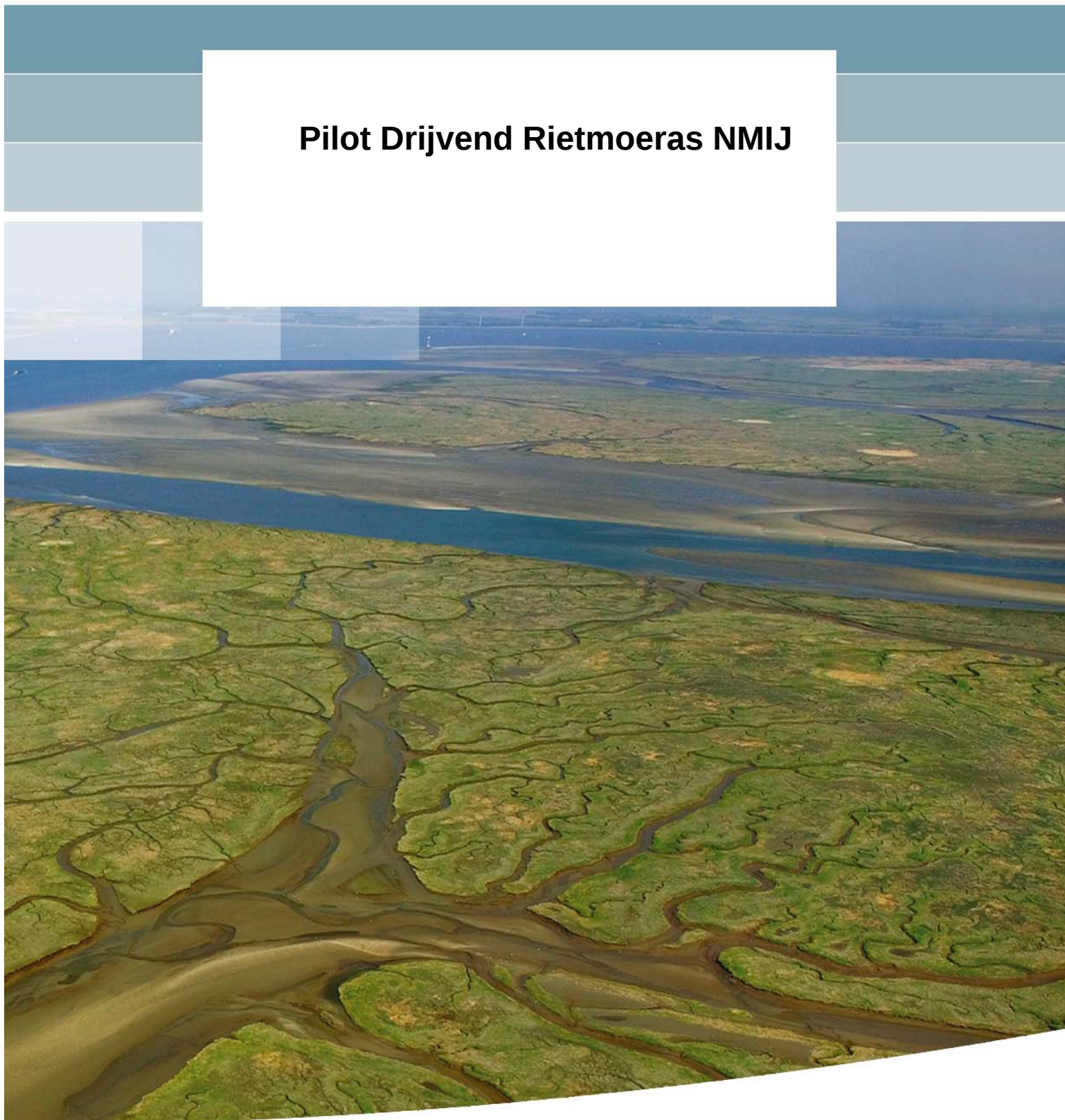


Pilot Drijvend Rietmoeras NMIJ



Pilot Drijvend Rietmoeras NMIJ

Gerben van Geest
Gertjan Geerling
Mindert de Vries

1200735-000

Titel

Pilot Drijvend Rietmoeras NMIJ

Opdrachtgever

RWS RDIJ

Project

1200735-000

Kenmerk

1200735-000-ZWS-0015

Trefwoorden

Riet, drijvend rietmoeras, helder water, luwe zones, drijfvermogen, rijsmat

Samenvatting

Recent is het project Natuurlijk(er) Markermeer en IJmeer (NMIJ) gestart. Dit project voorziet in een verbetering van de ecologische kwaliteit van het Markermeer en IJmeer, waarbij gebruik wordt gemaakt van innovatieve maatregelen die nog in het onderzoeksfase zitten. Een mogelijke innovatieve toepassing is de ontwikkeling van drijvende rietmoerassen in de waterzone voor dijken. Doel hierbij is de ontwikkeling van een drijvend moeras, met in de luwte daarvan een heldere, ondiepe zone waar (ondergedoken) waterplanten tot ontwikkeling kunnen komen. Binnen dit kader is in 2009 het concept van een drijvend rietmoeras getest. Op 26 juni 2009 is bij de Houtribsluizen in het Markermeer een drijvend rietmoeras gereed gekomen, bestaande uit een rijsmat van dood wilgenhout waarin rietwortels waren aangebracht.

De rijsmat bleef twee maanden op eigen kracht drijven. Deze studie heeft de volgende resultaten opgeleverd:

Materiaalkeuze en drijvend vermogen van de rijsmat

- In dit experiment is oud, dood wilgenhout gebruikt om uitloop van wilgen te voorkomen. Inderdaad is er tijdens dit experiment geen uitgroei opgetreden van wilgen uit het gebruikte hout;
- De mat blijft in het gebruikte ontwerp (oud wilgenhout) maximaal 2 maanden drijven. Oorzaak is waarschijnlijk het opnemen van water door het oudere hout waardoor de rijsmat snel zonk;
- Delen van de mat die onder water stonden, leken sneller te zinken. Dit gold met name voor de meest aan de wind blootgestelde (zuidwestelijke) zijde van de rijsmat;
- Bij een relatieve milde zuidwesterstorm op 3 oktober 2009 (gemiddelde windkracht 5 Bft) stond de rijsmat bloot aan een sterke golfslag. Deze golfslag werd mede veroorzaakt door de windrichting; de striklengte van de golven op de locatie van de rijsmat bedroeg tijdens deze storm namelijk 9 km. De constructie van de rijsmat bleek niet bestand tegen deze golfslag; er was een reëel risico op vroegtijdig zinken en/of losslaan van de rijsmat. Om herhaling te voorkomen, is het experiment voortijdig afgebroken;
- De resultaten geven aan dat het ontwerp van het rieteiland ten aanzien van het drijvend vermogen moet worden aangepast, wil het bruikbaar zijn voor toepassing op grotere schaal. Hierbij wordt gedacht aan het invlechten van bamboe, of andere (zoveel mogelijk natuurlijke) materialen die het drijfvermogen verhogen. Tevens moet de rijsmat aanzienlijk worden versterkt wil het concept van drijvende rietmoerassen toepasbaar zijn op wind-geëxponeerde locaties.

Vegetatie-ontwikkeling Riet

- Het aangebrachte Riet sloeg aan, met name vanuit de wortelstokken die in de bovenste twee lagen van het rijshout zijn aangebracht. De uiteindelijke bovengrondse biomassa op de rijsmat was echter laag. Een complicerende factor bij dit experiment was de relatief late start van het experiment (eind juni), waardoor het Riet niet kon profiteren van het volledige groeiseizoen.

- Het Riet groeide door ondanks de aanwezigheid van grazende vogels, de wortelstokken in het rijshout waren waarschijnlijk goed beschermd tegen vogelgraas.
- De resultaten geven aan dat deze methode potentieel geschikt is voor de aanleg van natuurvriendelijke oevers met rietbegroeiingen. Voor de toekomst wordt gedacht aan het opzettelijk laten afzinken van de rijsmatten in ondiepe delen van de oeverzone. Dit kan een kansrijke toepassing zijn in Rijkswateren, bijvoorbeeld in de Veluwerandmeren.
- Aandachtspunt voor de toekomst is de verdere ontwikkeling van het Riet in relatie tot het voedingsgehalte van het water: in de gebruikte proefopzet was het Riet geheel afhankelijk van de concentraties in de waterfase, die – gezien de geelkleuring van het Riet - vermoedelijk te laag waren. Ook om deze reden wordt aanbevolen de rijsmatten te laten afzinken op ondiepe locaties, waardoor nutriënten-opname vanuit het sediment mogelijk is.

Functie als golfbreker, creëren van luwte

- Er zijn geen kwantitatieve metingen verricht aan het effect van de rijsmat op golfwerking en waterstroming. Niettemin suggereren veldwaarnemingen dat de mat golfluwte creëert. Dit geldt met name in de 'petgaten' van de rijsmat, maar ook aan de windluwe zijde van de mat. Dit was mede zichtbaar doordat groepen watervogels rustten in deze luwe zones.
- De mat wordt gebruikt door diverse soorten watervogels: zowel ganzen, eenden als viseters zijn waargenomen op en om de rietmat (maximaal tot enkele tientallen per soort). Het eiland heeft dus een aantrekkende functie op watervogels.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	juni 2010	Gerben van Geest		Ruurd Noordhuis		A.G. Segeren	
		Gertjan Geerling					
		Mindert de Vries					

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Natuurlijk(er) Markermeer-IJmeer (NMIJ)	1
1.3 WINN Levende Waterbouw	1
1.4 Deltares kennis	2
1.5 Relatie met doelstellingen van het NMIJ	2
1.6 Uitvoering van experiment: drijvende constructie van rijshout	2
1.7 Te beantwoorden onderzoeksvragen	3
2 Conceptueel ontwerp drijvend rietmoeras	5
2.1 Concept drijvend rietmoeras	5
2.2 Bestaande praktijk	5
2.3 Ontwerp en productie van rijsmatten	7
2.4 Definitief conceptueel ontwerp	10
3 Technisch ontwerp	11
3.1 Maakbaar ontwerp	11
3.2 Robuustheid	11
3.3 Effectieve vorm en schaal	11
3.4 Duurzaam materiaalgebruik	11
3.5 Verwijdering en hergebruik van materiaal	12
3.6 Voorwaarden locatiekeuze	12
3.7 Locatiekeuze en aanleg	12
3.8 Materialen en hardware, constructie in het veld	13
4 Werkwijze	15
4.1 Aanleg en onderhoud van de rijsmat	15
4.2 Methodiek van monitoring	15
5 Resultaten	21
5.1 Resultaten drijfvermogen en interne stabiliteit	21
5.2 Resultaten vegetatie-ontwikkeling	27
5.3 Fysische en biologische monitoringsresultaten	32
6 Conclusies en Discussie	33
6.1 Conclusies	33
6.2 Consequenties van de opzet van het experiment	33
6.3 Discussie	34
6.4 Aanbevelingen en alternatieve toepassingen	36
6.4.1 Aanbevelingen	36
6.4.2 Alternatieve toepassingen van rijsmatten	37
7 Literatuurlijst	39

Bijlage(n)

A Vergunningen	A-1
B Advies wilgenmatconstructie door gespecialiseerde bedrijven	B-1

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Momenteel loopt het Programma Randstad Urgent. Met dit programma pakken het kabinet en de provincies, gemeenten en stadsregio's de problemen aan in de Randstad. Binnen het kader van dit programma is het ontwikkelingsperspectief voor het Markermeer en IJmeer vastgesteld in het samenwerkingsverband TMIJ (Toekomst Markermeer IJmeer). Onder regie van de provincies Noord-Holland en Flevoland heeft het project Toekomstagenda Markermeer-IJmeer de kansen en mogelijkheden verkend om het Markermeer-IJmeer te ontwikkelen tot een robuust en veerkrachtig natuurgebied. In het Ontwikkelperspectief 'Investeren in het Markermeer en IJmeer' zijn de mogelijkheden uitgewerkt. Onder leiding van Rijkswaterstaat heeft het onderzoeksproject Natuurlijk(er) Markermeer-IJmeer (NMIJ) de opdracht gekregen om antwoorden te vinden op vraagtekens die vanuit het project TMIJ zijn opgeworpen. NMIJ toetst de aannames die in het Ontwikkelingsperspectief zijn gemaakt, en voorziet in het ontwikkelen van kennis ten behoeve van een verbetering van de ecologische kwaliteit van het Markermeer en IJmeer, waarbij gebruik wordt gemaakt van innovatieve maatregelen die nog in de onderzoeksfase zitten (Gaag van der *et al*, 2008).

1.2 Natuurlijk(er) Markermeer-IJmeer (NMIJ)

De kennisontwikkeling binnen het project NMIJ richt zich op drie thema's, namelijk:

- (1) verminderen slibgehalte;
- (2) vergroten habitatdiversiteit en dynamiek;
- (3) verbinden van wateren (ecologische verbindingszones).

Een deel van het onderzoek binnen NMIJ vindt plaats in de zogeheten "waterproeftuin". De waterproeftuin zal bestaan uit één of meer locaties gelegen in het Markermeer-IJmeer waar initiatiefnemers de mogelijkheid krijgen om onderzoek te doen naar de toepassing van innovatieve technieken en materialen. Met deze kennis en technieken worden onderzoeksvragen beantwoord en kan een bijdrage geleverd worden aan toekomstige natuurmaatregelen in het Markermeer-IJmeer.

Eén van de ingediende initiatieven in 2009 betreft onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van drijvende rietmoerassen. Vooruitlopend op de definitieve inrichting van de waterproeftuin is door NMIJ (in samenwerking met WINN Levende Waterbouw) het concept van drijvende rietmoerassen al in 2009 getest.

1.3 WINN Levende Waterbouw

Het WINN programma (Waterinnovatie) heeft als doel om met behulp van 'pilots' innovatieve technieken beschikbaar te maken voor toepassing in natte infrastructuur die Rijkswaterstaat aanlegt. Eén van de thema's van het WINN programma betreft 'Levende Waterbouw'. Dit thema focust zich op de toepassing van natuurlijke processen om waterbouwkundige doelen te versterken. In de periode 2005 tot en met 2009 is dit vooral gerealiseerd in twee projecten, namelijk 'Rijke Dijk' (dijkbekledingen met meer aanhechtingsmogelijk voor planten en dieren) en 'Biobouwers' (inzet van natuurlijke materialen zoals Riet of schelpen). Binnen deze

projecten zijn veel verschillende ‘pilots’ ontwikkeld. Het drijvende rietmoeras is één van de ‘pilots’ die onder de noemer “Biobouwers” vallen.

1.4 Deltares kennis

Deltares heeft als doel om Deltakennis te ontwikkelen en beschikbaar te stellen voor beleid, beheer en uitvoering. Ontwikkelen van kennis rond Levende Waterbouw (bij Deltares ook bekend als ‘eco-engineering’) is relevant voor onderbouwing van vraagstukken gerelateerd aan duurzame inrichting van delta’s in de toekomst. Deltares ziet deze ‘eco-engineering’ als veelbelovend en stimuleert verdere ontwikkeling van daarvoor benodigde kennis.

