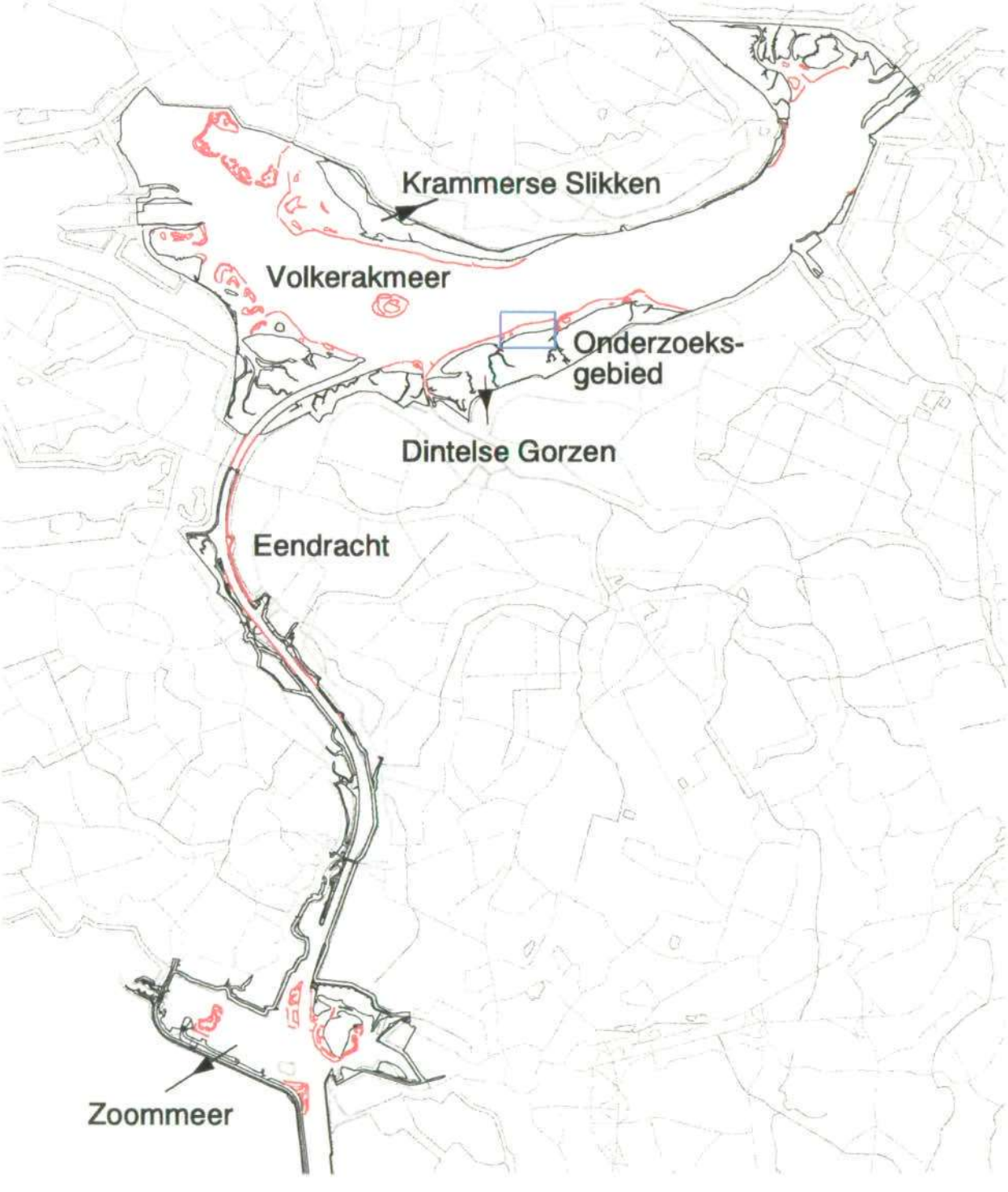
Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling/RIZA

Ecologie van de vooroevergebieden van het Volkerak-Zoommeer

A.J. Remmelzwaal (redactie)

Riza werkdocument 98.036X
april 1998



Figuur 2.1 Overzicht van het Volkerak-Zoommeer, met de aangelegde eilanden en vooroever-verdedigingen (rood) en de ligging van het onderzoeksgebied (blauw kader).

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling/RIZA

Ecologie van de vooroevergebieden van het Volkerak-Zoommeer

A.J. Remmelzwaal (redactie)

Riza werkdocument 98.036X
april 1998

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling/RIZA

Ecologie van de vooroevergebieden van het Volkerak-Zoommeer

A.J. Remmelzwaal (redactie)

RIZA-werkdocument 98.036X
april 1998

Postbus 17 8200 AA Lelystad
Maerlant 16 8224 AC Lelystad

Telefoon (0320) 29 84 11
Telefax (0320) 24 92 18

Rijkswaterstaat 200 jaar

Bereikbaar met buslijn 3, 14, 143 en 154 vanaf station NS

Voorwoord

Aan het onderzoek dat in dit rapport wordt gerapporteerd is door een groot aantal mensen meegewerkt. De auteurs zijn medewerkers van het RIZA en van bedrijven waaraan delen van het werk zijn uitbesteed. Deze bedrijven zijn Koeman en Bijkerk (hoofdstuk 5), Waterwinningsbedrijf Brabantse Biesbosch (hoofdstuk 6 en 7), Organisatie ter verbetering van de binnenvisserij (hoofdstuk 8) en Bureau Waardenburg (hoofdstuk 9).

Het onderzoek is begeleid vanuit de projectgroep "Evaluatie oeverinrichting Volkerak-Zoommeer", met buiten mijzelf als leden Jaap Daling, Gerda Lenselink, Mathilde Matthijsse, Willem Oosterberg, Maarten Platteeuw, Yvonne Röling, Frouwke Stegeman, Henk Slager en Annemarie de Visser. Ieder van hen heeft een duidelijke inbreng in het onderzoek gehad.

Naast de de projectgroepleden meten ook de volgende mensen genoemd worden. Piet de Rijke, Wim Roelse en Kees Joosse (meetdienst van RWS, directie Zeeland) hebben een belangrijk deel van het veldwerk verricht. Eddy Lammens, Estie Reinhold, Frederike Kappers en Harry Hosper (allen RIZA) hebben geadviseerd bij de onderzoeksopzet of commentaar geleverd bij het rapport. Henk Bos heeft het mooie ontwerp voor het omslag gemaakt.

Een woord van dank aan al deze mensen is hier op zijn plaats. Zonder de inzet van mensen met zoveel verschillende achtergronden was een multidisciplinair onderzoek als dit niet mogelijk geweest.

Albert Remmelzwaal
(projectleider)

Inhoud

1 **Samenvatting, 5**
A.J. Remmelzwaal

2 **Inleiding, 7**
A.J. Remmelzwaal
2.1 het Volkerak-Zoommeer, *7*
2.2 het project "Evaluatie Oeverinrichting Volkerak-Zoommeer", *8*

3 **Opzet van het onderzoek, 13**
A.J. Remmelzwaal
3.1 inrichting en bodemsamenstelling van het onderzoeksgebied, *13*
3.2 het waarnemingsprogramma, *15*

4 **Waterplanten, 17**
A.J. Remmelzwaal & M.N. Matthijsse
4.1 uitvoering van het veldonderzoek, *17*
4.2 resultaten van het veldonderzoek, *18*
4.3 analyse van meerjarige monitoringsgegevens, *22*
4.4 discussie, *282*

5 **Waterkwaliteit, 31**
W. Oosterberg & R. Bijkerk
5.1 uitvoering van het veldonderzoek, *31*
5.2 resultaten van het veldonderzoek, *31*
5.3 resultaten veldonderzoek vergeleken met meerjarige monitoringsgegevens, *38*

6 **Plankton, 41**
C.J. Carpentier, A.J. Wagenvoort, H.A.M. Ketelaars, K.P.R. Pikaar-Schoonen, R. Bijkerk & W. Oosterberg
6.1 uitvoering van het veldonderzoek, *41*
6.2 resultaten van het veldonderzoek, 42
6.3 resultaten veldonderzoek vergeleken met meerjarige monitoringsgegevens, *48*

7 **Macro-evertebraten, 51**
A.J. Remmelzwaal, C.J. Carpentier, A.J. Wagenvoort, H.A.M. Ketelaars & K.P.R. Pikaar-Schoonen
7.1 uitvoering van het veldonderzoek, *51*
7.2 resultaten van het veldonderzoek, *52*
7.3 discussie, *55*

8 **Vis, 59**
A.J. Remmelzwaal, F.T. Vriese, G.A.J. de Laak & E. Lammens
8.1 uitvoering van het veldonderzoek, *59*
8.2 resultaten van het veldonderzoek, *60*
8.3 discussie, *63*

9 **Vogels, 67**
M. Platteeuw, T. Boudewijn & J. van der Winden
9.1 uitvoering van het veldonderzoek, *67*
9.2 resultaten van het veldonderzoek, *69*
9.3 analyse van meerjarige monitoringsgegevens, 83
7.3 discussie, 90

10 **Integratie, 93**
A.J. Remmelzwaal

Literatuur, 97

Bijlagen

1 resultaten waterkwaliteitsanalyses, *103*
2 soortensamenstelling van de macro-evertebraten , *105*
3 overzicht vogelwaarnemingen in het onderzoeksgebied, *109*

1 Samenvatting

A.J. Remmelzwaal

Na de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer is er veel geld en aandacht besteed aan de inrichting van de oeverzone. De buitendijkse gronden in het gebied zijn vrijwel overal beschermd tegen erosie, door de aanleg van aanliggende oeververdedigingen en vooroeververdedigingen. Er zijn enkele tientallen eilandjes aangelegd en er is een aantal oude kreken uitgediept. De inrichting van de oevers van het Volkerak-Zoommeer is afgerond in 1997.

In opdracht van het directie Zeeland van Rijkswaterstaat voert het RIZA een evaluatie uit van de genomen inrichtingsmaatregelen. Als onderdeel van deze evaluatie is onderzocht hoe vooroevergebieden, die door een beschermende dam van het meer zijn afgesloten, ecologisch functioneren. Voor dit onderzoek zijn bestaande monitoringsgegevens geïnventariseerd en is in 1997 veldonderzoek uitgevoerd in een gebied bij de Dintelse Gorzen.

In het veldonderzoek is de waterbodem eenmalig bemonsterd. In het groeiseizoen zijn maandelijks waterkwaliteit, de samenstelling van het plankton, de ontwikkeling van waterplanten en draadalgen en de samenstelling van de vispopulatie bepaald. Tevens zijn maandelijks vogeltellingen uitgevoerd. In het seizoen is drie maal een bemonstering van de macro-evertebraten in de bodem uitgevoerd.

De resultaten van het onderzoek zijn kort samengevat in het overzichtsschema op de volgende pagina. In dit schema is onderscheid gemaakt tussen de 5 zones waarin bij het onderzoek waarnemingen zijn gedaan: drie zones binnen de vooroeververdediging en twee zones daarbuiten.

Uit het onderzoek blijkt dat de vooroeververdedigingen ecologische effecten hebben. Voor een beperkt aantal soorten vormen de dammen zelf een habitat. Belangrijker is echter de zone achter de vooroeververdediging. Deze zone is beschut tegen golven en is in zekere mate afgescheiden van de rest van het meer. In deze beschutte zone is de dichtheid van waterplanten, draadalgen, evertebraten en watervogels groter dan in het open water. Voor waterplanten, plankton en vis is er daarnaast verschil in soortensamenstelling tussen de gebieden die wel en niet achter een vooroeververdediging zijn gelegen. De vooroeververdedigingen blijken slechts een beperkte invloed op de chemische waterkwaliteitsparameters te hebben. De dammen kunnen er echter wel voor zorgen dat, afhankelijk van expositierichting en de aanwezigheid van openingen, drijflagen van cyanobacterieën buiten worden gesloten of juist worden ingevangen.

Er kan geconcludeerd worden dat de vooroeververdedigingen, die in eerste instantie zijn aangelegd als bescherming tegen erosie, bijdragen aan de diversiteit in habitats en soorten in het Volkerak-Zoommeer en aan het vergroten van de draagkracht voor bepaalde ecologische groepen. De uit het onderzoek verkregen inzichten bieden aanknopingspunten voor inrichtings- en beheersplannen.

Samenvattend overzicht van de belangrijkste onderzoeksresultaten.

	Zone 1 20 meter uit de oever	zone 2 halverwege oever en dam	zone 3 20 meter binnen de dam	zone 4 20 meter buiten de dam	zone 5 50 meter buiten de dam
BODEM					
diepte (cm)	20	60	75	140	140
samenstelling	*kalkrijk zand* iets verhoogd gehalte organische stof			kalkrijk zand, laag gehalte organische stof	
aeratiediepte	ca. 1 mm			enkele centimeters	
BEGROEIING					
bedekking waterplanten	geen	hoog	vrij hoog	laag	
bedekking draadalgen	vrij hoog			laag	
WATERKWALITEIT					
doorzicht	vrij goed/bodemzicht			vrij goed/deel van seizoen bodemzicht	
fosfaat	*als open water*			als binnen de dam	
nitraat		laag	middel	hoog	
PLANKTON					
drijflagen cyanobacteriën	*kunnen door dam ingevangen of buitengehouden worden*			*jaarlijks (in wisselende mate) optredend*	
Daphnia watervlooien		weinig	weinig	meer dan binnen	
EVERTEBRATEN					
slakken	weinig	veel	veel	weinig	
biomassa bodemfauna	vrij laag	hoog	hoog	laag	
indiv. grootte bodemfauna	*laag*	*hoog*	*hoog*		
VIS					
dichtheid jonge vis	laag	vrij laag	vrij laag	zeer laag	
soortensamenstelling	aspecten ruisvoorn-snoek gemeenschap			*brasem gedomineerd*	
VOGELS					
dichtheid	vrij hoog			laag	
rustend	veel			weinig	
foeragerend op:	bodemevertebraten	planten en slakken	planten en draadalgen	weinig	

2 Inleiding

A.J. Remmelzwaal

In dit rapport wordt verslag gedaan van onderzoek naar het ecologisch functioneren van vooroevergebieden in het Volkerak-Zoommeer. Het onderzoek bestaat uit veldonderzoek dat in 1997 is uitgevoerd en uit de analyse van meerjarige gegevens uit het ecologische monitoringsprogramma voor het gebied, dat door de afdeling WSE van het RIZA wordt uitgevoerd. Dit onderzoek is onderdeel van het project "Evaluatie oeverinrichting Volkerak-Zoommeer", dat door het RIZA in opdracht van Directie Zeeland van Rijkswaterstaat wordt uitgevoerd. In dit hoofdstuk wordt eerst een korte beschrijving gegeven van het gebied (2.1), waarna de aanleiding en opzet van het evaluatieproject worden beschreven (2.2). In hoofdstuk 3 wordt een beschrijving van de opzet van het veldonderzoek gegeven. In de daarna volgende hoofdstukken komen de opzet en de resultaten van de verschillende deelaspecten van het onderzoek aan de orde. Het rapport eindigt met conclusies, waarbij de resultaten van de verschillende onderdelen geïntegreerd worden.

2.1 het Volkerak-Zoommeer

Het Volkerak-Zoommeer is een waterhuishoudkundige eenheid, die bestaat uit het Volkerakmeer en het Zoommeer, de tussengelegen verbinding de Eendracht en het Bathse spuikanaal. Het Zoommeer is ontstaan door aanleg van de Oesterdam (1986), waarmee een deel van de Oosterschelde werd afgesneden. Het huidige Volkerakmeer vormde de verbinding tussen het Hollands Diep enerzijds en de Grevelingen en de Oosterschelde anderzijds. In 1969 werd het meer afgesloten van het Hollands Diep. Met de sluiting van de Philipsdam op 16 april 1987 kwam de afsluiting van Oosterschelde gereed. Hieronder wordt kort een karakteristiek van het gebied gegeven, met de veranderingen die daarin door de afsluiting hebben plaatsgevonden. Voor een uitgebreidere beschrijving wordt verwezen naar recente rapporten van Breukers et al. (1996), Wanningen & Boute (1997) en Tosserams et al. (1997).

De afsluiting in 1987 en het daarna gevoerde beheer hadden ingrijpende gevolgen voor het gebied. Ten eerste veranderde het systeem van een zoutwater- in een zoetwaterbekken. Deze verandering vond in korte tijd plaats, door doorspoeling met zoet water vanuit het Hollands Diep. Het beheer was er vervolgens op gericht om het chloridegehalte niet boven de 400 mg/l te laten komen, in verband met de watervoorziening van de landbouw. Deze norm is later tijdelijk verhoogd tot 450 mg/l. De aanvoer van zoet water vindt voornamelijk naar het Volkerak plaats, via de Volkeraksluizen, de Dintel, en de Steenbergse Vliet. Zoutaanvoer vindt in het hele gebied plaats, door schutten naar het Oosterscheldebekken (Krammersluizen), zoute kwel en nalevering uit de bodem. Het gevolg is dat het oostelijk deel van het Volkerakmeer het laagste zoutgehalte heeft en het Zoommeer en het Bathse spuikanaal het hoogste (Breukers et al., 1996). Het water heeft in het Volkerakmeer een gemiddelde verblijftijd van 0,3 jaar en in het Zoommeer van 0,15 jaar.

Een tweede belangrijke verandering was het wegvallen van de getijden in het gebied. Na afsluiting werd een streefpeil op NAP-hoogte vastgesteld, waarbij een variatie tussen -0,25 en +0,05 m werd toegestaan. Dit vrijwel stagnante peil is van belang voor de scheepvaart en voor de waterhuishouding van de omliggende gebieden. Op 1 maart 1996 is een fluctuerend peilbeheer ingesteld, waarbij het peil op natuurlijke wijze mag fluctueren tussen +0,15 cm en -0,10 cm. Een belangrijk argument voor dit peilbeheer was het stimuleren van de ontwikkeling van natuurlijker oevers.

Tenslotte mag niet onvermeld blijven dat de afsluiting de aanvoer van water uit Rijn en Maas sterk heeft beperkt en daarmee de aanvoer van micro-verontreinigingen. Gezien de vervuilingsgraad van het Hollands Diep is het huidige beheer er op gericht de inlaat van water uit het Hollands Diep zoveel mogelijk te beperken. In verband met handhaving van het waterpeil en beperking van het zoutgehalte kan

de inlaat niet volledig worden gestopt. Om de inlaat te beperken wordt tijdelijk een verhoging van het zoutgehalte tot maximaal 450 mg/l aanvaard. Ook het huidige, meer natuurlijke peilbeheer kan de behoefte aan de inlaat van water beperken.

Het huidige Volkerak-Zoommeer is dus een vrijwel stagnant zoetwatersysteem, maar heeft nog belangrijke eigenschappen die herinneren aan het vroegere zoutwater getijdesysteem. Als eerste kan de morfologie van het gebied, met name die van het Volkerakmeer, worden genoemd. Het is in feite een diepe geul (dieper dan 15 m), met ondiepe oeverzones en buitendijkse gronden. De ondiepe zones (vooroevers) en de lage delen van de buitendijkse gronden zijn de voormalige intergetijdegebieden. De diepe geul is een gevolg van de getijstroom. De huidige morfologie kan in een stagnant bekken noch ontstaan noch op natuurlijke wijze in stand blijven. Om de buitendijkse gronden en de ondiepe vooroevers in stand te houden zijn door Directie Zeeland vooroeververdedigingen en op sommige plaatsen aanliggende oeververdedigingen aangelegd.

Een tweede relict uit de zoutwaterperiode is het zoutgehalte van de buitendijkse gronden. Op dit moment hebben grote delen nog een zout karakter en komt de daarbij passende vegetatie voor. Door de lage ligging en de slechte doorlatendheid van de grond is ontzilting een traag proces, dat echter wel onstuitbaar voortgaat. Op termijn zal de bodem geheel verzoeten (van Rooij & Groen, 1996).
Tot slot moet de bodemsamenstelling genoemd worden. Grote delen van de waterbodem bestaan uit fijn zand. Ook dit is een karakteristiek van een getijdegeul: in een stagnant systeem zou de bodem voornamelijk uit slib bestaan. In de diepere delen van vooral het Volkerak vindt afzetting van slib plaats. Doordat de buitendijkse gronden uit zand bestaan en de aanvoer van water van buiten vrij beperkt is, is dit een vrij langzaam proces.

2.2 het project "Evaluatie Oeverinrichting Volkerak-Zoommeer"

In de oorspronkelijke situatie werd de morfologie van het gebied instandgehouden door de getijstroom. Er was sprake van een dynamisch evenwicht tussen de aan- en afvoer van zand in de oevergebieden. Deze oevergebieden bestonden, voorzover niet bedijkt, uit hoger gelegen schorren en lager gelegen slikken. De slikken vielen droog bij laag water en liepen onder bij hoog water. Na afsluiting kwam ca. eenderde van de slikken permanent onder water te staan en viel ca. tweederde droog. Door het vrijwel stagnante peil concentreerde de golfwerking zich op een smalle zone in de oever. Het gevolg was dat er erosie optrad, waarbij materiaal uit de oever naar de diepe geul werd getransporteerd. Door het wegvallen van het getij was er geen aanvoer van zand meer naar de oever. Op sommige plaatsen in de buitendijkse gebieden schoof daardoor de waterlijn met tientallen meters per jaar landinwaarts. Bovendien ontstond door de erosie op veel plaatsen een steilrandje, waardoor er geen geleidelijke landwaterovergang meer was.

Om landverlies zo veel mogelijk te beperken, maar ook om de land-waterovergang optimaal tot ontwikkeling te brengen heeft Directie Zeeland besloten maatregelen te nemen. Voor analyse van de problematiek en het ontwikkelen van maatregelen werd de Projectgroep Oevers Volkerakmeer-Eendracht-Zoommeer (POVEZ) opgericht. De projectgroep richtte zich op ecosysteemgerichte oeververdedigingen, maar ook op andere natuurbouwmaatregelen in de oeverzone (projectgroep POVEZ, 1988).

Voor de bescherming van de buitendijkse gronden werden zowel aanliggende oeververdedigingen als vooroeververdedigingen aangelegd. Vooroeververdedigingen zijn dammen die werden aangelegd op een waterdiepte van ca. 1 meter. De vooroeververdedigingen liggen veelal op een afstand van enkele honderden meters van de oever. Aanliggende oeververdedigingen bestaan uit stortsteen, dat rechtstreeks op de oever is aangebracht. Totaal is in het Volkerak-Zoommeer ca. 26 km vooroeververdediging en 4 km aanliggende oeververdediging aangebracht (mond. med. W. Houmes).

Er zijn in de ondiepe delen van het Volkerak-Zoommeer verder zo'n 43 eilandjes aangelegd en op enkele plaatsen zijn "uitstulpingen" aan de buitendijkse gronden gecreëerd. De eilandjes zijn deels bedoeld ter bescherming van achterliggende buitendijkse gronden. De belangrijkste redenen voor aanleg waren echter vergroting van de oppervlakte buitendijkse gronden, vergroting van de oppervlakte ondiep water en vergroting van de oeverlengte. De totale oppervlakte van de eilandjes is ca. 110 ha, wat

ongeveer 5,5% van de oppervlakte buitendijkse gronden is. De oeverlengte is ca. 76 km, waarvan 49 km onverdedigd. De lengte "zachte" oevers in het gebied is hiermee ongeveer verdubbeld. De totale kosten van de aanleg van oeververdedigingen en eilandjes zijn ruim 32 miljoen (Muller, 1996, aangevuld met gegevens van W. Houmes). Figuur 2.1 geeft een overzicht van de aangelegde eilanden en vooroeververdedigingen.

Naast de aanleg van oeververdedigingen en eilandjes zijn op enkele plaatsen in het gebied oude kreken uitgediept. In het oostelijke deel van de Dintelse Gorzen is een oud krekenstelsel uitgediept en uitgebreid en vervolgens met oeverplanten ingeplant om het geschikt te maken als paaigebied voor snoek.

De inrichting van de oevers van het Volkerak-Zoommeer is afgerond in 1997. Omdat het een grootschalig en kostbaar project is geweest, heeft Directie Zeeland het RIZA gevraagd een evaluatie van de inrichting uit te voeren. De evaluatie moest duidelijk maken in hoeverre de oorspronkelijke doelstellingen gehaald zijn en in hoeverre zich nog problemen voordoen. Tevens was het de bedoeling opgedane ervaringen vast te leggen en te verspreiden. De evaluatie zou met name om functionele aspecten van de aangelegde elementen moeten gaan, de constructie-technische aspecten kwamen op de tweede plaats. In overleg met Directie Zeeland is afgesproken dat het paaigebied voor snoek geen deel zal uit maken, omdat dit als afstudeerproject door een student zou worden geëvalueerd. Het rapport hierover is inmiddels verschenen (Schep, 1997). Tevens is bepaald dat onderzoek zou worden beperkt tot vooroeververdedigingen, voor de evaluatie van de aangelegde eilanden zou alleen gebruik worden gemaakt van bestaande kennis en inzichten.

Het RIZA heeft het evaluatieproject verdeeld in drie fasen. De eerste fase was een voorverkenning, die is uitgevoerd in 1996. De voorverkenning had tot doel om na te gaan welke gegevens beschikbaar waren, op welke terreinen aanvullend onderzoek gewenst was en wie daarbij betrokken zouden moeten worden. Op basis van het vooronderzoek is een plan voor de tweede fase gemaakt. Deze tweede fase bestond uit onderzoek naar het ecologisch functioneren van verdedigde vooroevers en naar het effect van vooroeververdedigingen op de oevererosie. Tevens is de hoogte/diepteligging van het gebied opnieuw ingemeten. Het onderzoek en de inmeting zijn uitgevoerd in 1997. Het voorliggende rapport betreft het onderzoek naar het ecologisch functioneren van de vooroeverzone. DWW brengt een rapport uit over het effect van de vooroeververdedigingen op de erosie. Met deze twee rapporten wordt de tweede fase van het project afgesloten. De derde en laatste fase betreft de eigenlijke evaluatie van de oeverinrichting, op basis van de in de voorgaande fasen verkregen kennis. Deze laatste fase wordt uitgevoerd in 1998.

Het jaar 2000 wordt beleidsmatig een belangrijk jaar voor het Volkerak-Zoommeer. In dat jaar zal een nieuw peilbesluit genomen worden. Voorafgaand daaraan verzamelt Directie Zeeland zo veel mogelijk bouwstenen om een goede evaluatie uit te kunnen voeren van de huidige inrichting en beheer. Het eindrapport van het project "Evaluatie oeverinrichting Volkerak-Zoommeer" zal een van de bouwstenen zijn.

3 Opzet van het onderzoek

A.J. Remmelzwaal

In de voorverkenning van het project "Evaluatie oeverinrichting Volkerak-Zoommeer" is nagegaan welke gegevens er over de oeverzones van het Volkerak-Zoommeer beschikbaar waren. Er is besloten de beschikbare gegevens over waterkwaliteit, waterplanten en vogels opnieuw te analyseren, vanuit de specifieke vraagstelling naar de inrichting van de oeverzones. Omdat de beschikbare gegevens over de oeverzones beperkt waren is tevens besloten tot aanvullend veldonderzoek. In verband met de gewenste doorlooptijd van het project is dit veldonderzoek beperkt tot één veldseizoen.

Het onderzoek was niet slechts gericht op het vóórkomen van soorten in de oeverzone, maar vooral ook op het verkrijgen van inzicht in de ecologische relaties. Er zijn daarom gegevens verzameld over een breed scala van biotische en abiotische factoren. Bovendien is er voor gekozen om in de periode van april t/m oktober in principe maandelijks te bemonsteren. Hierdoor kunnen ontwikkelingen in bijvoorbeeld de voedselbeschikbaarheid zichtbaar worden, maar ook kan duidelijk worden of de vooroever alleen een functie heeft in bepaalde onderdelen van de levenscyclus van een soort (bijvoorbeeld paai- of opgroeigebied voor vissoorten).

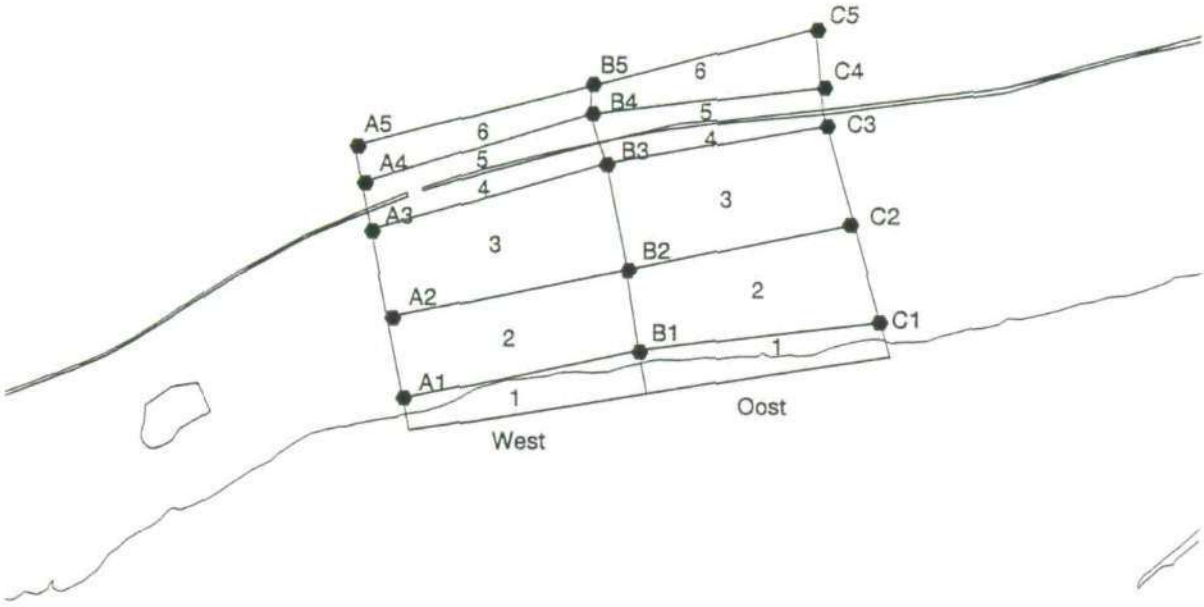
3.1 inrichting en bodemsamenstelling van het onderzoeksgebied

Omdat alle buitendijkse gebieden in het Volkerak-Zoommeer door vooroeververdedigingen worden beschermd, bestond er geen mogelijkheid vergelijkend onderzoek te doen in beschermde en onbeschermde oeverzones. Het onderzoek is daarom uitgevoerd op een locatie met een vooroeververdediging, waarbij zowel binnen als buiten de dam waarnemingen zijn gedaan. In verband met de vrij hoge kosten van het totale onderzoekspakket is het onderzoek beperkt tot één locatie. Omdat het onderzoek gericht is op relaties tussen de onderzochte aspecten zijn de conclusies echter voor het hele gebied bruikbaar. Door middel van gegevens uit het monitoringsprogramma, oriënterende bezoeken aan andere locaties en incidentele bemonsteringen elders wordt dit geverifieerd.

De gekozen onderzoekslocatie lag in de oeverzone van de Dintelse Gorzen, gelegen aan de zuidzijde van het Volkerakmeer (zie figuur 2.1). Het is een gebied dat over een grote lengte een vooroeververdediging heeft, die is aangelegd in de periode september 1990 t/m februari 1991. De afstand tussen de oever en de vooroeververdediging varieert in het onderzoeksgebied van 160 tot 220 meter. Het onderzoeksgebied heeft een lengte van 400 meter evenwijdig aan de oever en strekt zich uit tot 50 meter buiten de vooroeververdediging.

De waterdiepte verloopt binnen de vooroeververdediging zeer geleidelijk van enkele centimeters aan de oever tot zo'n 85 cm vlak bij de dam. Buiten de dam is de waterdiepte ca. 140 cm, waarbij er in de eerste 50 meter buiten de dam geen verloop in de diepte is. De oever van het gebied is voor de helft met een zeer korte grasvegetatie begroeid, omdat daar begrazing plaatsvindt door paarden en runderen. De andere helft van het gebied heeft een smalle rand riet langs de oever. Het riet staat voornamelijk op het land en nauwelijks in het water.

In het onderzoeksgebied zijn, loodrecht op de oever, drie raaien uitgezet (zie figuur 3.1). De raaien hadden een onderlinge afstand van 200 meter. In iedere raai zijn met palen vijf monsterpunten gemarkeerd: 3 binnen de dam en 2 daarbuiten. Binnen de dam lagen de punten 20 meter uit de oever (waterdiepte ca. 20 cm), halverwege de oever en de dam (waterdiepte ca. 60 cm) en 20 meter van de dam (waterdiepte ca 75 cm). Aan de buitenzijde lagen de punten respectievelijk 20 en 50 meter uit de dam, in een waterdiepte van ca. 140 cm.



Figuur 3.1 Inrichting van het onderzoeksgebied. De stippen (genummerd A1 t/m C5) geven de geplaatste markeringspalen aan, de vlakken (west 1 t/m oost 6) de telgebieden voor de vogelwaarnemingen.

Bij de palen in het onderzoeksgebied zijn in juni 1997 bodemmonsters genomen van de bovenste 5 centimeter. In deze monsters zijn het kalkgehalte, het gehalte organische stof en de fractie fijne delen bepaald. Omdat door verschillende onderzoekers verschillende grenzen worden gehanteerd is er voor gekozen de gehalten van drie verschillende fracties fijne delen te bepalen: <2μ, <16μ en <63μ. Tabel 3.1 geeft een overzicht van de analyseresultaten. Bij enkele monsters verschijnt in de tabel een in principe onmogelijke verhouding tussen de verschillende fracties (bijvoorbeeld een gehalte delen <63μ dat kleiner is dan het gehalte delen <2μ). Dit is een gevolg van de zeer lage gehalten fijne delen en de foutenmarge van enkele tienden van procenten in de bepalingen (die voor de verschillende fracties onafhankelijk van elkaar zijn uitgevoerd).

Uit de tabel blijkt dat de bodem kalkrijk is. Het lutumpercentage is in het hele gebied laag, slechts 1 à 2%. De organische-stofgehalten zijn laag, maar er is wel een duidelijk patroon in herkenbaar. Buiten de dam zijn de gehalten lager dan daarbinnen. Binnen de dam neemt lijkt het gehalte iets toe te nemen met de waterdiepte. In 1994 en 1995 zijn dicht in de buurrt van het onderzoeksgebied ook bodemmonsters genomen, op een waterdiepte van ca. 10 cm. Hier werden toen in de laag 0-10 cm iets hogere lutumgehalten gevonden, namelijk 2,7 tot 4,4%. Achteraf valt niet meer na te gaan wat de oorzaak van dit verschil is.

Binnen de vooroeververdediging bleek slechts een laagje van niet meer dan 1 mm van de bodem geaereerd te zijn (visuele waarneming in de zomer), buiten de dam was deze laag enkele centimeters dik.

Tabel 3.1 Resultaten van de bodemanalyses in het onderzoeksgebied.

	gehalten (% droge stof)				
locatie	<2μ	<16μ	<63μ	org. stof	$CaCO_3$
A1	1.0	1.4	3.4	0.7	8.8
B1	1.0	1.8	2.1	0.6	5.2
C1	1.0	1.6	1.6	0.6	6.8
gem. afstand 1	1.0	1.6	2.4	0.6	6.9
A2	1.0	2.4	3.9	0.9	9.9
B2	3.0	1.8	2.1	0.7	6.9
C2	1.0	1.7	2.6	0.5	6.7
gem. afstand 2	1.7	2.0	2.9	0.7	7.8
A3	1.0	2.8	6.4	1.1	9.2
B3	1.0	2.2	3.2	0.8	7.0
C3	1.0	1.7	1.7	0.7	7.1
gem. afstand 3	1.0	2.2	3.8	0.9	7.8
A4	1.0	2.2	1.5	0.3	6.3
B4	1.0	1.8	1.3	0.3	5.9
C4	2.0	1.4	1.5	0.2	5.7
gem. afstand 4	1.3	1.8	1.4	0.3	6.0
A5	1.0	1.4	0.8	0.4	5.5
B5	1.0	1.8	1.4	0.3	5.5
C5	1.0	1.4	1.4	0.3	5.5
gem. afstand 5	1.0	1.5	1.2	0.3	5.5

3.2 het waarnemingsprogramma

Van april t/m oktober 1997 zijn in het onderzoeksgebied waarnemingen gedaan en bemonsteringen uitgevoerd. Tabel 3.2 geeft hiervan een overzicht.

Door synchronisatie van de verschillende bemonsteringen in ruimte en tijd is er naar gestreefd zoveel mogelijk van de onderliggende relaties bloot te leggen. De verschillende waarnemingen en bemonsteringen zijn zoveel mogelijk op de met de palen gemarkeerde plaatsen uitgevoerd, in raaien langs de palen of in vakken die door de palen werden begrensd. In bepaalde gevallen was het echter beter hiervan af te wijken. Per onderzoeksaspect wordt hierop in de volgende hoofdstukken dieper ingegaan.

Tabel 3.2 Overzicht van uitgevoerde waarnemingen en bemonsteringen

	april	mei	juni	juli	aug.	sept.	okt.
biomassa waterplanten*		+	+	+	+	+	
soortensamenstelling waterplanten*		+	+	+	+	+	
waterkwaliteit*		+	+	+	+	+	
fyto- en zoöplankton*		+	+	+	+	+	
bodemmacrofauna*	+			+			+
macrofauna in waterplanten*					+		
vis	+	+	+	+	+	+	
vogels	+	+	+	+	+	+	+
bodemsamenstelling*				+			

** Deze bemonsteringen werden rond de eerste dag van de maand gedaan, een datum aan het einde van de maand is in deze tabel daarom bij de volgende maand gerekend.*

4 Waterplanten

A.J. Remmelzwaal & M.N. Matthijsse

In het onderzoeksgebied bij de Dintelse Gorzen zijn maandelijks de biomassa en de soortensamenstelling van de waterplanten bepaald. Daarnaast zijn de gegevens van de waterplantenmonitoring in de periode 1992 t/m 1997 opnieuw geanalyseerd. Het doel van het waterplantenonderzoek was inzicht te krijgen in de effecten van waterdiepte en de aanwezigheid van een vooroeververdediging op de ontwikkeling van waterplanten, en daarmee op de beschikbaarheid van voedsel en beschutting voor dieren die van deze waterplanten gebruik maken.

4.1 uitvoering van het veldonderzoek

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de data waarop de biomassa en de soortensamenstelling van de waterplantenvegetatie zijn bepaald.

Tabel 4.1 Data opname soortensamenstelling en bemonstering biomassa waterplanten

datum:	29 april	3 juni	26 juni	29 juli	3 september

De bemonsteringen t.b.v. de biomassabepaling en de opnames van de soortensamenstelling van de vegetatie zijn uitgevoerd op de 15 gemarkeerde locaties in het onderzoeksgebied (zie figuur 3.1). Dit betekent dat er van ieder object (bepaald door waterdiepte en ligging t.o.v. de vooroeververdediging) drie herhalingen zijn.

Ten behoeve van de biomassabepaling werd op iedere locatie vier maal een raampje van 50x50 cm in het water gegooid, dat door een snorkelduiker werd leeggeplukt. De "oogst" van de vier raampjes (totaal 1 m^2) werd samengevoegd. In het laboratorium werden de planten over een zeef uitgespoeld en draad- en darmwieren werden eruit verwijderd. De monsters werden vervolgens een nacht gedroogd bij 105° C en gewogen. De biomassa van draad- en darmwieren is niet bepaald, omdat deze zeer moeilijk compleet te oogsten zijn.

Ook de soortensamenstelling werd bepaald door een snorkelduiker. De duiker zwom een oppervlakte van ca. 10x10 meter af. Hiervan schatte hij de totale bedekking door waterplanten en de bedekking per soort. Bij twijfel werden planten geplukt, om boven water te determineren. Door het beperkte aantal soorten in het gebied en de grote ervaring van de duiker waren er geen determinatieproblemen. De bedekking van draad- en darmwieren is ook geschat, waarbij echter geen onderscheid tussen soorten is gemaakt. Voor de schatting van de bedekking is gebruik gemaakt van bedekkingsklassen, zoals weergegeven in tabel 4.2. Dezelfde bedekkingsklassen zijn ook in het meerjarige monitoringsprogramma in gebruik. Voor het berekenen van gemiddelde waarden van de bedekkingen is gebruik gemaakt van de gemiddelde waarde van een klasse, zoals aangegeven is in de tabel.

Tabel 4.2 Bedekkingsklassen die zijn gehanteerd bij de opnames van waterplanten.

klasse:	1	2	3	4	5	6	7
bedekking:	<1%	1-5%	5-15%	15-25%	25-50%	50-75%	>75%
klasse-gemiddelde	0,5%	3%	10%	20%	37,5%	62,5%	82,5%

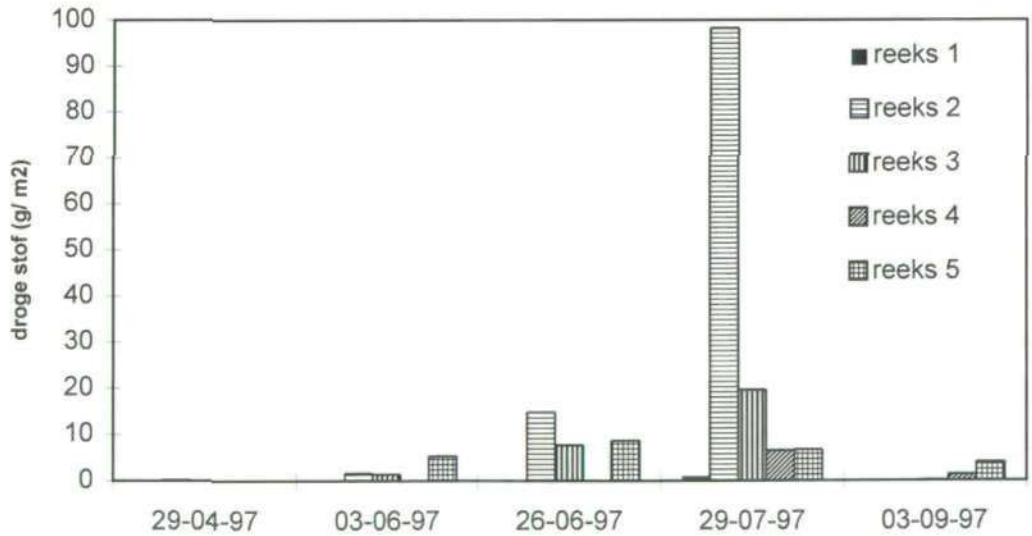
Op 15 oktober is op de drie punten van strook 2, de strook met de hoogste bedekking waterplanten, een bemonstering uitgevoerd van de knolletjes van schedefonteinkruid. Per punt is met een zuigerboor 700 cm^2 bemonsterd (44 steken met een boor van 4,5 cm doorsnede). De grondmonsters zijn uitgezeefd en de knolletjes zijn geteld, gedroogd bij 105° C en gewogen.

4.2 resultaten van het veldonderzoek

De tekst van deze paragraaf is een uitgebreide samenvatting van Matthijsse (1998).

In het onderzoeksgebied zijn acht soorten waterplanten waargenomen. Drie soorten kwamen algemeen voor, te weten schedefonteinkruid *(Potamogeton pectinatus)*, tenger fonteinkruid *(P. pusilus)*, en zannichellia *(Zannichellia palustris)*. De overige soorten kwamen maar in heel beperkte mate voor. Het betrof smalle waterpest *(Elodea nuttalliii)*, gekroesd fonteinkruid *(P. crispus)*, sterrekroos *(Callitriche* sp.*)*, een kranswiersoort *(Chara* sp.*)* en aarvederkruid *(Myriophyllum spicatum)*. Naast de macrofyten zijn draad- en darmwieren waargenomen, die niet zijn gedetermineerd.

