

BOVAR

bestrijding overmatige algengroei in de randmeren



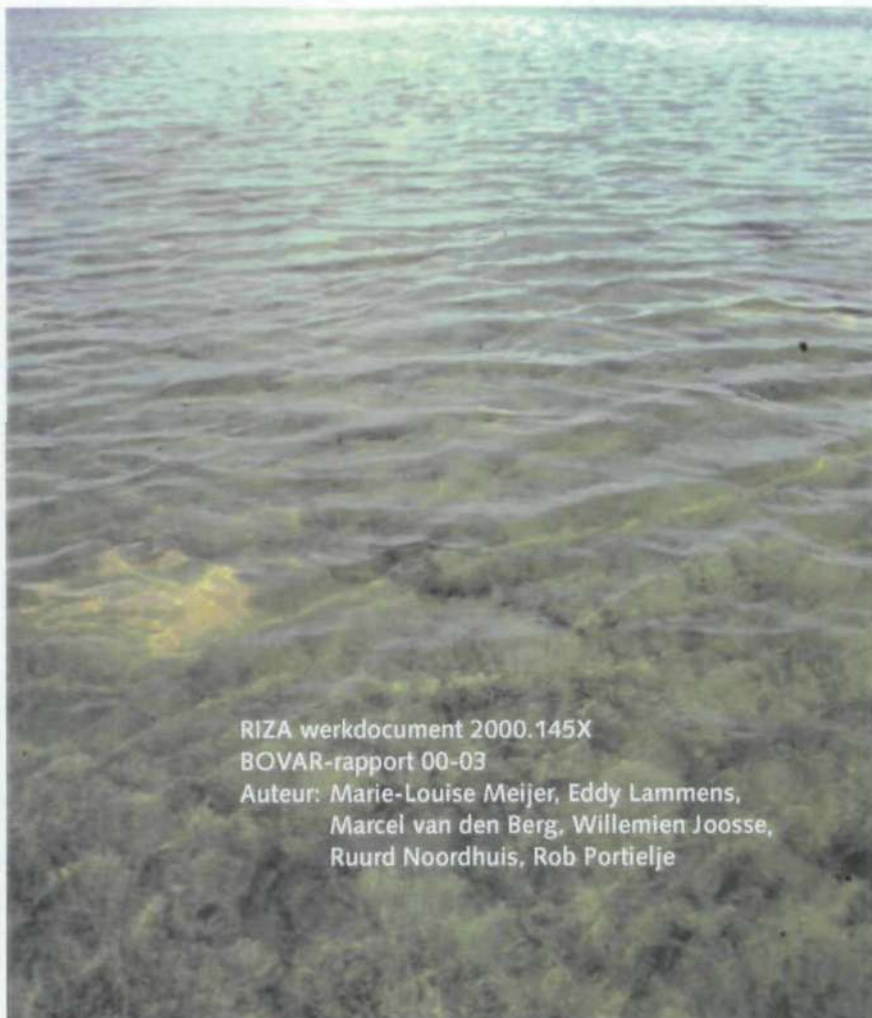
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat



Directie IJsselmeergebied



Voortgangsrapportage Veluwerandmeren 1999



RIZA werkdocument 2000.145X

BOVAR-rapport 00-03

Auteur: Marie-Louise Meijer, Eddy Lammens,
Marcel van den Berg, Willemien Joosse,
Ruurd Noordhuis, Rob Portielje

66693 6620

Foto cover

Chara contraria Veluwemeer
W. Kolvoort

Samenvatting 5

1 Inleiding 7

2 Fysisch-chemische waterkwaliteit 9

2.1 Doorzicht 9

2.2 Nutriënten 12

2.3 Zwevende stof/Gloeirest 16

2.4 Conclusies 19

3 Fytoplankton 21

3.1 Chlorofyl-a concentratie 21

3.2 Algensamenstelling 22

3.3 Conclusies 27

4 Zoöplankton 29

4.1 Ontwikkelingen 29

4.2 Conclusies 29

5 Waterplanten 33

5.1 Doelstelling watervegetatie 33

5.2 Ontwikkelingen watervegetatie 1999 33

5.3 Discussie 35

5.4 Conclusies 35

6 Vissen 37

6.1 Ontwikkeling van de visstand 37

6.2 De kranswieren als habitat voor vis 38

6.3 De verspreiding van zoöplankton in relatie tot kranswieren en vis 39

6.4 Conclusies 38

7 Watervogels 43

7.1 Ontwikkelingen 43

7.2 Conclusies 46

8 Macrofauna 49

8.1 Driehoeksmosselen 49

8.2 Overige macrofauna 49

9 Synthese 51

9.1 Vergelijking van 1999 met de Stabieliteitsstudie (tot en met 1998) 51

9.2 Synthese per meer 54

9.2 Conclusies 55

9.3 Verwachtingen voor de toekomst 56

9.4 Aanbevelingen 57

10 Literatuur 59

Bijlagen

- Bijlage 1 Plaats en periode zandwinning in het Wolderwijd 62
- Bijlage 2 Doorzicht in relatie tot de afstand van het baggerschip in het Veluwemeer in augustus 2000 63
- Bijlage 3 Plaatsing van de ontwikkeling van de trofische niveaus ten opzichte van de gewenste toestand 64

Samenvatting

In 1999 heeft de positieve trend van verbetering van de waterkwaliteit van de Veluwerandmeren zich alleen in het Drontermeer verder voortgezet. Hoewel in alle meren de nutriëntenconcentraties zijn afgenomen ten opzichte van 1998, heeft dat in het Veluwemeer en het Wolderwijd/Nuldernauw geen verdere toename van het doorzicht veroorzaakt.

In het Veluwemeer was het doorzicht van het water vooral in het voorjaar aanzienlijk geringer dan in 1998, hetgeen waarschijnlijk werd veroorzaakt door een voorjaarsbloei van de blauwalg *Anabaena lemmermannii*. De in mei-juni aanwezige *Daphnia* kon de al vanaf begin maart aanwezige blauwalgen bloei van *Anabaena lemmermannii* niet geheel onderdrukken. In de zomermaanden is de hoeveelheid algen relatief laag gebleven. Voor het eerst is het areaal met kranswieren wat afgenomen, maar omdat de vegetatie wat dichter is geworden, is de inwendige bedekking (berekend gebied met 100% bedekking) wel toegenomen. De totale visbiomassa is toegenomen door een toename van brasem en blankvoorn. In de nabijheid van de kranswieren werd in de zomermaanden veel stekelbaars gevangen.

De toename van de brasem in het Veluwemeer is niet dermate hoog geweest dat dit de oorzaak is voor de verlaging van het doorzicht in het voorjaar. In het Veluwemeer zijn geen aanwijzingen dat het water troebeler is geworden door de activiteit van baggerschepen of zandzuigers.

De toename van de inwendige bedekking met kranswieren heeft niet geleid tot een toename van het aantal herbivore watervogels. De knobbelzwanen hebben mogelijk de kranswieren opgegeten voordat de kleine zwanen konden komen. Tevens was de kwaliteit van de kranswieren als voedsel voor de vogels afgenomen door aangroei van de planten met perifyton. De toename van de benthivore watervogels doet een toename van de driehoeksmosselen vermoeden.

Het Veluwemeer bevindt zich evenals in 1998 op de grens van een systeem met weerstand en veerkracht. Voor een vergroting van de weerstand van de heldere toestand is ofwel een verdere verlaging van de nutriëntenconcentraties of een toename van de hoeveelheid kranswieren gewenst.

In het Wolderwijd was het doorzicht in 1999 iets geringer dan het doorzicht in 1998, hetgeen een duidelijke verslechtering is in vergelijking met het doorzicht van het water in 1997. In 1999 is de chlorofyl-a concentratie wat hoger dan in 1998. In dit meer wordt een groot deel van de troebelings veroorzaakt door opgewerveld slib: het water is relatief troebel, ook in perioden met vrij lage chlorofyl-a concentraties. Mogelijke verklaringen voor de resuspensie van slib zijn de activiteiten van meerdere baggerschepen in het Wolderwijd of de toename van de hoeveelheid benthivore brasem. Er zijn geen significante verschillen in doorzicht gevonden tussen een meetpunt dichtbij de baggerschepen en een meetpunt dat een paar honderd meter verder lag. In het Wolderwijd is een duidelijk onderscheid te maken tussen een ondiep deel met kranswieren en helder water en een diep deel met troebel water.

In het diepe deel van het meer was het lichtklimaat onvoldoende voor de ontwikkeling van kranswieren, terwijl daar in 1997 wel kranswieren voorkwamen. De kranswierbedekking is in beperkte mate afgenomen ten

opzichte van 1998. Desondanks is het aantal watervogels in het Wolderwijd/Nulderneauw toegenomen.

Voor het Wolderwijd lijkt momenteel een stabiele heldere toestand voor het hele meer niet binnen bereik. Mogelijk is voor dit meer het maximaal haalbare: een ondiep deel met helder water boven de kranswieren en een dieper deel van het meer met troebeler water.

In het Nulderneauw is de waterkwaliteit ten opzichte van 1998 niet veranderd. Het doorzicht van het water was ongeveer vergelijkbaar met het doorzicht in 1998. Ook de hoeveelheid kranswieren is ongeveer gelijk gebleven. Er is evenals in het Veluwemeer en Wolderwijd een voorjaarsbloei van algen opgetreden, maar van mei tot juli waren de chlorofyl-a concentraties erg laag en is gedurende 4 weken een doorzicht van 1,2 m gemeten. In het meer vond in 1999 geen zandwinning of onderhoud van de vaargeul plaats. De waterkwaliteit van het Nulderneauw is beter dan die van het Wolderwijd.

Het Drontermeer is met een inhaalslag bezig. De hoeveelheid kranswieren is sterk toegenomen, hetgeen zich weerspiegelt in de toename van de watervogels. Deze toename van de kranswieren is vooral opgetreden door een verdichting van de vegetatie en minder door een toename van het areaal. Het zomerhalfjaargemiddelde doorzicht is in geringe mate toegenomen, maar er is veel meer dynamiek in de helderheid. In mei-juni is een doorzicht van 1 m gemeten, hetgeen in voorgaande jaren nooit was gebeurd. In het Drontermeer is als enige meer de brasemstand juist afgenomen en is de hoeveelheid snoek toegenomen.

In het Drontermeer kan de bedekkingsgraad van de kranswieren nog aanzienlijk toenemen en zal naar verwachting de helderheid van het water ook groter worden.

1 Inleiding

De waterkwaliteit van de Veluwerandmeren is in de negentiger jaren aanzienlijk verbeterd.

De verbetering is ingezet door de fosfaat-reducerende maatregelen, welke vanaf 1979 zijn genomen. In de tachtiger jaren nam het doorzicht slechts in geringe mate toe. Vanaf 1990 werd het water helder boven de kranswier-velden. De kranswieren hebben zich de laatste jaren sterk uitgebreid, waardoor ook het areaal met helder water steeds groter is geworden. Vanaf 1995 werd ook buiten de kranswieren de streefwaarde van een doorzicht van 1 m regelmatig bereikt.

In 1999 is in opdracht van de Projectgroep BOVAR (Bestrijding Overmatige Algenbloei in de randmeren) van Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied een studie uitgevoerd naar de stabiliteit van de heldere toestand (Meijer *et al.*, 1999). In deze studie zijn de ontwikkelingen in de Veluwerandmeren tot en met 1998 beschreven en is een prognose gemaakt voor de toekomst.

In de voorliggende voortgangsrapportage wordt de toestand van de Veluwerandmeren in 1999 beschreven op basis van de resultaten van het monitoringsprogramma van dat jaar. De gegevens worden vergeleken met voorgaande jaren en met de verwachtingen uit de Stabiliteitsstudie.

De rapportage is uitgevoerd door leden van het Programma Meren van de afdeling WSE van het RIZA. Het project werd begeleid door de Projectgroep PG2 van BOVAR.

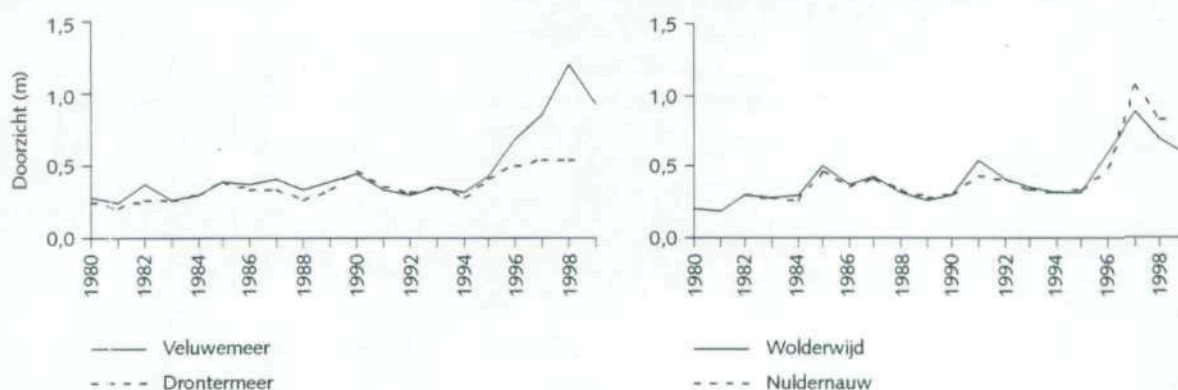
De bewerkingen van het zoöplankton en fytoplankton zijn uitgevoerd door Ronald Bijkerk van adviesbureau Koeman en Bijkerk. Bauke de Witte (RDIJ) heeft de waterplanten gegevens geleverd, Ed van der Goes (RDIJ) de chemische gegevens van het Drontermeer en Nuldernauw.

2 Fysisch chemische waterkwaliteit

2.1 Doorzicht

In het Veluwemeer en het Wolderwijd is het zomerhalfjaargemiddelde doorzicht in 1999 afgenomen (Figuur 2.1). In het Veluwemeer wordt een zomerhalfjaargemiddeld doorzicht van 1 m op basis van het reciproke doorzicht niet gehaald, bij een rekenkundig gemiddelde net nog wel. In het Wolderwijd bedroeg het doorzicht gemiddeld in de zomer slechts 0,6 m. In het Nuldernauw en het Drontermeer is het zomerhalfjaar gemiddelde doorzicht ongeveer gelijk gebleven (Figuur 2.1).

Figuur 2.1
Zomerhalfjaargemiddelde doorzicht vanaf 1980 in de Veluwerandmeren (berekend op basis van reciprook doorzicht).



Bij een nadere bestudering van het doorzicht blijkt dat in het Veluwemeer het zomerhalfjaargemiddelde doorzicht vooral is afgenomen door het ontbreken van een echt heldere periode in het voorjaar (Figuur 2.2). In 1997 en 1998 is in mei een doorzicht tot 2,5 m gemeten, maar in mei 1999 bedroeg het maximale doorzicht slechts 1 m. Vanaf juni is het doorzicht in het Veluwemeer ongeveer vergelijkbaar met dat van 1998 en iets beter dan dat van 1997. Tot en met 1995 was het doorzicht op het standaard monsterpunt (in de vaargeul) ongeveer gelijk aan dat in het Drontermeer. Vanaf 1996 neemt het doorzicht in het Veluwemeer sterk toe en beginnen de meren te verschillen.

In het Wolderwijd is het doorzicht daarentegen vrijwel de hele jaar beduidend lager dan in 1997 en iets lager dan de metingen in 1998. In 1998 werd nog eenmalig in de zomerperiode een doorzicht van 1 m gemeten, in 1999 komt alleen in november het doorzicht eenmalig boven 1 m. Vooral begin april en begin juni is het doorzicht in het Wolderwijd erg laag (0,30 m) (Figuur 2.2). Omdat de verlaging van het doorzicht mogelijk is veroorzaakt door de activiteit van zandwischepen nabij het standaard monsterpunt is vanaf juli ook doorzicht gemeten op een monsterpunt dat niet in het zandwingebied ligt (bijlage 1).

In tabel 2.1 is het gemeten doorzicht op de verschillende monsterpunten naast elkaar gezet.

Hieruit blijkt dat er geen verschil in doorzicht is aangetroffen tussen de monsterpunten.

Tabel 2.1

Gemeten doorzicht in het Wolderwijd op het standaardmonsterpunt in de vaargeul en een extra monsterpunt buiten het zandwingebied.

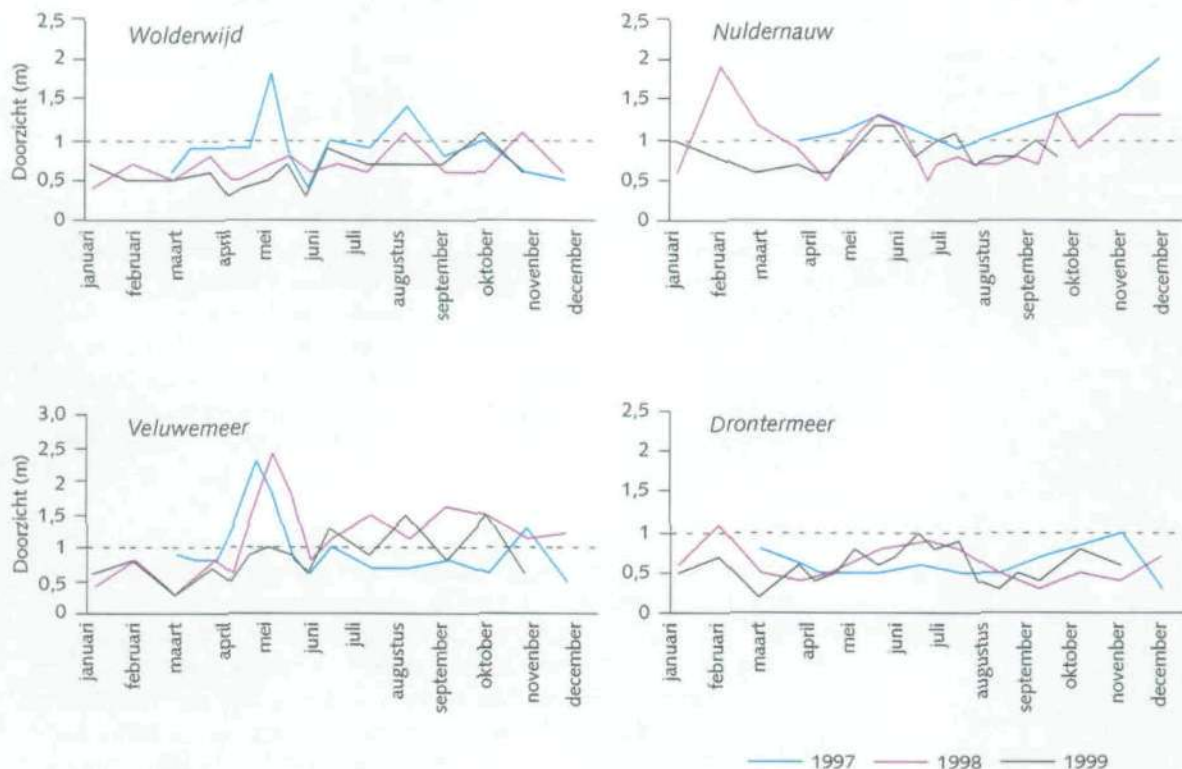
Datum in 1999	Standaard monsterpunt	Extra monsterpunt
20-7	0.7	0.7
17-9	0.7	0.7
14-9	0.7	0.7
12-10	1.1	1.3
9-11	0.6	0.6

In het Nuldernauw heeft het doorzicht sterk gevarieerd in de loop van 1999. In april was het doorzicht nog vrij laag (0,6 m), waarschijnlijk als gevolg van de voorjaarsbloei van de blauwalgen (zie verder). Eind mei/begin juni werd een doorzicht van 1,2 m gemeten bij zeer lage chlorofyl-a concentraties. In augustus nam het doorzicht weer af door een nieuwe periode met een algenbloei. Tot en met 1996 was het doorzicht in het Nuldernauw vergelijkbaar met dat van het Wolderwijd. In 1997, 1998 en 1999 was het doorzicht in het Nuldernauw beduidend beter dan het doorzicht in het Wolderwijd.

In het Drontermeer is in 1999 meer variatie in het doorzicht opgetreden dan in voorgaande jaren. Eenmalig is een maximum doorzicht van 1 m gemeten. Evenals in het Nuldernauw was hier het doorzicht het laagst in het vroege voorjaar en in augustus-september.

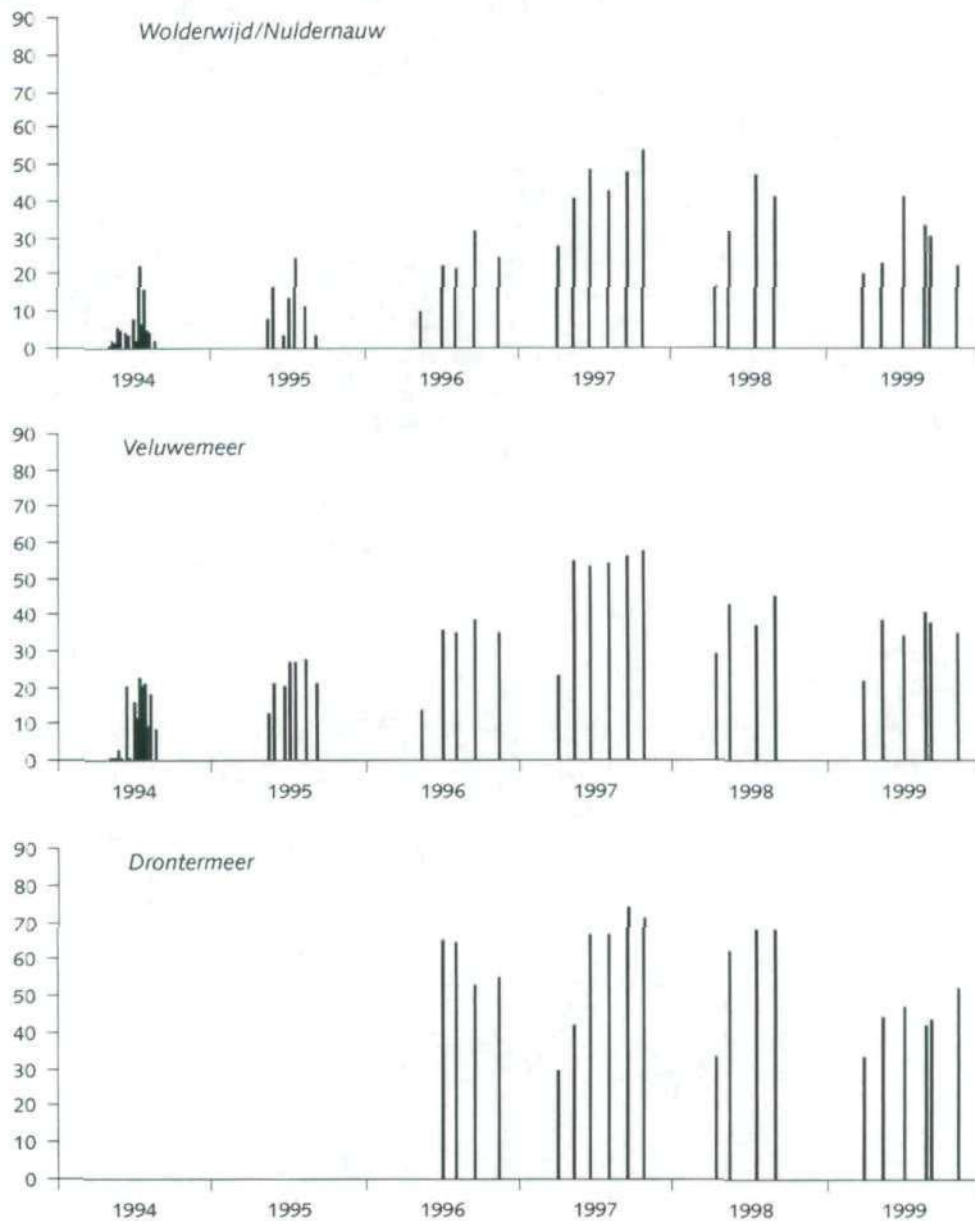
Figuur 2.2

Verloop van het doorzicht in de Veluwerandmeren in 1997, 1998 en 1999.