1.5 Relatie met doelstellingen van het NMIJ

Door de aanleg van drijvende rietmoerassen kunnen waterbouwkundige en ecologische functies gecombineerd worden. Voorbeelden van dergelijke functies zijn:

- creëren van waardevolle habitats, zowel onder als boven water (rietmoeras, luwe zones, paai- en opgroeigebied voor vis, basis voor schelpdierriffen);
- ecologische verbindingzone voor planten- en diersoorten van moerasgebieden;
- reductie van waterstroming en golfwerking;
- vastleggen van slappe bodems;
- versterkte bezinking van slib en vermindering van opwerveling, met helder water tot gevolg;
- vastleggen van nutriënten en CO₂ door bodemvorming en langzaam afzinken;
- energieopwekking door oogsten van Riet of wilgen.

Behalve de eigenschappen die ter plaatse gelden, kunnen drijvende rietmoerassen worden ingezet om een grotere diversiteit in het open water te bewerkstelligen, bijvoorbeeld door ze in plaats van harde dammen in te zetten om luwtegebieden te maken. Aan de oevers kunnen rijsmatten worden ingezet om land-water overgangen te verbeteren. Bovenstaande doelstellingen sluiten daarom geheel aan op de drie thema’s van NMIJ, namelijk het verminderen van het slibgehalte, het vergroten van de habitatdiversiteit en dynamiek, en het verbinden van wateren. Het in dit rapport beschreven experiment is in de eerste plaats gericht op gebruik van drijvende rietmoerassen bij het creëren van luwtegebieden. De proefopzet van dit experiment was gericht op een permanent drijvende constructie.

1.6 Uitvoering van experiment: drijvende constructie van rijshout

Het experiment dat in dit rapport wordt beschreven, behelst het plaatsen van een drijvende constructie gebaseerd op een rijsmat (vlechtwerk van wilgentenen) in het noordoosten van het Markermeer bij Lelystad. Tijdens de bouw van deze rijsmat zijn rietwortels in de rijsmat ingebracht. De mat is geplaatst op 22 juni 2009, het drijfvermogen en de rietgroei is gevolgd tot het einde van 2009, en de mat is opgeruimd in december 2009.

1.7 Te beantwoorden onderzoeksvragen

Voor dit project is de volgende hoofdvraag geformuleerd:

- Kunnen met rijsmatten duurzaam drijvende rietmoerassen worden ontwikkeld, waarmee de TMIJ-doelstellingen (ontwikkeling moeras en luwe zones met helder water en ondergedoken waterplanten) worden gerealiseerd?

Deze hoofdvraag is verder uitgewerkt in de volgende inhoudelijke vragen:

- Wat is het drijfvermogen en de interne stabiliteit van de rijsmat na aanleg?
- Welke habitats komen tot ontwikkeling op de rijsmat, zowel boven als onder water?
- Groeien de 'petgaten' in de rijsmat dicht? Zo ja, vanaf welke grootte van het petgat?
- Wat is de biomassa-productie van Riet op een drijvend rietmoeras van rijshout?
- Welke invloed hebben drijvende rietmoerassen op waterstroming, golfwerking en helderheid van water?
- Wat is het effect van maaibeheer op het drijfvermogen en de vegetatieontwikkeling van het drijvende rietmoeras?

2 Conceptueel ontwerp drijvend rietmoeras

2.1 Concept drijvend rietmoeras

Uit eerdere studies (o.a. Coops, 1996) is bekend dat vegetatie in de vooroever golfremmend werkt en tegelijkertijd de bodem kan stabiliseren en verhogen door voortdurende invang van sediment. Hierdoor wordt het achterliggende gebied minder blootgesteld aan de eroderende werking van golven. In het zoute milieu is dit waargenomen op schorren en kwelders, maar ook langs kusten die begroeid zijn met mangroves. In het zoete milieu, bijvoorbeeld langs het IJsselmeerkust (zoals de west-Friese kust), zijn gebieden aanwezig waar riet- en wilgenvegetaties een dergelijke beschermende werking uitoefenen. Veel randen van het Markermeer en IJsselmeer zijn echter te diep om zo'n vooroever te ontwikkelen, althans zonder verdere ingrepen. Het concept van een drijvend moeras is daarom vooral nuttig, omdat het hiermee niet meer noodzakelijk is om eerst sediment aan te brengen teneinde voldoende ondiepe zones voor groei van moerasvegetatie te scheppen. Daarnaast is er de mogelijkheid om drijvende rietmoerassen te gebruiken als scheiding tussen delen van het open water. De noodzaak dat de rietmoerassen ook op langere termijn blijven drijven hangt af van de toepassing. In dit onderzoek werd uitgegaan van permanent drijvende constructies.

Een mogelijk ontwerp is om op basis van matten van wilgentenen een 'drijvend' moeras aan te leggen waarin slib-invang wordt gestimuleerd en waar aan de onderzijde en windluwe kant zwevend stof kan bezinken. Aan de onderzijde van de mat kan hechting van 'filter-feeders' plaatsvinden en ontstaan paaiplaatsen voor vis. Het idee is voortgekomen uit natuurlijke referenties zoals drijvende zoetwatermoerassen in Louisiana en in de Donau delta, en trilvenen. De natuurlijke bodemvorming en daardoor geleidelijk afzinken van het moeras leidt tot opslag van CO₂. Maar de bovengrondse vegetatie van het drijvende moeras kan ook jaarlijks worden geoogst als biomassa voor energieopwekking. Baggerslib zou kunnen worden toegediend aan het moeras en wordt dan benut voor versnelde bodemvorming en als rijke basis voor continue hoge biomassa productie. De 'moerasmatten' kunnen ook worden benut om snel slappe slib bodems te stabiliseren. Bij een stijgend waterpeil zullen drijvende rietmoerassen niet 'verdrinken', en kan een blijvende golfremming worden geboden aan dijken en oevers.

2.2 Bestaande praktijk

Het idee om drijvende constructies te gebruiken voor civiel-technische en/of ecologische doeleinden is niet geheel nieuw. Het merendeel spitst zich toe op "floating wetlands" en "floating islands". (DHV Water BV, 1991; Tonkes, 1995; B & D Natuuradvies, 1998; AquaSense 2000). Hoewel het zowel buiten de scope van dit rapport als de beschikbare middelen valt om hier een volledig literatuurverslag van weer te geven, wordt toch een aantal steeds terugkerende aspecten genoemd, omdat die van belang kunnen zijn voor de rijnsmat toepassing.

Kunstmatige "floating wetlands" worden al geruime tijd bestudeerd met als doel toepassingen te creëren die werkzaam zijn op het gebied van verbetering van de waterkwaliteit, en de vorming van nieuwe en/of waardevolle habitats. Deze aspecten worden ook beoogd met de rijnsmat-toepassing binnen NMIJ, waarbij nog de doelstelling oeverbescherming kan worden toegevoegd.

Het drijfvermogen in natuurlijke “floating wetlands” wordt op twee manieren gerealiseerd:

1. Productie van gasen door anaerobe afbraak van organische stof;
2. Het voorkomen van luchtinsluitels in de levende biomassa, met name in de rhizomen van de aanwezige vegetatie;

Binnen dit experiment leveren in eerste instantie de wilgentakken zelf het benodigde drijfvermogen; in een later stadium zal echter het dode wilgenhout zich volzuigen met water en zijn drijvend vermogen verliezen. Op dat ogenblik moeten de rietwortels dusdanig ontwikkeld zijn, dat deze voldoende drijfvermogen genereren. Ten tijde van de aanleg van de rijmat was onbekend hoe snel het dode wilgenhout zijn drijfvermogen zou verliezen, en hoeveel tijd Riet nodig zou hebben om voldoende drijfvermogen te genereren. Het drijfvermogen zal tevens afhangen van de verhouding tussen plantaardig materiaal en ingevangen slib en de veranderingen daarin. Als de slibvang aanzienlijk is, moet mogelijk in de loop van het experiment kunstmatig drijfvermogen worden toegevoegd.

Met betrekking tot de waterkwaliteit gaat het met name om (fysieke) slibvang en het creëren van een rustige waterkolom onder de drijvende mat. Zo wordt vertroebeling tegengegaan. Als groeimedium worden kokos en veen geopperd. Ook de toevoeging van puimsteen of perliet, beide van vulkanische oorsprong, kan als lichtgewicht bulkmateriaal bevorderlijk zijn voor de plantengroei. Een natuurlijk alternatief zou bamboe kunnen zijn. Er zijn bedrijven die “vlotmodules” (vierkant of driehoekig) leveren voor de constructie van drijvende eilanden of matrices van plastic en/of polyester:

- Bestmann Green Systems (www.bestmann-green-systems.com)
- AGA Group (www.agagroup.co.uk)
- Oceans Ark International (www.oceansarks.org)
- Floating Islands International (www.floatingislandsinternational.com)

Een voorbeeld van een project omtrent drijvende eilanden wordt als vergelijkingsmateriaal hieronder kort beschreven.

- *BioHaven® floating islands*
Deze toepassing richt zich op het verwijderen van nutriënten uit waterbekkens waar vervuilde stadswaterstromen op lozen. Basis is een matrix van (gerecycled) plastic met piepschuim. Het drijvende eiland wordt beplant met graszoden, moeras- en/of tuinplanten. Uit laboratoriumstudies en pilot-projecten blijkt vooral de verwijdering van ammonium, nitraat, fosfaat en organisch koolstof succesvol. Ter indicatie, de verwijderingscapaciteit van de eilanden is voor ammonium en nitraat ca. 70 mg/m²/dag en ca. 10 mg/m²/dag voor fosfaat.
- Om de waterzuiverende werking van de mat te stimuleren kan gedacht worden aan het beplanten van de mat. Planten die bekend staan om hun waterzuiverende werking zijn Riet, Gele Lis, Kalmoes, Grote Lisdodde, Mattenbiezen, Waternavel, Eendekroos (*Lemna* sp.) en Waterhyacint. Voor drijvende systemen lijken vooral Riet, Gele Lis, Mattenbies en Kalmoes geschikt (CUR, 1995, 1999).

2.3 Ontwerp en productie van rijsmatten

De tekst van deze paragraaf en het kader 'wiepen en zinkstukken' komt uit den Hamer & Booster (2008).

Wilgenhout wordt nog steeds breed toegepast in Nederland. Met name in de civiele techniek wordt wilgenhout nog toegepast in de vorm van klassieke zinkstukken mogelijk in combinatie met geotextielen. Het drijfvermogen van de wilgentakken wordt daarbij alleen bij het aanbrengen gebruikt, en wordt dan opzettelijk opgeheven door bijv. steenbestorting. Daarnaast wordt wilgenhout gebruikt in beschoeiingen en in stuifschermen (strand) en heggen. In onderstaand kader ('Wiepen en zinkstukken') staat een beschrijving weergegeven van het ontwerp en de productie van klassieke zinkstukken.

Intermezzo: Wiepen en Zinkstukken

Wiepen

Een wiep is een rol van rijshout, machinaal omwikkeld met touw. Met rijshout bedoelen we allerlei soorten 2- tot 4-jarig wilgenhout. Dit rijshout wordt in de winter gekapt of gemaaid. Van het rijshout worden bossen met een omtrek van circa 60 cm gemaakt. De bossen van rijshout worden machinaal bewerkt ter productie van wiepen. Het rijshout wordt hierbij machinaal geperst en omwikkeld met touw. De hoeveelheid touw bepaalt in grote mate de uiteindelijke sterkte van de wiep. De dikte van een wiep is tevens variabel. Doorgaans gaat het om wiepen met een omtrek van 30 a 40 cm. De lengte van een wiep kan oplopen tot 20 meter.



Figuur 2.1 Matrix van wiepen als basis voor een klassiek zinkstuk (foto uit Hamer den & Booster, 2008)

Klassieke zinkstukken

Een klassiek zinkstuk is een mat compleet opgebouwd van rijshout (hout van knotwilgen e.d.). Het is een zinkstuk zonder een laag geweven kunststof doek eronder. Klassieke zinkstukken worden vervaardigd om de bodem en oever tegen de eroderende werking van het water te beschermen. Zinkstukken voor op de waterbodem, en kraagstukken ter bescherming van de oever.

Zinkstukken worden vaak toegepast in combinatie met dijken vanwege het gunstige effect op de zandhuishouding voor de dijk. De zeestroming schuurt het zand voor een dijk normaal gesproken weg. Deze 'ontgrondingskuil' komt door het aanbrengen van zinkstukken verder zeewaarts te liggen wat de stabiliteit van de dijken versterkt en ze minder gevoelig maakt voor erosie. Om de zinkstukken op hun plaats te houden worden ze bestort met basaltblokken of ander zwaar materiaal.

Een klassiek zinkstuk is zeer zwaar en vaak omvangrijk in grootte. Om deze reden wordt het zinkstuk op locatie op buizen gebouwd zodat het soepel zonder beschadigingen in het water kan glijden. De locatie moet om deze reden bereikbaar zijn met een mobiele kraan (in natuurgebieden kan dit een praktisch probleem vormen). Tussen de buizen worden touwen gelegd (sleeplijnen). Die sleeplijnen lopen van het water tussen de buizen naar de uitgerekende



Figuur 2.2 Klassiek zinkstuk (matrix van wiepen gevuld met rijshout) (foto uit Hamer den & Booster, 2008)

plaats. Er lopen langere en kortere lijnen. De sleeplijnen zijn nodig om het zinkstuk te water te slepen. Voor het slepen naar het water wordt een sleepboot of kraanschip gebruikt.

