 60% zwart
	9	10	15-20	2-3	2	53	<5	3	2-3	1-2	1,5	30-35	<i>Spartina</i> in bottom (verwijderd)
K3	1	25-30	30-35	5-10	1-2	20	0	12	0	0	0	60	top plag heeft diepe gleuven/geulen (6-8 cm)
schelp	2	10-15	20-25	5-10	1-2	24	0	0	0	0	0	40	
19-jun	3	25-30	15	10	20	18	0	2	0	0	0	45	top plag rechts: last van erosie (blote wortels)
16:00	4	10	50	5	10	20	0	0	0	0	0	60	bottom plag rechts = bult; schelpen: top = 25%; bottom = <1%
579055	5	20-30	20	2-3	15-20	10	0	0	0	0	0	50	zwart: top = 60, bottom = 35
5717724													



Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde

Coördinaten		zeegras bedekking %		bloei %	schelpen % bedekking	wadpielen # per 2.25m2	wadslak # per 100cm2	allkruid # per 2.25m2	immersie			zwarte bladeren %	opmerkingen
		top	bottom						%	cm	gem.		
K4	1	25	20	10	25-30	41	0	4	0	0	0	70	
schelp	2	10	20	1-2	2-5	40	0	5	0	0	0	5-15	diepe geul tussen plaggen + veel hobbels
19-Jun	3	55	65-70	5-10	1-2	9	0	0	0	0	0	35	zwart: top = 5-10; bottom = 60
16:20	4	50	25	2-3	2-5	9	0	1	0	0	0	35	hoge hobbels in top plag; zwart: top = 20; bottom = 60
0579090	5	60-65	70	1-2	<1	22	0	5	0	0	0	18	zwart: top = 10; bottom = 25
5717736	6	30-35	65-70	2-3	1	10	0	4	0	0	0	30	zwart: top = 20; bottom = 40
	7	15-20	40	3-5	3-5	31	0	2	0	0	0	20-25	top plag links = kaal
	8	40-45	35	5	2-3	9	5-10	1	2	1-3	2	10-15	
	9	50	40	5	2-5	2	0	2	1	1-2	1,5	15-20	
K5	1	<10	<10	2	1-3	5	<5	0	15	1-5	3	<5	beide plaggen erg bedolven; schelp: top = <1; bottom = 2-3
net	2	40	25	2-3	1	6	10	1	50	1-5	3	30	diepe geul; rechts bottom plag = bedolven
23-Jun	3	<5	30	2	2	8	<5	1	15	1-4	3	15-20	top plag = erg bedolven
14:30	4	25	35-40	<1	2-3	6	<5	0	35-40	1-4	2	30	top plag = brokken
0579130	5	35	30	2-3	2-3	11	5	3	15-20	1-5	3	<10	geul tussen plaggen
5717743	6	35-40	30	2-3	3-5	8	<5	6	15	2-5	3	35	diepe geul tussen plaggen; zwart: top = 65%; bottom = 13%
	7	50	70	2	1-2	5	5-10	1	40	2-7	4	55	top plag = bult; zwart: top = 30%; bottom = 80%
	8	5	10-15	1	1-2	4	<5	2	55	1-4	2	<10	top plag = bedolven
	9	30-35	35	2	1	5	<5		75	1-5	3	30	
K6	1	35	5	1	1-2	0	<5	0	70	1-6	4	5	grote delen zijn bedolven
net	2	60	10	1	1-2	3	5-10	6	60	1-5	3	15-25	diepe geul, opgestuwde top plag; <i>Spartina</i>
23-Jun	3	15-20	70	1-2	2-5	3	<5	2	90	1-5	3	60	
14:10	4	30-35	40	2	1-2	4	5	1	70	1-5	3	35	breuk links tussen plaggen
0579176	5	25-30	15	1-2	2	5	<5	0	80	1-4	2	<10	net ligt bloot in hoek
5717737													



Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde

Coördinaten		zeegras bedekking %		bloei %	schelpen % bedekking	wadpielen # per 2.25m2	wadslak # per 100cm2	alilkrulk # per 2.25m2	immersie			zwarte bladeren %	opmerkingen	
		top	bottom						%	cm	gem.			
K7	1	10	15	5	1-2	46	<5	1	25	1-3	1,5	10	linker deel top plag = brokken	
	géen	2	10-15	10	2	2-3	34	<5	0	15-20	1-2	1,5	<10	linker deel top plag = bedolven; bottom = richelig
	23-Jun	3	45	25-30	1-2	1-2	36	10	1	15	1	1	10-20	richel tussen twee plaggen
	16:10	4	30	30-35	1-2	1-2	44	8	2	50	1-5	4	15	bovenste deel top plag = bedolven
	0579180	5	15	50	2	1-3	37	5-10	1	50	1-4	3	10-20	rechter helft top plag = bedolven; top = 3% schelp, 10% zwart; bottom = 1% schelp, 20% zwart
5717792														
K8	1	45	45	<1	2	12	10	5	60	1-6	4	25	geul tussen plaggen	
	géen	2	60	85-90	5	<1	23	5-10	1	55	1-4	2	40	
	23-Jun	3	30-35	15	5	1-10	18	10	5	15	1-5	4	<10	geul tussen plaggen; schelp: top=1%, bottom=10%
	16:25	4	25	45	2	1-2	22	10-15	4	25	1-4	2,5	30	top plag = brokken;
	0579221	5	40	60	2	1-10	21	0	4	0	0	0	20-40	links top plag onder schelpen; top=10% schelp, 20% zwart; bottom=1-2% schelp, 40% zwart
	5717793	6	10-15	15	2-3	5	19	<5	14	10	1-2	1,5	10-15	linksmidden = bedolven
		7	15	75	2	1	24	0	3	0	0	0	35	linker deel top plag onder bruinwier (verwijderd)
		8	65	30	2	<1-2	33	0	4	0	0	0	40	top plag = <1% schelp; bottom = 2% schelp
		9	20	35	2	15	9	0	15	0	0	0	35-60	top plag = brokken; rechterdeel bottom = <i>Spartina</i> ; zwart: top = 60%, bottom = 35%
K9	1	40-45	80	2	2-3	3	5-10	4	5-10	2-4	3	<5(t)-25(b)	geul tussen plaggen; <i>Spartina</i> in bottom plag	
	schelp	2	40	10	3	1(t)-10(b)	6	10	6	65	1-4	2	10	brede geul tussen plaggen
	23-Jun	3	50-60	50-60	2-3	1	1	5	3	30	1-5	3	25-30	rechter delen bedolven
	15:40	4	50	<5	2	3(t)-15(b)	4	10	13	20-25	1-4	2	20-25	bottom plag = bedolven
	0579220	5	80	35	5	1-2	0	5-10	2	10	2-5	3	30	geul tussen plaggen
	5717833	6	75	45	2	3-5	4	<5	1	15	1-5	3	15-20	rechter deel bottom plag = bedolven
		7	15-20	50-60	1-2	1-2	3	10-15	1	50	1-6	3	25(t)-40(b)	brede geul tussen plaggen
		8	10-15	10	2	5(t)-20(b)	1	<5	6	45	1-4	2	45	top plag = hoge brokken; geul
		9	60	70	<1	<1	2	<5	0	70	1-6	4	40-50	onderste deel bottom plag = bedolven



Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde

Coördinaten		zeegras bedekking %		bloei %	schelpen % bedekking	wadpielen # per 2.25m2	wadslak # per 100cm2	allkruid # per 2.25m2	immersie			zwarte bladeren %	opmerkingen
		top	bottom						%	cm	gem.		
K10	1	60	30-35	3	3-5	5	5-10	4	10	1-4	2	25	geul tussen plaggen
schelp	2	35-40	85-90	3	2-3	7	10-15	1	3	1-3	2	10(t)-40(b)	klonten in top plag
23-Jun	3	35	25-30	1-2	3-5	2	0	1	0	0	0	15-20	geul tussen plaggen
15:27	4	25	80	2-3	3-5	3	0	3	0	0	0	10(t)-40(b)	
0579184	5	35	30	5	10	2	1	2	0	0	0	20	geul tussen plaggen, gevuld met schelpen
5717832													
K11	1	40	50-60	3	1-2	20	5-10	1	10	5-8	6	60-80	geul tussen plaggen; built in top plag
géén	2	40	90	5	<1	26	30+	7	70	1-3	2	≤10(t)-90(b)	
21-Jun	3	80-85	50	3	1	18	<5	2	40	1-4	2	60-70	geul tussen plaggen
16:55	4	60	40	2-3	1	13	15-20	3	90	1-8	3	25-30	brede geul tussen plaggen; brokken
0579145	5	10-15	70	5	2-3	8	<5	1	10	2-6	4	10(t)-50(b)	geul tussen plaggen
5717805	6	60	10	1-2	1	16	15	2	60	1-6	3	30-40	rechter deel bottom plag = bedolven
	7	70	15	1-2	1	6	10-15	0	30	2-6	3	30(t)-10(b)	brede geul tussen plaggen; brokken in bottom plag
	8	40	50-60	2-3	2	13	15-20	3	20	2-8	3	50(t)-15(b)	
	9	50	10	2	2-3	6	10-15	3	25	1-4	2	50(t)-10(b)	bottom plag = grotendeels bedolven
K12	1	15-20	25	5	1-2(t)-3-5(b)	18	<5	1	3-5	1-6	4	10(t)-50(b)	
géén	2	20	10-15	2-3	1-2	23	10-15	1	5	1-3	2	25-30	brede geul tussen plaggen
21-Jun	3	10	25-30	3-5	1	19	<5	0	5	1-4	2	20-25	top plag = brokken
16:35	4	15	30	5	1-2	12	5-10	1	2	1-3	2	10-15	geul tussen plaggen; brokken in top plag
0579107	5	20	45	10	1	11	20-25	0	5	1-4	2	30	geul tussen plaggen
5717800													