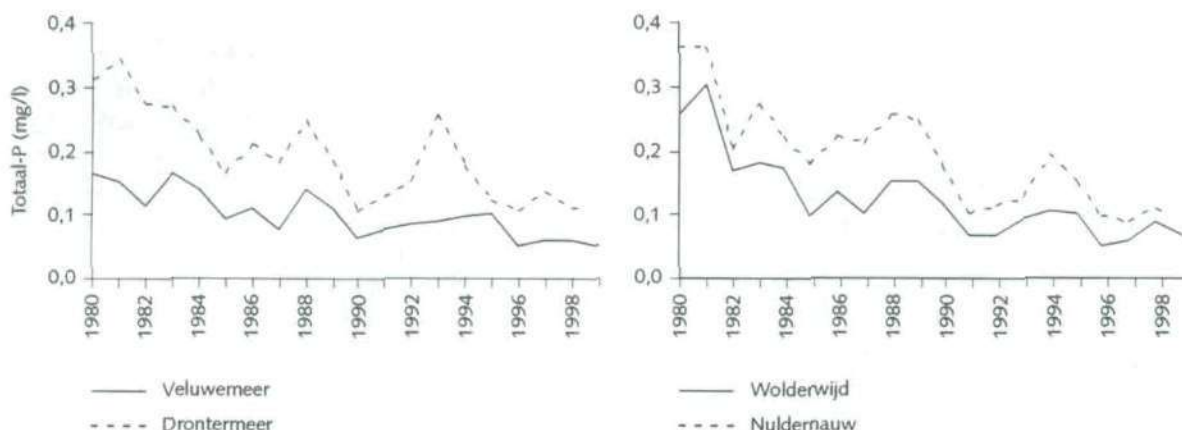
In het Wolderwijd/Nuldernaau is het areaal met bodemzicht, gezien vanuit het vliegtuig ongeveer gelijk gebleven ten opzichte van 1998 (Figuur 2.3). In alle meren werd, over een periode van 1994-1999, in 1997 het grootste areaal bodemzicht geconstateerd. Het areaal met bodemzicht bedraagt in het Wolderwijd/Nuldernaau in 1999 ongeveer 30% van het meer, in het Veluwemeer ca. 40%, en in het Drontermeer ca. 50%. In het Drontermeer is het areaal met bodemzicht in 1999 geringer dan in 1998, terwijl dat in de andere meren ongeveer gelijk is gebleven. Dit strookt niet met de (geringe) verbetering in het doorzicht in de vaargeul. Aangezien de informatie vanuit de lucht iets zegt over de helderheid van de ondiepe delen en de doorzichtmetingen in de vaargeul plaatsvinden is het mogelijk dat hierin een discrepantie optreedt.

Figuur 2.3
Percentage van het meeroppervlak met bodemzicht in de Veluwerandmeren van 1994-1999 gezien vanuit een vliegtuig.



Figuur 2.4

Zomerhalfjaargemiddelde totaal-fosfaat concentratie in de Veluwerandmeren vanaf 1980.



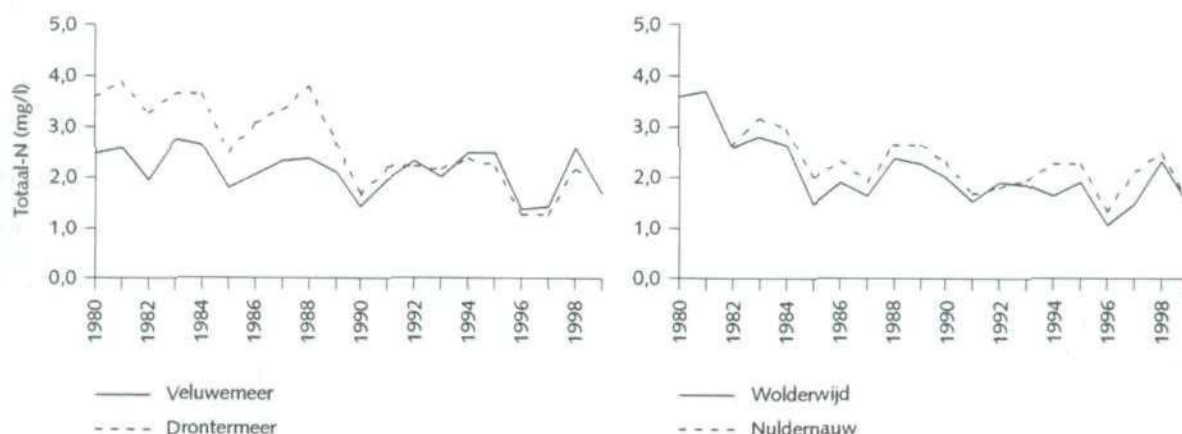
2.2 Nutriënten

In alle meren zijn zowel de totaal-fosfaat concentraties als de totaal-stikstof concentraties in 1999 lager dan in 1998 (Figuur 2.5). In het Veluwemeer wordt in 1999 de streefwaarde voor fosfaat ($< 0,06$ mg P/l) weer gehaald. In de andere meren is de totaal-fosfaat concentratie wel hoger dan de streefwaarde, maar vooral in het Wolderwijd en het Nuldernauw is de zomer-gemiddelde concentratie aanzienlijk lager dan in 1998. De hoge fosfaat-concentratie in 1998 werd deels bepaald door een hoge uitschieter in april. Ook zonder die uitschieter was de fosfaatconcentratie in 1999 gemiddeld wel lager dan in 1998, maar de verschillen zijn minder groot.

In 1998 waren de totaal-stikstof concentraties relatief hoog. In alle meren is de totaal-stikstof concentratie met ca. 30% afgenomen in 1999. In het Veluwemeer en het Drontermeer is de concentratie nog wel hoger dan in 1997, in het Wolderwijd en Nuldernauw zijn de concentraties nu vergelijkbaar met de waarden in 1997.

Figuur 2.5

Zomerhalfjaargemiddelde totaal-stikstof concentratie in de Veluwerandmeren vanaf 1980.

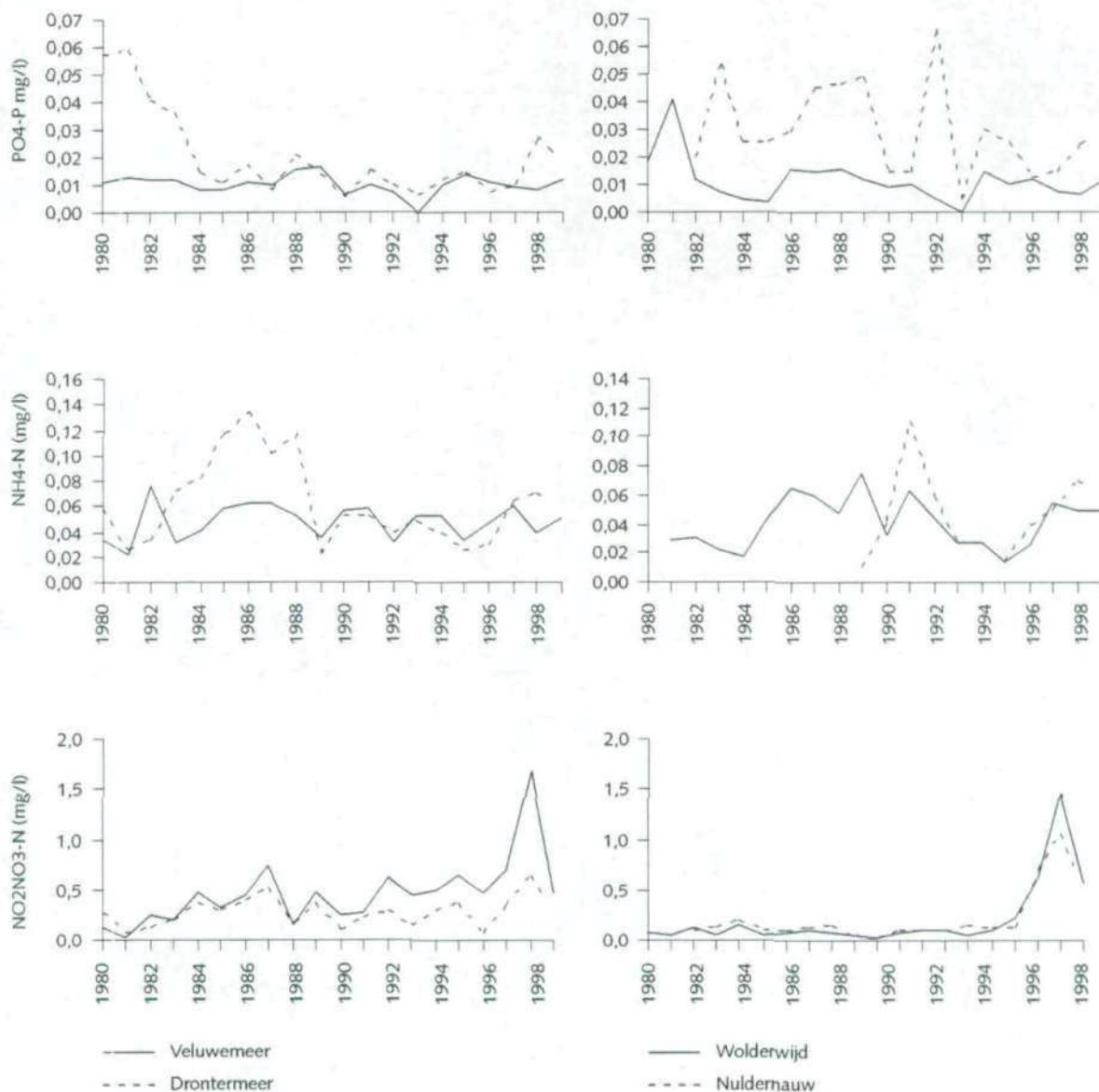


In het Veluwemeer, het Wolderwijd en het Nuldernaauw is de ortho-P concentratie enigszins toegenomen, in het Drontermeer wat afgenomen (Figuur 2.6).

De nitraat- en nitrietconcentraties ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) zijn beduidend afgenomen in alle meren (Figuur 2.6). De ammoniumconcentraties (NH_4^+) zijn in alle meren zeer laag (< 0,1 mg N/l) en zijn niet sterk verschillend van de waarden in 1998 (Figuur 2.6).

Figuur 2.6

Zomerhalfjaargemiddelde opgelost-fosfaat en -stikstof concentraties in de Veluwerandmeren.



Nutriëntenbeperking van de algengroei

Verhouding tussen chlorofyl-a en totaal-nutriënten concentraties

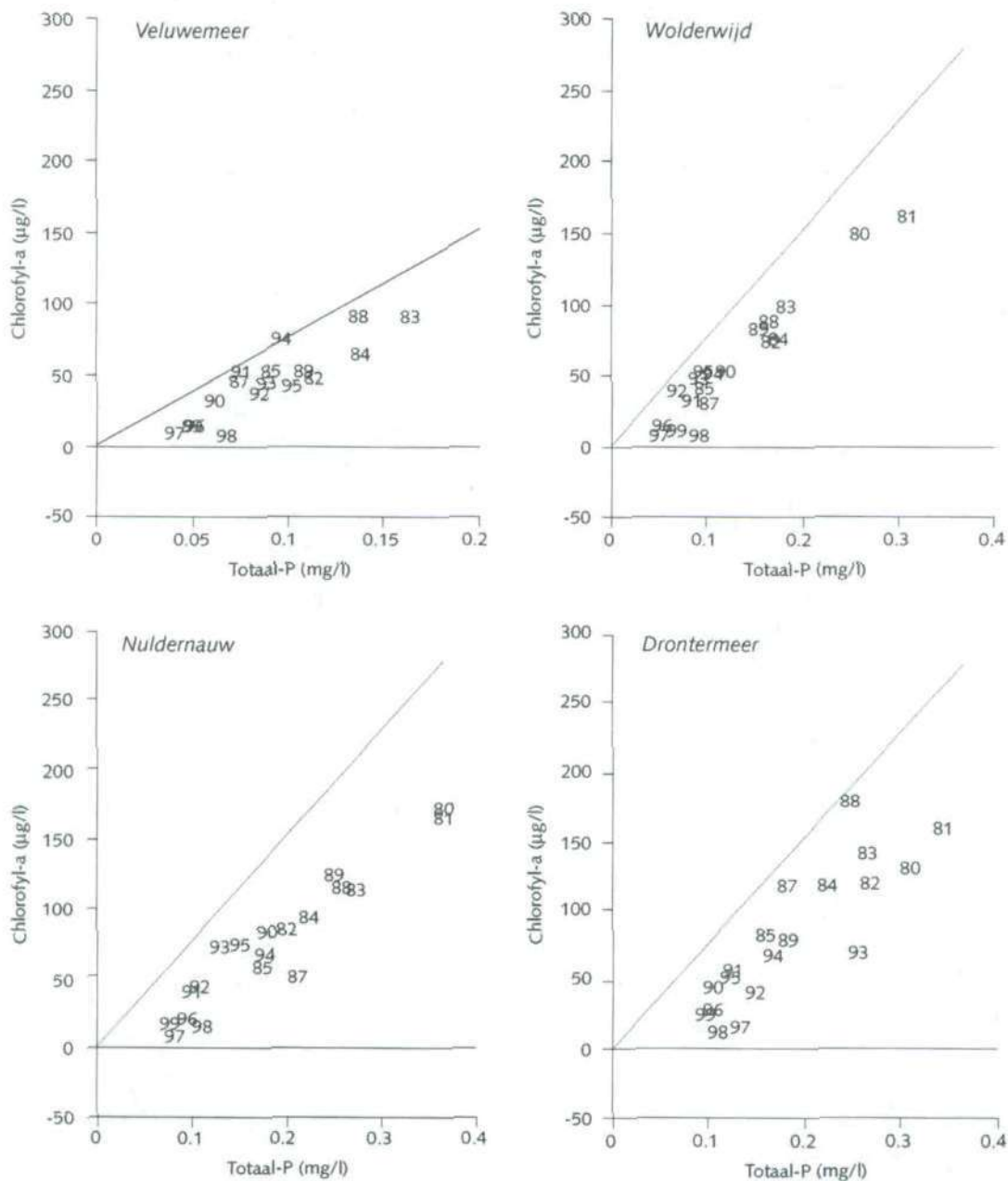
Een indicatie voor een mogelijke nutriëntenbeperking van de algengroei kan worden verkregen uit de verhouding tussen de chlorofyl-a concentratie en de nutriëntenconcentraties. In de Vierde Eutrofiëringsequête is op

basis van gegevens van 260 meren een maximale chlorofyl-a concentratie bij een bepaalde nutriëntenconcentratie berekend, welke is aangegeven door de lijnen in figuur 2.7a en 2.7b. Wanneer de meetwaarden ongeveer tegen de lijn liggen, dan is er mogelijk sprake van nutriëntenbeperking. Bij waarden die onder de lijn liggen, was een hogere chlorofyl-a concentratie mogelijk op basis van de nutriëntenconcentraties en was fosfaat of stikstof niet de beperkende factor voor de algengroei.

Bij beschouwing van figuur 2.7a en 2.7b komen de chlorofyl-a concentraties redelijk overeen met wat op basis van de nutriëntenconcentraties verwacht

Figuur 2.7a

Relatie tussen de zomergemiddelde totaal-fosfaat concentraties en de gemiddelde chlorofyl-a concentraties. De lijnen geven de maximale chlorofyl-a concentratie aan die is gevonden bij een analyse van 260 Nederlandse meren, de zogenaamde CUWVO lijnen. Wanneer een waarde dicht bij de lijn ligt, betekent dat dat fosfaat mogelijk beperkend is geweest voor de algengroei.

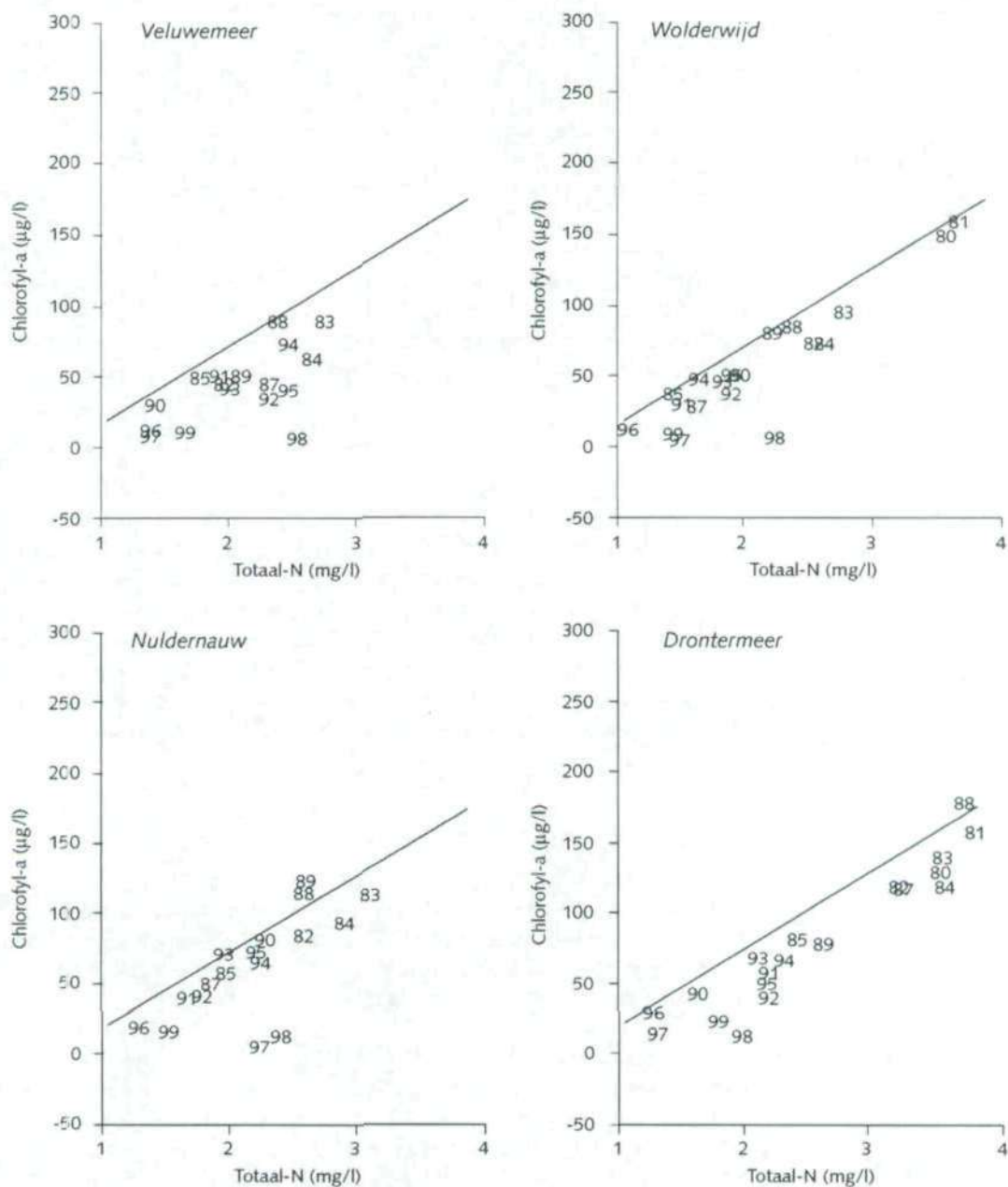


mag worden. Vooral in het Veluwemeer en het Nuldernauw lijkt mogelijk fosfaatbeperking van de algengroei opgetreden te zijn. Omdat wordt gewerkt met zomerhalfjaargemiddelde waarden, is het met deze methode niet mogelijk om een mogelijke fosfaatbeperking in een bepaalde periode van het jaar op te sporen.

Ondanks de sterke verlaging van de stikstofconcentraties is in 1999 geen stikstofbeperking van de algengroei opgetreden (mogelijk alleen in het Nuldernauw).

Figuur 2.7b

Relatie tussen de zomergemiddelde totaal-stikstof concentraties en de gemiddelde chlorofyl-a concentraties. De lijnen geven de maximale chlorofyl-a concentratie aan die is gevonden bij een analyse van 260 Nederlandse meren, de zogenaamde CUWVO lijnen. Wanneer een waarde dicht bij de lijn ligt, betekent dat dat stikstof mogelijk beperkend is geweest voor de algengroei.



Opgeloste nutriënten

Een andere indicatie voor een mogelijke beperking van de algengroei door nutriënten kan worden verkregen uit de concentraties opgeloste nutriënten. Voor fosfaat kan mogelijke beperking van de algengroei zijn opgetreden bij een $\text{PO}_4\text{-P}$ concentratie kleiner of gelijk aan 0,010 mg P/l, voor stikstof bij een $\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{NO}_3 + \text{NO}_2\text{-N}$ concentratie kleiner of gelijk aan 0,10 mg N/l. In tabel 2.2 is aangegeven welke fractie van de monsters een lagere opgeloste nutriënten concentratie had dan de genoemde grenswaarden.

Tabel 2.2
Fractie van monsters met een opgelost-P concentratie < 0,01 mg P/l en een opgelost-N concentratie < 0,1 mg N/l.

Meer	Fosfaat 1998	Fosfaat 1999	Stikstof 1998	Stikstof 1999
Wolderwijd	88	40	0	12
Veluwemeer	72	20	0	7
Drontermeer	63	5	11	15
Nuldernauw	37	15		25

Uit de tabel blijkt dat de kans op nutriëntenbeperking van de algengroei in 1999 lager was dan in 1998, ondanks de gemiddelde afname van de totaalfosfaat concentratie ten opzichte van 1998 (zie figuur 2.7a). De hoge totaalfosfaat concentraties in 1998 werden vooral veroorzaakt door een hoge waarde in juni (en in het Wolderwijd ook in april). In de andere perioden van het jaar 1998 kwamen zeer lage totaal- en ortho-fosfaat concentraties voor.

Bij nadere beschouwing van de waarden in 1999 kan in het Wolderwijd en in het Veluwemeer kortstondig fosfaatbeperking zijn opgetreden eind juni-begin juli en stikstofbeperking in augustus. In 1998 kwamen waarschijnlijk langere perioden met een mogelijke nutriëntenbeperking van de algengroei voor.

2.3 Zwevende stof/Gloeirest

In het Veluwemeer is zowel de zwevende stof concentratie als de gloeirest concentratie in 1999 lager dan in 1998. In het Wolderwijd is met name een stijging van de gloeirest concentratie te zien. Deze relatief hoge zomerhalfjaargemiddelde concentratie wordt vooral veroorzaakt door extreem hoge waarden begin juni, welke terug te zien zijn in het opvallend lage doorzicht op die datum. In het Nuldernauw is de gloeirest concentratie ongeveer gelijk gebleven, terwijl de concentratie in het Drontermeer is toegenomen (Figuur 2.8).