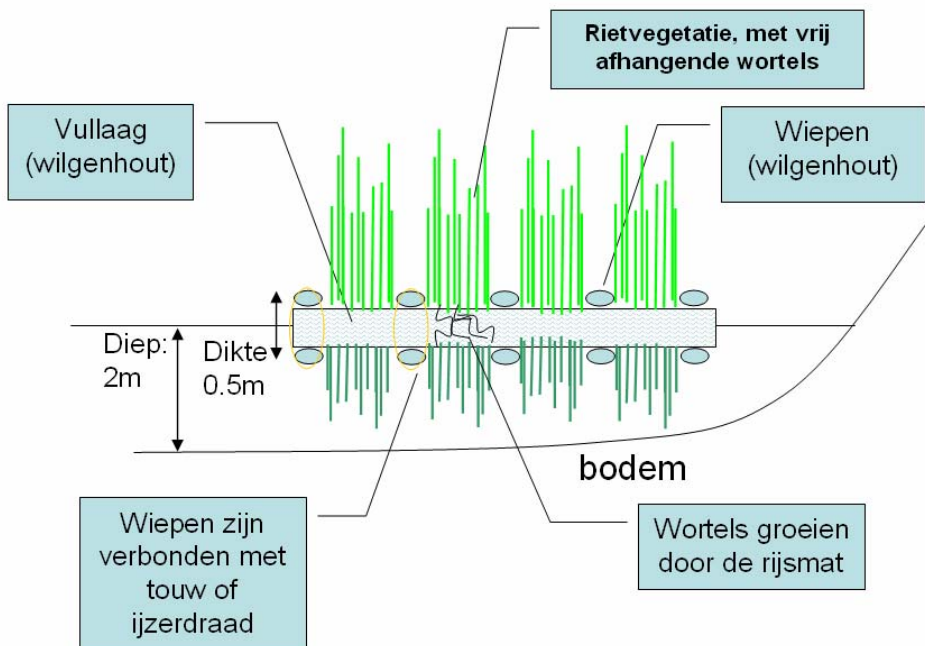
Op de buizen wordt handmatig een raamwerk van wiepen gemaakt (Figuur 2.1.). De wiepen worden om de meter parallel aan de vorige wiep gelegd. Een tweede laag wiepen wordt hier haaks opgelegd. Polypropeen touwtjes worden gebruikt om ieder kruispunt vast te zetten. Nadat alles is vastgezet worden bossen van rijshout op de bovenste laag wiepen uitgespreid. De bossen worden losgesneden en gelijkmatig verdeeld tot circa een dikte van 10 tot 15 cm. Het aantal centimeters rijshout en de dikte van wiepen zijn afhankelijk van de toepassing. Op de eerste laag rijshout wordt nog een tweede laag aangebracht haaks op de eerste. We hebben nu twee lagen wiepen en twee lagen hout. In de volgende stap wordt weer een laag opgebouwd. Deze laag wiepen ligt haaks op de laatste laag rijshout. Over deze laag wiepen wordt nogmaals haaks een laag wiepen aangebracht. De lagen wiepen en rijshout worden op de verschillende kruispunten goed aan elkaar geknoopt. Het resultaat is te zien in figuur 2.2. Het zinkstuk is nu klaar voor afzinken. Door meerdere lagen wiepen en rijshout te gebruiken is een sterkere constructie te verkrijgen.

Een tweede mogelijkheid is om een zinkstuk te fabriceren in combinatie met geotextielen. Voordeel is dat het zinkstuk hierdoor veel minder rijshout en wiepen bevat. Het geotextiel wordt vastgemaakt aan het onderste raamwerk van wiepen door middel van lussen. Op elk kruispunt wordt een touwtje om de wiepen en door de lus gehaald en vastgeknoopt. Het geotextiel zit nu vast aan de wilgenmat.

De toepassing van rijsmat als zinkstuk verschilt sterk met het doel van dit experiment, namelijk de ontwikkeling van een duurzaam drijvende rijsmat, waarop rietmoeras tot ontwikkeling komt. Geen van de aannemers heeft een duidelijk beeld hoelang een rijsmat kan blijven drijven (zie bijlage 2); dit is dan ook één van de onderzoeksvragen in dit project.

2.4 Definitief conceptueel ontwerp

Op basis van bovenstaand kader ("wiepen en zinkstukken") en aanvullende informatie van aannemers (bijlage 2) is gekozen om een rijsmat te benutten als natuurlijke drijvende basis voor het rietmoeras. Rietgroei wordt geïnitieerd door aanbrengen van verse rietwortels. De rijsmat bestaat uit wilgentwijgen die minstens een jaar eerder zijn geoogst, om groei van wilgen te voorkomen (figuur 2.3.). De vullaag tussen wiepen is dubbeldik om extra drijfvermogen te realiseren en om te voorkomen dat grazende ganzen makkelijk toegang hebben tot wortels en scheuten van Riet.



Figuur 2.3 Schematische doorsnede van een drijvende rietmat

3 Technisch ontwerp

De randvoorwaarden voor een ontwerp van drijvende rijsmatten zijn:

- goede maakbaarheid;
- robuustheid;
- effectiviteit van vorm en schaal;
- duurzaamheid materiaal.

Deze ontwerpaspecten staan hieronder in de paragrafen uitgewerkt.

3.1 Maakbaar ontwerp

Er is veel ervaring met bouwen van klassieke rijsmatten. Rijsmatten worden in elementen op het droge gebouwd, langs de waterkant zo dicht mogelijk bij de beoogde locatie van toepassing en worden vervolgens in het water aan elkaar gekoppeld tot grotere eenheden. Jaarlijks worden vele hectares van rijsmatten geconstrueerd waarvoor wilgenhout wordt benut dat in grienden en wilgen-‘plantages’ wordt gekweekt en geoogst. Rietwortels worden door gespecialiseerde bedrijven gekweekt en zijn in ruime mate beschikbaar.

3.2 Robuustheid

Een drijvend rietmoeras moet voldoende sterk zijn om gedurende lange tijd blootstelling aan golven te kunnen weerstaan. In principe wordt de sterkte bepaald door de sterkte van de touw- en draadverbindingen waarmee wiepen worden geconstrueerd en waarmee wiepen onderling worden verbonden. In dit experiment is gekozen om onderlinge verbindingen te maken van staaldraad; weliswaar is dit niet volgens het principe van ‘cradle to cradle’, maar een goede versteviging werd noodzakelijk geacht voor de stevigheid van de rijsmat. De treksterkte van het wilgenhout zal afnemen in de loop der tijd door verrotting van de twijgen. In principe moet de uiteindelijke sterkte mede bepaald worden door de levende rietwortels die de matrix gaan doorgroeien.

3.3 Effectieve vorm en schaal

De proef moet worden uitgevoerd op effectieve schaal. Dit houdt in dat er voldoende oppervlakte is om bijvoorbeeld golfdamping goed te kunnen meten. Ook invloed op waterhelderheid eist een grootte waarbij voldoende rustig water ontstaat om stroomremming en slibbezinking te realiseren. Eveneens geldt dat voor rietgroei voldoende rustige zones aanwezig moeten zijn, zonder golfoverslag waar het Riet succesvol kan opschieten. Op basis hiervan is gekozen voor een grootte van tientallen meters. Voor wat betreft vorm is voorgesteld om ‘petgaten’ te creëren binnen de rietmat, opdat hier interessante land-water overgangen zouden kunnen ontstaan, met hoge natuurwaarde. Tevens wordt hiermee materiaal uitgespaard zonder de effectiviteit te reduceren. Het al dan niet uitgroeien van Riet in de petgaten is als onderzoeksvraag in dit project meegenomen.

3.4 Duurzaam materiaalgebruik

In dit project is gekozen om waar mogelijk gebruik te maken van natuurlijke materialen en afvalstromen. Hiermee sluiten we aan bij RWS duurzaamheidsbeleid. Hierdoor is het gebruik

van materialen zoals polystyreen uitgesloten. Griendhout is als afvalstroom uit onderhoud van grienden beschikbaar en kan na afronding van het experiment worden benut als biobrandstof. In het geval van omvorming tot natuurlijk rietmoeras is een matrix van griendhout volkomen schoon (op het staaldraad na) en op den duur wordt het materiaal omgezet in natuurlijke bodem. Het gebruik van staaldraad strookt echter niet met het duurzaamheidsbeleid van Rijkswaterstaat; voor de toekomst dient dan ook onderzocht te worden wat de beste verbindingen zijn die wel binnen dit beleid passen.

3.5 Verwijdering en hergebruik van materiaal

Bij afbreken van de proef is het wenselijk om materiaal te recyclen en te benutten voor een volgende toepassing (Cradle to Cradle concept). Het wilgenhout is na gebruik als rijsmat niet zonder meer herbruikbaar voor een constructieve toepassing. Het hout kan worden versnipperd en vervoerd naar een bio-energie centrale. Eventueel kan het hout worden benut voor toepassingen en houtwallen, paden en dergelijke. Indien staaldraad is gebruikt, dan dient dit eerst verwijderd te worden.

3.6 Voorwaarden locatiekeuze

De locatie voor de proef moet voldoen aan een aantal fysische en praktische randvoorwaarden:

- enigszins beschut tegen golfslag; er moet echter wel voldoende golfslag zijn om golfdemping te kunnen meten;
- bereikbaar voor werkboot;
- nabij loswal;
- bereikbaar voor monitoring;
- vrij van bekabeling of andere kritische constructies.

3.7 Locatiekeuze en aanleg

In overleg met het NMIJ projectteam is gekozen voor een locatie in Markermeer nabij de Houtribsluizen (zie figuur 3.1), in het gebied van de gemeente Lelystad. Het betreft een zone met een waterdiepte van ongeveer 3 – 4 meter, nabij een loswal, waar constructie van de rijsmat mogelijk is. De mat is niet toegankelijk vanaf de wal, zodat onbevoegde betreding wordt bemoeilijkt.



Figuur 3.1 De locatie waar de verschillende delen van de rijsmatten gefabriceerd zijn ("assemblage") en de locatie waar het experiment met de rijsmat is uitgevoerd

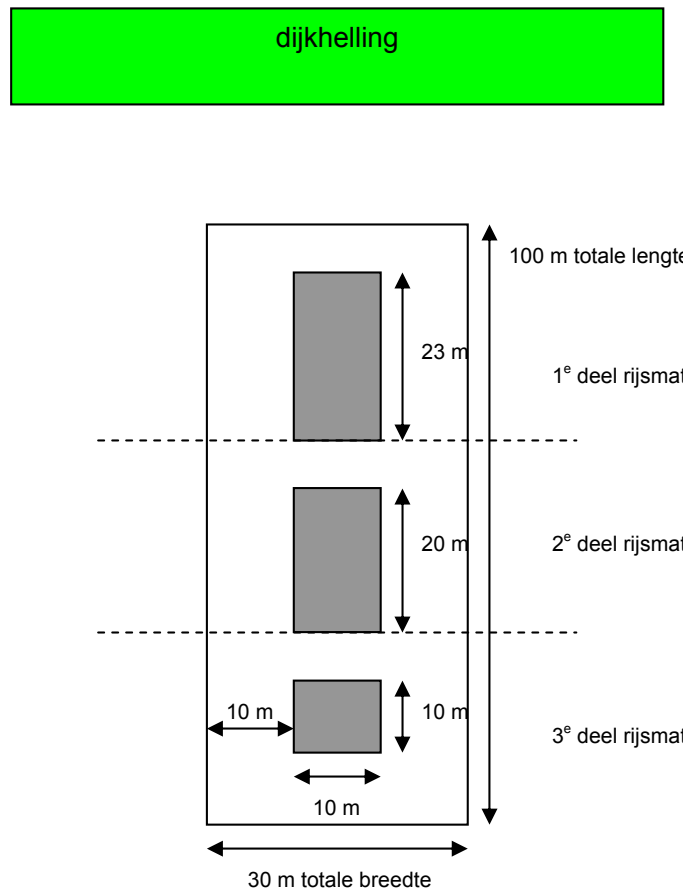
3.8 Materialen en hardware, constructie in het veld

De totale omvang van de drijvende mat is 100 meter bij 30 meter zoals in figuur 3.2. is weergegeven. Tussen de wiepen zijn 4 lagen wilgentenen aangebracht, resulterend in een totale dikte van ongeveer 40 cm. De rietwortels zijn aangebracht op verschillende laagdieptes (op 1e, 2e en 3e 'tussenlaag') en de dichtheid van de rietwortelstokken is grofweg 20 per m². Van de gebruikte rietwortels bedroeg de minimale lengte circa 25-30 cm.

De rijsmat is in drie afzonderlijke delen gemonteerd (zie figuur 3.2.), die vervolgens in het water aan elkaar zijn gezet. Het voorste deel (het dichtst bij de dijk) is als eerste gereed gekomen, vervolgens het middelste en achterste deel (voor tijdsplanning, zie paragraaf 4.1.). Uiteindelijk zijn drie petgaten gerealiseerd met variabele omvang:

- Eerste deel (kortste afstand tot dijk): 23 * 10 meter
- Middelste deel: 20 * 10 meter
- Achterste deel: 10 * 10 meter

De rijsmatdelen zijn aan elkaar bevestigd met staaldraad. Het westelijke en zuidelijke deel van de rijsmat zijn het meest geëxponeerd op de wind, voor extra versteviging zijn hier wiepen aangebracht.



Figuur 3.2 De totale mat bestaat uit drie delen, zoals door stippellijnen in de figuur is weergegeven: twee u-vormige delen en een o-vormig deel. De delen zijn met staaldraad aan elkaar gevlochten

De rijsmat is gebouwd met droog wilgenhout van de volgende soorten:

- Eerste deel (kortste afstand tot dijk): 100% *Salix alba*;
- Tweede deel: 100% *Salix alba*;
- Derde deel: 25% *Salix alba*; 75% *Salix viminalis*.

Vanwege tekort aan houtmateriaal van *Salix alba*, is het derde deel aangevuld met hout van *Salix viminalis*. Al het hout is drie jaar voor de verwerking in de matten geoogst; opnieuw uitlopen van het hout is daarmee uitgesloten. In totaal is 2.440 m² drijvende mat gerealiseerd met ongeveer 80 ton hout en zijn 48.800 stuks rietwortels gebruikt van ongeveer 25 - 30 cm.

Verankering rijsmat

De mat is verankerd met behulp van 30 houten heipalen die rondom de matten zijn geplaatst met een onderlinge afstand van 10 meter. De palen waren 12 meter lang en hadden een diameter van 25 cm. De heipalen zijn in dwarse richting overspannen met ijzerdraad.

4 Werkwijze

4.1 Aanleg en onderhoud van de rijsmat

In de oorspronkelijke offerte aan de Waterdienst staat vermeld dat de rijsmat gelet op de gewenste rietontwikkeling uiterlijk begin juni 2009 zou worden aangelegd. Op dat moment was echter nog een aantal zaken met betrekking tot de realisatie onduidelijk, zoals de locatiekeuze. De planning is tijdens de Project Start UP (PSU) van 5 juni 2009 aangepast en conform die afspraak uitgevoerd.

Na circa twee maanden begon het rietmoeras te zinken; dit heeft grote gevolgen gehad voor het verdere proces en het onderzoek. Slechts een deel van de onderzoeksvragen is daardoor beantwoord (zie paragraaf 6.1.). Onderstaand is een overzicht gegeven van het tijdsverloop vanaf de start tot de beëindiging van het experiment:

- Informatie ten aanzien van de ondergrond is tijdens de PSU van 5 juni 2009 aan de aannemer gegeven;
- een KLIK-melding (juni 2009) op aanwezigheid kabels en leidingen is door de aannemer uitgevoerd;
- 17 juni: inrichten bindplaats waar het ruwe materiaal tot matten is verwerkt;
- 18 juni: start bouw rijsmat in drie delen en het aanbrengen rietwortels;
- 20 juni: eerste deel van de rijsmat in het water;
- 24 juni: tweede deel van de rijsmat in het water;
- 26 juni: derde deel van de rijsmat in het water; gereed komen van complete rijsmat.
- begin juli: aanbrengen van waarschuwings- en verbodsborden op de heipalen door de aannemer;
- 1 september: rijsmat was deels gezonken;
- 4 - 11 september: vergroten drijfvermogen door het plaatsen van plastic jerrycans;
- 13 oktober: schade aan de rijsmat, hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door de storm;
- december 2009: beëindiging experiment, verwijdering van het materiaal.