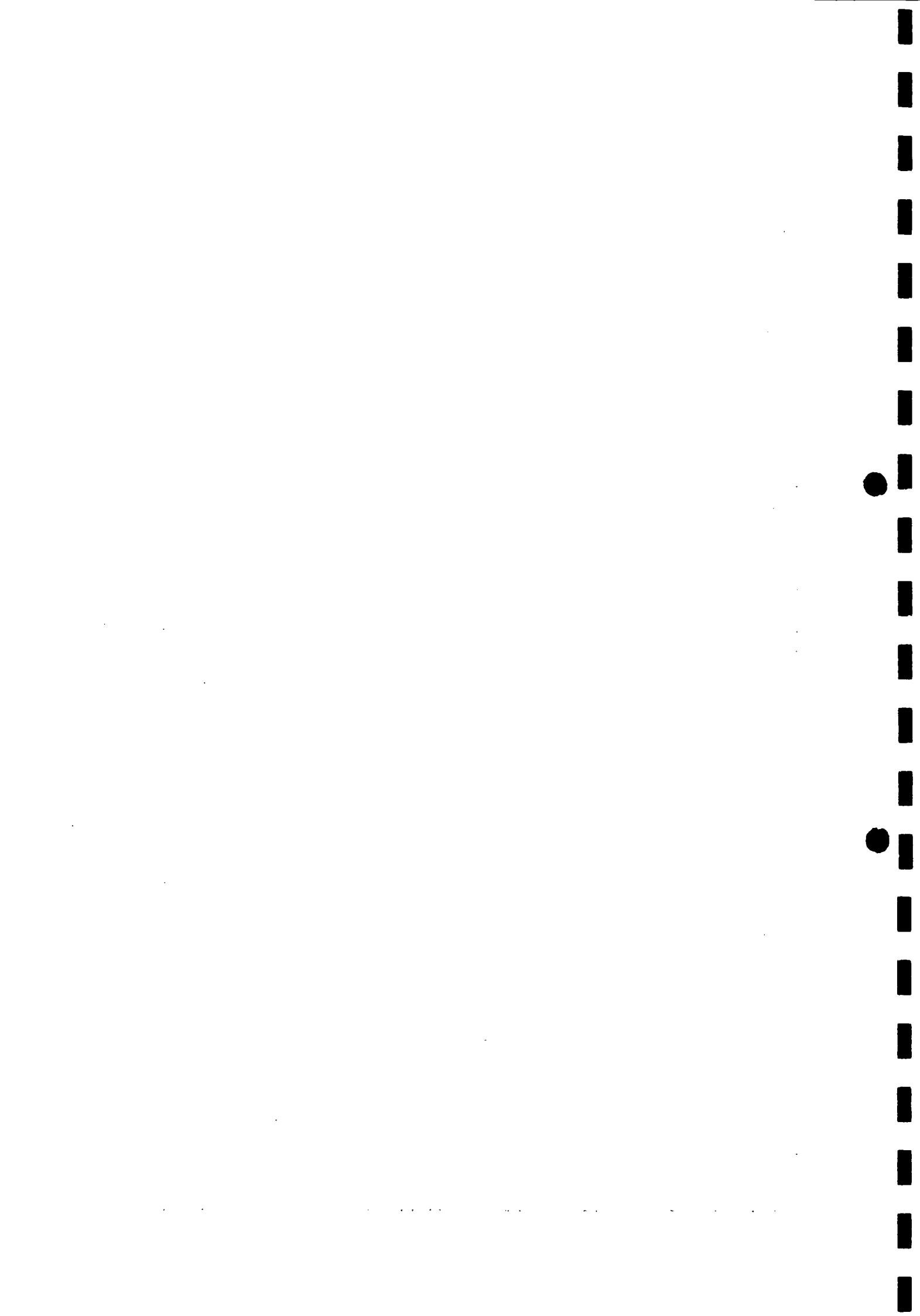
Coördinaten		zeegras bedekking %		bloei %	schelpen % bedekking	wadpielen # per 2.25m2	wadslak # per 100cm2	allkruid # per 2.25m2	immersie			zwarte bladeren %	opmerkingen
		top	bottom						%	cm	gem.		
K13	1	30-35	35	5	1	2	25-30	0	25	1-4	2,5	30	geul tussen plaggen; plaggen opgestuwd
net	2	15	35-40	1-2	3-5	6	20	2	30	1-4	2	10	
21-Jun	3	25	25-30	2	2-3	3	15-20	0	3	1-2	1,5	25-30	top plag = hobbelig
15:40	4	45-50	70	2-3	2-3	2	10-15	4	40-45	1-4	2	30(t)/60(b)	geul tussen plaggen
0579074	5	25	30	2	5(t)-1-2(b)	2	5-10	1	5	1-2	1,5	10-20	geul tussen plaggen; opgestuwd + hobbelig.
5717806	6	15	35-40	1-2	1-2	3	5-10	1	35-40	1-8	4	10-15	geul tussen plaggen;
	7	40	40	5	1(t)-3-5(b)	0	0	2	0	0	0	50(t)-90(b)	
	8	45	10	2	3-4	2	30	1	50	2-3	2,5	10-20	bottom plag = bedolven (rechts)
	9	25	15	3	3-5	2	10	5	3-5	1	1	50	top plag = hobbelig; bottom = bedolven (links)
K14	1	30	30	2	5	4	25	1	80	1-6	2	10	