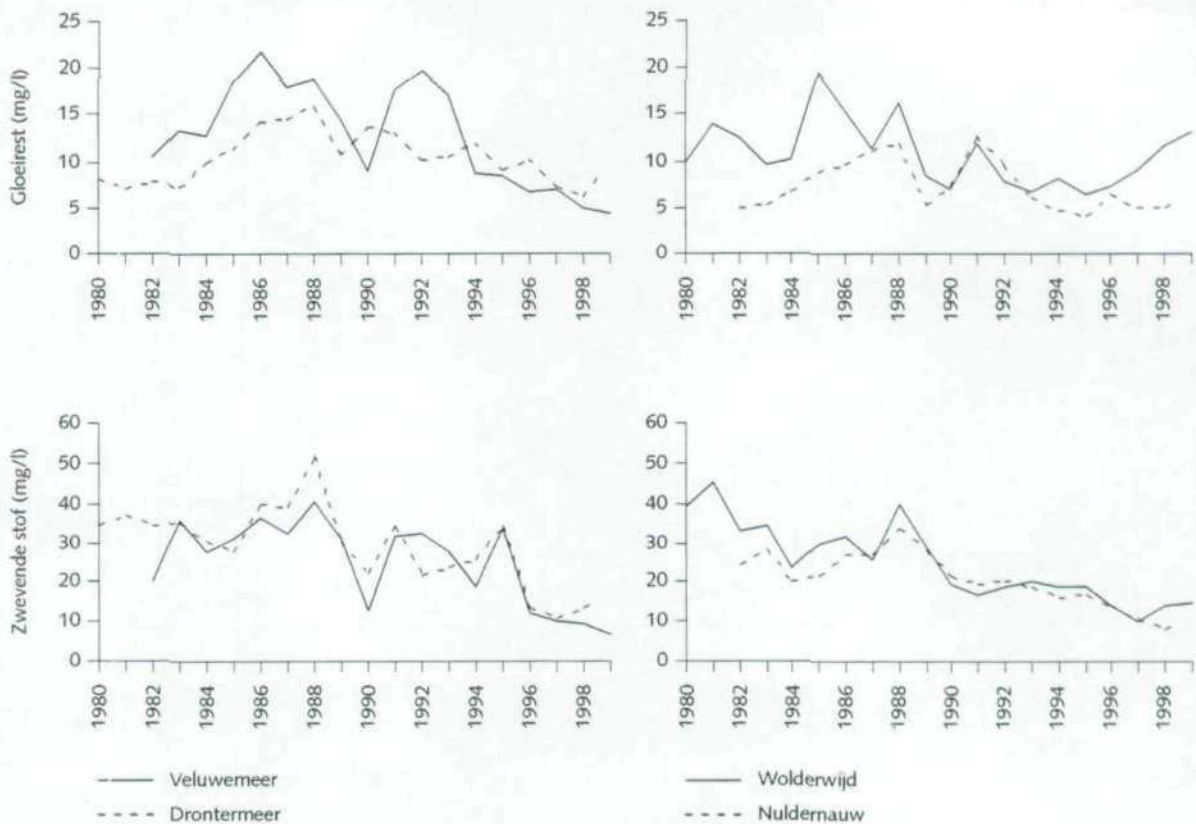
Effect van zandzuigers op de troebelings

In het Nuldernauw en het Drontermeer is in 1999 geen zandzuiger of baggerschip aan het werk geweest. In het Veluwemeer lagen de schepen zo ver van het monsterpunt dat de activiteit van de schepen geen invloed gehad kan hebben op de gemeten troebelings bij het monsterpunt.

In het Wolderwijd heeft echter vanaf midden 1996 vrijwel continue zandwinning plaatsgevonden met meerdere schepen tegelijk nabij het monsterpunt. In bijlage 1 zijn de vakken waar de schepen actief zijn geweest aangegeven. De gloeirest concentratie is van 1997 tot en met 1999 beduidend hoger dan daarvoor. Uit figuur 2.1 blijkt het doorzicht ook in die jaren in het Wolderwijd lager te zijn dan in het Nuldernauw, terwijl daarvoor het door-

Figuur 2.8

Zomerhalfjaargemiddelde zwevende stof en gloeirest concentraties in de Veluwerandmeren.



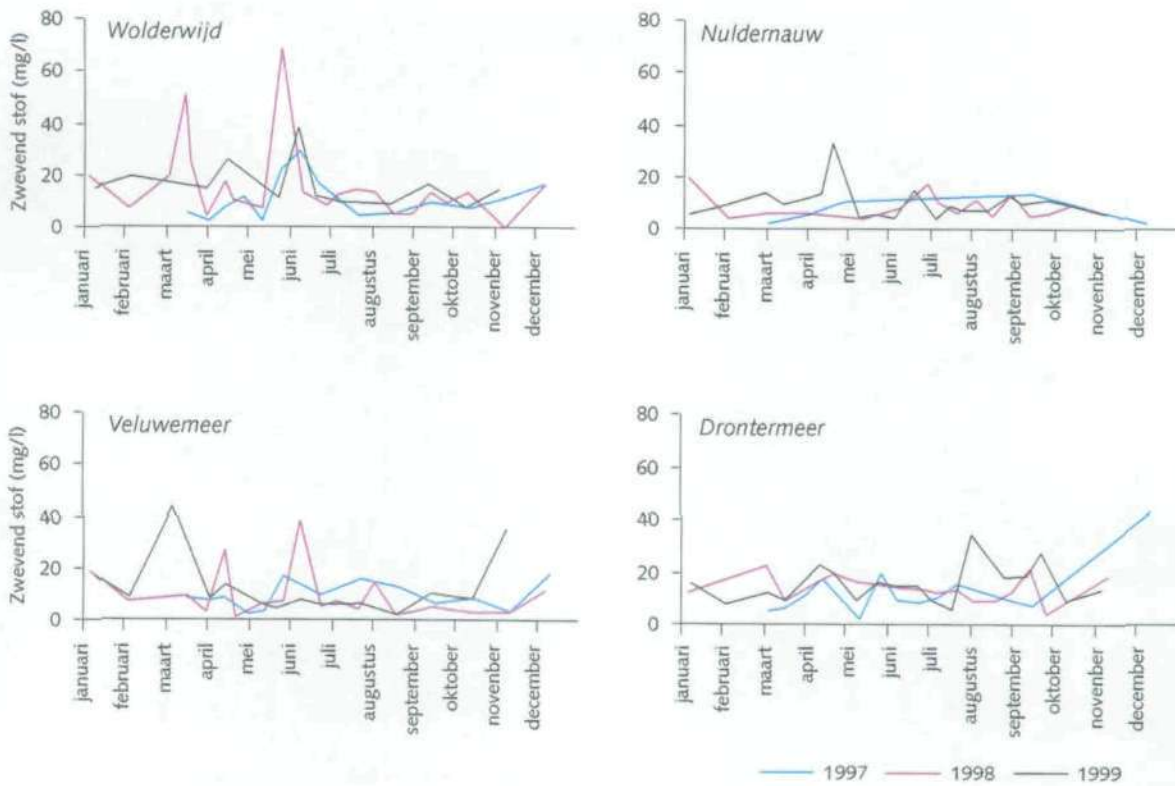
zicht in beide meren gelijk was. In 2000 zijn doorzicht metingen gedaan in het Veluwemeer met toenemende afstand vanaf de zandwinschepen. Hieruit bleek dat tot op 400 m afstand van het schip een duidelijke afname van het doorzicht te zien was (bijlage 2). De vakken in het Wolderwijd waarin de zandwinning plaatsvond lagen vanaf 1997 binnen 400 m van het monsterpunt. Vanaf 1997 lagen de schepen dicht bij het monsterpunt. Met name op twee dagen (in maart en in juni 1999) was het doorzicht erg laag en zijn zeer hoge gloeirest concentraties gemeten. Echter ook op andere dagen zijn de zwevende stof en gloeirest concentraties beduidend hoger in het Wolderwijd dan in het Veluwemeer (Figuren 2.9 en 2.10).

Veldobservaties hebben aangegeven dat in 1999 de verstoring door de zandwinning op het doorzicht groter was dan andere jaren omdat de winning in 1999 niet op een zandlaag plaats vond maar boven een losse kleilaag, die meer troebeling van het water te zien gaf. Deze kleilaag in een zanderige omgeving is terug te vinden op de bodemkaart van de randmeren. Niet alleen de afstand tot het monsterpunt geeft iets aan over de mogelijke effect op het doorzicht, maar ook het bodemtype.

Mogelijk is daarom in 1999 een vergelijkbaar doorzicht gevonden op het extra monsterpunt (dat verder van de zandwinschepen lag) en het standaard monsterpunt in het Wolderwijd.

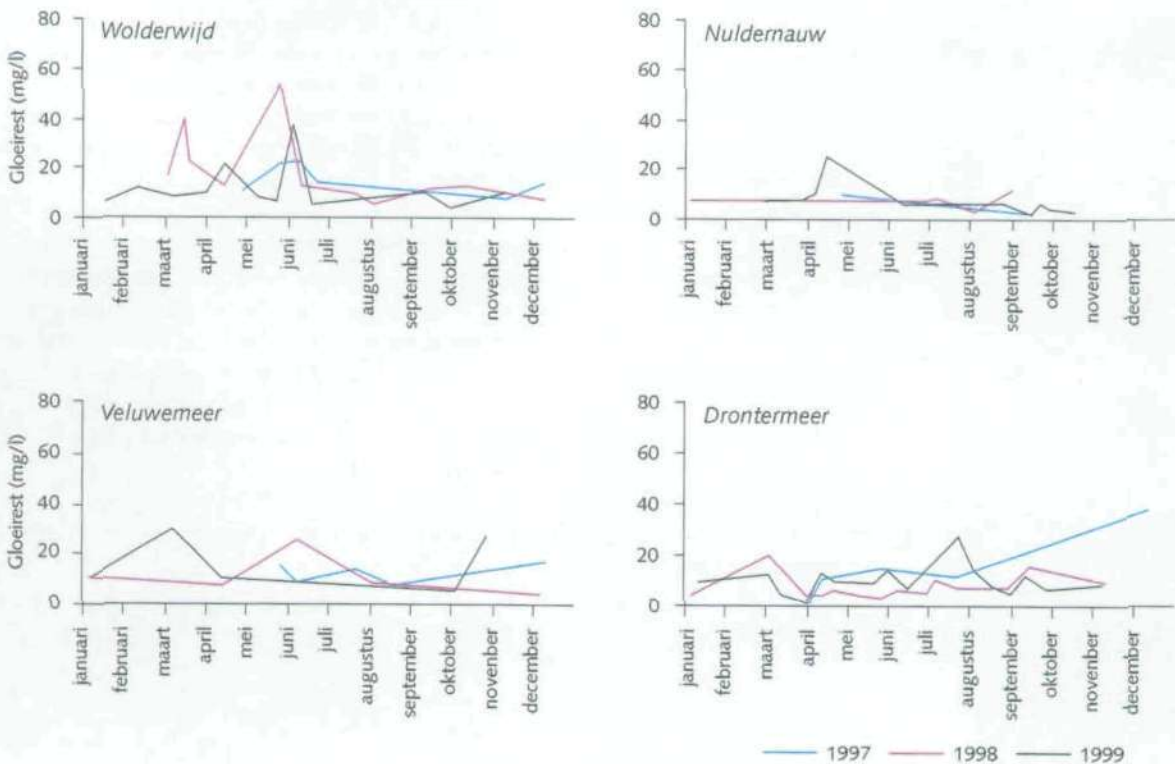
.....
Figuur 2.9

Verloop van de zwevende stof concentratie in de Veluwerandmeren in 1997, 1998, 1999.



.....
Figuur 2.10

Verloop van de gloeirest concentratie in de Veluwerandmeren in 1997, 1998, 1999.



2.4 Conclusies

Alle meren

In alle meren geven de opgelost-fosfaat concentraties aan dat in 1999 mogelijk minder fosfaatbeperking van de algengroei is opgetreden dan in 1998. De zomergemiddelde totaal-fosfaat concentratie is wel afgenomen in alle meren t.o.v. 1998.

Veluwemeer

In het Veluwemeer is opvallend dat in 1999 het water vooral in het voorjaar troebeler geweest dan in 1997 en 1998. Het ontbreken van de helder water periode in het voorjaar is waarschijnlijk het gevolg van een algenbloei in maart-april (zie hoofdstuk 3). In het Veluwemeer zijn geen aanwijzingen voor een hoge troebeling door geresuspendeerd slib.

Wolderwijd

In het Wolderwijd is het doorzicht het hele jaar lager dan in 1997 en iets lager dan in 1998. Het doorzicht blijft laag ook in perioden met zeer lage chlorofyl-a concentraties ($< 6 \mu\text{g/l}$). De relatief hoge gloeirest concentraties in het Wolderwijd geven aan dat het water in het Wolderwijd vooral troebel is door resuspensie, mogelijk als gevolg van verstoring door zandwinning. De verstoring door de zandwinning is in 1999 mogelijk groter geweest dan in andere jaren, omdat de verdiepingen in 1999 plaatsvonden op plekken met een zeer losse bodem.

Nuldernauw

Het doorzicht in het Nuldernauw is hoger dan dat van het Wolderwijd. In mei-juni zijn redelijk hoge doorzichten van 1,2 m aangetroffen, maar in het voorjaar en de nazomer was het doorzicht lager door een algenbloei. Er is minder resuspensie van bodemmateriaal opgetreden dan in het Wolderwijd.

Drontermeer

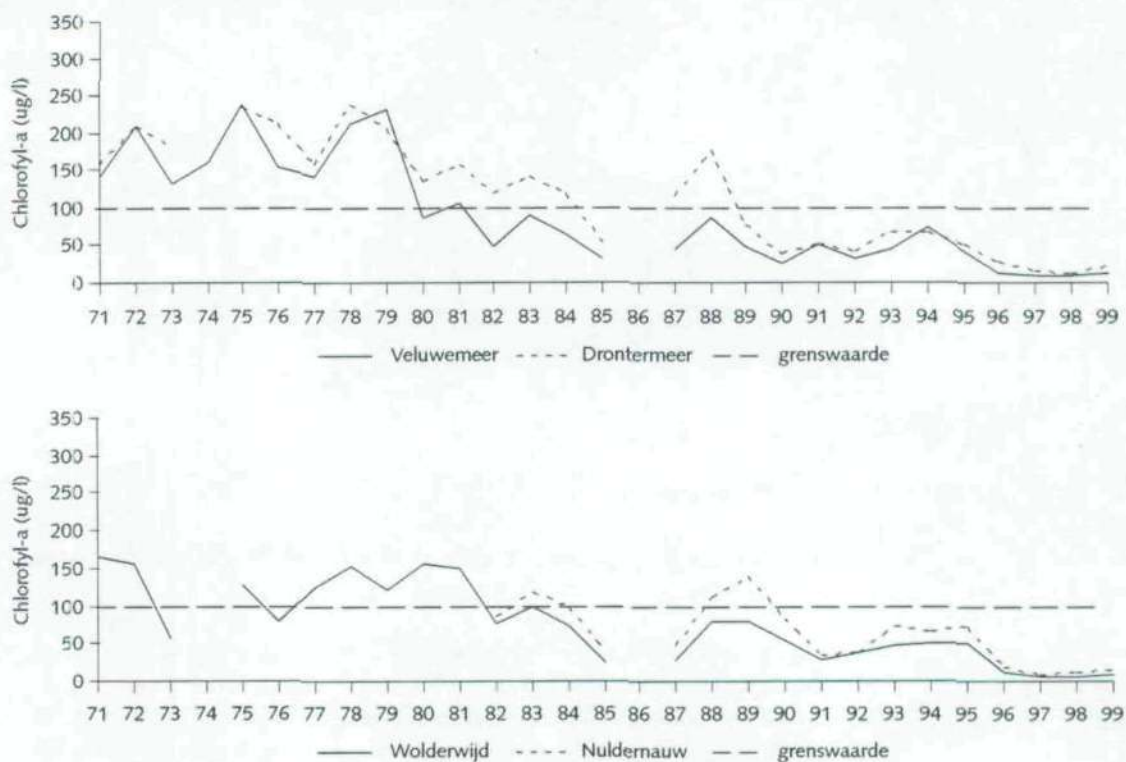
In het Drontermeer is het doorzicht in geringe mate toegenomen en werd voor het eerst een doorzicht van meer dan 1 m waargenomen.

3 Fytoplankton

3.1 Chlorofyl-a concentratie

In alle meren is de zomerhalfjaar gemiddelde chlorofyl-a concentratie in geringe mate toegenomen in 1999. In het Veluwemeer is de concentratie toegenomen van ca. 9 $\mu\text{g/l}$ in 1998 tot ca. 12 $\mu\text{g/l}$ in 1999. In het Wolderwijd van 6 $\mu\text{g/l}$ in 1998 tot 10 $\mu\text{g/l}$ in 1999. In het Nuldernauw van 13 tot 16 $\mu\text{g/l}$, in het Drontermeer van 12 tot 24 $\mu\text{g/l}$ (Figuur 3.1).

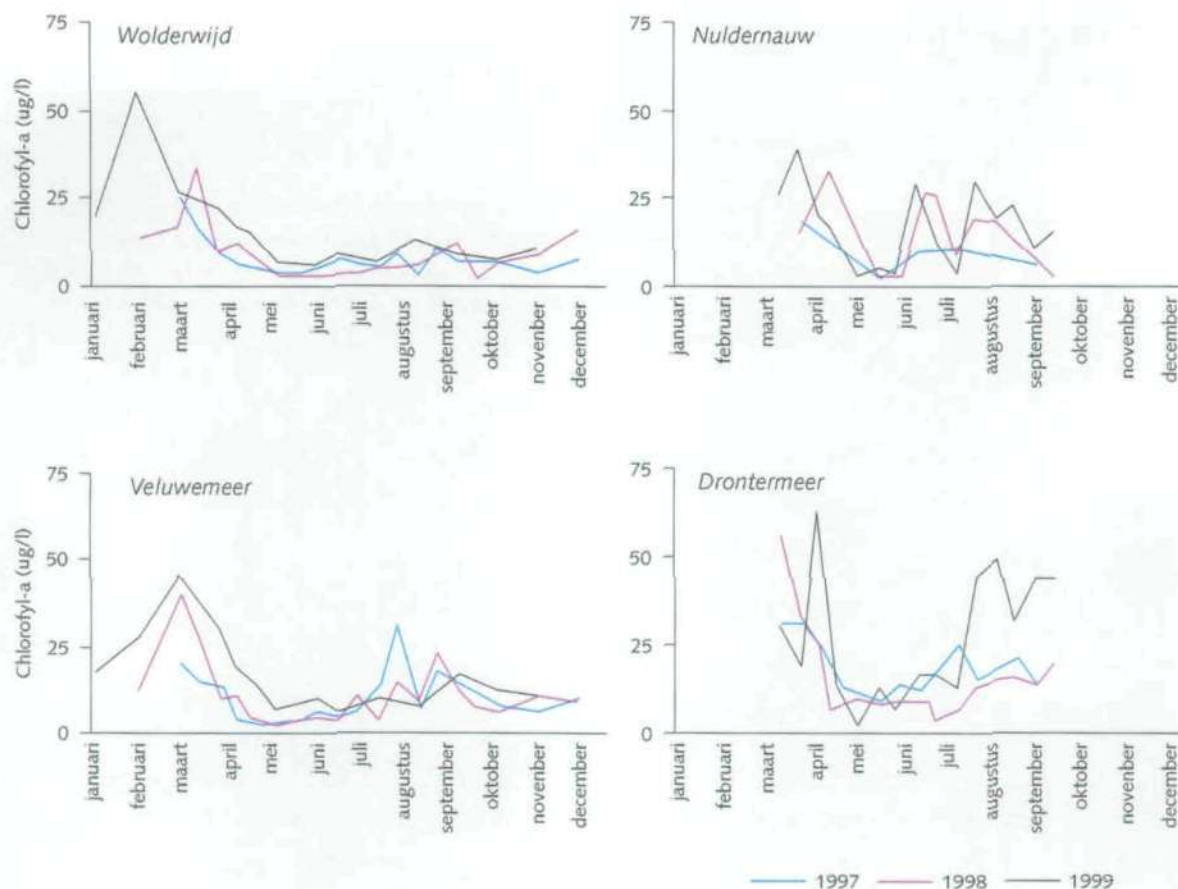
Figuur 3.1
Zomerhalfjaargemiddelde chlorofyl-a concentratie in de Veluwerandmeren van 1975-1999.



De hogere concentratie worden vooral veroorzaakt door een staartje van de voorjaarsbloei in maart waarbij chlorofyl-a concentraties tot ca. 55 $\mu\text{g/l}$ werden gemeten (Figuur 3.2). In april is deze algenbloei in het Veluwemeer en Wolderwijd afgenomen, waarbij de chlorofyl-a concentraties daalden tot maximaal 20 $\mu\text{g/l}$, terwijl in het Drontermeer in april nog een concentratie van 60 $\mu\text{g/l}$ werd gemeten. In mei-juli werden zowel in het Veluwemeer en Wolderwijd als in het Nuldernauw en Drontermeer zeer lage chlorofyl-a concentraties (3-8 $\mu\text{g/l}$) gemeten. In augustus/september namen de algen in het Nuldernauw en het Drontermeer weer toe, met maximale chlorofyl-a concentraties van ca. 30 $\mu\text{g/l}$ (NN) en 50 $\mu\text{g/l}$ (DM).

Figuur 3.2

Verloop van de chlorofyl-a concentratie in $\mu\text{g/l}$ in de Veluwerandmeren in 1997, 1998, 1999.



3.2 Algensamenstelling

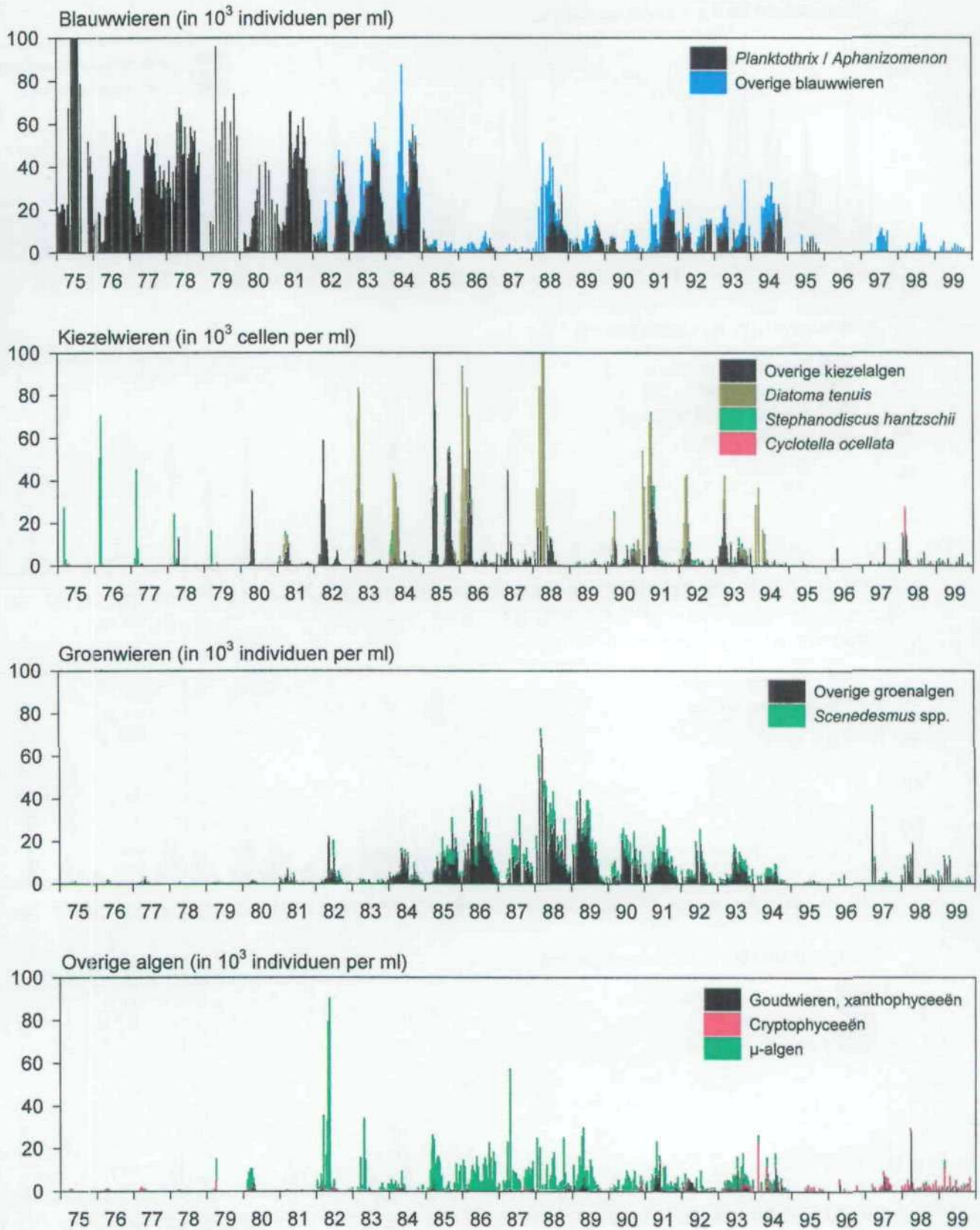
Er zijn geen gegevens van de algensamenstelling in het Drontermeer en Nuldernauw.