Het experiment had het karakter van een pilotstudie. Door het late tijdstip van aanleg van de rijsmat (eind juni), de experimentele opzet van het experiment (slechts één replica, waardoor de resultaten niet statistisch kunnen worden verwerkt) en het voortijdige zinken van de rijsmat heeft dit experiment een aantal duidelijke methodologische beperkingen. In paragraaf 6.2. wordt hier nader op ingegaan.

In onderstaande paragraaf is de methodiek beschreven voor de beantwoording van de onderzoeksvragen, zoals die in paragraaf 1.7 zijn vermeld.

4.2 Methodiek van monitoring

Drijfvermogen en interne stabiliteit

De rijsmat is aangelegd tussen 20 en 26 juni 2009. Gedurende de periode juli – december 2009 is regelmatig het drijfvermogen en de interne stabiliteit van de rijsmat vanaf de oever gecontroleerd. Hierbij is een vast punt aan de voorzijde van de rijsmat uitgekozen, waarbij in het veld de afstand van de bovenkant van de rijsmat tot het wateroppervlak is ingeschat. In de periode half juli – eind oktober gebeurde dit minimaal eens per week. Tijdens de inspectierondes op 17 juli, 11 augustus en 1 september 2009 is deze afstand daadwerkelijk gemeten, op andere data is deze afstand ingeschat vanaf de oever. Bij deze metingen moet

echter bedacht worden dat de diepteligging van de verschillende delen van de rijsmat na verloop van tijd steeds ongelijkmatiger werd (zie ook resultaten).

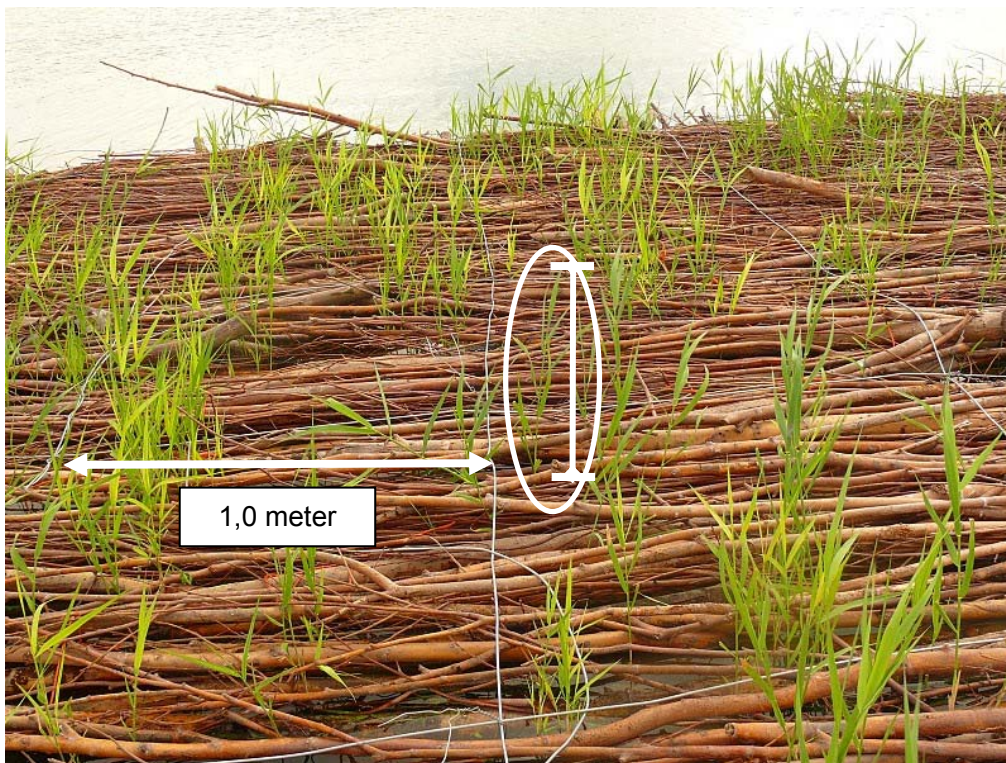
Vegetatie-ontwikkeling (biomassa-ontwikkeling, dichtgroeien petgaten, maaibeheer)

Op 17 juli, 11 augustus en 1 september 2009 zijn door de opsteller van dit rapport inspectierondes op de rijsmat uitgevoerd. Hierbij is de stabiliteit van de constructie gecontroleerd, en zijn veel foto's gemaakt (op 11 aug en 1 sept). Aan de hand van deze foto's is de vegetatie-ontwikkeling van een aantal plots gemonitord. Plotgrootte was één vierkante meter. Voor deze plots zijn de volgende variabelen bepaald (zie ook tabel 4.1.):

1. gemiddelde hoogte van het Riet (de lengte van het Riet is bepaald ten opzichte van een in het veld gemeten vaste lengte, die eveneens op de foto is vastgelegd);
2. aantal rietstengels;
3. percentage bedekking Riet;
4. aantal stengels met (vogel)graas;

Bovenstaande variabelen zijn gemeten van zijwaarts genomen foto's (Figuur 4.1.). De lengte is bepaald aan de hand van een opgemeten stuk lengte op de rijsmat (veelal de vaste afstand tussen de wiepen). Voor de bepaling van vogelgraas is op de foto's ingezoomd. De nauwkeurigheid van de metingen verschilt per variabele. De waarden van de variabelen 'aantal stengels' en 'aantal stengels met vogelgraas' geeft een goede weergave van de werkelijkheid. De bepaling van de lengte van de rietstengels daarentegen werd door veel factoren beïnvloed, zoals het perspectief van de foto (planten 'voorin' de foto worden groter geschat dan achterin), het niet kunnen traceren van de exacte locatie van de top van de stengel, en het effect van wind waardoor planten 'scheefhingen'. De resultaten van de stengellengte geven dus alleen een grove schatting van de absolute waarden; niettemin blijft een onderlinge vergelijking van de resultaten (tussen de verschillende delen van de rijsmat) wel mogelijk. Het percentage bedekking van Riet is bepaald door 'schuine projectie' op de bodem. Mede gezien de overwegend lage bedekkingspercentages van de rietstengels zijn deze metingen ook aanzienlijk minder nauwkeurig. Het 'percentage bedekking Riet' moet vooral als aanvulling gezien worden op de variabele "aantal rietstengels"; de laatstgenoemde variabele is wel nauwkeurig bepaald (zie hierboven).

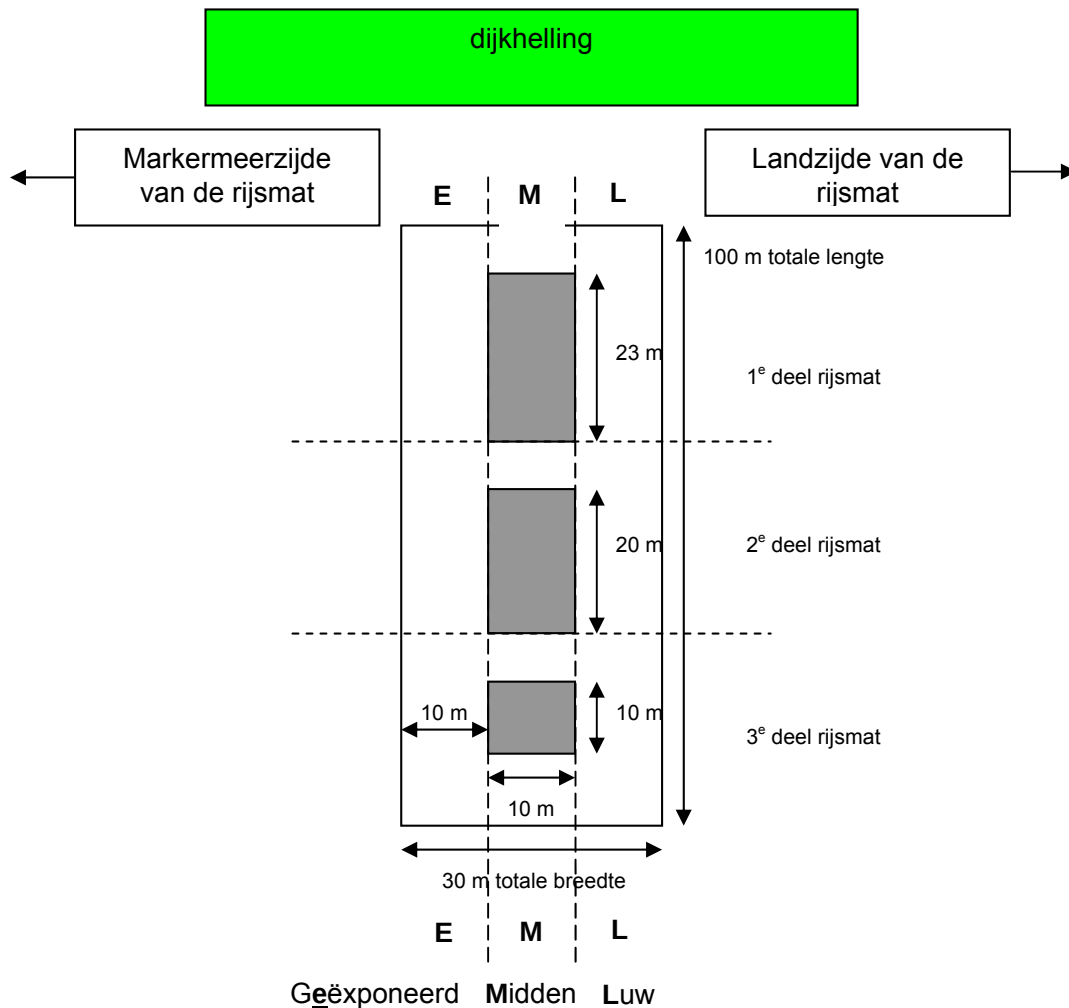
De variabelen die in de plots zijn gemeten, zijn afzonderlijk bepaald voor de drie delen van de rijsmat (zie figuur 4.2); bij de uitwerking is de vegetatie-ontwikkeling gekoppeld aan de mate van expositie ten opzichte van golfslag. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een windgeëxposeerd deel (Markermeerzijde), het middendeel van de rijsmat (het oppervlak tussen de petgaten in), en de luwe zijde van de rijsmat (het deel van de rijsmat dat aan de landzijde ligt). Aldus is de rijsmat onderverdeeld in negen zones (3 verschillen in expositie * 3 delen van de rijsmat). In tabel 4.1 is het aantal plots weergegeven voor de verschillende delen van de rijsmat. Op de meetdatums was de diepteligging van de rijsmat sterk ongelijkmatig verdeeld: delen van de rijsmat die duidelijk waren gezonken, zijn buiten de monitoring gehouden. Op 11 augustus en 1 september zijn de plots *random* gekozen (onder voorwaarde dat de betreffende plots niet gezonken waren; zie echter ook paragraaf 6.2.). Aangezien de diepteligging van de verschillende onderdelen sterk varieerde, verschilt het aantal plots sterk tussen de verschillende delen van de rijsmat (Tabel 4.1.).



Figuur 4.1 *Inschatting van de lengte van de rietplanten aan de hand van foto's. De lengte van de planten is afgemeten ten opzichte van een bekende lengte op de foto (die in het veld is opgemeten). De plant waarop de meting is uitgevoerd, is omcirkeld in bovenstaande foto. Dergelijke metingen geven alleen een indicatie van de daadwerkelijke lengte van de rietplanten (voor verdere uitleg: zie tekst)*

Tevens is het drooggewicht bepaald van Riet. Hiervoor is in het laboratorium een twintigtal rietstengels (verzameld over het gehele oppervlak van de rijsmat) gedroogd bij 60°C, totdat geen gewichtsdaaling meer optrad. Op basis van het drooggewicht en de dichtheden en lengte van de planten is de Riet-biomassa per vierkante meter berekend op 11 augustus en 1 september. Gezien de problemen bij de lengtebepaling van de planten (zie hierboven), geven de resultaten alleen een indicatie van het drooggewicht.

Op 11 augustus zijn de wortelstelsels van Riet visueel geïnspecteerd. Hierbij werd een kwalitatieve inschatting gemaakt van de ontwikkeling van het wortelstelsel (aantal en lengte van de wortels), en – indien mogelijk – uit welke tussenlaag van aangebrachte rietwortels de rietplanten groeiden. Hiervoor werden voor ieder deel van de rijsmat 10 planten (5 'groene' en 5 'vergeelde' planten; zie figuur 5.8) uit de rijsmat getrokken. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen het eerste, tweede en derde deel van de rijsmat, welke ieder onderverdeeld waren in een luwe, midden en geëxponeerde zone (in totaal zijn dus 3 (delen) * 3 (expositie) * 10 (N planten) onderzocht).



Figuur 4.2

Indeling van de rijsmat in een geëxponeerd deel (Markermeerzijde), een middendeel (tussen de petgaten) en een luw deel (landzijde) van de rijsmat. Deze indeling is gebruikt voor het vegetatie-onderzoek. Voor ieder van de drie delen van de rijsmat zijn verschillende vegetatievariabelen gemeten in resp. het luwe, middenstuk en geëxponeerde deel. De petgaten zijn grijs gearceerd

Tabel 4.1 Aantal plots voor de verschillende delen van de rijsmat waarop de vegetatie is gemeten. Op 1 september was het derde deel van de rijsmat reeds gezonken, waardoor dit deel van de rijsmat niet op die datum is bemonsterd

Deel	Wind-expositie	Aantal plots 11 aug	Aantal plots 1 sept
1	luw	14	23
1	midden	6	4
1	geëxponeerd	5	25
2	luw	19	12
2	midden	3	8
2	geëxponeerd	40	13
3	luw	5	-
3	midden	3	-
3	geëxponeerd	15	-

Tijdens de veldinspecties op 11 augustus en 1 september is eveneens de aanwezigheid en abundantie van andere plantensoorten (dan Riet) onderzocht. Hierbij zijn ook locaties buiten de plots bezocht. Hiervoor is naar schatting 70 – 80% van het oppervlak van de rijsmat onderzocht dat ten tijde van de bemonstering nog niet was gezonken.

Voor de bepaling van het effect van de rijsmat op de vegetatie-ontwikkeling zijn alleen de plots op de rijsmat zelf bemonsterd (zoals hierboven beschreven); er heeft geen onderzoek plaatsgevonden in een nabijgelegen referentie-oeverplot met rietvegetatie. Tevens heeft, gezien de geringe rietontwikkeling en korte tijdsduur van het experiment, geen maaibeheer plaatsgevonden, en kon dit dus ook niet worden geëvalueerd.

Effect rijsmat op golfwerking, waterstroming en habitats onder water

De metingen van golfdemping en waterstroming waren gepland voor de winter. Door het vroegtijdige zinken van de rijsmat zijn deze metingen niet uitgevoerd. Bovendien zouden deze metingen sterk zijn beïnvloed door de aanwezigheid van jerrycans, doordat deze de waterstroming sterk kunnen afremmen. Een dergelijke constructie (met jerrycans) wordt hoogstwaarschijnlijk niet in de toekomst toegepast, waardoor metingen aan golfdemping en waterstroming niet representatief zijn voor toekomstige toepassingen. Eveneens zijn door het vroegtijdige zinken geen metingen aan habitats onder water (macrofauna) uitgevoerd.