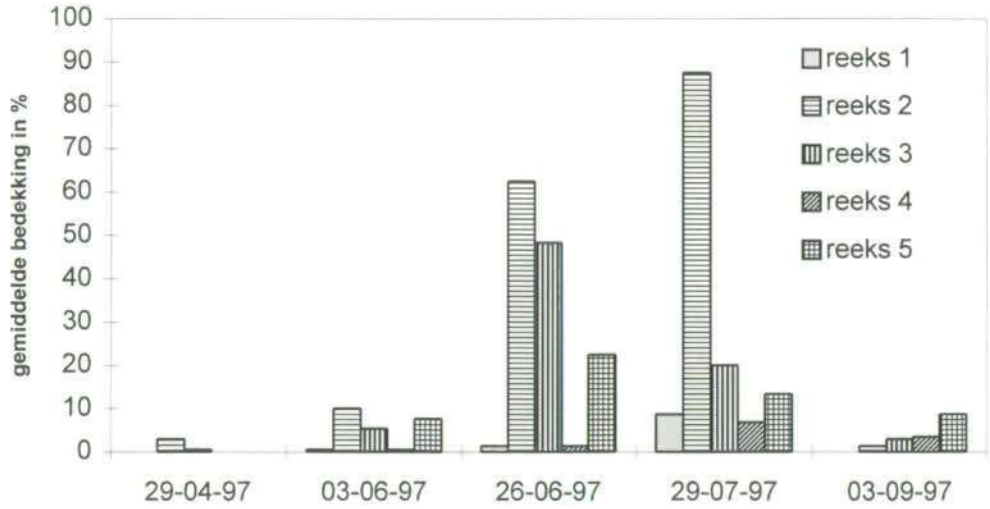
totale biomassa en bedekking
Figuur 4.1 geeft een overzicht van de ontwikkeling van de biomassa van de waterplanten per zone, in de loop van het seizoen. Eind april waren er nog nauwelijks waterplanten waarneembaar. In juni begon de vegetatie zich goed te ontwikkelen. Op 29 juli werd de hoogste biomassa aangetroffen. In de eerste helft van augustus werd het gebied bezocht door een grote hoeveelheid zwanen, die de aanwezige waterplanten binnen de vooroeververdediging (reeks 1 t/m 3) vrijwel volledig opgegeten hebben.



Figuur 4.1 Ontwikkeling van de biomassa van waterplanten per reeks, gedurende het seizoen.

In de ondiepe zone langs de oever (reeks 1) kwamen vrijwel geen waterplanten voor, net als in de zone direct buiten de dam (reeks 4). De hoogste biomassa kwam tot ontwikkeling in reeks 2.

Figuur 4.2 geeft een beeld van de totale bedekking met waterplanten in de loop van het seizoen. Het algemene beeld is gelijk aan dat van de biomassaontwikkeling. In reeks 2 werd eind juli een maximale bedekking van ca. 90% bereikt.

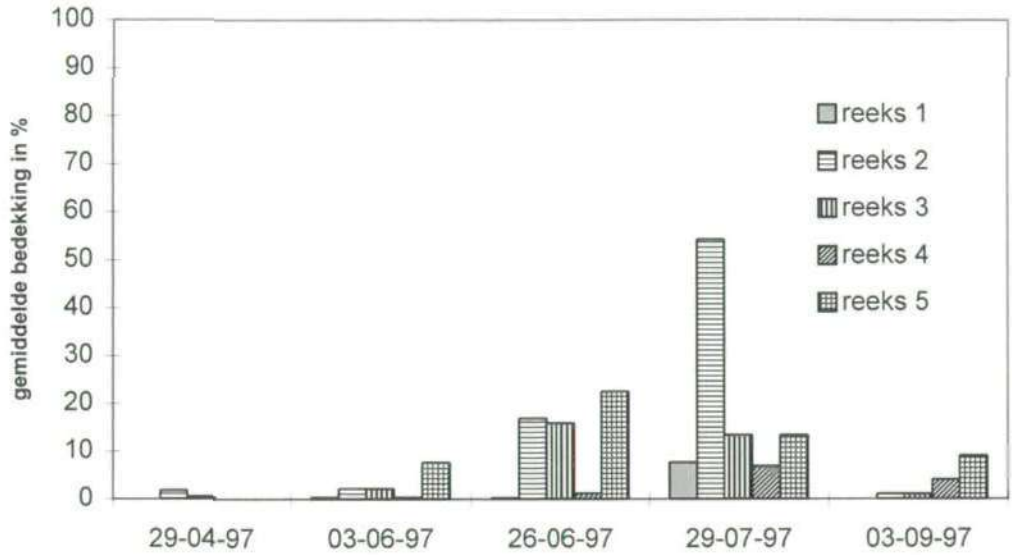


Figuur 4.2 Verloop van de bedekking met waterplanten per reeks, gedurende het seizoen.

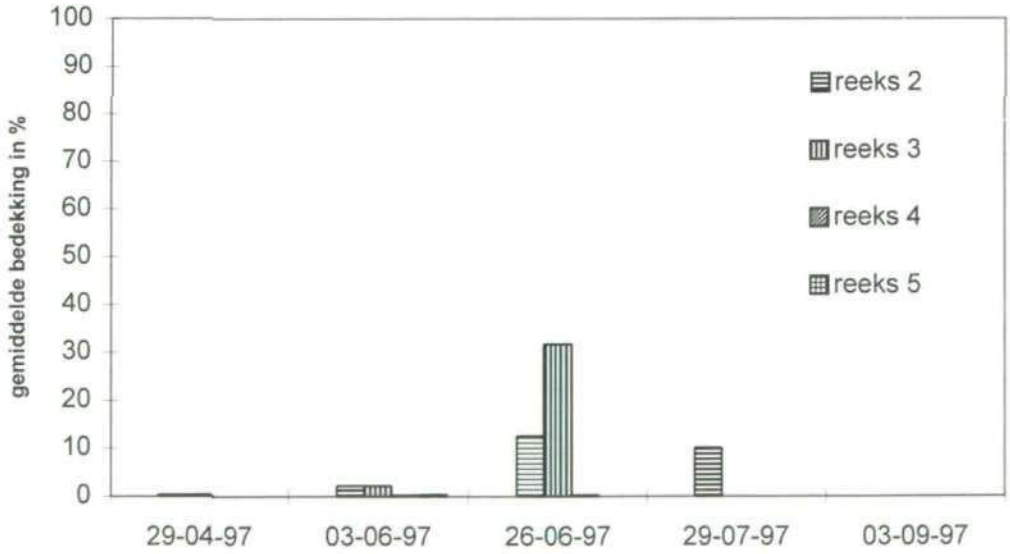
bedekking per soort
De figuren 4.3 t/m 4.6 geven het verloop van de bedekkingen van schedefonteinkruid, tenger fonteinkruid, zannichellia en macroalgen (draad- en darmwieren) gedurende het seizoen weer. Omdat er verticale spreiding plaatsvindt kan de som van de bedekkingen van de macrofyten afzonderlijk groter zijn dan de totale bedekking zoals die is weergegeven in figuur 4.2. In deze totale bedekking zijn overigens draad- en darmwieren niet inbegrepen.

Schedefonteinkruid komt zowel binnen als buiten de dam voor, tenger fonteinkruid en zannichellia zijn vrijwel alleen binnen de dam aangetroffen. Van de incidenteel waargenomen soorten kwamen sterrekroos, smalle waterpest, aarvederkruid en de kranswiersoort alleen binnen de dam voor; gekroesd fonteinkruid kwam zowel binnen als buiten de dam voor.

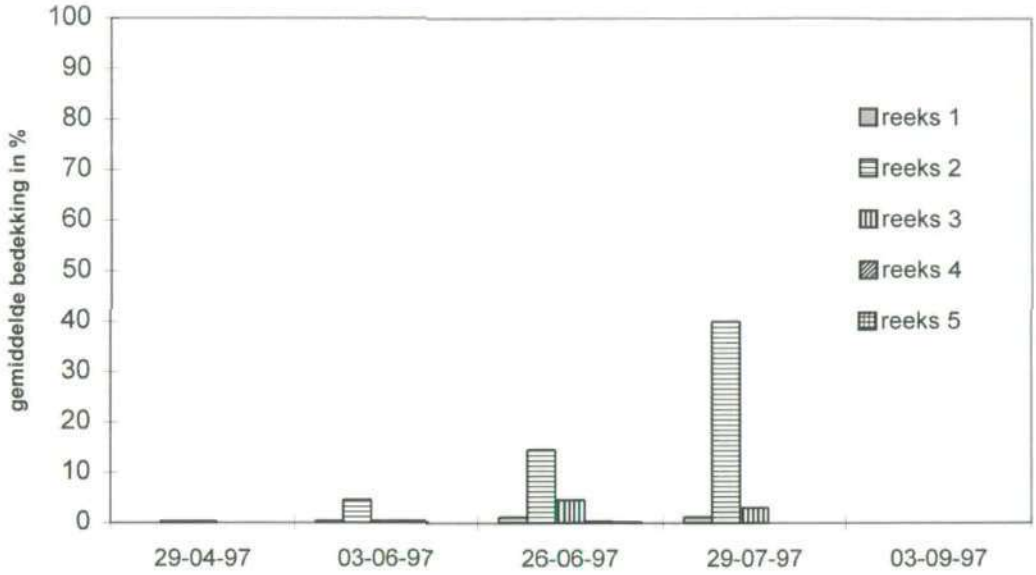
De maximale bedekking van tenger fonteinkruid en van draad- en darmwieren blijkt gemiddeld vroeger in het seizoen te zijn dan die van zannichellia en schedefonteinkruid. De verhouding tussen de maximale bedekkingen van de verschillende soorten verschilt per reeks. Tenger fonteinkruid bereikt in reeks 3 de hoogste bedekkingen, schedefonteinkruid en zannichellia hebben de hoogste bedekkingen in reeks 2.



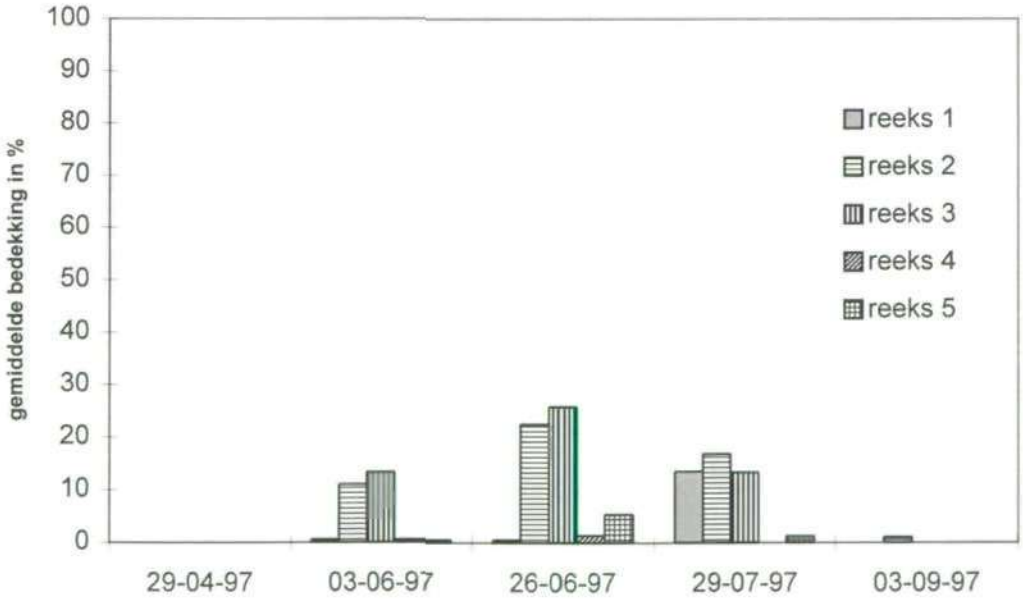
Figuur 4.3 Verloop van de bedekking van schedefonteinkruid per reeks, gedurende het groeiseizoen.



Figuur 4.4 Verloop van de bedekking van tenger fonteinkruid per reeks, gedurende het groeiseizoen.



Figuur 4.5 Verloop van de bedekking van zannichellia per reeks, gedurende het groeiseizoen.



Figuur 4.6 Verloop van de bedekking van draad- en darmwieren per reeks, gedurende het groeiseizoen.

bemonstering knolletjes
Tabel 4.3 geeft een overzicht van de resultaten van de bemonstering van de knolletjes van schedefonteinkruid op 15 oktober. De hoeveelheid aanwezige knolletjes bleek zeer laag te zijn.

Tabel 4.3 Resultaten bemonstering knolletjes schedefonteinkruid op 15 oktober 1997.

meetpunt	aantal knolletjes per m^2	drooggewicht (g/m^2)
A2	143	3,4
B2	143	2,6
C2	57	0,8
gemiddeld	114	2,3

4.3 analyse van meerjarige monitoringsgegevens

Sinds 1989 wordt de ontwikkeling van waterplanten in het Volkerak-Zoommeer gevolgd, door het maken van opnames op in raaien gelegen vaste punten. De opnames worden door een snorkelduiker gemaakt, in een vak van ca. 10x10 meter. Bij de opnames worden de totale bedekking met waterplanten, de bedekking per soort, de waterdiepte en het doorzicht vastgesteld.

Uit de bestanden zijn punten geselecteerd voor verdere analyse. Hierbij is uitgegaan van de volgende criteria:
- In de periode 1989 t/m 1996 zijn minimaal gegevens van 6 jaar beschikbaar.
- Op korte afstand van elkaar liggen punten binnen en buiten een vooroeververdediging.
- De individuele opnamepunten liggen minimaal 10 meter van de vooroeververdediging.

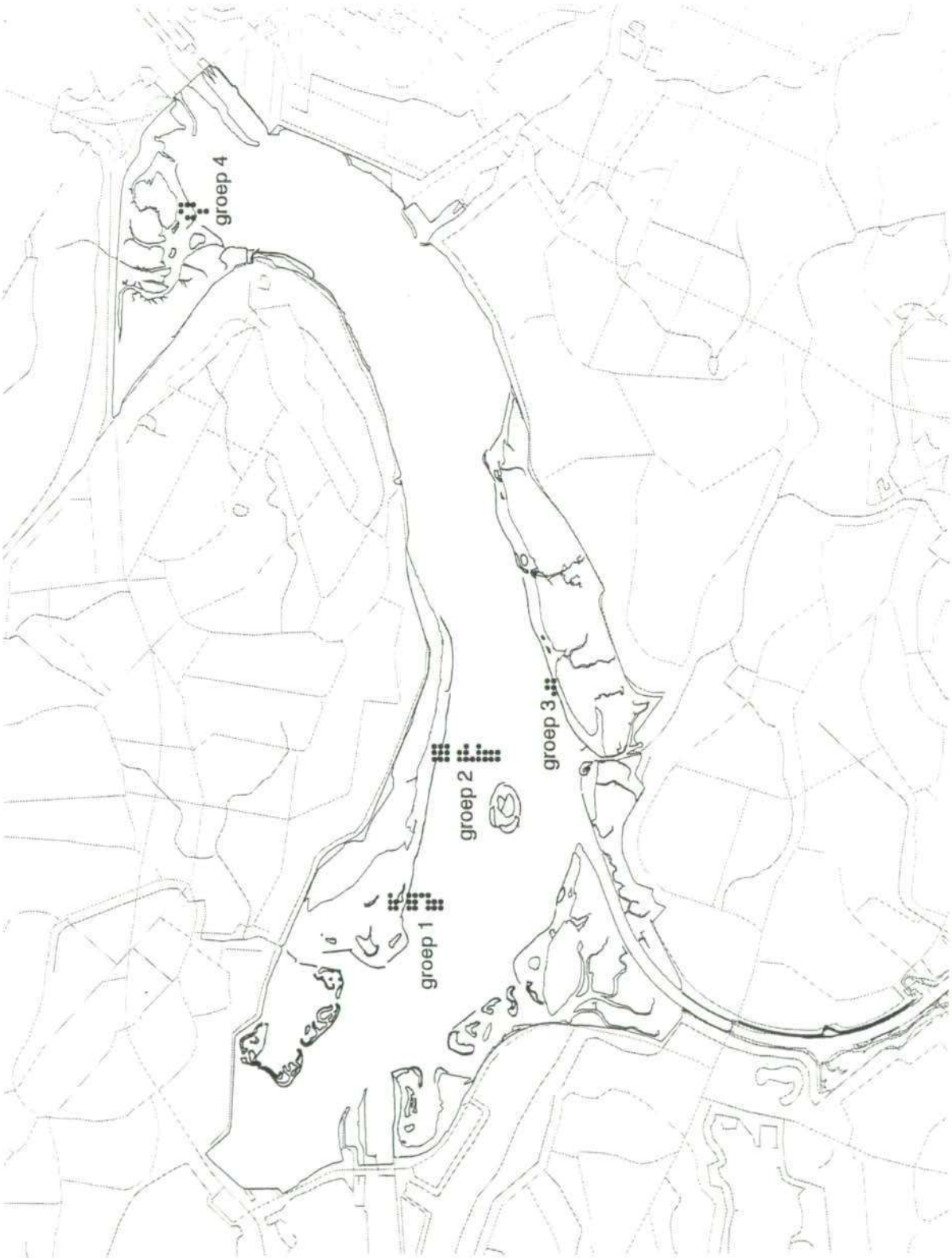
Deze criteria leidde tot de selectie van 56 opnamepunten, allen gelegen in het Volkerakmeer. De punten liggen in vier groepen, zoals aangegeven in figuur 4.7. De vooroeververdedigingen bij deze opnamepunten zijn aangelegd in de periode oktober 1989 t/m juli 1990 (groep 1 en 2) en in de periode juni 1990 t/m april 1991 (groep 3 en 4).

Tabel 4.4 geeft een overzicht van de waterdiepte bij de opnamepunten en de ligging van de punten t.o.v. de vooroeververdediging. In verband met de aanleg van de dammen zijn bij veel punten in 1992 geen opnames gemaakt.

Tabel 4.4 Aantallen opnamepunten per diepteklasse, binnen en buiten de vooroeververdediging

	binnen de dam		buiten de dam				totaal
diepte (cm):	50-100	100-150	100-150	150-250	250-350	350-450	
groep 1	1	4	4	6	4	0	19
groep 2	4	0	5	2	6	7	24
groep 3	1	0	3	1	0	0	5
groep 4	2	3	0	3	0	0	8
totaal	8	7	12	12	10	7	56

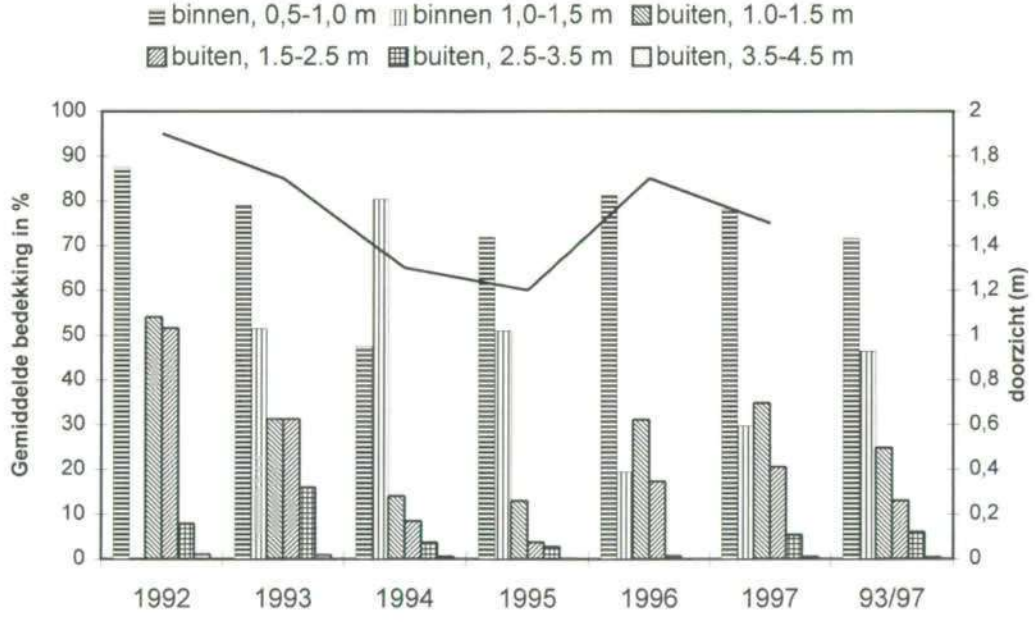
De hier gepresenteerde resultaten van de analysegegevens zijn een uitgebreide samenvatting van de tekst hierover in Matthijsse (1998).



Figuur 4.7 Ligging van de vier groepen punten waarvan de opnames voor de analyses zijn gebruikt

bedekkingsgraad waterplanten
In figuur 4.8 zijn de gemiddelde bedekkingen met waterplanten (inclusief macroalgen) in de periode 1992 t/m 1997 per diepteklasse weergegeven. De hoogste bedekkingen worden gevonden in ondiep water, binnen de vooroeververdedigingen. De bedekkingen blijken sterk te variëren van jaar tot jaar. In de grafiek is met een lijn het doorzicht weergegeven (zomergemiddelde van drie meetpunten in het meer). Het blijkt dat de bedekking op de punten buiten de vooroeververdedigingen sterk gecorreleerd is met het gemiddelde doorzicht.

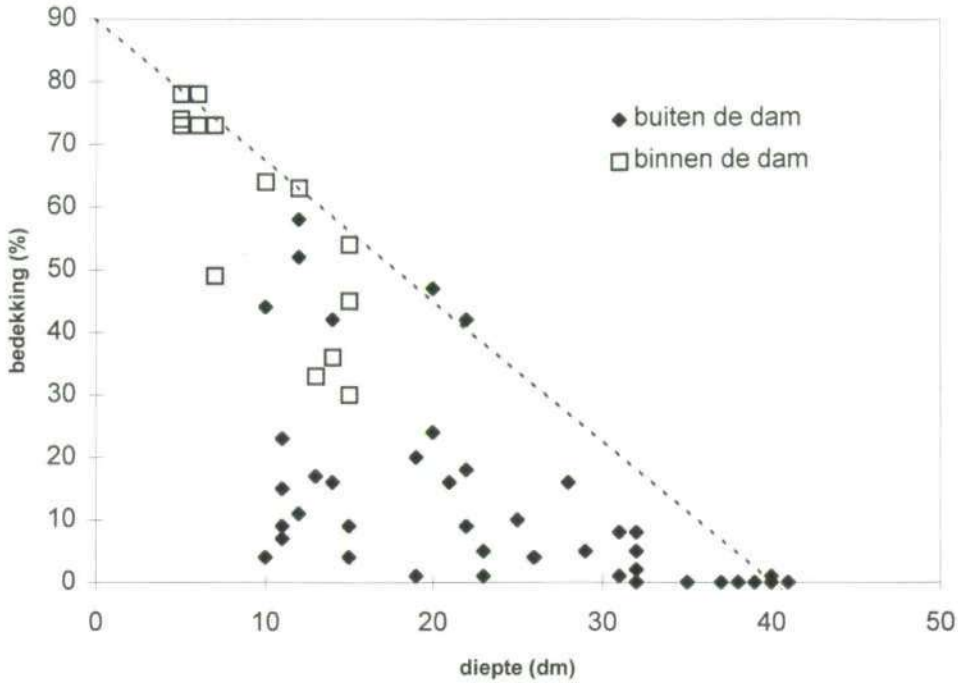
In de figuur wordt niet zichtbaar dat er ook tussen de vier groepen punten grote verschillen in bedekking zijn. Vooral de groep bij de Hellegatsplaten valt op door de bijna totale afwezigheid van waterplanten buiten de vooroeververdediging. Uit de beschikbare gegevens over bodemsamenstelling en golfklimaat valt hiervoor geen verklaring te vinden. Opvallend is wel dat de Hellegatsplaten ook het gebied zijn waar de sterkste oevererosie plaatsvindt. Dit suggereert dat de oorzaak toch te maken kan hebben met de golfwerking ter plaatse.



Figuur 4.8 Totale bedekking met waterplanten binnen en buiten vooroeververdedigingen per diepteklasse (gemiddeld per jaar en het gemiddelde over de jaren 1993 t/m 1997) en het doorzicht in die jaren (getrokken lijn)

In figuur 4.9 is voor alle punten de gemiddelde bedekking in de jaren 1993 t/m 1997 uitgezet tegen de waterdiepte, waarbij is aangegeven of een punt binnen of buiten de vooroeververdediging gelegen is. De punten in de grafiek vertonen een grote spreiding. De diepte blijkt echter een limiet te stellen aan de maximale bedekking die, gemiddeld over de jaren, voor kan komen. Bij een diepte groter dan 3 à 4 meter komen vrijwel geen waterplanten meer voor. De (op het oog getrokken) stippellijn geeft het globale verband weer tussen de waterdiepte en de maximale bedekking met waterplanten, bij de gemeten doorzichten van ca. 80 tot 180 cm in de zomer (gemiddeld over de zelfde jaren).

Omdat ook andere factoren dan diepte de ontwikkeling van waterplanten kunnen beperken liggen de meeste punten onder de lijn. Gezien de relatief hoge bedekkingen die achter de vooroeververdedigingen voorkomen spelen deze factoren hier een minder belangrijke rol dan in het open water.



Figuur 4.9 Bedekking met waterplanten (gemiddeld over de jaren 1993 t/m 1997) uitgezet tegen de diepte.

factoren die verschillen in de bedekking kunnen bepalen
Voor de verklaring van de spreiding van de punten in figuur 4.9 valt te denken aan golfwerking, bodemsamenstelling, verschil in doorzicht, waterkwaliteit en begrazing door herbivore watervogels.

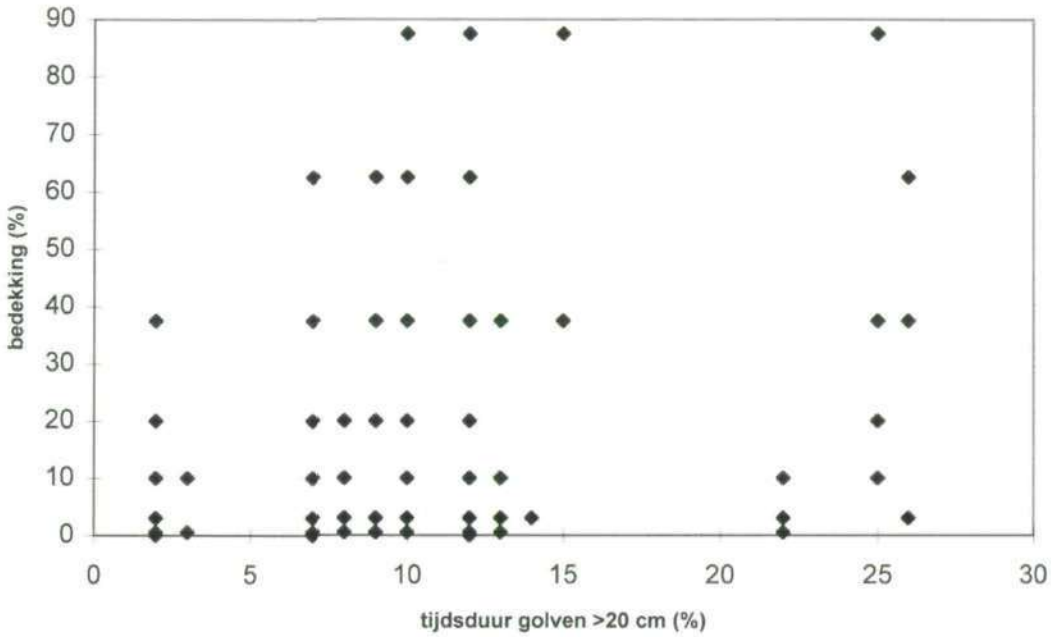
Over de verschillen tussen de zone binnen en buiten de vooroeververdediging kan het volgende worden gezegd:

- Door de geringe diepte, de gemiddeld kleinere strijklengte en de afscherming van scheepvaartgolven is de gemiddelde golfhoogte binnen de vooroeververdediging veel kleiner dan daarbuiten.
- De bemonsteringen in het onderzoeksgebied laten zien dat er binnen de vooroeververdedigingen hogere organische-stofgehalten in de bodem voor kunnen komen. In het onderzoeksgebied ging het in absolute waarden om zeer kleine verschillen (0,7% binnen tegen 0,3% buiten), maar relatief is dit een groot verschil.
- Binnen de vooroeververdedigingen worden meer herbivore watervogels waargenomen dan daarbuiten. Bovendien zijn door de geringere waterdiepte de waterplanten beter bereikbaar voor de vogels.
- De verschillen in waterkwaliteit zijn over het algemeen zeer klein (zie hoofdstuk 5).
- Er lijken geen systematische verschillen in doorzicht te bestaan. Met name het optreden van blauwalgen kan het doorzicht sterk beïnvloeden. Op sommige locaties kunnen binnen de vooroeververdediging hoger dichtheden van blauwalgen voorkomen dan in het open water, als gevolg van inwaaiing. Op ander locaties kunnen, door isolatie van het open water, de dichtheden aan blauwalgen binnen de dam juist laag blijven.

Naar alle waarschijnlijkheid zal de verminderde golfwerking de belangrijkste oorzaak zijn voor de gemiddeld hogere bedekkingen binnen de vooroeververdediging dan daarbuiten, bij gelijke waterdiepte.

Voor wat betreft de spreiding in de waarnemingen buiten de vooroeververdedigingen is het minder eenvoudig een oorzaak aan te geven. Er zijn voor het meer berekeningen van het golfklimaat uitge-

voerd. De vier groepen blijken onderling maar weinig te verschillen in *gemiddelde* golfhoogte, maar er zijn wel duidelijke verschillen in het voorkomen van *hogere* golven. In figuur 4.10 is de bedekkingsgraad uitgezet tegen het percentage van de tijd dat er golven van meer dan 20 cm voorkomen (gemiddeld in de periode mei t/m augustus). Er blijkt echter geen correlatie te zijn. De berekeningen van het golfklimaat houden geen rekening met scheepvaartgolven. De groep punten die het dichtst bij de vaargeul ligt, en waar dus de meeste scheepvaartgolven voorkomen, was echter juist de groep met de hoogste bedekkingen.

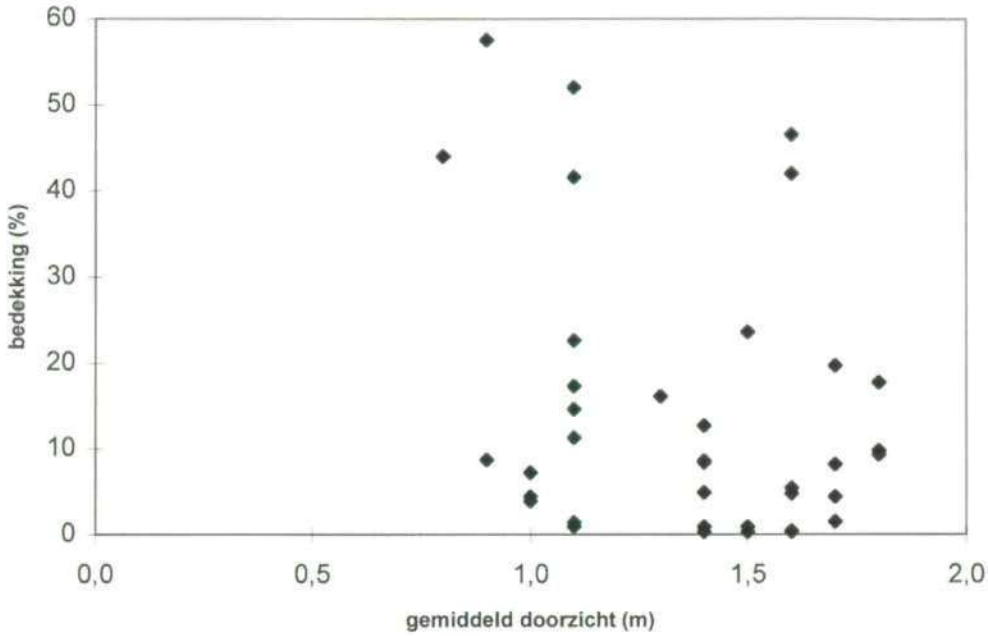


Figuur 4.10 Bedekking met waterplanten (gemiddeld over de jaren 1993 t/m 1997) uitgezet tegen de fractie van de tijd dat op een locatie golven groter dan 20 cm voorkomen (gemiddeld over de periode mei t/m augustus).

Alle vier de groepen met opnamepunten hebben een zandige bodem, zodat ook de bodemsamenstelling geen verklaring voor de gevonden verschillen in bedekking geeft.

In figuur 4.11 is de bedekking uitgezet tegen het doorzicht (Secchi-diepte). Er blijkt in de waarnemingen geen duidelijke relatie te zijn tussen het over de jaren gemiddelde doorzicht op een locatie en de gemiddelde bedekking met waterplanten. Hierbij is het echter een grote handicap dat de doorzichten slechts eenmaal per seizoen zijn bepaald, tegelijk met de opname van de waterplanten. Een gemiddelde waarde over het groeiseizoen zou een ander beeld te zien kunnen geven, zeker gezien de correlatie van doorzicht en bedekking zoals die in figuur 4.7 naar voren komt.

Uit de beschikbare gegevens kan dus wel een waarschijnlijke oorzaak worden afgeleid van de verschillen in bedekking met waterplanten binnen en buiten de vooroeververdediging, maar niet voor de verschillen tussen de diverse locaties in het meer.



Figuur 4.11 Bedekking met waterplanten uitgezet tegen het doorzicht per locatie (gemiddeld over de jaren 1993 t/m 1997).

soortensamenstelling waterplanten
In het monitoringsprogramma van het Volkerak-Zoommeer zijn minimaal 11 soorten waterplanten waargenomen. Omdat niet alle geslachten tot op soort zijn gedetermineerd, is het exacte aantal niet vast te stellen. Op doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*) na zijn alle soorten ook aangetroffen in de geselecteerde opnamepunten. Tabel 4.4 geeft de gemiddelde bedekking van de soorten weer, per diepteklasse binnen en buiten de vooroeververdediging.

Tabel 4.4 Gemiddelde bedekking (1993-1997) per soort, per diepteklasse, binnen en buiten de vooroeververdediging. (- betekent: niet waargenomen, 0 betekent: waargenomen, maar gemiddelde bedekking <0,5%).

ligging:	binnen de dam		buiten de dam			
diepte (cm):	50-100	100-150	100-150	150-250	250-350	350-450
schedefonteinkruid (*P. pectinatus*)	7	20	14	7	2	0
tenger fonteinkruid (*P. pusillus*)	12	11	7	6	2	0
zannichellia (*Z. palustris*)	21	2	2	4	0	0
kranswier (*Chara* sp.)	4	7	0	0	0	-
aarvederkruid (*Myrioph. spicatum*)	0	6	0	0	0	0
waterpest (*Elodea* sp.)	0	6	0	0	0	0
sterrekroos (*Callitriche* sp.)	3	2	0	0	0	0
stijve waterranonkel (*R. circinatus*)	0	1	0	-	0	-
gekroesd fonteinkruid (*P. crispus*)	-	0	0	0	0	0
ruppia (*Ruppia* sp.)	0	0	0	0	0	-
darmwieren (*Enteromorpha* sp.)	7	4	5	4	1	1
overige draadwieren	29	17	3	1	0	0

Voor alle soorten waarvan voldoende waarnemingen zijn geldt dat de bedekking afneemt bij grotere diepten en dat achter de vooroeververdediging de hoogste bedekkingen worden gevonden. Aarvederkruid, sterrekroos, waterpest, zannichellia, kranswier en de groep overige draadwieren lijken een bijzondere voorkeur te hebben voor de locaties achter de vooroeververdedigingen.

Tabel 4.4 geeft de gemiddelde waarden over de periode 1993 t/m 1997. Wanneer naar de individuele jaren wordt gekeken valt op dat in deze periode de bedekkingspercentages van schedefonteinkruid zijn toegenomen en die van tenger fonteinkruid zijn afgenomen.

4.4 discussie

soorten

De meest voorkomende soorten waterplanten in het onderzoeksgebied in 1997 waren schedefonteinkruid, tenger fonteinkruid en zannichellia. Uit de monitoringsgegevens blijkt dat dit in het hele Volkerak-Zoommeer de meest algemene soorten zijn. In het Volkerak-Zoommeer komen verder aarvederkruid, kranswier, waterpest, stijve waterranonkel, ruppia, sterrekroos, gekroesd fonteinkruid en doorgroeid fonteinkruid voor. Van deze soorten blijken kranswier, sterrekroos, waterpest en zannichellia een voorkeur te hebben voor de zones achter de vooroeververdedigingen. Van de soorten waterpest en zannichellia wordt in de literatuur bevestigd dat de planten meestal waargenomen worden in ondiep water; van zannichellia is bekend dat de plant een zekere beschaduwing verdraagt (Weeda et al., 1985). Dit laatste is terug te zien in het onderzoeksgebied, waar zannichellia een onderbegroeiing vormt.

Schedefonteinkruid is de meest dominante soort in het Volkerak-Zoommeer en komt zowel binnen als buiten de vooroeververdedigingen voor. In de literatuur wordt schedefonteinkruid omschreven als een competitieve, stress-tolerante waterplant (Kautsky, 1987). Schedefonteinkruid heeft een ver kruipende en sterk vertakte wortelstok, waardoor de soort sterke golfslag kan verdragen (Weeda et al., 1985; Bloemendaal en Roelofs, 1988). Daarnaast maakt schedefonteinkruid bij vermindering van de hoeveelheid licht langere stengels om zo de nabijheid van de waterspiegel op te zoeken waardoor lichtlimitatie voorkomen wordt en de soort tot grotere diepten voor kan komen (Weeda et al., 1991; Blindow, 1992). Dit zijn waarschijnlijk belangrijke kenmerken waardoor schedefonteinkruid in staat is zich in het Volkerak-Zoommeer ook buiten de vooroeververdediging te handhaven. Ook schedefonteinkruid bereikt echter de hoogste bedekkingen in de vooroeverzone. Dit komt overeen met de resultaten van een

onderzoek van Kautsky, waaruit blijkt dat de soort in beschutte gebieden hogere biomassa's bereikt dan in meer geëxponeerde gebieden (Kautsky, 1987).

Van de twee meest algemene soorten, schedefonteinkruid en tenger fonteinkruid, blijkt tenger fonteinkruid iets eerder in het seizoen weer te degraderen dan schedefonteinkruid, waardoor in gemengde begroeiingen het aandeel schedefonteinkruid in de loop van het seizoen toeneemt.

In de loop der jaren blijkt in het Volkerak de bedekking van tenger fonteinkruid te zijn afgenomen en die van schedefonteinkruid te zijn toegenomen. Gezien wat bekend is over de eigenschappen van deze twee soorten lijkt het niet waarschijnlijk dat dit het gevolg is van de geconstateerde veranderingen in het doorzicht. Mogelijk is tenger fonteinkruid een soort die zich wat sneller verspreidt dan schedefonteinkruid. Tenger fonteinkruid plant zich vooral voort door winterknoppen, die van de oude stengels loslaten. Voor schedefonteinkruid zijn knolletjes de belangrijkste voortplantingsorganen. Wanneer beide soorten zich eenmaal op een locatie gevestigd hebben kan in de concurrentie schedefonteinkruid de overhand nemen door zijn robuustere groeiwijze. Mogelijk heeft schedefonteinkruid door zijn knolletjes ook minder te lijden van begrazing door watervogels.

biomassaontwikkeling in onderzoeksgebied
In het veldonderzoek werd de maximale biomassa binnen de vooroeververdediging eind juli bereikt. Begin augustus werden de waterplanten daar binnen een tijdsbestek van twee weken vrijwel volledig weggegeten door knobbelzwanen. Uitgaande van een oppervlakte van ca. 9 ha en een biomassa van 0,1 kg droge stof per vierkante meter, betekent dit dat ca. 9 ton is weggegraasd. Bij een consumptie van 600 gram d.s. per dag per individu kan dit in twee weken gebeurd zijn door ruim 1000 zwanen.

Vermoedelijk hebben de zwanen ook een groot deel van de aanwezige knolletjes van het schedefonteinkruid opgegeten. De in oktober aangetroffen dichtheid van 114 knolletjes per vierkante meter is zeer laag . In de literatuur wordt aangegeven dat dichtheden van 1000 wortelknolletjes per m^2 niet ongebruikelijk zijn (Van Dijk & Blom, 1991). De gevonden dichtheid ligt in de buurt van de dichtheden die na begrazing door kleine zwanen wordt aangetroffen (Van Eerden et al., 1997). Omdat de knolletjes reeds vroeg in het seizoen worden gevormd (Bloemendaal & Roelofs, 1988; van Wijk, 1988; van Dijk, 1991), is het niet waarschijnlijk dat de begrazing begin augustus de vorming van de knolletjes heeft voorkomen.

In de zone langs de oever werden in het onderzoeksgebied tot een diepte van ca. 35 vrijwel geen waterplanten aangetroffen. Bij bezoeken aan andere locaties in het Volkerak bleek dat dit een algemeen verschijnsel is. Ook in de randmeren is waargenomen dat in zeer ondiepe delen de begroeiing met waterplanten gering is (De Redelijkheid & Scheffer, 1990; Scheffer et al., 1992). In het onderzoeksgebied gebied waren enkele exclosures aanwezig, waarbinnen geen watervogels konden komen. Ook binnen de exclosures kwamen geen waterplanten voor, zodat begrazing niet de oorzaak van de afwezigheid was. In een met een damwand afgesloten proefterrein in de oeverzone van de Krammersche Slikken bleken waterplanten tot zeer geringe diepte voor te komen (Lauwaars en Kerkum, 1997). Dit is een aanwijzing dat golven de oorzaak zijn van de onbegroeide zone langs de oever. Ook in de literatuur wordt golfwerking als oorzaak van een onbegroeide zone langs de oever genoemd (Duarte & Kalff, 1990). Hierbij moet opgemerkt worden dat Duarte en Kalff al vanaf een waterdiepte van circa 2 meter een negatieve invloed constateerden van golfwerking. De diepte waarop golven invloed krijgen op de bodem, en dus op het voorkomen van waterplanten, is afhankelijk van de golflengte (Chambers, 1987). Aangezien zich, door de aanwezigheid van de vooroeververdediging in de vooroeverzone slechts geringe golflengten kunnen ontwikkelen, is de diepte waarop waterplanten een negatieve invloed ondervinden van golfwerking kleiner dan bij een onbeschermde oever.

Er is een groot verschil in ontwikkeling van waterplanten binnen en buiten de vooroeververdediging. Bij de analyse van de monitoringsgegevens wordt hierop verder ingegaan. In het onderzoeksgebied was het daarbij echter opvallend dat buiten de dam de biomassa van de waterplanten na eind juni niet meer toenam. Bij de bemonstering eind juli werd daar een sterk verminderd doorzicht waargenomen, als gevolg van de aanwezigheid van grote hoeveelheden blauwalgen. Vermoedelijk is dit de oorzaak van de stagnerende ontwikkeling van de waterplanten buiten de vooroeververdediging.

factoren die de bedekking met waterplanten bepalen
In figuur 4.9 wordt weergegeven hoe de diepte een limiet stelt aan de bedekking met waterplanten, bij de variatie in doorzicht die in het Volkerak voorkomt. Binnen de vooroeververdediging liggen de waargenomen bedekkingen gemiddeld veel dichter bij deze limiet dan buiten (afgezien van de hierboven besproken zone dicht langs de oever). Vermoedelijk is het verschil in bedekking vooral een gevolg van de verminderde golfwerking binnen de dammen. Andere factoren die bij zouden kunnen dragen zijn een iets rijkere bodem (door ophoping van organische stof) en in sommige situaties een verminderd optreden van hoge dichtheden blauwalgen. Hier tegenover staat echter dat binnen de dam de graasdruk van herbivore watervogels hoger is (Nienhuis & Boudewijn, 1997). De relatief hoge bedekkingen binnen de dam zijn ook waargenomen in het onderzoeksgebied. In 1994 heeft de Meetkundige Dienst, in het kader van het MWTL-programma, op basis van luchtfoto's een kaart gemaakt met de verspreiding van waterplanten in het Volkerak-Zoommeer. Ook deze kaart laat de hoogste bedekkingen met waterplanten binnen de dammen zien. Vergelijking van de gegevens van deze kaart met de opnames die door een snorkelduiker zijn gemaakt leert echter dat op de kaart de aanwezigheid van waterplanten in diepere gebieden sterk wordt onderschat.

Buiten de dam blijkt er een verband te zijn tussen het zomergemiddelde van het doorzicht en de waterplantenbedekking in een jaar (figuur 4.7). Uit figuur 4.9 blijkt verder dat er grote verschillen zijn in de over de jaren gemiddelde bedekking met waterplanten tussen verschillende locaties. Er is gekeken naar het golfklimaat als verklarende factor, maar met de beschikbare gegevens konden de verschillen tussen de locaties niet verklaard worden. Gezien de geringe golfhoogten die in het gebied voorkomen (slechts een zeer klein deel van de golven is hoger dan 25 cm) mag bij waterdiepten van meer dan een meter ook geen groot effect worden verwacht. Gezien het verband tussen het seizoensgemiddelde doorzicht in het meer en de gemiddelde waterplantenbedekking zou het doorzicht ook een belangrijke factor kunnen zijn die de verschillen tussen locaties bepaalt. Van de verschillende locaties is echter slechts eenmaal per seizoen het doorzicht bepaald. Tussen deze waarden en de waterplantenbedekking werd geen correlatie gevonden (zie figuur 4.11). De oorzaak van de verschillen in de gemiddelde waterplantenbedekking tussen locaties buiten de vooroeververdedigingen kunnen dus niet met zekerheid worden aangegeven.