In het Veluwemeer en in mindere mate in het Wolderwijd is de aanwezigheid van een voorjaarsbloei van de blauwalg *Anabaena lemmermannii* var. minor in maart-april 1999 het meest opvallend (Figuur 3.3 tot en met 3.6). Deze alg is een soort die relatief helder water nodig heeft voor zijn groei. Zij komt niet voor in zeer eutrofe wateren. In het voorjaar zijn in geringe mate ook drijfslagen van deze alg aangetroffen in havens. Deze bloei is opgetreden in maart, maar is in geringe mate ook later in het jaar nog voorgekomen. Ook *Microcystis* is dit jaar vanaf juni af en toe aangetroffen. De hele zomer waren met het blote oog blauwwierkolonies in het water te zien.

Planktothrix agardhii is in 1999 nog steeds volledig afwezig in de monsters. In het voorjaar was naast de *Anabaena* bloei ook een geringe bloei van kiezelwieren en groenalgen aanwezig. In de rest van het jaar werd het plankton gedomineerd door Cryptophyceae.

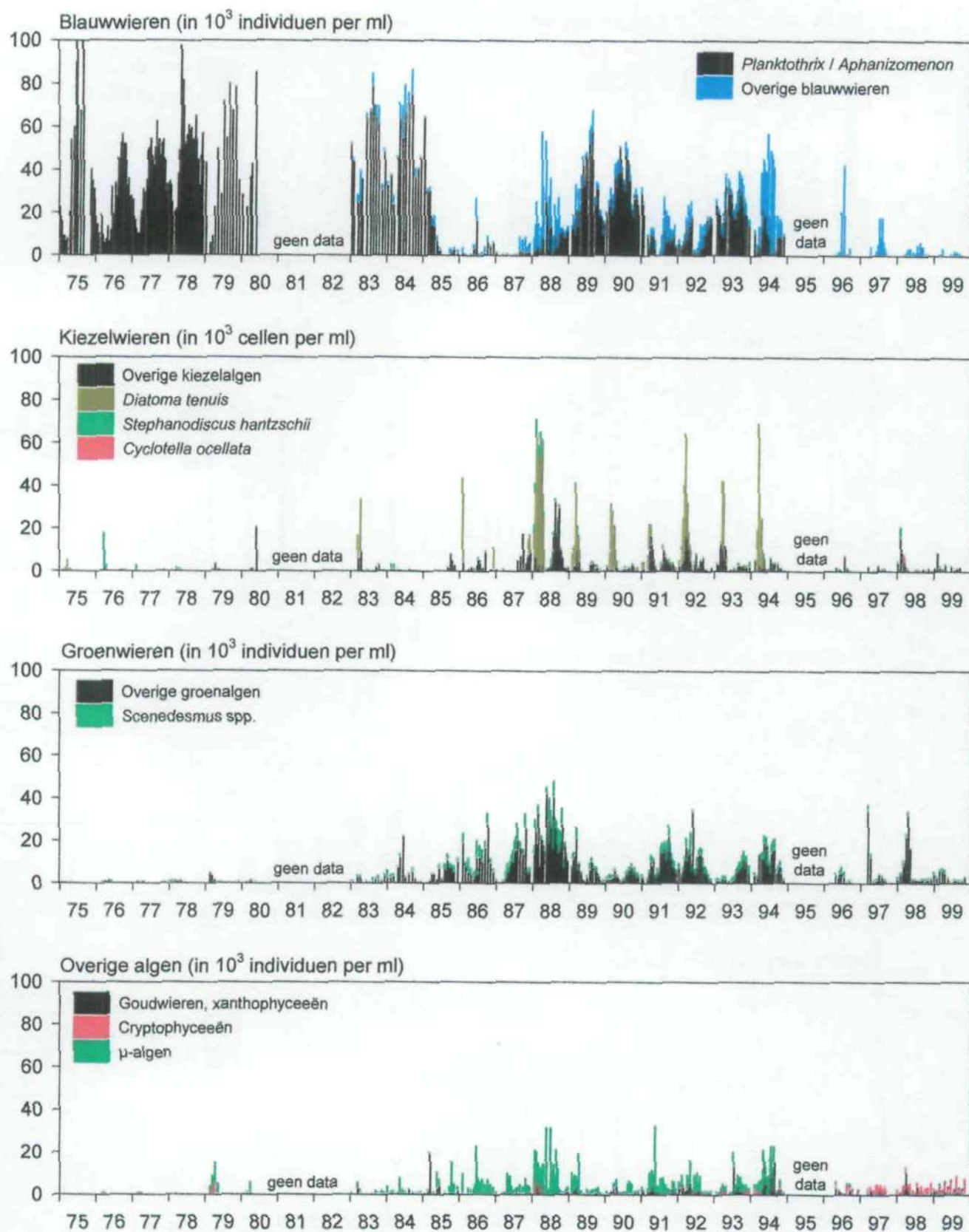
Figuur 3.3

Abundantie en soortensamenstelling van fytoplankton in het Veluwemeer (geul), 1975-1999.

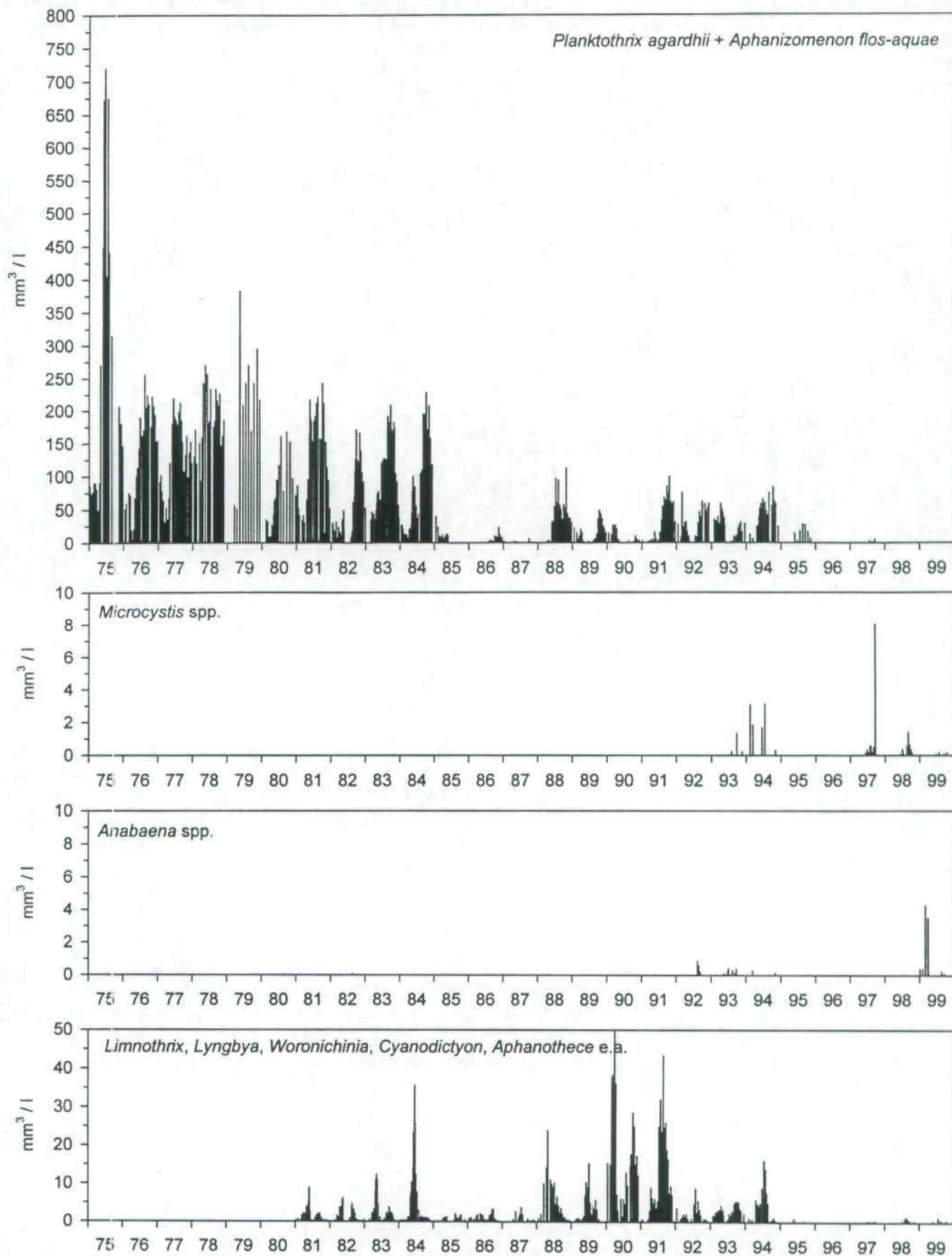


Figuur 3.4

Abundantie en soortensamenstelling van fytoplankton in het Wolderwijd (geul), 1975-1999.

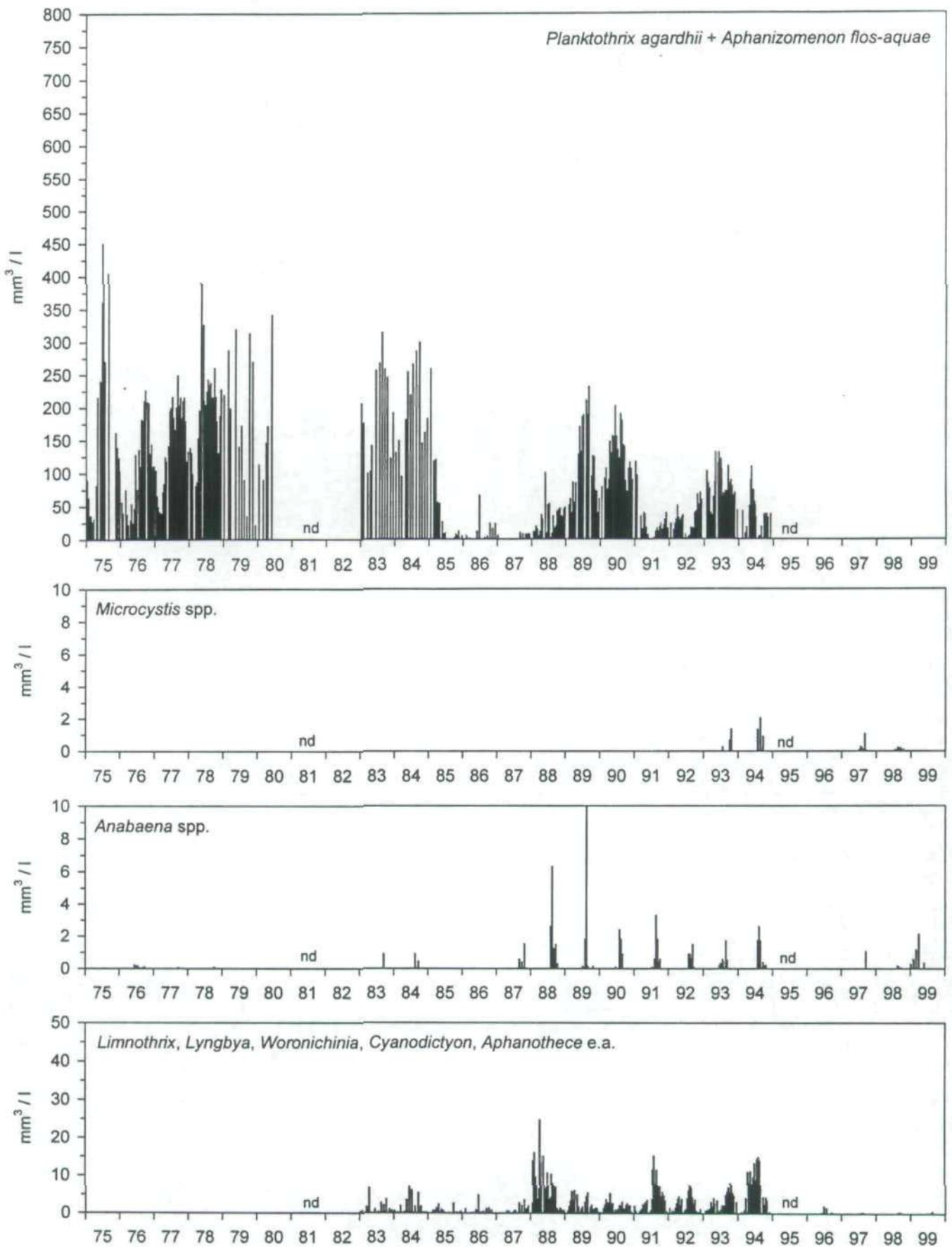


Figuur 3.5
 Biovolume en soortensamenstelling van blauwalgen in het Veluwemeer (geul), 1975-1999.



Figuur 3.6

Biovolume en soortensamenstelling van blauwalgen in het Wolderwijd (geul), 1975-1999. nd = geen data



De hoeveelheid fytoplankton was in het Veluwemeer ongeveer hetzelfde als in 1998, in het Wolderwijd was het biovolume hoger. In het Veluwemeer kwamen meer blauwalgen voor dan in het Wolderwijd. Mogelijk is het kleinere aandeel van de kolonievormende blauwalgen in het Wolderwijd het gevolg van de grote dynamiek in troebeling in het Wolderwijd. Kiezelwieren en groenwieren kunnen dat beter verdragen dan *Anabaena* of *Microcystis*.

3.3 Conclusies

- In vergelijking met de relatief goede jaren 1997 en 1998 is de hoeveelheid algen in 1999 met name in het vroege voorjaar toegenomen. Door de relatief zachte winter kon al in februari-april een sterke bloei van kolonievormende blauwalgen optreden. Deze bloei veroorzaakte met name in het Veluwemeer ook plaatselijk drijfblagen.
- Het voorkomen van deze blauwalg lijkt vooral veroorzaakt te zijn door een combinatie van rustig warm weer en een zachte winter en niet door een toename van de nutriëntenconcentraties. Naar verwachting zal onder vergelijkbare omstandigheden in de toekomst een dergelijke bloei weer kunnen voorkomen.
- In het Nuldernauw en het Drontermeer kon mogelijk door de hogere nutriëntenconcentraties in de nazomer weer een toename van de chlorofyl-a concentratie optreden, in het Wolderwijd en Veluwemeer was dat niet het geval. Ondanks de toename van de algenbiomassa ten opzichte van 1998, zijn vooral in het Wolderwijd en het Veluwemeer de chlorofyl-a concentraties nog steeds vrij laag.

4 Zoöplankton

4.1 Ontwikkelingen

Van het Drontermeer en het Nuldernauw zijn de zoöplankton gegevens nog niet beschikbaar en deze zijn daarom niet verwerkt.

De hoeveelheid *Daphnia* is in het Veluwemeer ongeveer gelijk gebleven, maar is in het Wolderwijd in het voorjaar duidelijk toegenomen (Figuur 4.1 en 4.2). *Daphnia* is in beide meren alleen in het voorjaar aanwezig. Uit een gedetailleerde opname van het zoöplankton binnen en buiten de kranswieren (hoofdstuk 6) bleek dat het aandeel juvenielen in de populatie hoger is dan in 1998 en 1997, waardoor de graasdruk van *Daphnia* is afgenomen. In het Veluwemeer werden in voorgaande jaren nog wel enkele *Daphnia*'s aangetroffen vanaf juni, maar in 1999 is dat niet meer het geval. Bij de maaiproeven nabij het eiland de Snip werden vanaf juni nog wel *Daphnia*'s (*D. cucullata*) gevonden (mond. mededeling M. van den Berg). In het Wolderwijd is ook in 1998 al geen *Daphnia* aangetroffen vanaf juni. In mei en juni is de hoeveelheid *Daphnia* beduidend hoger dan in 1998.

Het aantal copepoden is ongeveer gelijk gebleven. Net als voorgaande jaren is het aandeel calanoïde copepoden hoger dan vóór 1995. In 1999 is in het Veluwemeer het aantal raderdieren wat toegenomen en in het Wolderwijd is het aantal afgenomen.

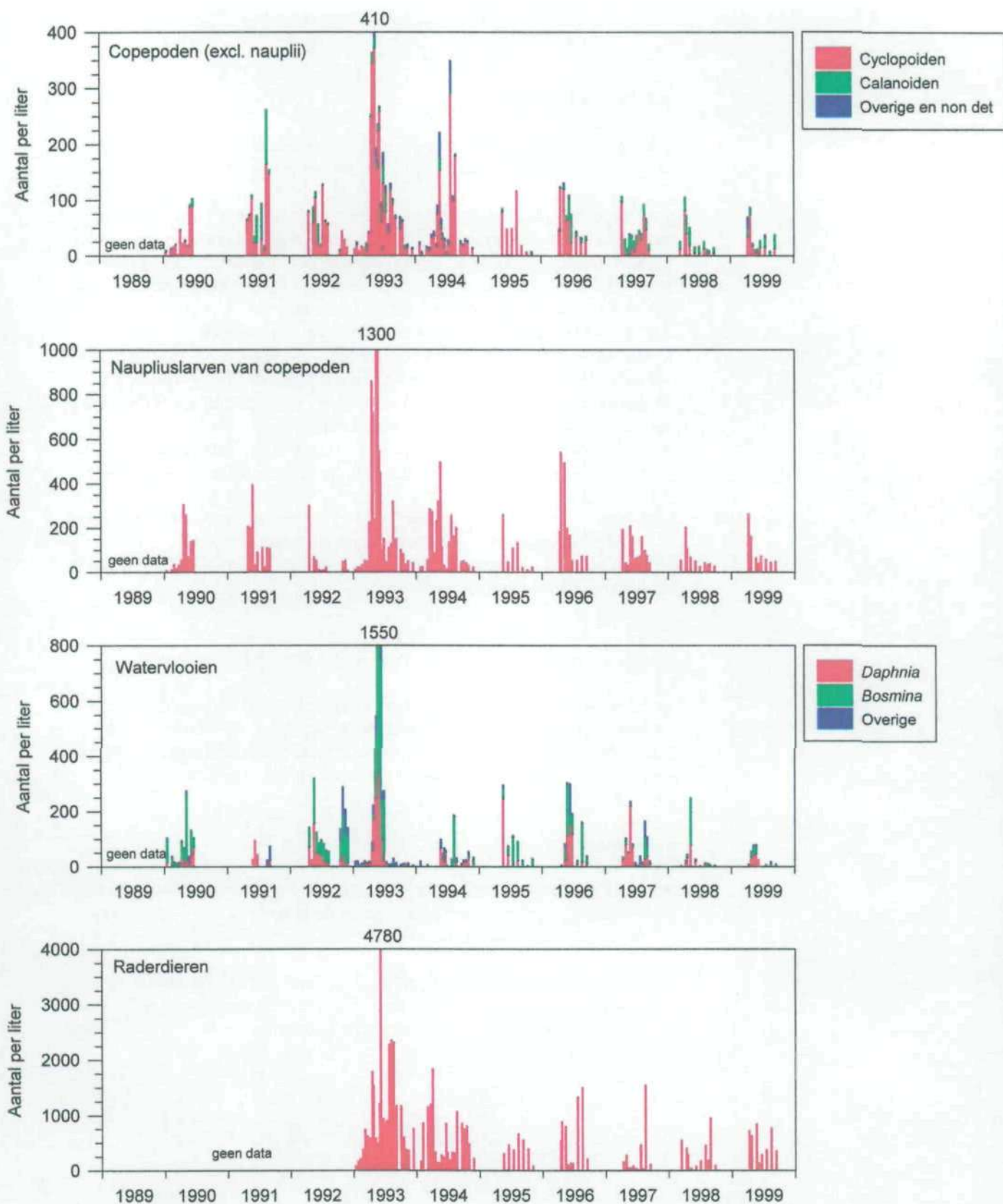
Verspreiding van het zoöplankton binnen en buiten de kranswieren

In 1999 is onderzoek verricht aan de verspreiding van zoöplankton binnen en buiten de kranswieren en de dag/nacht variatie in de bemonstering (Lammens, 2000a). Deze verspreiding is in relatie gebracht met de verspreiding van de vis en wordt besproken in hoofdstuk 6.