5 Resultaten

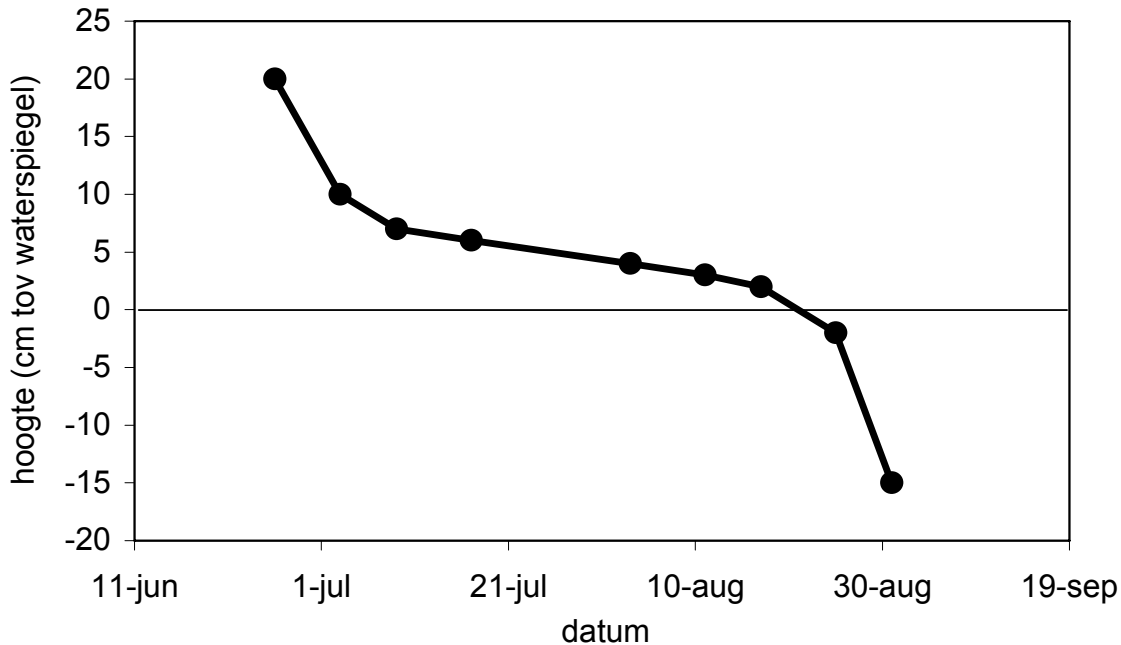
5.1 Resultaten drijfvermogen en interne stabiliteit

Drijfvermogen

In figuur 5.1 is de hoogte van de rijsmat ten opzichte van de waterspiegel weergegeven. Dit betreft het deel dat vanaf de oever het best zichtbaar was (deel 1 van de rijsmat, zie afbeelding 3.2.). Bij de aanleg stak de rijsmat circa 20 cm boven de waterspiegel uit. Binnen twee maanden tijd is de gehele mat met meer dan 20 cm gezonken, waardoor de bovenrand van de mat gelijk aan het wateroppervlak lag (zie Figuur 5.1 en 5.2.). Naarmate de tijdsduur van het experiment vorderde, werd de diepteverdeling van de rijsmat steeds meer ongelijkmatig verdeeld. Hierdoor is het gemeten punt zeker niet representatief voor de diepteligging van de gehele rijsmat. Gemiddeld genomen toonde het derde (meest geëxponeerde) deel van de rijsmat de sterkste daling, gevolgd door het eerste rijsmat-deel (aan de oever-zijde). Het middendeel van de rijsmat vertoonde de geringste daling; niettemin lag de bovenrand van dit deel van de rijsmat begin september ook vrijwel gelijk aan het wateroppervlak.

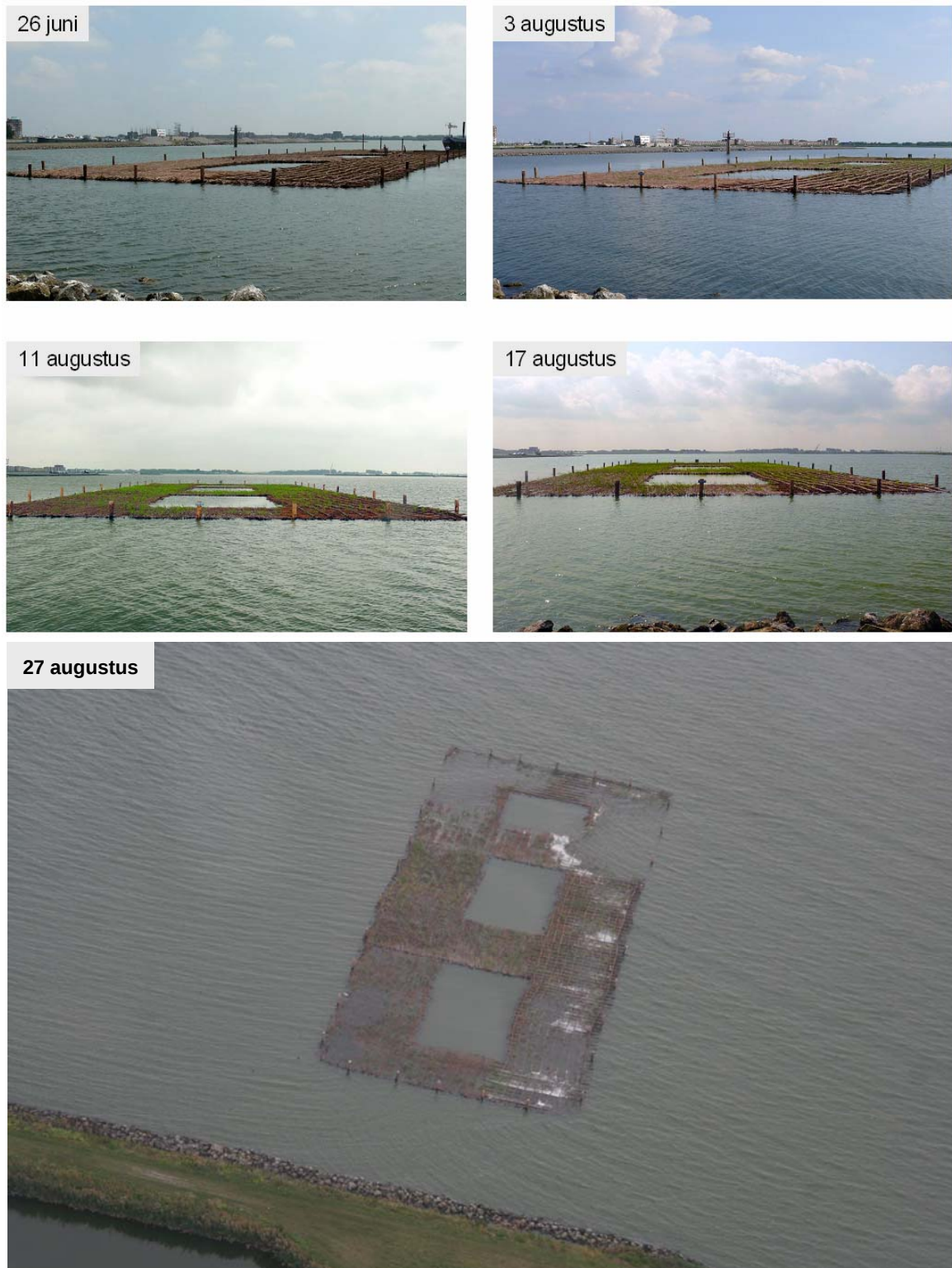
De afname van het drijfvermogen werd waarschijnlijk veroorzaakt door wateropname van het hout; deze wateropname is echter niet gekwantificeerd. Wanneer een deel van de rijsmat onder water staat, lijkt het zinken sneller te verlopen. Dit gold met name voor het derde deel dat het meest aan zuidwesten wind was blootgesteld (Figuur 5.2.).

In de laatste dagen van augustus is het derde deel van de rijsmat gezonken, terwijl de resterende delen 1 en 2 van de rijsmat bleven drijven. In de eerste week van september is ook deel 1 van de rijsmat onder de waterspiegel verdwenen; deel 2 (het middendeel) is nooit gezonken. De voor- en achterrand van de rijsmat (van resp. het eerste en derde deel) kwamen hierbij op circa 2,5 - 3 meter diepte tegen de waterbodem aan.



Figuur 5.1 Hoogteligging van de rijsmat ten opzichte van de waterspiegel. Na 1 september is de hoogteligging niet meer weergegeven, omdat de rijsmat vanaf toen zeer ongelijkmatig in het water lag (ook na het herstel van drijfvermogen)

In de periode 4 – 11 september is het drijfvermogen van de rijsmat verhoogd door de plaatsing van een 800-tal plastic jerrycans onder de rijsmat (Figuur 5.3.), met een drijfvermogen van 25 kg/stuk. Deze jerrycans zijn door duikers aangebracht. Het drijfvermogen van het (nooit afgezonken) middendeel van de rijsmat was binnen één dag hersteld; voor het (reeds gezonken) eerste en derde deel kostte dit echter aanzienlijk meer tijd. Na de plaatsing van de jerrycans stak de rijsmat circa 10 cm boven het wateroppervlak uit. Evenwel was het drijfvermogen van de voorheen afgezonken delen van de rijsmat duidelijk aangetast. Vanaf eind september daalden deze delen van de rijsmat weer geleidelijk ten opzichte van de waterspiegel, waarbij delen van de rijsmat oppervlakkig onder water verdwenen, en grote plassen water ontstonden (Figuur 5.4.).



Figuur 5.2. Ligging van de rijsmat vanaf de start van het experiment (eind juni) tot vlak voor het ogenblik dat de rijsmat gedeeltelijk zonk (eind augustus) (Foto's: M. Tosserams, G. van Geest en Waterdienst)



Figuur 5.3. Door middel van het plaatsen van plastic jerrycans onder de rijsmat is het drijfvermogen van de rijsmat vergroot. Deze jerrycans zijn door duikers onder de rijsmat aangebracht (Foto: G. van Geest)

Interne stabiliteit

Na afloop van een storm op 3 oktober 2009 werd er duidelijk schade vastgesteld aan de rijsmat. Het tweede en derde deel van de mat waren deels van elkaar losgeraakt (zie figuur 5.4. en 5.5.). Het (loszittende) derde deel van de rijsmat leek een duidelijke druk uitgeoefend te hebben op de heipalen waardoor één heipaal duidelijk scheef stond en twee andere 'uit het lood' (alle drie aan de landzijde van de rijsmat). Voorts was het achterste deel van de rijsmat verder in het water gezakt ten opzichte van 2 oktober. Ook de landwaarts gelegen punt van het eerste deel van de rijsmat lag (oppervlakkig) onder water. Hier was een rij jerrycans onder de mat vandaan geschoten (Figuur 5.4.).



Figuur 5.4. Overzicht van de rijsmat na de storm van 3 oktober (foto: 6 oktober 2009). Op het eerste en derde deel van de rijsmat zijn waterplassen zichtbaar. (Foto: G. van Geest)



Figuur 5.5. Schade aan de mat als gevolg van de storm van 3 oktober. Op beide foto's is zichtbaar dat het tweede (middelste) en derde (achterste) deel van de rijsmat 'scheef' liggen (zie pijlen in figuur). Eveneens staan verschillende heipalen scheef (linkerfoto), wat waarschijnlijk het gevolg is van de druk die de storm op de heipalen heeft uitgeoefend (Foto's: G. van Geest)

De storm van 3 oktober was relatief mild ten opzichte van stormen die tijdens het najaar en winterseizoen regelmatig voorkomen. De gemiddelde windkracht over de gehele dag was 5 Beaufort (Bft), de hoogste uurgemiddelde waarde 6 Bft, en de hoogst gemeten windstoot 8 Bft (gegevens weerstation Lelystad; bron: www.knmi.nl). Het venijn van deze storm zat hem echter in de windrichting: deze was namelijk vrijwel strak zuidwest (227°), waardoor de golven precies tussen de opening van twee nabijgelegen strekdammen kon komen, en de strijklengte maximaal was (circa 9 km, over het Markermeer tot aan de dijk van Zuidelijk Flevoland; zie Figuur 5.6.). Op grond van deze resultaten is geconcludeerd dat de rijsmat niet 'storm-proof' was, en dat er een groot risico bestaat op grote beschadigingen tijdens storm bij rijsmatten die volgens dit principe zijn gemaakt. Hierbij is een reële mogelijkheid op 'losslaan' van de rijsmat, doordat de heipalen de druk niet kunnen weerstaan.



Figuur 5.6. Gemiddelde windrichting van de storm van 3 oktober 2009 (ZW-wind: 227°) en de strijklengte van de golven waaraan de rijsmat op die datum blootstond (circa 9 km, zie gele lijn). Voor verdere uitleg zie tekst (bron Figuur: Google Earth)

5.2 Resultaten vegetatie-ontwikkeling

Doordat er in deze proefopzet één rijsmat is gebruikt, kunnen de resultaten van de vegetatie (vanwege pseudoreplicatie) niet statistisch getoetst worden (zie ook paragraaf 6.2.). Onderstaande resultaten geven dus alleen een indicatie van de trends. Om de spreiding van de resultaten in beeld te brengen, zijn wel de standaard deviaties van de gemeten variabelen berekend voor de verschillende delen van de rijsmat.

De eerste rietgroei werd waargenomen op 17 juli. In de maand daarop groeide het Riet gestaag door. In figuur 5.8 staat de rietontwikkeling weergegeven voor de verschillende delen van de rijsmat op 11 augustus en 1 september. Hieruit blijkt dat het Riet op het tweede en derde deel van de rijsmat beter aansloeg dan op het eerste deel. Over de verticale as van de rijsmat waren de rietwortels tijdens de aanleg in drie lagen aangebracht; het Riet sloeg vooral aan vanuit de eerste en tweede laag (van bovenaf geteld). Op 1 september was de dichtheid en bedekking van Riet duidelijk toegenomen, vooral op het tweede deel. Voor vogelgraas was er geen duidelijke trend tussen de verschillende delen van de rijsmat, hoewel het middelste deel de laagste graasdruk lijkt te hebben (de standaardafwijkingen zijn echter groot). Voor het derde deel van de rijsmat zijn van 1 september geen data beschikbaar, omdat dit deel toen reeds gezonken was.