5 Waterkwaliteit

W. Oosterberg & R. Bijkerk

Dit hoofdstuk beschrijft de waterkwaliteit in de vooroevergebieden in het Volkerak. ten opzichte van die in het diepere open water. Hierbij staan de volgende onderzoeksvragen centraal:

1. functioneert de vooroever als een duidelijk van het diepere water gescheiden unit?
2. leidt een vooroeververdediging tot een verandering in het lichtklimaat?
3. leidt een vooroeververdediging tot een verandering in de nutrienthuishouding?

De gegevens zijn afkomstig uit een analyse van de beschikbare meerjarige monitoringsgegevens en uit maandelijke bemonsteringen in het onderzoeksgebied bij de Dintelse Gorzen in 1997. Omdat de tijdschaal van de metingen een orde groter is dan de tijdsschaal van veel relevante processen kunnen alleen grote verschillen in waterkwaliteit worden geïdentificeerd. Het onderzoek naar de waterkwaliteit heeft dan ook vooral een signaalfunctie.

5.1 uitvoering van het veldonderzoek

In het veldonderzoek zijn 3 zones onderscheiden:
- OW: het open water buiten de vooroeververdediging
- VW: de zone zonder waterplanten binnen de vooroeververdediging
- VP: de zone met waterplanten binnen de vooroeververdediging

Deze zones zijn in de periode van eind april tot begin september maandelijks bemonsterd. Tabel 5.1 geeft een overzicht van de bemonsteringsdata. Waterplanten waren alleen op 26 juni en 29 juli in enige dichtheid aanwezig; daarom is alleen op deze data de zone VP apart bemonsterd. Per zone zijn per meetdatum op 3 locaties monsters genomen. Meetpunten voor VP lagen in het algemeen halverwege de oever en de vooroeververdediging (waterdiepte ca. 60 cm.); meetpunten voor VW lagen in het algemeen dicht bij de vooroeververdediging (waterdiepte ca. 75 cm). De meetpunten OW lagen ca. 20 meter buiten de vooroeververdediging en hadden een waterdiepte van ca. 140 cm.

Tabel 5.1 Data waterbemonstering

datum:	29 april	3 juni	26 juni	29 juli	3 september

Met behulp van een steekbuis (> 50 cm diepte) en een schepemmer (<50 cm diepte) is zo goed mogelijk de complete waterkolom bemonsterd. Op iedere locatie is totaal 50 liter in een mengvat gebracht, waaruit na menging de monsters zijn genomen. Na monstername zijn de monsters binnen 7 uur gekoeld en binnen 48 uur geanalyseerd bij het laboratorium OMEGAM in Amsterdam.

Op iedere locatie werden in het veld doorzicht, zuurstofgehalte, temperatuur en pH bepaald.
In het laboratorium werden de volgende chemische analyses uitgevoerd: zwevend stof, asrest, P-totaal, P-ortho, N-Kjeldahl, NO_x, NH_4, Silicaat, Cl, SO_4,Chlorofyl-a en faeofytine.

5.2 resultaten van het veldonderzoek

De meetresultaten zijn opgenomen in bijlage 1 en grafisch weergegeven in de figuren 5.1 t/m 5.9. Bij de hier volgende analyse worden de meetresultaten op de locaties in het open water (OW) vergeleken

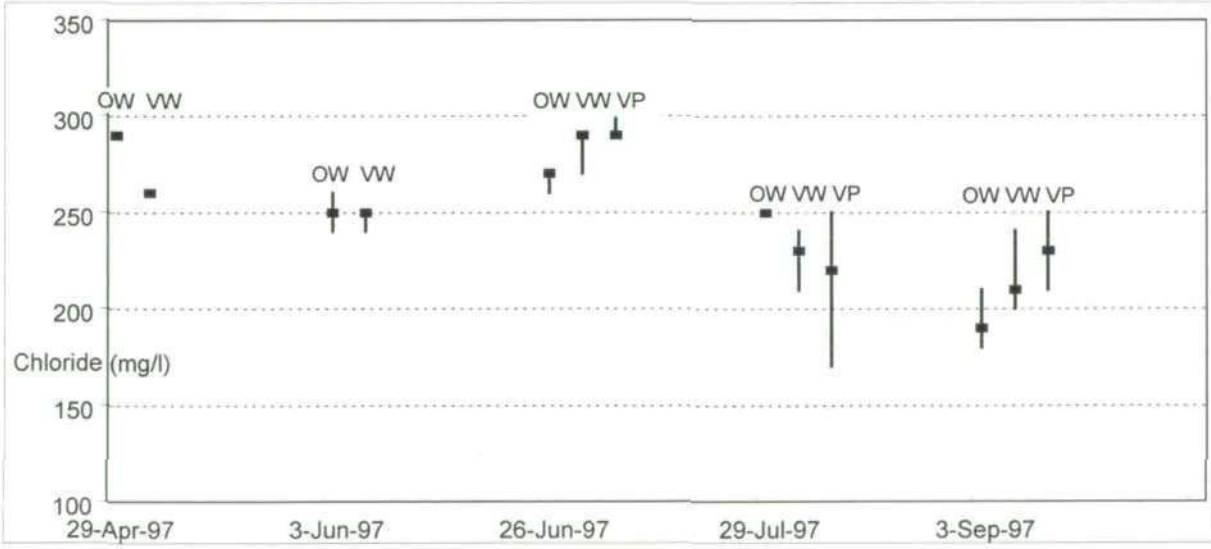
met die in de vooroever in de zone zonder (VW) of met (VP) waterplanten. De parameters die een sterke dag-nacht ritmiek ondervinden (watertemperatuur, pH, zuurstof) zijn buiten beschouwing gelaten.

chloride, sulfaat

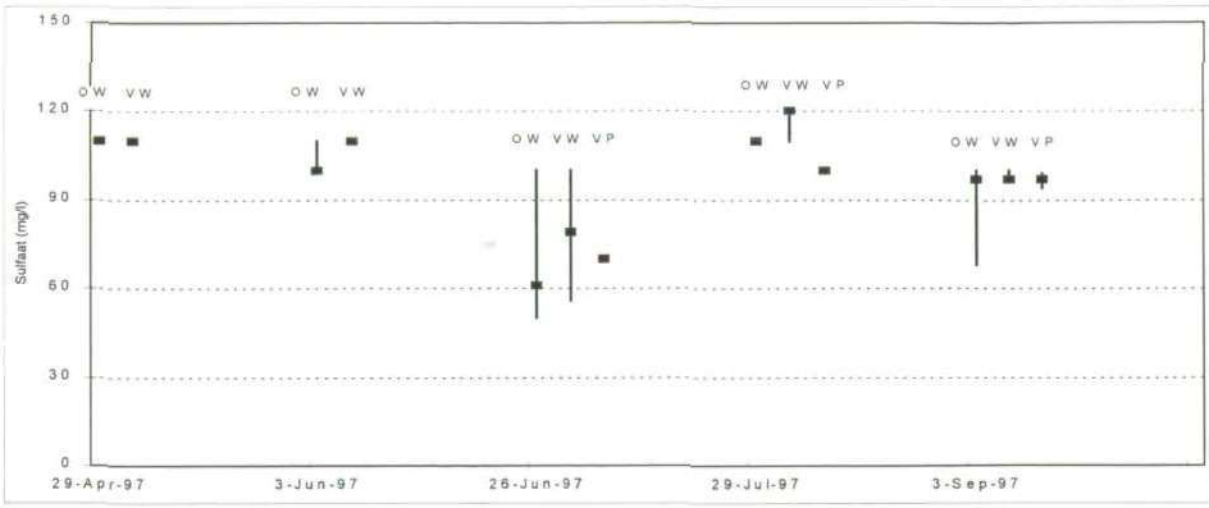
De chlorideconcentratie (figuur 5.1) varieert in de tijd van 200-290 mg/l. Op 26 juni, 29 juli en 3 september lijken gradiënten in zwakke vorm aanwezig. Deze gradiënten zijn echter niet consistent: op 26 juni en 3 september is de zone achter de vooroeververdediging iets brakker en op 29 juli juist iets zoeter dan het open water. De concentratie in VW neemt in het algemeen een tussenpositie in tussen die in OW en VP. Ook geografisch bevinden de VW locaties zich in het algemeen tussen de VP en OW locaties in. VW lijkt zich dan ook als mengzone te gedragen tussen OW en VP.

De chloridegradiënten kunnen het gevolg zijn van de verdunnende en concentrerende invloed van neerslag en verdamping die in de ondiepe vooroever sterker is dan in het open water. Daarnaast bevatten de oevers van het Volkerakmeer nog vrij veel zout, die via diepere uitspoeling het water kan bereiken. Bij afspoeling kan chloriderijk of juist chloridearm water naar de vooroeverzone af- of uitspoelen, afhankelijk van de weersomstandigheden voorafgaand aan de regenperiode. Door de uitwisseling met het open water worden de eventuele zoutgradiënten weer vereffend.

De sulfaatconcentratie (figuur 5.2) is op de meeste meetdagen betrekkelijk stabiel, rond 100 mg/l. Er zijn over het algemeen geen verschillen tussen OW, VW en VP waarneembaar. Op 26 juni verschillen de locaties binnen OW en VW sterk in concentratie. Mogelijk speelt de aanvoer van de nabijgelegen Steenbergse Vliet hier een rol.



Figuur 5.1 Verloop in de chlorideconcentratie bij de Dintelse Gorzen in 1997 in het open water (OW) en de vooroeverzone zonder (VW) en met waterplanten (VP).



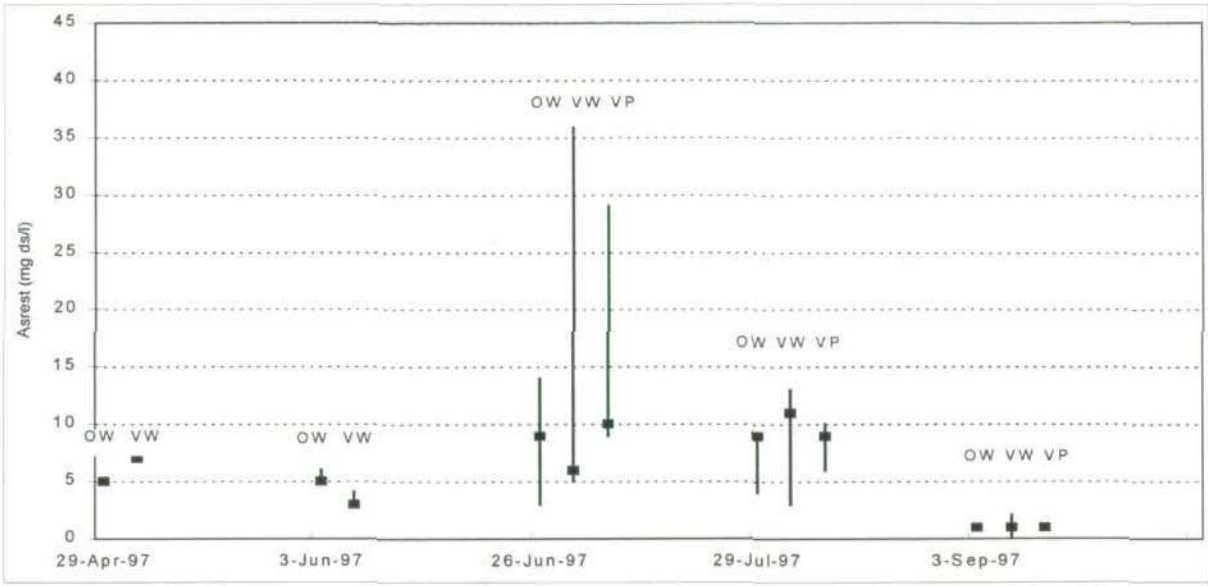
Figuur 5.2 Verloop in de sulfaatconcentratie bij de Dintelse Gorzen in 1997 in het open water (OW) en de vooroeverzone zonder (VW) en met waterplanten (VP)

doorzicht en zwevende minerale deeltjes

Zowel in het gebied achter de vooroeververdediging als in het open water is het doorzicht op de meeste meetdagen hoog. Op OW is het doorzicht in het algemeen 1,0 m of meer; op VW en VP reikt het doorzicht in het algemeen tot op de waterbodem. Episoden met een verminderd doorzicht hangen samen met een hoge algenbiomassa (zie figuur 5.4). Op 29 juli reikt het doorzicht op OW niet verder dan 57 cm, bij een chlorofyl concentratie van 150 µg/l; op 3 september reikt het doorzicht op VW tot 50 cm - iets boven de waterbodem - bij een chlorofylconcentratie van 42 µg/l . Uit deze getallen blijkt dat een sterk verschillende chlorofylconcentratie toch een overeenkomstig doorzicht kan veroorzaken. Mogelijk wordt door de algenkolonies die in juli in het open water abundant zijn (zie verder) relatief weinig licht geabsorbeerd.

In de vooroeverzone komen zwevende minerale deeltjes (uitgedrukt als asrest) in even hoge concentraties voor als in het open water (figuur 5.3). Op 26 juni worden zowel in het open water als in de vooroever hogere asrest-waarden gemeten. Ook in de zone met waterplanten is dit het geval, hetgeen niet zou worden verwacht.

Intuïtief wordt verwacht dat de concentratie van zwevende deeltjes in de luwe vooroever lager is dan in het open water. Toch is dit niet evident: een vooroever combineert een relatief kleine strijklengte met een lage waterdiepte, factoren die een tegengesteld effect hebben op de opwerveling van sediment. Daarnaast kan in de vooroever licht, gemakkelijk opwervelbaar materiaal accumuleren, dat vanuit het open water wordt aangevoerd.

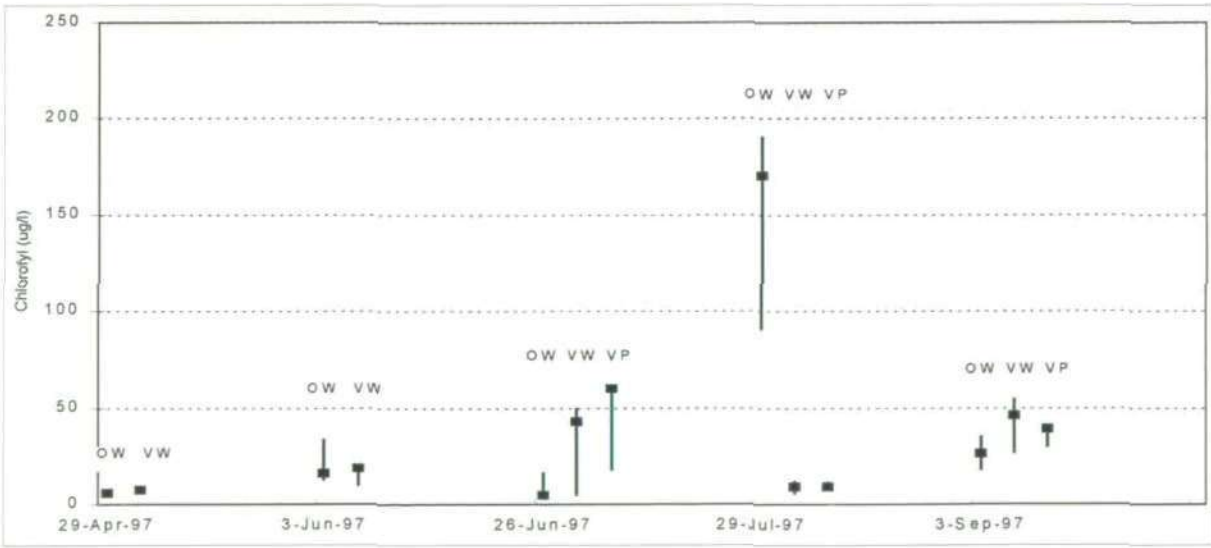


Figuur 5.3 Verloop in de asrest concentratie bij de Dintelse Gorzen in 1997 in het open water (OW) en de vooroeverzone zonder (VW) en met waterplanten (VP).

chlorofyl

In april en begin juni zijn de chlorofyl-concentraties (figuur 5.4) in het open water en de vooroever laag. Vanaf eind juni ontstaan gradiënten, die echter niet in de tijd constant zijn. Op 26 juni, bij een flinke ontwikkeling van waterplanten, is de concentratie in de vooroever hoger dan in het open water.

Op 29 juli is juist sprake van een zeer hoge concentratie in het open water en een zeer lage concentratie in de vooroever. De duiker die bij de monstername van waterplanten was betrokken, nam in het open water waar dat de bovenste 60 cm van de waterkolom was gevuld met kolonies van blauwalgen; in de onderste helft van de waterkolom was de concentratie laag. Hier is waarschijnlijk sprake van een beginnende drijflaag van blauwalgen in het open water, die door de vooroeververdediging buiten de vooroever wordt gehouden. Binnen de vooroeververdediging is de chlorofyl-concentratie in de zone met en zonder waterplanten gelijk. Op 3 september, na het verdwijnen van de waterplanten, is de concentratie in de vooroever gelijk of iets hoger dan die in het open water. In paragraaf 6.2 wordt ingegaan op de soortensamenstelling van het fytoplankton.

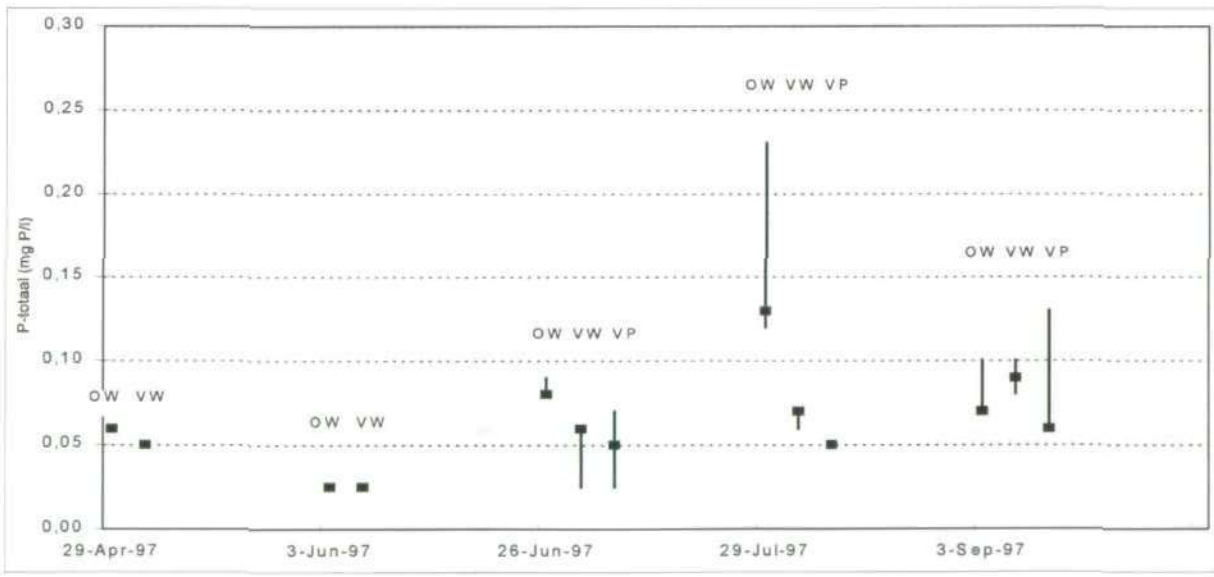


Figuur 5.4 Verloop in de chlorofyl-concentratie bij de Dintelse Gorzen in 1997 in het open water (OW) en de vooroeverzone zonder (VW) en met waterplanten (VP)

fosfaat
Zowel in het diepe water als in de vooroever is de concentratie totaal-fosfaat laag (figuur 5.5). De tijd- en ruimtegemiddelde P-totaal concentratie bedraagt slechts 0,07 mg/l P. Alleen op 29 juli worden in het open water waarden boven 0,10 mg/l P gemeten (P-totaal = 0,12-0,26 mg/l P). Deze fosfaatpiek valt in tijd en plaats samen met een piek in de chlorofylconcentratie (90-190 µg/l). Op basis van gangbare fosfaatgehalten in chlorofyl (0,50-1,65 g P per g chlorofyl, Los, 1991) is het aannemelijk dat de verhoogde fosfaatconcentratie geheel in de algenbiomassa is opgeslagen.

Het is niet waarschijnlijk dat de hoge P-totaal concentratie op 29 juli rechtstreeks verantwoordelijk is voor de algenbloei. Waarschijnlijk zijn de algenkolonies verspreid over het meer ontstaan, waarbij steeds meer fosfaat in de algen accumuleerde. Door het ontstaan van drijflagen en de invloed van wind zijn de algen en het hierin opgeslagen fosfaat verder nabij de oevers geconcentreerd. Scheffer (1998) geeft een elegante onderbouwing van de stelling dat de algenbloei niet zozeer het gevolg, als wel de oorzaak van een hoge P-totaal concentratie kan zijn.

Orthofosfaat (P-ortho), de door algen opneembare vorm, komt op 3 van de 5 meetdagen niet boven de detectielimiet van 0,03 mg/l P uit. Op 1 meetdag is P-ortho niet gemeten. Op 3 september is P-ortho met een lagere detectielimiet gemeten; de concentratie varieert op deze dag van 0,02-0,03 mg/l P. Op geen van de meetdagen is er een gradiënt tussen het open water en de vooroever zone waarneembaar. De detectielimiet is hoog ten opzichte van de concentraties waarop algemeen wordt aangenomen dat fosfaatlimitatie een rol gaat spelen (0,01 mg/l P). Toch is het consequent voorkomen van lage P-ortho concentraties een aanwijzing dat er sprake kan zijn van P-limitering van algengroei, zowel in het open water als in de vooroeverzone.



Figuur 5.5 Verloop in de totaal fosfaat concentratie bij de Dintelse Gorzen in 1997 in het open water (OW) en de vooroeverzone zonder (VW) en met waterplanten (VP).

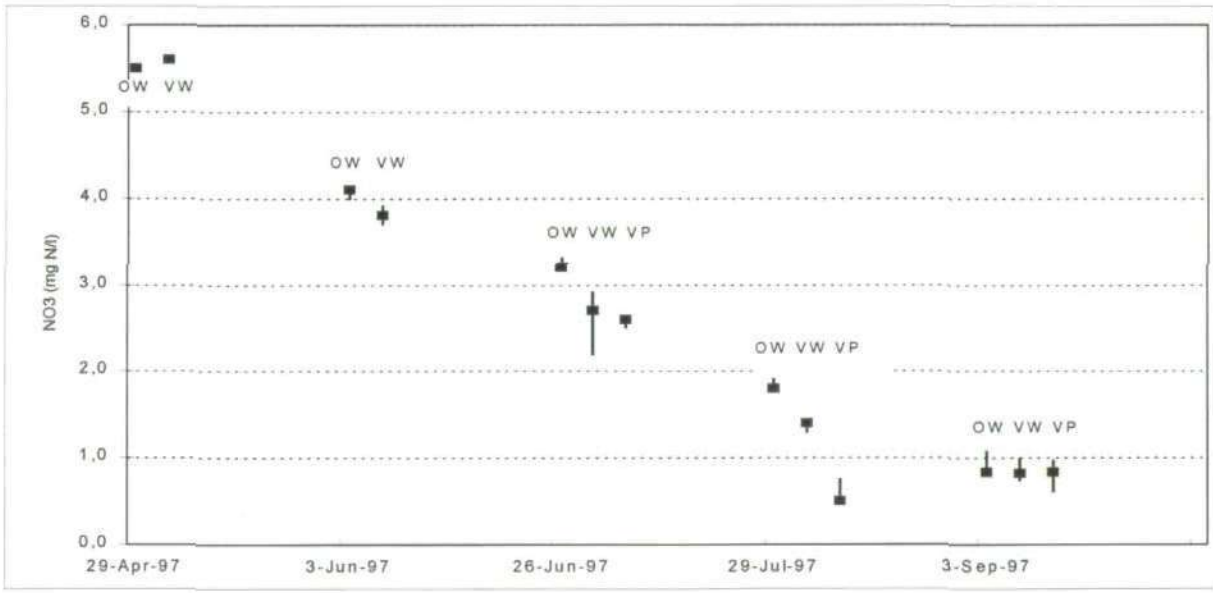
stikstof
In het Volkerakmeer komt stikstof vooral voor als nitraat (NO_3) en in organisch gebondenden vorm (N-Kjeldahl). De ammonium- en nitrietconcentraties zijn laag.

De nitraatconcentratie (figuur 5.6) vertoont een sterk seizoensverloop, met hoge waarden van 5,5 mg/l N in april, dalend naar 1,0 mg/l N in september. Op 26 juni en met name op 29 juli is er een duidelijke NO_3-gradient aanwezig tussen het open water en het water achter de vooroeververdediging. Achter de dam zijn de concentraties lager, in het bijzonder in de zone met waterplanten. De gradiënt wijst uit dat NO_3 vanuit het open water de vooroeverzone binnenkomt, waar het in de zone met waterplanten

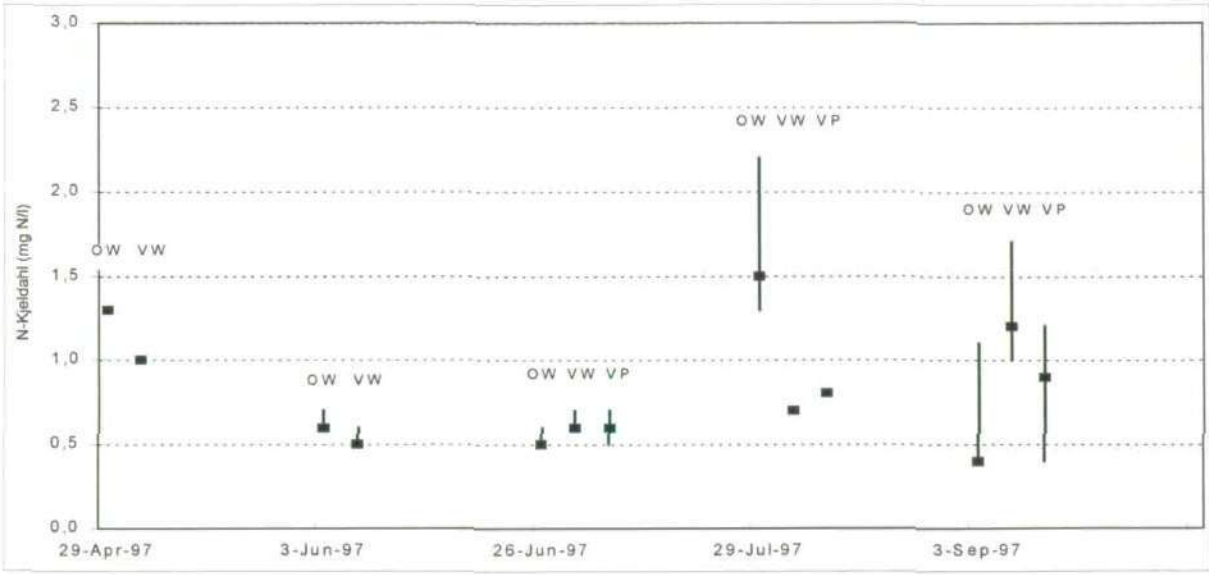
wordt verwijderd. Een sterk verlaagde nitraatconcentratie in zones met waterplanten is in ondiepe meren vaker vastgesteld (van Donk et al. 1993; Scheffer, 1997). De waarschijnlijke mechanismen zijn een actieve opname van nitraat door de waterplanten en het creëren van geschikte omstandigheden in de wortelzone voor een snelle (bacteriële) denitrificatie.

Gradiënten in N-Kjeldahl (figuur 5.7) zijn aanwezig op 29 juli en in mindere mate op 3 september. Op 29 juli is de N-Kjeldahl concentratie in het open water aanmerkelijk hoger dan in de vooroever. Op basis van gangbare stikstofgehalten in chlorofyl (5-11 g N per g chlorofyl, Los 1991) wordt duidelijk dat de gradiënt in N-Kjeldahl, evenals de gelijktijdig optredende P-totaal gradiënt, kan worden toegeschreven aan de gradiënt in algenbiomassa. Op 3 september lijkt de N-Kjeldahl concentratie in de vooroever iets hoger te zijn dan in het open water. Deels is dit in de vorm van ammonium (NH_4). Mogelijk speelt hier de omzetting van waterplanten door knobbelzwanen een rol. Begin augustus zijn de waterplanten achter de vooroeververdediging vrijwel geheel weggegeten door de zwanen (zie hoofdstuk 4).

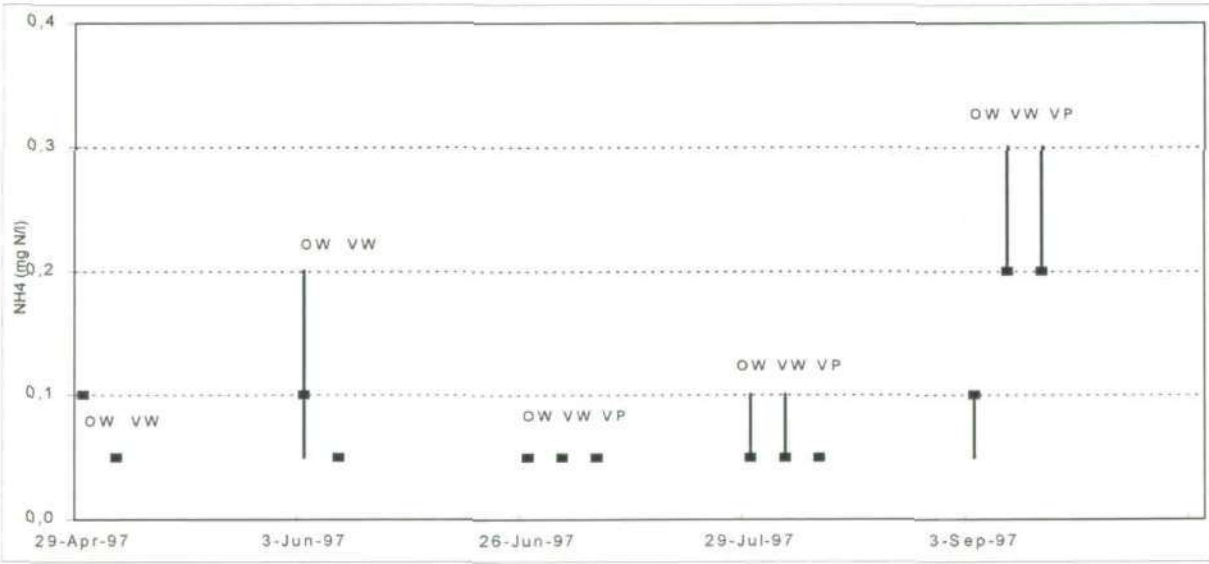
De ammoniumconcentraties (figuur 5.8) zijn in het algemeen beneden de detectielimiet van 0,10 mg/l N. Alleen op 3 september tekent zich een zekere gradiënt af, met verhoogde NH_4 -concentraties in de vooroever. Ook hier kan gedacht worden aan de omzetting van planten door de zwanen, waarbij stikstof is gemineraliseerd.



Figuur 5.6 Verloop in de nitraat concentratie bij de Dintelse Gorzen in 1997 in het open water (OW) en de vooroeverzone zonder (VW) en met waterplanten (VP).



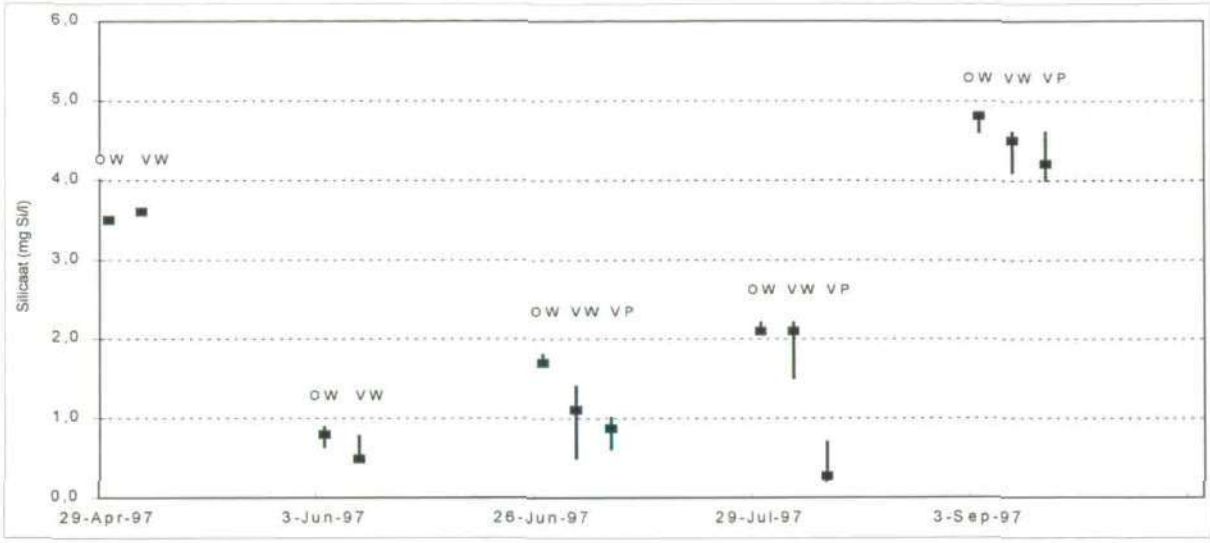
Figuur 5.7 Verloop in de N-Kjeldahl concentratie bij de Dintelse Gorzen in 1997 in het open water (OW) en de vooroeverzone zonder (VW) en met waterplanten (VP).



Figuur 5.8 Verloop in de ammonium concentratie bij de Dintelse Gorzen in 1997 in het open water (OW) en de vooroeverzone zonder (VW) en met waterplanten (VP).

silicaat

Figuur 5.9 geeft de gemeten silicaatconcentraties weer. Silicaat vertoont een duidelijk seizoensverloop met hogere waarden (rond 4,0 mg/l Si) in april en september, en lagere waarden (rond 1,0 mg/l Si) in juni. Op 26 juni en 29 juli zijn gradiënten aanwezig met lagere concentraties in de vooroever en in VP is de concentratie lager dan in VW. Op 29 juli is de concentratie in VP met 0,30 mg/l Si mogelijk limiterend voor algengroei. Het is aannemelijk dat epifytische diatomeeën in de zone met waterplanten de siliciumconcentratie verlagen.



Figuur 5.9 Verloop in de opgelost silicium concentratie bij de Dintelse Gorzen in 1997 in het open water (OW) en de vooroeverzone zonder (VW) en met waterplanten (VP).

5.3 resultaten veldonderzoek vergeleken met meerjarige monitoringsgegevens

Sinds de afsluiting zijn in het Volkerakmeer tijdreeksen verzameld van de waterkwaliteit. In een aantal gevallen hebben hierbij ook bemonsteringen achter vooroeververdedigingen plaatsgevonden.

De vooroeverzone bij de Dintelse Gorzen is maandelijks bemonsterd in de periode februari 1992 tot en met december 1994. De vooroever bij de Krammersche Slikken, bij een waterdiepte van 30 - 40 cm, is in de periode april t/m oktober 1996 twee maal per maand bemonsterd. De vooroeverzone bij het eiland de Noordplaat, met een waterdiepte van 100-200 cm, is in de periode maart 1991 t/m december 1995 twee maal per maand bemonsterd. Het pakket van waterkwaliteitsparameters komt grotendeels overeen met het pakket bij het veldonderzoek in 1997.

Op basis van deze gegevens is gezocht naar verschillen tussen de ondiepe gebieden achter vooroever-verdedigingen en het diepere open water in het Volkerakmeer op de meetpunten VZ3 en VZ4 (Storm & Bijkerk, 1997). Deze resultaten kunnen dan ook worden gezien als generalisaties van het veldonderzoek in 1997 naar andere vooroevergebieden en andere jaren. Hierbij wordt dan de aanname gemaakt dat de waterkwaliteit in het diepere open water geen trends (van 1992 naar 1996) of gradiënten (van VZ3 en VZ4 naar OW) vertoont, die groter zijn dan de verschillen tussen het diepere open water en de vooroevers.

De resultaten zijn in tabel 5.2 samengevat, tezamen met de resultaten van het veldonderzoek in 1997. Tussen de verschillende locaties en jaren blijkt een redelijk grote mate van overeenstemming te bestaan.

Tabel 5.2 Vergelijking van waterkwaliteit, fytoplankton en zoöplankton binnen en buiten vooroeververdedigingen in het Volkerakmeer. (=: vooroever en open water gelijk, >: hoger in vooroever dan in open water, <: lager in vooroever dan in open water, <>: in vooroever soms hoger, soms lager dan in open water)

	Dintelse Gorzen	Krammersche Slikken		Noordplaat
Jaar	'97	'92-'94	'96	'91-'93, '95
Waterdiepte (cm)	40-80	50-100	30-40	100-200
Temperatuur	=	=	=	=
Chloride	<>	=	<>	=
Sulfaat	=			
Zuurstof			<	
pH		=		
Doorzicht	bodem	bodem?	bodem	<
Zwevend stof	=			>
Chlorofyl	<>	=	>	=
P-totaal	<=	=	=>	=
P-ortho	=	=	<	=
NO_x	<	<>	<	<=
N-Kjeldahl	<>	=	>	=
NH_4	=	=	=	=
Silicium	<=	=	=	=

Gebieden achter vooroeververdedigingen zijn op jaar- of seizoenbasis gelijk aan het open water in **chloride**; over kortere perioden kunnen echter verschillen in beide richtingen voorkomen. Dit heeft te maken met regenval en de uit- en afspoeling van zoet uit de nog zoute buitendijkse gronden.

Het **doorzicht** in de vooroevers bij de Dintelse Gorzen en de Krammersche Slikken reikt tot op de bodem. Hierbij dient te worden aangetekend dat Storm en Bijkerk (1997) voor de Dintelse Gorzen in 1992 t/m 1994 en de Noordplaat tot een tegengestelde conclusie komen. De veldwaarden voor doorzicht zijn echter hoog ten opzichte van de indicatieve waterdiepten. Zo is voor de Dintelse Gorzen het jaargemiddelde doorzicht 60-110 cm, terwijl de indicatieve waterdiepte 20-100 cm bedraagt. Het vermoeden bestaat daarom dat de veldgegevens van het doorzicht in het algemeen betrekking hebben op een doorzicht tot op de waterbodem, zodat het opgegeven doorzicht de waterdiepte is.

De vooroeverzone van de Dintelse Gorzen en het open water verschillen niet systematisch in **chlorofyl**. Achter de vooroeververdediging van de Krammersche Slikken was in juli en augustus 1996 echter sprake van een extreem hoge algenbiomassa, met een chlorofylconcentratie van 200-400 µg/l. Dit was waarschijnlijk het gevolg van het inwaaien van een drijflaag van blauwalgen.

De vooroeverzones en het open water verschillen niet of nauwelijks in het gehalte **totaal-fosfaat**. De lagere totaal-fosfaat concentraties op de Dintelse Gorzen in 1997 en de hogere concentraties op de Krammersche Slikken in 1996 blijken geheel samen te vallen met pieken in algenbiomassa buiten (Dintelse Gorzen in 1997) of binnen (Krammersche Slikken in 1996) de vooroeverdediging.

De vooroeverzone van de Dintelse Gorzen en het open water verschillen over de periode 1992 t/m 1997 ook niet in **ortho-fosfaat** concentratie. In 1996 is de concentratie op de Krammers Slikken beduidend lager dan in open water bij de vaargeul (VZ3). In dit jaar is de concentratie bij VZ3 echter relatief hoog ten opzichte van de vorige jaren, of de zone OW in 1997, zodat eerder sprake lijkt te zijn van een

bijzondere situatie in het open water dan van een effect van de vooroeververdediging bij de Krammersche Slikken.

Voor het grootste deel van het seizoen (februari t/m september) vertonen alle vooroeverzones een over de jaren consistente verlaging in **nitraat**. In de wintermaanden (oktober t/m januari) is de nitraatconcentratie achter de dam van de Dintelse Gorzen regelmatig hoger dan in het open water. De gebieden achter de vooroeververdedigingen en het open water verschillen niet of nauwelijks in **N-Kjeldahl**. De verhoogde N-Kjeldahl concentraties in de vooroeverzone van de Krammersche Slikken blijken geheel samen te vallen met de pieken in algenbiomassa in juli en augustus 1996. Ook in **ammonium** vertonen de gebieden achter de vooroeververdedigingen een consistente gelijkenis met het open water.

De gebieden achter de vooroeververdedigingen en het open water verschillen niet of nauwelijks in **silicium**.

Het veldonderzoek in 1997 in de vooroever op de Dintelse Gorzen bevestigt de conclusie van het onderzoek van Storm en Bijkerk (1997) dat de waterkwaliteit achter de vooroeververdediging sterk overeenkomt met die in het open water. Op basis van de gradiënten in chloride, nitraat en chlorofyl kan echter wel worden geconcludeerd dat de wateruitwisseling tussen de vooroever en het open water beperkt is, en de vooroever toch in zekere mate als een gescheiden unit functioneert.

Een vooroeververdediging lijkt, afhankelijk van ligging en de aanwezigheid van openingen, in staat om een drijflaag van algen te weren of juist in te vangen.

De concentraties van de nutriënten stikstof, en in mindere mate silicium, zijn achter de vooroeververdediging lager dan in het open water. Deze gradiënten worden waarschijnlijk veroorzaakt door de aanwezigheid van waterplanten achter de vooroeververdediging. Op fosfaat lijkt de vooroeververdediging op dit moment geen invloed te hebben.

Het open water en de vooroeverzone zijn op dit moment eerder P- dan N-gelimiteerd. Dat zal kunnen veranderen, door een geleidelijke oplading van het Volkerakmeer met fosfaat, en een daling van de stikstofbelasting door beleidsontwikkelingen. Mogelijk kan dan stikstofbeperking in de vooroever een rol gaan spelen.

6 Plankton

C.J. Carpentier, A.J. Wagenvoort,

H.A.M. Ketelaars, K.P.R. Pikaar-Schoonen, R. Bijkerk & W. Oosterberg

Dit hoofdstuk beschrijft de dichtheid en soortensamenstelling van fyto- en zoöplankton in de zone achter de vooroeververdediging, ten opzichte van die in het open water. Voor wat betreft het in 1997 uitgevoerde veldonderzoek is het een samenvatting van een uitgebreidere rapportage (Carpentier et al., 1998). Daarnaast is een analyse van beschikbare monitoringsgegevens uitgevoerd.

De volgende onderzoeksvragen staan in dit hoofdstuk centraal:
1. is er een verschil in de fyto- en zoöplanktonsamenstelling tussen de zone achter een vooroeververdediging en het open water?
2. is er een verschil in de fyto- en zoöplanktonsamenstelling tussen de zones met en zonder waterplanten?
3. hoe moeten de eventuele verschillen ecologisch worden geïnterpreteerd en gewaardeerd?

6.1 uitvoering van het veldonderzoek

monstername
Monsters voor de analyse van fytoplankton en zoöplankton werden uit de zelfde mengmonsters genomen als de monsters voor de waterkwaliteitsanalyse. Voor de wijze van monsterneming, de locaties en de data wordt verwezen naar hoofdstuk 5.1.

Voor de fytoplanktonanalyse werd uit het mengvat een monster van twee liter genomen en gefixeerd met lugol. Voor de zoöplanktonanalyse werd vijf liter water uit het mengvat afgemeten en geconcentreerd over een net met mazen van 50 µm. Door de gehanteerde werkwijze werd rekening gehouden met een eventuele inhomogene verdeling (verticaal en horizontaal) van het plankton op het betreffende monsterpunt.

determinaties
De fytoplanktonmonsters werden op hoofdgroepen en dominante algen gedetermineerd volgens een intern voorschrift van WBB (WBB, 1996b). Waar nodig werd dit voorschrift aangepast aan het RIZA-voorschrift (RIZA 1997b). Taxa waarvan het aantal teleenheden (gedefinieerd volgens RIZA, 1997b) meer dan 10% van het totaal uitmaakte, werden gedetermineerd tot een zo laag mogelijk taxonomisch niveau.

De zoöplanktonmonsters werden op hoofdgroepen gedetermineerd volgens de interne methode van WBB voor de kwantitatieve bepaling van de zoöplanktonsamenstelling in water (WBB, 1996a). Waar nodig werd dit voorschrift aangepast aan het RIZA-voorschrift (RIZA, 1997a). Per monster werden ten minste 100 exemplaren gedetermineerd tot het niveau van de verzameltaxa 'Cladocera' (watervlooien), 'Copepoda volwassenen' (volwassen roeipootkreeften), 'Copepoda nauplii' (juveniele roeipootkreeften) en 'Rotifera' (raderdieren). De Cladocera en in mindere mate de volwassen Copepoda werden tot een dieper taxonomisch niveau gedetermineerd. Van de aanwezige watervlooien van het geslacht *Daphnia* werd de lengte bepaald, volgens een methode gebaseerd op het RIZA-voorschrift (RIZA, 1996).