net	2	10	15	2-3	2-3	6	10	0	100	1-6	3	<10	bedolven: top rechtsboven, bottom rechtsonder
21-Jun	3	10-15	25-30	2	3-5	8	10-15	0	100	1-7	3	15-20	bedolven: top links
15:20	4	40-45	40	1-2	2	5	15-20	5	95	1-8	3	5	
0579038	5	15	20	1-2	2	4	15-20	2	95	1-8	2,5	15	bedolven: beide plaggen rechter 1/3
5717792													
K15	1	20	20	3	3-5	2	5	0	60	2-6	4	10	top plag links = kaal
schelp	2	30-35	40	5	1-2	3	10	2	50	3-6	4	10-15	geul tussen plaggen
21-Jun	3	40	10	10	1	3	<5	2	40	2-10	7	25-30	geul tussen plaggen
14:10	4	10	20-30	3-5	3-4	7	5-10	3	25-30	1-6	4	<5	brede geul tussen plaggen
0579006	5	10-15	50	5	1-2	4	10-15	2	30	1-4	2,5	25-30	top plag = brokken
5717778	6	25	15	5	1-2	5	<5	0	15	1-3	2	15-20	top plag = bult in midden
	7	15	25-30	3-5	1	6	20	0	35	1-7	4	5-10	top plag = brokken; gaat op in geul
	8	25	40	2	5	8	10-15	0	85	1-8	3	20	linker deel top plag = bedolven; geul tussen plaggen
	9	15	40	2	2	3	<5	2	5	1-3	2	10	brede geul tussen plaggen



Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde

Coördinaten		zeegras bedekking %		bloei %	schelpen % bedekking	wadpielen # per 2.25m2	wadslak # per 100cm2	aliekruik # per 2.25m2	immersie			zwarte bladeren %	opmerkingen
		top	bottom						%	cm	gem.		
K16	1	10	35-40	3-5	2-3	2	15-20	3	50	2-5	3	20	top = brokken; geul tussen plaggen
schelp	2	35-40	35	2-3	2	3	5-10	1	15	1-2	1,5	10-15	geul tussen plaggen
21-Jun	3	40	30	2	2-3	2	5	0	5	1-4	2	10-15	bottom plag bestaat uit opgeven repen
13:45	4	30	30	2	3-5	3	<5	0	5	1-2	1,5	30	diepe breukn in bottom plag
0578972	5	35-40	35	3-5	1-2	8	5-10	1	5	3-6	4	25(t)-65(b)	geul tussen plaggen
5717776													
K17	1	40	45-50	3-5	1-2	7	10-15	1	65	1-4	3	20-25	top plag = depressie
net	2	5	50	5	2-3	6	10-15	0	60	1-3	1,5	25-30	top plag bijna geheel bedolven
22-Jun	3	5	50-60	3-5	15(t)-1-2(b)	2	5	0	5	1-4	3	10	top plag bijna geheel bedolven
14:25	4	60	35-40	3	1	3	15	5	30	1-4	2	15	top plag = depressie
0578966	5	70	40	2-3	2-3	2	20	4	55	1-6	4	20	top plag = depressie
5717806													
K18	1	30-35	60	2-3	10(t)-2(b)	8	15-20	3	20	1-3	1,5	15	top plag heeft twee ruggen (longitudinaal)
net	2	20	60	2-3	15(t)-2-3(b)	7	25	1	10	2-5	5	10	geul tussen plaggen
22-Jun	3	10	30	2	3-5	11	10	6	70	1-3	2	30	top = rommelige plag
14:40	4	20	35	2-3	5	3	10-15	7	50	1-3	1,5	5	slijkgras in top plag (verwijderd)
0579000	5	20-25	35	5	3-5	6	10	2	25	1-3	2	<10	
5717817	6	35	25	2	5-10	3	5-10	2	10-15	1-3	1,5	<10	top heeft opstaande rand (boven)
	7	60	80	2-3	2-3(t)-15(b)	2	5	7	35	1-5	2	25-30	
	8	50	45-50	5-10	1-2	2	10	1	15-20	1-4	2	10-15	geul tussen plaggen
	9	40	30	2	2-3	4	15-20	3	60	1-4	2	<10	bottom plag = bedolven langs onderste rand

Coördinaten		zeegras bedekking %		bloei %	schelpen % bedekking	wadpielen # per 2.25m2	wadslak # per 100cm2	alIkruik # per 2.25m2	immersie			zwarte bladeren %	opmerkingen
		top	bottom						%	cm	gem.		
K19	1	5	20-25	10	2-3(t)-5(b)	51	<5	3	1	2-3	2,5	5	top plag met slijkgras (verwijderd)
géén	2	45-50	15	5	1-2	56	5-10	2	15-20	1-3	2	20	bogttom plag met slijkgras (verwijderd)
22-Jun	3	10	5-10	5	10	54	15-20	2	5-10	1-3	2	<5	beide plaggen = hobbelig
15:10	4	15-20	10	2	2	50	20	2	35	1-2	1,5	25-30	
0579034	5	15	5	<1	3(t)-1(b)	55	15-20	0	50-60	1-2	1,5	10-15	bottom plag met slijkgras (verwijderd)
5717828													
K20	1	40-45	45	2-3	1-2	52	10	1	20	1-3	2	<10	
géén	2	10	25	1-2	2	54	5-10	0	2	1-2	1,5	20-25	top plag = hobbelig + slijkgras (verwijderd)
22-Jun	3	10	25-30	10	2-3	44	5-10	0	15	1-2	1,5	30	bottom plag = hobbelig
15:30	4	15	15	5	3-5	64	10	1	3	1-3	1,5	<10	top = hobbelig; bottom heeft slijkgras (verwijderd)
0579069	5	10-15	25-30	2	2-3	49	20	2	20-25	1-2	1,5	5	top plag = bedolven (boven rand)
5717841	6	35-40	10	5	2-3	46	20	1	50	1-1,5	1,2	10	bottom plag = bedolven rechtsonder
	7	15	10-15	2-3	2-3(t)-5-10(b)	41	10	0	30	1-4	2	5-10	bottom plag = hobbelig
	8	5-10	25	5	5	42	5-10	2	40	1-2	1,5	20	top plag = bedolven linksboven
	9	10-15	10	5	3-5	39	15-20	3	15	1-2	1,5	<5	top plag = hobbelig
K21	1	30	35	1-2	1-2	6	?	0	25	1-6	3	30	geul tussen plaggen
schelp	2	25	20	2-3	20(t)-2(b)	8	?	3	25	1-4	3	40	breuk midden door top plag (vertikaal)
22-Jun	3	25	35-40	1-2	2	10	?	1	20	1-4	2	<10	bult in top plag
16:00	4	40	30	2-3	2-3	14	15	1	5	1-3	1,5	15-20	
0579097	5	40-45	25-30	2	2	8	10	0	45	1-8	4	15	kuil in top plag
5717849	6	30	30	1-2	3-5	11	10	2	5	1-5	4	<10	geul tussen plaggen
	7	15-20	20	2	3	7	15-20	0	15	1-4	3	100	breuk in bottom plag
	8	30-40	15	1-2	2-3	7	?	0	80	1-8	5	15	top plag = depressie
	9	30	30	1-2	2	8	?	2	65	1-4	2	5-20	