In figuur 5.9 staat de rietontwikkeling weergegeven voor de delen van de rijsmat die aan verschillende mate van golfslag blootstaan. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de geëxponeerde zijde (Markermeer-kant), het midden (tussen de petgaten), en de luwe zijde (aan de landkant; zie figuur 4.2.). Het aantal begraasde stengels lijkt gerelateerd aan de mate van blootstelling aan golfslag: op beide datums had de geëxponeerde zijde een lager aantal aangevreten stengels dan het middelste deel en de luwe zijde van de rijsmat. Dit resulteerde echter niet in beter ontwikkelde rietvegetaties op het geëxponeerde deel: op 1 september waren de dichtheid, bedekking, hoogte en biomassa van het Riet voor het 'midden' en 'luwe' deel hoger dan voor de geëxponeerde zijde (Figuur 5.9; tabel 5.1). De vraatschade richtte zich vooral op de bladeren (en niet op de stengeltoppen); er zijn geen visuele waarnemingen van vraatschade aan rietwortels.

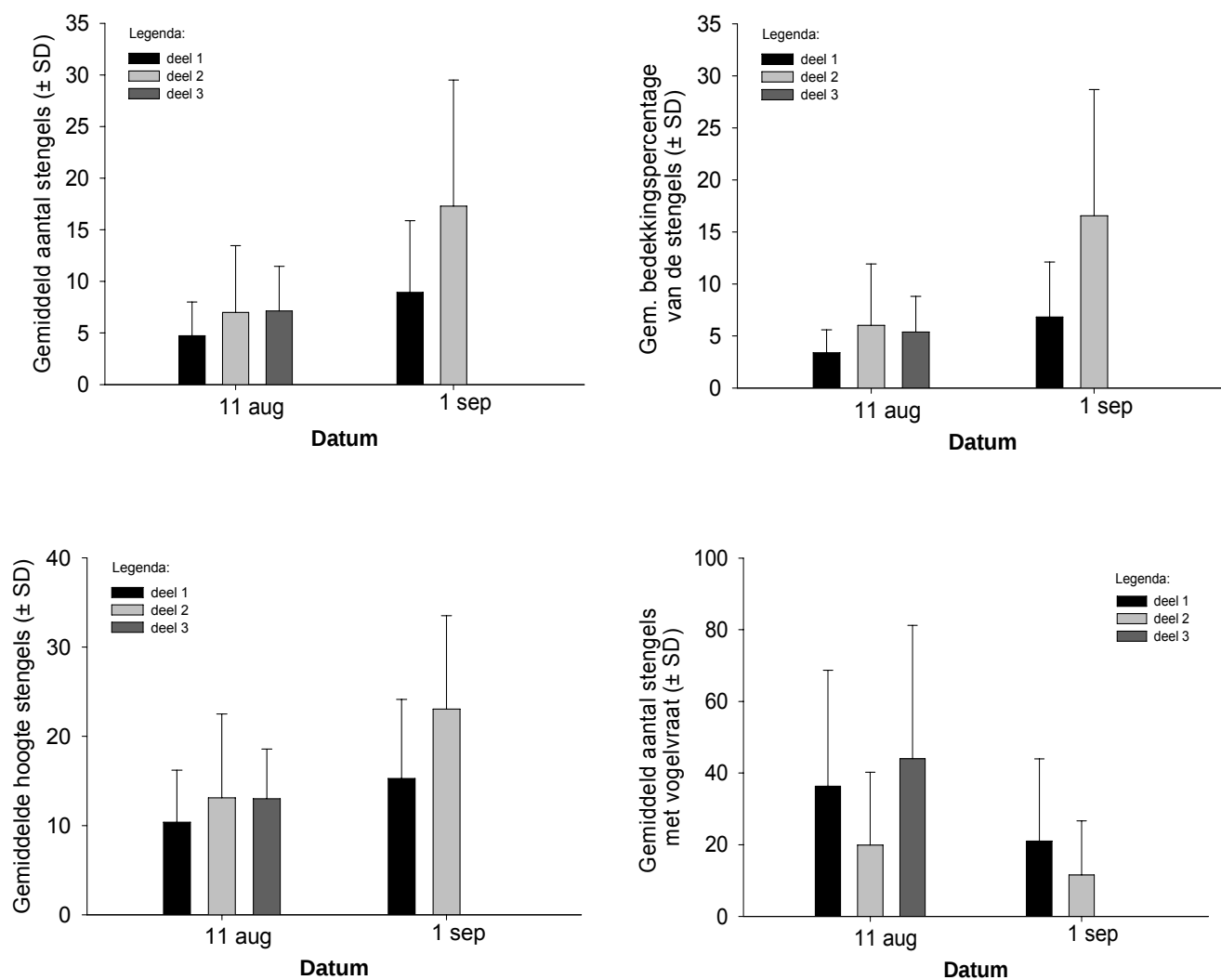
Gedurende de tijdsduur van het experiment werd geen uitgroei van Riet (en andere plantensoorten) waargenomen in het open water van de drie petgaten (Figuur 5.7.).

Veel planten vertoonden gedurende augustus een duidelijke geelkleuring; er was echter geen verschil in wortelontwikkeling tussen 'groene' en 'vergeelde' planten (zie figuur 5.10). De geelkleuring leek ook niet sterker te worden in augustus.

Tijdens de veldinspecties op 11 augustus en 1 september is de aanwezigheid en abundantie van andere plantensoorten genoteerd op de gehele rijsmat (dus ook buiten de plots). Naast Riet groeiden er nauwelijks andere plantensoorten: alleen van Rietgras (*Phalaris arundinacea*) en Fioringras (*Agrostis stolonifera*) zijn een klein aantal niet-bloeiende exemplaren aangetroffen.

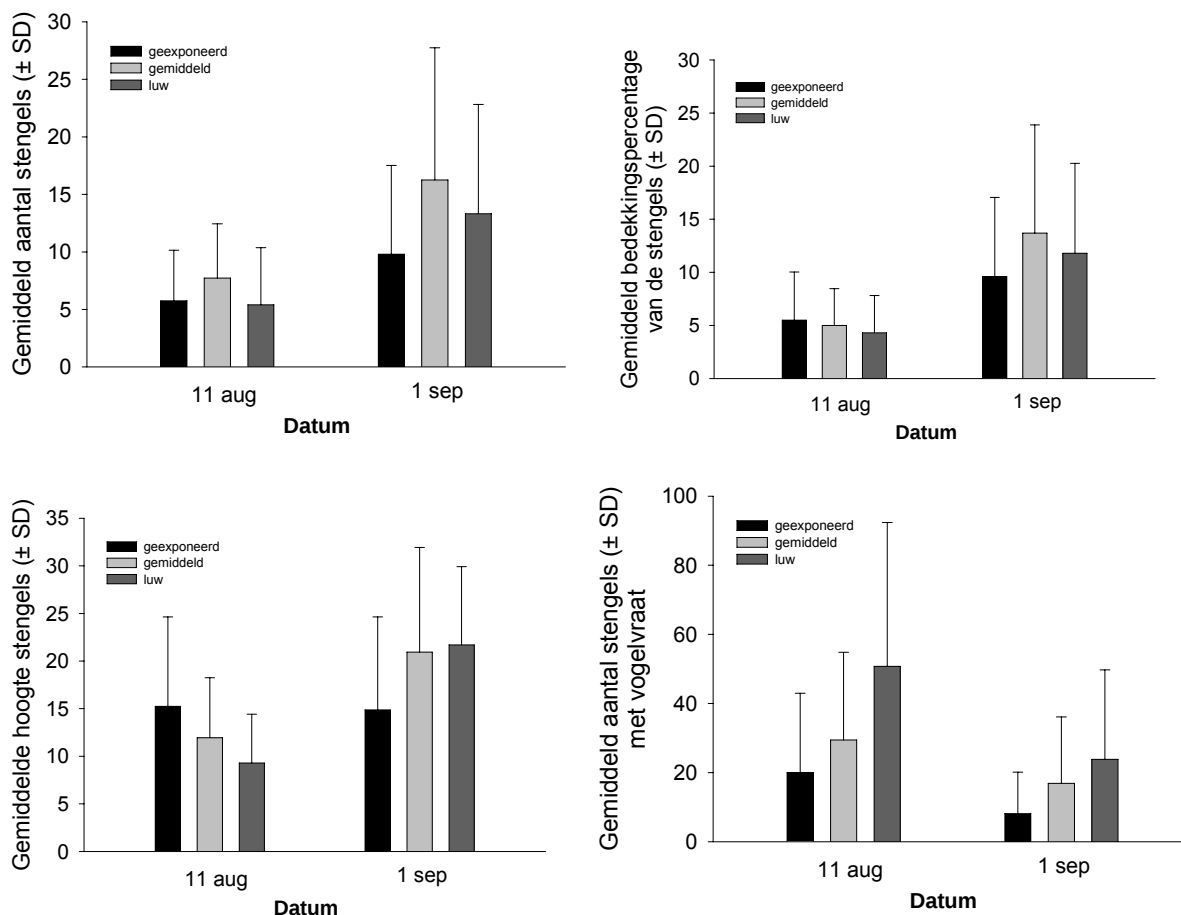


Figuur 5.7 Er was geen uitgroei van Riet en andere plantensoorten naar het open water van de petgaten (foto 1 september 2009; G. van Geest)



Figuur 5.8

Rietontwikkeling op de drijvende rijsmat op 11 augustus en 1 september. De meetwaarden zijn uitgesplitst naar de verschillende delen van de rijsmat (deel 1: voorste deel, tegen oever; deel 2 (middelste rijsmat); deel 3 (achterste deel); zie ook figuur 4.2. voor benaming onderdelen rijsmat). De variabelen zijn weergegeven per m²



Figuur 5.9 Rietontwikkeling op de drijvende rijsmat op 11 augustus en 1 september. De meetwaarden zijn uitgesplitst naar de mate van blootstelling aan golfslag (geëxponeerd: meeste invloed van golfwerking (Markermeer-zijde); midden (middelste deel rijsmat; gedeeltes tussen petgaten); luw: luwe zijde rijsmat (landzijde van de rijsmat). De variabelen zijn weergegeven per m²

Tabel 5.1. Gemiddelde biomassa (gram drooggewicht per m²) van bovengrondse delen van Riet (± SD) op de rijsmat op 11 augustus en 1 september 2009 voor resp. geëxponeerde zijde, middendeel en luwe zijde (voor uitleg onderdelen rijsmat, zie figuur 4.2)

	Geëxponeerd	Midden	Luw
11 aug	1,58 (0,86)	1,68 (0,90)	0,88 (0,06)
1 sept	2,79 (2,22)	6,47 (4,98)	5,14 (2,92)



Figuur 5.10

Veel planten vertoonden gedurende augustus een duidelijke geelkleuring; er waren echter geen zichtbare verschillen in wortelontwikkeling tussen 'groene' en 'vergeelde' planten

5.3 Fysische en biologische monitoringsresultaten

Doordat de rijsmat voortijdig is gezonken, zijn er geen metingen uitgevoerd aan golfdemping en waterstroming. Er zijn echter wel enkele zichtwaarnemingen verricht. Onderstaand wordt een overzicht gegeven van een aantal (kwalitatieve) veldwaarnemingen.

Tijdens perioden met een duidelijke golfslag aan de geëxponeerde zijde van de rijsmat, werd een beduidend kleinere golfslag waargenomen aan de luwe zijde van de rijsmat. In deze luwe zone waren regelmatig concentraties van watervogels aanwezig, ondermeer van Brandganzen (circa 20), Nijlganzen (enkele), Krakeenden, Kuifeenden (hooguit enkele tientallen), Tafeleenden, Futen en Aalscholvers (aantallen < 10). In de tweede helft van juni (direct na constructie van de rijsmat) verbleven enkele tientallen Vissiepen op of in de directe nabijheid van de rijsmat, die afkomstig waren van een broedkolonie die op circa 150 meter van de rijsmat was gelegen.

Tijdens de werkzaamheden om de rijsmat weer 'drijvend' te krijgen, werd door de duikers gemeld dat op het derde (achterste) deel van de rijsmat veel slib was afgezet. Deze hoeveelheid was zo groot, dat het veel moeite kostte om dit deel van de rijsmat weer drijvend te krijgen. De omvang van deze slibafzetting is niet gekwantificeerd.

Tijdens de demontage van de rijsmat in december 2009 had de aannemer de indruk dat de biomassa van de rietwortels laag was; de wortelbiomassa is niet gekwantificeerd.

6 Conclusies en Discussie

6.1 Conclusies

In paragraaf 1.7 is een zestal vragen geformuleerd die als volgt kunnen worden beantwoord:

- 1) Drijfvermogen en interne stabiliteit: het drijfvermogen van de rijsmat bleef slechts twee maanden op eigen kracht in stand. Bovendien was de rijsmat niet bestand tegen de gevolgen van een relatief milde storm. Bijgevolg kan geconcludeerd worden dat het niet mogelijk is om een duurzaam drijvend rietmoeras te ontwikkelen zonder kunstmatig toegevoegd drijfvermogen, versterkte stabiliteit en gedegen fixatie;
- 2) Ontwikkeling van verschillende habitats: door de late start van het experiment kan deze vraag niet worden beantwoord;
- 3) Dichtgroei petgaten: niet in de onderzoeksperiode, maar de late start en de korte duur van het experiment laten niet toe hier conclusies aan te verbinden;
- 4) Biomassa productie Riet: de biomassaproductie van Riet op de rijsmat was zeer laag. Dit komt deels door het late tijdstip van aanleg, waardoor het Riet niet ten volle van het vegetatieseizoen heeft kunnen profiteren;
- 5) Effect maaibeheer: de vegetatie heeft zich in de onderzoeksperiode niet zodanig ontwikkeld dat maaibeheer kon worden onderzocht;
- 6) Invloed rijsmat op golfwerking en waterstroming: de golfdemping is visueel vastgesteld maar niet gekwantificeerd.

In onderstaande discussie zullen deze onderzoeksvragen in meer detail behandeld worden.

6.2 Consequenties van de opzet van het experiment

Dit pilot-experiment had verschillende methodologische beperkingen. Deze beperkingen bestonden uit:

1. De experimentele opzet. Er is gekozen voor het gebruik van één rijsmat, waardoor de resultaten van de vegetatie – vanwege pseudoreplicatie - niet statistisch getoetst konden worden;
2. Het late tijdstip van de aanleg van de rijsmat (eind juni). In de ideale proefopzet had de rijsmat reeds in april gereed moeten zijn, aangezien vanaf die tijdsperiode de groei van Riet start. In dit experiment was de rijsmat pas eind juni gereed, waardoor het Riet twee maanden van het groeiseizoen heeft gemist. Waarschijnlijk is dit een belangrijke reden voor de trage rietgroei en lage biomassa en bedekking aan het einde van het groeiseizoen. Hierdoor zijn de resultaten moeilijk te vergelijken met andere studies, waar Riet zich wel gedurende het gehele groeiseizoen heeft kunnen ontwikkelen;
3. Het voortijdige en ongelijkmatige zinken van de rijsmat. In augustus waren er binnen de rijsmat aanzienlijke verschillen in diepteligging. Deze verschillen waren er niet alleen tussen de drie verschillende delen van de rijsmat, maar ook – in mindere mate – binnen ieder van deze drie delen. Aangezien de onderzoeksvraag zich concentreerde op de ontwikkeling van Riet in een *drijvend* rietmoeras, zijn alleen die plots geanalyseerd die nog niet duidelijk waren gezonken. Hierdoor is de plotkeuze echter niet geheel *random*. Het is onbekend of, en op welke manier, de resultaten hierdoor zijn beïnvloed.