Tijdens de verwerking van de monsters bleek dat er in de meeste gevallen slechts een klein aantal *Daphnia*'s in de monsters aanwezig was. Daarom zijn op 3 september en 15 oktober grotere volumina in de vooroever en het open water bemonsterd met behulp van een planktonnet (maaswijdte 250 µm) dat achter een langzaam varende boot over een lengte van enkele tientallen meters werd voortgetrok-

ken. Hiervan is een deelmonster gedetermineerd. Van de *Daphnia's* werd de lengte bepaald. Broedseldragende *Daphnia's* werden tot op soort gedetermineerd; van deze individuen werd tevens de grootte van het broedsel bepaald. Het gehele monster werd bekeken op de aanwezigheid van de evertebrate predatoren *Leptodora kindti* (glaskreeft), *Bythotrephes longimanus* (staartwatervlo), *Polyphemus pediculus* en *Neomysis integer* (aasgarnaal).

dataverwerking
Voor het statistisch toetsen van verschillen tussen de gemiddelden van twee sets waarnemingen is gebruik gemaakt van de Student t-toets en variantieanalyse. Omdat de oorspronkelijke waarnemingen van de planktongegevens niet aan de voorwaarden van normaliteit en homogene variantie bleken te voldoen, zijn de oorspronkelijke gegevens logaritmisch- of wortelgetransformeerd.

6.2 resultaten van het veldonderzoek

fytoplankton
De gevonden dichtheden van de fytoplankton hoofdgroepen worden gegeven in figuur 6.1. Voor de dichtheden op een lager taxonomisch niveau wordt verwezen naar Carpentier et al. (1998). De resultaten worden hieronder per meetdatum samengevat.

Op 29 april zijn het water achter de vooroeververdediging en het open water vergelijkbaar voor wat betreft de aanwezigheid van de hoofdgroepen fytoplankton. Het fytoplankton wordt gedomineerd door centrale diatomeeën, met name *Stephanodiscus hantzschii*. Cyanobacteriën worden niet aangetroffen.

Op 3 juni zijn diatomeeën in het open water sterk toegenomen, en zijn ze daar talrijker achter de vooroeververdediging. *Stephanodiscus hantzschii* en *Skeletonema subsalsum* zijn in beide zones dominant. Beide zones zijn vergelijkbaar in groenalgen, Cryptophyceae en cyanobacterien. De vraag kan gesteld worden waarom de groei in diatomeeën in de vooroever achterblijft bij die in het open water. Siliciumlimitering (zie hoofdstuk 5.2) is niet erg waarschijnlijk. Mogelijk worden de diatomeeën effectief begraasd door de rotiferen, die in de vooroever op dit moment abundant zijn (zie volgende paragraaf).

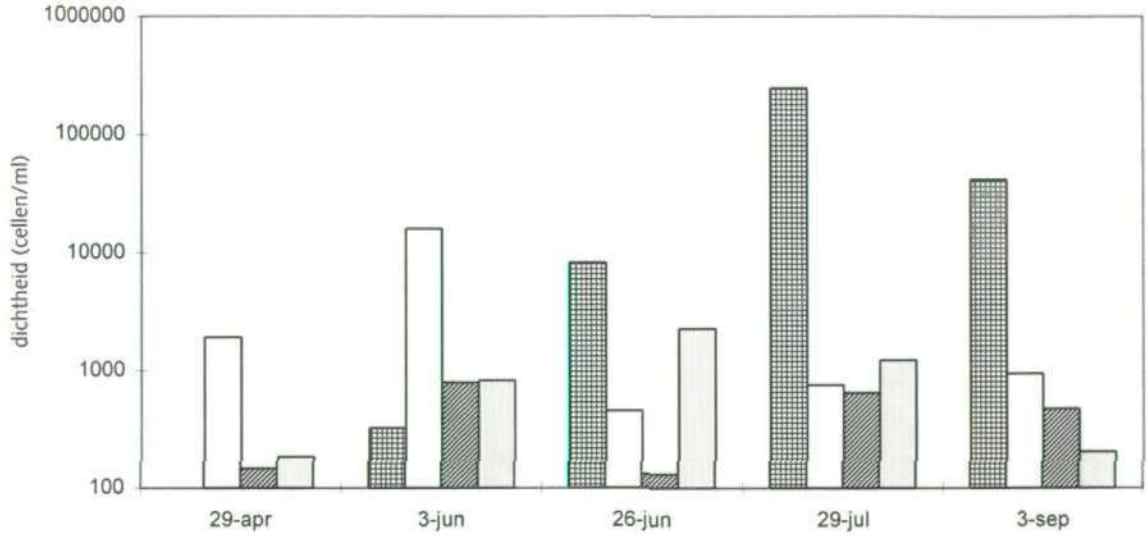
Vanaf 26 juni wordt het fytoplankton in alle zones gedomineerd door cyanobacteriën. Op 26 juni is de cyanobacterie *Aphanizomenon* in alle zones dominant. In de vooroever komen veel groenalgen (*Scenedesmus*) voor. De zones met en zonder waterplanten achter de vooroeververdediging verschillen niet in fytoplanktonsamenstelling.

Op 29 juli loopt de fytoplanktonconcentratie in het open water tot hoge waarden op; hier wordt een beginnende drijflaag waargenomen, die met name bestaat uit de cyanobacteriën *Aphanizomenon, Microcystis* en *Anabaena*, soorten die over drijfvermogen beschikken. Achter de vooroeververdediging is de fytoplanktonconcentratie een orde van grootte lager dan in het open water. Ook de dichtheid van cyanobacteriën is hier een orde van grootte lager; maar cyanobacteriën (*Microcystis* en *Oscillatoria*) zijn ook hier dominant. De beginnende drijflaag, die in het open water is waargenomen, lijkt door de vooroeververdediging gekeerd te worden. Op deze datum bereikt de begroeiing met waterplanten in de vooroever een maximum, maar de fytoplanktondichtheid en -samenstelling tussen de waterplanten verschilt niet met die in de onbegroeide zone achter de vooroeververdediging.

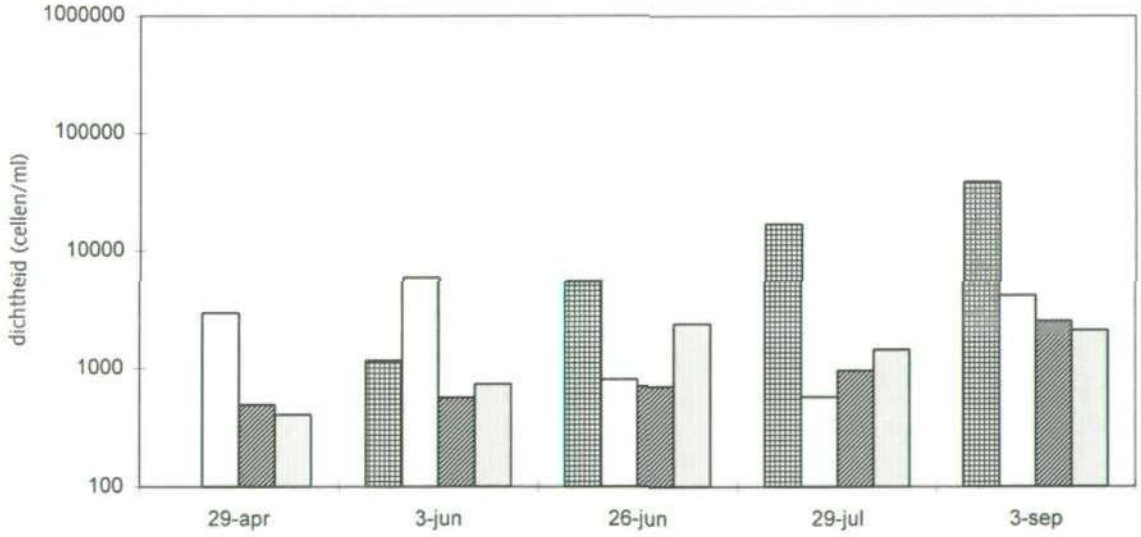
Anabaena en *Aphanizomenon* kunnen in principe stikstof fixeren met behulp van gespecialiseerde cellen (heterocysten). De hoeveelheid heterocysten is een indicatie van de mate van stikstoffixatie door deze algen - en derhalve van de mate van stikstoflimitatie in het systeem. *Anabaena* in het open water vertoont op deze datum een maximum aan heterocysten (0,2 % van de cellen), maar deze waarde is te laag om te veronderstellen dat in het open water stikstoflimitatie is voorgekomen.

Op 3 september is de drijflaag in het open water verdwenen. Binnen de vooroeververdediging zijn de waterplanten verdwenen, als gevolg van begrazing door zwanen. Nog steeds zijn in het open water en de vooroever cyanobacterien (*Microcystis, Aphanizomenon* en *Oscillatoria*) dominant. Nu is de fytoplanktonconcentratie achter de vooroeververdediging hoger dan in het open water; niet in cyano-

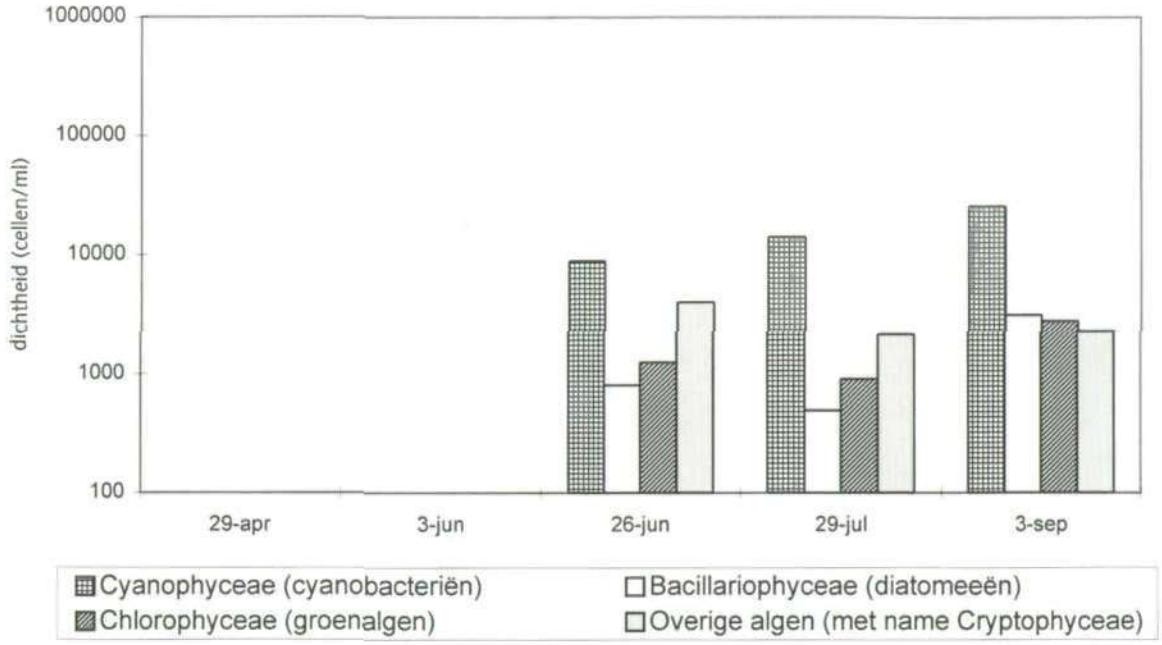
bacteriën, maar in diatomeeën (*Skeletonema subsalsum* en *Stephanodiscus hantzschii*), groenalgen (*Scenedesmus quadricauda*) en Cryptophyceae, soorten die ook in april en begin juni dominant waren.



Figuur 6.1 a Fytoplanktonsamenstelling in het onderzoeksgebied, buiten de dam (gemiddelde van drie meetpunten, zie figuur 6.1 c voor legenda).



Figuur 6.1 b Fytoplanktonsamenstelling in het onderzoeksgebied, binnen de dam, zonder waterplanten (gemiddelde van drie meetpunten, zie figuur 6.1 c voor legenda).



Figuur 6.1 c Fytoplanktonsamenstelling in het onderzoeksgebied, binnen de dam, met waterplanten (gemiddelde van drie meetpunten).

zooplankton
De aantalsdichtheden van de zooplankton-hoofdgroepen worden gegeven in figuur 6.2. De dichtheden van Cladocera worden op een lager taxonomisch niveau gegeven in figuur 6.3. De resultaten worden hieronder per meetdatum beschreven.

Op 29 april het water achter de vooroeververdediging en het open water vergelijkbaar in zooplankton-hoofdgroepen. Copepoda (volwassenen en nauplii) zijn in beide zones dominant. Van de Cladocera is in beide zones *Daphnia* het meest voorkomende geslacht.

Op 3 juni zijn achter de vooroeververdediging de aantallen Rotifera sterk toegenomen, en significant hoger dan in het open water. Copepoda en Cladocera komen in beide zones en vergelijkbare dichtheden voor. Van de Cladocera zijn in beide zones *Bosmina* en *Daphnia* de meest voorkomende geslachten.

Op 26 juni zijn achter de vooroeververdediging waterplanten tot ontwikkeling gekomen, maar de zones met en zonder waterplanten verschillen weinig in zooplanktonsamenstelling. Alleen Rotifera zijn tussen de waterplanten talrijker dan in de onbegroeide vooroeverzone. Ten opzichte van het open water zijn beide zones achter de vooroeververdediging rijker aan juveniele Copepoda (nauplii). Mogelijk hangt dit samen met een beter voedselaanbod door de hoge dichtheid van kleinere groenalgen. Bij *betere voedselomstandigheden nemen de broedselgrootte en de geboortesnelheid van Copepoda in het* algemeen namelijk toe. Cladocera achter de vooroeververdediging en in het open water komen in dichtheid overeen. Met name in de vooroeverzone zijn *Alona* sp. en *Alonella* sp. tot ontwikkeling gekomen, geslachten die in het algemeen worden aangetroffen bij vegetatie, zoals riet of fonteinkruiden.

26 Juni is de enige datum waarop, achter de vooroeververdediging, de typische bodembewoners *Iliocryptus sordidus* en *Monospilus dispar* worden aangetroffen. Mogelijk is er bij de monstername sediment meegenomen.

Op 29 juli, bij een maximale bedekking van waterplanten achter de vooroeververdediging en het begin van een fytoplankton drijflaag in het open water, zijn de gradiënten in zoöplanktonsamenstelling het sterkst.

In de zone met waterplanten zijn Cladocera en volwassen en juveniele Copepoda in hoge dichtheden aanwezig.. De laagste dichtheden komen voor achter de vooroeververdediging, in de zone zonder waterplanten in de buurt van de dam.

Terwijl de *Daphnia*-populatie in het open water een maximum bereikt, is deze groep achter de vooroeververdediging vrijwel afwezig. Tussen de waterplanten zijn *Ceriodaphnia* en *Chydorus* dominant geworden, geslachten die een voorkeur hebben voor waterplanten en in het open water van het Volkerak-Zoommeer vrijwel niet voorkomen (Dekker 1996). In de vooroeverzone zonder waterplanten lijkt een mengpopulatie voor te komen. De lage dichtheid van *Daphnia* in de vooroever wordt mogelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van waterplanten en de zeer lage dichtheid van planktivore vis (zie hoofdstuk 8). Het is bekend dat waterplanten, en water dat in contact is geweest met waterplanten, een afstotende werking hebben op *Daphnia*. Indien *Daphnia* wordt blootgesteld aan een hoge predatiedruk door vis, dan concentreert *Daphnia* zich echter in zones met waterplanten..

Op 3 september zijn de waterplanten in de vooroever verdwenen, en binnen de vooroeververdediging verdwijnen ook de verschillen in zoöplanktonsamenstelling. De dichtheden van de Cladocera, volwassen Copepoda en Rotifera achter de vooroeververdediging zijn significant lager dan in het open water. Tegelijk neemt hier het voedselaanbod in de vorm van groenalgen, diatomeeën en Cryptphyceae toe. Opvallend is de sterke opkomst van de Cladoceer *Diaphanosoma brachyurum*, met name in het open water. *D. brachyurum* is een algemene, stressbestendige soort die zich voedt met bacteriën, kleine algen en fijn detritus, en die minder gevoelig is voor slechte voedselomstandigheden. Mogelijk heeft het afsterven van de bloei van cyanobacteriën de opkomst van deze soort bevorderd.

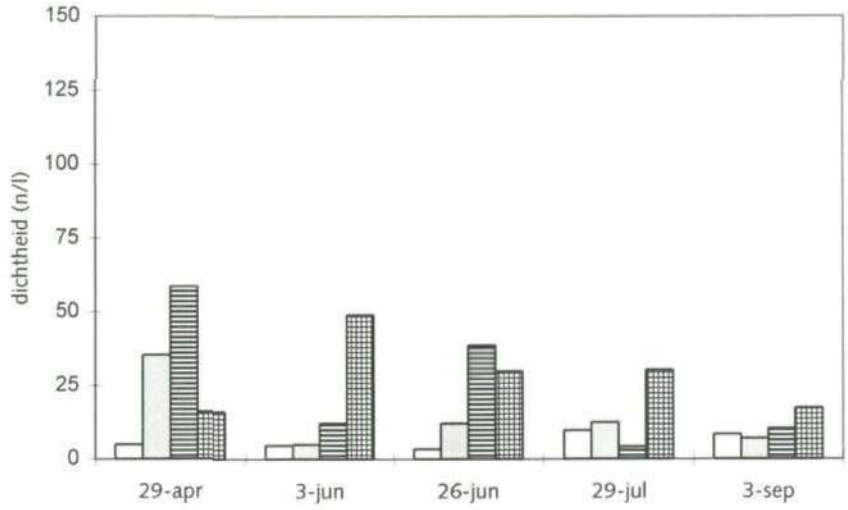
trekmonsters van zoöplankton
Op 3 september en 15 oktober zijn trekmonsters in de vooroever en het open water uitgevoerd. In deze monsters zijn de *Daphnia's* en evertebrate predatoren gedetermineerd, geteld en gemeten. Van broedseldragende *Daphnia's* is de broedselgrootte bepaald.

In de trekmonsters op 3 september en 15 oktober in de vooroever en in het open water blijken alle *Daphnia* te behoren tot de *Daphnia longispina* groep. Op beide data en in beide zones is de hybride *D. galeata* x *cucullata* het talrijkst. De broedselgrootte geeft aan dat de *Daphnia*-populatie zich op beide data en in beide zones op de rand van (sterke) voedsellimitatie bevindt, een verschijnsel dat aan het eind van het groeiseizoen niet ongewoon is.

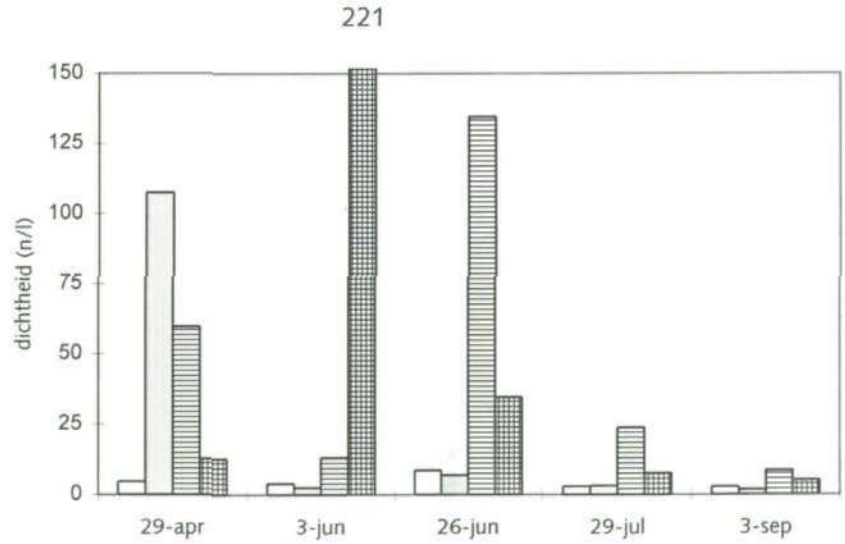
In de trekmonsters worden carnivore watervlooien (*Bythotrephes longimanus* en *Leptodora kindti*) gevonden, met name buiten de vooroeververdediging. *Neomysis integer* wordt juist in hogere aantallen binnen de vooroeververdediging gevonden. Al deze soorten zijn predatoren van met name het kleinere zoöplankton. De staartwatervlo *B. longimanus* is in 1987 voor het eerst in Nederland waargenomen. Deze soort heeft een voorkeur voor grotere en diepere wateren, maar kan ook in oevergebieden voorkomen. De soort is groot en opvallend en daarom gevoelig voor predatie door planktivore vis. *B. longimanus en L. kindti kwamen in 1992 in het Volkerak-Zoommeer in aanzienlijke dichtheden voor* (Ketelaars *et al.*, 1993). Het is opmerkelijk dat *B. longimanus* nog steeds in het Volkerak-Zommeer voorkomt. Het is een kenmerkende soort is van heldere, grote, diepe, oligo- tot zwak eutrofe meren met een lage vispredatiedruk.

lengte van Daphnia's
In figuur 6.4 wordt de gemiddelde lengte van *Daphnia's* in de 1997 monsters vergeleken met die in 1993. Het is bekend dat de lengte van *Daphnia's* afneemt bij een hoge predatie door planktivore vis. Ogenschijnlijk is de lengte in de maanden april t/m juli 1997 aanzienlijk lager dan in 1993. De metingen in 1997 hebben echter plaatsgevonden aan een relatief klein aantal individuen. De momenten dat van een groter aantal individuen de lengte is gemeten (de vooroeverzone met waterplanten in juli, en de trekmonsters in september en oktober) is het verschil in lengte met 1993 minder duidelijk. Het is dan

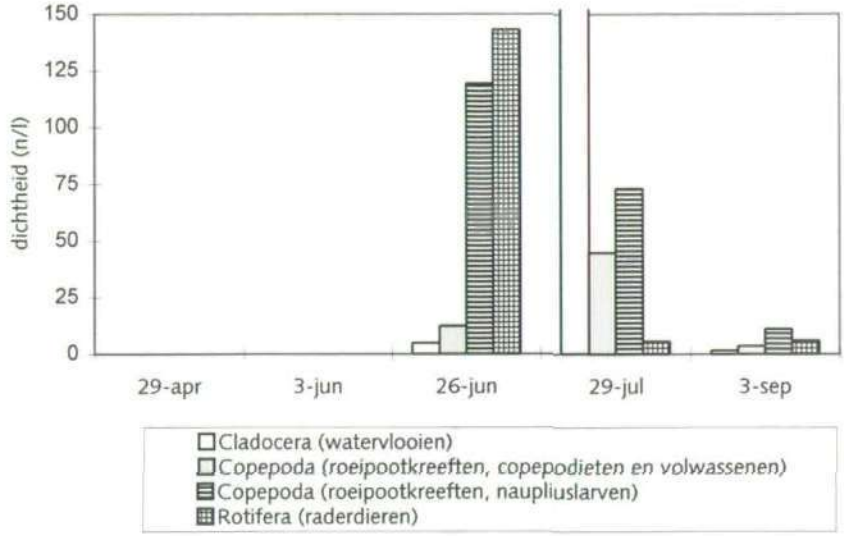
ook voorbarig om op basis van deze metingen te concluderen dat de lengte van *Daphnia's* in het Volkerakmeer is afgenomen.



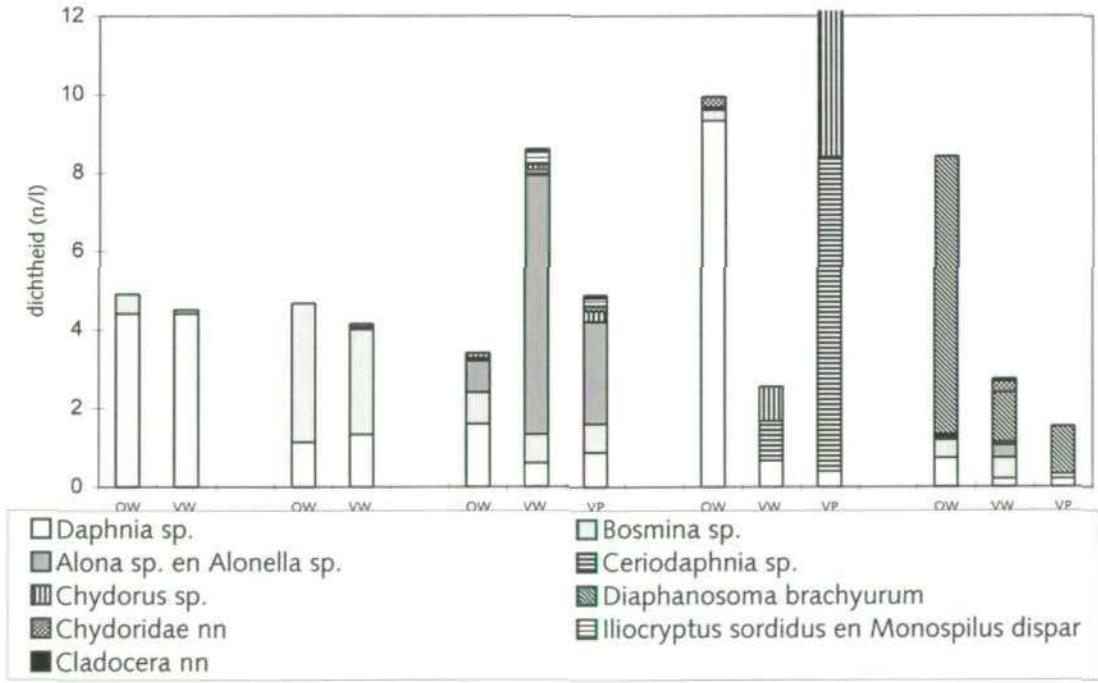
Figuur 6.2 a Zoöplanktonsamenstelling in het onderzoeksgebied, buiten de dam (gemiddelde van drie meetpunten, zie figuur 6.1 c voor legenda).



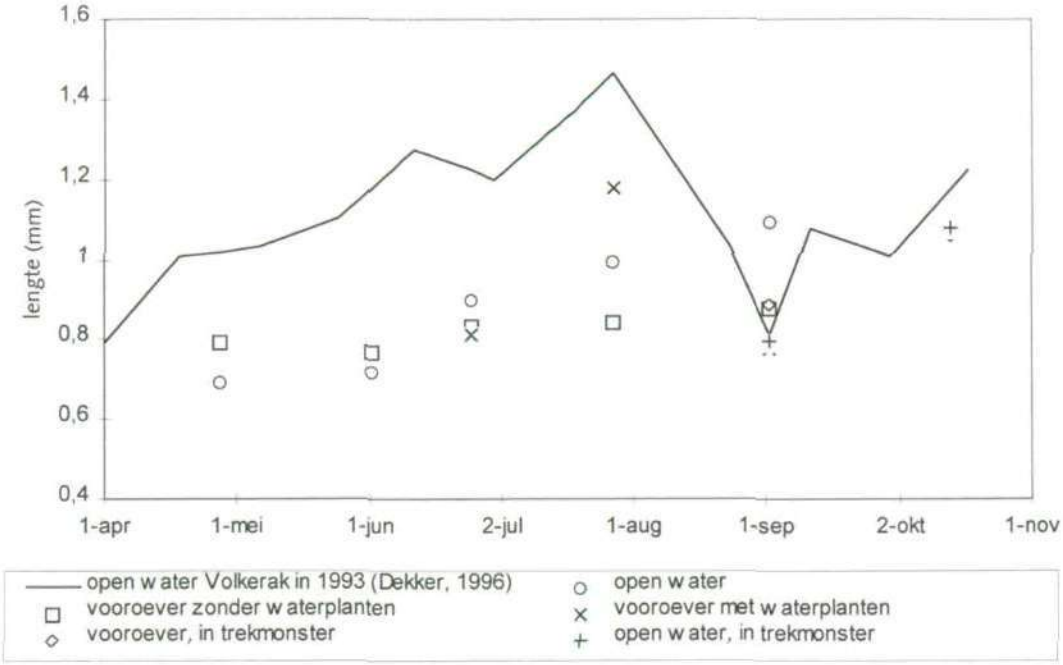
Figuur 6.2 b Zoöplanktonsamenstelling in het onderzoeksgebied, binnen de dam, zonder waterplanten (gemiddelde van drie meetpunten, zie figuur 6.1 c voor legenda).



Figuur 6.2 c Zoöplanktonsamenstelling in het onderzoeksgebied, binnen de dam, met waterplanten (gemiddelde van drie meetpunten, zie figuur 6.1 c voor legenda).



Figuur 6.3 Gemiddelde dichtheid en samenstelling van de Caldocera in het onderzoeksgebied in het open water (OW) en de vooroeverzone zonder (VW) en met waterplanten (VP). Zeer hoge dichtheden zijn in de staaf vermeld.



Figuur 6.4 Gemiddelde lengte van *Daphnia* spec. in het onderzoeksgebied. Ter referentie is de gemiddelde lengte in 1993 het open water van het Volkerak toegevoegd.

6.3 resultaten veldonderzoek vergeleken met meerjarige monitoringsgegevens

Sinds de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer zijn tijdreeksen van fyto- en zoöplankton verzameld. Een deel van de gegevens is afkomstig van locaties achter vooroeververdedigingen.

De vooroever bij de Dintelse Gorzen is in de periode februari 1993 t/m oktober 1994 maandelijks bemonsterd op fytoplankton en zoöplankton. De vooroeverzone bij de Krammersche Slikken is in de periode april t/m oktober 1996 twee maal per maand bemonsterd op fytoplankton. De vooroeverzone bij het eiland de Noordplaat is in de periode maart 1992 t/m oktober 1995 twee maal per maand bemonsterd op fytoplankton en zoöplankton. Het niveau van determinatie komt overeen met die in het veldonderzoek in 1997.

Op basis van deze gegevens is gezocht naar verschillen tussen de gebieden achter vooroeververdedigingen en het diepere open water in het Volkerak-Zoommeer op de meetpunten VZ3 en VZ4 (Storm en Bijkerk, 1997). Deze resultaten kunnen dan ook worden gezien als generalisaties van het veldonderzoek in 1997 naar andere vooroevergebieden en andere jaren. De resultaten zijn in tabel 6.1 samengevat, tezamen met de resultaten van het veldonderzoek in 1997.

Tabel 6.1 Vergelijking van plankton binnen en buiten de vooroevers van het Volkerak-Zoommeer. (=: vooroever en open water gelijk, >: hoger in vooroever dan in open water, <: lager in vooroever dan in open water <>: in vooroever soms hoger, soms lager dan in open water)

	Dintelse Gorzen	Krammersche Slikken		Noordplaat
	1997	1992-1994	1996	1991-'93, 1995
Waterdiepte (cm)	40-80	50-100	30-40	100-200
Fytoplankton				
Chlorofyl	<>	=	>	=
Cyanobacterien	<=	<	>	=>
Draadalgen			>	
Zoöplankton				
Cladocera Daphnia	<=	<		=
Bosmina	=	=>		=
Copepoda volwassenen	<>	=		=
nauplii	>	>		=
Rotifera				
	>	>		=

Ten opzichte van het open water vertoont de fytoplanktonsamenstelling achter de vooroeververdediging van de Dintelse Gorzen een vrij consistent beeld. In de zomer is de dichtheid van cyanobacteriën in de vooroever lager dan in het open water. In het voor- en najaar is de dichtheid van groenwieren, diatomeeën en Cryptophyceae achter de vooroeververdediging regelmatig hoger dan in het open water. In tegenstelling tot de Dintelse Gorzen is in de vooroeverzone van de Krammersche Slikken in juli en augustus 1996 juist sprake van een extreem hoge dichtheid van cyanobacteriën, met name *Microcystis* en *Aphanizomenon*, dezelfde soorten die in juli 1997 als beginnende drijflagen voor, maar niet binnen, de vooroeververdediging op de Dintelse Gorzen aanwezig zijn. Ook in de vooroeverzone bij de Noordplaat kunnen *Microcystis* en *Aphanizomenon* in de zomer hogere dichtheden bereiken dan in het open water. Storm en Bijkerk (1997) spreken in dit verband het vermoeden uit dat de op het zuiden en westen geëxponeerde vooroeverzones, zoals de Krammersche Slikken en de Noordplaat, gevoelig zijn voor het inwaaien van drijflagen van deze algen. De op het noorden geëxponeerde Dintelse Gorzen daarentegen zijn minder gevoelig voor drijflagen.

Uit een inventarisatie van draadwieren, in 1994 uitgevoerd in de vooroever en het open water bij de Krammersche Slikken, blijkt in de vooroever in juni een hogere bedekking met benthische en epifytische draadalgen (*Cladophora glomerata* en *Enteromorpha pilifera*) voor te komen. Drijvende draadwieren worden nauwelijks aangetroffen. In augustus neemt de bedekking met draadwieren af, en verdwijnen de verschillen tussen vooroever en open water.

De zoöplanktonsamenstelling achter de vooroeververdediging van de Dintelse Gorzen vertoont ten opzichte van het open water een over de jaren vrij consistent beeld. Daphnia komt in de vooroever in lagere dichtheden voor dan in het open water; Bosmina en volwassen Copepoda komen in gelijke of iets hogere dichtheden voor. Kleiner zoöplankton, zoals Copepoda nauplii en Rotifera, komen in de vooroever vaak in hogere dichtheden voor.

Het is waarschijnlijk dat de vooroevergebieden in het Volkerak-Zoommeer verschillen in het risico voor het inwaaien van drijflagen van cyanobacteriën. Al in twee jaar is vastgesteld dat de in het open water ontstane drijflagen de op het noorden geëxponeerde Dintelse Gorzen niet bereiken; daarnaast is zowel in 1996 als in 1997 vastgesteld dat drijflagen wel de op het zuiden geëxponeerde Krammersche Slikken kunnen bereiken. Vooroeververdedigingen lijken, afhankelijk van hun expositie, als barrière of juist als val voor drijflagen te kunnen fungeren.

Het is onwaarschijnlijk dat de vooroevers in het Volkerak-Zoommeerenig positief effect hebben op de *Daphnia* watervlooien die een sleutelrol vervullen in het behoud van helder water in het Volkerak-Zoommeer.

7 Macro-evertebraten

A.J. Remmelzwaal, C.J. Carpentier, A.J. Wagenvoort,

H.A.M. Ketelaars & K.P.R. Pikaar-Schoonen

In het onderzoeksgebied bij de Dintelse Gorzen zijn in de loop van het seizoen de macro-evertebraten in de bodem driemaal bemonsterd. In de monsters is per soortgroep de biomassa bepaald. Een aantal monters van binnen en buiten de dam is volledig gedetermineerd. Met deze bemonstering kon inzicht worden gekregen in de verschillen in soortensamenstelling en biomassa van de macro-evertebraten binnen en buiten de vooroeververdediging en de interactie met factoren als diepte, predatie en het voorkomen van waterplanten. Eenmalig is een kwalitatieve bemonstering van macro-evertebraten in de waterplanten uitgevoerd. De tekst van dit hoofdstuk is geheel gebaseerd op Carpentier et al. (1998).

7.1 uitvoering van het veldonderzoek

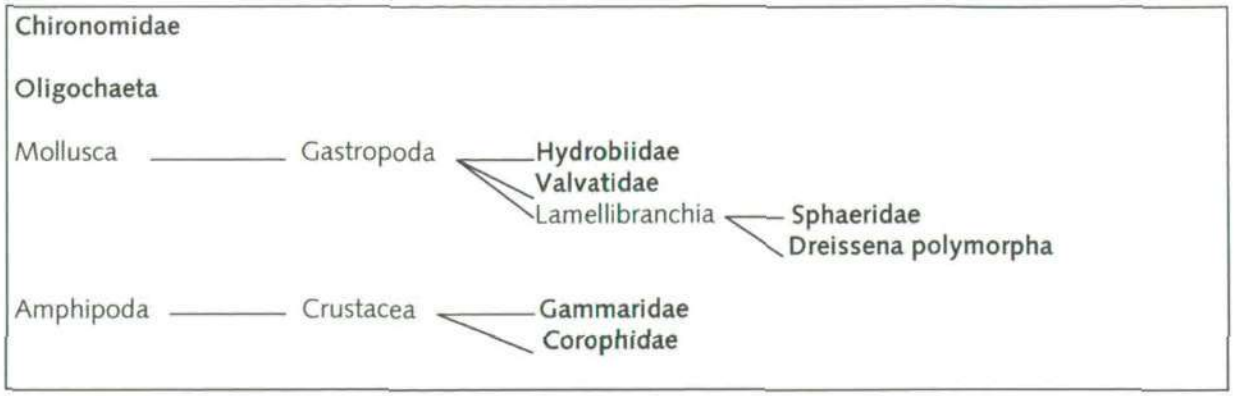
Tabel 7.1 geeft een overzicht van de uitgevoerde bemonsteringen van de bodem. De bemonsteringen zijn uitgevoerd bij de 15 met palen gemarkeerde plekken, zoals aangegeven in figuur 3.1. De bemonsteringen zijn uitgevoerd met een zuigerboor, met een diameter van 4,5 cm. Per monster zijn 22 steken samengevoegd, met een gezamenlijke oppervlakte van 350 cm^2. De monsters zijn uitgespoeld over een zeef met een maaswijdte van 0,5 mm en geconserveerd in ethanol, met een eindconcentratie van minimaal 70%.

Tabel 7.1 Overzicht bemonsteringen macro-evertebraten

locatie	2 april	27 juni	16 oktober
A1, B1, C1	Biomassa	Biomassa	Biomassa
A2, B2, C2	Biomassa/determinatie	Biomassa/determinatie	Biomassa/determinatie
A3, B3, C3	Biomassa	Biomassa	Biomassa
A4, B4, C4	Biomassa/determinatie	Biomassa/determinatie	Biomassa/determinatie
A5, B5, C5	Biomassa	Biomassa	Biomassa

De in de monsters aanwezige organismen zijn volgens het schema in figuur 7.1 uitgesplitst naar hoofdgroep. Per hoofdgroep is het aantal exemplaren geteld. De biomassa is bepaald met behulp van een stereomicroscoop, met daaraan gekoppeld beeldanalyseapparatuur. Van ieder individu werden afmetingen bepaald, waaruit de biomassa is afgeleid. Voor de monsters van de reeksen 2 en 5 is daarnaast een determinatie uitgevoerd. Voor meer details over de biomassabepalingen en de gebruikte determinatieliteratuur zij verwezen naar Carpentier et al. (1998).

Op 30 juli 1997 is een eenmalige bemonstering van macro-evertebraten in waterplanten uitgevoerd. De bemonsteringen zijn uitgevoerd met een net, dat door de vegetatie werd gehaald. De bemonsteringen zijn uitgevoerd bij de palen A2, B2 en C2, in een dichte begroeiing van schedefonteinkruid en tenger fonteinkruid. Daarnaast zijn twee monsters genomen op plekken met doorgroeid fonteinkruid, die even buiten de vooroeververdediging waren gelegen. Tot slot is nog een monster genomen in de oeverzone van de Krammersche Slikken, waar de vegetatie bestond uit kranswieren en doorgroeid fonteinkruid.



Figuur 7.1 Overzicht van de soortgroepen waarvan de biomassa is bepaald (vetgedrukt).

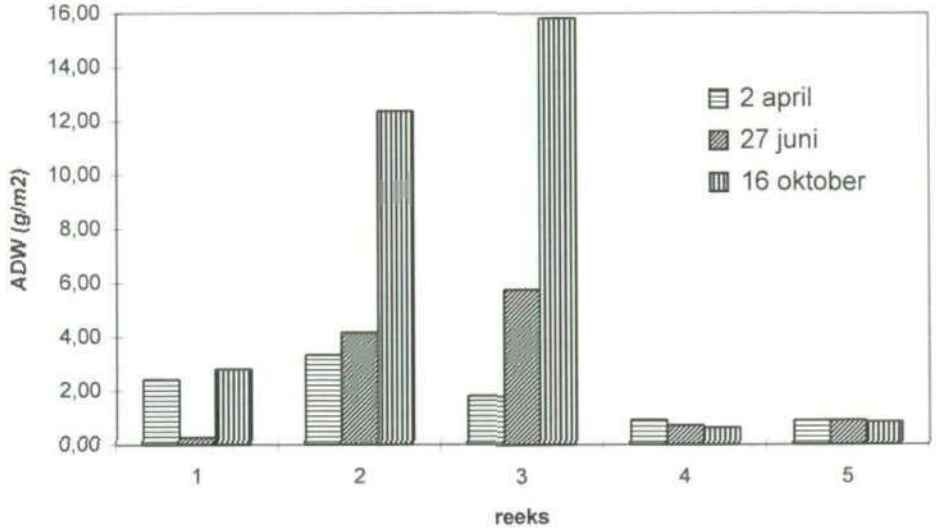
7.2 resultaten van het veldonderzoek

In deze paragraaf worden de resultaten van het onderzoek naar de macro-evertebraten samengevat. De volledige gegevens zijn te vinden in Carpentier et al. (1998).

biomassabepalingen
Tabel 7.2 geeft een overzicht van de resultaten van de biomassabepalingen. De over drie raaien gemiddelde waarden per reeks zijn grafisch weergegeven in figuur 7.2. Uit de tabel en de grafiek blijkt dat de totale biomassa's buiten de vooroeververdediging (reeks 4 en 5) het hele seizoen op een constant laag niveau zijn gebleven. Binnen de dam waren de biomassa's beduidend hoger. In de reeksen 2 en 3 (waar waterplanten voorkwamen) nam de biomassa in de loop van het seizoen sterk toe. Reeks 1 (de ondiepe reeks vlak bij de oever, zonder waterplanten) had in juni een lagere biomassa dan in april en oktober.

Tabel 7.2 Overzicht resultaten biomassabepalingen (totaal van de soortgroepen in g/m^2 ADW).

	raai A			*raai B*			*raai C*			*gemiddeld*		
datum:	2/4	27/6	16/10	2/4	27/6	16/10	2/4	27/6	16/10	2/4	27/6	16/10
afstand												
1	2,85	0,18	2,25	2,24	0,06	2,84	2,17	0,55	3,32	2,42	0,26	2,80
2	0,78	3,67	7,56	4,34	3,48	14,28	4,86	5,33	15,25	3,33	4,16	12,36
3	0,38	3,02	7,76	2,30	7,14	17,34	2,71	7,12	22,36	1,80	5,76	15,82
4	1,00	0,64	0,82	0,53	0,71	0,43	1,24	0,80	0,64	0,92	0,72	0,63
5	0,85	0,06	0,32	1,16	0,94	1,54	0,69	1,69	0,65	0,90	0,90	0,84



Figuur 7.2 Biomassaontwikkeling per reeks, gemiddeld over de drie raaien (totaal van de soortgroepen in g/m^2 ADW).

Tabel 7.3 geeft een uitsplitsing van de biomassagegevens naar soortgroep. Uit deze tabel blijkt dat dansmuggen (Chironomidae) en slakken (pluimdragers: Valvatidae) het grootste aandeel in de biomassa hebben gehad. Gemiddeld over alle monsters was het aandeel van de Chironomidae 46% en van de Valvatidae 33%. De borstelarme wormen (Oligochaeta) komen gemiddeld tot 11%. De toename van de biomassa gedurende het seizoen in de reeksen 2 en 3 blijkt vooral het gevolg te zijn van een toename in de Valvatidae. Het verschil in biomassa tussen de punten binnen en buiten de vooroeververdediging is op alle bemonsteringsdata statistisch significant. Deze verschillen worden voornamelijk bepaald door Valvatidae, Chironomidae en Oligochaeta.

Er is een vergelijking gemaakt tussen de gegevens van de reeksen 1 en 3, die beide binnen de vooroeververdediging gelegen zijn. Reeks 1 ligt in ondiep water, zonder waterplanten. Reeks 3 ligt in wat dieper water, met waterplanten. De totale biomassagegevens van deze reeksen verschillen significant van elkaar op 27 juni en 16 oktober. De Valvatidae zijn hierbij de belangrijkste factor, maar op 27 juni is er ook een duidelijk verschil in biomassa van Chironomidae en Oligochaeta. Bij een verdere analyse van de gegevens blijkt echter dat op 27 juni de biomassa's van deze laatste twee groepen wel verschillen, maar de dichtheden veel minder. Hieruit blijkt dat de gemiddelde biomassa per individu in beide zones verschilt. Voor de Chironomidae is dit verschil een factor 10: in reeks 1 is de gemiddelde biomassa 0,065 mg ADW per individu, in reeks 3 0,696 mg. Voor de Olichochaeta zijn deze waarden resp. 0,148 en 0,244 mg.

Tabel 7.3 *Biomassa macro-evertebraten (g/m² ADW) per soortgroep (per reeks gemiddeld over de drie raaien).*

		Locatie (gemiddelde waarden van 3 raaien)					
soortgroep	datum	1	2	3	4	5	gem.
Chironomidae	2 april	1,760	0,288	0,515	0,743	0,792	0,820
	27 juni	0,242	0,752	1,299	0,458	0,740	0,698
	16 okt.	2,005	1,480	1,631	0,387	0,389	1,178
	gem.	1,336	0,840	1,148	0,529	0,640	0,899
Corophidae	2 april						
	27 juni			0,001	0,211	0,021	0,078
	16 okt.						
	gem.			0,001	0,211	0,021	0,078
Gammaridae	2 april	0,019	0,020	0,021	0,012		0,018
	27 juni		0,076	0,059	0,044	0,065	0,061
	16 okt.	0,019	0,073	0,068	0,034	0,106	0,060
	gem.	0,019	0,056	0,049	0,030	0,086	0,046
Hydrobiidae	2 april						
	27 juni		0,118	0,314			0,216
	16 okt.				0,112	0,043	0,078
	gem.		0,118	0,314	0,112	0,043	0,147
Oligochaeta	2 april	0,356	0,322	0,202	0,168	0,109	0,231
	27 juni	0,022	0,333	0,957	0,058	0,121	0,298
	16 okt.	0,484	0,233	0,181	0,128	0,123	0,230
	gem.	0,287	0,296	0,447	0,118	0,118	0,253
Sphaeridae	2 april		1,292	0,277			0,784
	27 juni		0,604	1,009			0,806
	16 okt.		0,302		0,048		0,175
	gem.		0,732	0,643	0,048		0,588
Valvatidae	2 april	0,437	1,951	1,324			1,237
	27 juni		2,577	2,166	0,521		1,754
	16 okt.	0,454	10,504	13,939		0,612	6,377
	gem.	0,445	5,011	5,810	0,521	0,612	3,123

determinaties
Bijlage 2 geeft een overzicht van de resultaten van de determinaties. Tabel 7.4 geeft weer hoeveel soorten er op de drie bemonsteringsdata binnen en buiten de vooroeververdediging zijn aangetroffen. Op alle data zijn binnen de vooroeververdediging meer soorten aangetroffen dan daarbuiten.

Tabel 7.4 Aangetroffen aantallen soorten macro-evertebraten in reeks 2 (binnen de vooroeververdediging) en reeks 5 (buiten de vooroeververdediging).

locatie	*2 april*	*27 juni*	*16 oktober*
2 (binnen de dam)	13	26	15
5 (buiten de dam)	7	16	12

bemonstering in waterplanten
Tabel 7.5 geeft een overzicht van de soorten die zijn aangetroffen in de monsters die in de waterplanten zijn genomen. Vergelijking met bijlage 2 leert dat de meeste van deze soorten ook al in de bodem-

monsters waren aangetroffen. Enkele soorten waarvoor dit niet geldt zijn de dansmuggen *Cricotopus ornatus* en *C. bicinctus*, drie soorten bloedzuigers (*Piscicola geometra*, *Helobdella stagnalis* en *Erpobdella octoculata*), driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en twee *Pisidium*-soorten (erwtemossel).

Enkele soorten vertonen opvallende verschillen in voorkomen binnen en buiten de vooroeververdediging. Zo werd *Valvata piscinalis* vooral binnen de dam gevonden, terwijl *Dreissena polymorpha* (driehoeksmossel) en *Corophium* juist buiten de dam het meest voorkwamen.

7.3 discussie

biomassa
Binnen de vooroeververdediging blijkt er een duidelijk verschil in biomassa te zijn tussen reeks 1 enerzijds en reeksen 2 en 3 anderzijds. Voor een groot deel komt dit door de beperkte aanwezigheid van slakken (Valvatidae, Sphaeriidae en Hydrobiidae) in reeks 1. Dit valt te verklaren uit de afwezigheid van waterplanten in deze zone. Bij de junibemonstering bleek echter dat de muggenlarven (Chironomidae) en wormen (Oligochaeta) in reeks 1 in ongeveer gelijke aantallen voorkwamen als in reeks 3, maar dat de individuele biomassa veel kleiner was. De meest waarschijnlijke verklaring hiervoor is dat er in de ondiepe zone langs de oever groottespecifieke predatie plaatsvindt. De totale biomassa van deze twee groepen blijkt eind juni in reeks 1 ook veel lager te zijn dan in april en oktober, wat ook wijst op predatie. Een mogelijke predator is bergeend, een soort die predeert op macro-evertebraten in de bodem. Bergeenden zijn juist in juni in vrij grote aantallen foeragerend in de oeverzone waargenomen (zie hoofdstuk 9). Het is daarom waarschijnlijk dat predatie door bergeend de belangrijkste oorzaak is van de geringe totale en individuele biomassa van Chironomidae en Oligochaeta in de oeverzone eind juni. In het diepere water is de bodemfauna voor de grondelende bergeenden onbereikbaar.

In de zones 2 en 3 is er een sterke toename van de biomassa in de loop van het seizoen, die vooral veroorzaakt wordt door Valvatidae. Deze slakken worden voornamelijk gevonden in gebieden met waterplanten (Janssen & de Vogel, 1965; van Benthem Jutting, 1993) en hun ontwikkeling kan dus worden verklaard uit de aanwezigheid van waterplanten in de zones 2 en 3 (zie hoofdstuk 4). In de eerste helft van augustus zijn de waterplanten binnen de vooroeververdediging vrijwel geheel weggegeten door knobbelzwanen. Desondanks was de biomassa van slakken in de monsters van oktober hoger dan die van eind juni. De toename kan geheel hebben plaatsgevonden tussen eind juni en begin augustus, maar mogelijk foerageren deze slakken ook op het organische materiaal dat op de bodem ligt.

Buiten de vooroeverdam is de totale biomassa veel lager dan binnen de dam. Voor een groot deel is dit het gevolg van het verschil in biomassa van slakken. Omdat buiten de dam weinig waterplanten voorkomen, zijn daar ook weinig slakken. Ook de biomassa van Oligochaeta en Chironomidae blijkt buiten de dam lager te zijn. Voor de wormen valt dit te verklaren uit het lager gehalte organische stof in de bodem buiten de dam (zie hoofdstuk 3). Bij de Chironomidae blijkt de dichtheid binnen en buiten de dam vergelijkbaar te zijn. Binnen de dam komen echter meer exemplaren uit de groep van de Chironomini voor en buiten meer uit de groep van de Tanytarsini (*Cladotanytarsus* sp.). Deze laatste zijn over het algemeen kleiner.

soortensamenstelling
De meeste aangetroffen soorten zijn zeer algemeen voor meren en/of langzaam stromende wateren in Nederland. De bij de bodembemonstering aangetroffen dansmug *Pogonocladius consobrinus* (=*Orthocladius consobrinus*) is in Nederland echter schaars. Hij is vooral aangetroffen in zandwinputten, maar komt ook in voedselrijke meren als het Veluwemeer voor (Moller Pillot & Buskens, 1990). In de waterplanten is de dansmug *Cricotopus ornatus* aangetroffen. Dit is een typische bewoner van brak water, die alleen in zoet water wordt aangetroffen als er brak water in de omgeving aanwezig is (Moller Pillot & Buskens, 1990).

Tabel 7.5 Procentuele verdeling van de macro-evertebraten bemonsterd tussen waterplanten met het totaal aantal gevangen organismen (naar: AquaSense, 1997).

	Monsterpunt[1]					
Taxon	A2	B2	C2	D1	D2	E1
Nais sp.	0	0	0	0	0	0
Erpobdella sp	0	0	0	0	0	0
Helobdella stagnalis	0	0	0	0	0	0
Piscicola geometra	0	0	0	0	0	0
Dreissena polymorpha	0,1	0,1	0	33,5	16,9	0
Dreissena polymorpha (juveniel)	0	0	0,1	0	0	0
Physa acuta	0,1	0,2	1,0	0,1	0	0,6
Pisidium casertanum plicatum	0	0	0	0	0	0
Pisidium casertanum	0	0	0,1	0	0	0
Pisidium nitidum	0	0	0,1	0	0	0
Potamopyrgus antipodarum	0	0,2	0,5	0,1	0,1	0,6
Radix ovata	0,3	0,1	0,2	0	0	0
Valvata piscinalis	25,8	81,8	57,9	0,1	2,4	65,4
Corophium sp.	0	0	0,1	6,7	5,6	0
Corophium curvispinum	0	0	0	5,0	12,0	0
Gammarus sp.	8,5	7,2	23,6	42,3	48,4	25,3
Gammarus tigrinus	1,2	1,6	8,4	5,8	3,0	3,2
Neomysis integer	0,1	0	0,1	0	0	2,1
Cricotopus sp.	1,1	0,1	0,1	1,2	0,7	0
Cricotopus bicinctus	0,7	0,1	0	0,5	0,3	0
Cricotopus bicinctus (pop)	8,8	0,9	0,2	0,6	3,2	0
Cricotopus intersectus agg.	0	0,1	0	0	0	0
Cricotopus intersectus (pop)	0,7	0	0	0,1	0,2	0
Cricotopus ornatus (pop)	0	0	0	0	0	0
Cricotopus sylvestris gr.	0,4	0	0	0	0,9	0
Cricotopus sylvestris	0	0	0	0,1	0	0
Dicrotendipes nervosus	0	0,1	0,1	0	0	0
Endochironomus albipennis	3,3	0,3	0,4	0	0,7	0
Glyptotendipes sp	0	0	0,1	0	0	0
Glyptotendipes paripes	0,4	0	0	0	0	0
Parachironomus arcuatus gr.	0	0	0	0	0	0
Parachironomus vitiosus gr.	0	0	0	0	0,1	0
Psectrocladius sordidellus/ limbatellus gr.	45,0	6,0	4,7	3,6	5,0	1,5
Psectrocladius sordidellus/ ventricosus	1,5	0,1	0,9	0,3	0,4	0,1
Tanytarsus sp.	0	0	0,1	0	0	0
Corixidae (nymf)	0,4	0,3	0,7	0	0	0,1
Sigara striata	0,1	0	0,2	0	0	0
Acentria ephemerella (adult)	0	0	0	0	0	0
Acentria ephemerella	1,6	0,9	0,4	0	0	0,9
Acentria ephemerella (pop)	0	0	0	0	0	0
Oecetis ochracea	0	0	0	0	0	0,2
Trichoptera (pop)	0	0	0	0	0	0,1
Aantal gevangen organismen:	8750	4616	3148	11651	2978	2863

[1] *: A2, B2 en C2: monsterpunten in onderzoeksgebied; D1: in het onderzoeksgebied, buiten de dam tussen raai B en C, plek met doorgroeid fonteinkruid, 15 m breed, diepte ca 1,4 m; D2; idem als D1, ten westen van het onderzoeksgebied; E1: binnen de vooroeververdediging van de Krammersche Slikken, met kranswieren en doorgroeid fonteinkruid, diepte ca 50 cm.*

Vermeldenswaard is dat de zandoeverdansmug *Lipiniella arenicola*, die is opgenomen in de AMOEBE voor het Volkerak-Zoommeer (Vanhemelrijk & de Hoog, 1997), niet is aangetroffen. De soort wordt sinds 1992 in lage dichtheden in de oeverzone van het Volkerak-Zoommmeer gevonden (Breukers et al., 1996). Het is een soort die vooral voorkomt op ondiepe locaties, die sterk geëxponeerd zijn. De larven bouwen namelijk zeer stevige kokers, die het mogelijk maken in onstabiele zandplaten te overleven. Aangezien vrijwel alle buitendijkse gronden in het Volkerak-Zoommeer van vooroeververdedigingen zijn voorzien, komen er weinig ondiepe, geëxponeerde plaatsen voor.

Hierboven is reeds genoemd hoe de aanwezigheid van waterplanten en de predatiedruk verschillen in het voorkomen van soortgroepen veroorzaken. Ook de verschillen in bodemsamenstelling binnen het onderzoeksgebied blijken invloed te hebben. In hoofdstuk 3 is genoemd dat binnen de vooroeververdediging de organische-stofgehalten hoger zijn dan daarbuiten en dat de geaereerde bodemlaag er veel dunner is. Waarschijnlijk als gevolg hiervan was de dichtheid van Oligochaeta binnen de dam hoger dan daarbuiten. De aangetroffen soorten behoorden alle tot de familie der Tubificidae. De meeste leden van deze familie zijn aangepast aan het leven in organisch sediment, waarin tijdelijk zuurstofgebrek op kan treden (Carpentier et al., 1998).

Ook het voorkomen van Chironomidae wordt beïnvloed door de bodemsamenstelling. Binnen de dam komen *Stictochironomus* sp. en *Cladotanytarsus* sp. minder voor dan buiten, terwijl voor de andere Chironomidae juist het tegenovergestelde geldt. Uit vergelijking met literatuurgegevens kan worden geconcludeerd dat beide soorten vooral voorkomen op zandige bodem, bij een niet te grote waterdiepte (Carpentier et al., 1998).

De soortenrijkdom was binnen de vooroeververdediging op alle bemonsteringsdata groter dan daarbuiten. Een belangrijke oorzaak hiervan was de hogere bedekkingsgraad van waterplanten. Hierdoor neemt de koloniseerbare oppervlakte toe en er ontstaan nieuwe habitats. Er zijn binnen de dam enkele kenmerkende soorten voor locaties met waterplanten gevonden, zoals de dansmug *Endochironomus albipennis*, de duikerwants *Sigara striata*, de vlinderrups *Acentria ephemerella* en de slak *Radix peregra*. Daarnaast werden soorten aangetroffen die niet typisch zijn voor gebieden met waterplanten, maar daarmee wel vaak geassocieerd zijn. Te noemen vallen de dansmuggen *Psectrocladius* gr. *sordidellus/limbatellus* en *Cricotopus* spp. en de slak *Valvata piscinalis*.

8 Vis

A.J. Remmelzwaal, F.T. Vriese, G.A.J. de Laak & E. Lammens

In het onderzoeksgebied zijn maandelijks visbemonsteringen uitgevoerd. Het doel van het onderzoek was inzicht te krijgen in de ruimtelijke verspreiding van vis, en variaties daarin gedurende het etmaal en het seizoen. Hiermee kan de functie van de oeverzone en vooroeververdedigingen voor vissen worden beoordeeld. Tevens kan worden nagegaan wat in de oeverzone de beschikbaarheid van vis voor predatoren is.

8.1 uitvoering van het veldonderzoek

In het onderzoeksgebied zijn maandelijks bemonsteringen uitgevoerd in de periode april t/m september 1997. Er zijn 5 zones bemonsterd. De eerste zone lag gelijk tegen de oever, de tweede zone halverwege oever en vooroeververdediging), de derde zone gelijk aan de binnenzijde van de vooroeververdediging, de vierde zone gelijk aan de buitenzijde van de vooroeververdediging en de vijfde zone ca. 50 meter buiten de vooroeververdediging. De zones 1, 3 en 4 zijn t.o.v. de met de palen vastgelegde monsterpunten (zie inleiding) verschoven in de richting van de oever c.q. de vooroeververdediging.

Zone 1 had een waterdiepte van meestal minder dan 10 cm, omdat de oever een zeer flauw talud heeft. De westelijke helft van de oever werd begraasd door paarden en had een zeer korte grasvegetatie. De oostelijk helft was onbegraasd en was begroeid met riet. Het riet stond niet ver het water in, zodat de hoeveelheid voor vis van belang zijnde vegetatie zeer beperkt was. Ondergedoken waterplanten kwamen in deze zone niet voor.

Zone 2 had een waterdiepte van gemiddeld ca. 60 cm. In de loop van het seizoen raakte deze zone dicht begroeid met waterplanten.

In zone 3 en 4 is gelijk tegen het stortsteen van de vooroeververdediging bemonsterd. De dam is schaars begroeid, maar de vegetatie stond niet in het water. Gelijk tegen de dam kwamen geen waterplanten voor. De waterdiepte was ca. 60 cm aan de binnenzijde van de dam (zone 3) en ca. 100 cm aan de buitenzijde (zone 4).

Zone 5 (buiten de dam) had een gemiddelde diepte van ca. 140 cm. In de loop van het seizoen kwamen wat ondergedoken waterplanten tot ontwikkeling, maar de bedekking daarmee bleef beperkt.

In de zones is bemonsterd over een lengte van 400 meter, gelegen tussen de met palen gemarkeerde raaien A en C (zie figuur 1.3). Er is gevangen met een aangepast electro-visapparaat volgens de P(oint) A(bundance) S(ampling) methode. Deze methode is vooral geschikt voor de vangst van kleine vis. In principe is uitgegaan van een dag- en een nachtbemonstering, waarbij per zone 50 punten zijn bemonsterd. Voor een uitgebreidere beschrijving van de methode zij verwezen naar Vriese et al. (1996) en Vriese & de Laak (1997).

De punten zijn per zone genummerd van west naar oost. In juli zijn slechts 25 punten per zone bemonsterd en in augustus en september is alleen overdag gevangen. De tijd die door deze beperkingen vrij kwam is gebruikt voor oriënterende bemonsteringen op andere locaties en voor een bemonstering met andere methoden.

In juli is aanvullend bemonsterd in het paaigebied (net ten oosten van de onderzoekslocatie), aan het westelijke eind van de Dintelse Gorzen (binnen de vooroeververdediging, dicht bij de haveningang van

Beneden Sas) en bij de sluis van Beneden Sas. De locaties waren gekozen op de aanwezigheid van oevervegetatie en/of in het water hangende takken. Het doel was tweeledig: enerzijds het nagaan of bij aanwezigheid van oevervegetatie meer vis aanwezig zou zijn en anderzijds het toetsen van de gebruikte electrovismethode. In augustus is aanvullend bemonsterd bij de Krammersche Slikken. De oeverzone van dit gebied aan de noordzijde van het Volkerak is sterk vergelijkbaar met de onderzoekslocatie. De bemonstering had tot doel na te gaan in hoeverre de onderzoekslocatie representatief is voor vergelijkbare gebieden in het Volkerak. In september is in het onderzoeksgebied aanvullend bemonsterd met een boomkuil en met een standaard anodeschepnet. Tevens zijn perspex broedvallen gebruikt. Het doel van deze extra bemonsteringen was het krijgen van een beeld van de aanwezigheid van grotere vis en het toetsen van de gebruikte electrovismethode. Tabel 8.1 geeft een overzicht van de uitgevoerde bemonsteringen.

Tabel 8.1 Data uitvoering visbemonsteringen

locatie	april		mei		juni		juli		aug.	sept.
	dag	*nacht*	*dag*	*nacht*	*dag*	*nacht*	*dag*	*nacht*	*dag*	*dag*
onderzoeksgebied	9	10/11	13	14/15	10	12/13	21[1]	22/23[1]	13	9+10[2]
Beneden Sas, sluis							21	22/23		
Beneden Sas, vooroever							21	22/23		
paaigebied							21	22/23		
Krammersche Slikken									14	

[1] *In juli is in het onderzoeksgebied met 25 i.p.v. 50 points per zone bemonsterd*
[2] *Op 10 september is met andere technieken bemonsterd*

8.2 resultaten van het veldonderzoek

De tabellen 8.2 t/m 8.5 geven een overzicht van de visvangsten. Tabel 8.2 geeft een overzicht van de vangsten met de PAS-methode in het onderzoeksgebied. De tabellen 8.3 en 8.4 geven de resultaten van de vangsten met de PAS-methode buiten het onderzoeksgebied weer. In tabel 8.5 zijn de resultaten van het toepassen van andere vangmethoden in het onderzoeksgebied weergegeven.

In het onderzoeksgebied zijn met de PAS-methode 11 vissoorten gevangen (afgezien van een niet te determineren cyprinide). Met de kuil is er vervolgens nog een dikkopje (*Pomatoschistus minutus*) gevangen. Buiten het onderzoeksgebied zijn nog brasem (*Abramis brama*) en ruisvoorn (*Scardinius erythrophthalmus*) gevangen, wat het totaal aantal gevangen soorten op 14 brengt. In het onderzoeksgebied is de tiendoornige stekelbaars (*Pungitus pungitus*) alleen in de oever gevangen (zone 1). Zeelt (*Tinca tinca*) is alleen binnen de vooroeververdediging gevangen en pos (*Gymnocephalus cernua*) alleen daarbuiten. Paling (*Anguilla anguilla*) is alleen langs de oever en tegen de vooroeververdediging gevangen (zones 1, 3 en 4). Paling werd ook gezien tussen de stenen van de vooroeververdediging.

De aantallen gevangen exemplaren per bemonsterde vierkante meter zijn in het onderzoeksgebied gemiddeld zeer klein. Dit geldt zowel voor de vangsten met de PAS methode, als voor de kuilvangsten. Bij de Krammersche Slikken werd ook slechts zeer weinig vis gevangen. Op de drie locaties met goed ontwikkelde oevervegetatie waren de dichtheden echter veel hoger. Tabel 8.6 geeft een overzicht van de dichtheden bij de verschillende bemonsteringen in het onderzoeksgebied en op de locaties met oevervegetatie.

De grootste dichtheden kwamen in het onderzoeksgebied voor in de maanden juni t/m augustus. Het overgrote deel van de met PAS gevangen exemplaren betrof broed. Totaal is er van 8 soorten broed gevangen in het onderzoeksgebied. Grotere vis wordt met de bij de PAS methode gebruikte vismethode moeilijk gevangen. Tijdens het veldwerk zijn in het onderzoeksgebied echter ook maar weinig grotere vissen gezien. Dit stemt overeen met de geringe lage aantallen die met de kuil zijn gevangen. In het onderzoeksgebied was er binnen de vooroeververdediging over het algemeen weinig verschil tussen de dag- en nachtvangsten. Buiten de vooroever (zone 4 en 5) is vrijwel alleen 's nachts nog wat gevangen. Op twee van de drie locaties met oevervegetatie waren in de oever de vangsten 's nachts lager dan overdag.

Tabel 8.2 Overzicht vangsten met PAS in het onderzoeksgebied (vet gedrukte aantallen betreft **broed**, de andere getallen betreft oudere vis). Totaal van 50 (juni: 25) points per zone.

	April		mei		juni		juli		aug.	sept.	totaal
	dag	*nacht*	*dag*	*nacht*	*dag*	*nacht*	*dag*[1]	*nacht*[1]	*dag*	*dag*	
zone 1											
blankvoorn	--	--	**1**	--	--	--	**3**	**3**	**3**	--	10
zeelt	--	--	--	--	--	--	**2**	--	**2**	--	4
paling	--	--	1	--	1	2	--	--	--	--	4
driedrn. stekelbaars	2	1	--	--	--	--	--	--	--	--	4
tiendrn. stekelbaars	1	1	1	--	--	--	--	--	--	--	3
zone 2											
blankvoorn	--	--	--	--	--	**5**	--	--	--	--	5
winde	--	--	--	--	--	--	--	**1**	--	--	1
zeelt	--	--	--	--	--	--	**2**	--	--	--	2
snoekbaars	--	--	--	--	--	**34**	--	--	--	--	34
driedrn. stekelbaars	--	--	--	--	--	--	--	--	**8**	--	8
bot	--	--	--	1	--	--	--	--	--	--	1
zone 3											
cyprinide	--	--	--	--	--	**2**	--	--	--	--	2
blankvoorn	--	--	--	--	--	--	--	--	--	**1**	1
karper	--	--	--	--	--	--	--	--	--	**2**	2
winde	--	--	--	--	--	--	--	**1**	--	--	1
zeelt	--	--	--	--	--	--	**1**	--	--	--	1
baars	--	--	--	--	--	1	--	--	**1**	--	2
paling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	1
driedrn. stekelbaars	--	--	--	--	--	--	--	--	**1**	**1**	2
zone 4											
winde	--	1	--	--	--	--	--	--	--	--	1
baars	--	--	--	--	--	--	--	**1**	--	--	1
snoekbaars	--	--	--	--	--	**1**	--	--	--	--	1
pos	--	1	--	--	--	--	--	--	--	--	1
paling	--	--	--	1	--	3	--	1	--	--	5
zone 5											
snoekbaars	--	--	--	--	**1**	--	--	--	--	--	1
pos	--	2	--	--	--	--	--	**1**	--	--	3
aantal soorten	2	4	3	2	2	5	2	5	4	4	11
aantal exemplaren	4	6	3	2	2	48	8[1]	8[1]	15	5	101

[1] *In juli is in het onderzoeksgebied met 25 i.p.v. 50 points per zone bemonsterd*

Wetenschappelijke namen vissoorten in de tabel: blankvoorn: *Rutilus rutilus*, zeelt: *Tinca tinca*, paling: *Anguilla anguilla*, driedoornige stekelbaars: *Gasterosteus aculeatus*, tiendoornige stekelbaars: *Pungitus pungitus*, winde: *Leuciscus idus*, snoekbaars: *Stizostedion lucioperca*, bot: *Platichthys flesus*, karper: *Cyprinus carpio*, baars: *Perca fluviatilus*.

Tabel 8.3 *Resultaten aanvullende bemonstering met PAS op locaties met oevervegetatie bij de* Dintelse Gorzen in juli (totaal van 25 points per locatie).

	Sluis Beneden Sas		Westzijde Dintelse Gorzen		Paaigebied	
	dag	*nacht*	*dag*	*nacht*	*dag*	*nacht*
cyprinide	5	7	160	21	39	22
blankvoorn	--	15	8	4	5	1
brasem	3	--	--	--	--	--
ruisvoorn	--	--	--	--	1	--
karper	--	--	--	--	2	--
zeelt	--	--	6	--	--	--
baars	--	--	--	--	--	1
paling	--	1	--	--	--	1
driedrn. stekelbaars	--	1	--	1	--	1
tiendrn. stekelbaars	--	--	--	--	4	--
aantal soorten	2	4	3	3	5	5
aantal gevangen exemplaren	8	24	174	26	53	26

Tabel 8.4 Resultaten aanvullende bemonstering met PAS bij de Krammersche Slikken in augustus, totaal van 50 points per zone (zone-indeling als in het onderzoeksgebied).

	zone 1	zone 2	zone 3	zone 4	zone 5
karper	1	1	--	--	--
tiendrn. stekelbaars	7	5	--	--	--
aantal soorten	2	2	0	0	0
aantal gevangen exemplaren	*8*	*6*	*0*	*0*	*0*

Tabel 8.5 Resultaten aanvullende bemonstering met diverse vangstmethoden in het onderzoeksgebied in september

zone	visserij	vissoort	aantal
1	broedval	driedrn. stekelbaars	2
2	broedval	--	0
2	kuiltrek 100 m	baars	4
		driedrn. stekelbaars	6
3	broedval	--	0
3	kuiltrek 125 m	blankvoorn	112
		snoekbaars	7
		winde	1
		driedrn. stekelbaars	9
3	kuiltrek 150 m	blankvoorn	4
		baars	4
		driedrn. stekelbaars	1
		dikkopje	1
3	electro, 20 m	karper	85
	(5kW, normale anode)	paling	3
3	electro, 20 m	karper	76
	(5 kW, puls, ringanode 40 cm)	blankvoorn	9
4	kuiltrek 150 m	blankvoorn	7
		driedrn. stekelbaars	7
5	kuiltrek 200 m	baars	13
5	kuiltrek 200 m	baars	1
		blankvoorn	42
		karper	1
		bot	1
5	kuiltrek 150 m (pelagisch)	-	0

Tabel 8.6 Vangsten in en bij het onderzoeksgebied, omgerekend naar dichtheden (aantal per m^2).

	april PAS *dag*	PAS *nacht*	mei PAS *dag*	PAS *nacht*	juni PAS *dag*	PAS *nacht*	juli PAS *dag*	PAS *nacht*	aug. PAS *dag*	sept. PAS *dag*	sept. kuil *dag*
zone 1	0,64	0,32	0,48	0	0,16	0,32	1,60	0,96	0,80	0	
zone 2	0	0	0	0,16	0	6,21	0,64	0,32	1,27	0	0,02
zone 3	0	0	0	0	0	0,48	0,32	0,32	0,32	0,80	0,13
zone 4	0	0,32	0	0,16	0	0,64	0	0,64	0	0	0,02
zone 5	0	0,32	0	0	0,16	0	0	0,32	0	0	0,04
D.G. west							55,4	8,28			
sluis							2,54	7,64			
paaigebied							16,9	8,28			

8.3 discussie

De in het onderzoeksgebied gevangen aantallen vis zijn gering. De bemonsteringen op andere locaties en de bemonsteringen met andere methoden hebben aangetoond dat dit geen gevolg is van de toegepaste methode, maar dat de aanwezige dichtheden werkelijk zeer laag waren. Bij de toepassing van

andere vangstmethoden ontstond echter wel de indruk dat met de PAS-methode de aanwezigheid van jonge karpertjes wordt onderschat. Mogelijk dat jonge karper bij de PAS-methode uit het beperkte electrische veld weet te ontsnappen.

Uit visuele waarnemingen bleek dat er binnen de vooroeververdediging visvoedsel als Gammarus, Neomysis en wantsen in voldoende mate aanwezig was, zodat dat geen oorzaak van de geringe visdichtheid kan zijn.

De hoogste visdichtheden werden aangetroffen binnen de vooroeververdediging. In de oeverzone is daar het hele jaar vis gevangen, zij het in zeer kleine hoeveelheden. In de zones 2 en 3 is pas vis gevangen na het tot ontwikkeling komen van de waterplanten. Binnen de dam is geen patroon van dag/nacht migratie herkenbaar.

Op twee van de drie locaties waar in de oever beschutting aanwezig was leek de jonge vis overdag in de beschutte oever te zijn geconcentreerd en 's nachts meer naar het open water te trekken (zie tabel 8.6). Tabel 8.7 geeft, ter vergelijking, de resultaten van een PAS bemonstering in het Veluwemeer in 1996. In deze tabel is zone A een met riet begroeide oeverzone, B de tussen A en C gelegen fonteinkruidzone en C een zone met kranswieren (drie maal bemonsterd). Uit deze tabel blijkt hoe de kleine vis zich overdag in de oeverzone concentreert, maar zich 's nachts meer verspreidt. De dichtheden in het open water zijn vergelijkbaar met de dichtheden die in het onderzoeksgebied zijn aangetroffen. In het onderzoeksgebied ontbreekt echter de zone met oevervegetatie, waarin grote concentraties jonge vis aanwezig zijn.

Tabel 8.7 Visdichtheden (N/m^2) in drie zones in het Veluwemeer in 1996 (naar de Laak & Vriese, 1996).

	zone A	zone B	zone C1	zone C2	zone C3
dag	10,2	1,0	0,3	2,9	2,1
nacht	9,2	4,9	5,1	4,0	3,3

Uit de vangsten moet geconcludeerd worden dat de vooroevergebieden als de Dintelse Gorzen en de Krammersche Slikken geen belangrijke functie als paaigebied hebben. Bepaalde soorten kunnen er zeker paaien, er is voldoende voedsel aanwezig voor jonge vis en in de waterplantenperiode is er goede beschutting. Het ontbreken van beschutting in het voorjaar maakt de vooroeverzone echter onaantrekkelijk. In het onderzoeksgebied is pas beschutting aanwezig als de waterplanten tot ontwikkeling komen. Omdat het water zo helder is dat er bodemzicht is, zou vis buiten de waterplantenperiode een makkelijke prooi zijn voor predatoren. De oeverzone zou veel beter benut kunnen worden als er een goed ontwikkelde oevervegetatie aanwezig was, die ook voldoende diep in het water stond. In de helft van het onderzoeksgebied is oevervegetatie aanwezig, maar de zone die hiermee begroeid is, is erg smal en de planten staan slechts tot een diepte van enkele centimeters in het water. De vooroeverzone wordt in de waterplantenperiode in beperkte mate wel benut als opgroeigebied voor broed dat hier vanuit de paaigebieden heengetrokken is.

Buiten de vooroeververdediging werd 's nachts meer gevangen dan overdag. Gezien de soortensamenstelling in de vangst en gezien het beperkte aantal openingen in de dam gaat het bij de nachtvangsten niet om vissen die uit de vooroevergebieden afkomstig zijn. Er lijkt in de nacht een migratie plaats te vinden vanuit het diepe naar het ondiepere water.

Met de PAS-methode zijn in dit onderzoek in totaal 15 vissoorten gevangen, waarvan 12 in het onderzoeksgebied. Hierbij waren vier soorten die niet zijn gevangen bij de jaarlijkse bemonstering van het *Volkerak met kuilvisserij (zie Klinge, 1997). Deze bemonstering is vooral geconcentreerd op het open* water. De soorten zijn zeelt, tiendoornige stekelbaars, dikkopje en ruisvoorn. Dat deze soorten met de kuil niet gevangen zijn, bevestigt het beeld dat ze nauwelijks buiten de vooroeververdedigingen voorkomen. Pos is de enige soort die alleen buiten de dam is gevangen. Ondanks de nabijheid van het paai-

gebied is er geen snoek gevangen. Ook de in het meer dominante brasem is in het onderzoeksgebied niet gevangen.

De vooroeververdedigingen blijken dus een enigszins structurerende invloed op de visgemeenschap te hebben. Het beperkte aantal openingen in de dammen beperkt de uitwisseling van vis tussen de vooroeverzone en het open water. Een aantal belangrijke karakteristieken van het habitat (geringe diepte, helder water, veel submerse vegetatie) leiden tot een visstand die kenmerken heeft van het ruisvoorn-snoek type (voorheen snoek-zeelt type genoemd). De kenmerkende soorten van deze gemeenschap zijn snoek, ruisvoorn, zeelt, kroeskarper en bittervoorn. Als begeleidende soorten kunnen baars, blankvoorn, kolblei, paling, vetje, pos, brasem, kleine en grote modderkruiper, kwabaal en karper voorkomen. Om verdere ontwikkeling van de visgemeenschap achter de vooroeververdediging in de richting van de ruisvoorn-snoek gemeenschap te stimuleren zouden er aanpassingen in de inrichting getroffen kunnen worden. Er moet hierbij gedacht worden aan het bevorderen van een grotere afwisseling van diepe en ondiepe delen, aan een oever die niet overal de huidige, zeer geleidelijke, glooiing heeft en aan permanente beschutting in de oever in de vorm van een goed ontwikkelde helofytenvegetatie en bomen waarvan takken en wortels in het water hangen.

9 Vogels

M. Platteeuw, T. Boudewijn & J. van der Winden

Om uitspraken te kunnen doen over de invloed van de aanleg van de vooroeververdedigingen in het Volkerak-Zoommeer op aanwezigheid en gedrag van vogels zijn is in het onderzoeksgebied bij de Dintelse Gorzen van april tot en met oktober 1997 veldonderzoek verricht. Gedurende een gehele daglichtperiode is eenmaal per maand waargenomen hoe vogels gebruik maken van een door een vooroeververdediging beschermd oevergebied. Daarnaast is een uitwerking gemaakt van de systematische maandelijkse watervogeltellingen op het Volkerak-Zoommeer uit de jaren 1987 (het jaar van afsluiting van de Philipsdam) tot en met 1996 en de jaarlijkse tellingen van (kolonie)broedvogels. Dit is gebruikt om te beoordelen of na de aanleg van vooroeververdedigingen het voorkomen van vogels in de oeverzone veranderd is (Nienhuis & Boudewijn,1997). Deze benadering bleek duidelijke nadelen te hebben, die vooral toegeschreven konden worden aan het feit dat deze tellingen niet speciaal voor dit doel werden uitgevoerd.

9.1 uitvoering van het veldonderzoek

indeling van het onderzoeksgebied
In het onderzoeksgebied bij de Dintelse Gorzen is een twaalftal waarnemingsvakken, evenwijdig aan zowel de oeverlijn als de ruwweg parallel daaraan lopende vooroeververdediging (figuur 3.1). De vakken corresponderen hierdoor met dieptezones. De waarnemingsvakken zijn ongeveer rechthoekig van vorm met een vaste lengte van 200 m en een variërende breedte. De twaalf vakken zijn twee aan twee gesitueerd, zodat er steeds twee vakken in ongeveer dezelfde dieptezone liggen. Zowel de vakken rondom de oever als die rondom de vooroeververdediging zijn veel smaller gekozen dan de meer vrij liggende delen van het water teneinde een duidelijk onderscheid te kunnen maken in aantallen en gedragingen van vogels op het water en vogels in de onmiddellijke nabijheid van oever of vooroeververdediging. Naast twee paar (smalle) vakken aan weerszijden van de vooroeververdediging is nog één paar vakken aangebracht aan de buitenzijde van de vooroeververdediging.

De oevervakken zijn voor de waarnemingen opgedeeld in een landgedeelte en een watergedeelte. De westelijke vakken liggen voor een door grote grazers begraasd gedeelte van de Dintelse Gorzen, terwijl de oostelijke vakken voor een uitgerasterd gedeelte liggen. Op beide oevergedeelten is bovendien een kleine exclosure op de oevers gesitueerd, die plaatselijk de oevervegetatie vrijwaart van graas door herbivore watervogels. Op de vooroeververdediging zelf is, ongeveer op de grens van de westelijke en de oostelijke vakken, een plankier aangebracht. Tijdens de waarnemingsperioden werd hierop een schuiltent opgezet, van waaruit de waarnemingen werden verricht.

de waarnemingen
Om de waarnemers niet te lang achtereen te belasten is er voor gekozen om de maandelijkse waarnemingen over de gehele daglichtperiode op te delen over twee opeenvolgende dagen. Rond de middag van de eerste dag werd een waarnemingsperiode begonnen, die dan rond zonsondergang eindigde. Op de ochtend van de tweede dag werd dan de ochtendperiode waargenomen. Waarnemingsdata, duur en weersomstandigheden zijn samengevat in tabel 9.1.

Tabel 9.1 Waarnemingsdata vogels in het onderzoeksgebied in 1997. Ook de duur van de waarnemingen en de heersende weersomstandigheden zijn vermeld.

Datum	duur[1]	temperatuur (°C)	windrichting	windkracht (Beaufort)	bewolking (%)	neerslag[2]
16 april	13:30-20:15 (13)	10-8	NNO-N-NW	2-4	100-75	2-0-1
17 april	7:00-13:45 (13)	5-12	ONO-OZO-O	3-2	0-25-15	0
28 mei	11:30-21:15 (19)	16-13	NNO-O-N	4-2	100-80-0	0
29 mei	7:00-12:45 (11)	8-17	NO-O-W	1-2	90-10-25	0
18 juni	12:00-21:45 (19)	19-16	NW-N	2-0	25-75-0	0
19 juni	6:00-12:00 (11)	12-15	ZO-Z-ZW	2-4	50-100	0
24 juli	13:45-21:45 (15)	20	ZW	2	100-60	0-2
25 juli	6:15-12:20 (12)	18-17	ZW-W	4-6	100-75	1-3-0
19 augustus	13:30-20:45 (14)	25-19	OZO-O	2-4	75-25-50	0
20 augustus	6:30-13:15 (13)	18-24	NNO-NW-WNW	2-1	100-0	0
16 september	13:00-19:45 (13)	18-15	Z	4-2	0-50	0
17 september	7:05-12:45 (11)	10-20	ZW-W	2-3	50-75	0
21 oktober	12:30-18:45 (12)	15-10	ONO	6-4	0	0
22 oktober	8:15-13:00 (9)	-1-15	O	2-3	0	0

[1] *Tussen haakjes is weergegeven hoeveel waarnemingssessies van een half uur zijn uitgevoerd.*
[2] *Neerslag is weergegeven in vier categorieën: 0 = geen regen, 1 = motregen, 2 = regen/buien, 3 = harde regen.*

Gedurende de waarnemingsperiode werden om het half uur vaste waarnemingssessies uitgevoerd, om aantallen en gedrag van de zich binnen de waarnemingsvakken bevindende vogels vast te leggen. De onderscheiden gedragingen van de vogels waren:

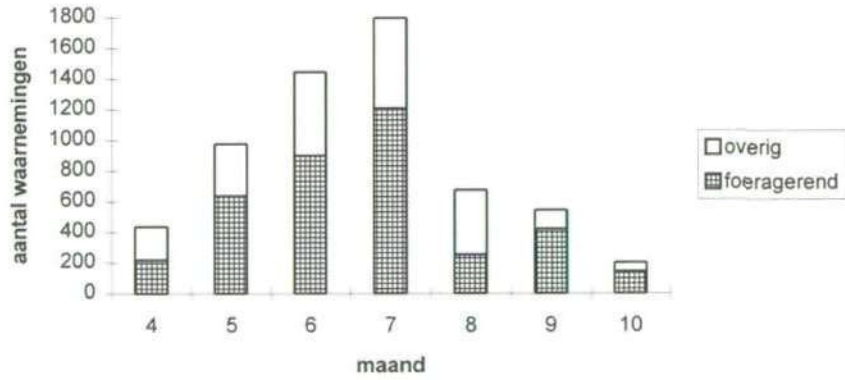
- foerageren, onderverdeeld in:
  - foerageren aan de oppervlakte van het water (ook gebruikt voor vogels die vliegend hun voedsel lokaliseren, zoals bv. meeuwen);
  - foerageren met de kop onder water;
  - foerageren door middel van grondelen;
  - foerageren door middel van duiken;
- rusten (zowel slapen met kop in de veren als niet vertonen van activiteit);
- zwemmen (duidelijke verplaatsing over het water, bv. als gevolg van verstoring of vanwege het willen bereiken van een voedselplek);
- lopen (doelbewuste voortbeweging over land; lopend foerageren van bv. steltlopers hoort hier niet bij);
- overig activiteiten (o.a. poetsen, drinken, agressief gedrag etc.; ook overvliegende vogels zijn bij deze categorie gerekend).

Iedere waarnemingssessie verliep volgens een vast protocol, waarbij de vakken in de zelfde volgorde werden bekeken. Naar vogelsoorten die duikend hun voedsel kunnen verzamelen werd iets langer gekeken om hun activiteit te kunnen vaststellen. Een waarnemingssessie duurde meestal 15-20 minuten, maar afhankelijk van de aantallen aanwezige vogels kon de duur uiteenlopen van enkele minuten tot soms zelfs meer dan een half uur. Ieder half uur werd een nieuwe sessie aangevangen. Voor meer details over de waarnemings- en teltechnieken wordt verwezen naar Boudewijn & van der Winden (1997).

9.2 resultaten van het veldonderzoek

*In totaal werden 77 verschillende soorten vogels waargenomen, die aan de hand van hun globale voed*selvoorkeur en de wijze waarop ze hun voedsel plegen te verzamelen zijn ingedeeld in 19 'ecologische' categorieën (zie bijlage 3). Van 20 soorten uit in totaal 13 categorieën zijn gedurende het veldonderzoek meer dan 100 waarnemingen gedaan (tabel 9.2). In het onderstaande zullen 11 van deze 13 categorieën, die betrekking hebben op meer of minder van water afhankelijke groepen, in meer detail worden besproken. De groepen insectivore lopers (meest zangvogels als spreeuwen *Sturnus vulgaris*) en insectivore vliegers (zwaluwen en gierzwaluwen) worden niet uitgebreid behandeld.

omnivore zwemmers
De categorie van omnivore zwemmers bestond uitsluitend uit wilde eenden (*Anas platyrhynchos*), zie tabel 9.2. Het aantal waarnemingen nam vanaf april geleidelijk toe tot in juli, waarna zich een sterke afname voordeed, die tot in oktober voortduurde (figuur 9.1). De toename in de loop van de zomer is gedeeltelijk toe te schrijven aan de toename van jonge eenden. Het lijkt zeer aannemelijk dat met het volledig verdwijnen van de waterplanten na eind juli (zie hoofdstuk 4) het voedselaanbod voor de wilde eend, zowel bestaand uit deze waterplanten zelf als uit de ermee geassocieerde evertebraten, aanzienlijk is afgenomen. In augustus bleek inderdaad het aandeel foeragerende wilde eenden duidelijk geringer te zijn dan in de voorafgaande maanden, maar in september en oktober werden de meeste vogels toch weer voedsel zoekend waargenomen (figuur 9.1).



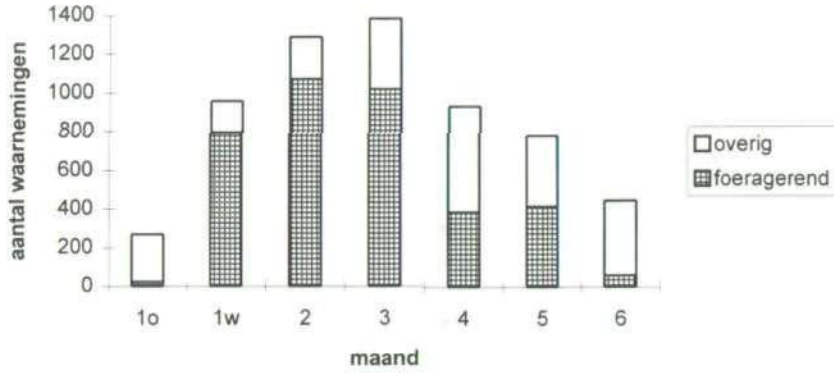
Figuur 9.1 Seizoensverloop in aantal waarnemingen in onderzoeksgebied Dintelse Gorzen van omnivore zwemmers.