Zeegrasmitigaties Oosterschelde

Coördinaten		zeegras bedekking %		bloei %	schelpen % bedekking	wadpielen # per 2.25m2	wadslak # per 100cm2	allkrulk # per 2.25m2	immersie			zwarte bladeren %	opmerkingen
		top	bottom						%	cm	gem.		
K22	1	25	5-10	1-2	3(t)-10(b)	4	20	0	65-70	1-5	3	<5	geul tussen plaggen
schelp	2	30	10	2-3	3	4	20	1	75	1-5	2	20	top plag = brokken; bottom = kuil
22-Jun	3	30	25-30	5	2	8	10-15	1	55	1-4	2	10-15	geul tussen plaggen
16:30	4	35-40	35	5	3	10	15-20	0	30	1-5	2	20-25	geul tussen plaggen
0579136	5	25	30	5	3-5	7	10	1	10	1-5	4	30	geul tussen plaggen; top plag = brokken (rechts)
5717857													
K23	1	10	35	5	5-10(t)-2(b)	0	10	3	15	1-4	2	10-15	geul tussen plaggen
net	2	15	45	1-2	25(t)-2(b)	7	<5	4	65	1-5	3	10-15	geul tussen plaggen
22-Jun	3	20	40	5	3(t)-<1(b)	?	5-10	1	70	1-6	3	10(t)-70(b)	beide plaggen = brokken
17:00	4	50	10	2	<1(t)-5(b)	0	<5	5	30	1-3	1,5	30	breuk in top plag; hout in bottom plag
0579177	5	35	35	2-3	1(t)-5(b)	?	10	12	70	1-7	3	50	slijkgras in bottom plag (verwijderd)
5717867													
K24	1	40	70	5	1	?	10	1	15	1-3	2,5	30	top plag = bedolven
net	2	25	50	10	10(t)-<1(b)	?	<5	2	40	1-6	4	35	geul tussen plaggen; breuk in bottom plag
22-Jun	3	30	20	5	3-5	?	<5	4	40	1-4	1,5	40	top plag bedolven (links & rechts)
17:30	4	20	20	3	1	?	<5	2	85	1-7	3	<10	kuil midden in patch; top plag = bedolven links
0579213	5	40	40	2	5(t)-2(b)	?	5	5	10	1-4	3	15-20	brede breuk/geul
5717864	6	10	10	10-15	<1(t)-10(b)	?	<5	3	25	1-3	2	20	top plag = bedolven rechts
	7	60	10	2-3	<1(t)-10(b)	?	5-10	6	70	1-4	3	10	bottom plag = brokken
	8	80	40	10	2(t)-<1(b)	?	<5	1	85	1-4	2	25-30	
	9	20	10	2	1-2	?	<5	3	90	1-6	4	<10	bottom plag grotendeels bedolven