6.3 Discussie

Drijfvermogen en interne stabiliteit (onderzoeksvraag 1)

Er is oud wilgenhout gebruikt om het uitlopen van wilgen te voorkomen. Deze opzet is gelukt: vanuit dit hout zijn geen wilgen opgekomen. Hiermee werd voorkomen dat de rijsmat vroegtijdig te zwaar zou worden door de verdere groei tot wilgenbomen. Niettemin zonk de rijsmat veel sneller dan verwacht. Het dode hout zoog zich blijkbaar binnen korte tijd vol met water, waardoor de rijsmat vroegtijdig gedeeltelijk afzonk. Het zinken van de mat leek sneller te verlopen wanneer een deel van de mat onder water stond, dit betrof vooral het meest zuidwestelijke deel, dat aan de sterkste golfslag blootstond. Bovendien bleek de rijsmat niet bestand tegen sterke golfwerking. Vooral de verbindingen tussen de verschillende delen van de rijsmat bleken gevoelig voor de druk van golfslag en wind. Hieruit blijkt dat de toegepaste constructie niet geschikt is voor toepassing op wind-geëxposeerde locaties.

Bij de constructie van de rijsmat zijn verschillende houtsoorten gebruikt: het eerste en tweede deel is van *Salix alba* gemaakt, terwijl het derde deel voor 75% uit *Salix viminalis* bestond (tesamen met 25% *Salix alba*). Het gebruik van deze twee houtsoorten heeft vermoedelijk geen of weinig effect gehad op het drijfvermogen, aangezien het eerste deel van de rijsmat slechts enkele dagen later zonk dan het derde deel.

Vegetatie-ontwikkeling (onderzoeksvraag 2, 3, 4 en 5)

De late start van de rietgroei kwam waarschijnlijk doordat de rijsmat pas eind juni gereed is gekomen; de maximale gemeten biomassa (0,006 kg drooggewicht/m²; zie tabel 5.1.) was dan ook zeer laag vergeleken met de maximale jaarlijkse bovengrondse productie van Riet die in de literatuur vermeld wordt (17 ton drooggewicht/ha/jaar in de Neusiedler See, overeenkomend met 1,7 kg/m²; Sieghardt, 1973). De timing van de groei van Riet op de rijsmat in dit experiment verschilt sterk met de gangbare situatie in het veld: langs oevers groeit Riet normaliter in de tweede helft van april boven het water uit.

Overigens is het niet bekend hoeveel tijd het duurt voordat Riet – middels wortels en rhizomen - zoveel drijfvermogen genereert dat de gehele constructie blijft drijven; waarschijnlijk zijn hier meerdere jaren voor nodig. Bij een vervollexperiment moet de constructie een dusdanig drijfvermogen hebben, dat deze blijft drijven tot het ogenblik dat de rietwortels voldoende drijfvermogen hebben ontwikkeld.

Het tweede en derde deel van de rijsmat vertoonde een betere rietontwikkeling dan het eerste deel. De reden voor dit verschil is onduidelijk. Mogelijk dat er verschillen waren in wortelbiomassa van Riet; er zijn hiervoor echter geen metingen voorhanden. Ook de volgorde van aanleg was niet van invloed; het eerste deel van de rijsmat was juist het eerst gereed bij aanleg, en werd (evenals de andere delen) direct na gereedkomen in het water gelaten, zodat verschil in uitdroging geen rol speelt.

De veldmetingen suggereren dat watervogels schade hebben veroorzaakt aan het Riet. Deze resultaten zijn in overeenstemming met ander studies van vogelvraat (veelal ganzen) aan Riet en andere helofyten-soorten in Nederland (Tosserams *et al.* 1999; Bakker, 2010; Vulink *et al.*, 2010). De schade bleef beperkt tot het vreten van blad, de rietstengels zelf werden veelal ongemoeid gelaten. Hierdoor kon het Riet – ondanks de vraat – blijven doorgroeien. De rietwortels waren waarschijnlijk niet of moeilijk toegankelijk voor ganzenvraat en/of hadden een lage voedingswaarde. Bij een vervollexperiment kunnen deze aspecten nader onderzocht worden.

De resultaten suggereren eveneens een negatieve relatie tussen de mate van blootstelling aan golfslag en het aantal begraasde stengels. Op de geëxponeerde zijde werd minder vraat vastgesteld dan op het midden en luwe deel van de rijsmat. Dit komt goed overeen met de vogelwaarnemingen. Veel vogels (waaronder Brand- en Nijlganzen) verbleven namelijk aan de luwe zijde van de rijsmat. Tevens zijn Nijlganzen grazend waargenomen op het middendeel van de rijsmat. Waarschijnlijk vermeden de vogels het geëxponeerde deel vanwege de blootstelling aan wind en golfslag. Hiernaast kunnen de ganzen ook vanuit de 'petgaten' het Riet hebben begraasd. Opvallend genoeg lijkt de lagere graasdruk op de geëxponeerde zijde niet tot beter ontwikkelde rietvegetaties te leiden. Eerder was het tegendeel waar. Op 1 september waren op het 'midden' en 'luwe' deel van de rijsmat de dichtheid, bedekking en hoogte van het Riet hoger dan op de geëxponeerde zijde. Mogelijk werd dit veroorzaakt door de seizoensgebonden begrazing van ganzen tijdens hun ruiperiode (mei – juli). Na deze ruiperiode daalde namelijk het aantal begraasde stengels tussen 11 augustus en 1 september, wat mogelijk veroorzaakt werd door uitgroei van nieuwe stengels die veel minder begraasd werden. Dit zou ook kunnen verklaren waarom op 11 augustus de stengelhoogte het hoogst was op de geëxponeerde zijde (dit deel stond voor 11 augustus bloot aan de laagste graasdruk), terwijl op 1 september de grootste stengelhoogte werd vastgesteld op het midden en luwe deel. Mogelijk kon het Riet op laatstgenoemde delen na 11 augustus doorgroeien, omdat de graasdruk beduidend lager was geworden en rietgroei niet gehinderd werd door golfslag. Op de geëxponeerde zijde daarentegen groeide het Riet – ook na verminderde ganzenvraat – minder snel, vermoedelijk vanwege de sterke golfslag. In een vervolgstudie kunnen de mogelijke effecten van golfslag en ganzenvraat verder onderbouwd worden door het gebruik van exclosures.

Gedurende de maand augustus vertoonden veel planten een duidelijke vergeling. Alle planten bezaten duidelijk ontwikkelde wortelstelsels (Figuur 5.10), zodat wortelrot of vertraagde wortelgroei geen aannemelijke verklaring is. Mogelijk speelde nutriëntenlimitatie een rol: de rietplanten waren voor hun voedselvoorziening geheel afhankelijk van de concentraties van voedingsstoffen in het water. In juli en augustus 2009 werden in het midden van het Markermeer de volgende gehalten gemeten (resp. juli en augustus-waarde): nitraat: 0,03 en 0,04 mg/l; ortho-fosfaat: 0,003 en 0,004 mg/l en totaal-fosfaat: 0,18 en < 0,05 mg/l (bron: www.waterbase.nl). De lage waarden van nitraat suggereren tezamen met de vergeling van de planten dat stikstof mogelijk limiterend was. Voor een daadwerkelijke bepaling van het limiterende nutriënt moeten echter bioassays worden uitgevoerd. Hierbij is bovendien de vraag wat bepalend is voor het optreden van nutriëntenlimitatie: zijn dit de absolute concentraties, de verhouding tussen nutriëntgehalten (ratio's), of de nutriëntenbelasting (fluxen) (Roos & Verdonchot, 2009)?

Bij een vervollexperiment kan extra organisch materiaal in de rijsmat worden aangebracht. Onder natuurlijke omstandigheden kunnen drijvende rietvegetaties namelijk ook nutriënten onttrekken aan de drijvende kragge die is opgebouwd uit organisch materiaal afkomstig van plantenmateriaal uit voorgaande jaren.

Zoals reeds aangegeven in paragraaf 6.2, geeft de bovenstaande interpretatie van de resultaten alleen een indicatie van de trends. Voor een betere onderbouwing moet een vervollexperiment worden uitgevoerd, waarbij gebruik wordt gemaakt van verschillende replica's (voor de statistische toetsing) en exclosures (bijvoorbeeld om effecten van vogelvraat en golfslag uit te sluiten). Eveneens kan door middel van bio-assays bepaald worden of nutriënten limiterend zijn voor rietgroei.

Gedurende de tijdsduur van het experiment werd geen uitgroei van Riet waargenomen in het open water van de drie petgaten, wat waarschijnlijk veroorzaakt werd door de trage start van de vegetatie-ontwikkeling en de korte duur van het experiment. Ganzenvraat kan hier wellicht

ook een rol hebben gespeeld, maar de verwachting is dat – ook in afwezigheid van vraat – het Riet niet de petgaten was ingegroeid. Een dergelijke proef zal waarschijnlijk enkele jaren moeten duren, voordat een oordeel kan worden geveld of de petgaten al dan niet dichtgroeien met rietvegetatie.

Effecten op windwerking (onderzoeksvraag 6)

Ondanks dat het effect van golfdemping niet gekwantificeerd is, suggereren de veldwaarnemingen dat achter de rijsmat een windluwe zone ontstond, waar slib kan sedimenteren. Een ander opvallend verschijnsel was dat de rijsmat die deels was afgezonken en min of meer verticaal hing, veel slib inving. Blijkbaar hebben verticaal hangende rijsmatten een grote capaciteit om slib uit het water te 'filteren'. Dit biedt perspectieven voor verschillende toepassingsmogelijkheden, ondermeer voor de aanwinning van nieuw land en ondiepe zones, en de vorming van heldere, luwe zones.

6.4 Aanbevelingen en alternatieve toepassingen

In deze paragraaf worden aanbevelingen gedaan voor ontwikkeling van drijvende rietmoerassen. Aansluitend worden alternatieven besproken, zoals de ontwikkeling van rietmoerassen op afgezonken rijsmatten, de effecten van verticale geplaatste rijsmatten in de waterkolom, en locatiekeuze.

6.4.1 Aanbevelingen

Drijfvermogen en interne stabiliteit

Uit de resultaten komt duidelijk naar voren dat de gebruikte constructie bij dit experiment ongeschikt is voor de ontwikkeling van een drijvend rietmoeras op geëxponeerde plaatsen. Bij een toekomstig ontwerp moet duidelijk meer aandacht gegeven worden aan het drijfvermogen van de rijsmat. Het drijfvermogen kan verhoogd worden door het gebruik van bamboe of – eventueel – kunstmatige stoffen (bijv. plastic drijvers, enz.). Hierbij bestaat echter het risico dat de constructie een sterk kunstmatig karakter krijgt.

Voor de langere termijn is de ontwikkeling van het rietwortelstelsel van belang. Hierbij moet het drijfvermogen van de rijsmat gegarandeerd zijn tot het ogenblik dat de rietwortels zelf voldoende drijfvermogen hebben ontwikkeld. Op dit ogenblik is onduidelijk hoeveel tijd Riet hiervoor nodig heeft. Waarschijnlijk duurt dit minimaal twee tot drie jaar. De constructie van de rijsmat moet dusdanig zijn, dat tot dit tijdstip de rijsmat zelf zijn eigen drijfvermogen behoudt.

Als alternatief kan ook gebruik worden gemaakt van levend wilgenhout. Levend wilgenhout blijft namelijk drijven, ook op de lange termijn. Nadeel is wel dat de wilgentakken uitlopen, en jaarlijks gemaaid moeten worden om zinken te voorkomen. Bovendien zijn wilgenbossen mogelijk een minder geschikt habitat voor de realisering van ecologische doelen. Er zijn echter ook combinaties mogelijk, bijvoorbeeld door een buitenring van levend rijshout, en een binnenring met dood rijshout met rietontwikkeling. De buitenring fungeert dan als 'drijver' voor de binnenring, en vermindert mogelijk de effecten van golfslag en ganzenvraat. Hiernaast kan men ook levend rijshout doelbewust laten zinken, door het niet te maaien.

Een ander aandachtspunt vormt de stevigheid van de gebruikte constructie. In zijn huidige vorm is de rijsmat slecht bestand tegen sterke golfslag, en dient in de toekomst verstevigd te worden. Hierbij moet speciale aandacht gegeven worden aan de koppeling tussen de

verschillende delen van de rijsmat, aangezien deze koppelingen het tijdens de storm van 3 oktober begaven. Verder boden de gebruikte heipalen onvoldoende stevigheid bij storm. In de toekomst dient de rijsmat beter te worden verstevigd, bijvoorbeeld door zwaardere heipalen en/of slotankers.

Vegetatie-ontwikkeling

De vegetatie-ontwikkeling kan op verschillende manieren worden gestimuleerd. In de eerste plaats dient de rijsmat gereed te zijn voor de aanvang voor het groeiseizoen, bij voorkeur voor begin april. Riet groeit gewoonlijk vanaf eind april boven het wateroppervlak uit, en heeft zijn sterkste groei in de maanden mei en juni.

Hiernaast kan ook geëxperimenteerd worden met een hogere dichtheid aan rietwortels. Tijdens dit experiment is een dichtheid gehanteerd van 20 wortelstukken per vierkante meter; een hogere worteldichtheid geeft waarschijnlijk een betere start, resulterend in een hogere biomassa aan het einde van het eerste groeiseizoen.

Tevens speelt de herkomst van het pootmateriaal van Riet een belangrijke rol. Riet heeft verschillende genotypen, met ieder zijn kenmerkende groeivorm (Clevering & Lissner, 1999; Hansen *et al.*, 2007). De verschillende genotypen (klonen) verschillen ondermeer in maximale hoogte, stengeldiameter, en het aantal stengels per vierkante meter. Bij de keuze van de klonen moet aangesloten worden op de kenmerken van het habitat. Zo worden voor locaties met veel windwerking vooral de 'stevigere' klonen geprefereerd, terwijl op luwe locaties kleinere klonen met een hogere dichtheid kenmerkend zijn.

In een volgend ontwerp kan meer aandacht geschonken worden aan ganzenwerende maatregelen. De ijzeren draden die over de mat waren heen gespannen, konden niet voorkomen dat ook het middendeel van de mat begraasd werd.

Een ander punt vormt de mogelijke nutriëntenlimitatie van de rietplanten tijdens dit experiment, resulterend in vergeling van de planten. In een volgend experiment kan geëxperimenteerd worden met bemesting van de planten, bijvoorbeeld door langzaam afbrekend rietmateriaal in de rijsmat aan te brengen.

6.4.2 Alternatieve toepassingen van rijsmatten

Afgezonken rijsmatten

Voor de ontwikkeling van een rietmoeras kunnen de rijsmatten ook doelbewust worden afgezonken op ondiepe locaties. Afgezonken rijsmatten met rietwortels zijn het meest kansrijk in ondiepe zones (met een waterdiepte tot grofweg 1 meter). Vanuit deze delen kan uitbreiding naar diepere delen plaatsvinden. Hierbij kunnen ook andere soorten gebruikt worden, bijvoorbeeld verschillende soorten biezen en Kleine lisdodde, waardoor een natuurlijke vegetatiezonering langs een oever kan worden nagebootst. Een dergelijke toepassing kan zinvol zijn in bijvoorbeeld de Veluwerandmeren.

Verticaal hangende rijsmatten

Rijsmatten kunnen ook met behulp van drijvers verticaal in het water worden gehangen. Hiermee hebben de rijsmatten grote invloed op het golfklimaat en sedimentatiepatroon. Doordat de golven vrijwel geheel worden gebroken, zal achter de rijsmatten een luwe zone ontstaan met helder water. Hiernaast vangen de rijsmatten veel slib en zand. Wanneer de rijsmatten op grote schaal worden toegepast, kunnen bepaalde zones worden verondiept, en kunnen de rijsmatten zelfs een rol spelen bij de vorming van land. In feite is de toepassing van verticaal hangende rijsmatten analoog aan het gebruik van rijshout dammen voor de landaanwinning op kwelders. Toepassingsmogelijkheden zijn bijvoorbeeld de aanleg van het 'oermoeras' langs de Houtribdijk, en de ontwikkeling van luwe, heldere zones langs de oevers van het Markermeer. Bij de uiteindelijke keuze voor deze maatregelen moet ook de kosteneffectiviteit van de verschillende beschikbare methodes betrokken worden.

7 Literatuurlijst

- Aquasense (2000) Floatlands in de Amsterdamse grachten, 1998 & 1999
- Bakker, E.S. (2010) Effect van zomerbegrazing door Grauwe ganzen op uitbreiding van waterriet. *Levende Natuur* 111 (1): 57-59.
- B & D Natuuradvies (1998) Vegetatie op de "aqua-flora floats" in het Amsterdam-Rijnkanaal bij Nieuwegein
- Clevering, O.A. & Lissner, J. (1999) Taxonomy, chromosome numbers, clonal diversity and population dynamics of *Phragmites*. *Aquatic Botany* 64: 185-208.
- CUR (1995) Natuurvriendelijke oevers. CUR publicatie 168.
- CUR (1999) Natuurvriendelijke oevers. Aanpak en toepassing. CUR publicatie 200.
- Coops, H. (1996) Helophyte zonation: impact of water depth and wave exposure. Proefschrift.
- DHV Water BV, Floatlands (1991) Multifunctionele drijvende vegetatie-elementen voor inrichting en beheer wateren
- Gaag van der, C.; Munck van den, M.; Boer den, A.; Tosserams, M.; Chamuleau, T.; Sliepen, H.; Zwart, I.J. & Maissan, J. (2008) Natuurlijk(er) Markermeer-IJmeer; projectplan 26 september 2008
- Hamer den, D. & Booster, J. (2008) Zoete Biobouwers (WINN) / Natuurvriendelijke oevers van wiepen waarbij landwinning wordt beoogd; concept-versie; WINN.
- Hansen, D.L.; Lambertini, C.; Jampeetong, A.; Brix, H. (2007) Clone-specific differences in *Phragmites australis*: Effects of ploidy level and geographic origin. *Aquatic Botany* 86: 269-279.
- Loeb, R. & Verdonschot, P.F.M. (2009) Complexiteit van nutriëntenlimitaties in oppervlaktewateren. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. WOt-werkdocument 128.
- Sieghardt (1973) Strahlungsnutzung von *Phragmites communis*. In Ellenberg, H. (red) *Okosystemforschung*. Berlin, pp. 79-86.
- Tonkes, M. (1995) Effecten van Floatlands op de waterkwaliteit.
- Tosserams, M., Vulink, J. T. & Coops, H. (1999) Perspectief voor oeverplanten in het Volkerak-Zoommeer. Eindrapportage 'Planten in de Peiling'. RIZA-rapport 99.031.
- Vulink, J. Th.; Tosserams, M.; Daling, J. Van Manen, H. & Zijlstra, M. (2010) Begrazing door Grauwe ganzen is een bepalende factor voor ontwikkeling van oevervegetatie in Nederlandse wetlands. *Levende Natuur* 11 (1): 52-56.

A Vergunningen

Bouwvergunning

Contact: Gemeente Lelystad

Wanneer er gebouwd gaat worden kan hiervoor een bouwvergunning nodig zijn. Via de website http://www.vrom.nl/bouwvergunningen_online kan worden gecontroleerd of inderdaad een bouwvergunning nodig is. In het geval van drijvende rietmatten komen we door een vragenlijst van bovenstaande website tot de conclusie dat een reguliere bouwvergunning nodig is in de categorie specialistische bouwwerken.

Voor de aanleg van de drijvende constructie is een reguliere bouwvergunning afgegeven. Gegevens die aangeleverd zijn waren onder andere type bouwwerk, aanneemsom, grootte, functie van het bouwwerk en bestaande functies, locatie op kaart en inzicht in het gebruikte materiaal en de geplande constructie.

Natuurbeschermingswet

Contact: Provincie Flevoland, afdeling Milieu & Natuur

Het Markermeer en IJmeer zijn opgenomen in de Natuurbeschermingswet. Deze wetgeving beoogt gebieden te beschermen die onder de Natura2000 richtlijn vallen en dus zijn aangewezen als Habitat- of Vogelrichtlijngebied.

Zie: http://www.natuurbeheer.nu/Wet_en_regelgeving/Nederland/Natuurbeschermingswet/

Of een gebied onder de natuurbeschermingswet valt kan worden gecontroleerd in de gebieden database, waarmee ook google-maps kaarten geraadpleegd kunnen worden. Hiermee kan precies worden bepaald wat wel en wat geen onderdeel uit maakt van de beschermde zone. De haven van Lelystad valt onder beschermd gebied.

Zie: <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/> (zoek op markermeer)

In de beschermde gebieden moeten bestaande waarden voor natuur in stand worden gehouden. Deze zogenaamde instandhoudingsdoelen worden voor elk gebied vastgesteld, in ons geval in het gebiedsbesluit Markermeer en IJmeer, deze is ook te vinden in de online gebieden database.

Voor het project “drijvende rietmatten” is van belang dat aannemelijk wordt gemaakt dat het project geen inbreuk maakt op het habitat (en dus ook de voedselketen) van de aangewezen soorten. Omdat het in dit geval om natuurontwikkeling gaat op voor de genoemde soorten onbelangrijke gebieden, is een ontheffing aangevraagd. Voor de ontheffing is de volgende informatie aangeleverd voor inschatting van de effecten:

- Locatie van rieteiland (figuur 3.1.)
- het belang van de locatie voor de instandhoudingsdoelen, liefst door middel van kaarten met 90% aanwezigheid van soorten zoals ook voor het beheerplan gebruikt wordt. (In ons geval blanco kaarten omdat er geen belang is).
- Beschrijving van het bouw materiaal dat wordt gebruikt en korte beschrijving van de werkzaamheden.

- Indicatie van de verwachte ontwikkeling van het bouwwerk in relatie tot de betekenis van de instandhoudingsdoelen (mogelijk vestiging driehoeksmossel en ontwikkeling Riet in een luwe zone).
- Monitorprogramma van de ontwikkeling van het bouwwerk.

De ontheffing is door RWS aangevraagd bij de bevoegd gezag (Provincie Flevoland). Ontheffing is vervolgens verleend door bevoegd gezag.

Wet bodembescherming of het Besluit bodemkwaliteit

Contact: Vergunningen, RD IJsselmeergebied.

Voor het verplaatsen en afzinken van de matten (actie van de 2^e fase van het project nadat de matten begonnen te zinken) was een ontheffing of vergunning van de Wet bodembescherming en het Besluit bodemkwaliteit nodig. De aard van het project en de grootte was zodag klein in vergelijking met de beoogde beschermingsdoelen van de wet dat een ontheffing werd verkregen. De af te zinken materialen zijn vrijwel geheel natuurlijk (met uitzondering van staaldraad) en de bodem beroering nihil. Doorlooptijd was een week. De afdeling Handhaving moest wel op de hoogte worden gesteld van de datum, tijd en locatie van de voorgenomen werkzaamheden.

Zie ook:

http://www.rijkswaterstaat.nl/water/wetten_en_regelgeving/wet_bodembescherming/

Wet beheer rijkswaterstaatswerken (Wbr)

Het Rijk heeft vaarwegen, waterkeringen, dijken, bruggen, gemalen, sluizen en stuwen in beheer. Deze 'waterstaatswerken' moeten goed beheerd en onderhouden worden, zodat ze veilig en doelmatig kunnen worden gebruikt. De Wet beheer rijkswaterstaatswerken (Wbr) geeft Rijkswaterstaat de mogelijkheid hiervoor te zorgen. In de toepassing van deze wet staat het goed functioneren van het waterstaatswerk voorop. Belangen van anderen, zoals vaarweggebruikers, worden hier tegen afgewogen.

[\(http://www.rws.nl/water/wetten_en_regelgeving/wet_beheer_rijkswaterstaatswerken/\)](http://www.rws.nl/water/wetten_en_regelgeving/wet_beheer_rijkswaterstaatswerken/).

De Wbr-vergunning werd door RWS RDIJ aangevraagd. Deze vergunning was meestal binnen een week geregeld via een spoedtraject. Voor het verkrijgen van deze vergunning was het van belang dat men op de hoogte is van:

- De aard en achtergrond van voorgenomen activiteit.
- De werkzaamheden zelf op het water. Wat wordt er precies gedaan (stappen).
- Wanneer het uitgevoerd wordt en hoe lang een en ander duurt, einde werk.
- Wie contactpersonen zijn bij de opdrachtgever, opdrachtnemer en aannemer.
- Naam van uitvoerend schip.
- Werktijden aannemer.

B Advies wilgenmatconstructie door gespecialiseerde bedrijven

Zoals al eerder opgemerkt zijn voor de toetsing van de praktische uitvoerbaarheid van het idee een aantal gespecialiseerde bedrijven geconsulteerd. Op basis van deze gesprekken is een optimaal ontwerp van de rijsmat bepaald; hierbij zijn de volgende punten besproken:

- structuur en dimensies van de wilgenmat
 - o maaswijdte (in verband met slibinvang en vegetatie);
 - o optimale lengte van de mat;
 - o dikte van de mat;
 - o hoeveelheid materiaal benodigd.
- drijfvermogen (bezinken van mat mogelijk bij verzadiging van wilgenhout?)
- Vegetatie en slibinvang
- houdbaarheid
- fixeren van de mat (op welke wijze moet de rijsmat worden vastgelegd?)
- productiecapaciteit en kosteninschatting

Informatie van Firma Aalsburg

Hieronder volgt de informatie van de Firma Aalsburg voor de verschillende kennisvragen.

Structuur en drijfvermogen

Firma Aalsburg adviseerde voor een optimaal drijfvermogen een klassiek zinkstuk, dat wil zeggen: 2 lagen wiepen (omtrek 30 cm), vervolgens 2 lagen rijshout van ten minste 10 cm per laag (kruislings geplaatst), waarover weer 2 lagen wiepen komen. De minimale breedte is 3 meter in verband met de constructie. Firma Aalsburg gebruikt hierbij geen geotextiel.

Vegetatie, slibinvang en houdbaarheid

De bovenstaande structuur is volgens Firma Aalsburg ook het meest geschikt voor slibinvang en plantengroei. De drijfduur van een dergelijke mat is onbekend, omdat ze normaal gesproken binnen enkele uren na de assemblage onder water gaan.

Fixatie

Voor eventuele verankering wordt een rand stortstenen geadviseerd, door het het zinkstuk bijvoorbeeld een meter op de vaste wal te leggen waarop stenen gedeponeerd worden. Eventueel kan bij iedere meter een paal door het kraagstuk heengeslagen worden. Eventueel onderhoud is moeilijk, een zinkstuk is bijna niet aan te vullen met extra wilgenhout, wanneer deze op het water ligt.

Productiecapaciteit en kostenschatting

De maximale dag productie voor Firma Aalsburg ligt op circa 20/30 km wiepen. Dat gebeurt dan met 4 wiepenmachines. De kosten bedragen ca € 7,80 per m² (bij een oppervlak van ≥ 300 m²).

Informatie van Firma van Schaik

Van de firma Van Schaik werd vrijwel hetzelfde advies verkregen als van firma Aalsburg.

Structuur, fixatie en drijfvermogen

Firma Van Schaik raadt een klassiek zinkstuk aan zonder geotextiel. Voor het vastleggen werden eveneens meerpalen (van wilgenhout) aangeraden. Er zijn geen harde gegevens beschikbaar over het drijfvermogen van zinkstukken. Wel noemt Fa Van Schaik een aantal ervaringsgegevens: het afzinken van een vrij dik zinkstuk (1 meter dik) in een bepaald project lukte niet met basaltblokken. Het drijfvermogen bleek dermate groot dat halverwege het afzinken het zinkstuk kantelde en weer boven kwam drijven. Als oorzaak werd de droogte van het hout genoemd (al het gebruikte hout kwam namelijk uit de opslag). Inderdaad bleek toen dat een nieuw gemaakt zinkstuk van vers gekapt hout wel goed te zinken. Vers gekapt hout heeft namelijk een twee maal hogere dichtheid dan droog hout. Daarnaast is uit ervaring gebleken dat zinkstukken minimaal 3 maanden blijven drijven. De verwachting van de Firma Van Schaik is dat de zinkstukken veel langer zullen blijven drijven zonder belasting (en zelfs als het hout zich volzuigt met water). Hoelang precies kon niet worden aangegeven; daar is vooralsnog geen ervaring mee opgedaan. Er zijn overigens ook geen getallen over de hoeveelheid basalt die per m^2 gebruikt wordt voor het afzinken. Daarnaast wordt in bestekken één en ander waarschijnlijk overgedimensioneerd, zodat uit die voorschriften ook geen informatie betreffende het drijfvermogen van de zinkmatten kan worden verkregen.

Ook over het effect van golfwerking op de zinkstukken is geen informatie beschikbaar; behalve dan het ervaringsgegeven dat een zinkstuk gedurende 3 maanden kan blijven drijven en in die periode door golfwerking niet wordt aangetast. De foto weergegeven als Figuur 4 illustreert dat de klassieke zinkstukken bestand zijn tegen de forse krachten.



Figuur B-1: Verslepen van klassiek zinkstuk (foto uit Hamer den & Booster, 2008)

Productiecapaciteit en kostenschatting

De productie capaciteit bedraagt circa 100 m^2 meter per persoon per dag. De kosten per m^2 bedragen tussen de 5 - 7 Euro voor grote projecten ($>2000 m^2$); bij kleinere projecten stijgen de kosten per m^2 . Voor een oppervlak van 50 x 50 m wordt een prijsindicatie van circa 18.000 € gegeven.