Tabel 9.2 Overzicht van de 13 meest talrijk waargenomen 'ecologische' categorieën, hun voedsel, hun foerageerwijze, het aantal waarnemingen en de belangrijkste soorten per categorie inclusief het percentage dat zij van de waarnemingen uitmaakten.

categorie	voedsel	wijze van foerageren	aantal waarnemingen	voornaamste soorten	percentage
omnivore zwemmers	plantaardig/ dierlijk	zwemmend of grondelend	6061	wilde eend *Anas platyrhynchos*	100
herbivore duikers	waterplanten	duikend vanaf wateroppervlak	3592	meerkoet *Fulica atra*	98
insectivore lopers	insecten	lopend over grond	3592	spreeuw *Sturnus vulgaris*	95
herbivore zwemmers	(water)planten	zwemmend of grondelend	1987	krakeend *Anas strepera*	41
				pijlstaart *Anas acuta*	30
				wintertaling *Anas crecca*	16
				knobbelzwaan *Cygnus olor*	12
benthivore lopers	bodemfauna	lopend langs oever of in zeer ondiep water	1532	kievit *Vanellus vanellus*	51
				tureluur *Tringa totanus*	17
				scholekster *Haematopus ostralegus*	10
				kluut *Recurvirostra avosetta*	8
insectivore vliegers	vliegende insecten	vliegend	1210	gierzwaluw *Apus apus*	93
benthivore zwemmers	aquatische bodemfauna	zwemmend of grondelend	1160	bergeend *Tadorna tadorna*	100
omnivore vliegers	dierlijk/ plantaardig	vliegend zoeken	921	kokmeeuw *Larus ridibundus*	83
benthivore duikers	aquatische bodemfauna	duikend vanaf wateroppervlak	916	kuifeend *Aythya fuligula*	99
piscivore duikers	vis	duikend vanaf wateroppervlak	568	fuut *Podiceps cristatus*	81
piscivore vliegers	vis	vliegend en stootduikend	434	visdief *Sterna hirundo*	82
herbivore lopers	oever- en land-planten	lopend over grond	433	smient *Anas penelope*	64
				rotgans *Branta bernicla*	20
planktivore zwemmers	groot zoöplankton	zwemmend of grondelend	301	slobeend *Anas clypeata*	99

De omnivore zwemmers waren binnen het onderzoeksgebied het meest talrijk in de middelste vakken binnen de vooroeververdediging. Op het land werden ze slechts incidenteel opgemerkt, terwijl ook de meest ondiepe strook water vlak onder de oever slechts in geringe mate werd bezocht (figuur 9.2). Vlak langs de vooroeververdediging zelf kwamen meer wilde eenden voor dan in de nabijheid van de oever en er was slechts een gering verschil tussen de binnen- en de buitenzijde van de dam. Verder op het

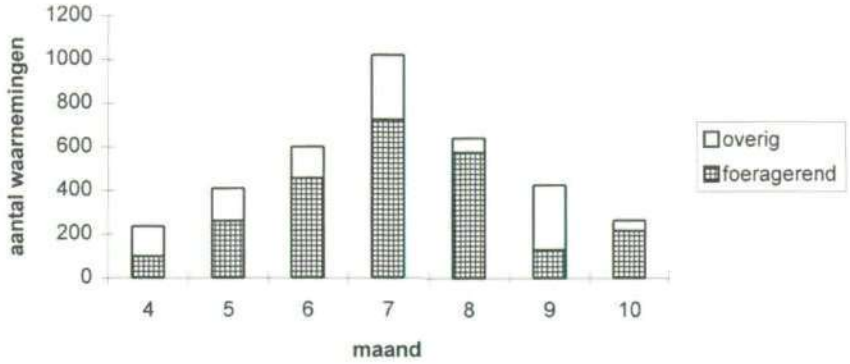
open water waren de aantallen weer geringer, maar nog altijd ruim groter dan nabij de oever (figuur 9.2). De op het land waargenomen omnivore zwemmers werden vrijwel nooit foeragerend gezien, terwijl de vogels die vlak onder de oever en in de middelste twee vakken werden waargenomen in overgrote meerderheid foerageerden (figuur 9.2). De eenden in de onmiddellijke omgeving van de vooroeververdediging werden overwegend rustend waargenomen.



Figuur 9.2 Verdeling van het aantal waarnemingen van omnivore zwemmers en hun belangrijkste gedrag over de vakken van het onderzoeksgebied Dintelse Gorzen.

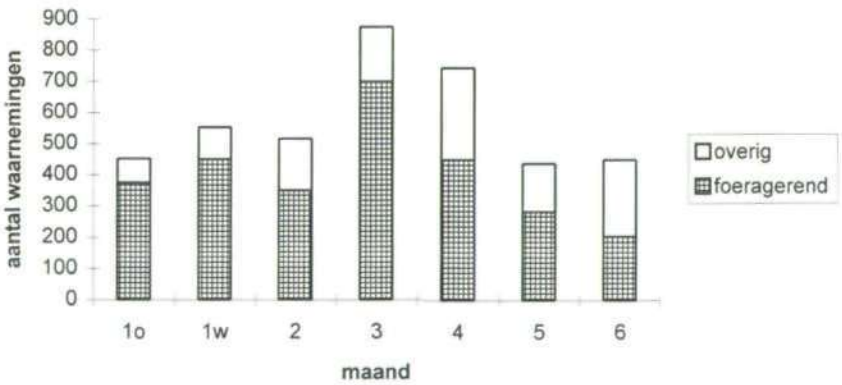
herbivore duikers

De categorie van de herbivore duikers bestond gedurende de veldwaarnemingen voor het overgrote deel uit meerkoeten (*Fulica atra*) en uit een relatief klein aantal tafeleenden (*Aythya ferina*), zie figuur 9.3. Het seizoensverloop in aantal waarnemingen liet, evenals bij de omnivore zwemmers, een geleidelijke toename zien vanaf april tot in juli. Deze toename ging gelijk op met de ontwikkeling van de biomassa aan ondergedoken waterplanten in het onderzoeksgebied. Ook hier is de toename ten dele het gevolg van toenemende aantallen jongen onder de meerkoeten. Vanaf augustus tot in oktober namen de aantallen herbivore duikers af, zij het duidelijk minder spectaculair dan de omnivore zwemmers. Gezien het volledig verdwijnen van de waterplanten uit het onderzoeksgebied na eind juli is de geleidelijke afname van de aantallen herbivore duikers verrassend te noemen. Dit is te meer zo, omdat tijdens de waarnemingen in augustus, toen de waterplanten vrijwel volledig weg waren, nog steeds volop door de meerkoeten werd gefoerageerd (figuur 9.3). Mogelijk is in deze periode gedeeltelijk overgeschakeld op de wortelknolletjes van het schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*), dat de overheersende plantensoort was. Wellicht kan de oorzaak echter ook worden gezocht in het feit dat zowel de meerkoet als de tafeleend ook goed in staat zijn om te foerageren op bodemfauna als driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*), muggelarven en slakken. Driehoeksmosselen bleken in de ondieptes achter de vooroeververdediging weliswaar vrijwel niet voor te komen, maar met name de vooral 's nachts actieve tafeleenden plegen vaak op andere, diepere plaatsen te foerageren dan waar ze overdag geteld worden. Slakken bleken, ook na het verdwijnen van de waterplanten, talrijk voor te komen in de verdedigde vakken (zie hoofdstuk 7).



Figuur 9.3 Seizoensverloop in aantal waarnemingen in onderzoeksgebied Dintelse Gorzen van herbivore duikers.

Herbivore duikers werden over de gehele breedte van het onderzoeksgebied verspreid waargenomen, met een licht accent op de vakken 3 en 4, binnen de vooroeververdediging de twee meest naar buiten gelegen vakken (figuur 9.4). Ook buiten de vooroeververdediging (zelfs in het verst op het open water gelegen vak) was het aantal waarnemingen niet duidelijk kleiner dan binnen de vooroeververdediging. Wel is waarneembaar dat, ofschoon de vogels alle vakken in belangrijke mate als foerageergebied gebruikten, het percentage foeragerende meerkoeten en tafeleenden geleidelijk minder werd naarmate de diepte van het water toenam. Rondom de dam en erbuiten werd zo'n 40-60% van de vogels als foeragerend genoteerd, terwijl dichter onder de kust dit aandeel steeds boven de 70% lag (figuur 9.4).

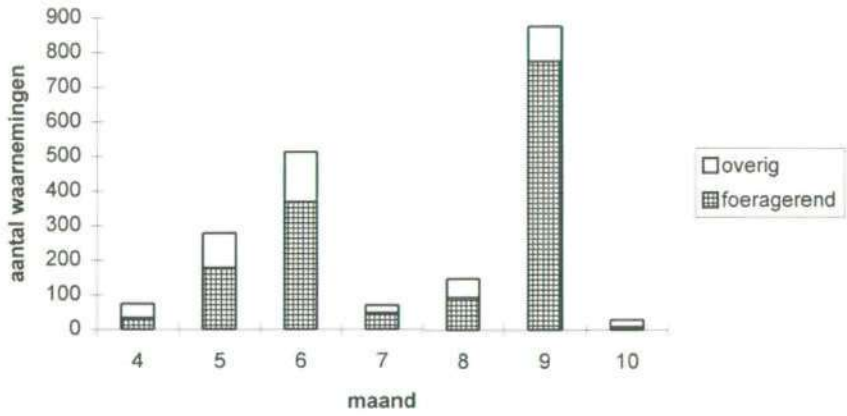


Figuur 9.4 Verdeling van het aantal waarnemingen van herbivore duikers en hun belangrijkste gedrag over de vakken van het onderzoeksgebied Dintelse Gorzen.

herbivore zwemmers

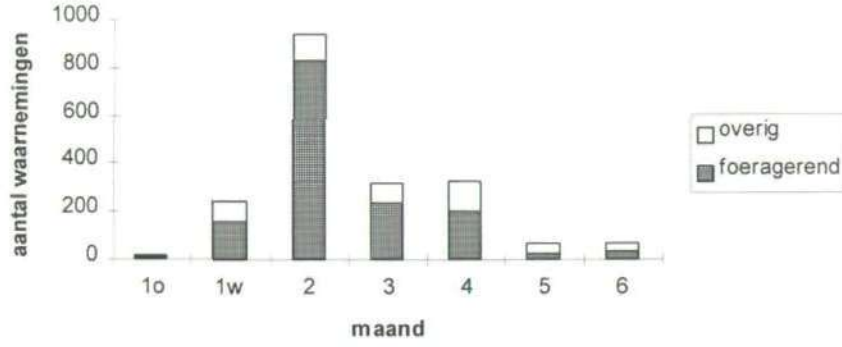
Bij de herbivore zwemmers was een op het eerste gezicht nogal verrassend seizoenspatroon waarneembaar. Tot in juni nam het aantal waarnemingen geleidelijk toe, waarna in juli en augustus juist opvallend weinig vogels werden gezien (figuur 9.5). Na het praktisch verdwijnen van de waterplanten na eind juli is het opmerkelijk dat juist in september verreweg het grootste aantal waarnemingen werd verricht, waarbij de meeste vogels bovendien foeragerend werden waargenomen (figuur 9.5). Dit verrassende patroon werd veroorzaakt door verschillende soorten vogels. In mei ging het voornamelijk om vroeg ruiende niet-broeders van de knobbelzwaan (*Cygnus olor*). In totaal ging het om 150 waarnemingen,

waarvan er 107 betrekking hadden op foeragerende vogels. In juni bereikte de krakeend (*Anas strepera*) zijn maximale aantallen (466 waarnemingen, 332 foeragerend). Vervolgens breidden de waterplanten, met name het schedefonteinkruid en zannichellia (*Zannichellia palustris*), zich sterk uit, om na eind juli en juist vóór de waarnemingsperiode in augustus vrijwel volledig te verdwijnen (zie hoofdstuk 4). Het lijkt uiterst aannemelijk dat deze waterplanten in deze twee weken volledig weggegraasd zijn door een groep van ongeveer 2000 ruiende knobbelzwanen, een aantal dat rond die tijd in het Volkerak-Zoommeer bivakkeerde (mond. med. M. van Wouwe). Tijdens de vogelwaarnemingen is deze groep weliswaar niet in het onderzoeksgebied waargenomen, maar gedurende de begin augustus uitgevoerde visbemonsteringen werd wel een grote groep zwanen ter plaatse vastgesteld. Bovengronds materiaal van waterplanten is vanaf de waarnemingsperiode in augustus niet meer in noemenswaardige mate voor herbivore watervogels beschikbaar geweest. De piek van foeragerende herbivore zwemmers in september had dan ook vrijwel uitsluitend betrekking op pijlstaart (*Anas acuta*), met 591 waarnemingen waarvan 539 foeragerend, en wintertaling (*A. crecca*), met 266 waarnemingen, waarvan 228 foeragerend. Pijlstaart is geen stricte herbivoor en kan ook hebben gefoerageerd op ondiep levende bodemfauna, terwijl wintertaling een typische zaadeter is, die het voornamelijk van zeer kleine uit het water te filteren partikels moet hebben (vgl. van Eerden, 1998).



Figuur 9.5 Seizoensverloop in aantal waarnemingen in onderzoeksgebied Dintelse Gorzen van herbivore zwemmers.

Herbivore zwemmers werden voornamelijk aangetroffen in het dichtst bij de oever gelegen diepere vak. Binnen de vooroeververdediging waren was deze groep vlak voor de oever, op het diepere water en direct aan de binnenzijde van de dam minder goed vertegenwoordigd. Nog minder waarnemingen werden verricht aan de buitenzijde van de dam en op het open water (figuur 9.6). In alle watervakken binnen de vooroeververdediging werden de herbivore zwemmers overwegend foeragerend waargenomen, terwijl de schaarse waarnemingen buiten de dam en de nog schaarsere waarnemingen op de landzijde van het oevervak voornamelijk betrekking hadden op rustende vogels (figuur 9.6).

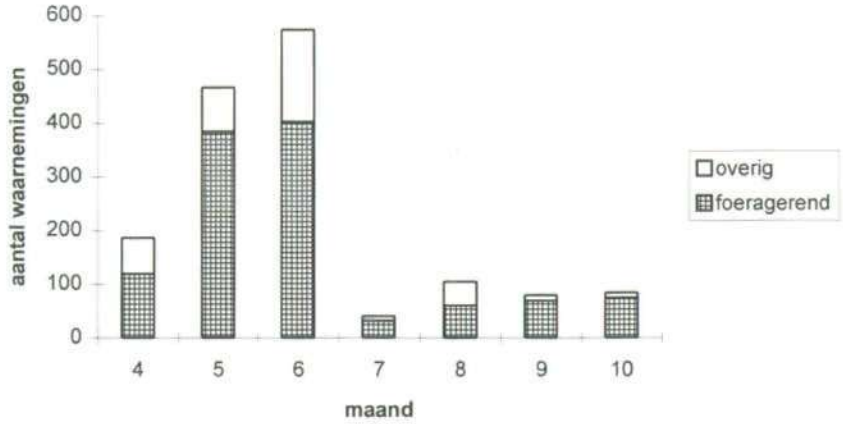


Figuur 9.6 Verdeling van het aantal waarnemingen van herbivore zwemmers en hun belangrijkste gedrag over de vakken van het onderzoeksgebied Dintelse Gorzen.

De verschillende soorten herbivore zwemmers lieten grote verschillen zien in hun voorkomen in het onderzoeksgebied in de loop van het seizoen. Om deze reden is ook in meer detail bekeken in hoeverre de verschillende soorten de vakken op verschillende wijze hebben benut. Duidelijk is dat het watergedeelte van het oevervak vooral werd bezocht door foeragerende wintertalingen, het ondiepe watervak vooral door foeragerende pijlstaarten en de beide vakken het dichtst bij de dam vooral door foeragerende krakeenden. De wintertalingen foerageerden vooral met de kop onder water of grondelend (respectievelijk 49% en 40% van de waarnemingen, n = 261) en vrijwel niet direct van het wateroppervlak (10%). Waarschijnlijk aten deze vogels voornamelijk in het water zwevende zaden, die vanaf de oever in het water gewaaid waren. Pijlstaarten foerageerden duidelijk dieper. Nooit werd gezien dat ze direct van het wateroppervlak foerageerden en slechts zelden staken ze alleen de kop onder water (5% van de waarnemingen, n = 539), vrijwel alle waarnemingen betroffen dus grondelende vogels (95%). Gezien het feit dat de pijlstaarten vooral in het ondiepe vak foerageerden, mag dan ook worden aangenomen dat ze hun voedsel voornamelijk van de waterbodem haalden. Krakeenden verdeelden hun foerageertijd veel gelijkmatiger over de drie technieken: 33% at direct van het wateroppervlak, 26% *stak de kop onder water en 41% kwam grondelend aan de kost (n = 549). In het diepste watervak* zullen de krakeenden voornamelijk van bladmateriaal van de fonteinkruiden hebben gegeten, terwijl langs de vooroeververdediging waarschijnlijk veel draadwieren van de stortstenen werden geschraapt. Foeragerende knobbelzwanen, ofschoon relatief weinig gezien, kwamen vooral voor in de twee middelste vakken.

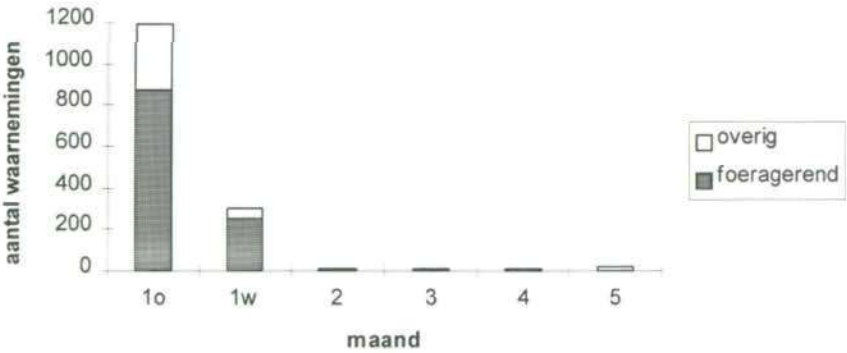
benthivore lopers

De categorie van de benthivore lopers, voornamelijk bestaande uit steltlopers, is vooral in de maanden mei en juni in het onderzoeksgebied waargenomen (figuur 9.7). Deze piek is voornamelijk toe te schrijven aan een in die periode omvangrijk bezoek door pas uitgevlogen kieviten (*Vanellus vanellus*), die voor hun najaarstrek het gebied aandeden. In iets mindere mate bezochten ook jonge uitgevlogen tureluurs (*Tringa totanus*)en grutto's (*Limosa limosa*) het gebied. In april werden ook nog redelijke aantallen benthivore lopers gezien, maar in de maanden juli tot en met oktober, normaal gesproken piekmaanden voor de doortrek van noordelijke steltlopers in ons land, bleef het aantal waarnemingen in het onderzoeksgebied opmerkelijk gering. Het ontbreken van een vrijwel onbegroeid slikkig oevergebied is vrijwel zeker de doorslaggevende factor voor deze geringe aantrekkelijkheid van de Dintelse Gorzen voor de meeste soorten steltlopers. Meestal werden behoorlijk hoge aandelen foeragerende vogels opgemerkt, maar in juni en vooral in augustus werd een opmerkelijk aandeel van de vogels rustend waargenomen (figuur 9.7).



Figuur 9.7 Seizoensverloop in aantal waarnemingen in onderzoeksgebied Dintelse Gorzen van benthivore lopers.

Geheel volgens verwachting werd de overgrote meerderheid van de benthivore lopers gezien op de landzijde van het oevervak, waar iets minder dan 75% van de waarnemingen betrekking had op voedsel zoekende vogels (figuur 9.8). Slechts een kleine 300 waarnemingen werden verricht in de waterzijde van het oevervak, waarmee wordt aangegeven dat het water voor vele soorten uit deze categorie al snel te diep werd om te foerageren. Wel betroffen in dit deel van het onderzoeksgebied vrijwel alle waarnemingen foeragerende vogels (figuur 9.8).

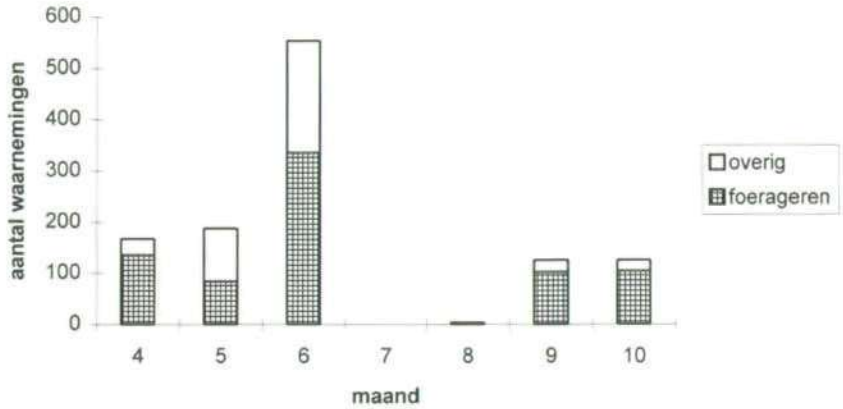


Figuur 9.8 Verdeling van het aantal waarnemingen van benthivore lopers en hun belangrijkste gedrag over de vakken van het onderzoeksgebied Dintelse Gorzen.

benthivore zwemmers

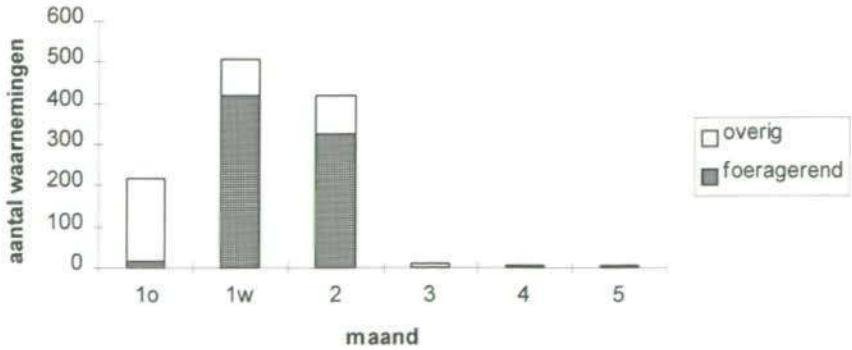
De categorie van de benthivore zwemmers, in het onderzoeksgebied uitsluitend vertegenwoordigd door de bergeend (*Tadorna tadorna*), werd in de maanden april, mei, september en oktober in ongeveer vergelijkbare aantallen waargenomen (figuur 9.9). In juni trad een duidelijke piek in de aantallen op, gevolgd door een volledige afwezigheid gedurende de maanden juli en augustus. Dit seizoenspatroon is karakteristiek voor de bergeend in vrijwel geheel NW-Europa. Deze soort heeft namelijk de gewoonte om zich tijdens de vleugelrui te concentreren binnen een zeer beperkt aantal gebieden (o.a. de Duitse Bocht, de Ventjagersplaten en de Noord-Hollandse vastelandkust van de Waddenzee; vgl. Platteeuw, 1980; Mulder & Swennen, 1992). Voorafgaande aan de rui verzamelen de bergeenden zich, om geza-

menlijk de trek naar deze concentratiegebieden te aanvaarden, hetgeen de piek in juni verklaart. In mei en juni werden relatief weinig vogels foeragerend waargenomen (figuur 9.9). In juni werden veel eerstejaars vogels waargenomen, die nog voornamelijk van insecten leven. Niettemin zal in juni, vanwege het veel grotere aantal aanwezige vogels, de voedselconsumptie door de benthivore zwemmers verreweg het grootst geweest zijn.



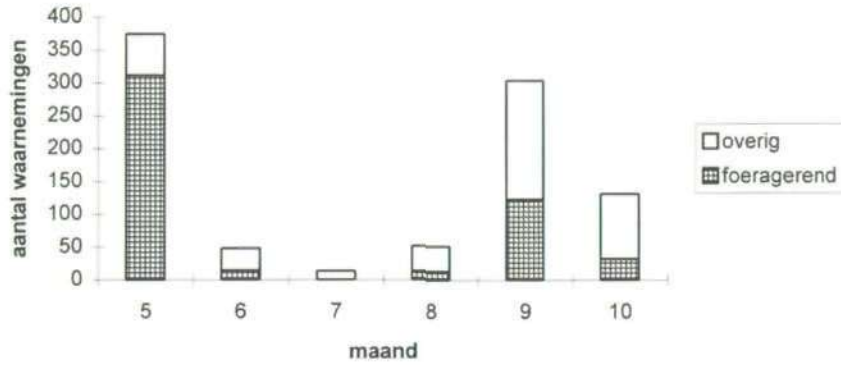
Figuur 9.9 Seizoensverloop in aantal waarnemingen in onderzoeksgebied Dintelse Gorzen van benthivore zwemmers.

Bergeenden werden vrijwel uitsluitend in het oevervak en in het meest ondiepe watervak vastgesteld, waarbij de smalle waterzone binnen het oevervak het meest werd bezocht (figuur 9.10). Nagenoeg alle op het land waargenomen benthivore zwemmers werden als rustend genoteerd, terwijl de in het water verblijvende vogels voor het overgrote deel foerageerden (figuur 9.10). Van de 760 waarnemingen van foeragerende bergeenden werd in 31% van de gevallen foerageren vanaf het wateroppervlak genoteerd, in 38% van de gevallen werd de kop onder water gestoken en 29% van de vogels grondelde. Gezien het zeer ondiepe water waarin de vogels zich overwegend ophielden, lijdt het geen twijfel dat het meeste voedsel van de bodem werd gehaald. Het feit dat de biomassa aan Chironomiden en Oligochaeten met toenemende diepte afnam bij ongeveer gelijkblijvende aantallen doet vermoeden dat groottespecifieke predatie op de ondiepste delen plaatsvond (vgl. hoofdstuk 7). De bergeend is de meest voor de hand liggende kandidaat voor deze grootte-afhankelijke predatie.



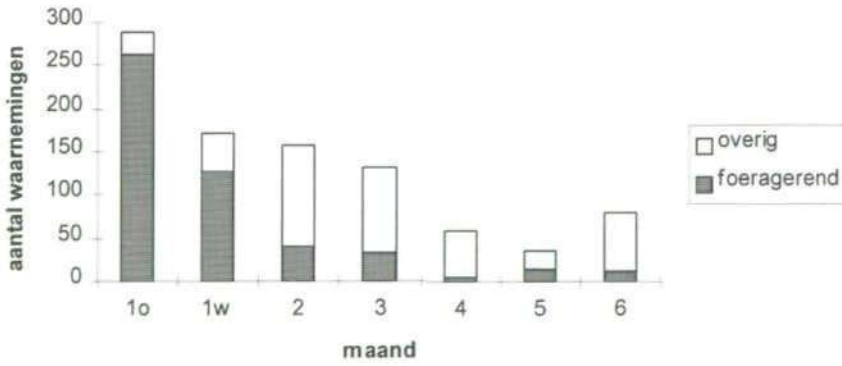
Figuur 9.10 Verdeling van het aantal waarnemingen van benthivore zwemmers en hun belangrijkste gedrag over de vakken van het onderzoeksgebied Dintelse Gorzen.

omnivore vliegers
De categorie van omnivore vliegers bestond tijdens de waarnemingen uitsluitend uit diverse soorten meeuwen. Verreweg de meeste waarnemingen werden verricht in de maand mei, waarna in de zomerperiode (juni tot en met augustus) vrijwel geen vogels werden opgemerkt. In september en oktober was het aantal waarnemingen weer groter (figuur 9.11). In het voorjaar werden verreweg de meeste meeuwen foeragerend waargenomen, terwijl het tijdens de najaarspiek in de meeste gevallen om niet-foeragerende vogels ging (figuur 9.11). De foeragerende vogels in mei waren voor het overgrote deel kokmeeuwen (*Larus ridibundus*), met 77% van alle waarnemingen in die maand (n = 374).



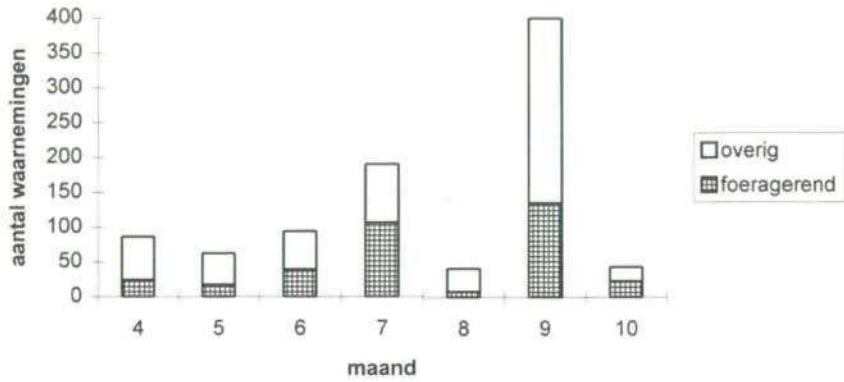
Figuur 9.11 Seizoensverloop in aantal waarnemingen in onderzoeksgebied Dintelse Gorzen van omivore vliegers.

Omnivore vliegers werden het meest waargenomen op en boven het landgedeelte van het oevervak (figuur 9.12). De meerderheid van de vogels hier, en ook in het aangrenzende watergedeelte, werd foeragerend waargenomen. Van de waarnemingen in de beide oevervakken had 82% (n = 459) betrekking op kokmeeuwen die voedsel van de oppervlakte van water of land pikten, terwijl ze zwommen of liepen. In de in dieper water gelegen vakken liep het aantal waarnemingen van meeuwen geleidelijk aan terug, maar vooral het aandeel foeragerende vogels werd veel geringer (figuur 9.12). Het vanuit de vlucht lokaliseren en bemachtigen van voedsel (met name vis) bleek voor meeuwen in het onderzoeksgebied nauwelijks een interessante optie te zijn.



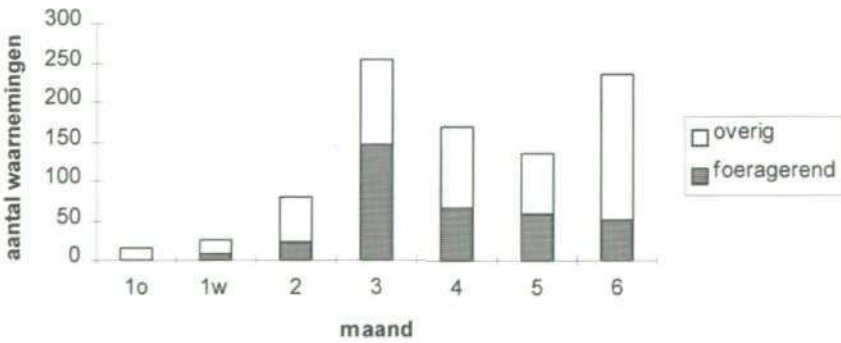
Figuur 9.12 Verdeling van het aantal waarnemingen van omnivore vliegers en hun belangrijkste gedrag over de vakken van het onderzoeksgebied Dintelse Gorzen.

benthivore duikers
De categorie van de benthivore duikers, tijdens de waarnemingen vooral vertegenwoordigd door de kuifeend (*Aythya fuligula*) en in oktober ook door de brilduiker (*Bucephala clangula*), bleek vooral in de maand september in flinke aantallen in het onderzoeksgebied in de Dintelse Gorzen voor te komen (figuur 9.13). In alle waarnemingsperioden werden vooral rustende of zwemmende vogels waargenomen, hetgeen ongetwijfeld samenhangt met de veelal nachtelijke foerageergewoonten van de kuifeend (de Leeuw 1997).



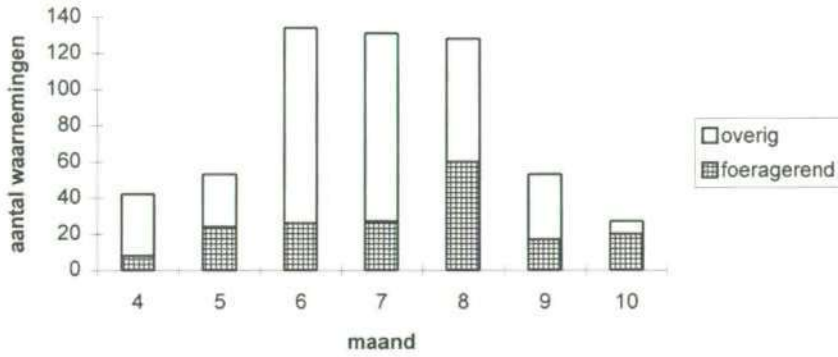
Figuur 9.13 Seizoensverloop in aantal waarnemingen in onderzoeksgebied Dintelse Gorzen van benthivore duikers.

Binnen het onderzoeksgebied werden kuifeenden en brilduikers vooral op het wat diepere water waargenomen, met de meeste waarnemingen van foeragerende vogels in het diepste vak binnen de vooroeververdediging (figuur 9.14). Ook op het open water buiten de dam was het aantal waarnemingen behoorlijk groot, maar hier betrof het vooral rustende vogels. Een spectaculaire ontwikkeling werd vastgesteld tijdens de voortzetting van de waarnemingenreeks in de maanden november en december, toen groepen brilduikers (tot zo'n 80 exemplaren) systematisch de bodem van het onderzoeksgebied afzochten. Zij werden veelal begeleid door kokmeeuwen, die kennelijk profiteerden van door de duikende vogels opgewoeld materiaal. Kleptoparasitisme van de meeuwen op de brilduikers werd namelijk niet vastgesteld (T. Boudewijn, pers. obs.).



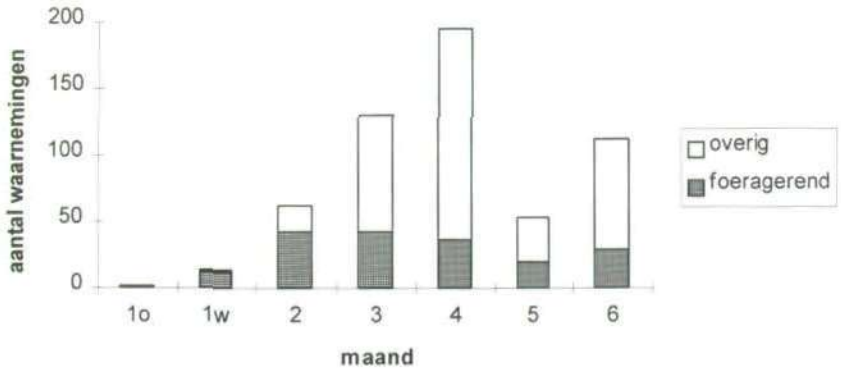
Figuur 9.14 Seizoensverloop in aantal waarnemingen in onderzoeksgebied Dintelse Gorzen van benthivore duikers.

piscivore duikers
De meeste piscivore duikers werden in het onderzoeksgebied waargenomen gedurende de maanden juni tot en met augustus (figuur 9.15). Vrijwel steeds was de overgrote meerderheid van de waargenomen vseters in deze categorie niet actief aan het foerageren. In de maand augustus betrof echter ongeveer de helft van de waarnemingen vissende vogels. In oktober, toen er nauwelijks meer piscivore duikers werden gezien, was zelfs meer dan de helft aan het vissen was (figuur 9.15). Het geringe aandeel foeragerende vogels in deze categorie is gedeeltelijk toe te schrijven aan het feit dat viseters minder tijd van de dag plegen te besteden aan foerageren dan bijvoorbeeld planteneters. Dit wordt ze mogelijk gemaakt dankzij het feit dat hun voedsel veel beter verteerbaar is (van Eerden, 1998). Anderzijds zal ook stellig het feit dat het aanbod aan kleine, potentiële prooivis binnen het onderzoeksgebied zeer gering was gedurende de gehele waarnemingsperiode hebben bijgedragen aan dit fenomeen (zie hoofdstuk 8).



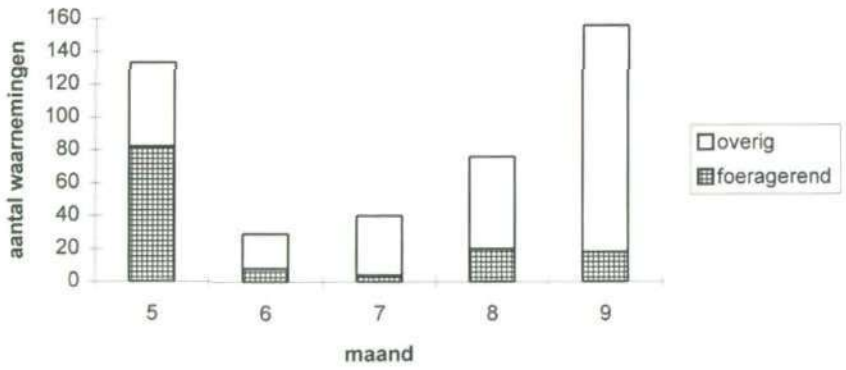
Figuur 9.15 Seizoensverloop in aantal waarnemingen in onderzoeksgebied Dintelse Gorzen van piscivore duikers.

De meeste piscivore duikers werden waargenomen in de twee vakken binnen de vooroeververdediging die het dichtst bij de dam waren gelegen (figuur 9.16). Het ging hierbij in 54% van de gevallen (n = 326) om rustende en zwemmende futen (*Podiceps cristatus*). Op de dam zelf werden met enige regelmaat rustende aalscholvers (*Phalacrocorax carbo*) waargenomen en op het open water buiten de dam, waar het aantal piscivore duikers weer groter was (figuur 9.16), ging het weer voornamelijk om niet foeragerende futen. Het enige vak waar foeragerende viseters de hoofdmoot uitmaakten was het meest ondiepe vak tegen de oever aan, waar vrijwel alle waarnemingen betrekking hadden op vissende vogels. Dit waren voornamelijk dodaarzen (*Tachybaptus ruficollis*) (69%, n = 13), een soort die gespecialiseerd is in het vissen in zeer ondiep water.



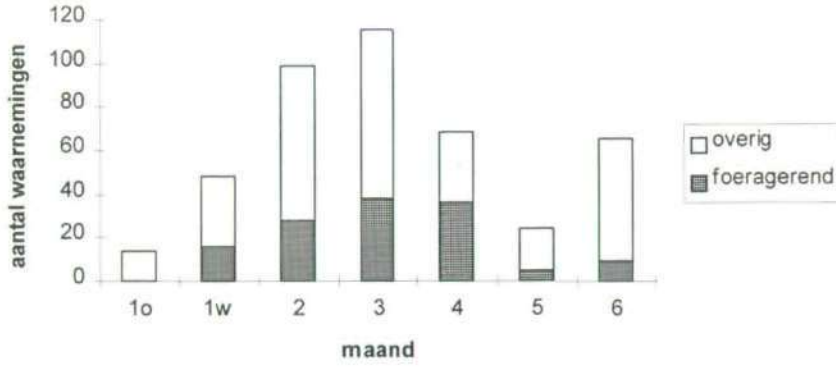
Figuur 9.16 Verdeling van het aantal waarnemingen van piscivore duikers en hun belangrijkste gedrag over de vakken van het onderzoeksgebied Dintelse Gorzen.

piscivore vliegers
De piscivore vliegers, in het onderzoeksgebied alleen vertegenwoordigd door de groep van de sterns, werden vooral gezien gedurende de waarnemingsperioden in mei, augustus en september (figuur 9.17), terwijl gedurende het hoogtepunt van het broedseizoen in de maanden juni en juli het aantal waarnemingen beperkt was. Foeragerende sterns werden alleen in aantallen van enige betekenis opgemerkt in mei, in nazomer en herfst ging het vooral om langsvliegende exemplaren, terwijl in oktober al helemaal geen sterns meer werden waargenomen (figuur 9.17).



Figuur 9.17 Seizoensverloop in aantal waarnemingen in onderzoeksgebied Dintelse Gorzen van piscivore vliegers.

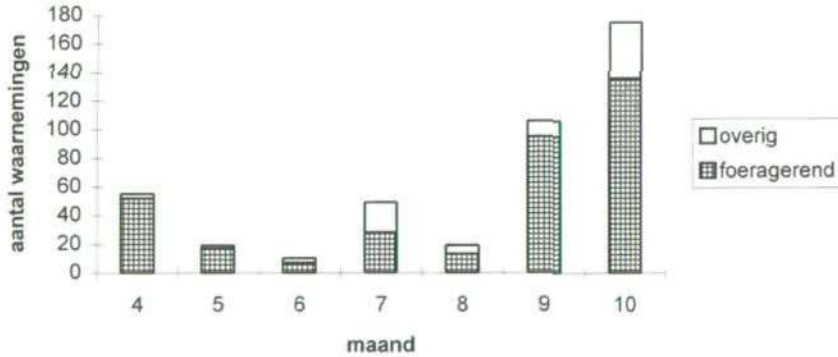
Binnen het onderzoeksgebied werden de meeste sterns waargenomen in de beide middelste vakken van het onderzoeksgebied. Ongeveer een derde van de hier verrichte waarnemingen had betrekking op vissende vogels (figuur 9.18). Op het open water en vlak langs de binnenzijde van de dam werden ook redelijk vaak sterns gezien. Binnen de vooroeververdediging werd ongeveer 50% van de vogels vissend gezien, terwijl dat op het open water vrijwel niet werd waargenomen (figuur 9.18). Boven het landgedeelte van het oevervak werden uitsluitend overvliegende sterns gezien. Ofschoon boven land sterns soms insecten vangen, mag dit laatste nauwelijks verbazend heten.



Figuur 9.18 Verdeling van het aantal waarnemingen van piscivore vliegers en hun belangrijkste *gedrag over de vakken van het onderzoeksgebied Dintelse Gorzen.*

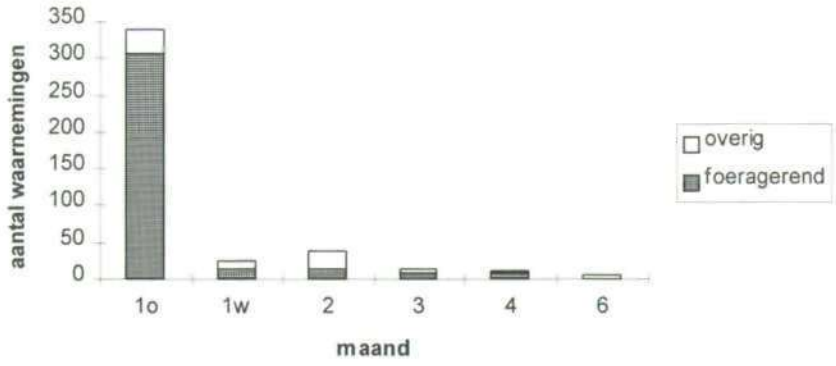
herbivore lopers

Herbivore lopers, voornamelijk ganzen en smienten (*Anas penelope*), werden vooral waargenomen in de maanden september en oktober (figuur 9.19). In voorjaar en zomer was het aantal waarnemingen in het algemeen geringer en betrof voornamelijk rotganzen (*Branta bernicla*) een soort die pas in mei naar de Siberische toendra's afreist. De lichte opleving in waarnemingen gedurende de maand juli (figuur 9.19) betrof een groep nijlganzen (*Alopochen aegyptiacus*), die in ongeveer gelijke mate foeragerend en rustend werd waargenomen. De ganzen in het voorjaar en de smienten die vanaf september talrijk waren werden voornamelijk foeragerend gezien (figuur 9.19).



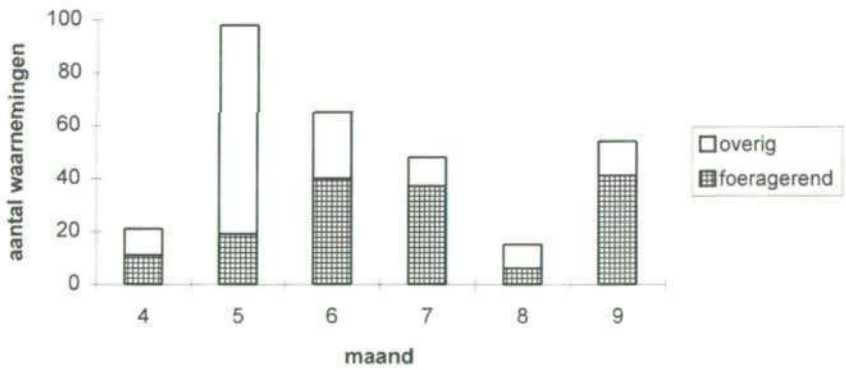
Figuur 9.19 Seizoensverloop in aantal waarnemingen in onderzoeksgebied Dintelse Gorzen van herbivore lopers.

Zoals te verwachten werd de overgrote meerderheid van de herbivore lopers op het landgedeelte van het oevervak vastgesteld (figuur 9.20). Vrijwel alle waarnemingen hadden betrekking op foeragerende vogels. Veel geringere aantallen werden waargenomen op het water en de hier verblijvende vogels waren vooral aan het rusten. Ongetwijfeld zal later in het jaar, wanneer de aantallen smienten en ganzen die de winter in het Volkerakmeer doorbrengen toenemen, het gebruik van met name het beweide gedeelte van de oevervakken veel intensiever worden.



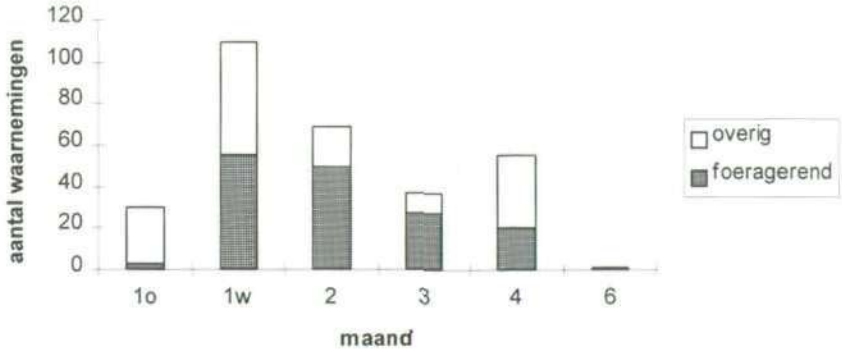
Figuur 9.20 Verdeling van het aantal waarnemingen van herbivore lopers en hun belangrijkste gedrag over de vakken van het onderzoeksgebied Dintelse Gorzen.

planktivore zwemmers
De groep van planktivore zwemmers, vrijwel uitsluitend bestaande uit slobeenden (*Anas clypeata*) afgewisseld met een enkele zomertaling (*A. querquedula*) werd het meest frequent waargenomen gedurende de waarnemingsperiode in mei (figuur 9.21). In september was een tweede kleinere piek waarneembaar, maar in oktober werden geen planktivore zwemmers meer waargenomen. Tijdens de piek in mei werd het overgrote deel van de slobeenden rustend gezien, maar in alle andere maanden waren de meeste vogels aan het foerageren (figuur 9.21).



Figuur 9.21 Seizoensverloop in aantal waarnemingen in onderzoeksgebied Dintelse Gorzen van planktivore zwemmers.

Verreweg de meeste planktivore zwemmers werden waargenomen in het watergedeelte van het oevervak, maar ongeveer de helft van de waarnemingen daar had betrekking op niet-foeragerende vogels (figuur 9.22). Met toenemende waterdiepte nam het aantal waarnemingen van slobeenden geleidelijk aan af, maar het aandeel foeragerende vogels was op het wat diepere water wel duidelijk hoger (figuur 9.22). Vlak onder de vooroeververdediging werden weer wat meer slobeenden waargenomen, waarbij het aandeel foeragerende vogels weer ongeveer de helft van het totaal was. Buiten de dam werden geen planktivore zwemmers opgemerkt (figuur 9.26).



Figuur 9.22 Verdeling van het aantal waarnemingen van planktivore zwemmers en hun belangrijkste gedrag over de vakken van het onderzoeksgebied Dintelse Gorzen.

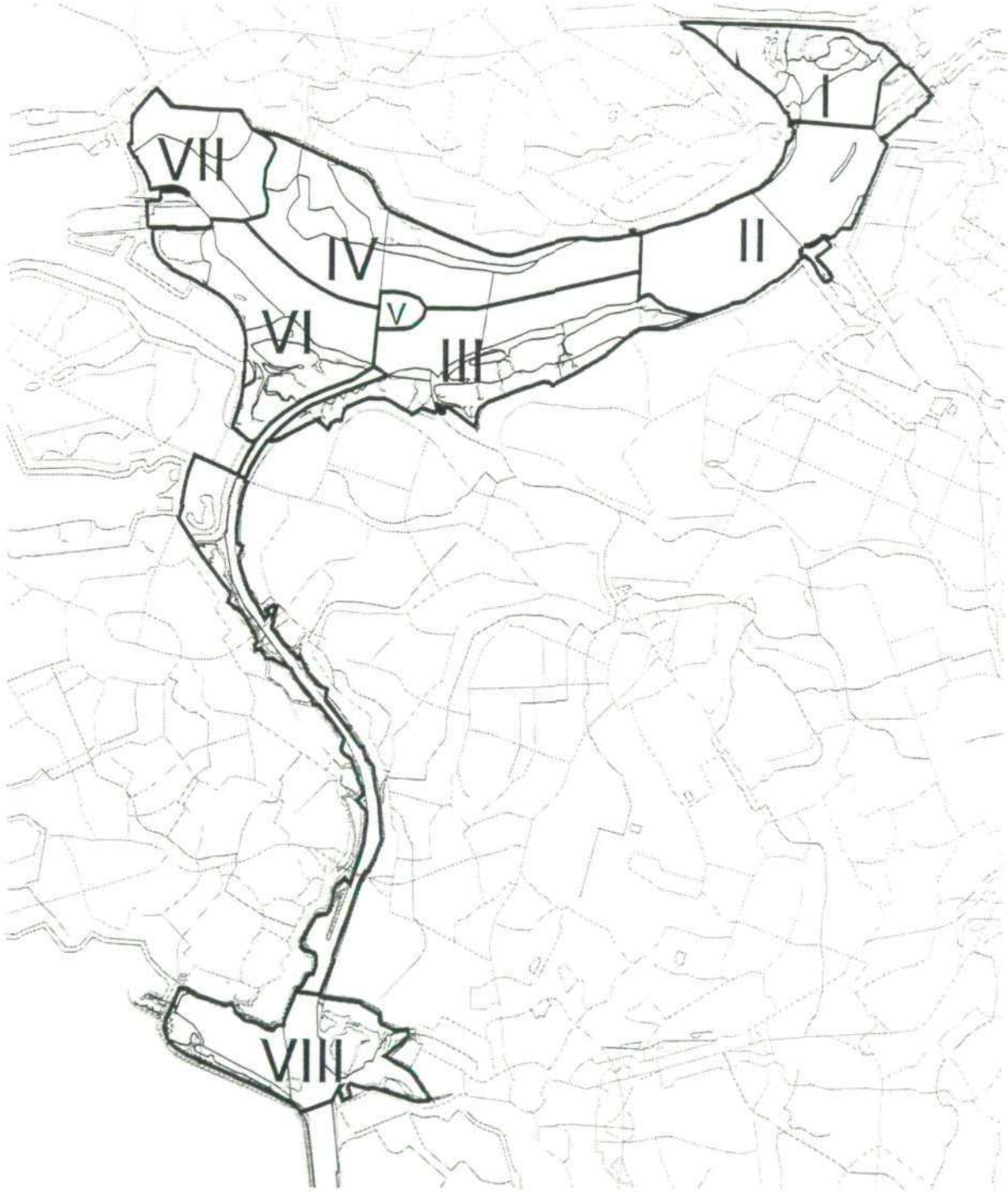
9.3 analyse van monitoringsgegevens

materiaal en methode

Sinds de afsluiting in april 1987 van de Philipsdam is het Volkerak-Zoommeer van een zout getijdewater veranderd in een zoet stagnant watersysteem. Teneinde na te gaan in hoeverre de gevolgen van deze ingrijpende verandering van invloed zijn geweest op de ontwikkeling in vogelbevolking van het gebied zijn sinds die tijd integrale gebiedstellingen van watervogels uitgevoerd. Deze tellingen werden in het Volkerakmeer aanvankelijk twee maal per maand verricht (één maal aan het begin en één maal halverwege de maand). Later werd de telfrequentie hier gehalveerd en werd alleen nog halverwege elke maand geteld. In het Zoommeer werd aanvankelijk één maal per maand geteld, maar ook hier werd de frequentie in een later stadium teruggebracht tot drie tellingen per jaar (januari, mei en september). Omdat zowel in het Volkerakmeer als in het Zoommeer de vogels per telvak (47 telvakken in het Volkerakmeer, 8 in het Zoommeer) zijn geteld, is het in principe mogelijk om met terugwerkende kracht na te gaan in hoeverre inrichtingsmaatregelen van invloed zijn geweest op de ruimtelijke verspreiding van de watervogels.

Ten behoeve van de analyse van de invloed van vooroeververdedigingen en eilanden op de aanwezigheid van watervogels zijn de telgegevens gebruikt uit de jaren 1987-1995. De telvakken zijn hierbij samengevoegd tot een achttal deelgebieden, volgens de indeling van Boudewijn (1997), zeven in het Volkerakmeer en één in het Zoommeer (figuur 9.23). De deelgebieden II en VII zijn niet in de analyse meegenomen. Voor deelgebied II geldt dat de omvang van de vooroeververdediging (1200 m lengte) ten opzichte van de totale oppervlakte van het deelgebied te klein was om waarneembare effecten te mogen verwachten, terwijl in deelgebied VII pas in 1995 de aanleg van enkele eilandjes was afgerond, waardoor hier ook (nog) geen effecten waren te verwachten. Binnen de telvakken zijn vier verschillende typen biotoop onderscheiden:

1. open water
2. ondiep water (eventueel achter de vooroeververdediging
3. land direct achter ondiep water (land)
4. land verder van open water verwijderd (achterland)



Figuur 9.23 Overzicht van de onderscheiden telvakken en deelgebieden bij watervogeltellingen in het Volkerak-Zoommeer (naar Nienhuis & Boudewijn 1997).

Van 28 soorten vogels zijn telgegevens bewerkt. Deze soorten zijn geselecteerd op basis van het zogenaamde 1%-criterium: als de aantallen in het Volkerak-Zoommeer in 1992 of in 1995 ofwel meer dan 20.000 beliepen ofwel meer dan 1% uitmaakten van de internationale *flyway* populatie is een soort geselecteerd (aantallen volgens Van Dam & Noordhuis 1995, Boudewijn & Van der Winden in prep.). De populatieschattingen op basis waarvan de 1%-normen zijn berekend zijn ontleend aan Meininger et al. (1995). Daarna is de selectie nog uitgebreid met een aantal talrijk voorkomende soorten die de 1%-norm net niet haalden.

Voor de beschrijving van de effecten van de aanleg van vooroeververdedigingen op de aantallen van de geselecteerde watervogelsoorten is onderscheid gemaakt in vier seizoenen: winter (december-februari), voorjaar (maart-mei), zomer (juni en juli) en najaar (augustus-november). Er zijn twee verschillende benaderingen gebruikt. Bij de eerste benadering zijn per deelgebied de gemiddelde *aantallen* van elke soort in de verschillende biotopen vergeleken. Deze benadering geeft een overzicht van aantalsveranderingen per deelgebied na aanleg van lokale vooroeververdedigingen. Bij de tweede benadering zijn niet de absolute aantallen per deelgebied gebruikt, maar per soort het *aandeel* van alle exemplaren in het gehele Volkerak-Zoommeer dat van een bepaald biotoop in een deelgebied gebruikt maakt. Via deze tweede benadering kan inzichtelijk worden gemaakt in hoeverre een deelgebied als gevolg van de aanleg van vooroeververdedigingen al of niet aantrekkelijker is geworden voor een soort ten opzichte van de rest van het gebied.

Met de tweede benadering wordt gecorrigeerd voor eventuele aantalsveranderingen per soort voor het gehele Volkerak-Zoommeer. Sommige watervogelsoorten zijn namelijk gedurende de periode 1987-1995 flink in aantal toegenomen in het gebied, zodat een via de eerste benadering geconstateerde toename mogelijk niet op het conto komt van de aanleg van de dammen, maar veeleer een logisch gevolg is van de algehele toename. Meer details over de verwerking van de telgegevens zijn te vinden in Nienhuis & Boudewijn (1997). De tweede benadering is alleen toegepast voor het Volkerakmeer. Vanwege de geringere telfrequentie in het Zoommeer konden de resultaten van deelgebied VIII (Zoommeer) niet zonder meer vergeleken worden met die van het Volkerakmeer.

resultaten

In het algemeen hebben de meeste watervogels in het Volkerak-Zoommeer overwegend positief gereageerd op de aanleg van de vooroeververdedigingen (tabel 9.3). Op *aantals*basis per deelgebied hebben vrijwel alle 28 geselecteerde soorten meer positieve dan negatieve veranderingen laten zien na aanleg van de dammen en/of eilanden. Alleen rotgans, bonte strandloper (*Calidris alpina*) wulp (*Numenius arquata*) en kokmeeuw vormen hierop uitzonderingen. Dit is vermoedelijk toe te schrijven aan het feit dat deze soorten vooral gelieerd zijn aan zoute of zilte omstandigheden en intergetijdegebieden, die na afsluiting van de Philipsdam uit het gebied verdwenen zijn. Voor de eerstgenoemde drie soorten zien we dan ook dat na correctie voor de aantalsveranderingen binnen het gehele Volkerak-Zoommeer over de jaren 1987-1995 het *aandeel* vogels per deelgebied wel degelijk meer toenames dan afnames heeft vertoond na de uitvoering van inrichtingsmaatregelen (tabel 9.3). Dit suggereert des te sterker dat rotgans, bonte strandloper en wulp wel degelijk hebben geprofiteerd van de maatregel, ofschoon hun absolute aantallen in het gebied als gevolg van de verzoeting en het verdwijnen van het getij flink zijn afgenomen. Kokmeeuwen zijn echter ook op aandeelsbasis vaker in de deelgebieden achteruit gegaan dan vooruit. Alleen wanneer uitsluitend naar de aantallen in de oeverzone wordt gekeken, blijkt ook deze soort meer positieve dan negatieve veranderingen in aandeel vogels te hebben doorgemaakt (tabel 9.3).

Tabel 9.3 Overzicht van positieve en negatieve veranderingen in aantal en aandeel watervogels per deelgebied in Volkerak-Zoommeer na aanleg van vooroeververdedigingen. Deze veranderingen zijn zowel uitgedrukt in het aantal veranderingen (n) als in het percentage van het aantal mogelijke veranderingen. De veranderingen zijn gepresenteerd op aantalsbasis en op aandeelsbasis voor de deelgebieden en op aandeelsbasis voor alleen de oeverzone. Tijdelijke veranderingen zijn niet in dit overzicht opgenomen.

	op *aantals*basis voor de deelgebieden				op *aandeels*basis voor de deelgebieden				op *aandeels*basis voor de oeverzone			
	positief		negatief		positief		negatief		positief		negatief	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
fuut	11	48	0	0	10	50	1	5	7	44	5	31
aalscholver	10	43	0	0	5	25	1	5	7	44	1	6
lepelaar	3	13	0	0	2	10	0	0	0	0	0	0
middelste zaagbek	4	17	1	4	5	25	0	0	6	38	0	0
visdief	9	39	0	0	7	35	0	0	7	44	0	0
viseters gem.	**7**	**32**	**0**	**0**	**6**	**29**	**0**	**2**	**5**	**34**	**1**	**8**
knobbelzwaan	14	61	1	4	8	40	1	5	7	44	2	12
grauwe gans	10	43	1	4	8	40	3	15	6	38	0	0
brandgans	5	22	1	4	2	10	0	0	0	0	0	0
rotgans	1	4	2	9	2	10	1	5	1	6	1	6
smient	7	30	1	4	2	10	0	0	5	31	1	6
pijlstaart	5	22	3	13	6	30	2	10	4	25	0	0
krakeend	16	70	0	0	12	60	1	5	11	69	1	6
wintertaling	4	17	2	9	3	15	1	5	2	12	1	6
tafeleend	3	13	2	9	6	30	1	5	4	25	1	6
meerkoet	15	65	1	4	12	60	1	5	11	69	1	6
waterplanteneters	11	46	1	6	9	44	1	6	7	46	1	6
graseters	6	25	1	5	4	18	1	5	3	19	1	3
zaadeters	4	17	2	9	3	15	1	5	2	12	1	6
herbivoren gem.	**9**	**38**	**1**	**6**	**7**	**33**	**1**	**6**	**6**	**35**	**1**	**5**
bergeend	9	39	3	13	8	40	0	0	9	56	0	0
kuifeend	18	78	1	4	11	55	1	5	8	50	0	0
brilduiker	4	17	1	4	4	20	1	5	6	38	4	25
benthivoren, duikend	11	48	1	4	8	38	1	5	7	44	2	13
benthivoren, niet duikend	9	39	3	13	8	40	0	0	9	56	0	0
benthivoren gem.	**10**	**45**	**2**	**7**	**8**	**38**	**1**	**3**	**8**	**48**	**1**	**8**
slobeend	7	30	5	22	4	20	2	10	6	38	0	0
planktivoren gem.	**7**	**30**	**5**	**22**	**4**	**20**	**2**	**10**	**6**	**38**	**0**	**0**
wilde eend	9	39	1	4	4	20	0	0	5	31	0	0
omnivore zwemmers gem.	**9**	**39**	**1**	**4**	**4**	**20**	**0**	**0**	**5**	**31**	**0**	**0**
scholekster	4	17	0	0	3	15	0	0	4	25	0	0
kluut	7	30	1	4	6	30	2	10	1	6	0	0
kievit	6	26	0	0	3	15	1	5	3	19	0	0
bonte strandloper	0	0	7	30	2	10	2	10	1	6	0	0
wulp	2	9	5	22	8	40	1	5	3	19	0	0
steltlopers gem.	**4**	**16**	**3**	**11**	**4**	**22**	**1**	**6**	**2**	**15**	**0**	**0**
kokmeeuw	4	17	7	30	3	15	6	30	6	38	2	12
stormmeeuw	2	9	1	4	3	15	1	5	3	19	0	0
zilvermeeuw	8	35	1	4	8	40	0	0	7	44	0	0
omnivore vliegers gem.	**5**	**20**	**3**	**13**	**5**	**23**	**2**	**12**	**5**	**33**	**1**	**4**

benthivore watervogels
De meeste positieve veranderingen, zowel op aantalsbasis als op aandeelsbasis, werden vastgesteld bij de benthivore watervogels: bergeend, kuifeend en brilduiker (tabel 9.3). Bergeenden zijn in de meeste deelgebieden vooral in najaar en winter duidelijk toegenomen na de aanleg van vooroeververdedigingen of eilandjes. Alleen in deelgebied IV, de Krammersche Slikken, was er geen sprake van een structurele toename in aantallen of aandeel vogels. De bergeend is voor zijn voedsel afhankelijk van slikken of ondiep water, een biotoop dat door de aangelegde dammen in het gebied behouden is gebleven. In het voorjaar foerageert de soort voornamelijk op muggelarven, die dan het meest talrijk zijn (van Nes & Smit, 1989). De aantallen muggelarven zijn echter in de loop der jaren nogal achteruit gegaan, terwijl de later in het seizoen piekende Oligochaeten (wormen) juist zijn toegenomen (van Dam & Breukers, 1995). Het is waarschijnlijk hieraan toe te schrijven dat de toenames in aantallen en aandeel bergeenden na aanleg van de dammen vooral in najaar en winter zijn vastgesteld en eigenlijk nauwelijks in het voorjaar.

Kuifeenden zijn in aantal in alle seizoenen en deelgebieden duidelijk toegenomen sinds het bestaan van vooroeververdedigingen. Op aandeelsbasis is er vooral gedurende winter en voorjaar sprake geweest van positieve veranderingen. In deze periode leven kuifeenden vooral van driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*), die in de ondiepe wateren achter de dammen vrijwel ontbreken. De soort is echter voornamelijk 's nachts actief en verblijft overdag (tijdens de tellingen) op nabijgelegen luw water om te rusten. Zowel golf- als windluwte is voor rustende watervogels vooral 's winters van eminent belang voor de minimalisering van de dagelijkse energiebehoefte (de Vries & van Eerden, 1995; de Leeuw, 1997) en het is dan ook aannemelijk dat de kuifeend meer gebruik is gaan maken van de toename aan rustig water achter de dammen.

De brilduiker is in de deelgebieden IV en V (Krammersche Slikken en Noordplaat; tabel 9.3) zowel op aantalsbasis als op aandeelsbasis duidelijk toegenomen na aanleg van respectievelijk de dammen en het eiland. In deelgebied I is de soort in de oeverzone op aandeelsbasis afgenomen. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan het feit dat aanvankelijk de driehoeksmossel (één van de belangrijkste voedselbronnen van deze soort) vrijwel uitsluitend in het oostelijk deel van het Volkerakmeer voorkwam (Van Nes & Smit, 1989). Toen met de verzoeting de verspreiding van deze mosselen veel ruimer werd, namen ook de aantallen brilduikers in de rest van het gebied sterk toe, waardoor deelgebied I met relatief minder vogels bedeeld raakte. Brilduikers benutten in ondiep water naast driehoeksmosselen ook regelmatig insectenlarven, Oligochaeten, slakken en erwtenmosseltjes (*pisidium* spp.) (De Leeuw, 1991). Omdat deze groepen binnen de vooroeververdedigingen aanzienlijk talrijker zijn geworden (Van Dam & Van der Velden, 1994), lijkt het aannemelijk dat voor deze soort de aanleg van de dammen niet alleen heeft geleid tot de totstandkoming van gunstiger rustgebieden (zoals bij de kuifeend) maar ook tot een verbetering van de voedselbeschikbaarheid.

herbivore watervogels
Ook de herbivore watervogels hebben in hun totaliteit sterk geprofiteerd van de aanleg van de vooroeververdedigingen. Een wat nadere beschouwing laat zien dat vooral de soorten die leven van waterplanten of algen een groot aantal toenames hebben laten zien in aantallen en aandelen vogels per deelgebied (tabel 9.3). Gras- en zaadeters hebben eveneens voornamelijk positieve veranderingen ondergaan, maar zowel aantal als percentage van de positieve veranderingen zijn bij deze herbivoren minder groot.

Onder de waterplanteneters zijn vooral de ontwikkelingen bij knobbelzwaan en krakeend spectaculair te noemen. Zowel op aantals- als op aandeelsbasis zijn knobbelzwanen in alle deelgebieden behalve deelgebied I in alle vier de seizoenen toegenomen. De uitbreiding van het areaal aan waterplanten over het gehele Volkerakmeer, maar relatief vooral in het westelijk deel, heeft hierbij ongetwijfeld de belangrijkste rol gespeeld. De relatief ongunstige ontwikkeling in deelgebied I is toe te schrijven aan de groter geworden aantrekkelijkheid van het westelijk deel van het gebied. Ten tijde van de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer bevond zich in de geulen op het Hellegatsplein een uitgebreide vegetatie van schedefonteinkruid. Deze is later verdwenen, wat een negatieve invloed heeft gehad op de aantrekkelijkheid van het oostelijk deel voor herbivoren.

De aanleg van vooroeververdedigingen heeft waarschijnlijk een belangrijke rol gespeeld bij de toename van het areaal aan waterplanten (hoofdstuk 4) en op deze wijze ook indirect bij de toename van aantallen Knobbelzwanen.

Krakeenden zijn na de aanleg van de dammen in vrijwel alle deelgebieden zowel absoluut als relatief in aantal toegenomen. Bij deze soort, die een deel van het jaar op aan vast substraat gehechte draadalgen foerageert, hebben de vooroeververdedigingen waarschijnlijk een zeer belangrijke rol gespeeld. De grote lengte aan aangelegde dammen met hard substraat heeft de foerageermogelijkheden voor deze soort enorm doen toenemen. In deelgebied I is de hoeveelheid damlengte in relatie tot het oppervlakte open water relatief gering, waardoor hier het aantal positieve veranderingen na aanleg relatief gering is gebleven. In deelgebied III (Dintelse Gorzen en Slikken van de Heen) werd pas een toename geconstateerd na de aanleg van een tweede, veel langere vooroeververdediging.

Een veel geringer aantal toenames, met op enkele plaatsen zelfs afnames (bv. in het voorjaar in het Zoommeer) is aangetoond voor de pijlstaart, de derde waterplanteneter. Toenames werden vooral vastgesteld in het najaar op aantalsbasis (deelgebieden III, IV en V) en gedurende het gehele jaar op aandeelsbasis (alle deelgebieden behalve deelgebied I). Vooral in het westelijk deel van het Volkerakmeer (Krammersche Slikken, Plaat van de Vliet en Slikken van de Heen) komen veel pijlstaarten voor, vooral profiterend van de hier ontstane waterplantvelden.

Tafeleenden hebben vooral op aandeelsbasis relatief veel positieve veranderingen laten zien. In deelgebieden III hadden deze toenames vooral betrekking op het najaar, in de deelgebieden IV, V en VI ook op de ruiperiode in de zomermaanden. Hoewel de tafeleend voor zijn voedsel niet alleen van waterplanten afhankelijk is en ook uitvoerig op bodemfauna kan foerageren (de Leeuw, 1991), zal ook voor deze soort de toename van het waterplantenareaal een belangrijke rol bij de aantalstoenames hebben gespeeld. Tussen de waterplanten is het aanbod aan slakken en andere evertebraten toegenomen (vgl. hoofdstuk 7). Daarnaast zal ook voor de tafeleend het areaal aan luw water, dat door de aanleg van de vooroeververdedigingen danig is toegenomen, een belangrijke functie als energetisch gunstig rustgebied vervullen, evenals dat voor de kuifeend aannemelijk is gemaakt.

Graseters als grauwe gans (*Anser anser*,), die ook oevervegetatiesbegraast, brandgans en smient hebben alle op aantalsbasis sterkere toenames per deelgebied laten zien dan op aandeelsbasis (tabel 9.3). Grauwe ganzen zijn buiten deelgebied I in alle deelgebieden en in de meeste seizoenen zowel in aantal als in aandeel per deelgebied toegenomen na de inrichtingswerken. Deze toenames zijn vooral toe te schrijven aan de sterk positieve ontwikkeling van oevervegetaties (vooral biezen en moerasandijvie *Tephroseris palustris*) op de ontziltende oevers, nadat deze door de aanleg van de vooroeververdedigingen tegen afslag beschermd waren. In deelgebied I, de Hellegatsplaten, is na de aanleg van de vooroeververdedigingen veel hogere begroeiing ontstaan, waardoor hier zowel de absolute als de relatieve aantallen van de grauwe gans zijn afgenomen. Brandganzen zijn in het Volkerak-Zoommeer betrekkelijk onregelmatige gasten, die vooral deelgebied I bezoeken. De aantallen zijn hier na de ingrepen toegenomen, maar op aandeelsbasis is hier vrijwel niets van terug te vinden. Ook elders in het gebied lijken de aantalsontwikkelingen bij de brandgans vooral gecorreleerd te zijn met het al of niet aanwezig zijn van kortgrazige vegetaties op de voormalige platen. Aangezien dit vooral samenhangt met het al of niet in beweiding zijn van deze platen, lijkt het onwaarschijnlijk dat er voor deze soort enige directe invloed is geweest van de aanleg van vooroeververdedigingen, buiten dan het feit dat volledige erosie van de platen voorkomen is.

Overwinterende smienten zijn sinds de aanleg van de vooroeververdedigingen in alle deelgebieden in absolute aantallen toegenomen. Op aandeelsbasis zijn echter in veel minder gevallen toenames vastgesteld. Voor het foerageergebied van de smient geldt hetzelfde als voor dat van de brandgans: het is niet aannemelijk dat kortgrazige vegetaties een direct positieve invloed van de aanleg van vooroeververdedigingen hebben ondervonden. Veel van de Smienten die overdag geteld worden, zijn echter aan het rusten op in de omgeving van hun foerageergebieden gelegen open water. Het is dan ook, met name in deelgebied III (Dintelse Gorzen en Slikken van de Heen), stellig zo dat de aanwezigheid van de dammen de geschiktheid van het aangrenzende ondiepe open water als rustgebied sterk verhoogd zal hebben.

Het verhaal van de vierde graseter, de rotgans met zijn afwijkend patroon van meer afnames dan toenames sinds de ingrepen, hangt samen met het verdwijnen van de zoutinvloed.

Tenslotte is ook de enige zaadeter onder de herbivore watervogels, de wintertaling, zowel op aantalsbasis als op aandeelsbasis in meer gevallen toegenomen dan afgenomen (tabel 9.3). De toenames hebben zich bij deze soort vooral voorgedaan in de deelgebieden III en IV (respectievelijk Dintelse Gorzen/Slikken van de Heen en Krammersche Slikken). Hier heeft de aanleg van de vooroeververdedigingen geleid tot de stabilisering van het areaal ondiep water, dat als rustgebied en als foerageergebied (vooral 's nachts) kan dienen. Niettemin is de link tussen vooroeververdedigingen en aantallen wintertalingen in de rest van het Volkerak-Zoommeer niet erg duidelijk aan te geven.

viseters

Ook visetende watervogels hebben over het algemeen positief gereageerd op de aanleg van vooroeververdedigingen en eilandjes voor wat betreft hun aantalsontwikkeling per deelgebied (tabel 9.3). De meest positieve respons werd gevonden bij de fuut, waarvan vooral op aandeelsbasis en in de deelgebieden III, IV en V gedurende het gehele jaar toenames zijn geconstateerd na de ingreep. De aantalstoenames van futen blijken bij nadere beschouwing in een aantal gevallen niet direct na de aanleg te zijn opgetreden, maar soms pas na één jaar (deelgebied III) of zelfs pas na enkele jaren (deelgebieden IV en V). Dit suggereert dat de aanleg van de dammen mogelijk niets met de toename van de fuut van doen heeft gehad. De toename in aantallen futen hangt waarschijnlijk samen met een sterke toename in hoeveelheden kleine vis in het Volkerakmeer als geheel (Boudewijn & Van der Winden, in prep.). Overigens blijken in ieder geval in het onderzoeksgebied in de Dintelse Gorzen de hoeveelheden kleine vis achter de vooroeververdedigingen juist opmerkelijk gering te zijn, waarschijnlijk vanwege de relatief slechte ontwikkeling van overjarige oevervegetatie (vgl. hoofdstuk 8). Wel wordt er direct achter de vooroeververdedigingen in de oevervegetatie gebroed.

Aalscholvers zijn in de meeste deelgebieden gedurende het gehele jaar in absolute aantallen toegenomen, zij het dat de toenames meestal van tijdelijke aard waren. Op het areaal geschikt foerageergebied voor deze soort zal de aanleg van dammen of eilandjes vrijwel geen effect gehad hebben, omdat aalscholvers vrijwel niet vissen op water van minder dan één meter diepte en ook omdat vis in deze ondiepe delen zeer schaars is. Wel worden zowel eilandjes als vooroeververdedigingen intensief door de soort als rustplaats gebruikt. In 1997 zijn zelfs broedgevallen geconstateerd in opslag van wilgen op de dam ten zuiden van de Krammersche Slikken (Boudewijn & Dirksen, 1997). Deze vorm van gebruik zal naar verwachting in de toekomst toe kunnen gaan nemen.

De overige viseters, lepelaar (*Platalea leucorodia*) middelste zaagbek (*Mergus serrator*) en visdief (*Sterna hirundo*), elk op geheel eigen wijze foeragerend, hebben weliswaar meer positieve dan negatieve aantalsveranderingen (zowel absoluut als relatief) per deelgebied laten zien, maar bij geen van deze soorten zijn er duidelijke aanwijzingen dat de aanleg van de dammen tot verbeterde foerageermogelijkheden kan hebben geleid. Bij lepelaar is er waarschijnlijk zelfs sprake van volstrekt toeval, aangezien verreweg de meeste vogels langs kreken op de voormalige platen worden waargenomen. Het ondiepe water direct achter de dammen blijkt niet te worden gebruikt. Voor middelste zaagbek geldt dat het water achter de dammen mogelijk geschikter is geworden als rustgebied, vanwege een sterkere mate van golf- en windluwte. De visdief daarentegen heeft niet van de aanleg van dammen maar stellig wel van de aanleg van eilandjes heeft geprofiteerd. In de eerste jaren na aanleg van de eilanden, met nog geen of zeer lage (pionier)vegetatie, hebben deze eilanden als zeer geschikte broedplaatsen voor de visdief gefungeerd (Nienhuis & Boudewijn 1997).

overige soorten

Van de overige soorten hebben de omnivore wilde eend en de voornamelijk planktivore slobeend ook overwegend positief gereageerd op de aanleg van de dammen (tabel 9.3). De uitbreiding van de waterplantenvelden (zie hoofdstuk 4) en de toename aan macro-evertebraten (zie hoofdstuk 7) zullen mede verantwoordelijk zijn geweest voor de toename van de wilde eend. Het onderzoek geeft echter geen aanwijzingen dat de dammen leiden tot een toename van het voedselaanbod voor slobeend. Bij de steltlopers is een duidelijk verschil in respons aanwijsbaar tussen scholekster (*Haematopus ostralegus*), kluut (*Recurvirostra avosetta*) en kievit enerzijds (meest positief) en de strikter aan estuariene om-

standigheden gebonden bonte strandloper en wulp anderzijds (meest negatief; tabel 9.3). Naast de overwegend negatief op de aanleg van dammen reagerende kokmeeuw hebben stormmeeuw (*Larus canus*) en zilvermeeuw (*L. argentatus*) respectievelijk vrijwel niet en overwegend positief gereageerd op de aanleg van de dammen en eilandjes (tabel 9.3).

9.4 discussie

De analyse van de in Volkerak-Zoommeer uitgevoerde systematische watervogeltellingen suggereert nadrukkelijk dat de meeste 'ecologische groepen' van watervogels voor wat betreft hun aantalsontwikkelingen positief hebben gereageerd op de aanleg van vooroeververdedigingen en eilanden. De positieve respons werd opgemerkt voor alle drie de voedselgroepen benthivoren, herbivoren en viseters, maar het was niet voor elk van de soort(groep)en even direct aannemelijk te maken dat de aanwezigheid van dammen een belangrijke rol in de waargenomen ontwikkeling zou hebben gespeeld.

In de eerste plaats zal het duidelijk zijn dat iedere vorm van oevergebonden gebruik van het Volkerak-Zoommeer door watervogels alleen mogelijk is doordat de buitendijkse gronden in stand blijven. Daarnaast heeft echter de aanleg van de oeververdedigingen geleid tot een duidelijke toename van het areaal beschut ondiep water. Deze beschutting heeft voor bepaalde soorten watervogels al op zichzelf een belangrijke betekenis: soorten die ofwel op aangrenzend dieper water foerageren (o.a. kuifeend en brilduiker op driehoeksmosselen, of fuut en middelste zaagbek op vis) ofwel op aangrenzende grazige vegetaties (ganzen en smient als graseters) gebruiken dit water als veilige en energetisch relatief gunstige rustplaatsen. Wind- en golfluwte reduceren in belangrijke mate de dagelijkse energiekosten, hetgeen vooral 's winters een belangrijke factor voor de overleving kan zijn (vgl. de Vries & van Eerden, 1995; de Leeuw 1997). De dammen zelf vervullen voor sommige soorten, waarvan de aalscholver het duidelijkste voorbeeld is, ook een rol als gunstig rustgebied, of soms zelfs al broedgebied. Niet alleen liggen de dammen zeer dicht bij de geprefereerde voedselgebieden in het diepere open water, maar bovendien draagt de mogelijkheid om buiten het sterk afkoelende water te kunnen rusten sterk bij aan verlaging van de energetische kosten.

Waterplanteneters onder de groep van de herbivoren (o.a. knobbelzwaan en krakeend) profiteren van het waterplantenaanbod achter de vooroeververdedigingen. Zij zijn dan ook in de meeste deelgebieden en gedurende de meeste jaargetijden duidelijk toegenomen na de aanleg van de dammen. Voor wat betreft de krakeend is de relatie met de dammen wel bijzonder sterk, aangezien deze soort vooral leeft van de draadwieren die zich onder water aan de stenen hechten waaruit de dammen zijn opgebouwd. De veldwaarnemingen in 1997 hebben ook duidelijk laten zien dat de zone vlak onder de dammen bij de Dintelse Gorzen veelvuldig door foeragerende krakeenden werd benut. Ook de enige zaadeter onder de herbivoren, de wintertaling, bleek overwegend positief te hebben gereageerd op de aanleg van de dammen. De waarnemingen van 1997 op de Dintelse Gorzen suggereren dat deze soort vooral foerageert in de onmiddellijke omgeving van de oever, waar waarschijnlijk wordt geprofiteerd van in het water gewaaid zaad van de oevervegetaties. Voor zover dus oevervegetaties hebben geprofiteerd van de dankzij de dammen afgenomen erosie, zijn ook de foerageermogelijkheden voor deze soort toegenomen. Niettemin zijn er deelgebieden binnen het Volkerak-Zoommeer aanwijsbaar waar de positieve link tussen aantalsontwikkeling van wintertaling en het moment van aanleg van vooroeververdedigingen niet te vinden is.

Dankzij de door oeververdedigingen gestimuleerde waterplantenontwikkeling zijn er in het Volkerak-Zoommeer ook duidelijke veranderingen opgetreden in het voorkomen van macro-evertebraten. Om deze redenen zal de aanleg van vooroeververdedigingen voor niet strict aan driehoeksmosselen gebonden benthivoren als bergeend en brilduiker en voor de omnivore wilde eend stellig een indirecte positieve invloed op de aantalsontwikkelingen hebben gehad.

Bij alle onderscheiden ecologische categorieën is een tendens waarneembaar om zich zowel voor het foerageren als voor de overige activiteiten (meest rusten en comfortgedrag) meer op begraasde, kort begroeide, oevers op te houden dan op de onbegraasde, meer opgaand begroeide oever (tabel 9.4). Waarschijnlijk hangt dit voor een belangrijk deel samen met de beschikbaarheid en de lokaliseerbaar-

heid van voedsel. Daarnaast speelt een rol dat het belang van helofytenvegetaties voor vogels vooral tot uitdrukking komt voor broedende, en niet zo zeer voor foeragerende en rustende vogels. Broedende vogels zoeken in deze vegetaties naar veilige en moeilijk benaderbare nestplaatsen en daarvoor is de helofytenstrook in het oosten van het onderzoeksgebied wellicht nog onvoldoende ontwikkeld. Bovendien zijn vogels in de buurt van verscholen gelegen nesten meer geneigd zich onopvallend te gedragen en zullen ze zich daar niet in groepen ophouden. Hierdoor wordt de waarnemingskans nogal verkleind.

Tabel 9.4 Aantal waarnemingen per ecologische categorie op het landgedeelte van de oever van het onderzoeksgebied Dintelse Gorzen, opgesplitst naar een westelijk gedeelte onder een begrazingsregime en met dientengevolge een niet met helofyten begroeide oever en een oostelijk gedeelte dat is uitgerasterd en waar dan ook een strookje helofyten tot ontwikkeling aan het komen is.

	oost		west		
	foeragerend	overig	foeragerend	overig	totaal
omnivore zwemmer	5	43	18	203	269
herbivore duiker	2	9	65	37	113
insectivore loper	*114*	*2*	*3145*	*55*	*3316*
herbivore zwemmer	2	0	6	8	16
benthivore loper	99	32	776	281	1188
insectivore vlieger	154	0	180	15	349
benthivore zwemmer	0	27	15	174	216
omnivore vlieger	57	3	205	24	289
benthivore duiker	0	0	0	15	15
piscivore duiker	0	0	0	2	2
herbivore loper	0	0	307	32	339
planktivore zwemmer	0	5	3	22	30
omnivore loper	27	2	29	5	63
carnivore vlieger	1	13	4	9	27
piscivore vlieger	0	0	0	14	14
granivore loper	0	0	12	0	12
granivore zitter	0	0	3	3	6
piscivore loper	1	3	0	1	5
insectivore zitter	0	0	1	0	1
totaal	462	139	4769	900	6270

10 Integratie

A.J. Remmelzwaal

De ecologische effecten van vooroeververdedigingen kunnen in principe aan drie verschillende oorzaken worden toegeschreven. De eerste is het ontstaan van een nieuw habitat, in de vorm van de stortstenen dammen zelf. Het gaat om een habitat dat van nature niet in het gebied aanwezig is. De tweede oorzaak is het ontstaan van een nieuw habitat achter de dammen: een beschut, ondiep en minder grootschalig water. De derde oorzaak is dat de vooroeververdedigingen zorgen voor een zekere mate van compartimentering van het meer. Ze vormen een barrière voor de uitwisseling van water en veel watergebonden organismen, maar ook voor recreatievaart.

De drie groepen van oorzaken van ecologische effecten zijn gebruikt als hoofdindeling voor dit hoofdstuk. Het onderscheidt tussen de drie categorieën van oorzaken is echter enigszins modelmatig: ze kunnen wel onderscheiden worden, maar vallen niet in alle gevallen duidelijk te scheiden. Het relatieve belang van de drie categorieën hangt sterk af van de ligging en het ontwerp van een vooroeververdediging.

habitatfunctie dammen

De vooroeververdedigingen zijn stortstenen dammen, die schaars begroeid zijn met oeverplanten, ruigtekruiden en wilgen. De habitatfunctie van de dammen is geen onderdeel van het onderzoek geweest, maar enkele aspecten ervan zijn wel naar voren gekomen.

Bij de vogelmonitoring is duidelijk geworden dat de dammen worden gebruikt als rustplaats voor vogels, waarbij het gebruik door aalscholvers het meest in het oog springt. Plaatselijk broeden er op de dammen ook vogels. Bij de Krammersche Slikken hebben in 1997 voor het eerst aalscholvers gebroed. Watervogels broeden op of tegen de dammen wanneer er voldoende vegetatieontwikkeling is.

Sommige watervogels foerageren rond de dammen. Het meest opvallend hierbij is de sterke voorkeur van de krakeend voor de dammen. Deze soort begraast de draadalgen die onder water op de stenen van de dam groeien.

Bij de visbemonstering is regelmatig waargenomen dat zich tussen de stenen van de dam paling verschuilt. Van andere vissen is geen voorkeur voor de omgeving van de dammen waargenomen.

Bij een eenmalige bemonstering in 1994 is gebleken dat de stenen van de dammen een macroevertebraten gemeenschap herbergen, die duidelijk afwijkt van die van andere habitats in het meer (Breukers et al., 1996).

beschutting

De mate waarin de beschuttende werking van de vooroeververdedigingen ecologische effecten heeft, zal afhangen van de golven die op een locatie kunnen optreden. Dit is afhankelijk van de expositierichting van een oever en de strijklengte van de wind over het meer bij verschillende windrichtingen.

De beschutting tegen golven achter de vooroeververdedigingen heeft een duidelijk effect op het voorkomen van **waterplanten en draadwieren**. Hoewel er geen onbeschermde oevers onderzocht konden worden, is zeer waarschijnlijk gemaakt dat achter de vooroeververdedigingen niet alleen meer waterplanten en draadwieren voorkomen dan daarvoor, maar ook meer dan langs een onbeschermde oever. Er is gemiddeld een hoger dichtheid en de door golfwerking onbegroeide zone langs de oever is smaller.

Achter de vooroeververdedigingen is ook de diversiteit aan waterplanten groter. Kranswieren, sterrekroos, waterpest en zannichellia komen vrijwel alleen achter de dammen voor.

De effecten van de vooroeververdedigingen op waterplanten en draadalgen komen door het hele Volkerak-Zoommeer naar voren. Van plaats tot plaats zijn er echter sterke verschillen. Deze verschillen kunnen te maken hebben met o.a. expositie, afstand tussen vooroeververdediging en oever, graasdruk van herbivore watervogels, bodemverschillen, etc. Uit de beschikbare dataset konden hierover echter geen eenduidige conclusies worden getrokken.

Achter vrij gesloten vooroeververdedigingen blijkt de **bodemsamenstelling** iets af te kunnen wijken van die voor de dam. De meest voorkomende bodemsamenstelling in de oevers van het Volkerak-Zoommeer is kalkrijk matig tot fijn zand, met zeer lage gehalten lutum en organische stof. Door de beschutting en door de sterke ontwikkeling van waterplanten is het organische-stofgehalte achter de vooroeververdediging hoger en is er slechts een zeer dunne geaereerde laag in de bodem. Plaatselijk komen weke, weinig geconsolideerde lagen voor, die echter in samenstelling niet afwijken van de geconsolideerde bodem.

De aanwezigheid van waterplanten en de afwijkende bodemsamenstelling hebben grote effecten op de aanwezigheid van **macro-evertebraten**. Zowel de biomassa als de soortsdiversiteit zijn binnen vooroeververdedigingen groter dan daarbuiten. Een belangrijke oorzaak van de grotere biomassa is de veel grotere aanwezigheid van slakken in de met waterplanten begroeide delen van de vooroever. Ook de biomassa van bodembewonende wormen (Oligochaeta) en larven van dansmuggen (Chironomidae) is achter de dammen echter groter dan daarbuiten. Voor de wormen valt dit te verklaren uit het hogere gehalte organische stof in de bodem binnen de dam. Bij de muggelarven is het een gevolg van de dominantie van kleinere soorten buiten de vooroeververdediging, soorten die beter zijn aangepast aan een zeer zandige bodem.

In de zeer ondiepe en onbegroeide zone langs de oever is de biomassa van macro-evertebraten wel hoger dan buiten de vooroeververdediging, maar veel lager dan in de met waterplanten begroeide zone iets verder van de oever. Belangrijkste veroorzakers van dit verschil zijn slakken, wormen en muggelarven. De lage biomassa van slakken is een gevolg van de afwezigheid van waterplanten. Op muggelarven en wormen blijkt in de zomer in deze zone een sterke predatie plaats te vinden, vooral door bergeenden.

De grotere soortenrijkdom van macro-evertebraten binnen de vooroeververdediging valt toe te schrijven aan de aanwezigheid van waterplanten. Hierin werden soorten aangetroffen die sterk aan het voorkomen van waterplanten gebonden zijn. Daarnaast speelde de afwijkende bodemsamenstelling een rol. De meeste in het onderzoeksgebied aangetroffen soorten zijn zeer algemeen in meren en/of langzaam stromende wateren in Nederland. De bij de bodembemonstering dansmug *Pogonocladius consobrinus* (=*Orthocladius consobrinus*) is in Nederland echter schaars. De in de waterplanten aangetroffen dansmug *Cricotopus ornatus* wordt alleen in zoet water wordt aangetroffen als er brak water in de omgeving aanwezig is. Mogelijk speelt het fluctuerende zoutgehalte door uitspoeling uit de oever een rol bij het voorkomen van deze soort.

Voor alle "ecologische groepen" van **watervogels** blijken de vooroeververdedigingen een positief effect te hebben op het voorkomen in de oeverzone. Het gaat hierbij zowel om directe, als indirecte effecten van de dammen.

Voor vogels die in het aangrenzende diepe water foerageren (o.a. kuifeend, brilduiker, fuut, middelste zaagbek) en voor vogels die op het land foerageren (o.a. ganzen en smient) ligt de waarde vooral in het directe effect van de beschikbaarheid van een veilige en energetisch gunstige rustplaats in het rustige water achter de dammen.

Voor een aantal andere groepen is de zone achter de vooroeververdediging ook een goed foerageergebied. Dit geldt in de eerste plaats voor strikte waterplanteneters en omnivoren die ook waterplanten eten. De belangrijkste soorten hiervan zijn wilde eend, knobbelzwaan, meerkoet en tafeleend. Ook voor soorten die (mede) foerageren op kleine macro-evertebraten in de bodem (bijv. bergeend, wilde eend, meerkoet) is de voedselbeschikbaarheid achter de vooroeververdedigingen zeer gunstig.

Voor foeragerende en rustende watervogels is een begraasde, kort begroeide, oever in de zomeraantrekkelijker dan een oever met begroeiing. Bij interpretatie van dit gegeven moet er rekening mee worden dat dit voor broedende vogels heel anders kan liggen, evenals voor bepaalde groepen foeragerende watervogels in najaar en winter. De over het algemeen schaarse oevervegetatie maken de oeverzones op dit moment een weinig aantrekkelijk broedgebied voor de meeste watervogels

De relatie tussen vooroeververdedigingen en de potenties voor de ontwikkeling van **oevervegetaties** kon in het project niet worden onderzocht. Afhankelijk van de mate van expositie kunnen golven zowel positieve als negatieve effecten op de ontwikkeling van helofyten hebben. Uit de resultaten van het project Planten in de Peiling blijkt echter dat niet zozeer de abiotische omstandigheden de ontwikkeling van oevervegetaties in het Volkerak-Zoommeer beperken, alswel begrazing door watervogels, runderen en paarden (Tosserams et al., 1997).

Op de meeste plaatsen in het Volkerak-Zoommeer is de oevervegetatie nu slecht ontwikkeld. Voor **vis** is er daarom weinig permanente beschutting. In vooroevergebieden met een slecht ontwikkelde oevervegetatie is de visdichtheid daarom laag en deze gebieden zijn voor de meeste soorten ook weinig aantrekkelijk als paaigebied. Door de aanwezigheid van waterplanten in de zomer hebben de vooroevergebieden enige waarde als opgroeigebied voor jonge vis, die intrekt vanuit paailocaties.

Binnen de vooroeververdediging vindt geen dag/nacht trek plaats van de oever naar het iets diepere water. Door het ontbreken van oevervegetatie verblijven de meeste vissen permanent in de zone met waterplanten.

compartimentering
Een aantal effecten van de vooroeververdedigingen kan vooral toegeschreven worden aan het feit dat de dammen een barrière vormen voor water, organismen die in het water leven en voor boten. De mate waarin de dammen een barrière vormen hangt af van de ligging t.o.v. de oever, de expositierichting en de grootte en ligging van openingen in de dammen. Het effect van compartimentering zal dus niet bij alle vooroeververdedigingen in het gebied gelijk zijn.

Op plaatsen waar er een lange vooroeververdediging met niet te grote openingen is, blijkt de wateruitwisseling tussen de vooroeverzone en het meer beperkt te worden. De **waterkwaliteit** achter de vooroeververdedigingen komt in grote lijnen overeen met die in het open water Op basis van verschillen in de concentraties chloride, nitraat, chlorofyl en in mindere mate silicium, kan echter worden geconcludeerd dat de vooroever toch in zekere mate als een gescheiden unit functioneert.

De chlorideconcentraties fluctueren achter de vooroeververdedigingen sterker dan in het open water. Dit heeft te maken met de sterkere verdunning door regenwater in de ondiepe vooroeverzone en met de uitspoeling van zout vanuit de nog zilte buitendijkse gronden. De concentraties van stikstof en, in mindere mate, silicium zijn achter de vooroeververdediging lager dan in het open water. Dit verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de opname van deze elementen door waterplanten in de vooroeverzone. Op fosfaat lijkt de vooroeververdediging geen invloed te hebben.

Het de algengroei is, zowel in het open water als in de vooroeverzone, op dit moment eerder P- dan N-gelimiteerd. Dat zal kunnen veranderen door een geleidelijke oplading van het Volkerakmeer met fosfaat, en een daling van de stikstofbelasting door beleidsontwikkelingen. Dan kan in vooroever eerder nutriëntbeperking gaan optreden, omdat hier het stikstofgehalte lager is dan in het open water.

Gebieden achter vooroeververdedigingen in het Volkerak-Zoommeer verschillen in het risico voor het inwaaien van **drijflagen van cyanobacteriën**. De drijflagen ontstaan meestal in het open water. Vooroeververdedigingen lijken, afhankelijk van hun expositie en de aanwezigheid van openingen, als barrière of juist als val voor drijflagen te kunnen fungeren.

Achter de vooroeververdedigingen zijn de dichtheden van de goed door zoöplankton eetbare **fytoplanktontypen** (groenwieren, diatomeeën en Cryptophyceae) in het voor- en najaar vaak hoger dan

in het open water. De zones met en zonder waterplanten binnen de vooroeververdediging lijken niet in fytoplanktonsamenstelling en -dichtheid te verschillen.

Ook in **zooplankton** bestaan er verschillen tussen het open water en het water achter de vooroeververdediging. Achter vooroeververdedigingen komt Daphnia's in lagere dichtheden voor dan in het open water, ondanks de lage visdichtheid. Bosmina en volwassen Copepoda komen in gelijke of iets hogere dichtheden voor; kleiner zooplankton zoals Copepoda nauplii en Rotifera komen in de vooroeverzone vaak in hogere dichtheden voor. De vooroeververdedigingen in het Volkerak-Zoommeer lijken dus geen positief effect hebben op het voorkomen van *Daphnia*-watervlooien, die een sleutelrol vervullen in het behoud van helder water in het Volkerak-Zoommeer.

De vooroeververdedigingen blijken te leiden tot een zekere compartimentering in de **visgemeenschap**. In het onderzoeksgebied zijn driedoornige stekelbaars, tiendoornige stekelbaars, zeelt en dikkopje vrijwel alleen binnen de dam gevangen. De visgemeenschap binnen de dam heeft trekken van het ruisvoorn-snoek type. Buiten de dam is de visgemeenschap brasem-gedomineerd. In het onderzoeksgebied zijn de soorten pos en brasem alleen buiten de dam gevangen.

Er vindt in het onderzoeksgebied ook geen dag/nacht trek van vis plaats tussen de vooroeverzone en het open meer. De kleine hoeveelheid openingen in de dam beperkt de mogelijkheden hiervan ook sterk. Er blijkt in de nacht wel een trek van vissen uit het diepe water naar de ondiepere zone gelijk buiten de dammen plaats te vinden.

Tot slot moet nog genoemd worden dat de dammen ook een barrière vormen voor de recreatievaart. De dammen garanderen daarom een grote mate van rust in de beschermde oeverzones, wat vooral voor de **vogels** een belangrijke factor is.

concluderend
Het onderzoek heeft duidelijk gemaakt dat de vooroeververdedigingen in het Volkerak-Zoommeer meer waarde hebben dan alleen het beperken van de erosie van de buitendijkse gronden. Ze leiden tot een grotere diversiteit in ecotopen en soorten in het gebied en de draagkracht voor een aantal soortgroepen is er door vergroot. De opgedane kennis met betrekking tot het ecologisch functioneren van de vooroeverzone geeft aanknopingspunten voor het opstellen van aanvullende inrichtings- en beheersmaatregelen.

Literatuur

AquaSense, 1997. Macrofauna uit het Volkerak-Zoommeer 1997. In opdracht van: Rijksinstituut voor *Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA. Rapportnummer: 97.1159.*

Benthem Jutting, T. van, 1933. Mollusca I (A). Gastropoda Prosobranchia et Pulmonata. Fauna van Nederland 8.

Blindow, I., 1992. Long- and short-term dynamics of submerged macrophytes in two shallow eutrophic lakes. Freshwater Biology 28: 15-27.

Bloemendaal, F. & J. Roelofs, 1988. Waterkwaliteit en waterplanten. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging en Katholieke Universiteit Nijmegen, Vakgroep Aquatische Oecologie en Bioecologie.

Breukers, C.P.M., A.A. Storm, E.M. van Dam & M.C.M. van Oirschot, 1996. Biologische monitoring zoete rijkswateren: watersysteemrapportage Volkerak-Zoommeer 1987-1994. RIZA nota nr. 96.003.

Boudewijn, T.J. 1997. Mogelijke effecten van herbivore watervogels en de Muskusrat op de ontwikkeling van helofyten in het Volkerak-Zoommeer bij een gewijzigd peilbeheer. Rapport 96.43. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Boudewijn, T.J & S. Dirksen, 1997. Monitoring van biologische effecten van verontreiniging op het broedsucces van aalscholvers in de Dordtse Biesbosch, de Ventjagersplaten en de Krammersche Slikken in 1997. Culemborg, bureau Waardenburg. Rapport 97.51.

Boudewijn, T.J. & J. van der Winden in prep. Hoofdstuk Vogels in de Nota Natuurontwikkelingen Volkerak-Zoommeer in 1995. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Carpentier, C.J. A.J. Wagenvoort, H.A.M. Ketelaars & K.P.R .Pikaar-Schoonen, 1998. Ecologisch functioneren van de vooroeververdediging in het Volkerak-Zoommeer: Macro-evertebraten en plankton. Werkendam, WBB.

Chambers, P.A., 1987. Nearshore occurence of submersed aquatic macrophytes in relation to wave action. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 1666-1669.

Dam, E.M. van & C. Breukers 1995. Natuurontwikkelingen Volkerak-Zoommeer 1993. RIZA-nota 94.022. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Dordrecht.

Dam, E.M. van & R. Noordhuis 1995. Watervogels op het Volkerak-Zoommeer 1992. RIZA-werkdocument *99.086X. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling,* Lelystad.

Dam, E.M. van & J.A. van der Velden 1994. Natuurontwikkelingen Volkerak-Zoommeer 1992. RIZA-nota 94.023. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Dordrecht.

Dekker, P. 1996. Zoöplankton. In: Breukers, CPM, Storm, AA Van Dam, EM & Van Oirschot, MCM (red.). Biologische monitoring zoete rijkswateren: watersysteemrapportage Volkerak/Zoommeer 1987-1994. RIZA Notanr. 96.003. 96.003. RIZA, Lelystad: 41-46.

Dijk, G. van & G. Blom, 1991. Light climate and submerged macrophytes in Lake Veluwe Netherlands. Levende Nat 92 (4) 122-127.

Dijk, G.M. van, 1991. Light climate and its impact on Potamogeton pectinatus L. in a shallow eutrophic lake. Wageningen, Thesis agricultural university.

Donk E. van, R.D. Gulati, A. Iedema, & J.T. Meulemans, 1993. Macrophyte related shifts in the nitrogen and phosphorus contents of the different trophic levels in a biomanipulated shallow lake. Hydrobiologia 19 - 26.

Donk, E. van & A. Otte, 1996. Effects of grazing by fish and waterfowl on the biomass and species composition of submerged macrophytes. Hydrobiologia 340: 285-290.

Duarte, C.M. & J. Kalff, 1988. Influence of lake morphometry on the response of submerged macrophytes to sediment fertilization. Can J. Fish. Aquat. Sci. 45:216-221.

Duarte, C.M. & J. Kalff, 1990. Patterns in the submerged macrophyte biomass of lakes and the importance of the scale of analysis in the interpretation. Can. J. Fish. Aquat. Sci., Vol 47, pp 357-363.

Eerden, M.R. van, 1998. Patchwork. Patch use, habitat exploitation and carrying capacity for water birds in Dutch freshwater wetlands. Van Zee tot Land 65. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.

Eerden, M. van, J.H. Beekman, M. Smit & K. Oosterbeek, 1997. Patch use by Bewick's swans *Cygnus columbianus bewickii* feeding upon sago pondweed *Potamogeton pectinatus* in shallow lakes in the Netherlands: variation in exploitation threshold caused by social, environmental and time dependant factors. In: Eerden, M.R. van, 1997. Patchwork; Patch use, habitat exploitation and carrying capacity for water birds in Dutch freshwater wetlands. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.

Janssen, AW & E.F. de Vogel, 1965. Zoetwatermollusken van Nederland. NJN, Den Haag.

Klinge, M., 1997. Omvang en samenstelling van de visstand in het Volkerak-Zoommeer in november 1996. Witteveen + Bos, Deventer

Kautsky, L., 1987. Life cycles of three populations of Potamogeton pectinatus L. at different degrees of wave exposure in the Asko area, northern Baltic proper. Aquat. Bot 27:177-186.

Ketelaars, H.A.M, J.A. van der Velden, J. Schutten & R. Bijkerk, 1993. Invasie van de rovende Staartwatervlo in Nederland. BioNieuws **3**: 5-6.

Laak, G.A.J. de & F.T. Vriese, 1996. Point Abundance Sampling Veluwemeer, 1996. Nieuwegein, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij. OVB-Onderzoeksrapport 1996-22.

Lauwaars, S.G. & F.C.M. Kerkum, 1997. Planten in de peiling; Spontane ontwikkeling van vegetatie op een droogvallende oever van het Volkerak-Zoommeer, Voortgangsrapportage 1996. RIZA werkdocument 97.030X.

Leeuw, J.J. de, 1991. Predatie van driehoeksmosselen door watervogels. Intern rapport 18 Lio. Rijkswaterstaat Directie Flevoland, Lelystad.

Leeuw, J.J. de, 1997. Demanding divers. Ecological energetics of food exploitation by diving ducks. Van Zee tot Land 61. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.

Los, F.J., 1991. Mathematical simulation of algae blooms by the model BLOOM II. Delft Hydraulics T68

Matthijsse, M.N. 1998. Submerged macrophytes in lake Volkerak: the effects of protecting shallow areas. Lelystad, RIZA. werkdocument 98.032X.

Meininger, P.L. , H. Schekkerman & M.W.J. van Roomen, 1995. Populatieschattingen en 1%-normen van in Nederland voorkomende watervogelsoorten: voorstellen voor standaardisatie. Limosa 68: 41-47.

Moller Pillot, HKM & R.F.M. Buskens, 1990. De larven der Nederlandse Chironomidae. Deel C: Autecologie en verspreiding. European Invertebrate Survey-Nederland, Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden.

Mulder, T. & C. Swennen, 1992. Ruiende Bergeenden *Tadorna tadorna* in de Nederlandse Waddenzee. Sula 6: 57-58.

Muller, M., 1996. Evaluatie van de aangelegde eilanden in het Volkerak-Zoommeer; Ontwikkeling & voorstel tot integraal beheer. RWS/Dir. Zeeland. Nota AX 96.030.

Nes, E.H. van & H. Smit, 1989. Natuurontwikkelingen Volkerakmeer/Zoommeer: periode februari 1989 tot en met juli 1989. DBW/RIZA-nota 89.060. DBW/RIZA, Dordrecht.

Nienhuis, J. & T.J. Boudewijn, 1997. Het effect van de aanleg van vooroeververdedigingen op het gebruik van de oeverzone van het Volkerak-Zoommeer door watervogels. RIZA werkdocument 97.184X.

Platteeuw, M. 1980. De ruitrek van de Bergeend *Tadorna tadorna* langs de Nederlandse Noordzeekust. Limosa 53: 121-128.

Projectgroep POVEZ, 1988. Oeverbeschermingen in Volkerakmeer, Eendracht, Zoommeer en Bathse spuikanaal; Plan voor de aanleg van op het ecosysteem gerichte oevervoorzieningen langs de drooggevallen gronden.

Redelijkheid, M.R. de & M. Scheffer, 1990. Verspreiding en dynamiek van ondergedoken waterplanten in de randmeren. DBW/RIZA notanr. 90.036.

RIZA, 1996. Lengtemetingen aan zoöplankton m.b.v. de Quantimet 500. Intern voorschrift: W 8140 2.110, versie 2. RIZA, hoofdafdeling IM, Lelystad.

RIZA, 1997a. Het kwantitatief bepalen van zoöplankton in oppervlaktewater. Intern voorschrift: W 8140 2.111, versie 4. RIZA, hoofdafdeling IM, Lelystad.

RIZA, 1997b. Oppervlaktewater - globale fytoplankton analyse. Intern voorschrift: W 8140 2.108, versie 2. RIZA, hoofdafdeling IM, Lelystad.

Rooij, S.A.M & K.P. Groen (1996). De oevergebieden van het Volkerak-Zoommeer: ontwikkeling van abiotisch milieu en vegetatie sinds 1987. Lelystad, Rijkswaterstaat, directie IJsselmeergebied. Flevobericht 393.

Scheffer, M., 1998. Ecology of shallow lakes. London, Chapman & Hall.

Scheffer, M., M.R. de Redelijkheid & F. Noppert, 1992. Distribution and dynamics of submerged vegetation in a chain of shallow eutrophic lakes. Aquatic Botany 42: 199-216.

Schep, I., 1997. Van kreekherstel tot helder water? Evaluatie van de aanleg en de ontwikkelingen van een paaigebied voor snoek in het Volkerak-Zoommeeer. Rijkswaterstaat, directie Zeeland, nota AXW 1009.97.

Storm A.A. & R.Bijkerk 1997. Waterkwaliteit en planktonontwikkeling in ondiepe gebieden van het Volkerak-Zoommeer en het onderzoeksgebied Krammersche Slikken. Koeman & Bijkerk, rapport nr. 96-23.

Tosserams, M, J.Th. Vulink & H. Coops, 1997. Peilbeheer Volkerak-Zoommeer: perspectief voor oeverplanten. RIZA rapport 97.065.

Vanhemelrijk, J.A.M. & J.E.W. de Hoog, 1997. Amoebe Volkerak-Zoommeer. RIZA nota 96.022.

Vries, J. de & M.R. van Eerden 1995. Thermal conductance in aquatic birds in relation to the degree of water contact, body mass, and body fat: energetic implications of living in a strong cooling environment. Physiol. Zool. 68: 1143-1163.

Vriese, F.T., S.A.W. Jansen & J.C.A. Merkx, 1996. Point Abundance Sampling, theorie en praktische uitvoering. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. OVB-Onderzoeksrapport 1996-14.

Vriese, F.T & G.A.J. de Laak, 1997. Point Abundance Sampling Volkerak-Zoommeer. Nieuwegein, OVB. OVB-onderzoeksrapport 1997-16.

WBB, 1996a. Kwantitatieve bepaling van de zooplanktonsamenstelling in water.Intern voorschrift: K-WKB-W 3004, versie 5. N.V. Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch, Werkendam.

WBB, 1996b. Kwantitatieve bepaling van de fytoplanktonsamenstelling in water. Intern voorschrift: K-WKB-W 3005, versie 4.N.V. Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch, Werkendam.

Wanningen, H. & M.G. Boute, 1997. Een meer in ontwikkeling; evaluatie van het beheer en de ontwikkeling van het Volkerak/Zoommeer over de periode 1987-1995. RWS/Dir. Zeeland.

Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra, 1991. Nederlandse oecologische flora; Wilde planten en hun relaties 4.

Bijlagen

Bijlage 1 resultaten waterkwaliteitsanalyses

datum:	type	tijd	diepte cm	doorzicht cm	Temp. °C	pH	O_2 mg/l	O_2 %	zw.stof mg/l ds	asrest mg/l ds	Cl mg/l	SO4 mg/l	P-totaal mg/l P	P-ortho mg/l P	N-totaal mg/l N	N-Kj mg/l N	NH4 mg/l N	NO3 mg/l N	NO2 mg/l N	silicaat mg/l Si	chlorof. µg/l	faeofytine µg/l
29-apr-97	OW	11,30	140	100	10,5	8,4	11,2	100	6	5	290	110	0,06	<0.030	6,8	1,3	0,10	5,50	0,03	3,50	6	9
29-apr-97	VW	10,40	40	>40	10,5	8,4	10,9	98	8	7	260	110	0,05	<0.030	6,6	1,0	<0.10	5,60	0,03	3,60	8	10
29-apr-97	VW	9,30	40	>40	10,5	8,4	11,2	100	7	7	260	110	0,05	<0.030	6,6	1,0	<0.10	5,60	0,03	3,60	7	10
gemiddeld	OW		140	100	10,5	8,4	11,2	100	6	5	290	110	0,06	<0.030	6,8	1,3	0,10	5,50	0,03	3,50	6	9
	VW		40	>40	10,5	8,4	11,1	99	8	7	260	110	0,05	<0.030	6,6	1,0	<0.10	5,60	0,03	3,60	8	10
3-jun-97	OW	13,00	140	100	16,7	8,9	12,7	131	21	5	250	100	<0.05	<0.030	4,7	0,6	<0.10	4,10	0,04	0,89	16	6
3-jun-97	OW	13,30	140	110	17,0	9,0	13,0	131	23	6	240	100	<0.05	<0.030	4,7	0,7	0,10	4,00	0,04	0,80	33	7
3-jun-97	OW	14,00	145	100	17,3	9,0	14,4	149	21	5	260	110	<0.05	<0.030	4,8	0,6	0,20	4,10	0,05	0,64	13	6
3-jun-97	VW	10,00	60	>60	15,2	9,0	11,4	113	19	3	250	110	<0.05	<0.030	4,2	0,5	<0.10	3,70	0,04	0,45	10	4
3-jun-97	VW	10,30	60	>60	15,7	8,9	11,6	118	20	4	250	110	<0.05	<0.030	4,5	0,6	<0.10	3,90	0,04	0,77	20	4
3-jun-97	VW	11,30	50	>50	16,7	8,9	11,3	115	19	3	240	110	<0.05	<0.030	4,3	0,5	<0.10	3,80	0,04	0,49	19	5
gemiddeld	OW		142	103	17,0	9,0	13,4	137	22	5	250	103	<0.05	<0.03	4,7	0,6	0,15	4,07	0,04	0,78	21	6
	VW		57	>60	15,9	8,9	11,4	115	19	3	247	110	<0.05	<0.03	4,4	0,5	<0.10	3,80	0,04	0,57	16	4
26-jun-97	OW	13,30	140	>140	17,0	8,6	9,5	102	21	14	270	100	0,09	niet bep.	3,7	0,5	<0.01	3,20	0,03	1,70	16	3
26-jun-97	OW	14,00	150	>150	17,0	8,5	9,3	98	16	9	260	50	0,08	niet bep.	3,8	0,5	<0.10	3,30	0,03	1,80	5	2
26-jun-97	OW	14,15	140	>140	17,0	8,6	9,6	102	3	3	270	61	0,08	niet bep.	3,8	0,6	<0.10	3,20	0,03	1,70	3	3
26-jun-97	VW	9,45	60	>60	15,1	8,9	10,1	102	16	6	290	79	0,06	niet bep.	3,0	0,7	<0.10	2,20	0,05	0,50	49	2
26-jun-97	VW	10,00	70	>70	15,5	8,8	9,9	101	11	5	290	100	<0.05	niet bep.	3,5	0,6	<0.01	2,90	0,04	1,10	5	9
26-jun-97	VW	12,30	70	>70	16,1	8,9	10,9	113	46	36	270	56	0,06	niet bep.	3,4	0,6	<0.10	2,70	0,05	1,40	43	9
26-jun-97	VP	11,00	60	>60	15,1	9,0	10,3	104	20	9	290	69	0,05	niet bep.	3,2	0,6	<.010	2,60	0,04	1,00	18	<2
26-jun-97	VP	9,30	80	>80	15,5	8,9	10,2	104	38	29	290	71	0,07	niet bep.	3,2	0,7	<0.10	2,50	0,04	0,87	61	<2
26-jun-97	VP	12,00	60	>60	15,6	9,3	11,5	117	18	10	300	70	<0.05	niet bep.	3,1	0,5	<0.10	2,60	0,04	0,62	60	3
gemiddeld	OW		143	>140	17,0	8,6	9,5	101	13	9	267	70	0,08	niet bep.	3,8	0,5	<0.10	3,23	0,03	1,73	8	3
	VW		67	>70	15,6	8,9	10,3	105	24	16	283	78	0,06	niet bep.	3,3	0,6	<0.10	2,60	0,05	1,00	32	7
	VP		67	>60	15,4	9,1	10,7	108	25	16	293	70	0,05	niet bep.	3,2	0,6	<0.10	2,57	0,04	0,83	46	<2

Bijlage 1 (vervolg)

datum:	type	tijd	diepte cm	doorzicht cm	Temp. °C	pH	O_2 mg/l	O_2 %	zw.stof mg/l ds	asrest mg/l ds	Cl mg/l	SO4 mg/l	P-totaal mg/l P	P-ortho mg/l P	N-totaal mg/l N	N-Kj mg/l N	NH4 mg/l N	NO3 mg/l N	NO2 mg/l N	silicaat mg/l Si	chlorof. µg/l	faeofytine µg/l
29-jul-97	OW	13,45	140	70	22,2	9,0	9,6	110	29	9	250	110	0,12	<0.030	3,2	1,3	<0.10	1,90	0,03	2,20	91	13
29-jul-97	OW	14,15	150	50	22,6	9,1	11,3	130	29	4	250	110	0,23	0,060	4,0	2,2	0,10	1,80	0,02	2,10	190	<1
29-jul-97	OW	14,45	150	50	23,1	9,1	11,2	129	26	9	250	110	0,13	<0.030	3,3	1,5	<0.10	1,80	0,03	2,10	170	<1
29-jul-97	VW	10,15	40	30	20,7	8,9	6,5	71	17	11	230	110	0,07	<0.030	2,1	0,7	0,10	1,40	0,03	2,20	9	5
29-jul-97	VW	10,45	70	>70	20,5	8,7	6,1	68	10	3	240	120	0,06	<0.030	2,1	0,7	<0.10	1,40	0,03	1,50	6	<1
29-jul-97	VW	12,30	60	60	21,6	8,7	5,7	65	24	13	210	120	0,07	<0.030	2,0	0,7	<0.10	1,30	0,03	2,10	12	4
29-jul-97	VP	10,00	70	>70	20,5	9,5	9,4	104	17	9	170	99	0,05	0,040	1,3	0,8	<0.10	0,49	0,03	0,69	11	2
29-jul-97	VP	11,00	50	>50	21,1	9,6	11,7	130	29	10	220	100	0,05	<0.030	1,3	0,8	<0.10	0,50	0,02	0,27	9	<1
29-jul-97	VP	12,00	50	>50	21,7	9,9	12,4	140	26	6	250	100	0,05	<0.030	1,6	0,8	<0.10	0,75	0,02	0,21	9	<1
gemiddeld	OW		147	57	22,6	9,1	10,7	123	28	7	250	110	0,16	<0.030	3,5	1,7	<0.10	1,83	0,03	2,13	150	<1
	VW		57	60	20,9	8,8	6,1	68	17	9	227	117	0,07	<0.030	2,1	0,7	<0.10	1,37	0,03	1,93	9	4
	VP		57	>50	21,1	9,7	11,2	125	24	8	213	100	0,05	<0.030	1,4	0,8	<0.10	0,58	0,02	0,39	10	<1
3-sep-97	OW	11,15	140	100	20,9	9,0	11,5	128	5	1	180	68	0,07	0,030	1,2	0,4	0,10	0,83	0,01	4,80	35	6
3-sep-97	OW	11,55	140	100	21,1	9,0	11,3	126	4	1	210	97	0,10	0,030	2,2	1,1	0,05	1,10	0,01	4,80	18	4
3-sep-97	OW	12,20	140	100	20,8	9,0	11,6	128	4	1	190	100	0,07	0,020	1,2	0,4	0,10	0,80	0,01	4,60	26	4
3-sep-97	VW	10,30	60	60	19,9	8,7	8,7	96	7	0	240	100	0,09	0,040	2,2	1,2	0,20	0,99	0,02	4,60	54	19
3-sep-97	VW	13,40	70	50	21,0	8,8	9,9	110	5	1	200	96	0,08	0,030	2,5	1,7	0,20	0,82	0,01	4,50	46	24
3-sep-97	VW	14,10	90	50	21,5	8,8	10,7	119	3	2	210	97	0,10	0,020	1,8	1,0	0,30	0,75	0,03	4,10	27	16
3-sep-97	VP	10,15	50	>50	19,5	8,6	8,7	95	3	1	210	94	0,06	0,010	1,6	0,9	0,20	0,62	0,03	4,00	39	20
3-sep-97	VP	13,10	50	>50	21,2	8,9	10,3	115	3	1	250	97	0,13	0,030	2,2	1,2	0,30	0,96	0,02	4,60	30	13
3-sep-97	VP	14,00	60	60	21,4	8,9	11,6	129	3	1	230	99	0,06	0,030	1,3	0,4	0,20	0,83	0,03	4,20	39	15
gemiddeld	OW		140	100	20,9	9,0	11,5	127	4	1	193	88	0,08	0,027	1,6	0,6	0,08	0,91	0,01	4,73	26	5
	VW		73	53	20,8	8,7	9,8	108	5	1	217	98	0,09	0,030	2,2	1,3	0,23	0,85	0,02	4,40	42	20
	VP		53	>50	20,7	8,8	10,2	113	3	1	230	97	0,08	0,023	1,7	0,8	0,23	0,80	0,03	4,27	36	16

Bijlage 2 Soortensamenstelling (n.m^{-2}) van de macro-invertebraten

2 april 1997	A2	B2	C2	A5	B5	C5
OLIGOCHAETA						
Limnodrilus sp.						
Limnodrilus claparedeianus			29			
Limnodrilus hoffmeisteri		143	200			
Limnodrilus profundicola		29				
Potamothrix sp.						
Potamothrix moldaviensis		286	314		200	57
Tubifex sp.						
Tubifex tubifex		86	29			
Tubificidae sp.						
Tubificidae met haarborstels		29				
Tubificidae zonder haarborstels		171	171	57	200	
HIRUDINEA						
Erpobdella sp.						
Erpobdella octoculata						
MOLLUSCA : GASTROPODA						
Bithynia tentaculata						
Potamopyrgus antipodarum						
Potamopyrgus antipodarum forma *aculeata*						
Valvata piscinalis	29	171	229			
MOLLUSCA : LAMELLIBRANCHIA						
Dreissena polymorpha						
Sphaeriidae sp.						
AMPHIPODA						
Corophium curvispinum						
Gammarus sp. (juv.)		29	57			
Gammarus pulex						
Gammarus tigrinus				29		
DIPTERA						
CHIRONOMIDAE: TANYPODINAE						
Procladius s.a.						
CHIRONOMIDAE: ORTHOCLADIINAE						
Orthocladiinae sp.						
Cricotopus sp.						
Cricotopus gr. *intersectus*						
Cricotopus gr. *sylvestris*						
Psectrocladius sp.						
Psectrocladius gr. *Sordidellus/limbatellus*						
Pogonocladius consobrinus						
CHIRONOMINAE; CHIRONOMINI						
Chironomini sp.	57		57	29		
Chironomus sp.						
Chironomus plumosus agg.						
Cryptochironomus sp.					29	57
Cryptochironomus obreptans. (pop)						
Cryptochironomus psittacinus (pop)						
Cryptochironomus rostratus (pop)						
Dicrotendipes nervosus						
Fleuria lacustris	57		29			
Glyptotendipes sp.	29			29		
Glyptotendipes paripes	314	86	171			
Harnischia sp.						
Parachironomus gr. *arcuatus*						
Parachironomus vitiosus						
Polypedilum sp.						
Polypedilum gr. *bicrenatum*	86	771	171		86	29
Polypedilum cf. *nubeculosum*	57	200	200			
Stictochironomus sp.		57	29	2229	1629	1171
CHIRONOMIDAE; TANYTARSINI						
Cladotanytarsus sp.	57	771	743	200	829	229
Cladotanytarsus atridorsum. (pop)		29				
Tanytarsus sp.						
TRICHOPTERA						
Oecetis sp.						
Oecetis furva (pop)						
Oecetis ochracea						

27 juni 1997	A2	B2	C2	A5	B5	C5
OLIGOCHAETA						
Limnodrilus sp.						
Limnodrilus claparedeianus						
Limnodrilus hoffmeisteri	171	457	286			29
Limnodrilus profundicola	29					
Potamothrix sp.						
Potamothrix moldaviensis	143	457	229	229	143	86
Tubifex sp.						
Tubifex tubifex						
Tubificidae sp.						
Tubificidae met haarborstels	286	314	486			
Tubificidae zonder haarborstels	457	1857	943	114	86	229
HIRUDINEA						
Erpobdella sp.						
Erpobdella octoculata						
MOLLUSCA : GASTROPODA						
Bithynia tentaculata						
Potamopyrgus antipodarum	57		29			
Potamopyrgus antipodarum forma *aculeata*	29					
Valvata piscinalis	86	86	171		57	
MOLLUSCA : LAMELLIBRANCHIA						
Dreissena polymorpha						
Sphaeriidae sp.						
AMPHIPODA						
Corophium curvispinum						286
Gammarus sp. (juv.)	114	286	457	286	86	1343
Gammarus pulex						
Gammarus tigrinus	57	29	171			114
DIPTERA						
CHIRONOMIDAE: TANYPODINAE						
Procladius s.a.	171	257	200	29		
CHIRONOMIDAE: ORTHOCLADIINAE						
Orthocladiinae sp.		29				29
Cricotopus sp.						
Cricotopus gr. *intersectus*			29			
Cricotopus gr. *sylvestris*	57					29
Psectrocladius sp.	29					
Psectrocladius gr. *sordidellus/limbatellus*	171	171	171			
Pogonocladius consobrinus			29			
CHIRONOMINAE; CHIRONOMINI						
Chironomini sp.	143	29	29	29		86
Chironomus sp.	57					
Chironomus plumosus agg.	114				29	
Cryptochironomus sp.	314	400	429		86	257
Cryptochironomus obreptans. (pop)			29			29
Cryptochironomus psittacinus (pop)		29				
Cryptochironomus rostratus (pop)					29	
Dicrotendipes nervosus	29					
Fleuria lacustris	29					
Glyptotendipes sp.						
Glyptotendipes paripes	143	86	286			457
Harnischia sp.				29		
Parachironomus gr. *arcuatus*			29			
Parachironomus vitiosus						
Polypedilum sp.						
Polypedilum gr. *bicrenatum*	29		86	29		57
Polypedilum cf. *nubeculosum*	86	86			57	57
Stictochironomus sp.	29	171	486		714	486
CHIRONOMIDAE; TANYTARSINI						
Cladotanytarsus sp.	1029	1057	2086	4343	4943	8286
Cladotanytarsus atridorsum. (pop)			29			29
Tanytarsus sp.	57	29	171			
TRICHOPTERA						
Oecetis sp.						
Oecetis furva (pop)		29				
Oecetis ochracea			29			

16 oktober 1997	A2	B2	C2	A5	B5	C5
OLIGOCHAETA						
Limnodrilus sp.						
Limnodrilus claparedeianus						
Limnodrilus hoffmeisteri			57			
Limnodrilus profundicola						
Potamothrix sp.						
Potamothrix moldaviensis		29	286	29	229	57
Tubifex sp.						
Tubifex tubifex		29				
Tubificidae sp.						
Tubificidae met haarborstels	29	171	86			
Tubificidae zonder haarborstels	57	514	2429	286	743	429
HIRUDINEA						
Erpobdella sp.						
Erpobdella octoculata						
MOLLUSCA : GASTROPODA						
Bithynia tentaculata						
Potamopyrgus antipodarum						29
Potamopyrgus antipodarum forma *aculeata*						
Valvata piscinalis	1286	1914	1829		29	
MOLLUSCA : LAMELLIBRANCHIA						
Dreissena polymorpha						
Sphaeriidae sp.		114				
AMPHIPODA						
Corophium curvispinum						
Gammarus sp. (juv.)		657	429	629	1457	2714
Gammarus pulex						
Gammarus tigrinus						
DIPTERA						
CHIRONOMIDAE: TANYPODINAE						
Procladius s.a.	57	57				
CHIRONOMIDAE: ORTHOCLADIINAE						
Orthocladiinae sp.						
Cricotopus sp.						
Cricotopus gr. *intersectus*						
Cricotopus gr. *sylvestris*						
Psectrocladius sp.						
Psectrocladius gr. *sordidellus/limbatellus*						
Pogonocladius consobrinus						
CHIRONOMINAE; CHIRONOMINI						
Chironomini sp.			57			
Chironomus sp.		86				
Chironomus plumosus agg.	143	200	57			
Cryptochironomus sp.	86	229	143	114	371	143
Cryptochironomus obreptans. (pop)						
Cryptochironomus psittacinus (pop)						
Cryptochironomus rostratus (pop)						
Dicrotendipes nervosus						
Fleuria lacustris	229	343	343		29	
Glyptotendipes sp.						
Glyptotendipes paripes	229	314	200			
Harnischia sp.					86	29
Parachironomus gr. *arcuatus*						
Parachironomus vitiosus				29		
Polypedilum sp.						
Polypedilum gr. *bicrenatum*	143	514	3971	86	200	171
Polypedilum cf. *nubeculosum*	57	200	200		29	29
Stictochironomus sp.	29	1257	1743	743	2000	1000
CHIRONOMIDAE; TANYTARSINI						
Cladotanytarsus sp.		29		1914	1429	314
Cladotanytarsus atridorsum. (pop)						
Tanytarsus sp.						
TRICHOPTERA						
Oecetis sp.						
Oecetis furva (pop)						
Oecetis ochracea						

Bijlage 3
Overzicht vogelwaarnemingen in het onderzoeksgebied

categorie	soort	wetenschappelijke naam	aantal waarnemingen
benthivore duiker	Brilduiker	*Bucephala clangula*	9
	Kuifeend	*Aythya fuligula*	907
		Totaal benthivore duiker	**916**
benthivore loper	Kievit	*Vanellus vanellus*	775
	Tureluur	*Tringa totanus*	262
	Scholekster	*Haematopus ostralegus*	149
	Kluut	*Recurvirostra avosetta*	127
	Bontbekplevier	*Charadrius hiaticula*	61
	Kemphaan	*Philomachus pugnax*	42
	Oeverloper	*Actitis hypoleucos*	34
	Grutto	*Limosa limosa*	21
	Wulp	*Numenius arquata*	20
	Bonte Strandloper	*Calidris alpina*	14
	Watersnip	*Gallinago gallinago*	10
	Waterral	*Rallus aquaticus*	4
	Groenpootruiter	*Tringa nebularia*	3
	Kleine Plevier	*Charadrius dubius*	2
	Steppevorkstaartplevier	*Glareola nordmanni*	2
	Witgatje	*Tringa ochropus*	2
	Goudplevier	*Pluvialis apricaria*	1
	Porseleinhoen	*Porzana porzana*	1
	Steenloper	*Arenaria interpres*	1
	Waterhoen	*Gallinula chloropus*	1
		Totaal benthivore loper	1532
benthivore zwemmer	Bergeend	*Tadorna tadorna*	1160
		Totaal benthivore zwemmer	**1160**
carnivore vlieger	Blauwe Kiekendief	*Circus cyaneus*	6
	Boomvalk	*Falco subbuteo*	1
	Bruine Kiekendief	*Circus aeruginosus*	18
	Buizerd	*Buteo buteo*	3
	Sperwer	*Accipiter nisus*	1
		Totaal carnivore vlieger	**29**
granivore loper	Holenduif	*Columba oenas*	6
	Houtduif	*Columba palumbus*	6
		Totaal granivore loper	**12**
granivore zitter	Rietgors	*Emberiza schoeniclus*	6
		Totaal granivore zitter	6
herbivore duiker	Meerkoet	*Fulica atra*	3533
	Tafeleend	*Aythya ferina*	59
		Totaal herbivore duiker	**3592**
herbivore loper	Brandgans	*Branta leucopsis*	3
	Grauwe Gans	*Anser anser*	21
	Nijlgans	*Alopochen aegyptiacus*	45
	Rotgans	*Branta bernicla*	85
	Smient	*Anas penelope*	279
		Totaal herbivore loper	**433**

herbivore zwemmer	Kleine Zwaan	*Cygnus columbianus*	17
	Knobbelzwaan	*Cygnus olor*	229
	Krakeend	*Anas strepera*	816
	Pijlstaart	*Anas acuta*	598
	Wintertaling	*Anas crecca*	327
		Totaal herbivore zwemmer	**1987**
insectivore loper	Graspieper	*Anthus pratensis*	3
	Oeverpieper	*Anthus petrosus*	9
	Spreeuw	*Sturnus vulgaris*	3405
	Veldleeuwerik	*Alauda arvensis*	48
	Witte Kwikstaart	*Motacilla alba*	127
		Totaal insectivore loper	**3592**
insectivore vlieger	Boerenzwaluw	*Hirundo rustica*	69
	Gierzwaluw	*Apus apus*	1121
	Huiszwaluw	*Delichon urbica*	8
	Oeverzwaluw	*Riparia riparia*	12
		Totaal insectivore vlieger	**1210**
insectivore zitter	Paapje	*Saxicola rubetra*	1
		Totaal insectivore zitter	**1**
omnivore loper	Zwarte Kraai	*Corvus corone*	65
		Totaal omnivore loper	**65**
omnivore vlieger	Dwergmeeuw	*Larus minutus*	1
	Grote Mantelmeeuw	*Larus marinus*	25
	Kleine Mantelmeeuw	*Larus fuscus*	8
	Kokmeeuw	*Larus ridibundus*	765
	Stormmeeuw	*Larus canus*	56
	Zilvermeeuw	*Larus argentatus*	65
	Zwartkopmeeuw	*Larus melanocephalus*	1
		Totaal omnivore vlieger	**921**
omnivore zwemmer	Wilde Eend	*Anas platythynchos*	6061
		Totaal omnivore zwemmer	**6061**
piscivore duiker	Aalscholver	*Phalacrocorax carbo*	58
	Dodaars	*Tachybaptus ruficollis*	37
	Fuut	*Podiceps cristatus*	462
	Middelste Zaagbek	*Mergus serrator*	11
		Totaal piscivore duiker	**568**
piscivore loper	Blauwe Reiger	*Ardea cinerea*	17
	Grote Zilverreiger	*Egretta alba*	2
	Purperreiger	*Ardea purpurea*	1
		Totaal piscivore loper	**20**
piscivore vlieger	Dwergstern	*Sterna albifrons*	15
	Grote Stern	*Sterna sandvicensis*	9
	Reuzenstern	*Hydroprogne caspia*	2
	Visdief	*Sterna hirundo*	354
	Witvleugelstern	*Chlidonias leucopterus*	1
	Zwarte Stern	*Chlidonias niger*	53
		Totaal piscivore vlieger	**434**
planktivore zwemmer	Slobeend	*Anas clypeata*	297
	Zomertaling	*Anas querquedula*	4
		Totaal planktivore zwemmer	**301**
totaal generaal			**22840**