4.2 Conclusies

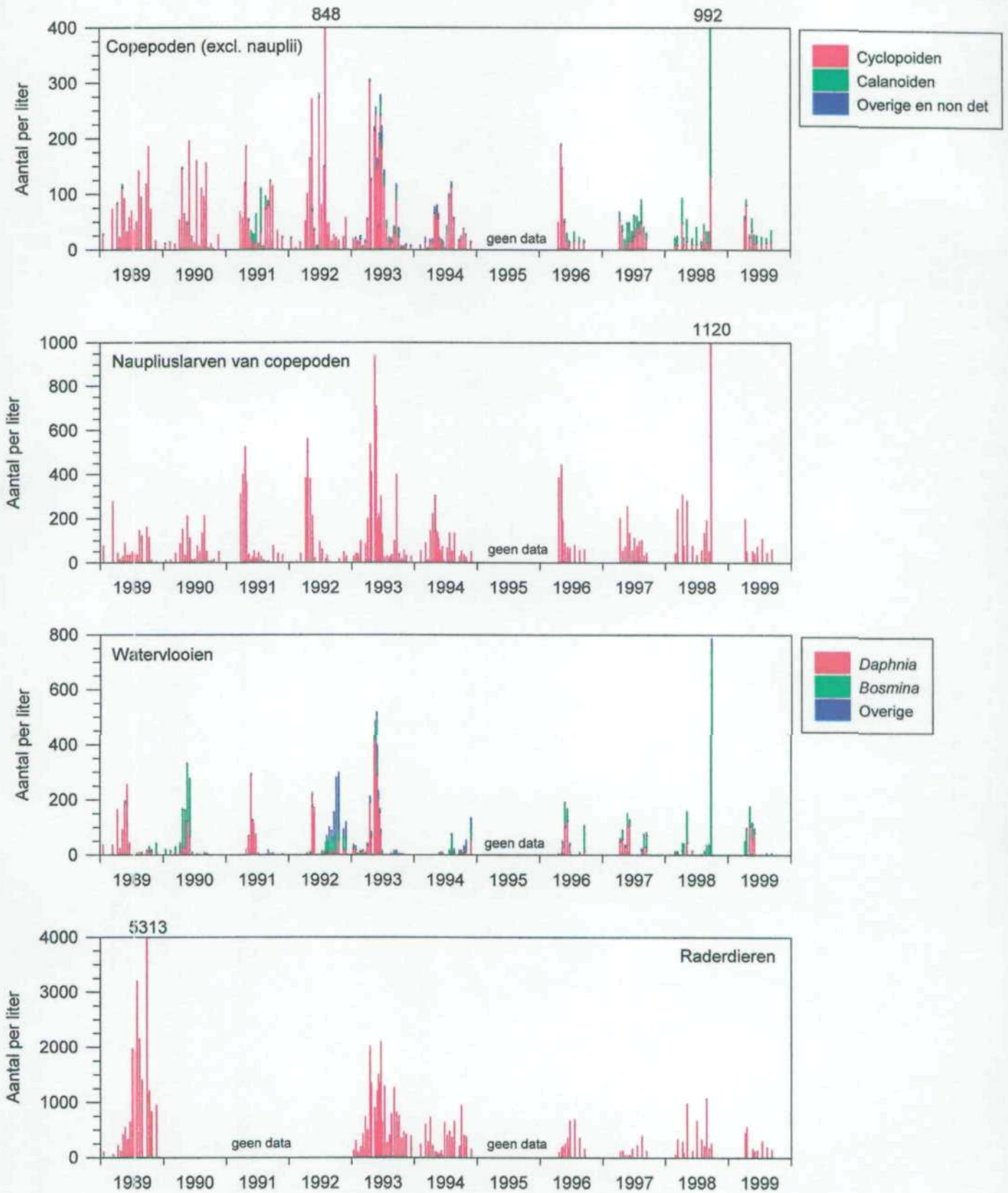
- In 1999 is in het voorjaar de graasdruk van het zoöplankton waarschijnlijk geringer geweest dan andere jaren door de aanwezigheid van kleinere *Daphnia* en kolonievormende blauwalgen.
- Door de afwezigheid van *Daphnia* vanaf juni is in de zomermaanden de graas door zoöplankton zeer laag. In vergelijking met voorgaande jaren is de graasdruk in de zomer in geringe mate afgenomen.

.....
 Figuur 4.1
 Soortensamenstelling en abundantie van zoöplankton in het Veluwemeer (geul), 1989-1999.



Figuur 4.2

Soortensamenstelling en abundantie van zoöplankton in het Wolderwijd (geul), 1989-1999.



5 Waterplanten

Marcel van den Berg

5.1 Doelstelling watervegetatie

Watervegetatie is direct of indirect de belangrijkste stabiliserende factor van helder water in de Veluwerandmeren. Een stochastisch model van de relaties tussen fosfaataanvoer, waterhelderheid en kranswierbedekking heeft laten zien dat een aanzienlijke bedekking van het meer (70% van het meer bedekt met kranswieren, overeenkomend met 30% van het gebied dat voor 100% bedekt is) met kranswieren nodig is voor het behalen van de streefnorm van het doorzicht van 1 m (Meijer *et al.*, 1999). Ook andere soorten waterplanten dragen bij aan het positieve effect op de waterkwaliteit, maar zijn in de Veluwerandmeren door hun lagere abundantie minder belangrijk.

De toename van de watervegetatie heeft ook een keerzijde, doordat planten overlast veroorzaken voor de watersport. Sinds 1999 is door RDJ ook een onderzoek gestart naar de mogelijkheden om de overlast, die de watervegetatie plaatselijk oplevert, te beperken. Op basis van deze proeven en inschattingen van effecten is besloten geen kranswieren te verwijderen, maar alleen plaatselijk Doorgroeid fonteinkruid, dat boven de kranswieren uitkomt, te maaien. De plaats en de hoeveelheid varieert van jaar tot jaar en hangt af van de mate van overlast en de mate van begroeiing.

Methoden

De watervegetatie in de Veluwerandmeren wordt intensief gemonitord. Voor de methode en de presentatie van de basisresultaten wordt verwezen naar De Witte *et al.*, 2000.

5.2 Ontwikkelingen watervegetatie 1999

Kranswieren

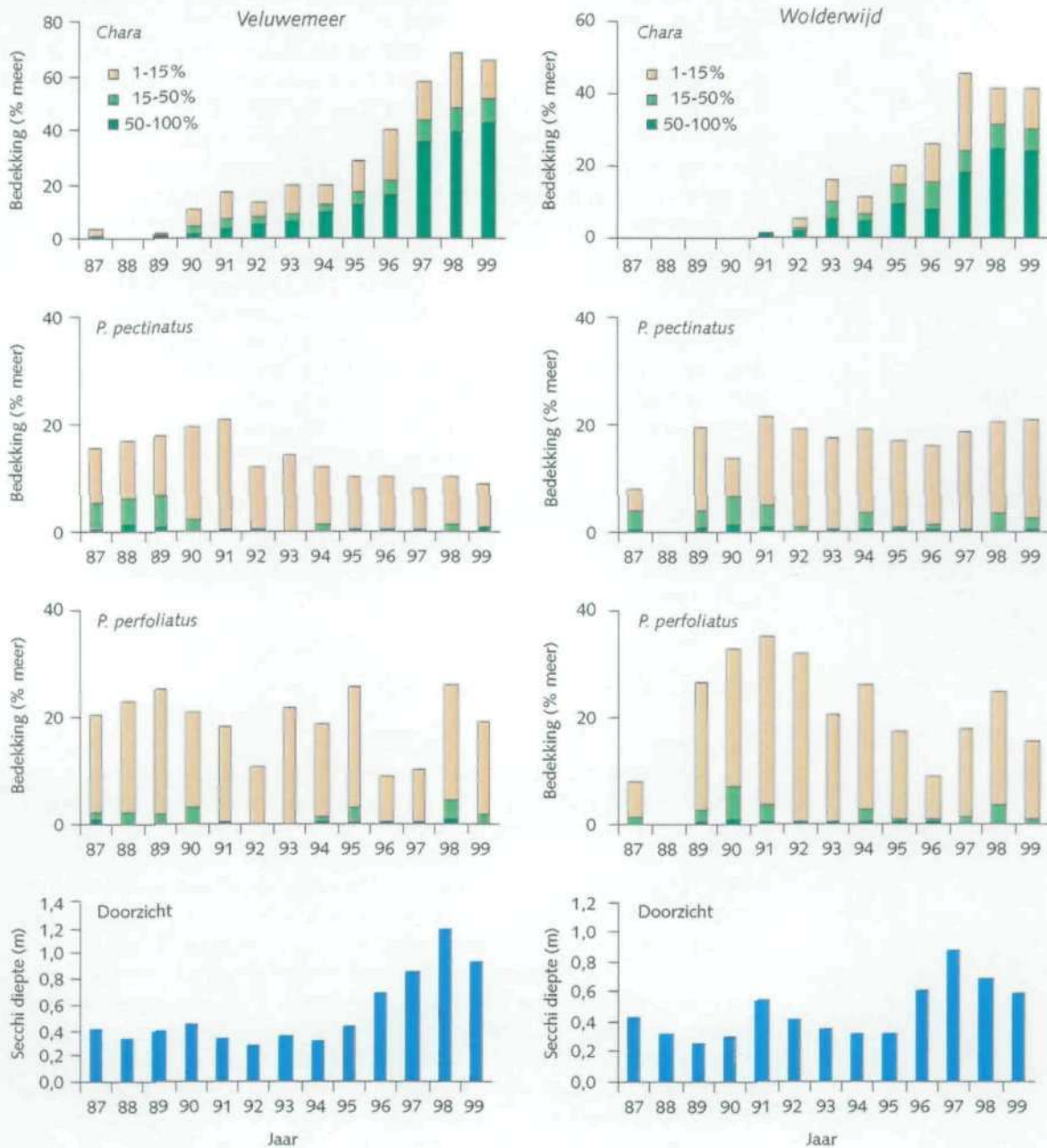
Het areaal lijkt zich te stabiliseren (Figuur 5.1). In het Veluwemeer werd in 1999 voor het eerst sinds 1994 een afname van het totale oppervlakte aan kranswier aangetroffen. Er vond hier en daar nog wel wat opvulling plaats van gebieden die eerder gekoloniseerd werden. Hierdoor steeg de inwendige bedekking (gebied dat voor 100% bedekt is) van 34% tot 36%. In het Wolderwijd is er ook sprake van kleine afname van het areaal (Figuur 5.1). De kranswieren op de diepere gedeeltes zijn aanmerkelijk achteruitgegaan. Op andere ondiepe plekken was er sprake van een kleine toename, namelijk opvulling van ijlere bedekking naar dichtere bedekking op ondiepe plaatsen. De teruggang in het inwendige bedekkingspercentage viel daardoor mee (van 17.5% in 1998 naar 17.1% in 1999). In het Drontermeer is de bedekking van kranswieren toegenomen (Figuur 5.2). Vooral de toename in hoge bedekkingsklassen is aanzienlijk, waardoor het inwendig bedekkingspercentage van 11% in 1998 toegenomen is tot 20% in 1999.

Fonteinkruiden

De fonteinkruiden in de Veluwerandmeren vertonen vergeleken met kranswieren een wisselender beeld (Figuur 5.1). Schedefonteinkruid bleef in 1999 na de afname van de hogere bedekkingsklassen begin jaren negentig een kleine rol spelen in alle drie de meren. Het areaal Doorgroeid fonteinkruid is sterk wisselend. Het jaar 1999 was redelijk gemiddeld. De hoge

bedekkingsklassen waren wel fors lager dan in het topjaar 1998. Dit is mogelijk het gevolg van een onderschatting. Doorgroeid fonteinkruid had in 1999 een vroege biomassa piek (half juni), terwijl de kartering half juli plaatsvond. In het Drontermeer is *Tenger fonteinkruid* het dominerende fonteinkruid. In 1999 nam *Tenger fonteinkruid*, ten bate van de kranswieren af (Figuur 5.2).

Figuur 5.1
Bedekking met waterplanten en zomerhalfjaargemiddelde doorzicht in het Wolderwijd/Nuldernaauw en het Veluwemeer.

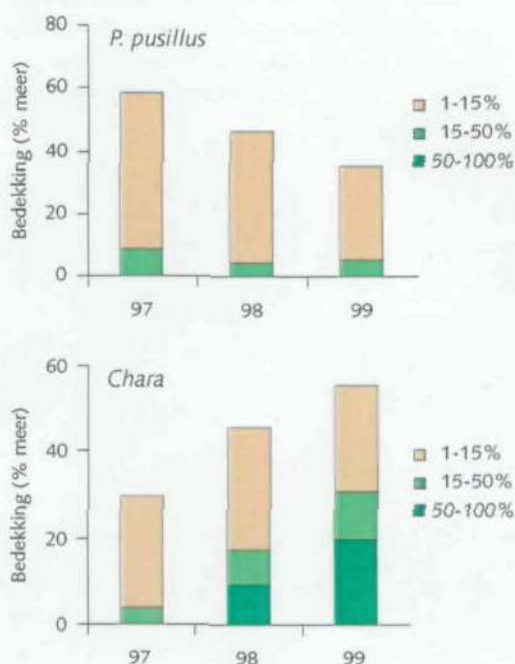


Overige soorten

Het areaal van de hogere bedekkingsklassen van draadwieren neemt toe in alle drie de meren. De toename was vooral in de hogere bedekkingsklassen te vinden. Verder was ook opvallend dat grote delen van de krans-

wiervelden vooral in het Veluwemeer bedekt waren met de kolonievormende blauwalg *Gloeotrichia* spp. In 2000 wordt hier door RIZA en RDIJ een verspreidingsonderzoek uitgevoerd om de mate en de mogelijke oorzaken te achterhalen. Voor zover bekend werden geen nieuwe soorten gevonden en werden soorten van het voorgaande jaar alle teruggevonden.

.....
Figuur 5.2
 Bedekking met *Potamogeton pusillus*
 en *Chara* in het Drontermeer.



5.3 Discussie

De uitbreiding van de kranswieren is in 1999 in het Wolderwijd en Veluwemeer gestagneerd. Voor het Veluwemeer was de stagnatie te verwachten. Bijna alle potentieel te koloniseren plekken zijn al begroeid. Hoewel het gemiddelde doorzicht iets lager was dan in voorgaande jaren, is de verwachting dat de kranswieren zich in de komende jaren op het huidige niveau zullen handhaven. Een nieuw fenomeen, dat mogelijk een bedreiging voor de vegetatie vormt, is de uitbreiding van draadwieren en bedekking van waterplanten door perifyton.

In het Wolderwijd is de situatie anders. Kranswieren zijn hier verdwenen van de diepere plekken en het doorzicht was matig en minder dan in 1998. De oorzaak van de afname van kranswieren op de diepere delen is toe te schrijven aan de afname van het doorzicht. De oorzaak voor de afname van het doorzicht is (nog) onduidelijk. Mogelijk dat zandwinning het doorzicht lokaal of op grotere schaal negatief heeft beïnvloed.

Het Drontermeer lijkt ten opzichte van het Wolderwijd en het Veluwemeer qua bedekking van kranswieren in een inhaalslag te zitten. De diepteverdeling van het Drontermeer is gunstig voor verdere uitbreiding van kranswiervegetaties.

5.4 Conclusies

- Het Veluwemeer heeft als enige meer een inwendige bedekking met kranswieren van meer dan 30%. De abundantie en de soortensamenstelling van de vegetatie lijkt zich te stabiliseren.

-
- De situatie in het Wolderwijd is niet stabiel. Het jaar 1999 is het tweede opeenvolgende jaar met een lichte afname van de kranswierbedekking (inwendige bedekkingspercentage van 17.5 naar 17.1). Vooral diepere delen hebben het in 1999 moeten ontgelden. Het lagere doorzicht is hiervoor een aannemelijke verklaring.
 - Het Drontermeer is qua bedekking met kranswieren bezig met een inhaalslag ten opzichte van het Wolderwijd en het Veluwemeer (stijging inwendige bedekking van 11 naar 20%). De kranswieren hebben zich in 1999 ten koste van Tenger fonteinkruid verder uitgebreid.

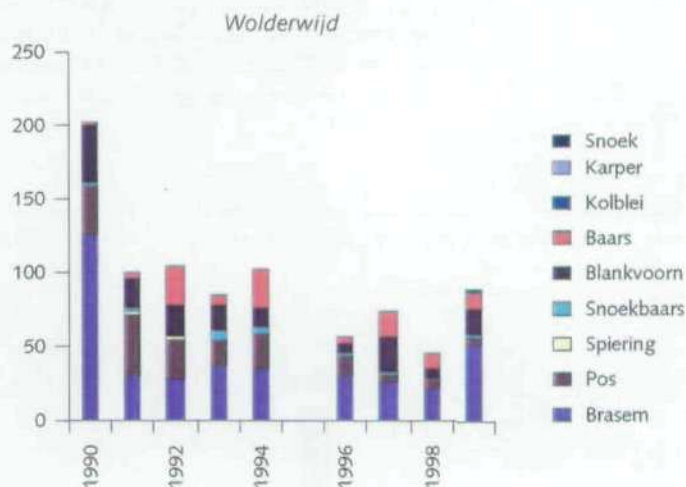
6 Vissen

Eddy Lammens

6.1 Ontwikkeling van de visstand

De belangrijkste verandering in de visstand in 1999 is de toename van brasem in het Veluwemeer en het Wolderwijd en een sterke toename van snoek in het Drontermeer (Figuren 6.1 en 6.2). De toename van brasem is het grootst in het Wolderwijd, van ca. 25 naar 50 kg.ha⁻¹, en in het Veluwemeer is deze toegenomen van ca. 16 naar 22 kg.ha⁻¹. In beide gevallen is deze toename significant en is meest waarschijnlijk toe te schrijven aan een zeer geringe visserij-intensiteit in de winter 1998-1999. Aanvankelijk was het idee dat de habitatverandering op zich (de ontwikkeling van de kranswieren) de oorzaak was van de terugdringing van de brasempopulatie. Uit de literatuur is echter precies het tegenovergestelde bekend nl. dat terugdringing of uitsluiting van de brasempopulatie ontwikkeling van kranswieren mogelijk maakt (Ten Winkel & Meulemans, 1984). Toen duidelijk werd dat er sinds 1993 in Veluwemeer intensief met zegens gevist werd en jaarlijks ca. 35 kg.ha⁻¹ verwijderd werd, is het meer aannemelijk dat niet zozeer voedselgebrek als wel visserij de grootste oorzaak was van de afname en dat de visserij de ontwikkeling van kranswieren gestimuleerd had (Lammens, 2000). Stoppen met de visserij zou betekenen dat de brasempopulatie meer ruimte kreeg om te groeien tot de grens van het dragend vermogen. Dat dragend vermogen is nu meer beperkt door de ontwikkeling van de kranswieren. Maar het is zeer waarschijnlijk dat een zich uitbreidende brasempopulatie de ontwikkeling van de kranswieren stopt en mogelijk het areaal kranswieren doet verkleinen.

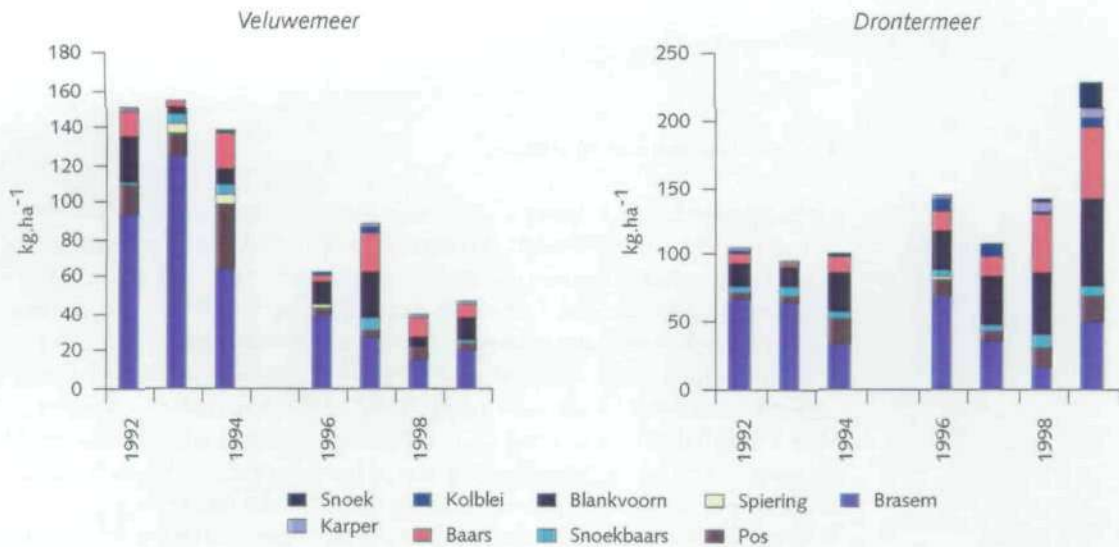
Figuur 6.1
Verandering in de samenstelling van de visstand in Wolderwijd (samen met Nuldernaauw) weergegeven als de meest dominante soorten.



Een saillant detail is de ontwikkeling van de snoekpopulatie in het Drontermeer en de daar omvangrijke baars en blankvoornpopulatie. Het relatief heldere water in combinatie met een omvangrijk prooivisbestand van blankvoorn en baars creëert goede voedselomstandigheden voor snoek. In hoeverre de snoek zelf tot ontwikkeling is gekomen of is geïmmigreerd, is voornamelijk onduidelijk.

Figuur 6.2

Verandering in de samenstelling van de visstand in Veluwemeer en Drontermeer weergegeven als de meest dominante soorten.

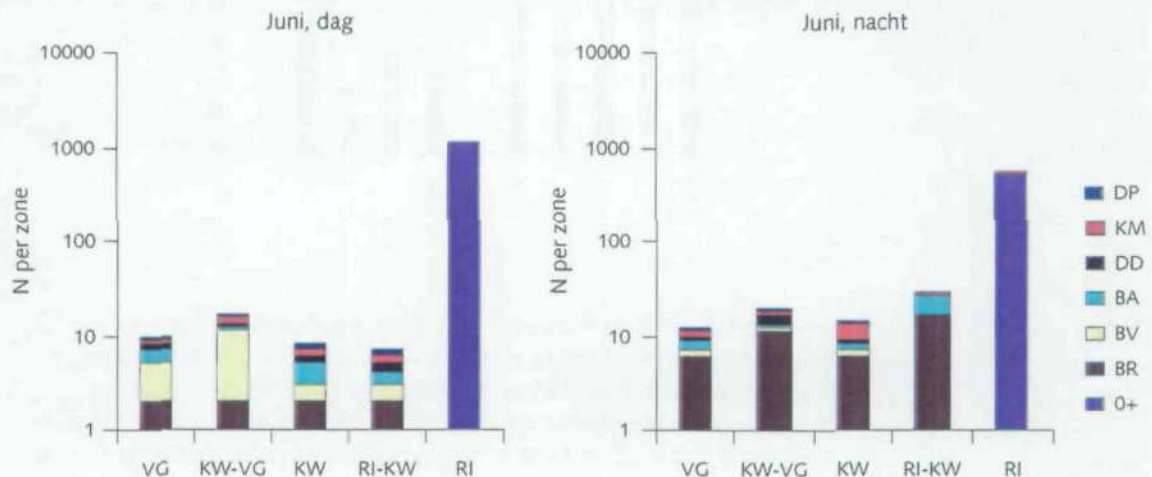


6.2 De kranswieren als habitat voor vis

In 1999 is in juni en augustus in en om de kranswieren de verspreiding van vissoorten bepaald om het belang van kranswieren als habitat te kunnen evalueren (zie ook Lammens 2000a). In juni wordt de verspreiding van vis in hoge mate bepaald door de recruitering van 0+ vis, voornamelijk brasem en blankvoorn, die geheel geconcentreerd zijn in de littorale zone (Figuur 6.3). Ze komen voor in dichtheden van ca. 20 per m², in gewicht reeds ca 20 kg.ha⁻¹. Het valt op dat de kranswieren in het geheel niet gebruikt worden als paaiplaatsen voor cypriniden. In de overige zones komt oudere vis voor, voornamelijk eenjarige brasem, blankvoorn, baars, kleine modderkruiper en drie-doornige stekelbaars. Bijzonder is dat in dit heldere water brasem alleen 's nachts actief is en blankvoorn alleen overdag, terwijl baars het gehele etmaal gevangen wordt.

Figuur 6.3

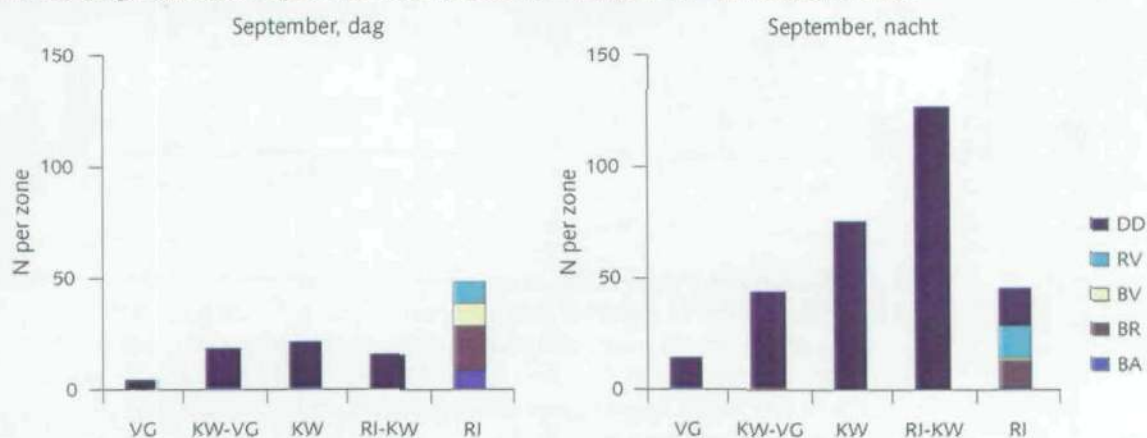
Aantallen per zone van eenjarige brasem (BR), blankvoorn (BV), baars (BA), kleine modderkruiper (KM), drie-doornige stekelbaars (DD) en 0+vis in juni. Er is onderscheid gemaakt tussen dag en nacht en de vijf zones (VG = vaargeul, KW = kranswier en RI = riet).



In september is de situatie sterk gewijzigd (Figuur 6.4). Het meest opvallende aspect is de sterke dominantie van drie-doornige stekelbaars. De kranswieren blijken een uitstekend habitat te zijn voor deze soort. De eenjarige vis is nagenoeg verdwenen uit alle zones. In de rietzone zijn nog steeds brasem en blankvoorn aanwezig, en rietvoorn heeft zich tevens in deze zone gevestigd. Van het cypriniden broed is minder dan 5% overgebleven, terwijl de groei zeer gering was, namelijk 3-4 cm. Bij gunstige omstandigheden is dit voor brasem en blankvoorn 6-7 cm (Mooij, 1992). De voedselomstandigheden moeten dus zeer slecht geweest zijn. Het is niet uitgesloten dat de grotere cypriniden weggetrokken zijn naar plekken waar ze niet gevangen worden en dat alleen de kleine achtergebleven zijn (Lammens *et al.*, 1991). Verder is opvallend dat de vangsten 's nachts veel beter zijn dan overdag, althans voor stekelbaars. Blijkbaar komen ze 's nachts uit de kranswieren naar boven en zijn dan makkelijk vangbaar. Overdag zitten ze diep in de kranswieren en is de effectiviteit van het vistuig geringer. Het is opvallend dat baars en blankvoorn nagenoeg afwezig zijn in vergelijking met 1996.

Figuur 6.4

Aantallen per zone van 0+ brasem (BR), blankvoorn (BV), rietvoorn (RV), baars (BA), drie-doornige stekelbaars (DD) in september. Er is onderscheid gemaakt tussen dag en nacht en de vijf zones (VG = vaargeul, KW = kranswier en RI = riet).

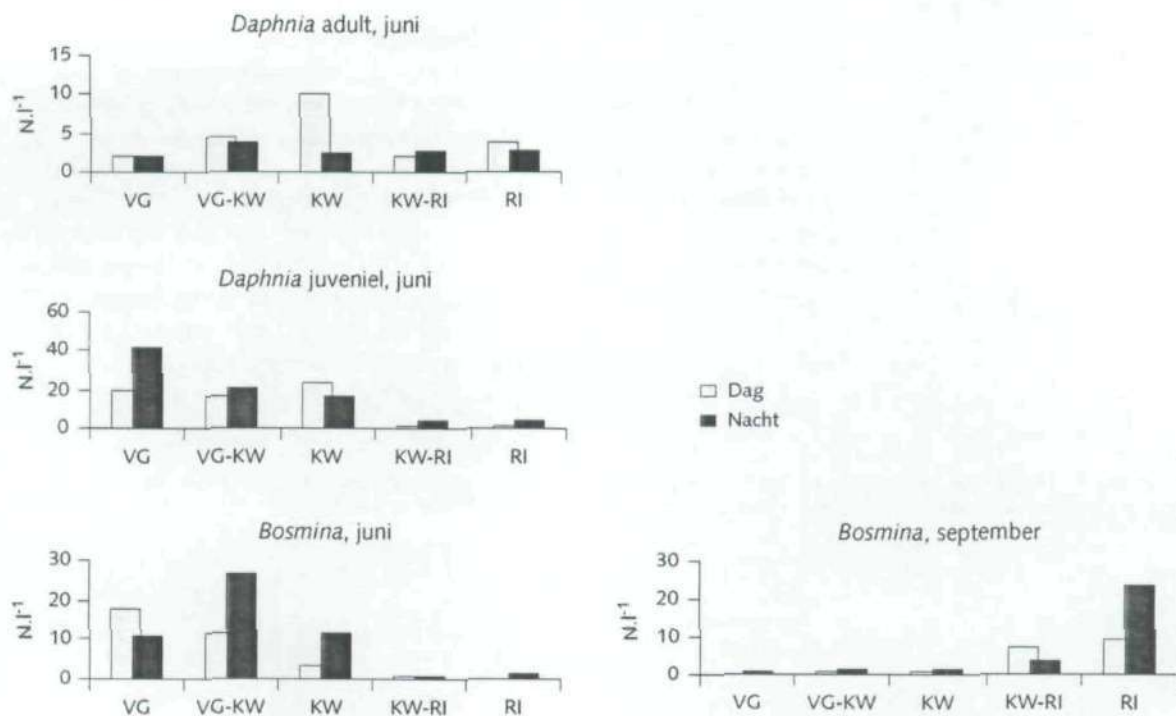


6.3 De verspreiding van zoöplankton in relatie tot kranswieren en vis

Onder de cladoceren zijn het in juni alleen de juveniele *Daphnia*'s en *Bosmina longirostris* die de sterke gradiënt van littoraal naar vaargeul veroorzaken. De adulte *Daphnia*'s hebben overdag de hoogste concentratie in de kranswieren, maar 's nachts is de spreiding nagenoeg homogeen (Figuur 6.5). In september zijn de *Daphnia*'s geheel verdwenen en is er alleen nog *Bosmina longirostris* voor zover het watervlooien betreft. Vooral in het voorjaar, vlak na de paaiperiode van vis lijkt deze ongelijke verdeling opgelegd te worden door de hoge dichtheid van jonge cypriniden om en nabij het riet. Het belangrijkste voedsel voor deze vissen, klein zoöplankton zoals *Bosmina*'s en juveniele *Daphnia*'s, verdwijnt bijna uit dit habitat en heeft in de kranswieren en het open water een bijna 10 maal zo hoge dichtheid. Het is meer waarschijnlijk dat predatie en niet voedsel (voor zoöplankton) hiervan de oorzaak is, hoewel de gegevens om dat te ondersteunen juist verloren zijn gegaan.

Figuur 6.5

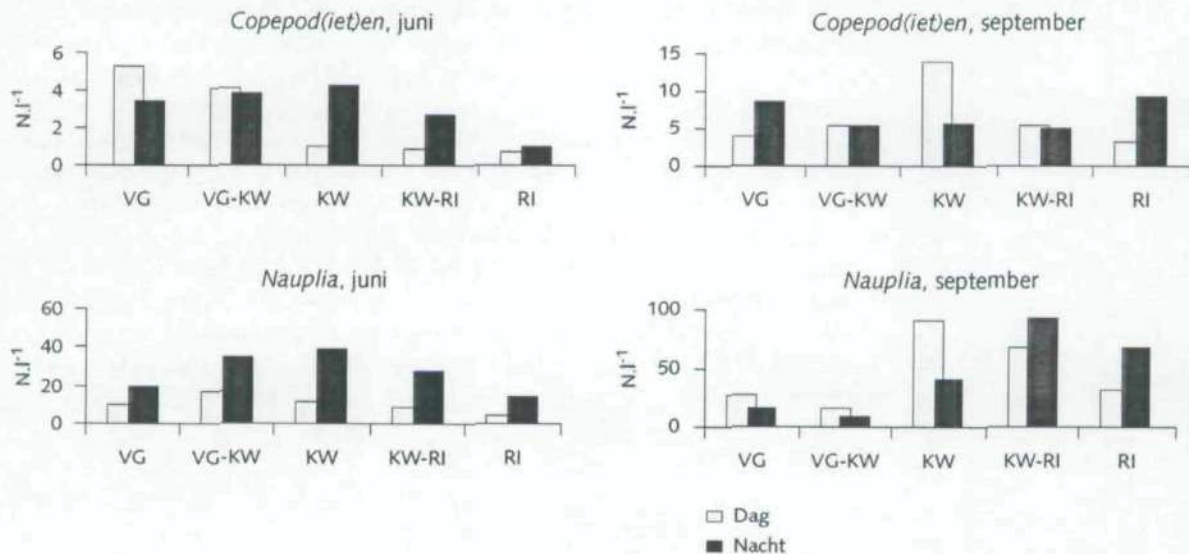
Aantallen per liter van *Daphnia* en *Bosmina longirostris* in juni en september. Er is onderscheid gemaakt tussen dag en nacht en de vijf zones (VG = vaargeul, KW = kranswier en RI = riet).



De copepoden (voornamelijk copepodieten) vertonen in juni overdag een vrij sterke gradiënt van littoraal naar vaargeul (Figuur 6.6). Dit geldt het sterkste voor alle stadia ouder dan nauplius. 's Nachts is de gradiënt wat minder geprononceerd. Omdat copepoden sneller kunnen bewegen dan de kleine cladoceren is het waarschijnlijk dat zij een sterkere horizontale migratie vertonen in de overgang van dag naar nacht. Dat zoöplankton reageert op vis is reeds vele malen aangetoond (Ringelberg *et al.*, 1991), maar dat het zo

Figuur 6.6

Aantallen per liter van copepoden en nauplia in juni en september. Er is onderscheid gemaakt tussen dag en nacht en de vijf zones (VG = vaargeul, KW = kranswier en RI = riet).

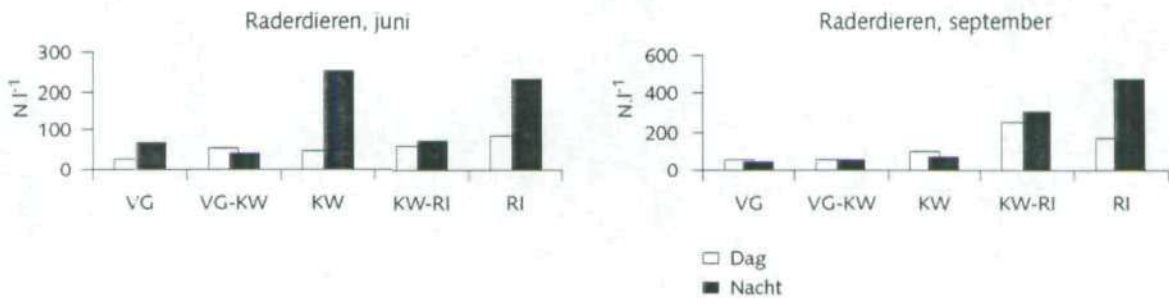


selectief gebeurt is bij mijn weten niet eerder aangetoond. In september is overdag de verdeling van copepoden en nauplia geconcentreerd in de kranswieren en 's nachts zijn de nauplia geconcentreerd in het littoraal, maar de oudere copepoden zijn meer homogeen verdeeld.

De raderdieren tonen zowel in juni als in augustus een gradiënt van laag in vaargeul naar hoog in littoraal (Figuur 6.7). Het verschil tussen dag en nacht is gering. De raderdieren die te klein zijn om effectief gegeten te worden bereiken juist de hoogste dichtheden in en nabij het riet mogelijk door competitie met de cladoceren.

Figuur 6.7

Aantallen per liter van raderdieren in juni en september. Er is onderscheid gemaakt tussen dag en nacht en de vijf zones (VG = vaargeul, KW = kranswier en RI = riet).



6.4 Conclusies

Ontwikkeling van de visstand

- In 1999 is brasem toegenomen in het Veluwemeer, en de brasembio-massa is zelfs verdubbeld in het Wolderwijd, terwijl in het Drontermeer sprake is van een sterke toename van snoek.
- De toename van de brasem is in het Veluwemeer en het Wolderwijd waarschijnlijk toe te schrijven aan een zeer geringe visserij-intensiteit in de winter 1998-1999.

Gebruik van kranswieren door vis

- In juni zijn 0+ brasem en blankvoorn geheel geconcentreerd in de littorale zone; de kranswieren worden niet gebruikt als paaiplaatsen voor cypriniden.
- Oudere vis, voornamelijk eenjarige brasem, blankvoorn, baars, kleine modderkruiper en drie-doornige stekelbaars, komt voornamelijk voor in de overige zones.
- In september domineert drie-doornige stekelbaars in de kranswieren en is de eenjarige vis nagenoeg verdwenen uit alle zones. Alleen in de riet-zone zijn dan nog 0+ brasem en blankvoorn aanwezig (slechts 5% van de populatie in juni).

Invloed van vis en kranswieren op het zoöplankton

- In juni hebben *Daphnia*'s overdag de hoogste concentratie in de kranswieren, maar 's nachts is de spreiding nagenoeg homogeen. De ongelijke verdeling overdag is opgelegd door de hoge dichtheid van jonge cypriniden om en nabij het riet.
- In september zijn de *Daphnia*'s geheel verdwenen, waarschijnlijk door predatie door stekelbaars en is van de watervlooien alleen nog *Bosmina longirostris* aanwezig.

-
- De snel bewegende copepoden (voornamelijk copepodieten) vertonen een sterkere horizontale migratie in de overgang van dag naar nacht dan de kleine cladoceren.

7 Watervogels

Ruurd Noorhuis

7.1 Ontwikkelingen

Het watervogelseizoen 1999/2000 was met een maximum van 84.000 vogels (Veluwerandmeren totaal) minder rijk dan het vorige, toen het maximum aantal vogels ruim 99.000 bedroeg. Dit werd veroorzaakt door een forse afname in het Veluwemeer (max. van 6.4434 naar 48.830); in het Drontermeer en het Wolderwijd/Nuldernauw werden juist meer vogels geteld (resp. van 4.145 naar 6.902 en van 33.591 naar 39.010). Door het beperkte aantal Nonnetjes en het aanhoudend lage aantal Aalscholvers overschreden "slechts" 7 soorten de 1%-norm van de Ramsar conventie (Tabel 7.1) in vergelijking tot 9 soorten in 1998.

Veluwemeer

De opvallende afname in het Veluwemeer komt vooral op het conto van de herbivoren. De beide talrijkste soorten, Meerkoet en Tafeleend, bereikten niet zulke hoge aantallen als vorig jaar, terwijl ook de verblijfsduur afnam (Figuur 7.1). Het aantal Knobbelzwanen was wel hoger dan voorheen, mogelijk in verband met de verslechterde situatie langs de Friese kust, waar *de hoeveelheid waterplanten is afgenomen. Ook de Knobbelzwanen namen* echter wat eerder af dan in het vorige seizoen, en bereikten in maart een lager minimum. Van de Kleine Zwaan werden opvallend lage aantallen geteld (Figuur 7.2), ondanks dat het waterpeil in het algemeen gunstig was. De kwaliteit van het kranswier (sterke aangroei met perifyton) kan een rol gespeeld hebben, mogelijk ook de hoge aantallen Knobbelzwanen in de periode voor aankomst van de Kleine Zwanen.

De beide "echte" benthivoren, Kuifeend en Brilduiker, zijn toegenomen. Er is in 1999 geen bodemkartering van Driehoeksmosselen uitgevoerd, maar de bemonsteringen van de stenen op de oevers suggereren een verdere toename van de mosselen (zie hoofdstuk 8).

De ontwikkelingen bij de viseters verschillen per soort. De beide zaagbekken (Nonnetje en Grote Zaagbek) bereikten iets minder hoge aantallen, de Fuut, *die in het Veluwemeer in relatief lage dichtheden voorkomt, bleef ongeveer* gelijk. De Aalscholver was in het voorgaande seizoen sterk afgenomen, en deze situatie bleef in 1999/2000 gehandhaafd.

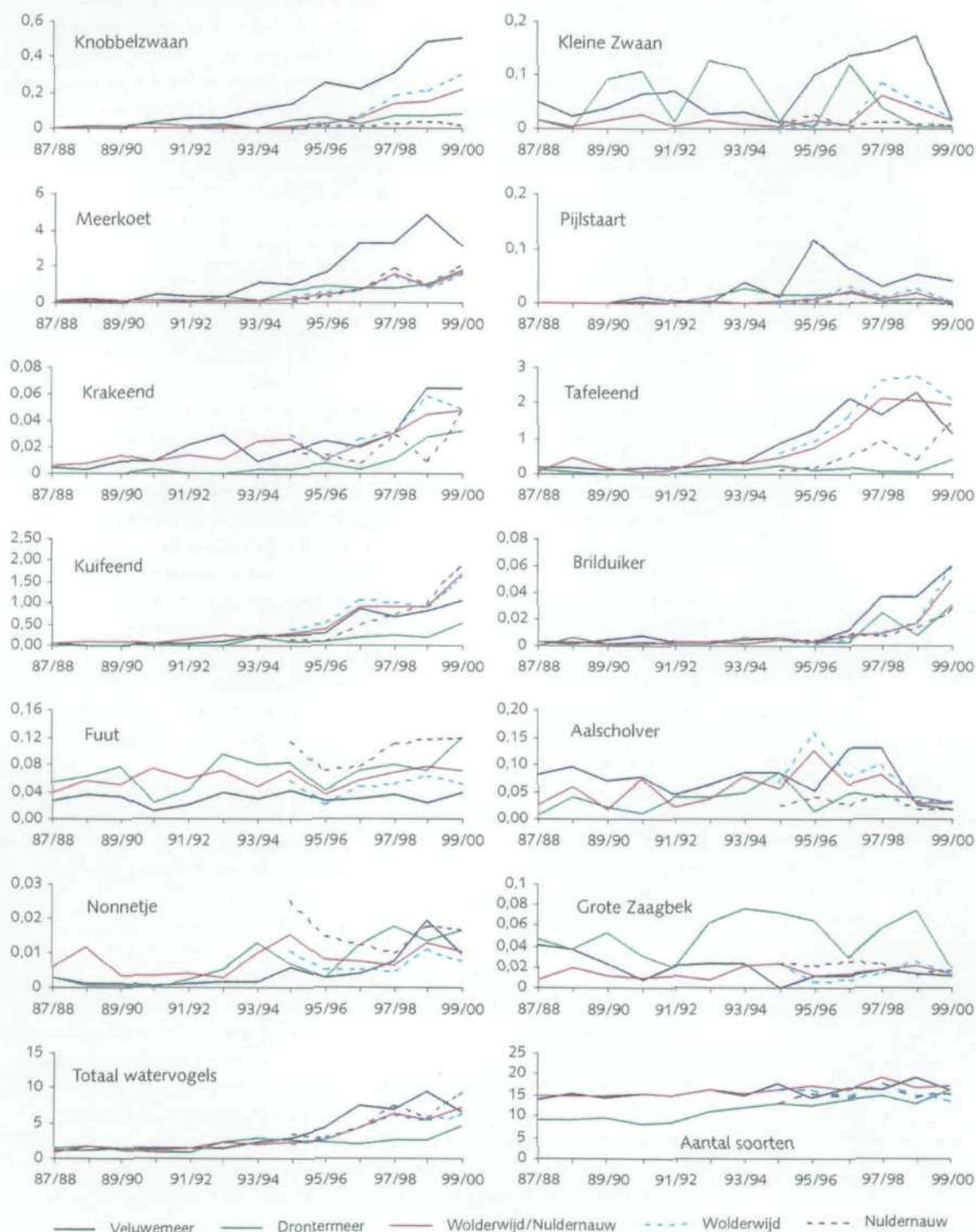
Wolderwijd/Nuldernauw

In het Wolderwijd is van een opvallende afname van het aantal herbivoren geen sprake geweest. Knobbelzwanen, Meerkoeten en Krakeenden waren talrijker dan voorheen, terwijl de afname bij de Tafeleend veel minder sterk was (Figuur 7.2). Het aantal Kleine Zwanen en Pijlstaarten bleef echter beperkt. Er is weinig verschil meer tussen Wolderwijd en Veluwemeer in de lengte van het seizoen, voor de Meerkoeten was het seizoen 1999/2000 in het Wolderwijd zelfs een maand langer (Figuur 7.1). Opvallend was een sterke toename van een aantal herbivoren en benthivoren in het Nuldernauw. Voor de mosseleeters Kuifeend en Brilduiker was de toename ook in

het Wolderwijd zeer sterk; ook hier waren aanwijzingen voor een verdere toename van het mosselbestand (zie hoofdstuk 8).
 Bij de viseters is het beeld ongeveer gelijk aan dat van het Veluwemeer: de aantallen zaagbekken en Futen waren ongeveer gelijk of iets lager dan in het voorgaande seizoen, bij de Aalscholver is het in het vorige seizoen verlaagde aantal gehandhaafd.

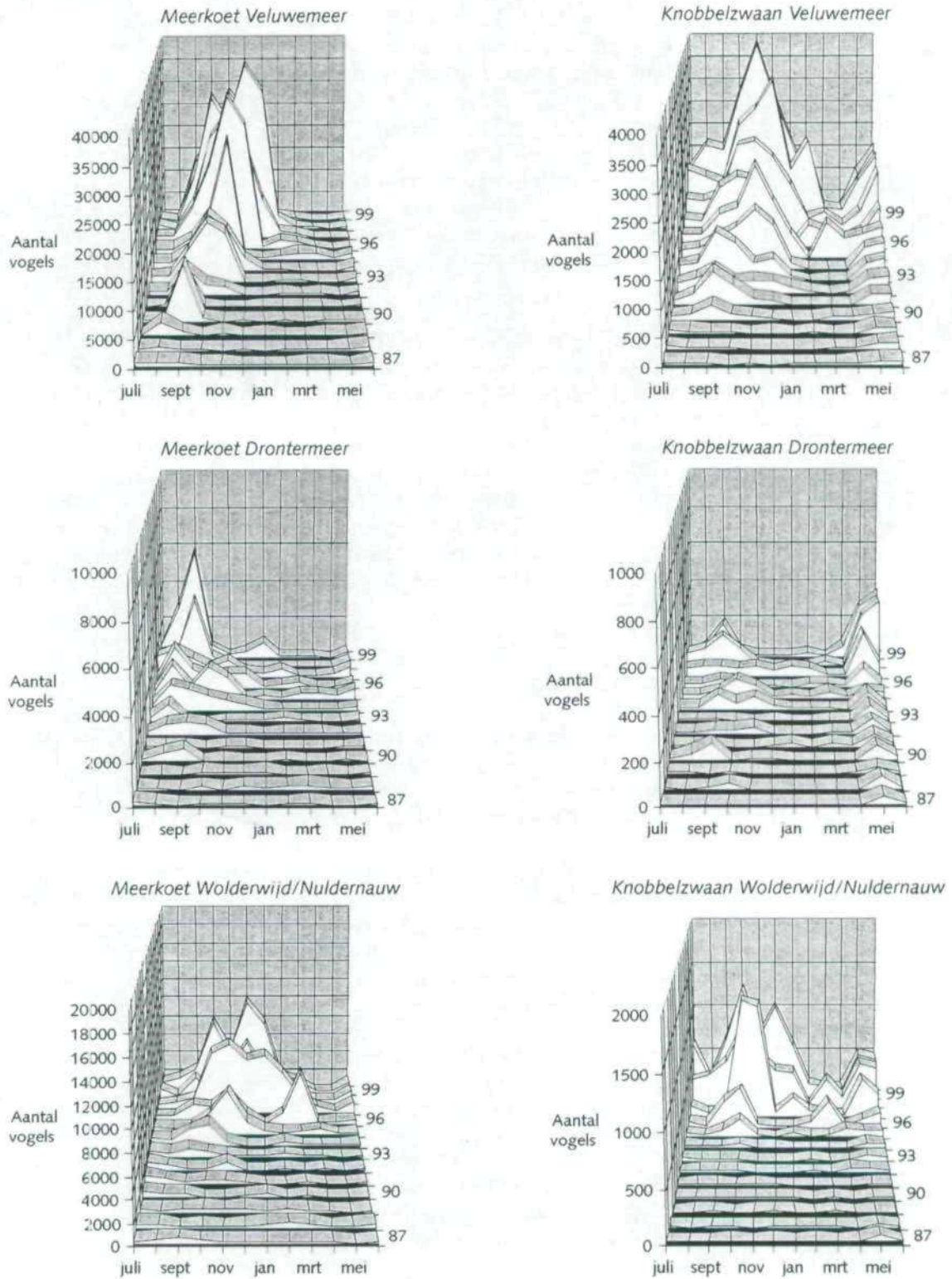
Figuur 7.1

Aantalsverloop van enkele soorten watervogels in de afzonderlijke randmeren, uitgedrukt in gemiddeld aantal per hectare (september-februari).



Figuur 7.2

Aantalsverloop van Meerkoet en Knobbelzwaan in de drie deelsystemen over de achtereenvolgende seizoenen 1987/1988 t/m 1999/2000 (juli t/m juni).



Drontermeer

In het Drontermeer was het gemiddeld aantal vogels sterk verhoogd ten opzichte van het voorgaande seizoen, met name door een hoger aantal Meerkoeten (Figuur 7.2). Dit komt overeen met een forse toename van de hoeveelheid kranswier in het Drontermeer. De aantallen piekten echter sterk in september, en in oktober waren de meeste Meerkoeten al weer weg (Figuur 7.1). De Knobbelzwanen vertoonden een soortgelijk beeld. Deze situatie komt sterk overeen met die in het Veluwemeer in de periode 1990-1993. Wellicht treedt ook in het Drontermeer in de komende jaren een verlenging van het seizoen op.

De mosselelers Kuifeend en Brilduiker namen net als in de andere meren toe; bemonsteringen van de oeverbeschoeiing in het Drontermeer suggereerden een beperkte toename van het bestand Driehoeksmosselen (zie hoofdstuk 8).

Van de viseters vertoonde de Fuut een opvallende toename, terwijl de Grote Zaagbek, anders in relatief hoge dichtheden in het Drontermeer aanwezig, dit jaar beperkt bleef tot dezelfde dichtheden als in de andere Veluwerandmeren.

De soortenrijkdom in het Drontermeer was voor het eerst even hoog als in de andere meren, ondanks de veel kleinere omvang van het gebied. Enkele minder talrijke soorten, zoals Wintertaling, Zomertaling en Grote Zilverreiger komen de laatste jaren in het Drontermeer in veel hogere dichtheden voor dan in de andere Veluwerandmeren, en ook andere reigerachtigen (Purperreiger, Kleine Zilverreiger, Roerdomp), Lepelaars en Waterrallen worden hier vaker opgemerkt.

7.2 Conclusies

Het maximum aantal watervogels was in 1999 in het Veluwemeer aanzienlijk lager dan in het voorgaande jaar, in het Wolderwijd en Drontermeer werden daarentegen nieuwe records gevestigd. In totaal overschreden 7 soorten de 1%-norm, met de Tafeleend als topscorer met 8.4%.

In het Veluwemeer waren de aantallen herbivoren relatief laag en bleven ze wat korter dan in het voorgaande seizoen. Meest opvallend was het lage aantal Kleine Zwanen. De lage aantallen kunnen zijn verbonden aan een relatief slechte kwaliteit van de kranswieren op de ondiepten i.v.m. sterke aangroei met perifyton. Benthivore watervogels (mossel-eters) namen in het Veluwemeer wel verder toe.

In het Wolderwijd was de toename van benthivoren nog sterker en er was geen sprake van afname van herbivoren. In het Nuldernauw namen beide groepen zodanig toe dat in totaal sprake was van de hoogst tot nu toe gemeten watervogeldichtheid in alle Veluwerandmeren.

In het Drontermeer is het totaal aantal vogels toegenomen door een hoog aantal Meerkoeten in verband met de toegenomen dichtheid van kranswier. De verblijfsduur is hier echter nog kort.

Tabel 7.1

Soorten die in één of meer seizoenen de 1%-norm van de Ramsar-conventie overschrijden volgens de boottellingen van Provincie Flevoland. Maxima per seizoen (sept 1/m april) in percentages van de West-Palearctische populatie (= norm x 100) volgens Rose & Scott 1997. Overschrijdingen zijn gearceerd. De omvang van de populaties van een aantal soorten is recent gewijzigd. De nieuwe normen zijn gebruikt voor 1998/1999 en 1999/2000.

Gebied	Soort	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	norm l/m	norm vanaf 98/99
Veluwemeer	Aalscholver	0,3	0,3	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	0,1	0,2	2000	2000
	Knobbelzwaan	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,3	0,6	0,7	1,1	0,9	1,2	1,6	1,9	1800	2000
	Kleine Zwaan	6,7	1,5	5,2	9,3	10,6	3,2	4,9	1,3	15,3	15,2	18,5	7,5	1,1	170	250
	Krakeend	0,1	0,1	0,3	0,5	0,8	0,8	0,4	0,7	1,2	0,8	1,0	2,5	2,0	250	300
	Pijlstaart	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,9	0,2	1,7	0,9	0,6	1,7	1,5	700	600
	Tafeleend	0,4	0,4	0,6	0,4	0,5	0,5	1,1	2,9	5,7	7,1	4,3	9,1	3,7	3500	3500
	Kuifeend	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	1,0	0,8	0,6	1,3	7500	10000
	Nonnetje	0,1	0,1	0,3	0,5	0,8	0,8	0,4	0,7	1,2	0,8	0,5	1,3	0,6	150	250
	Meerkoet	0,0	0,0	0,0	0,7	0,5	0,4	0,8	0,8	1,7	2,2	7,8	2,4	1,9	15000	15000
	Wolderwijd/ Nuldermauw	Kleine Zwaan	1,8	0,1	1,9	1,6	0,2	0,6	0,6	0,3	0,7	0,3	6,7	1,5	1,1	170
Smient		0,2	0,6	0,3	0,4	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	7500	12500
Krakeend		0,116	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2	0,8	0,8	0,3	0,6	0,6	1,6	0,9	250	300
Tafeleend		0,1	0,7	0,3	0,2	0,3	1,0	0,4	0,7	2,1	3,6	3,7	4,9	4,5	3500	3500
Kuifeend		0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,3	0,2	0,2	0,4	1,1	0,6	0,8	1,7	7500	10000
Drontermeer	Kleine Zwaan	0,2	0,0	2,5	2,5	0,2	3,4	3,1	0,4	0,1	2,8	0,8	0,1	0,0	170	250
	Aalscholver	0,3	0,4	0,4	0,5	0,2	0,3	0,6	0,4	0,7	1,1	1,7	0,2	0,2	2000	2000
Totaal	Knobbelzwaan	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,3	0,6	0,7	1,1	1,1	1,9	1,8	2,3	1800	2000
	Kleine Zwaan	7,0	1,5	9,7	11,3	10,6	4,0	4,9	1,7	15,7	15,9	25,5	9,0	2,2	170	250
	Smient	0,4	1,2	0,7	0,6	0,8	1,2	0,8	0,7	0,6	0,6	1,0	0,4	0,5	7500	12500
	Krakeend	0,3	0,2	0,6	0,6	0,9	0,8	1,0	1,0	1,2	1,0	1,3	3,0	2,5	250	300
	Pijlstaart	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	0,9	0,3	1,8	1,4	0,7	2,1	1,5	700	600
	Tafeleend	0,5	1,1	0,6	0,5	0,6	1,4	1,4	3,9	7,9	8,4	7,7	14,0	8,4	3500	3500
	Kuifeend	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	1,4	1,4	1,2	2,2	7500	10000
	Nonnetje	0,6	0,8	0,4	0,3	0,4	0,4	1,2	1,9	0,8	1,4	1,1	2,9	0,8	150	250
	Meerkoet	0,1	0,0	0,1	0,8	0,5	0,4	0,9	1,0	2,0	2,4	2,4	2,9	2,3	15000	15000
	Aantal overschrijdingen	1	3	1	1	2	3	3	5	6	9	9	8	7		
Overschrijdingssom	7,0	3,8	9,7	11,3	11,6	6,6	7,5	9,4	29,8	34,1	43,8	36,8	22,2			

8 Macrofauna

Ruurd Noordhuis

8.1 Driehoeksmosselen

In 1999 is geen nieuwe bodemkartering van Driehoeksmosselen uitgevoerd. Wel is, zoals jaarlijks is gebeurd sinds 1993, een bemonstering van de oeverbeschoeiingen aan de polderzijde uitgevoerd in september 1999. De resultaten hiervan suggereren een verdere toename van de dichtheden in met name het Veluwemeer en het Wolderwijd/Nuldernauw, maar in mindere mate ook in het Drontermeer (Tabel 8.1). Oever- en bodemgegevens zijn niet zonder meer te combineren, maar een flinke toename in alle Veluwerandmeren van de aantallen van de twee meest specifieke mosseletende watervogels, Kuifeend en Brilduiker (zie hoofdstuk 7), bevestigt dat ook bij de bodempopulaties de dichtheden zijn toegenomen.

Tabel 8.1
Dichtheden van Driehoeksmosselen in de Veluwerandmeren, 1985-1999.

	Drontermeer	Veluwemeer	Wolderwijd	Nuldernauw
<i>Oevers</i>				
1985, sept.	0	+-	0	0
1993, okt., aantal	4	> 1	5	0
1994, sept., n/5 stenen	11	28	95	11
1995, sept., n/5 stenen	91	1.113	225	18
1996, sept., n/5 stenen	550	1.500	124	15
1997, sept., n/5 stenen	17	153	220	55
1998, sept., n/5 stenen	69	175	250	158
1999, sept., n/5 stenen	76	392	444	245
<i>Bodem</i>				
1987 ¹ , sept./okt., n/m ²	0	0	0	0
1991 ² , okt., n/m ²		2	0	
1992 ² , okt., n/m ²		7	4	
1993 ³ , okt., n/m ²		14	17	
1996 ⁴ , juli, n/m ²		231	71	16
1998 ⁵ , sept., n/m ²	34	164	369	79

1 Raai bemonsteringen, 5 locaties per meer op dwarsraai (3 happen per locatie)

2 Grid bemonsteringen, 25 locaties westelijk deel Veluwemeer, 73 Wolderwijd

3 MWTL habitat bemonsteringen, 2 locaties Veluwemeer, 4 locaties Wolderwijd

4 Van Moorsel (1996), 13 locaties Veluwemeer, 10 Wolderwijd, 4 Nuldernauw

5 Van Moorsel (1999), 10 locaties Drontermeer, 28 Veluwemeer, 24 Wolderwijd, 8 Nuldernauw

8.2 Overige macrofauna

Uit de zelfde bemonsteringen van de basalten beschoeiingen blijkt dat zich recent eveneens enkele drastische veranderingen bij de overige macrofauna hebben voorgedaan. Veel van de normaal gesproken algemene bewoners van de stenen oeverbeschoeiingen in de randmeren waren in september 1998 en 1999 uitzonderlijk schaars. Platwormen en bloedzuigers werden nauwelijks gevonden en ook een aantal slakkensoorten was weinig talrijk, evenals de Tijgervlokreeft *Gammarus tigrinus*. Hoewel een oorzakelijk verband moeilijker is aan te tonen dan het op het eerste gezicht lijkt, gaat dit samen met de komst van twee exoten; de Kaspische Slijkgarnaal *Corophium curvispinum* en de vlokreeft *Dikerogammarus villosus*.

Corophium curvispinum

De Kaspische Slijkgarmaal is al vanaf 1987 in de Rijntakken aanwezig. Hoewel *Corophium curvispinum* een filtreerder is die het best floreert in stromend water, werden geleidelijk ook de meren gekoloniseerd, zij het in lagere dichtheden. De randmeren werden zowel vanuit het noorden als vanuit het zuiden gekoloniseerd. Vanuit het Ketelmeer werd in 1994 het Vossemeer bereikt, in 1996 het Drontermeer en in 1997 het Veluwemeer. In het Gooimeer werd hij voor het eerst gevonden in 1995, in het Eemmeer in 1997 en tenslotte werd in 1998 (afgezien van een enkele pionier in 1996) het Wolderwijd bereikt. In 1999 namen de dichtheden verder toe (Tabel 8.2).

Dikerogammarus haemibavus

De vlokreeft *Dikerogammarus* is aanzienlijk sneller te werk gegaan. Hoewel hij pas in 1995 voor het eerst in Nederland werd opgemerkt, was hij in 1997 in één klap in alle randmeren present. Ook in dit geval lijkt dat vanuit twee kanten te zijn gebeurd, maar de aantalsverdeling en het ontbreken van de soort in het IJmeer in 1997 suggereren dat in dit geval de Eem de zuidelijke bron is geweest. In het Wolderwijd en Nuldernauw waren in 1997 de aantallen nog laag, maar in 1998 en 1999 was dit geheel bijgetrokken. De Tijgervlokreeft, zelf een exoot (vanaf 1960) die op zijn beurt de inheemse *Gammarus pulex* waarschijnlijk uit de randmeren heeft verdrongen, is tegelijkertijd sterk in dichtheid afgenomen. De zoetwaterpissebedden *Asellus aquaticus* en *Proasellus* spp. werden in 1998 en 1999 helemaal niet meer aangetroffen.

Tabel 8.2

Aantallen crustaceeën op stenen uit de oeverbeschoeiing in de randmeren (sept./okt., n/5 stenen).

Randmeer	Ketel	Vos	Dron	Vel	Wol	Nul	Nyk	Eem	Gooi	IJm
<i>Corophium curvispinum</i>										
1993	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-
1994	13000	38	0	0	0	0	0	0	0	-
1995	900	2	0	0	0	0	0	0	2	500
1996	28000	3000	150	0	0	0	2	0	750	4600
1997	1000	250	250	37	0	0	0	350	750	1750
1998	150	1500	28	8	500	120	1200	1000	3000	2000
1999	250	2500	1200	1300	700	2000	4700	10800	2500	900
<i>Dikerogammarus villosus</i>										
1993	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997 (mei)	231	2	55	1	0	0	2	0	7	0
1997	13	64	109	199	1	5	133	275	13	0
1998	47	65	27	85	200	46	81	1000	720	2000
1999	344	33	39	114	20	55	32	470	113	150
<i>Gammarus tigrinus</i>										
1995	192	200	200	120	75	150	150	90	700	600
1996	14000	650	40	200	30	10	4	240	100	1280
1997	625	81	38	40	75	0	4	175	750	75
1998	133	2	30	3	0	0	26	0	30	0
1999	40	0	145	8	18	0	0	0	57	10
<i>Asellus/Proasellus</i>										
1994	0	7	2	0	0	0	10	1	4	-
1995	0	0	1	0	0	0	5	1	0	0
1996	0	1	9	5	0	0	44	3	1	0
1997	0	0	0	0	0	4	1	1	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

9 Synthese

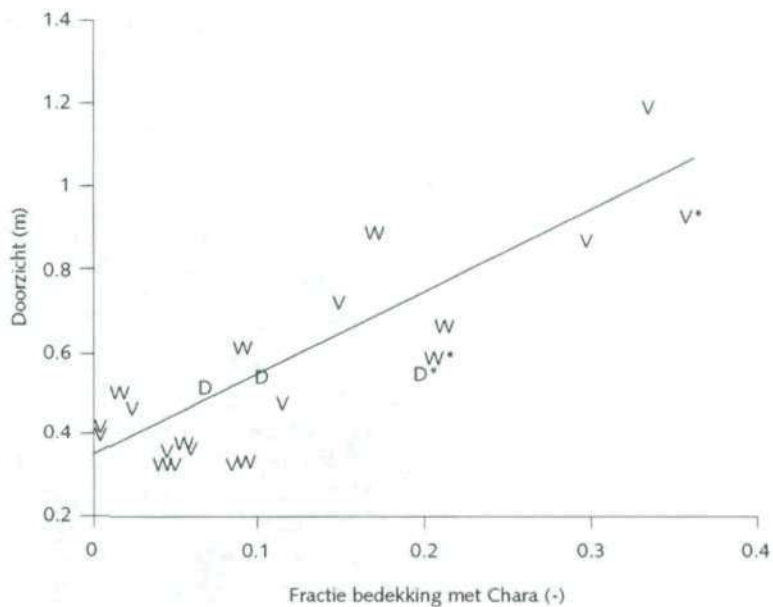
9.1 Vergelijking van 1999 met de Stabiliteitsstudie (tot en met 1998)

Eén van de belangrijkste conclusies uit de Stabiliteitsstudie (Meijer *et al.*, 1999) is dat de verbetering van het doorzicht vanaf 1995 veroorzaakt is door een groot aantal veranderingen in het systeem (meer driehoeksmosselen, minder resuspensie, minder benthivore vis), die alle een relatie hebben met de hoeveelheid kranswieren. In de studie is een positief verband gevonden tussen het zomerhalfjaargemiddelde doorzicht en de inwendige bedekking van de kranswieren (Figuur 9.1).

In deze figuur zijn ook voor 1999 de gemeten waarden van het zomerhalfjaargemiddelde doorzicht en de inwendige bedekking voor de kranswieren aangegeven. In figuur 9.1 is te zien dat ook de waarden voor 1999 de gevonden relatie tussen de bedekking met kranswieren en het doorzicht redelijk volgen. Wel liggen alle meren enigszins onder de lijn, hetgeen betekent dat in 1999 het zomerhalfjaargemiddelde doorzicht bij een bepaalde kranswierbedekking lager was dan het gemiddelde doorzicht in voorgaande jaren. Voor het Veluwemeer is dat vooral veroorzaakt door het relatief lage doorzicht in het vroege voorjaar.

Figuur 9.1

Relatie tussen de inwendige bedekking van Chara (fractie van het oppervlak van het meer bedekt met 100% Chara) en het zomerhalfjaar gemiddelde doorzicht (W = Wolcerwijd, V = Veluwemeer en D = Drontermeer). Met een sterretje zijn de waarden van 1999 aangegeven. De lijn geeft aan dat er een significant positieve relatie is tussen het gemiddelde doorzicht en de kranswierbedekking in de meren ($r^2 = 0,69$).



De gegevens van 1999 laten zien dat ook in 1999 een positief verband wordt gevonden tussen de hoeveelheid kranswieren en het doorzicht van het water.

De positieve relatie tussen de kranswierbedekking en het gemiddelde doorzicht bewijst niet dat de uitbreiding van de kranswieren de enige oorzaak is voor de toename van de helderheid. Ook de verandering in de hoeveelheid benthivore vis kan een rol spelen. Door de ontwikkelingen in 1999 zijn vooral de ideeën over de relatie tussen benthivore vis en de kranswieren

enigszins veranderd. In de beginfase van de Stabiliteitsstudie werd gedacht dat de benthivore vis vooral is afgenomen omdat de kranswieren zich hadden uitgebreid, waardoor het fourageergebied afnam. In de eindfase van deze studie werd duidelijk dat mogelijk de verwijdering van pootvis door de beroepsvisserij ook een deel van de afname van de hoeveelheid benthivore vis kan verklaren.

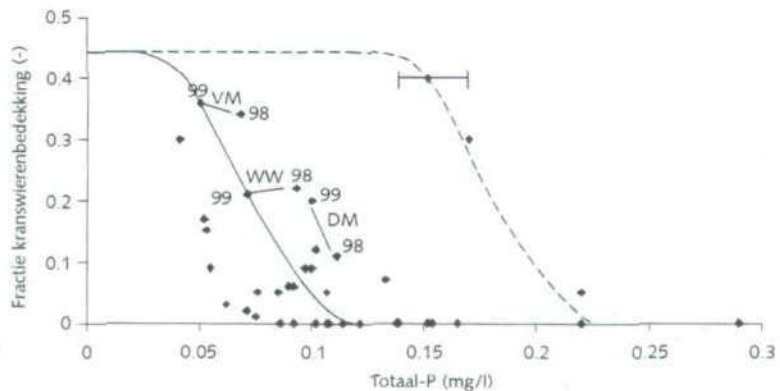
In 1999 is de brasemstand weer toegenomen in het Veluwemeer en in het Wolderwijd, terwijl in de winter 1998/1999 geen pootvis visserij is uitgevoerd. Hierdoor is het nog duidelijker geworden dat de kranswieren mogelijk niet alleen bepalend zijn voor de stand aan benthivore vis, maar dat de bevissing door de beroepsvissers hierbij ook een rol speelt (Lammens, 2000b).

Het kan zelfs zo zijn dat de hoge biomassa benthivore vis in eerdere jaren de ontwikkeling van de kranswieren heeft geremd. Er zijn tot nu toe onvoldoende gegevens om met zekerheid uitspraken te kunnen doen over de mate waarin de benthivore vis bepalend is voor het doorzicht van het water en voor de ontwikkeling van de kranswieren.

Vanaf 1990 laten de Veluwerandmeren een patroon zien, waarbij geleidelijk de kranswieren toenemen en de totaal-fosfaat concentratie afneemt (Figuur 9.2). Beide herstelprocessen versterken elkaar.

Figuur 9.2

Zomergemiddelde totaal-P concentratie en berekende oppervlakte bedekking met kranswieren (inwendige bedekking met een berekende dichtheid van 100%) van het Veluwemeer (1965-1970 en 1980-1999), Wolderwijd (1985-1999) en Drontermeer (1997-1999). De oorspronkelijke situatie van de zestiger jaren was waarschijnlijk een bedekking van ongeveer 45% van het meer, overeenkomstig met de maximale groei van kranswieren in diepe en ondiepe delen van het meer. De getrokken lijn geeft de hysteresis lijn weer (Meijer *et al.*, 1999). Met de pijlen in de figuur is de richting van de ontwikkeling van 1998 naar 1999 voor de meren aangegeven (WW = Wolderwijd, VM = Veluwemeer en DM = Drontermeer).



Ook hier is geen onderscheid te maken tussen oorzaak en gevolg. De afname van de fosfaatconcentratie kan door een toename van het doorzicht een uitbreiding van de kranswieren veroorzaken, maar door de versterkte sedimentatie door de kranswieren kan ook de totaal-fosfaat concentratie afnemen. De gegevens van 1999 laten zien dat in het Veluwemeer de afname van de totaal-fosfaat concentratie inderdaad samengaat met een toename van de inwendige bedekking van de kranswieren. In het Wolderwijd/Nuldernauw heeft de afname van de fosfaatconcentratie de hoeveelheid kranswieren niet doen toenemen, waarschijnlijk omdat andere factoren dan algen daar de troebeling bepalen. In het Drontermeer is een verdubbeling van de kranswierbedekking opgetreden bij een beperkte afname van de fosfaatconcentratie.

De meren passen in 1999 wel in de bandbreedte van de gegevens over de periode van 1990-1998.

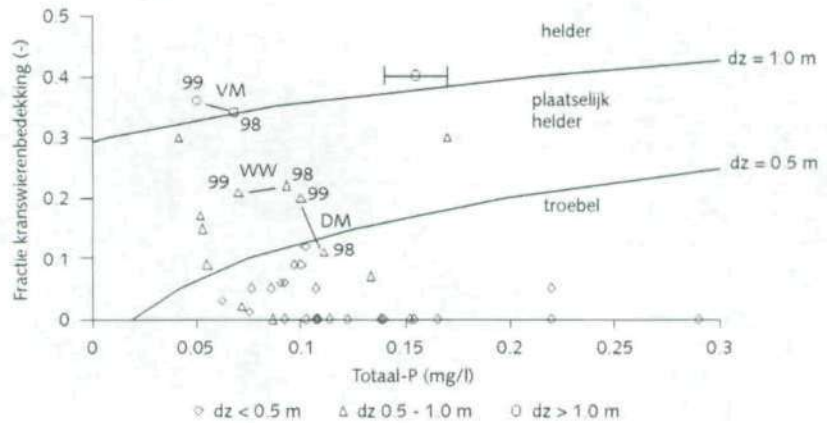
Met behulp van een model is in de Stabiliteitsstudie voorspeld welk doorzicht kon optreden bij een bepaalde bedekking van kranswieren in combinatie met de fosfaatconcentratie (Meijer *et al.*, 1999).

Er werd onderscheid gemaakt tussen een range van fosfaatconcentraties en

kranswierbedekkingen waarbij het doorzicht meer dan 1,0 m zou zijn (helder), waarbij alleen helder water boven de kranswieren zou optreden met een gemiddeld doorzicht in de vaargeul tussen de 0,5 en 1,0 m (plaatselijk helder) en waarbij het doorzicht minder dan 0,5 m zou zijn (troebel) (Figuur 9.3). Ook in deze figuur lijken de meren zich in 1999 te gedragen binnen de range van verwachtingen. In het Veluwemeer zou op basis van de kranswierbedekking en de fosfaatconcentratie een zomergemiddeld doorzicht > 1 m worden verwacht. Omdat het zomerhalfjaargemiddelde doorzicht ongeveer 1 m bedraagt (vooral door het relatief lage doorzicht in het voorjaar), wijkt dit niet ver af van de verwachting.

Figuur 9.3

Onderscheid tussen helder water (doorzicht > 1 m), plaatselijk helder water (doorzicht in de vaargeul 0,5 m - 1,0 m en bodemzicht op > 20% van het meeroppervlak) en troebel water (doorzicht < 0,5 m) op basis van meetgegevens in het Veluwemeer, Wolderwijd en Drontermeer. De aangegeven lijnen zijn (van boven naar beneden) berekende isohypsen voor een doorzicht van respectievelijk 1,0 m en 0,5 m, afhankelijk van de inwendige bedekking met kranswieren en de totaal-P concentratie. Met de pijlen in de figuur is de richting van de ontwikkeling van 1998 naar 1999 voor de meren aangegeven (WW = Wolderwijd, VM = Veluwemeer en DM = Drontermeer).



In de Stabiliteitsstudie is ook een figuur opgenomen waarin de grenzen van het systeem voor weerstand en veerkracht zijn aangegeven (Meijer *et al.*, 1999). Een ecosysteem heeft weerstand wanneer het niet verandert bij een toename van de externe druk. Een ecosysteem heeft veerkracht wanneer het binnen een bepaalde tijd kan herstellen van een verandering die is opgetreden na toename van de externe druk. Voor de Veluwerandmeren dient gestreefd te worden naar weerstand van de heldere toestand, omdat dan de kans het kleinst is, dat het terugvalt naar de oude troebele toestand. Omdat weerstand vrij hoge eisen stelt aan het ecosysteem is in de praktijk veerkracht ook van belang.

In figuur 9.4 is aangegeven waar de meren zich in 1999 bevinden ten opzicht van de situatie in 1998. Het Veluwemeer bevindt zich in 1999 evenals in 1998 op de rand van weerstand en veerkracht. De weerstand lijkt wat te zijn toegenomen door de afname van de zomergemiddelde fosfaatconcentratie en de toename van de hoeveelheid kranswieren, maar omdat het doorzicht is afgenomen, klopt hier de theorie niet geheel met de praktijk. Voor een verdere toename van de weerstand zal ofwel de hoeveelheid kranswieren verder moeten toenemen of zal de totaal-fosfaat concentratie verder moeten afnemen. Het Wolderwijd/Nuldernaauw bevindt zich nog in het gebied met veerkracht. In het Drontermeer is de veerkracht sterk toegenomen door de toename van de hoeveelheid kranswieren.

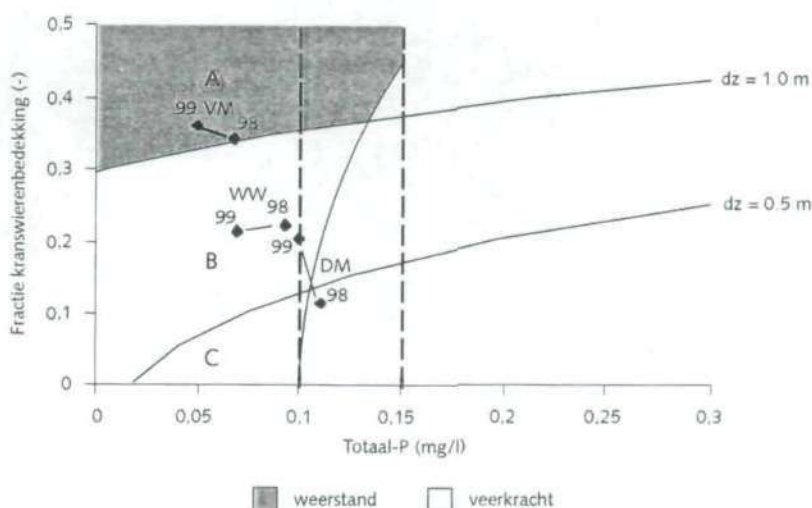
In de Stabiliteitsstudie is ook voor ieder trofisch niveau de gewenste toestand aangegeven (Meijer *et al.*, 1999). In bijlage 3 is voor ieder meer en voor ieder trofisch niveau aangegeven of in 1999 de gewenste toestand is bereikt. Omdat harde grenzen voor de gewenste ontwikkeling zijn aangehouden, geeft deze manier van presenteren een grove indruk van de ontwikkeling van de meren. Uit de bijlage blijkt dat in 1998 voor het Veluwemeer nog 70% van de trofische niveaus aan de gewenste toestand vol-

deed, terwijl dat in 1999 is afgenomen tot 45%. Dit lijkt in tegenspraak met de in voorgaande figuren geconstateerde verbetering van de fosfaatconcentratie en de inwendige bedekking met kranswieren. De verslechtering is veroorzaakt door de afname van het doorzicht en de toename van de chlorofyl-a concentraties.

In het Wolderwijd is het percentage trofische niveaus dat de gewenste toestand bereikt afgenomen van 40% in 1998 tot 25% in 1999 door de afname in zoöplanktongraas en de toename van de chlorofyl-a concentraties. Hier is in 1999 voor de vogels wel de gewenste toestand bereikt terwijl dat in 1998 nog niet het geval was. In het Drontermeer is de geconstateerde verbetering van de waterkwaliteit nog niet voldoende om voor enig trofisch niveau de gewenste toestand te bereiken.

Figuur 9.4

Grenzen voor weerstand en veerkracht van de heldere toestand in de Veluwerandmeren. In gebied A (het donker gekleurde deel) bezit de heldere toestand weerstand. In het licht gekleurde deel, het gebied met veerkracht richting de heldere toestand, is onderscheid te maken tussen deel B met een hogere veerkracht (plaatselijk helder water en herstel binnen 3 jaar) en deel C met een lagere veerkracht (doorzicht < 0,5 m en herstel duurt 3-10 jaar). Met de pijlen in de figuur is de richting van de ontwikkeling van 1998 naar 1999 voor de meren aangegeven (WW = Wolderwijd, VM = Veluwemeer en DM = Drontermeer).



9.2 Synthese per meer

Veluwemeer

In 1999 is het areaal kranswieren niet meer verder toegenomen, maar omdat de dichtheid is toegenomen, is de inwendige bedekking wel gegroeid. De toename van de bedekking en de afname van de fosfaatconcentratie hebben niet geleid tot een hoger doorzicht van het water. Het lagere zomerhalfjaargemiddelde doorzicht is het gevolg van het ontbreken van een helder voorjaar. De in mei-juni aanwezige *Daphnia* kon de vanaf begin maart aanwezige blauwalgen bloei van *Anabaena lemmermannii* niet onderdrukken. De voorjaarsbloei van deze blauwalg kon waarschijnlijk optreden door de zachte winter, het mooie voorjaarsweer en de aanwezigheid van relatief helder rustig water. Na het verdwijnen van grote *Daphnia* is de hoeveelheid algen mogelijk relatief laag gebleven door filtratie van mosselen en doordat er mogelijk toch wel filtrerend zoöplankton aanwezig is tussen de planten en het riet.

De toename van de brasem in het Veluwemeer is niet dermate hoog geweest dat dit de oorzaak kan zijn voor de verlaging van het doorzicht in het voorjaar. In het Veluwemeer zijn geen baggerschepen of zandzuigers actief geweest nabij het monsterpunt.

De toename van de bedekking met de kranswieren heeft niet geleid tot een toename van het aantal herbivore watervogels. De knobbelzwanen hebben mogelijk de kranswieren opgegeten voordat de kleine zwanen konden komen. Ook kan de toename van perifyton op de planten de voedselkwaliteit voor

vogels hebben verminderd. De toename van het aantal benthivore watervogels doet een toename van de driehoeksmosselen vermoeden.

Wolderwijd

In het Wolderwijd zijn, zoals verwacht bij een doorzicht vergelijkbaar aan dat van 1998, de diepere delen van het meer niet meer gekoloniseerd door de kranswieren (hetgeen in 1997 nog wel het geval was). Het gemiddelde doorzicht in het meer is ten opzichte van 1998 verder afgenomen. Evenals in het Veluwemeer heeft de vroege voorjaarsbloei van blauwalgen de chlorofyl-a concentraties in het voorjaar doen stijgen t.o.v. 1998. In de rest van de zomer waren de chlorofyl-a concentraties echter relatief laag en kan het lage doorzicht alleen worden verklaard door de relatief hoge gloei-rest concentraties. Op twee monsterdagen is het doorzicht opvallend laag, mogelijk door baggeractiviteiten nabij het monsterpunt. Veldobservaties gaven aan dat in 1999 de troebelings door de baggerschepen groter was dan andere jaren door de zeer losse bodem die ter plaatse werd opgewoeld. Het relatief lage doorzicht in de rest van het jaar kan daar ook door beïnvloed zijn. Mogelijk speelt in het Wolderwijd ook een sterkere bodemwoeling door grote brasem een rol, omdat de brasemstand in 1999 ongeveer is verdubbeld ten opzichte van 1998. De hoeveelheid blauwalgen was lager dan in het Veluwemeer mogelijk doordat het water in het Wolderwijd te troebel was voor deze blauwalg (*Anabaena lemmermannii*). De hoeveelheid watervogels in het Wolderwijd/Nuldernauw is toegenomen.

Nuldernauw

In het Nuldernauw is de waterkwaliteit ten opzichte van 1998 niet veranderd. Het doorzicht van het water was ongeveer vergelijkbaar met dat in 1998. Ook de hoeveelheid kranswieren is ongeveer gelijk gebleven. Er is evenals in het Veluwemeer en Wolderwijd een voorjaarsbloei van algen opgetreden. Van mei tot juli waren de chlorofyl-a concentraties erg laag en is gedurende 4 weken een doorzicht van 1,2 m gemeten. In het meer vond in 1999 geen zandwinning of onderhoud van de vaargeul plaats. De waterkwaliteit van het Nuldernauw is sinds 1997 beter dan die van het Wolderwijd.

Drontermeer

Het Drontermeer is met een inhaalslag bezig. De hoeveelheid kranswieren is sterk toegenomen, hetgeen zich weerspiegelt in de toename van de watervogels. Deze toename van de kranswieren is vooral opgetreden door een verdichting van de vegetatie. Het zomerhalfjaargemiddelde doorzicht is nauwelijks toegenomen, maar er is veel meer dynamiek in de helderheid. In mei-juni is een maximaal doorzicht van 1 m gemeten, maar ten tijde van de voorjaarsbloei van de algen en de toename van de algen in augustus nam het doorzicht weer af. In het Drontermeer is in 1999 geen verstoring door baggerschepen aanwezig.

9.3 Conclusies

- Ondanks een afname van de nutriëntenconcentraties en een gelijkblijvende of toegenomen bedekking van de hoeveelheid kranswieren is in 1999 het doorzicht in het Veluwemeer, Wolderwijd en Nuldernauw niet toegenomen.
- Alleen in het Drontermeer is een sterke toename van de bedekking met kranswieren opgetreden en is het doorzicht iets toegenomen.

- De opgelost-fosfaat concentraties geven aan dat in 1999 mogelijk minder fosfaatbeperking van de algengroei is opgetreden dan in 1998, ondanks een afname van de gemiddelde totaal-fosfaat concentraties.
- In het Veluwemeer is in 1999 het doorzicht vooral in het voorjaar sterk afgenomen ten opzichte van 1998 door een vroege voorjaarsbloei van de blauwalg *Anabaena lemmermannii*. Deze soort blauwalg kan voorkomen in perioden met rustig relatief helder water.
- In het Wolderwijd wordt de troebelheid van het water vooral bepaald door opwerveling van slib, dat mogelijk is veroorzaakt door de toename van benthivore brasem of door de activiteit van baggerschepen.
- Voor de verstoring door baggerschepen lijkt niet alleen de afstand tot de schepen van belang, maar ook de samenstelling van de bodem.
- De totale visstand is in 1999 wat toegenomen. In het Veluwemeer en het Wolderwijd is het bestand aan brasem en blankvoorn toegenomen. In het Drontermeer is de biomassa van snoek groter geworden.
- De hoeveelheid watervogels is in 1999 in het Veluwemeer wat afgenomen, maar in het Wolderwijd/Nuldernauw en het Drontermeer toegenomen.

9.4 Verwachtingen voor de toekomst

Veluwemeer

In het Veluwemeer kunnen de kranswieren nauwelijks verder toenemen. De verwachting is dat het meer zal blijven balanceren op de grens van een stabiel helder ecosysteem en een systeem met alleen plaatselijk helder water. Voor een verdere stabilisatie is het wenselijk dat de fosfaatconcentratie verder teruggebracht wordt.

Incidenteel kunnen in rustige warme periode in het voorjaar in geringe mate drijfalg van blauwalgen optreden.

Wolderwijd

De verwachting is dat ten tijde van activiteiten van baggerschepen een deel van het meer troebel zal blijven. Mogelijk is in de nabije toekomst voor het Wolderwijd het maximaal haalbare: een ondiep deel met kranswieren en helder water en een dieper deel met troebeler water zonder kranswieren. Het is niet duidelijk of de kranswieren op de lange duur op de ondiepe delen van het meer kunnen blijven bestaan, als een groot deel van het meer troebel is.

Drontermeer

Naar verwachting zullen de hoeveelheid kranswieren en het doorzicht van het water in het Drontermeer nog verder toenemen. Wanneer de snoek zich verder zal ontwikkelen, kan door de roofvis mogelijke enige controle van productie van 0+ witvis optreden.

Nuldernauw

In het Nuldernauw kan de dichtheid van de kranswieren nog groter worden, waardoor mogelijk de helderheid nog verder zal toenemen.

9.5 Aanbevelingen

- Het zou goed zijn als de bevissing op grote brasem en blankvoorn (pootvis visserij) wordt gecontinueerd en door de beheerder goed wordt gevolgd.
- Een voortzetting van de jaarlijkse visstandbemonstering en kartering van de waterplanten is wenselijk.
- Voor een betere monitoring zou het beter zijn als de standaard bemonstering in het Wolderwijd ook op een monsterpunt op een grote afstand van de baggerschepen zou worden uitgevoerd.
Om de gewenste afstand te kunnen bepalen zouden eerst raaimetingen met een toenemende afstand vanaf de baggerschepen kunnen worden uitgevoerd.
- Onderzoek naar perifyton en draadwieren op de kranswieren (zoals in 2000 wordt uitgevoerd) is gewenst om meer inzicht te krijgen naar het effect van deze organismen op de groei van de planten en het voorkomen van vogels.

10 Literatuur

Lammens, E.H.R.R., A. Frank-Landman, P.J. Mac Gillavry & B.Vlink. 1991. The role of predation and competition in determining the distribution of common bream, roach and white bream in Dutch eutrophic lakes. *Envir. Biol. Fishes* 33: 195-205.

Lammens, E.H.R.R. 2000a. Verspreiding van vis en zoöplankton in relatie tot de kranswiervelden in Veluwemeer in 1999. RIZA-werkdocument 99.189X.

Lammens, E.H.R.R. 2000b. De ontwikkeling van de brasempopulatie in Veluwemeer van 1989-1999. RIZA-werkdocument 2000.132X.

Meijer, M-L., R. Portielje, m. van den Berg, E. Lammens, B. Ibelings, R. Noordhuis, W. Joosse, H. Coops, D. van der Molen. Stabiliteit van de Veluwerandmeren. RIZA rapport 99.054.

Mooij, W.M. 1992. Recruitment of fish in a shallow eutrophic lake (Tjeukemeer, The Netherlands). Proefschrift. Universiteit van Amsterdam. 141 pp.

Moorsel, G.W.N.M. van, 1996. Status van de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) in het Wolderwijd/Nuldernauw en Veluwemeer in 1996. Bureau Waardenburg bv, rapport nr. 96.46, Culemborg.

Moorsel, G.W.N.M. van, A. Bak & R. Munts, 1999. Status van de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) in de randmeren in 1998. Bureau Waardenburg bv, rapport nr. 98.065, Culemborg.

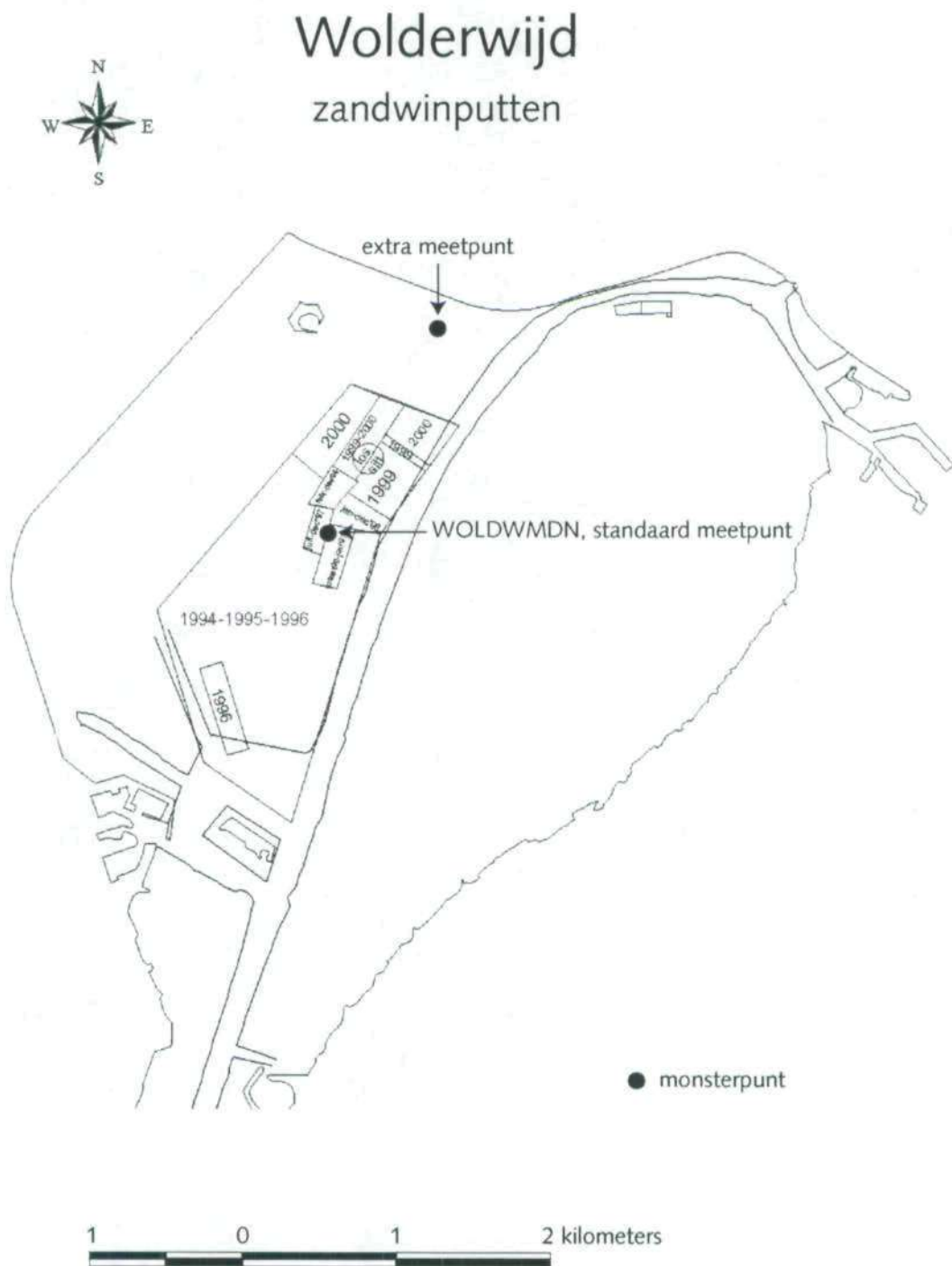
Ringelberg, J., Flik, B.J.G., Lindenaar, D. & Royackers, K. 1991. Diel vertical migration of *Daphnia hyalina* sensu latiori in lake Maarseveen. Part 1. Aspects of seasonal and daily timing. *Archiv für Hydrobiologie* 121, 129-146

Rose, P.M. & D.A. Scott, 1997. Waterfowl population estimates - second edition. Wetlands International Publ. 44, Wageningen.

Winkel E. ten & J.T. Meulemans. 1984. Effects of fish upon submerged vegetation. *Hydrobiol. Bull.* 18: 157-158.

Witte, B.J. de, G. Bongertman & J. Postma, 2000. Monitoring van waterplanten in het IJsselmeergebied. RDIJ rapport 2000-4.

Bijlagen



Bijlage 2 Doorzicht in relatie tot de afstand van het baggerschip in het Veluwemeer in augustus 2000



Bijlage 3 Plaatsing van de ontwikkeling van de trofische niveaus ten opzichte van de gewenste toestand

Criteria voor het bereiken van de gewenste toestand.

	Ongewenste toestand	Stap op de goede weg	Gewenste toestand
kleuren in de figuur	Donkerrood	Rose	Geel
Totaal-fosfaat (mg P/l)	> 0,1	0,06-0,1	0,04-0,06
Totaal-stikstof (mg N/l)	> 2,2	1,35-2,2	< 1,35
Chlorofyl-a	> 50	10-50	< 10
Doorzicht	< 0,4	0,4-1,0	> 1,0
Algensoorten	<i>Planktothrix</i> dominant	Meer diverse algenpopulatie	<i>Planktothrix</i> afwezig
Zooplankton	Potentiële graasdruk < 0,4	Potentiële graasdruk in mei-juni > 0,4	Potentiële graasdruk in hele zomer > 0,4
Driehoeksmosselen	Bodempopulatie afwezig	Toename van de op bodempopulatie	> 300 ind/m ² op kranswervrije bodem
Waterplanten	Geen kranswieren	Herstel van kranswieren	> 30% kranswieren (inwendige bedekking)
Vis	Dominantie van Brasem	Dominantie van Baars en Blankvoorn	Piscivore/planktivore vis = 1
Vogels	Geen vogels	Toename herbivore watervogels	Maximale draagkracht van het systeem

Voor doorzicht is met een * aangegeven in welke jaren grote delen van het meer helder werden boven de kranswieren en met + in welke jaren in het zomerhalfjaar regelmatig een doorzicht > 1 meter werd gemeten. In het Drontermeer werd in de zomerperiode eenmaal een doorzicht > 1 m gemeten, hier aangegeven met ##.