Annex 8 Resultaten van monitoring

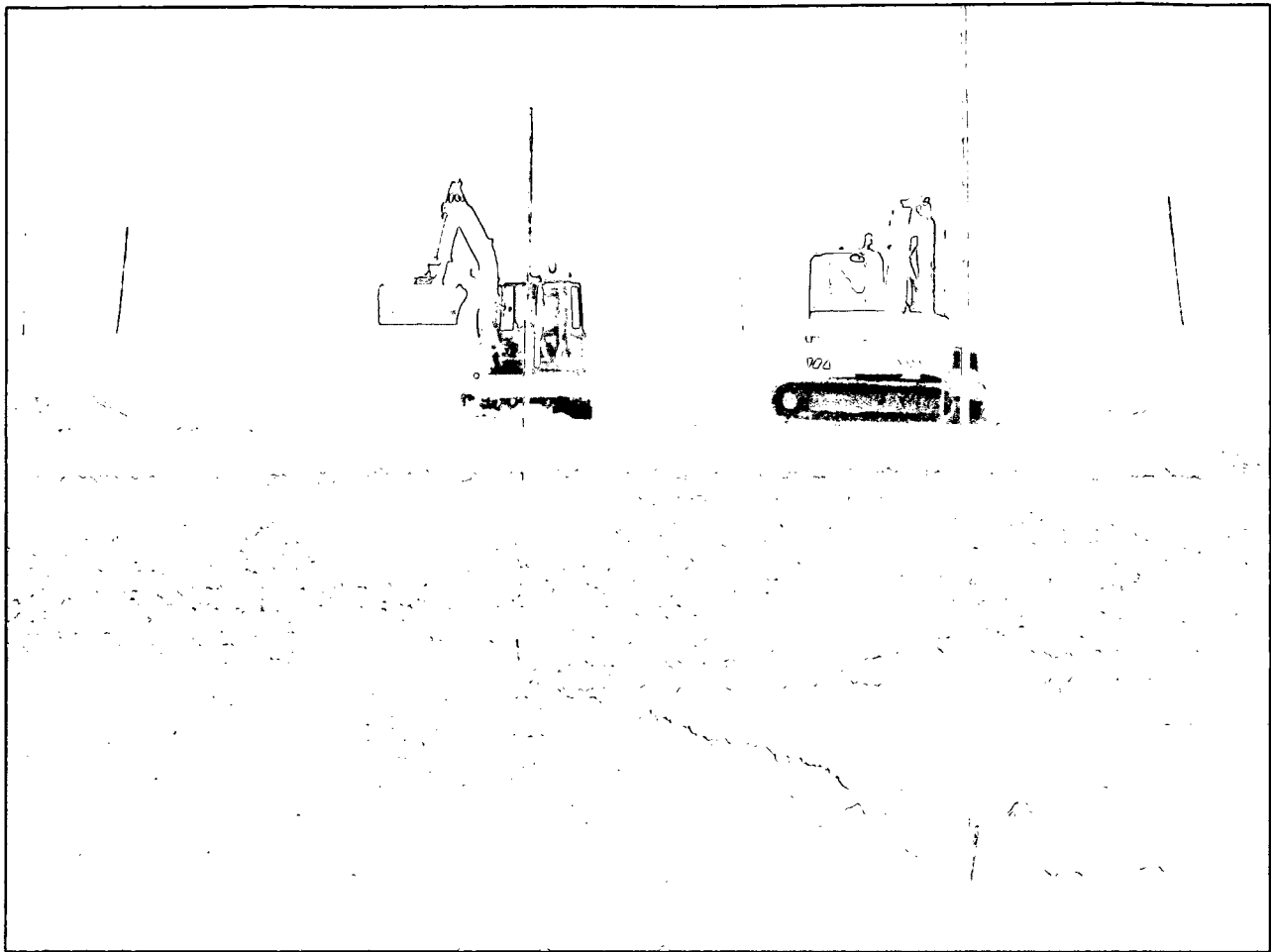
Zie CD-ROM bijgesloten bij dit rapport

Dit bevat de volgende *.xls files:

- a) Krabbenkreek groeiseizoen 2007
- b) Dortsman groeiseizoen 2007
- c) Monitoring november 2007
- d) Organische stofgehalte
- e) 10, 50 en 90% percentiele korrelgrootte
- f) Nutriënten poriëvocht
- g) Hoogtemetingen
- h) GPS coördinaten







Wim Giesen

WETLAND CONSULTANT
Mezenpad 164
7071 JT Ulf
E-mail:

Marieke van katwijk

ECOSCIENCE
Peter Scheerstraat 26
6525 DE Nijmegen
E-mail

Tjisse van der Heide

DEPT. OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
Fac. Science, Mathematics & Computing
Science
Radboud University Nijmegen
PO Box 9010
6500 GL Nijmegen
E-mail:

Paul Giesen

DEPT. BIOLOGY
Fac. Science, Mathematics & Computing
Science
Radboud University Nijmegen
PO Box 9010
6500 GL Nijmegen
E-mail: