

Fig. 3

Dichtheid (ind./m³) van verschillende dansmuggelarven (Chironomidae) in drie diepteklassen (< 1 meter, 1-5 meter en > 5 meter) in oktober 1987 t/m 1994. De dansmug *Cladotanytarsus* sp. is het meest algemeen.
Density of different species of Chironomid larvae (midges) in three depth classes (< 1 m, 1-5 m and > 5 m) in October 1987 - 1994. The most common taxon was *Cladotanytarsus* sp.

slacht *Cladotanytarsus*. In 1989 en 1990 bereikte *Cladotanytarsus* sp. langs de oevers een grote dichtheid (figuur 3). Volgens Bijkerk (1990), die in 1990 in het Volkerak onderzoek deed naar de relatie tussen het voorkomen van muggelarven en bodemalgen, is *Cladotanytarsus* sp. een gespecialiseerd bodemalgen-eter.

Na 1990 nam de dichtheid van muggelarven in de delen dieper dan 1 meter geleidelijk toe, waarschijnlijk doordat in deze periode zwevende algen en de hoeveelheid detritus toenamen. Opmerkelijk is dat vooral de dichtheid van *Cladotanytarsus* sp. is toegenomen. Mogelijk is *Cladotanytarsus* minder gespecialiseerd in bodemalgen dan Bijkerk (1990) veronderstelt, of gaat het hier om verschillende soorten van hetzelfde geslacht. Dat *Cladotanytarsus* sp. ook detritus als voedsel kan benutten blijkt uit het feit dat dit geslacht ook in het Markermeer vrij veel voorkomt, waar het doorzicht te gering is om groei van kiezelalgen op de bodem te veronderstellen (Bij de Vaate & Greijdenus 1995).

De algeneter *Glyptotendipes* sp. nam rond 1990 sterk in aantal af. Dit hangt mogelijk samen met lage chlorofylla-concentraties in 1990 (hoofdstuk 5 figuur 3). *Stictochironomus* sp. vertoont sinds 1990 een stijgende tendens, in 1994 bereikte dit geslacht een dichtheid van 2.100 ind./m³ (gemiddeld voor het hele meer). Larven van het geslacht *Stictochironomus* worden bijna uitsluitend langs de oevers gevonden (figuur 3).

Andere veel voorkomende dansmuggen in het Volkerak-Zoommeer zijn *Polypedilum nubeculosum* agg. en *Cryptochironomus* sp., welke voornamelijk langs de oevers worden gevonden, *Procladius* sp., zonder voorkeur voor een speciale diepteklasse en *Chironomus balatonicus* die vooral in de diepere delen te vinden is (figuur 3). Deze soorten en geslachten zijn veel groter dan de larven van het geslacht *Cladotanytarsus*. Als voedsel voor (bijvoorbeeld) vissen zijn deze muggelarven dan ook veel belangrijker.

Na een afname in 1991 en 1992 van *Cladotanytarsus* sp. langs de oevers nam dit geslacht hier in 1993 weer sterk toe. Ook andere soorten muggelarven vertoonden in 1993 een zeer sterke toename langs de oevers (figuur 3). Mogelijk speelt de aanleg van vooroeververdedigingen hierbij een rol. Sinds 1993 liggen alle bemonsterde

oeverlocaties achter een vooroeververdediging. Achter de vooroeververdediging bezinkt veel materiaal waardoor de sedimentsamenstelling verandert. Op de voornamelijk zandige bodem wordt een dun laagje detritus gevormd. De beschikbaarheid van voedsel voor muggelarven is hierdoor mogelijk vergroot. Verder is door de aanleg van vooroevers de expositie in de oeverzone verminderd.

Dominantie van *Cladotanytarsus* sp. treedt ook op in het Haringvliet (Smit e.a. 1994). Als indicatorsoort voor deze gemeenschap noemt Smit onder andere de Zandoeverdansmug (*Lipiniella arenicola*), die in de zandige oevers van

het Haringvliet veel voorkomt (1.450 ind./m²). Sinds 1992 wordt *Lipiniella arenicola* wel elk jaar aangetroffen in de oeverzone van het Volkerak-Zoommeer, maar de gemiddelde dichtheid is hier in 1994 nog erg laag: 20 ind./m².

Weekdieren

Weekdieren worden in het Volkerak-Zoommeer voornamelijk dieper dan een meter aangetroffen. Langs de oevers wordt deze groep bijna niet gevonden. In 1987 werden voornamelijk zoutwatersoorten gevonden. De Strandgaper (*Mya arenaria*) kwam nog het meeste voor, maar ook de Kokkel (*Cerastoderma edule*) en het Nonnetje (*Macoma*

balthica) werden aangetroffen. Na 1987 werden deze soorten niet meer gevonden.

De Driehoeksmossel was de eerste zoetwatermollusk die het Volkerak-Zoommeer bevolkte. In 1987 werd deze soort al aangetroffen, zij het in zeer lage dichtheden. Ook in 1988 was het de enige vertegenwoordiger van deze groep. De dichtheid is na 1990 geleidelijk toegenomen, waarschijnlijk door de toegenomen hoeveelheid algen in de zomer (hoofdstuk 4 figuur 1) en detritus. In 1994 nam de dichtheid van Driehoeksmosselen echter af, mogelijk als gevolg van de zeer warme zomer. Sterfte en een weinig succesvolle reproductie kunnen hierbij een rol hebben gespeeld.

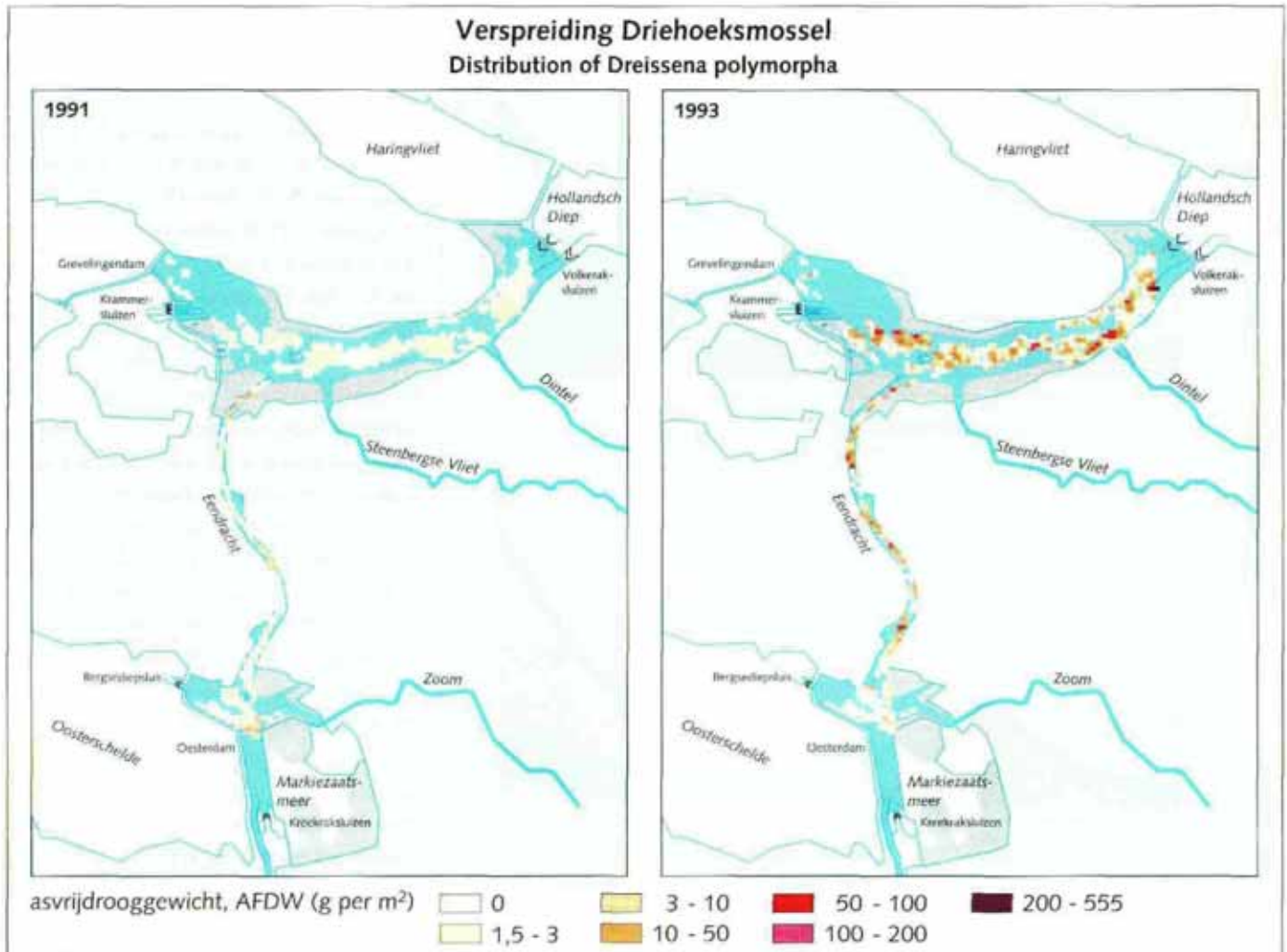


Fig. 4 Verspreiding van Driehoeksmosselen in november 1991 en in de winter van 1993/1994. In het Volkerak en in de Eendracht was de dichtheid van Driehoeksmosselen in de winter van 1993/1994 sterk toegenomen, in het Zoommeer bleef de dichtheid ongeveer even laag als in november 1991. Het lijkt erop dat de verspreiding van Driehoeksmosselen voornamelijk door de beschikbaarheid van hard substraat wordt bepaald.
Occurrence of *Dreissena polymorpha* (Zebra mussel) in November 1991 and during the winter 1993/1994. In Lake Volkerak and in the Eendracht canal the density of *Dreissena polymorpha* sharply increased, whilst in Lake Zoommeer the density remained the same. It appears that the Zebra mussels are restricted to hard substrate.

Omdat Driehoeksmosselen sterk geclusterd voorkomen geeft bemonstering op 20 locaties slechts een grove schatting van de werkelijke dichtheid. Als naast de dichtheid ook de populatie-opbouw bekend is, kan de tijd berekend worden die de driehoeksmosselpopulatie nodig heeft om het hele Volkerak-Zoommeer te filteren. In november 1991 is een uitgebreide bemonstering van Driehoeksmosselen uitgevoerd (figuur 4). De gemiddelde dichtheid werd geschat op 440 ind./m², met een biomassa van 2,1 g (asvrij drooggewicht) per m². Bij deze dichtheid werd een filtratietijd van 21 dagen berekend (Frantzen 1992). Ook in de winter van 1993/1994 werd een dergelijke bemonstering uitgevoerd (figuur 4). De biomassa is duidelijk toegenomen tot 8,8 g/m² (Greijdanus e.a. 1995). Omdat bij deze bemonstering de populatie-opbouw niet is bepaald kan de filtratiesnelheid niet worden berekend. Waarschijnlijk is de filtratiesnelheid in verhouding minder toegenomen dan de biomassa, omdat in de winter van 1993/1994 erg veel kleine Driehoeksmosselen (< 1 cm) werden gevonden. Deze kleine Driehoeksmosselen dragen nauwelijks bij aan de filtratiecapaciteit.

Vanaf 1989 namen brakwaterhoorns (Hydrobiidae) een belangrijke plaats in binnen de groep weekdieren. Deze familie werd in 1989 en 1990

uitsluitend vertegenwoordigd door het Jenkins brakwaterhorentje (*Potamopyrgus antipodarum*), vanaf 1991 werd ook de Vergeten brakwaterhoorn (*Hydrobia neglecta*) in het Volkerak-Zoommeer aangetroffen. Het Jenkins brakwaterhorentje stelt geen bijzondere eisen aan het substraat waar het op voorkomt. Het heeft geen voorkeur voor waterplanten, wat bij andere slakken vaak wel het geval is. De Vijverpluimdrager (*Valvata piscinalis*) is een algemeen voorkomende soort met een voorkeur voor ondergedoken vegetatie (Van den Berg e.a. 1995, Provincie Noord-Holland 1993). De Vijverpluimdrager wordt sinds 1989 in het Volkerak-Zoommeer aangetroffen. In 1989 en 1990 ging het slechts om enkele exemplaren, maar in de hierop volgende jaren nam de dichtheid sterk toe. In 1992 was de dichtheid het hoogst met gemiddeld 800 ind./m² in het gehele meer. De hoge bedekking van waterplanten in 1992 was waarschijnlijk erg aantrekkelijk voor deze slak (hoofdstuk 7 figuur 1). Erwtmosseltjes (Sphaeriidae) worden sinds 1991 in het Volkerak-Zoommeer gevonden. Aanvankelijk ging het om enkele exemplaren, maar in 1993 en 1994 nam de dichtheid duidelijk toe. In 1994 bedroeg de gemiddelde dichtheid voor het hele meer 330 ind./m². Erwtmosseltjes leven in diverse bodemtypen. Het zijn deposit-

feeders, wat betekent dat ze gesedimenteerd organisch materiaal (detritus) als voedselbron benutten.

De hoeveelheid weekdieren en met name de Driehoeksmosselen zijn bepalend voor de hoeveelheid Kuifeenden (zie ook hoofdstuk 11 figuur 5).

Veelborstelige wormen

In oktober 1987, zes maanden na de afsluiting, was het Volkerak-Zoommeer nog niet helemaal verzoet en kwamen veelborstelige wormen (Polychaeta) vrij veel voor. Langs de oevers was het zoutgehalte nog vrij hoog. Hier was de zeeduizendpoot (*Nereis* sp.) verreweg het meest voorkomende bodemorganisme. De zeeduizendpoot is tolerant voor lagere zoutconcentraties, waardoor deze soort ook in 1988 nog vrij veel voorkwam langs de oevers. De larven van de zeeduizendpoot kunnen niet tegen zoet water, waardoor de soort uiteindelijk toch uit het meer verdween. *Heteromastus filiformis* is een andere borstelworm die in 1987 in het Volkerak-Zoommeer werd gevonden, in 1988 werd deze soort niet meer gevonden.

Borstelarme wormen

De eerste borstelarme wormen (Oligochaeta) werden in 1988 in het meer gevonden. Hierop volgde een geleidelijke toename. In 1993 nam de dichtheid zeer sterk toe, om ook in 1994 hoog te blijven. In 1994 bedraagt de gemiddelde dichtheid van deze groep een derde van de totale bodemfauna. De groep Oligochaeta in het Volkerak-Zoommeer bestaat hoofdzakelijk uit soorten van de familie Tubificidae. De sterke toename van Oligochaeta in 1993 kan een gevolg van de toegenomen hoeveelheid detritus zijn (Wiederholm 1980). Maar de meest voorkomende soort was *Pothamotrix moldaviensis*, een indicator voor mesotroof water (Lang & Reymond 1993).

De sterke toename in 1993 op de oevers hangt waarschijnlijk ook samen met het feit dat in 1993 alle oeverlocaties achter een vooroeververdediging lagen. Evenals bij dansmuggelarven zal de verminderde expositie en het mogelijk toegenomen voedselaanbod achter de vooroeververdedigingen invloed hebben gehad.



Foto 22

De Aasgarnaal (*Neomysis integer*) wordt vanaf 1987 in het Volkerak-Zoommeer gevonden en vormde in de beginjaren een belangrijke voedselbron voor de aanwezige vis.

Kreeftachtigen

De meest voorkomende kreeftachtige in 1987 was een zoutwaterslijkgarnaal (*Corophium volutator*). In 1988 was deze soort verdwenen. Zeepokken hielden het tot in 1989 uit in het inmiddels zoete Volkerak-Zoommeer. De brakwaterpissebed (*Cyathura carinata*) werd de eerste jaren regelmatig aangetroffen, in 1993 werd nog een enkel exemplaar gevonden.

Sinds 1987 worden ook kreeftachtigen van het zoete water in het Volkerak-Zoommeer aangetroffen, zoals de Tiggervloekreeft (*Gammarus tigrinus*, verreweg het meest aangetroffen in de monsters) en de Aasgarnaal (*Neomysis integer*). Vanaf 1991 is daar de Kaspische Slijkgarnaal (*Corophium curvispinum*) bijgekomen.

Biooepbemonstering

In 1994 heeft een biooepbemonstering plaatsgevonden. Hieruit bleek het volgende.

In het biotoop waterplanten is het aantal soorten het kleinst. Dit kan komen omdat waterplanten tijdens de bemonstering al aan het afsterven waren. Typische plantenbewoners onder de macrofauna zijn dan al verdwenen. In de randmeren herbergen planten meer soorten dan andere biotopen (Noordhuis 1995).

De macrofauna op stenen week duidelijk af van die in de vier bodembiotopen. Platwormen van het geslacht *Dugesia* en de Driehoeksmossel werden hier veel gevonden. Verder kwamen vier soorten bloedzuigers voor: de Achtogige bloedegel (*Eryobdella octoculata*), de Brede bloedzuiger (*Glossiphonia complanata*), de Doorschijnende bloedegel (*G. heteroclita*) en de Vissebloedzuiger (*Piscicola geometra*). Met uitzondering van de Vissebloedzuiger zijn deze bloedzuigers niet in andere biotopen gevonden. Er zijn nog meer macrofaunasoorten alleen op stenen gevonden: de borstelarme wormen *Nais bretscheri* en *N. elinguis*, de Phrygische muts (*Ancylus fluviatilis*) en een schijfhoornslak (*Planorbidae*) en springstaarten. Ook de dansmuggelarven *Cricotopus bicinctus*, *Cricotopus intersectus* en *Glyptotendipes pallens* zijn enkel op stenen gevonden. Deze soorten zijn bekende bewoners van stenen en planten in eutroof water (Moller Pillot en Buskens 1990). *Cricotopus bicinctus* en *Glyptotendipes pallens* zijn bovendien bestand te-

	Volkerak-Zoommeer	Randmeren (1)	Randmeren (2)	IJssel-/Markermeer
Mollusken	19	21	21	11
Kreeftachtigen	6	3	5	6
Platwormen	1	1	3	0
Bloedzuigers	3	5	7	5
Wormen	28	15	11	-
Muggelarven	22	33	28	17
Overige Insecten	9	7	21	4
Totaal	88	85	96	
Totaal exclusief wormen	60	70	85	43

Tabel 1

Aantal soorten van de belangrijkste groepen evertibraten op bodemlocaties in het Volkerak-Zoommeer, in de Randmeren (1 = bodemlocaties, 2 = locaties tussen oevervegetatie) in 1993 en in het IJsselmeer/Markermeer 1992

gen een redelijke mate van organische vervuiling (Moller Pillot en Buskens 1990). De dansmug *Xenochronomus xenolabis*, een bewoner van sponzen (Moller Pillot 1984), werd eveneens alleen in dit biotoop gevonden. Watermijten en erwtemosseltjes werden niet op stenen gevonden, maar wel in de bodemmonsters.

Tussen de vier bodembiotopen onderling zijn de verschillen kleiner. Het kleinste aantal soorten is aangetroffen in ondiep zand achter de vooroeververdedigingen. Er werden hier weinig soorten borstelarme wormen en weekdieren gevonden en - in tegenstelling tot de andere bodembiotopen - geen watermijten. In diep zand zijn de meeste soorten gevonden, vooral het aantal borstelarme wormen is hier hoog.

Vergelijking met andere meren

De zoute voorgeschiedenis heeft het Volkerak gemeen met het IJsselmeer, dat in 1932 werd afgesloten en vervolgens in een vergelijkbaar tempo verzoette. Ook hier stierven Kokkels, Strandgapers en zeeduizendpoten binnen twee jaar uit en werd de kolonisatie gestart door soorten met een brede tolerantie voor zoutgehalten en een groot uitbreidingsvermogen. Bij de mollusken bijvoorbeeld waren, net als in het Volkerak, de Driehoeksmossel en het Jenkins brakwaterhorentje de eerste en de tweede kolonist (Van Benthem Jutting 1954). De Driehoeksmossel kan zich als enige zoetwatermollusk razendsnel uitbreiden door de productie van enorme aantallen planktonisch levende larven die in ongeveer drie weken via waterbewegingen

grote afstanden kunnen afleggen. Het Brakwaterhorentje plant zich parthenogenetisch voort en heeft dus geen partner nodig, waardoor de kolonisatie sneller verloopt dan die van andere slakken.

Tegenwoordig komt de samenstelling van de macrofauna in het Volkerak in grote lijnen overeen met die in het IJsselmeer en de randmeren. In 1993 en 1994 waren de dichtheden in het Volkerak hoger, maar dit kan een effect zijn van verschillen in diepte en bodemsamenstelling. In de Veluwerandmeren is de macrofauna (zowel wat dichtheid als samenstelling betreft) de laatste jaren sterk veranderd door toename van waterplanten (Noordhuis in prep.), waardoor het beeld steeds meer met het Volkerak overeenkomt. Zo is ook hier *Cladotanytarsus* relatief belangrijk, komen *Polypedilum* en *Stictochironomus* op en komt onder de mollusken, naast de Driehoeksmossel en het Jenkins brakwaterhorentje, de Vijverpluimdrager zeer talrijk voor tussen de waterplanten. De Driehoeksmossel was in de Veluwerandmeren tot omstreeks 1990 schaars, maar de laatste jaren neemt hij weer toe. Een aantal andere aspecten heeft de bodemfauna van het Volkerak eerder gemeen met het Ketelmeer, namelijk de dichtheid (die in 1993 met ca. 17000 wormen, muggelarven en mollusken per m² hoger was dan in de andere randmeren; Noordhuis in prep.) en het voorkomen van de Kaspische slijkgarnaal *Corophium curvispinum*. Dit is een exoot uit het gebied rond de Kaspische Zee, die vanaf 1987 het Nederlandse deel van de Rijnakken heeft gekoloniseerd. Vooral sinds

1990 komt deze soort zo massaal voor dat andere macrofaunasoorten lijken te worden verdrongen (Bij de Vaate & Greijdanus-Klaas 1993, 1995). Hij geeft de voorkeur aan stromend water en ontbreekt nagenoeg in de Veluwerandmeren. In het Volkerak zullen de dichtheden waarschijnlijk eveneens beperkt blijven.

Als de totale soortensamenstelling van de bodemfauna van het Volkerak wordt vergeleken met die van andere meren blijkt de rijkdom aan soorten overeen te komen. In 1993 werden in het Volkerak 88 soorten gevonden, tegenover 85 in de randmeren (tabel 1; Noordhuis in prep.). Het meest opvallende verschil is het veel grotere aantal soorten borstelarme wormen in het Volkerak tegenover het lagere aantal soorten muggelarven. Ten opzichte van de bodemfauna van het IJsselmeer/Markermeer was het Volkerak zelfs bijzonder rijk aan soorten (tabel 1; bij de Vaate & Greijdanus 1994). Na zeven jaar kolonisatie lijken in het Volkerak geen belangrijke soorten meer te ontbreken, d.w.z. soorten die elders domineren, zoals *Cladotanytarsus*, Driehoeksmossel, Jenkins brakwaterhoortje en Vijverpluimdrager, hebben in het Volkerak tegenwoordig een vergelijkbare

positie. Ook alle recent via de rivieren gearriveerde exoten, zoals de Tiggervlokreefl, de Kaspische slijkgarnaal en de Korfmossel (*Corbicula spp.*), hebben het Volkerak reeds bereikt. Toekomstige veranderingen in het Volkerak zullen dan ook steeds meer overeenkomen met fluctuaties die in de bodemfauna van andere meren voorkomen.

Macrofauna als voedsel voor vis en vogels

Macrofauna vormt een belangrijke voedselbron voor vissen en vogels. Driehoeksmosselen worden gegeten door vissen als Blankvoorn en Aal en door duikeenden (Kuiifeend, Tafeleend, Topperend en Brilduiker) en Meerkoeten. Voor de duikeenden zijn de mosselen bereikbaar tot op een diepte van 4-6 meter, de Meerkoeten moeten het hebben van iets minder diepe delen (tot 3 meter; De Leeuw & Noordhuis 1991). In het IJsselmeergebied wordt door de eenden in het winterhalfjaar op sommige plaatsen (niet te grote diepte) meer dan de helft van de mosselen

geconsumeerd (Noordhuis c.a. 1994). Ook de overige bodemfauna dient als voedsel voor vis en vogels. Slakjes (brakwaterhorentjes) worden bijvoorbeeld in de ruitijd door duikeenden veel gegeten en ook muggelarven worden behalve door diverse vissoorten eveneens door vogels gegeten. Onder de Tafeleenden bijvoorbeeld lijkt zich ook in de winter specialisatie voor te doen, waarbij sommige individuen zich toeleggen op het foerageren op mosselen, terwijl andere individuen muggelarven eten. Een overstap van muggelarven op mossels vergt enkele weken, omdat hiervoor veel sterkere maagspieren nodig zijn (De Leeuw & Van Eerden 1995).

In de oeverzone, die het rijkst is aan bodemfauna, foerageren meer vogelsoorten. De rijke oeverlocaties achter de vooroevers bevinden zich nu op 30 cm diepte, een diepte waarop bijvoorbeeld grondeeenden en zwanen kunnen foerageren. Ook steltlopers (bijv. ruiters) kunnen foerageren op muggelarven. Een eventuele verlaging van het zomerpeil bij aangepast peilbeheer zou voor deze vogels belangrijke voordelen kunnen bieden.

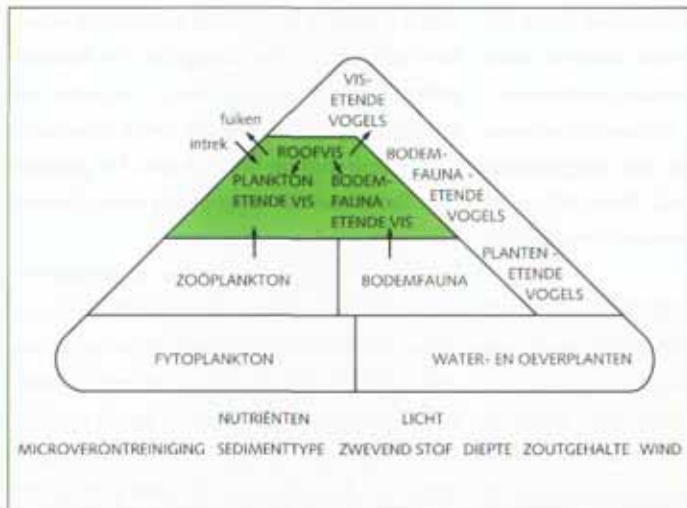


Foto 23

Driehoeksmosselen profiteren van het zoute verleden van het Volkerak-Zoommeer en vestigen zich op kokkelschelpen. Doordat Driehoeksmosselen zwevende deeltjes (algen en detritus) uit het water filteren, kunnen zij bijdragen aan de helderheid van het water. Driehoeksmosselen vormen een belangrijke voedselbron voor ondermeer Kuifeenden. De opmars van de Kuifeend in het Volkerak-Zoommeer is daarom ongetwijfeld verbonden met die van de Driehoeksmossel.

10. Vissen

Eddy Lammens (RIZA)



Binnen de voedselpiramide nemen de vissen als groep de op één na hoogste plaats in. Ze vormen voedsel voor visetende vogels (Aalscholvers en Futen) en vallen ten prooi aan visserij door fuiken. Vogels zijn een belangrijkere bron van sterfte dan fuiken, maar de grootste sterfte wordt veroorzaakt door roofvis (Snoekbaars en Baars). Tegenover deze verliesposten staat de jaarlijkse aanwas door geboorte en groei en een geringe intrek van zowel larven als volwassen vissen vanuit het Hollandsch Diep/Haringvliet. In de beginjaren was de belangrijkste bron van groei zoöplankton en aasgarnalen (*Neomysis*), terwijl de laatste jaren benthos belangrijker wordt als voedsel voor de sterk toegenomen brasem.



Foto 24

Het repareren van het net na een visbemonstering.

Samenvatting

De visgemeenschap in het Volkerak-Zoommeer wordt gedomineerd door Baars, Blankvoorn, Pos, Snoekbaars, Brasem, Bot en Aal. Een jaar na de afsluiting in 1987 is de ontwikkeling van zoetwatervissen aarzelend op gang gekomen. Kolonisatie vond plaats door instroming van vislarven vanuit het Haringvliet/Hollandsch Diep via de Volkeraksluizen en in mindere mate via Dintel en Steenbergsche Vliet. Vooral Snoekbaars en Baars werden als larven massaal met het instromende water meegevoerd en konden daardoor de eerste jaren domineren. Blankvoorn-, brasmen- en poslarven kwamen mondjesmaat binnen

en ontwikkelden zich daarom veel langzamer. Dit verschil in kolonisatie tussen de soorten had voor het Zoommeer tot gevolg dat de ontwikkeling enkele jaren achterliep. De kolonisatie moest plaatsvinden vanuit het Volkerak en kon pas goed op gang komen toen het bestand aan volwassen vis in het Volkerak voldoende was voor de rekrutering van een grote hoeveelheid larven. De samenstelling en de ontwikkeling werd beïnvloed door predatie door Futen en Aalscholvers. De verhouding roofvis-prooivis is afgenomen. Pos, Blankvoorn en Brasem hebben zich sinds 1992 zeer sterk ontwikkeld ondanks predatie door Baars en Snoekbaars.

De visbiomassa in het Volkerak-Zoommeer is

137 kg/ha in 1994. De visstand wordt in 1994 sterk gedomineerd door Brasem en Pos, vissoorten die sterk afhankelijk zijn van bodemdieren. Snoekbaars is de dominante roofvis geworden en Baars en Blankvoorn nemen niet meer toe. Deze visgemeenschap is sterk gericht op de bodem: door omwoeling en voedselopname worden nutriënten naar het water getransporteerd. Hierdoor wordt het eutrofe karakter gestabiliseerd.

Methoden

De visserij werd 's nachts uitgevoerd met een stortkuil met een netopening van 10 m en een maaswijdte van 10 mm. Twee boten trokken de kuil met een snelheid van 4,5 km per uur voort. Verdeeld over vier deelgebieden en de havens werden per bemonstering 34 trekken uitgevoerd

in het Volkerak en 11 m het Zoommeer. Zie voor meer detail Ligetvoet e.a. (1991, 1992, 1993, 1994, 1995).

Ontwikkeling van de visstand

Na de aanleg van de Philipsdam in 1987 verzoette het Volkerak-Zoommeer zeer snel en moesten vele mariene soorten het veld ruimen. Tot in 1994 wordt systematisch op alle lokaties onder andere Haring en Tong in de vangsten aangehouden (tabel 1). De aantallen fluctueren van jaar tot jaar en geven aanleiding te veronderstellen dat enkele soorten nog steeds binnenkomen via de Volkeraksluizen en nauwelijks problemen hebben met het zoete water. Minder frequent, maar ook nog regelmatig worden bijvoorbeeld Sprout en Geep gevangen (tabel 1). Nog zeer incidenteel zijn vangsten van onder meer Zandspiering en Snotolf meer dan een jaar na de afsluiting (tabel 1). Al deze soorten kunnen in zoet water leven en kunnen worden gevonden in geleidelijke overgangen tussen een rivier en de zee (Winkler 1989).

De vangsten van doortrekkers (diadrome vissen)

bleven vanaf de afsluiting vrij constant. Aal en Bot zijn belangrijke voorbeelden van diadrome vissen (tabel 1). Deze vissen kunnen standpopulaties opbouwen: ze blijven in het Volkerak-Zoommeer tot ze volwassen zijn en gaan dan terug naar zee (Aal, Bot) of rivier (Zeeforel, Rivierprik), of ze paaien in het Volkerak-Zoommeer (Driedoornige stekelbaars en Spiering).

Een belangrijk verschil met het IJsselmeer na de aanleg van de afsluiting is dat Spiering geen grote standpopulatie heeft opgebouwd. De eerder genoemde vissoorten komen overigens slechts in geringe aantallen voor en vaak alleen tijdelijk. Allengs ontwikkelde zich een visgemeenschap van voornamelijk Baars, Snoekbaars, Pos, Blankvoorn, Biasem, Bot en Aal. De meer littorale soorten zoals Zeelt en Snoek komen slechts in geringe aantallen voor (tabel 1).

Baars

In het Volkerak was Baars al vanaf 1989 in een relatief hoge dichtheid van ca. 20 kg/ha aanwezig en domineerde op dat moment de visstand (figuur 1). De populatie bestond voornamelijk uit éénzomerige Baars, die bij afwezigheid van een

adulte populatie grotendeels instroomde vanuit het Hollandsch Diep/Haringvliet. De baarspopulatie in het Zoommeer kwam langzamer tot ontwikkeling en was op zijn beurt afhankelijk van de instroom uit het Volkerak. Dit gebeurde pas effectief toen de baarspopulatie in het Volkerak volwassen werd, twee jaar later.

De groei was uitzonderlijk groot in de eerste jaren, maar nam langzaam af (figuur 3), tot het niveau van het IJsselmeer (zie ook Houthuizen e.a. 1993, Buijse 1992). De snelle groei werd voornamelijk gerealiseerd op een dieet van de watervlo *Daphnia pulex* en de aasgarnaal *Neomysis integer*, terwijl het aandeel vis in de eerste jaren gering was (Beek 1992). Vermoedelijk door de sterke rekrutering van Blankvoorn en Pos in 1992 is *Daphnia pulex* verdwenen (hoofdstuk 6) en *Neomysis integer* gereduceerd. Daardoor is de groei van jonge Baars afgenomen en is de oudere Baars overgeschakeld op een dieet van voornamelijk vis (Ligetvoet e.a. 1992, 1993, 1994). Het aandeel Baars is in het Volkerak langzaam afgenomen tot 15 kg/ha, terwijl in het Zoommeer het aandeel is verdubbeld tot 10 kg/ha (figuur 1). In beide meren neemt het aantal jaarklassen toe

Alle lokaties, alle jaren	Regelmatige vangsten	Incidentele vangsten	Doortrekkers	Overige zoetwatervis
Haring	Sprot	Zandspiering	Aal	Kolblei
<i>Clupea harengus</i>	<i>Sprattus sprattus</i>	<i>Ammodytes tobianus</i>	<i>Anguilla anguilla</i>	<i>Abramis bjoerkna</i>
Diklipharder	Koornaarvis	Snotolf	Bot	Rietvoorn
<i>Chelon labrosus</i>	<i>Atherina presbyter</i>	<i>Cyclopterus lumpus</i>	<i>Platichthys flesus</i>	<i>Rutilus erythrophthalmus</i>
Tong	Puitaal	Steenbolke	Driedoornige stekelbaars	Kroeskarper
<i>Solea solea</i>	<i>Zoarces viviparus</i>	<i>Trisopterus luscus</i>	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	<i>Carassius carassius</i>
Zeebaars	Geep	Horsmakreel	Spiering	Zeelt
<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Belone belone</i>	<i>Trachurus trachurus</i>	<i>Osmerus eperlanus</i>	<i>Tinca tinca</i>
	Zeedonderpad	Wijting	Fint	Snoek
	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	<i>Merlangius merlangus</i>	<i>Alosa fallax</i>	<i>Esox lucius</i>
	Botervis	Dikkopje	Grote Marene	Kwabaal
	<i>Pholis gunnellus</i>	<i>Pomatoschistus minutus</i>	<i>Coregonus lavaretus</i>	<i>Lota lota</i>
		Zwarte grondei	Zeeforel	Rivierdonderpad
		<i>Gobius niger</i>	<i>Salmo trutta</i>	<i>Cottus gobio</i>
			Rivierprik	Grote Modderkruiper
			<i>Lampetra fluviatilis</i>	<i>Misgurnus fossilis</i>
			Zeeprk	Alver
			<i>Petromyzon marinus</i>	<i>Alburnus alburnus</i>
				Winde
				<i>Leuciscus idus</i>
				Meerval
				<i>Silurus glanis</i>
				Serpeling
				<i>Leuciscus leuciscus</i>
				Giebel
				<i>Carassius auratus</i>
				Zonnebaars
				<i>Lepomis gibbosus</i>

Tabel 1

Vissoorten die sinds de afsluiting nog gesignaleerd worden, maar slechts in zeer lage dichtheden voorkomen

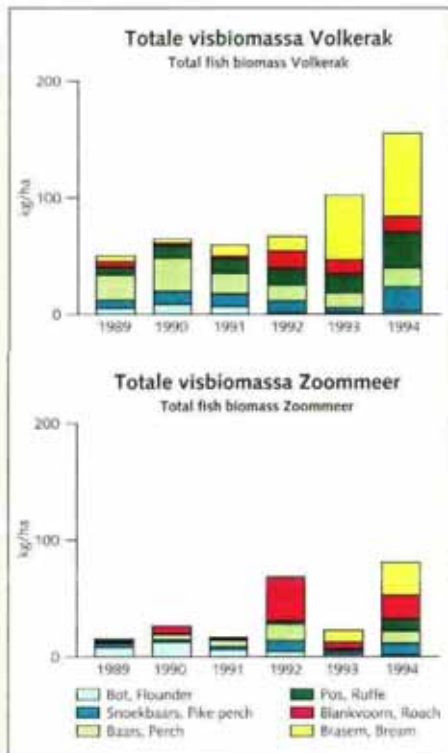


Fig. 1
 Omvang en samenstelling van de visstand in het Volkerak en het Zoommeer in de periode 1989-1994. Baars wordt steeds minder algemeen, terwijl Snoekbaars, Brasem en Pos toenemen in het Volkerak.
*Biomass and composition of the fish stock in Volkerak and Zoommeer during 1989-1994. Perca fluviatilis (Perch) became steadily less abundant, while *Sizostedion lucioperca* (Pikeperch), *Abramis brama* (Bream) and *Gymnocephalus cernua* (Ruffe) increased.*

tot zes (figuur 2).

De hoge jaarlijkse sterfte van 50-75% wordt voor een groot deel veroorzaakt door Aalscholvers, Snoekbaars en Baars (figuur 4). Ook in het IJsselmeer is Baars een geliefde prooi voor Aalscholvers (Voslamber 1988, Buijse e.a. 1990, Van Dam e.a. 1995) en vormt daarnaast een aandeel in de vangst van beroeps- en sportvissers (Willemsen 1985, Dekker e.a. 1993). In de Friese meren maakt vooral jonge Baars een belangrijk deel van het dieet van Snoekbaars uit (Lammens & Klein Breteler 1995).

Blankvoorn

Vanaf 1988 begon de populatie zich te ontwikkelen in het Volkerak en pas een jaar later in het Zoommeer. In beide meren was de groei in de eerste jaren uitzonderlijk groot (figuur 3), maar nam na 1992 af tot het niveau van het IJsselmeer. De aanwezigheid van voedsel zoals de watervlo

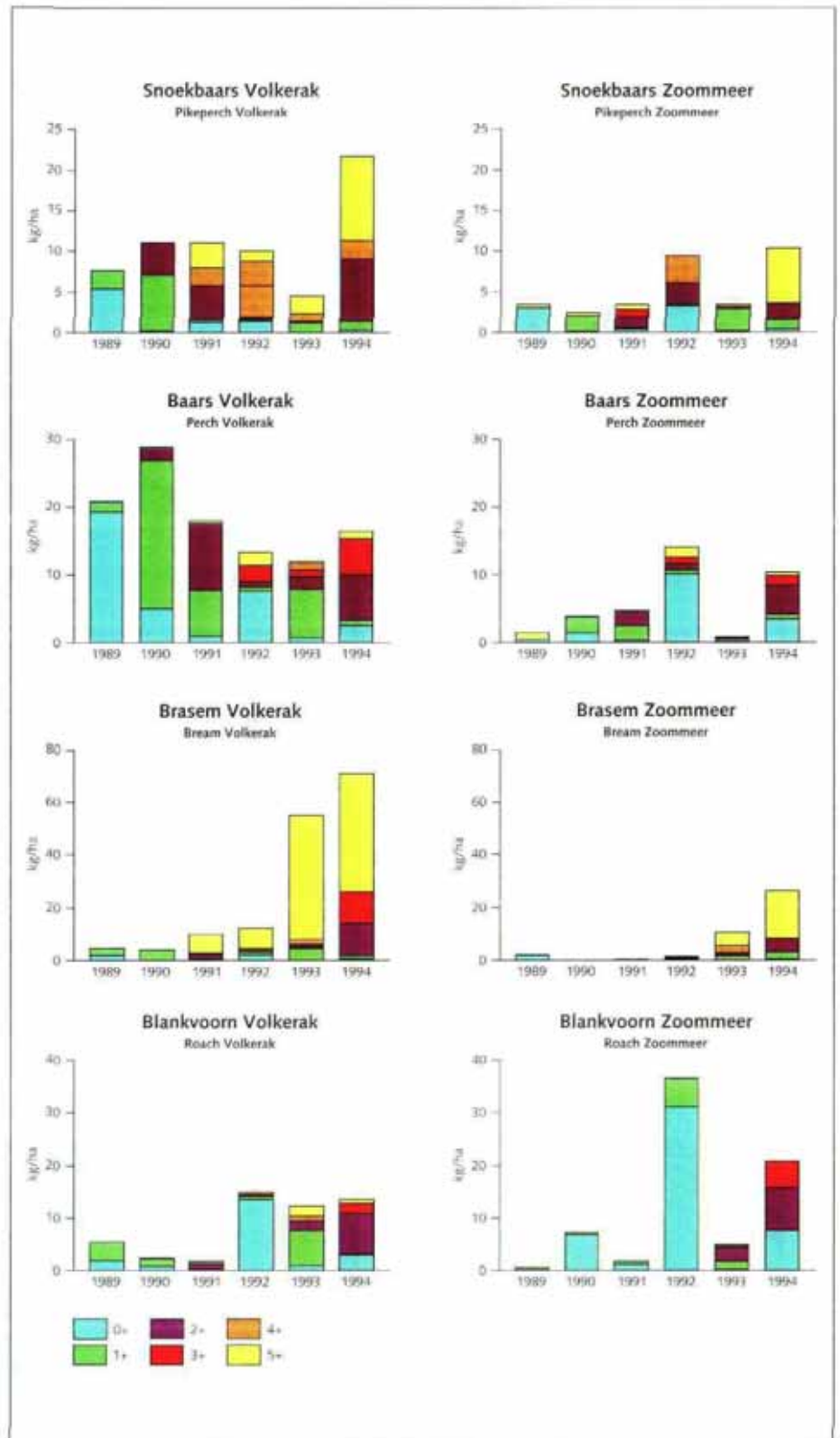


Fig. 2
 Ontwikkeling van de baars-, snoekbaars-, blankvoorn- en brasempopulatie in het Volkerak en het Zoommeer in de periode 1989-1994. In 1994 zijn vooral oudere Brasem en Snoekbaars aanwezig.
*Development of *Sizostedion lucioperca* (Pikeperch), *Abramis brama* (Bream), *Perca fluviatilis* (Perch) and *Rutilus rutilus* (Roach) populations in Lake Volkerak and Lake Zoommeer during 1989-1994. In 1994 mainly old *Abramis brama* and *Sizostedion lucioperca* were present.*

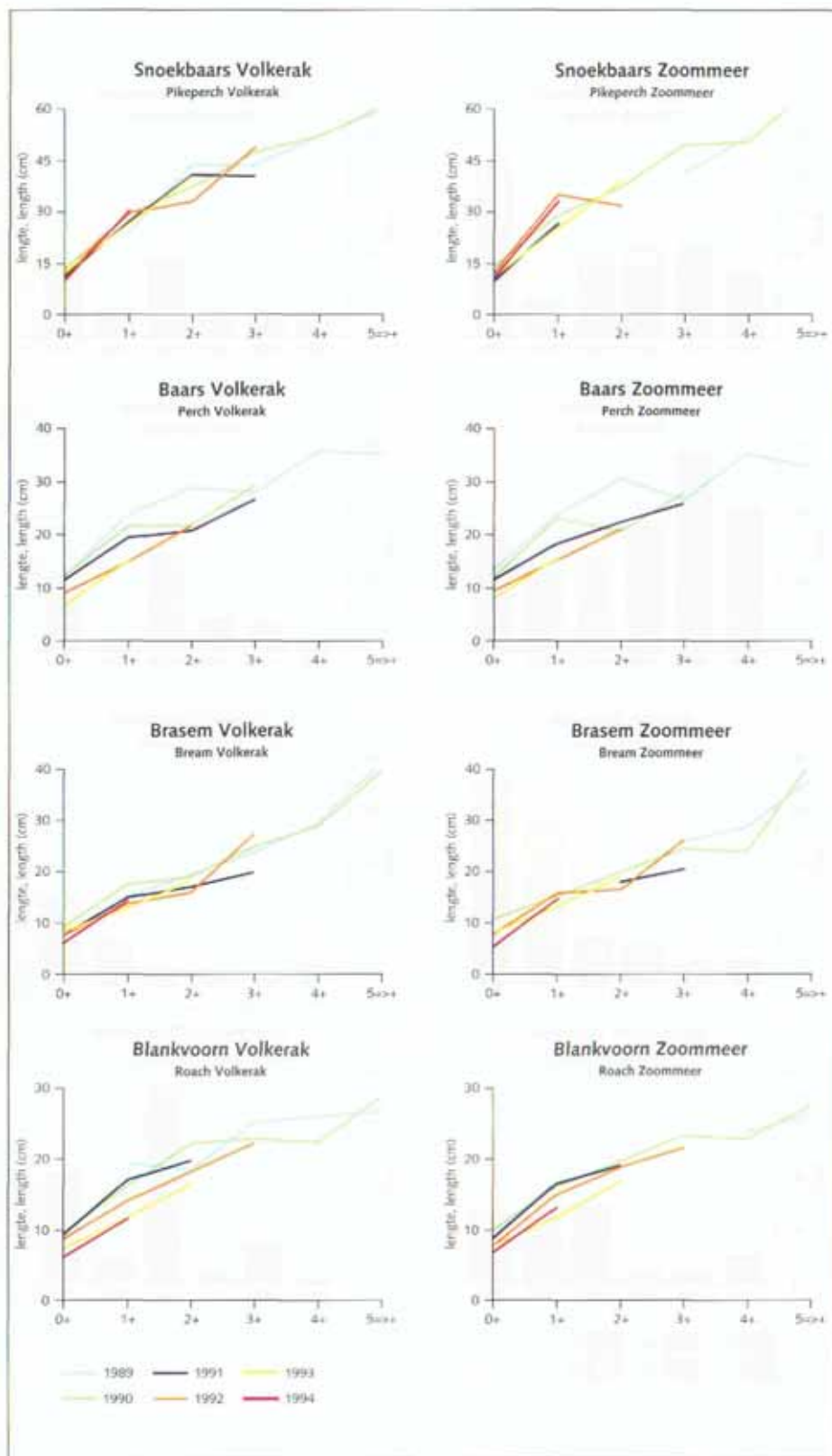


Fig. 3
Groei van Snoekbaars, Brasem, Baars en Blankvoorn in het Volkerak en Zoommeer in de periode 1989-1994. Blankvoorn en Baars maken in de eerste jaren een uitzonderlijke groei door.
Growth of Stizostedion lucioperca (Pikeperch), Abramis brama (Bream), Perca fluviatilis (Perch) and Rutilus rutilus (Roach) in Volkerak and Zoommeer in the period 1989-1994. Rutilus rutilus and Perch grew very rapidly in the first years.

Daphnia pulex en de vlokreeft *Gammarus* sp. waren voornamelijk verantwoordelijk voor de snelle groei, terwijl relatief weinig mollusken gegeten werden (Beek 1992). De sterke rekrutering van Blankvoorn in 1992 is er hoogstwaarschijnlijk de oorzaak van dat *Daphnia pulex* in de loop van de zomer verdwenen is en vervangen door de kleinere *Daphnia galeata* (hoofdstuk 6). In de jaren erna is *Daphnia pulex* niet meer teruggekomen als gevolg van de constant hoge predatiedruk. De groei van Blankvoorn is na 1992 vergelijkbaar met Blankvoorn in het IJsselmeer.

De biomassa van Blankvoorn is in het Volkerak toegenomen tot 20 kg/ha en in het Zoommeer tot 40 kg/ha in 1992 (figuur 2). Pas in 1991 was een paai-populatie gevormd. Een sterke ontwikkeling van de populatie vond plaats in 1992 toen een succesvolle rekrutering zowel in Volkerak als Zoommeer leidde tot een zeer grote jaarklasse. In het Zoommeer werd de biomassa groter dan in het Volkerak (figuur 1, 2) vanwege de geringere predatiedruk door Snoekbaars en Baars. Meer dan de helft van de sterfte wordt veroorzaakt door Snoekbaars en Baars, terwijl Aalscholvers, Futen en fuiken ongeveer een derde van de sterfte verklaren (figuur 4, 5).

Brasem

Net zoals bij Blankvoorn begon vanaf 1988 de populatie zich te ontwikkelen in het Volkerak en een jaar later in het Zoommeer. In beide wateren is de rekrutering zeer veel lager dan die van Blankvoorn en blijft voor de gehele periode tot 1994 op een relatief laag niveau. Brasem heeft twee jaar meer nodig dan Blankvoorn om volwassen te worden en heeft waarschijnlijk daarom minder succesvolle rekruteringen gehad. Vooral in het Zoommeer is de rekrutering over het geheel zeer laag en is de populatie langzamer tot ontwikkeling gekomen (figuur 1, 2).

De eerste jaren is de groei 20 cm in drie jaar (figuur 3), overeenkomstig met de groei in het IJsselmeer (Cazemier 1975, 1986) en neemt daarna af tot het niveau in de Friese meren (Lammens 1982). In de eerste jaren werden vooral *Daphnia pulex* en muggelarven gegeten (Beek 1992). Ondanks de geringe rekrutering heeft de brasempopulatie het grootste aandeel in de totale visbiomassa. Weliswaar zijn de aantallen

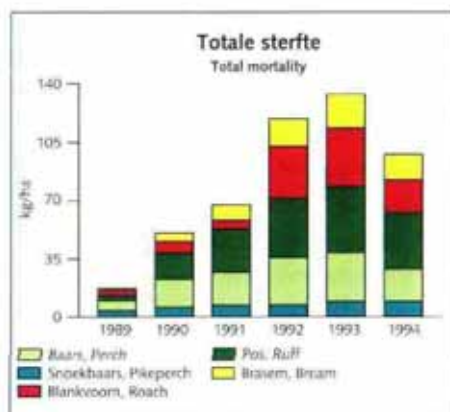


Fig. 4
Sterfte van Baars, Blankvoorn, Brasem, Snoekbaars en Pos gedurende de periode 1989-1994. De sterfte van Brasem is relatief klein, omdat Aalscholvers en Snoekbaarsen er geen voorkeur voor hebben. *Mortality of *Perca fluviatilis* (Perch), *Rutilus rutilus* (Roach), *Abramis brama* (Bream), *Stizostedion lucioperca* (Pikeperch) and *Gymnocephalus cernua* (Ruffe) during 1989-1994. Mortality of *Abramis brama* is relatively low, because *Phalacrocorax carbo* (Cormorant) and *Stizostedion lucioperca* (Pikeperch) prefer not to eat it.*

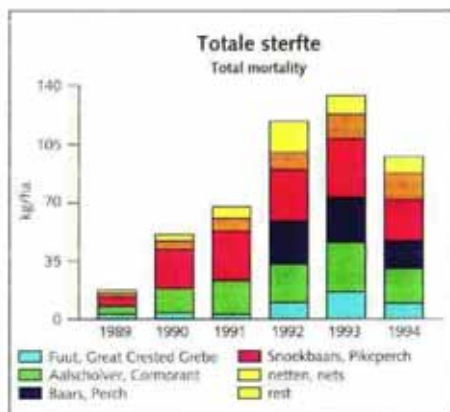


Fig. 5
Sterfte veroorzaakt door Snoekbaars, Baars, Aalscholver, Fuut, netten en overige sterfte in de periode 1989-1994. Deze sterftcijfers zijn uitgerekend met behulp van het model PISCATOR. Snoekbaars is de belangrijkste bron van sterfte. *Mortality caused by *Stizostedion lucioperca* (Pikeperch), *Perca fluviatilis* (Perch), *Phalacrocorax carbo* (Cormorant), *Podiceps cristatus* (Great Crested Grebe), nets and other factors during 1989-1994. These mortality rates are estimated with the model PISCATOR. Highest mortality is caused by *Stizostedion lucioperca*.*

geringer dan van Blankvoorn, maar omdat de sterfte ook geringer is (figuur 4) en bovendien Brasem groter en ouder wordt dan Blankvoorn, is de opgebouwde biomassa groter. In het Volkerak is in 1994 een bestand van ca. 70 kg/ha aanwezig, in het Zoommeer ca. 30 kg/ha (figuur 1, 2). Brasem is een weinig geliefde prooi voor Snoekbaars en Aalscholvers (Lammens & Klein Breteler

1995, Van Dam e.a. 1995, Voslamber 1988) en vormt slechts een gering aandeel in de fuikvangsten van beroepsvissers en sportvissers (Dekker e.a. 1993). Daarom is het niet verwonderlijk dat de sterfte van Brasem relatief zeer gering was en de populatie zich gestaag kon ontwikkelen.

Het is de vraag of de populatie geheel door eigen ontwikkeling tot stand is gekomen of dat een deel vanuit het Haringvliet/Hollandsch Diep is binnengetrokken. Modelmatige berekeningen laten zien dat dit niet mogelijk is wanneer Brasem even veel door predatoren gegeten zou worden als andere prooivissen. Wanneer de voorkeur van predatoren voor Brasem de helft minder zou zijn, zou een ontwikkeling tot 50 kg mogelijk zijn. De abrupte overgang van 15 naar 55 kg/ha in 1993 in het Volkerak (figuur 2) zou kunnen betekenen dat in één jaar een zeer grote hoeveelheid Brasem moet zijn binnengetrokken. Waarom Brasem pas in 1993 zou zijn binnengetrokken, had waarschijnlijk te maken met de toegenomen troebelheid (hoofdstuk 3 figuur 2), die voordelig is voor Brasem. Het is mogelijk dat de brasempopulatie zich geheel zelfstandig in het meer ontwikkeld heeft. In de bestandsschatting zit een foutenmarge. Het is ook mogelijk dat er in 1993 een toename van 25 naar 40 kg/ha is geweest: dit is een aannemelijke groei. Essentieel is dat Brasem door de predatoren minder geprefereerd wordt.

Snoekbaars

Vergelijkbaar met de baarspopulatie ontwikkelt de snoekbaarspopulatie zich vrij snel omdat de pelagische larven zich gemakkelijk laten transporteren. Reeds in 1989 heeft zich in het Volkerak een populatie van bijna 10 kg/ha ontwikkeld, die hoofdzakelijk uit éénjarige Snoekbaars bestaat (figuur 2). Het eerste jaar was er voor de jonge Snoekbaars nog te weinig prooivissen om op over te schakelen en is *Neomysis* de belangrijkste prooi-soort, voldoende om een lengte van 10-15 cm te bereiken en niet te verhongeren (Beek 1991). Ondanks de lage dichtheid prooivissen was reeds vanaf de eerste drie jaren de groei in het Volkerak 35-40 cm (figuur 3) vergelijkbaar met die in het IJsselmeer en de Friese meren (Willemsen 1977). In tegenstelling tot de overige vissoorten neemt de groei vanaf 1992 niet af. In het Zoommeer

was de beschikbaarheid van prooivissen tot 1992 te gering om Snoekbaars over te laten schakelen op prooivissen en bleef de totale biomassa slechts ca. 3 kg/ha. Vanaf 1992 is de beschikbaarheid van Blankvoorn en Baars voldoende om de populatie zich te laten ontwikkelen tot circa 10 kg/ha (figuur 1, 2). Als gevolg van deze lage predatiedruk kon de Blankvoorn zich sterk ontwikkelen. Na het derde jaar worden zowel de mannetjes als de vrouwtjes volwassen bij een lengte van 35-40 cm en eten voornamelijk Pos, Baars, Blankvoorn en kleine Snoekbaars (Beek 1992). Kleine Snoekbaars wordt net als Baars en Blankvoorn door beroepsvissers als bijvangst in fuiken gevangen maar is ook voor Aalscholvers een geliefde prooi (Willemsen 1977, Voslamber 1988, Dekker e.a. 1993). De grootste sterfte treedt dan ook vooral op in de eerste levensjaren. Daarna is er nog enige sterfte als gevolg sport- en fuikenvisserij.

Pos

In het Volkerak was de ontwikkeling van Pos reeds in 1989 goed op gang gekomen. De populatie bestond toen voornamelijk uit éénzomerige vis, die praktisch geheel ingestroomd moet zijn. Pos wordt al in zijn eerste levensjaar geslachtsrijp en was daarom al vanaf 1990 niet meer afhankelijk van instroming. Het duurde tot 1992 voordat de rekrutering goed op gang kwam in het Zoommeer en Pos een interessante prooivis voor Snoekbaars, Aalscholvers en Futen werd. Het feit dat Pos al zeer snel na de geboorte een bentisch bestaan gaat leiden, zorgt er waarschijnlijk voor dat de verspreiding veel langzamer plaatsvindt dan bij vissoorten met pelagische vislarven.

Pos is een karakteristieke bodemvis die tot een lengte van 3-4 cm afhankelijk is van bodemorganismen, zoals bentische copepoden en cladoceeren (watervlooien) en daarna muggelarven, vlokreeften en aasgarnalen eet (Kaspers 1992). In het eerste jaar bereikt deze soort een lengte van 6-8 cm. In het tweede en derde jaar neemt de lengte met 2-4 cm toe. Ouder dan drie jaar wordt deze vis meestal niet.

Het aandeel Pos is in Volkerak geleidelijk toegenomen van 5 tot 30 kg/ha, in het Zoommeer van 1 naar 10 kg/ha (figuur 1). Het is een prooi-soort voor Baars, Snoekbaars en Aalscholver (Willemsen

1977, Voslamber 1988, Buijse 1992, Van Dam e.a. 1995). Daarnaast is fuikenvisserij eveneens een belangrijk oorzaak voor sterfte (Dekker e.a. 1993, Backx & Ligtoet 1994).

Aal

Aal komt als glasaal via de Krammer- en Bergsediepsluizen binnen en heeft dan een lengte van 6-8 cm. Vanaf dat moment groeien de Aalen in de meeste binnenwateren ongeveer 3-4 cm per jaar (De Nie 1988). De mannetjes worden volwassen ('schier') tussen 30 en 40 cm, de vrouwtjes tussen 40 en 50 cm, transformeren tot een zilverachtige schieraal en trekken weg. Voor Aalen zijn gewoonlijk muggelarven, -poppen, aasgarnalen en vlokreeften het belangrijkste voedsel tot een lengte van ca. 30 cm. Daarna schakelen ze over op schelpdieren en vis (Lammens e.a. 1985, De Nie 1988, Paulisse 1992). Exacte gegevens over de aalstand in het Volkerak-Zoommeer zijn niet beschikbaar.

Bot

Een deel van de botpopulatie is bij het ontstaan van het Volkerak en het Zoommeer ingesloten. Daarnaast komt Bot met een lengte van 3 tot 20 cm via de Krammer- en Bergsediepsluizen binnen. In het eerste jaar wordt Bot 8-15 cm. Na drie tot vier jaar wordt Bot geslachtsrijp bij een lengte van 25-35 cm en daarna trekt Bot waarschijnlijk terug naar zee om te paaien. De biomassa is in beide meren afgenomen van 5-10 kg/ha tot 1-2 kg/ha (figuur 1). Waarschijnlijk is dit de afname van de ingesloten populatie, die niet geheel gecompenseerd kan worden door intrek. Bot wordt vooral in staande netten en fuiken gevangen. Door een aangepast spui-beheer is de botpopulatie in het IJsselmeer de laatste jaren sterk toegenomen (Dekker e.a. 1993).

Volkerak versus Zoommeer

Een belangrijk verschil tussen beide meren is de snelheid waarmee de ontwikkeling van de vispopulatie plaatsvindt. De kolonisatie van het Volkerak moet voornamelijk gerealiseerd worden door de aanvoer van vislarven door instromend water van Haringvliet, Dintel en Steenbergse Vliet (Ligtoet e.a. 1991), terwijl de kolonisatie van het Zoommeer gebeurt vanuit

het Volkerak. Voor 1990 is het transport van larven naar het Volkerak via de Volkeraksluizen, de Dintel en de Steenbergse Vliet berekend op 55-124 miljoen exemplaren (Ligtoet e.a. 1991). 95% bestaat uit perciden (baarsachtigen), voornamelijk Snoekbaars en Baars en de rest zijn cypriniden (Blankvoorn en Brasem). Cypriniden hebben blijkbaar meer tijd nodig dan perciden om zich te ontwikkelen. Daarnaast is duidelijk dat de ontwikkeling van het Zoommeer achter moet lopen op het Volkerak gezien het verlies dat onvermijdelijk optreedt tijdens het transport en/of migratie van larven en juvenielen naar het Zoommeer toe.

Dit verschil tussen perciden en cypriniden heeft vooral te maken met een verschil in voortplantingsgedrag. Bij de eerste worden de larven geboren in het open water en relatief gemakkelijk verspreid door een zich verplaatsende watermassa (van Densen & Vijverberg, 1982), terwijl de laatste in littorale gebieden geboren worden en pas langzaam naar het open water toegaan (Lammens e.a. 1991, Mooij 1992). Na twee tot drie jaar zijn in het Volkerak volwassen populaties aanwezig met een sterkere rekrutering dan de instroom. Een groot deel gaat naar het Zoommeer en zet daar de ontwikkeling van de populatie in gang.

Simulatie van de visstandsontwikkeling

Uit bepalingen van de jaarklassterkte is groei en sterfte van cypriniden en perciden voor de gehele periode bekend en daarnaast is jaarlijkse rekrutering van nieuwe jaarklassen elk jaar gemeten (Ligtoet e.a. 1991, 1992, 1993, 1994, 1995). Op basis van deze gegevens kan de visgemeenschap nagebootst worden. Als bovendien de kwantitatieve relaties tussen predatoren en prooien bekend zijn, kan berekend worden hoeveel sterfte door de predatoren veroorzaakt moet zijn in een bepaalde periode en door welke aantallen en soorten predatoren. De predatoren zijn in dit geval Snoekbaars en Baars, Aalscholvers en Futen en de fuikenvisserij. Met het model PISCATOR waarin deze kwantitatieve relaties opgenomen zijn (Lammens e.a. 1995) is gesimuleerd in hoeverre de waargenomen ontwikkeling van de visstand te verklaren is uit de bekende

rekrutering, groei en diverse sterftebronnen door vergelijking met de waargenomen ontwikkeling. Het model gaat dus alleen uit van een jaarlijkse aanwas van jonge vis, maar niet van oudere vis door intrek (zie kader).

De simulaties laten zien dat de sterke aanwas in 1992 voldoende was om de stand van zoöplankton- en benthosetende vis sterker te laten toenemen dan visetende vis. Baars was tot dan toe praktisch geheel afhankelijk van *Daphnia pulex* en *Neomysis* geweest. Ook voor de eenjarige Snoekbaars was dat het geval. De overschakeling van Baars en Snoekbaars op vis was niet voldoende om de toename van plankton- en benthosetende vis te stuiten. Belangrijk in dit verband is dat vanaf dat moment het meer extra aantrekkelijk werd voor Aalscholvers en Futen (hoofdstuk 11 figuur 6; Van Dam & Breukers 1995). De sterfte veroorzaakt door deze vogels is bijna net zo groot als door Baars en Snoekbaars. Omdat Aalscholvers grote prooien kunnen bemachtigen, hebben ze een effect op Baars en Snoekbaars.

Situatie 1994

De visbiomassa in 1994 is 137 kg/ha in het Volkerak-Zoommeer. In het Volkerak is de biomassa 155 en in het Zoommeer 82 kg/ha (figuur 1). De visstand wordt in 1994 sterk gedomineerd door Brasem en Pos, beide vissoorten die sterk afhankelijk zijn van bodemdieren. Snoekbaars is de dominante roofvis geworden en Baars en Blankvoorn nemen niet meer toe. Volkerak-Zoommeer is allengs van een Baars-blankvoornwater veranderd in een Brasem-Snoekbaarswater. Bij het ontbreken van een intensieve visserij zal deze situatie zich verder bestendigen, tenzij de nutriëntengehaltes zeer sterk afnemen. Deze visgemeenschap is sterk gericht op de bodem: door omwoeling en voedselopname worden nutriënten naar het water getransporteerd (Breukelaar e. a. 1995). Hierdoor wordt het eutrofe karakter gestabiliseerd.

Het gebruik van het vismodel PISCATOR

Het gebruik van het model PISCATOR is alleen zinvol wanneer er voldoende gegevens beschikbaar zijn over rekrutering, groei en mortaliteit van de verschillende vissoorten en wanneer visserij en vogelbezoek voldoende beschreven zijn. Het model is een instrument om de verschillende processen die in een meer van invloed zijn op de uiteindelijke samenstelling van de visgemeenschap in beeld te brengen. Omdat per meer de specifieke omstandigheden om voort te planten en voedsel te produceren uniek zijn, moeten deze altijd als randvoorwaarde per water opgenomen worden. Dit betekent dat over een langere periode er een goede schatting moet zijn van de biomassa, groei en mortaliteit van elke soort. Het gebruik van het model gebeurt in drie stappen.

Stap 1: vaste groei en vaste sterfte

De eerste stap in het gebruik van het model is het nabootsen van de grootte-samenstelling en biomassa's van de verschillende populaties bij een vaste rekrutering, groei en sterfte. In deze fase beïnvloeden de populaties

elkaar nog niet, maar de sterfte is het gezamenlijke effect van visserij, vogel- en vispredatie, verhongering en overige oorzaken. Terugkoppelingen vinden nog niet plaats. Als deze simulatie goed verloopt, kunnen in een tweede stap sterfte en groei nader bekeken worden.

Stap 2a: afhankelijke sterfte en vaste groei

De sterfte wordt onderverdeeld in de verschillende oorzaken. De vissen groeien nog wel met een vaste groeisnelheid, maar de sterfte wordt afhankelijk gesteld van gegeten en gevangen worden. Hiervoor moeten de belangrijkste bronnen van sterfte gekwantificeerd zijn, met name visserij en vogelpredatie. Wanneer deze afhankelijke sterfte sterk van de vaste sterfte van stap 1 verschilt, moet een restpost zoals achtergrond-sterfte of verdwijning ingevoerd worden. Ziekte of migratie kan hiervan de oorzaak zijn. Deze aanname is alleen gerechtvaardigd wanneer totale en afzonderlijke sterftes bekend zijn en de groeisnelheid correct bepaald is.

Stap 2b: afhankelijke groei en vaste sterfte

De groei van de roofvissen wordt afhankelijk gemaakt van de beschikbaarheid van prooivissen en ook hier geldt dat deze groei en de vaste groei van stap 1 aan elkaar gelijk moeten zijn. Wanneer afhankelijke en vaste groei niet aan elkaar gelijk zijn, moet vastgesteld worden dat de beschikbaarheid van prooien niet alleen door aantal en groottesamenstelling bepaald wordt. Ook het al dan niet aanwezig zijn van schuilplaatsen voor prooivissen beïnvloedt de groei van roofvissen.

Stap 3: afhankelijke groei en afhankelijke sterfte

In de laatste stap worden zowel groei als sterfte afhankelijk gemaakt. Alleen wanneer de biomassa en groottesamenstelling van de verschillende soorten een goede overeenkomst vertonen met die van de vaste waarden, is een juiste instelling verkregen waarmee scenario's verkend kunnen worden.

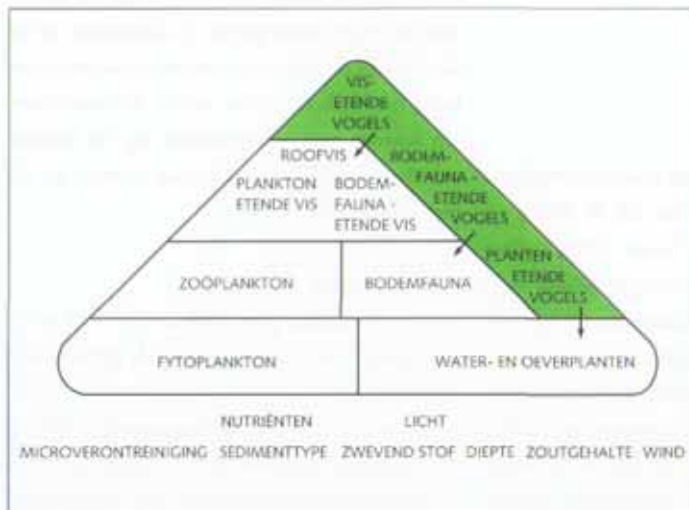


Foto 25

Baars is kenmerkend voor het Volkerak-Zoommeer. De eerste jaren na de afsluiting kwam deze vis zeer snel op en bereikte de hoogste groeisnelheid ooit gemeten in Europa.

11. Vogels

Edith van Dam & Ruurd Noordhuis (Koeman en Bijkerk bv.)



De meeste organismen die in de voedselpiramide van het Volkerak-Zoommeer zijn ondergebracht brengen hun hele leven, of althans het grootste deel daarvan, door in het meer. Vogels vormen hierop een uitzondering: de meeste soorten zijn slechts een gedeelte van het jaar in het gebied te vinden. Veranderingen in de vogelstand zijn daarom niet alleen te relateren aan ontwikkelingen in het Volkerak-Zoommeer, maar kunnen evengoed hun oorzaak vinden buiten het gebied.

Na de afsluiting heeft het meer zich ontwikkeld tot een gebied dat met name in de nazomer en herfst veel vogels herbergt. In deze periode gebruiken vogels het meer om te ruïen, zoals Knobbelzwanen, Kuifeenden en Futen of om zich te verzamelen voor de najaarstrek.

Vogels bevinden zich op verschillende niveaus in de voedselpiramide. Sommige vogels eten voornamelijk waterplanten (bijvoorbeeld Meerkoeten en Knobbelzwanen), andere bodemfauna (Kuifeenden) of vis (Aalscholver en Fuut). De predatiedruk van vogels op de verschillende voedselbronnen kan merkbare invloed hebben op het ecosysteem. Omdat vogels zich gemakkelijk uit omliggende gebieden naar het meer kunnen verplaatsen en andersom, is het mogelijk dat vogels die op het meer worden waargenomen hun voedsel elders verzamelen. De mobiliteit van vogels brengt met zich mee dat ze snel kunnen inspelen op de beschikbaarheid van voedsel, maar ook op andere invloeden kan snel worden gereageerd: als de vorst invalt trekt een aantal soorten weg.



Foto 26

Watervogeltellingen vinden maandelijks plaats in het Volkerak met behulp van een boot. Tegelijkertijd vinden ook tellingen op de oevers plaats. Het tellen gebeurt door vrijwilligers.

De verzoeting van het meer en de daarmee gepaard gaande ontwikkelingen in het water, hebben uiteindelijk vooral gunstig uitgewerkt voor watervogels die voornamelijk waterplanten of mosselen eten. Sinds 1992 is het aantal vis-etende vogels hoger dan in de periode daarvoor. De opmars van de Kuifeend is ongetwijfeld verbonden met de toename van Driehoeksmossels.

Samenvatting

Hoewel het Krammer/Volkerak van voor de afsluiting door zijn geringe grootte minder vogels herbergde dan bijvoorbeeld de Ooster- en Westerschelde, was dit gebied voor verschillende soorten, zoals Scholekster en Zilverplevier, van internationale betekenis. De 2350 hectare aan slikken in het gebied vormden voor steltlopers een belangrijk foerageergebied. Door de sluiting van de Philipsdam viel 90% van deze slikken permanent droog. Veel steltlopersoorten namen

daardoor sterk in aantal af, maar er zijn er ook die van de nieuwe situatie wisten te profiteren.

De nog kale, drooggevallen gronden, en ook de later aangelegde eilandjes, werden al gauw door soorten als Kluut en Visdief als broedgebied gebruikt. Ook zeldzame soorten als de Steltkluut en Zwartkopmeeuw zijn aangetroffen. Door de toenemende begroeiing zullen deze gebieden op den duur echter ongeschikt raken voor kalegrondbroeders.

Van de broedvogels in het Riet is de Blauwborst een opvallende verschijning.

Methoden

Sinds de afsluiting worden watervogels op het Volkerak maandelijks geteld. Op het open water worden vogels vanaf een boot geteld, tevens vinden er tellingen plaats vanaf de oever. Ook het Zoommeer is tot in 1992 maandelijks geteld. Halverwege 1992 is overgestapt op een frequentie van drie keer per jaar (januari, mei en september), met extra tellingen in oktober 1993. In dit hoofdstuk wordt bij de bespreking van de

telgegevens het begrip "vogeldagen" gehanteerd. Met het aantal vogeldagen van een soort/groep wordt het volgende bedoeld: de som van het aantal dagen dat de verschillende individuen hebben doorgebracht in een bepaald gebied gedurende een bepaalde periode. Het aantal vogeldagen wordt berekend door het aantal waargenomen vogels te vermenigvuldigen met het aantal dagen tussen twee tellingen in.

Bij de interpretatie van de tellingen moet rekening gehouden worden met het feit dat de aantallen in september 1994 zijn onderschat. Dit komt door het slechte weer tijdens de telling in september en doordat de Plaat van Vliet en de Slikken van de Heen-West niet zijn geteld (hier bevinden zich doorgaans zeer veel vogels). Omdat de meeste planteneters het algemeenst zijn in september, heeft dit voor deze soorten veel invloed gehad op het totaal aantal vogeldagen in 1994. Dit geldt in mindere mate voor benthos- en viseters.

Ontwikkelingen

Drooggevallen gronden

Steltlopers

De 2350 ha aan slikken in het Krammer/Volkerak van voor de afsluiting vielen bij eb droog en stonden bij vloed onder water. Deze slikken vormden een belangrijk fourageergebied voor steltlopers. Door de afsluiting ging dit biotoop verloren en namen steltlopers sterk in aantal af. Ondanks het abrupte wegvallen van het getij verliep de afname bij de meeste soorten geleidelijk, zoals bij de Wulp (figuur 1), de Bonte strandloper en de Goudplevier. Deze geleidelijke afname heeft wellicht te maken met het gebruik van de drooggevallen gronden als hoogwatervluchtplaats. Het Zoommeer, grenzend aan het belangrijke zoute fourageergebied de Oosterschelde, herbergde na de afsluiting dan ook meer steltlopers dan het Volkerak. Door de voortschrijdende successie van de begroeiing zullen deze gebieden waarschijnlijk ongeschikt worden in de toekomst.

Niet voor alle steltlopersoorten heeft de afsluiting tot een afname geleid. De Kempshaan en de Grutto (figuur 1) zijn na de afsluiting toegenomen langs het Volkerak. Deze 'zoete' steltlopersoorten worden veel waargenomen op de Slikken van de Heen-West, de Dintelse Gorzen en de Hellegatsplaten.

Kustbroedvogels

Na de afsluiting ontwikkelde het Volkerak-Zoommeer zich tot een belangrijk gebied voor kustbroedvogels. De echte pioniers zijn de kalegrondbroeders, die op de drooggevallen slikken broedplaatsen vonden. Een bijzonderheid in deze categorie was de vondst van acht broedgevallen van de Steltkluut in 1989 (waarvan twee in het Zoommeer) en zeven in 1990. Deze Zuid-Europese soort (in het Zoommeer werd een Steltkluut gevonden met een Italiaanse ring) vertoont af en toe invasies in Nederland. In de invasie van 1989 en 1990 werden in totaal 22 en 11 broedgevallen geconstateerd, waarvan dus bijna de helft in het Volkerak-Zoommeer (Meininger & Schekkerman 1990, 1991).

Door de successie van de vegetatie namen de meer talrijke soorten als Kluut, Kleine Plevier, Strandplevier en Bontbekplevier na 1990 op de voormalige slikken alweer af, maar de totale Volkerakpopulatie kreeg nieuwe impulsen door de aanleg van eilandjes in 1990 en 1991. In 1992 bereikten daarop zowel de Kluut als de Visdief met achtereenvolgens 1342 en 826 paar (respectievelijk de helft en 15% van het totale bestand in het Nederlands Deltagebied; Meininger e.a. 1995a) een voorlopig hoogtepunt. In 1993 en 1994 waren de aantallen alweer lager (figuur 2). Meeuwen stellen wat minder eisen aan hun broedbiotoop en verdragen meer vegetatie. De eilandjes zijn ook bij de meeuwen in trek, onder meer door de geringe predatie van eieren door ratten. De toename van Kok- en Zilvermeeuwen vond dan ook met name vanaf 1991 plaats. Ook bij de meeuwen is sprake van bijzonderheden. In 1992 werd op het eiland Noordplaat een nest gevonden van de in Nederland schaarse Dwergmeeuw, het eerste broedgeval van het Deltagebied. Op een eiland voor de Krammerse Slikken werden in 1993, wederom twee jaar na de aanleg, nog eens twee (mislukte) broedpogingen

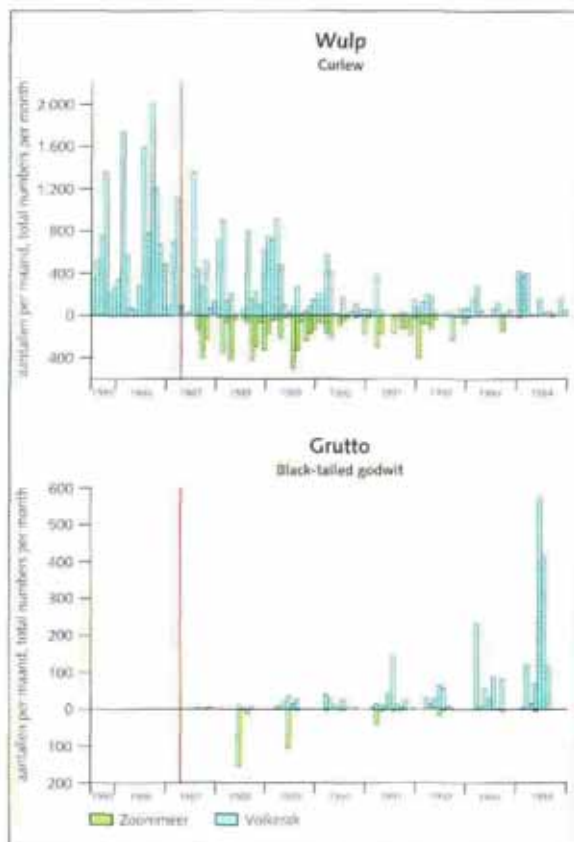


Fig. 1
Aantallen per maand van de Wulp en de Grutto in de periode juli 1985 tot en met december 1994. Vanaf augustus 1992 is in het Zoommeer onregelmatig geteld. De afsluiting staat weergegeven met een rode lijn. Bij vergelijking van de gegevens van voor en na de afsluiting moet in aanmerking worden genomen dat het gebied ten westen van de Philipsdam en ten zuiden van de Grevelingendam voor de afsluiting buiten het telgebied viel. Van het Zoommeer zijn geen gegevens van voor de afsluiting beschikbaar.
Total numbers per month of *Numenius arquata* (Curlew) and *Limosa limosa* (Black-tailed Godwit) between July 1985 and December 1994. From August 1992 waterbirds on Lake Zoommeer have been counted irregularly. The date of the construction of the dam is shown by the vertical red line. Note that the area to the west of the Philipsdam to the south of the Grevelingendam were not sampled before 1987 and therefore a comparison of the size of the bird populations before and after the creation of lake Volkerak-Zoom is not possible. For the Zoommeer no data are available before 1987.

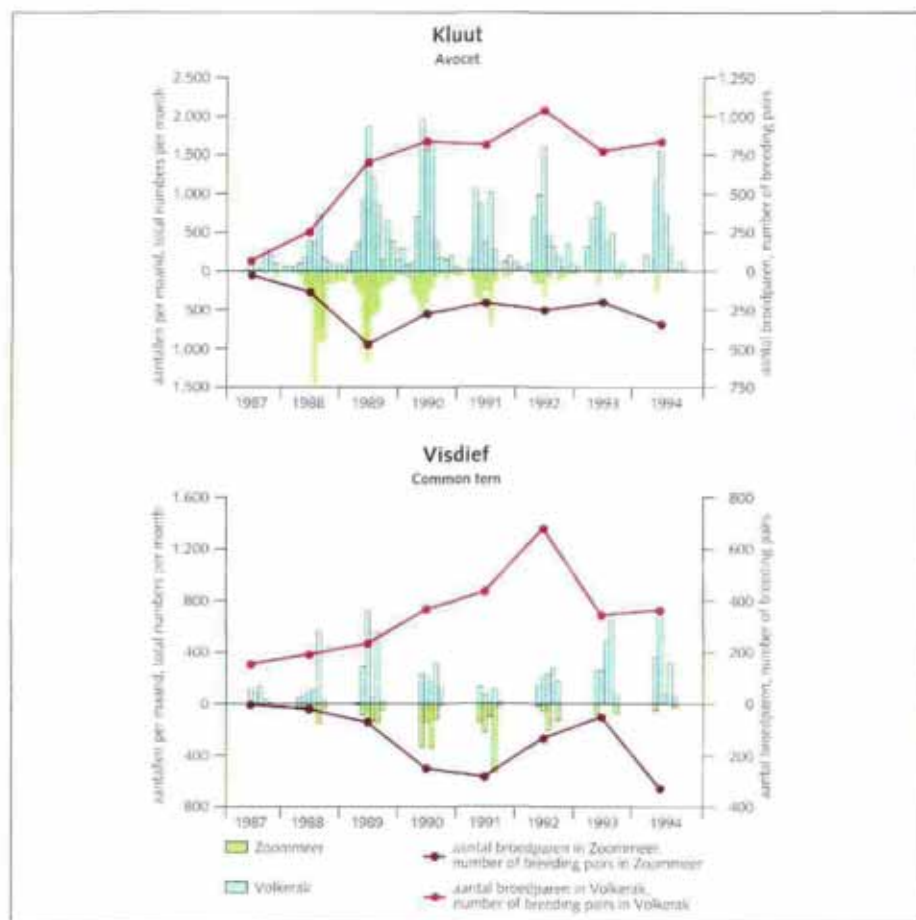


Fig. 2
Aantal broedparen en aantallen per maand van de Kluit en de Visdief in het Volkerak-Zoommeer van 1987 tot 1994. Vanaf augustus 1992 is in het Zoommeer onregelmatig geteld. Bij beide soorten blijken de maandelijkse tellingen het werkelijke aantal vogels te onderschatten. Dit komt doordat broedende vogels op de eilandjes, die vanaf een boot worden geteld, slecht zijn waar te nemen. Bovendien is de archipel bij de Krammerse Slikken in 1992 en 1993 niet geteld. *Number of breeding pairs and numbers per month of *Recurvirostra avocetta* (Avocet) and *Sterna hirundo* (Common Tern) in Lake Volkerak-Zoommeer from 1987-1994. From August 1992 waterbirds on Lake Zoommeer have been counted irregularly. An apparent underestimate in monthly count is given for each species. This occurred because breeding birds on the islands are difficult to count. In addition the archipelago by Krammerse Slikken was not sampled in 1992 and 1993.*

geconstateerd (Meininger e.a. 1993). Minstens zo bijzonder is de komst van Zwartkopmeeuwen. Net als de Steltkluit is dit een soort uit het Middellandse Zeegebied (Zwarte Zee), maar net als bij veel andere meeuwsorten breidt het areaal van deze soort zich langzaam uit. Sinds 1970 is het aantal broedgevallen in Nederland langzaam toegenomen tot maximaal 37 in 1988 (Meininger & Bekhuis 1990). Daarna kreeg de populatie echter een enorme impuls door de vestiging van Zwartkopmeeuwen in het Volkerak. In 1993 werden maar liefst 142 paren geteld, meer dan 80% van de Nederlandse populatie (Meininger *et al.* 1993). De meeste Zwartkopmeeuwen broeden op de Noordplaat, maar

ook op de Krammerse Slikken en de Hellegat-splaten zijn nesten gevonden.

Door de toenemende begroeiing in de oevergebieden zal het Volkerak-Zoommeer als broedgebied voor kustvogels in de toekomst minder belangrijk worden. Met het doel het 'open' karakter van de oevergebieden te behouden worden in veel gebieden paarden en runderen ingezet. Deze grazers zijn in het algemeen niet in staat de oevers voor kustbroedvogels open genoeg te houden. Wel kunnen deze gebieden hierdoor voor weidevogels aantrekkelijk blijven. Aan de andere kant kan het ingeschaarde vee schade aanrichten door vertrapping van nesten en verstoring (Meininger e.a. 1993).

Broedvogels in het Riet

Hoewel de toenemende begroeiing op de oevers uiteindelijk tot een afname van kustbroedvogels zal leiden, betekent het voor andere vogelsoorten juist het ontstaan van geschikt broedgebied. Typische bewoners van rietvegetaties zijn de Bruine kiekendief en de Kleine karekiet. Deze soorten koloniseerden het nieuwe gebied vrij snel. Tot en met 1992 namen ze toe, daarna bleven de aantallen ongeveer gelijk. Riet en andere oeverplanten hebben zich de laatste jaren, na een snelle vestiging kort na de afsluiting, niet verder uitgebreid (hoofdstuk 8). De Slikken van de Heen-Oost en de Dintelse Gorzen zijn voor genoemde soorten verreweg de belangrijkste gebieden in het Volkerak-Zoommeer. Dit geldt ook voor Blauwborst (figuur 6) en Bosrietzanger. Deze soorten zijn niet direct afhankelijk van Riet, maar broeden in opgaande vegetatie. De afgestorven resten van weelderig groeiende pionierplanten (Akkerdistel en Harig wilgeroosje) boden de eerste jaren voldoende structuur om in te broeden. De opkomst van wilgen maakte het gebied nog aantrekkelijker.

De Blauwborst is vanaf de jaren zeventig in de Biesbosch, maar ook elders in Nederland, sterk in aantal toegenomen. Eind jaren tachtig broedde hier bijna 2000 paar, ruim een kwart van de Nederlandse broedpopulatie. Sinds 1987 neemt het aantal paren in de Biesbosch niet meer toe (Meijer 1991), maar de toename in de rest van de het deltagebied gaat onverminderd voort. Nieuwe vestigingsplaatsen in het noordelijk Deltagebied werden daarbij waarschijnlijk gekoloniseerd door jonge vogels uit het bolwerk in de Biesbosch (Hustings e.a. 1995). Na kolonisatie van het Haringvliet in de jaren tachtig werden in 1989 de eerste paartjes in het Volkerak vastgesteld. In 1992 broedden er naar schatting enkele honderden paren (Spaans 1994).

De toename in het Deltagebied is vooral te danken aan de afsluiting van het Haringvliet en het Volkerak, waardoor voormalige rietgorzen en schorren verruigden. Daarmee ontstond een geschikt broedbiotoop voor de Blauwborst. De vegetatie wordt weer minder geschikt als gorzen dichtgroeien met wilgen en vlieren. Dit is de reden dat de populatie in de Biesbosch weer iets afneemt (Hustings e.a. 1995). Het lijkt niet

onwaarschijnlijk dat een dergelijke afname in de toekomst ook in het Volkerak zal plaatsvinden.

Grazers op de oever

De meeste planteneterende watervogels die in de winter op het Volkerak-Zoommeer verblijven, zoals Smienten en ganzen, verzamelen hun voedsel op het land. Dit gebeurt op de drooggevallen gronden, maar ook binnendijs op graslanden en akkers. Het voedsel van de Smient zal de eerste winters na de afsluiting vooral uit Zeekraal bestaan. Omdat Zeekraal door de ontzilting is afgenomen, zullen grassoorten de laatste jaren een steeds groter deel van het menu hebben gevormd. Ten opzichte van de situatie voor de afsluiting is de Smient op het Volkerak toegenomen, in de periode 1988 t/m 1994 bleef het jaarlijks aantal vogeldagen vrij constant. In 1994 is de Smient een van de talrijkste watervogels (figuur 5).

De meest voorkomende ganzen op het Volkerak zijn Rotgans, Grauwe gans en Brandgans, met respectievelijk 196.000, 190.000 en 149.000

vogeldagen in 1994. Rotgans en Brandgans zijn wintergasten, hoewel in 1994 enkele tientallen Brandganzen overzomerden in het Volkerak. Het gaat hierbij om ontsnapte exemplaren of dieren die het vliegvermogen hebben verloren. De Grauwe gans is het gehele jaar aanwezig in het Volkerak, de hoogste aantallen worden in de winter geteld. In augustus wordt ook een piek waargenomen, het betreft hier vogels die zich voor aanvang van de rui verzamelen (met name op de Hellegatsplaten). Tijdens de rui zelf verblijven ze in het Haringvliet (Ouweneel 1993).

Op en in het water

Plantenetters

De eerste jaren na de afsluiting was het Volkerak-Zoommeer erg helder waardoor waterplanten zich snel konden ontwikkelen (hoofdstuk 5 figuur 1). Hier hebben watervogels die hoofdzakelijk waterplanten eten van geprofiteerd. Het is mogelijk een schatting te maken van de totale consumptie van waterplanten door watervogels (figuur 4). De geschatte consumptie door watervogels blijkt eenzelfde tendens te vertonen als de bedekking door waterplanten. Het aantal waterplantenetters op het Volkerak wordt blijkbaar sterk beïnvloed door het aanbod van waterplanten. Volgens de schatting eten Meerkoet en Knobbelzwaan de meeste waterplanten. Meerkoeten zijn het talrijkst in augustus en

september. Als waterplanten in oktober beginnen op te raken in het Volkerak verplaatsen Meerkoeten zich naar de rivieren (Noordhuis & Van Roomen 1995).

Knobbelzwanen arriveren eerder in het seizoen dan Meerkoeten en ruien ook in het Volkerak-Zoommeer (van juni tot augustus). Voor de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer was de Grevelingen een belangrijk rugebied voor Knobbelzwanen. Het aantal vogeldagen per jaar in het Volkerak ligt van 1991 tot 1994 op het niveau van de Grevelingen in de periode 1976-1986. Het aantal vogeldagen in de Grevelingen is afgenomen tot 11.000 in 1992-1993 (De Kraker 1994).

Ook de Kraakeend is sinds de afsluiting flink toegenomen in het Volkerak (figuur 5). Voor een deel is deze toename te verklaren door de toename van de Westeuropese broedpopulatie, maar ook ten opzichte van andere Deltawateren is het Volkerak voor de Kraakeend steeds belangrijker geworden. Als de januari-tellingen van het Volkerak vergeleken worden met de aantallen van de gehele Delta, blijkt dat het percentage Kraakeenden op het Volkerak sinds de afsluiting is toegenomen van 0,2% in 1988 tot 20% in 1994. De Kraakeend heeft een opvallende voorkeur voor oeververdedigingen en andere harde substraten (Meininger e.a. 1994): waarschijnlijk fourageren de vogels hier op macroalgen. Verder zal een deel van de Kraakeenden die overdag in het Volkerak rusten,

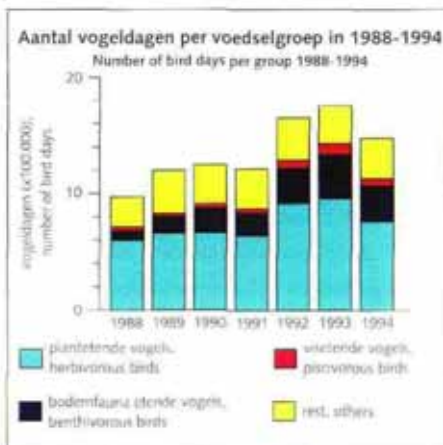


Fig. 3

Aantal vogeldagen op het Volkerak per voedselgroep in de jaren 1988 tot en met 1994. Van de gewijzigde situatie na de afsluiting hebben uiteindelijk vooral plantenetters en benthoetende eenden kunnen profiteren. In 1994 is het aantal vogels in september onderschat (onvolledige telling in combinatie met ongunstige weersomstandigheden). Omdat de meeste plantenetters het talrijkst zijn in september, heeft dit vooral voor deze groep veel invloed gehad.

Number of bird days in Lake Volkerak per food group from 1988-1994. Herbivorous and benthivorous ducks were the main groups which benefited from the changed situation after the building of the dam. In September 1994 the numbers were underestimated due to incomplete counts combined with unsuitable weather conditions. Because most herbivores occur there in September, this error had an especially large effect on the data.

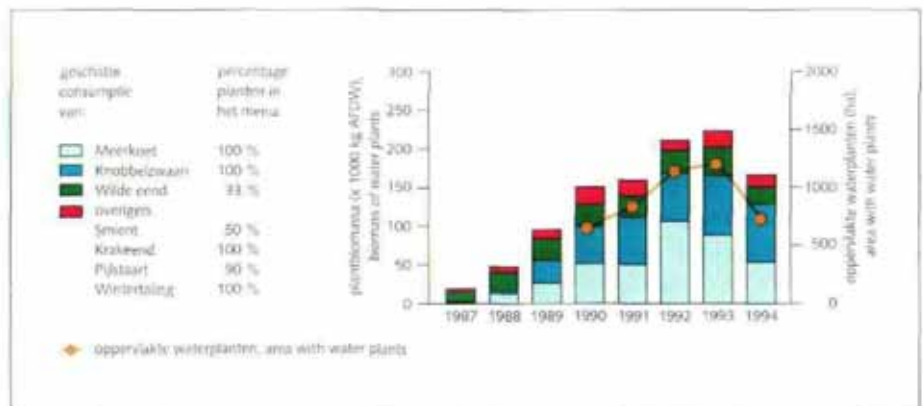


Fig. 4

Geschatte consumptie van waterplanten door vogels in het Volkerak in 1987 t/m 1994 en oppervlakte aan waterplanten (inclusief macroalgen). De geschatte consumptie vertoont eenzelfde verloop als de oppervlakte aan waterplanten. Meerkoet en Knobbelzwaan zijn de belangrijkste waterplantenetters. Estimated consumption of water plants by birds in Lake Volkerak (1987-1994) and surface cover of aquatic plants (including macro algae). The estimated consumption is proportional to the cover of water plants. Fulica atra (Coot) and Cygnus olor (Mute Swan) are the most important herbivores.

's nachts in de Grevelingen fourageren. Dit verschijnsel is op kleine schaal waargenomen (De Kraker 1994).

Bodemfauna etende eenden

Ook bodemfauna etende eenden zijn na de afsluiting sterk toegenomen (figuur 3). Bij de Kuifeend is deze toename het duidelijkst (figuur 5). Met

meer dan twee miljoen vogeldagen in het Volkerak in 1994 is de Kuifeend verreweg de talrijkste soort uit deze groep. Het menu van de Kuifeend bestaat voor een belangrijk deel uit Driehoeksmosselen. De opmars van de Kuifeend is daarom ongetwijfeld verbonden aan de toename van Driehoeksmosselen (hoofdstuk 9 figuur 2). De eerste jaren na de afsluiting werden in

oktober de meeste Kuifeenden geteld. Sinds 1992 zijn de aantallen in augustus/september nog hoger doordat Kuifeenden het meer als ruigebied zijn gaan gebruiken. Het enorme aantal Kuifeenden dat in augustus 1993 werd geteld is waarschijnlijk een eenmalige uitschieter. Het aantal Kuifeenden dat 's winters (in januari) op het Volkerak verblijft, als percentage van het

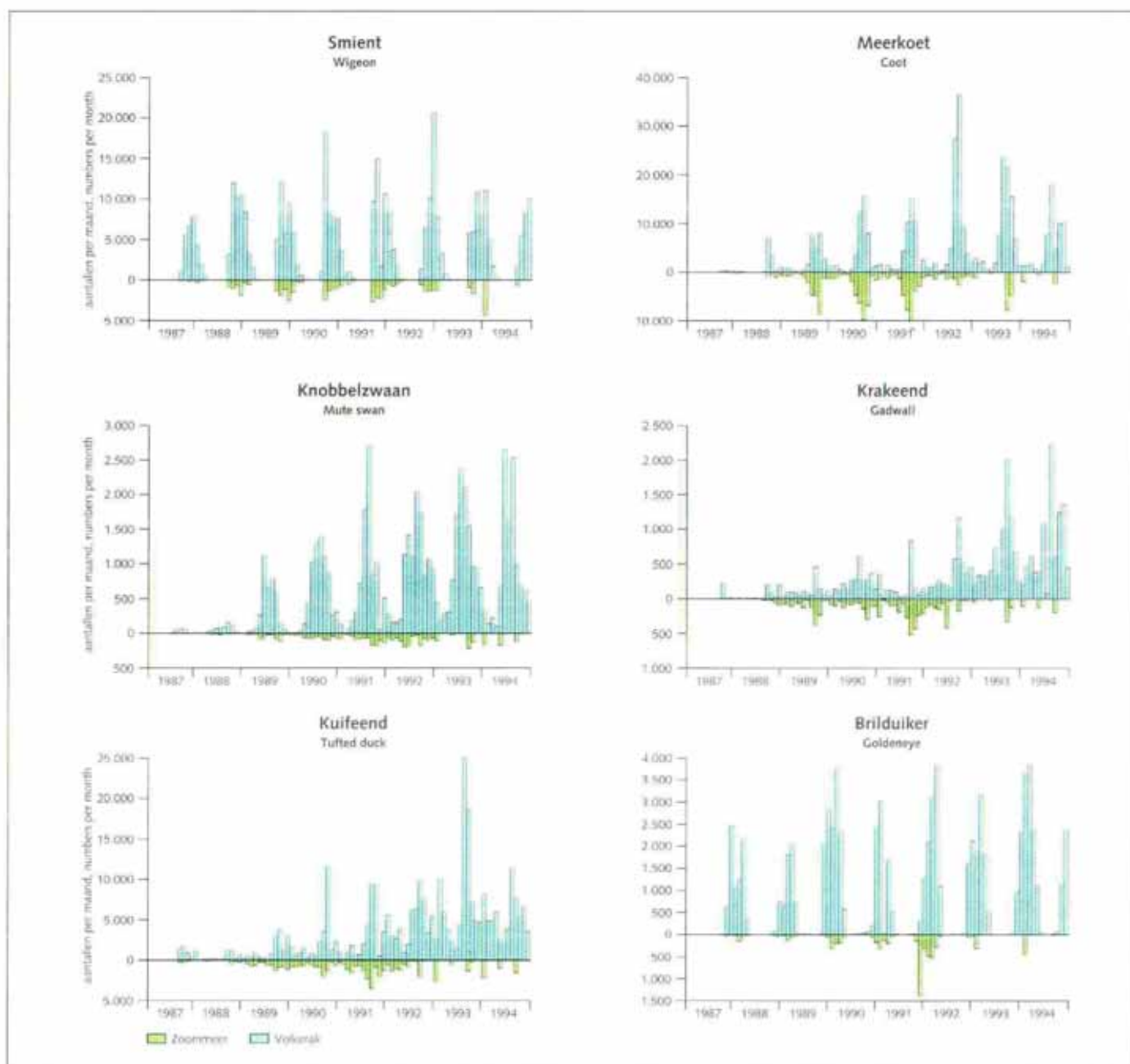


Fig. 5

Aantallen per maand van de Smient, Meerkoet, Knobbelzwaan, Krakeend, Kuifeend en Brilduiker in de periode na de afsluiting tot en met 1994. Vanaf augustus 1992 is in het Zoommeer onregelmatig geteld.

Numbers per month of *Anas penelope* (Widgeon), *Fulica atra* (Coot), *Cygnus olor* (Mute Swan), *Anas strepera* (Gadwall), *Aythya fuligula* (Tufted Duck) and *Bucephala clangula* (Goldeneye) during the period from when the dam was built until 1994. From 1992 on waterbirds on Lake Zoommeer have been counted irregularly.

totaal aantal Kuifeenden in de Delta, is in de periode na de afsluiting toegenomen van minder dan 1% in 1986 tot 37% in 1994.

Ook voor de Brilduiker, een andere mosseleter, is het belang van het Volkerak toegenomen in deze periode: in januari 1994 verbleef 40% van het totaal aantal Brilduikers in de Delta op het

Volkerak. In 1986 was dat minder dan 1%. Meerkoeten en Tafeleenden kunnen ook Driehoeksmossels eten. Maar waarschijnlijk zitten de Driehoeksmosselen zo diep, dat Meerkoet en Tafeleend ze niet kunnen bereiken, in tegenstelling tot betere duikers zoals de Brilduiker en de Kuifeend (De Leeuw & Noordhuis 1991).

Het voedsel van de Bergeend bestaat in het Volkerak waarschijnlijk voor een belangrijk deel uit larven van dansmuggen (*Chironomidae*) en hun poppen (Meininger & Snoek 1992). In het late voorjaar is de dichtheid van muggelarven het hoogst (Van Nes & Smit 1990), in deze periode (mei/juni) bereikt het aantal Bergeenden op het

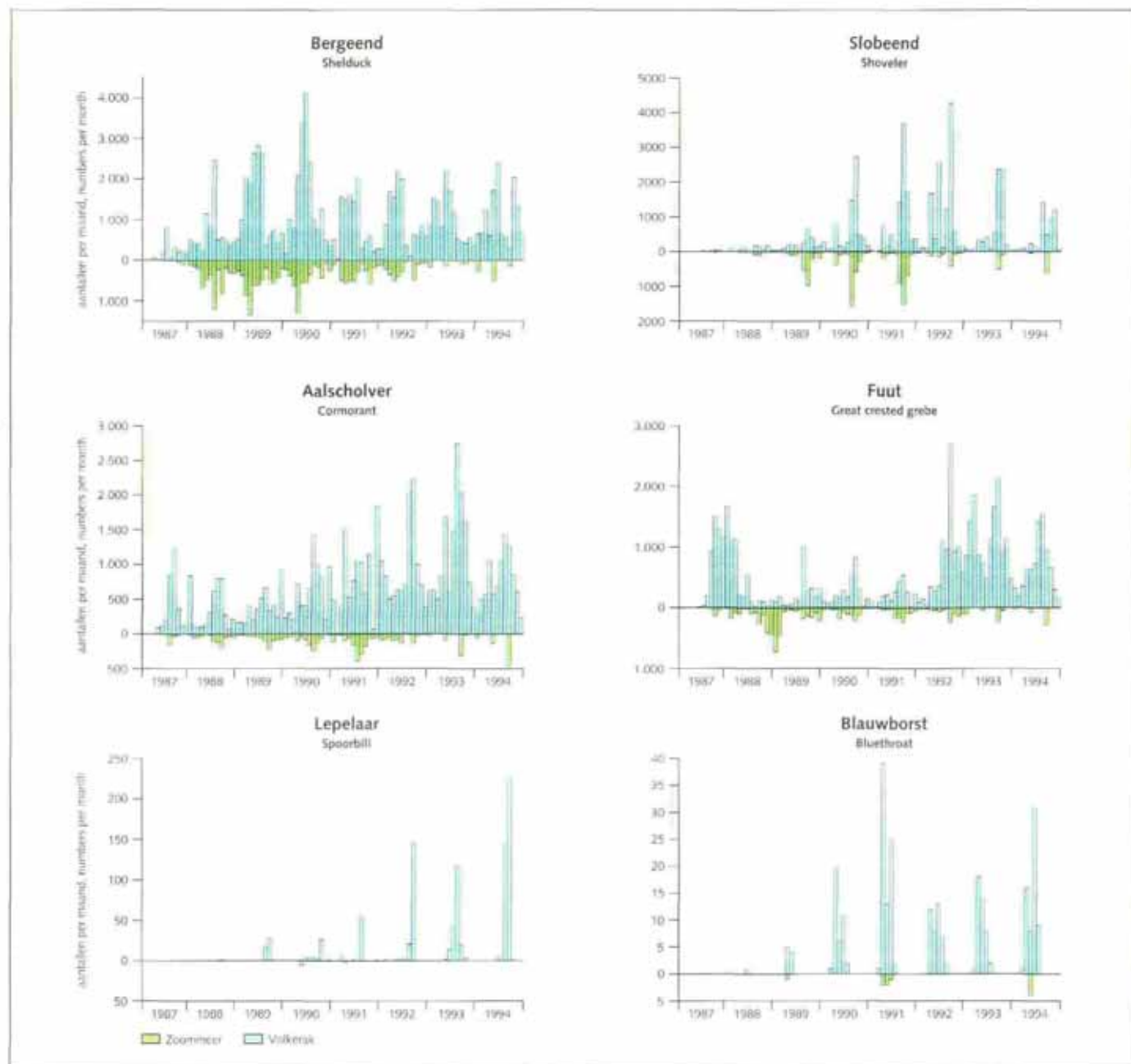


Fig. 6 Aantallen per maand van de Bergeend, Slobeend, Aalscholver, Fuut, Lepelaar en Blauwborst in de periode na de afsluiting tot en met 1994. Vanaf 1992 is in het Zoommeer onregelmatig geteld.

Numbers per month of *Tadorna tadorna* (Shelduck), *Spatula clypeata* (Shoveler), *Phalacrocorax carbo* (Cormorant), *Podiceps cristatus* (Great Crested Grebe), *Platalea leucorodia* (Spoonbill), *Cyanosylvia svecica* (Blue-throat) during the period from when the dam was built up to and including 1994. From August 1992 on waterbirds on Lake Zoommeer have been counted irregularly.

Volkerak een maximum (figuur 6). In 1989 en 1990 werden de hoogste aantallen Bergeenden geteld. Of de dichtheid van muggelarven langs de oevers toen het hoogst was, is moeilijk te zeggen. Na 1990 is de bodemfauna alleen in oktober beïnvloed (hoofdstuk 9).

De Slobeend fourageert door met zijn spatelvormige snavel kleine voedseldeeltjes uit het water te filteren; zoöplankton vormt een belangrijk deel van het menu (Cramp e.a. 1977). Tot en met 1992 namen Slobeenden op het Volkerak jaarlijks in aantal toe, daarna namen ze af (figuur 6). Mogelijk heeft de afname van de Slobeend te maken met veranderingen binnen de zoöplankton-samenstelling: de grote watervlo *Daphnia pulex* is halverwege 1992 verdwenen uit het meer, de kleinere *Daphnia galeata* is daarvoor in de plaats gekomen (hoofdstuk 6).

Viseters

De meest voorkomende viseters op het Volkerak-Zoommeer zijn Aalscholver en Fuut. Vanaf de afsluiting tot en met 1993 vertoende het aantal Aalscholvers op het Volkerak-Zoommeer een stijgende tendens (figuur 6). Deze toename kan niet los worden gezien van een toename op landelijk niveau, maar hangt waarschijnlijk ook samen met de geleidelijke toename van de visstand (hoofdstuk 10 figuur 1). Het aantal Aalscholvers in 1994 (277.000 vogeldagen) is duidelijk lager dan in 1993 (423.000 vogeldagen), ondanks een verdere toename van vis. Deze grotere visbiomassa wordt voor een deel veroorzaakt door grote (> 25 cm) Brasem, die voor de vogels niet eetbaar is en voor een ander deel door de grote hoeveelheid kleinere vis (hoofdstuk 10 figuur 2). Mogelijk speelt het afgenomen doorzicht hier een rol (hoofdstuk 3 figuur 2, 3). In helder water vissen Aalscholvers solitair, maar in water met weinig zicht wordt in groepen gejaagd (Voslamber & Van Eerden 1991). Scholen vis worden dan achtervolgd, uitgeput en naar het wateroppervlak gejaagd (Voslamber 1988). In helder water werkt deze methode waarschijnlijk minder goed omdat vis daar dieper voorkomt en het gevaar vroegtijdig ziet aankomen (Noordhuis e.a. 1994). Mogelijk is het doorzicht in het Volkerak in 1994 gedurende enkele perioden te klein voor solitair vissen, terwijl het water voor sociaal



Foto 27

Samen met de Fuut zijn Aalscholvers de belangrijkste visetende vogels in het Volkerak-Zoommeer. Aalscholvers wijzig hun vangstechniek afhankelijk van de helderheid van het water. Is het water helder dan vist de Aalscholver alleen, terwijl in troebel water in groepen wordt gevist. Tot 1994 was het water in het Volkerak-Zoommeer helder genoeg om voor de Aalscholvers om solitair te vissen. In 1994 werden de eerste Aalscholvers waargenomen die in groepsverband vissen.

	Vogeldagen (x10 ⁵)			Voedselbehoefte ¹ (kg/dag)	Consumptiedruk ² (kg/ha per jaar)		
	1992	1993	1994		1992	1993	1994
Aalscholver	3,42	4,24	2,77	0,4	29,9	37,1	24,2
Fuut	2,62	4,14	2,42	0,2	11,5	18,1	10,6

¹ Doornbos (1984)
² oppervlakte Volkerak is 4570 ha

Tabel 1

Visconsumptie door Aalscholver en Fuut op het Volkerak in 1992, 1993 en 1994, wanneer wordt aangenomen dat al het voedsel in het Volkerak verzameld wordt.

vissen te helder is. In augustus 1994 ligt het doorzicht rond 80 cm. In deze maand is voor het eerst in het Volkerak sociaal visgedrag bij Aalscholvers waargenomen (mededeling M. van Wouwe).

Futen eten alleen vis kleiner dan 15 centimeter. In de zomer van 1992 nam het aantal Futen op het Volkerak-Zoommeer sterk toe (figuur 6). Waarschijnlijk kwamen deze Futen af op de grote hoeveelheid visbroed die toen aanwezig was (hoofdstuk 10 figuur 2). In 1993 was de hoeveelheid visbroed veel kleiner en slechts een deel van

de jaarklasse uit 1992 was voor Futen nog eetbaar (hoofdstuk 10 figuur 2, 3). In 1994 is de reproductie van vis beter dan in 1993, de jaarklasse uit 1992 was voor Fuut echter te groot geworden. Het aantal Futen op het meer was dan ook lager dan in 1992 en 1993, maar nog steeds hoger dan in de periode daarvoor.

De maximale visconsumptie door vogels kan worden geschat als wordt aangenomen dat de op het Volkerak-Zoommeer waargenomen vogels uitsluitend in het meer fourageren (tabel 1). Voor ruiende Futen is dit aannemelijk, voor

Systeem	Geschatte consumptie door Aalscholvers (kg/ha per jaar)	Referentie
Maasplassen	35	Martelijn & Noordhuis 1991
Zwarte Meer en Ketelmeer	32	Veldkamp 1994
IJsselmeer en Markermeer	15	Noordhuis e.a. 1994
Wolderwijd	12,5	Dirksen e.a. 1994
Veluwemeer	2,1	Dirksen e.a. 1994

Tabel 2

Visconsumptie door de Aalscholver in verschillende wateren in Nederland.

Aalscholvers is dit minder vanzelfsprekend. De visconsumptie van de Fuut in het Volkerak is hoog in vergelijking met die in het IJsselmeer en Markermeer. In het Volkerak bedroeg de consumptie van Futen en zaagbekken samen in 1992 ongeveer 2,3 kg/ha (Noordhuis e.a. 1994). De visconsumptie van Aalscholvers in het Volkerak ligt met 24 kg/ha in tussen schattingen voor het Maasplassengebied, Zwarte Meer en Ketelmeer enerzijds en die van Wolderwijd, IJsselmeer, Markermeer en Veluwemeer anderzijds (tabel 2). Het aantal Lepelaars langs het Volkerak is de laatste jaren gestaag toegenomen (figuur 6). De meeste Lepelaars werden geteld in augustus en september. Lepelaars worden voornamelijk aangetroffen op de Slikken van de Heen-West, de Plaat van Vliet en de Hellegatsplaten.

Internationale betekenis

De afsluiting van het Volkerak-Zoommeer heeft voor vogels ingrijpende gevolgen gehad. Het Krammer/Volkerak van voor de afsluiting was vooral belangrijk als overwinteringsgebied voor steltlopers. Deze functie heeft het gebied verloren: steltlopers zijn drastisch afgenomen. Het gebied heeft nieuwe waarden ontwikkeld wat geïllustreerd wordt door het aantal overschrijdingen van de

1%-norm. Op een internationale wetlandconferentie die in 1971 in Ramsar, Iran, heeft plaatsgevonden zijn een aantal criteria opgesteld om het belang van wetlands voor watervogels te kunnen toetsen. Van deze criteria is de zogenaamde 1%-norm de bekendste: meer dan 1% van de Westpalearticische populatie van een soort moet regelmatig van een gebied gebruik maken. Na deze conventie zijn verschillende recentere populatieschattingen verschenen, in dit hoofdstuk zijn de 1%-normen van Meininger

e.a. (1995b) gebruikt. Voor veertien vogelsoorten overschreed het gemiddelde maximum (over de jaren 1992, 1993 en 1994) van een of meer jaargetijden de 1%-norm. Met name voor de Krakeend en de Slobeend heeft het Volkerak internationale betekenis: van beide soorten verblijft hier in het najaar ongeveer 7% van de Europese populatie (tabel 3). De meeste soorten die de 1%-norm overschrijden bereiken hun maximum in het najaar. Van Brilduiker, Smient en Brandgans worden in de winter de hoogste aantallen geteld.

Soorten	Gemiddeld seizoenmaximum				1%-norm
	winter	voorjaar	zomer	najaar	
Fuut	780	940	1200	2100	1000
Aalscholver	730	1100	1100	2100	2000
Lepelaar	0	1	17	160	30
Knobbelswaan	690	860	2100	2200	1800
Grauwe gans	1300	250	740	1400	1200
Brandgans	1300	830	30	120	1200
Smient	13000	1500	26	9800	7500
Krakeend	420	430	680	1800	250
Pijlstaart	540	280	14	2700	700
Slobeend	92	750	1100	2700	400
Kulfeend	7900	5200	4800	15000	7500
Brilduiker	3400	2700	4	1200	3000
Meerkoet	2000	1900	6800	26000	15000
Kluut	68	1000	1300	390	700

Tabel 3

Gemiddelde seizoenmaxima van soorten die de 1%-norm (Meininger e.a. 1995b) overschrijden in het Volkerak. Overschrijdingen zijn vet gedrukt

12. Ecosysteemanalyse en toetsing aan AMOEBE

Carolien Breukers (RIZA)

Samenvatting

Verschillen in kolonisationsnelheid en daarnaast interacties tussen organismen bepalen de ontwikkelingen van het Volkerak-Zoommeer sinds de afsluiting in 1987. Aanvankelijk werd het meer steeds helderder, ondanks de hoge nutriëntengehalten. Het zoöplankton kon de algenbiomassa in bedwang houden en daarnaast breidde de waterplantenvegetatie zich snel uit. Een geleidelijke stijging van de hoeveelheid blauwalgen en de hoeveelheid planktivore vis ging vanaf 1990 gepaard met een toenemende troebelheid in de zomermaanden. Zonder maatregelen kan de situatie de komende jaren verslechteren door een toename van het bestand aan planktivore vis. Omdat niet verwacht wordt dat het nutriëntengehalte de komende jaren verder zal dalen, wat noodzakelijk is voor duurzame helderheid in het meer, zal een visstandsbeheersplan worden opgesteld. In dit hoofdstuk wordt een voorstel gedaan voor een visstandsbeheersplan dat de huidige visstand handhaaft door middel van visserij. Daarnaast blijkt ook dat de oevervegetatie zich slecht ontwikkelt. Het fluctuerend peilbeheer dat wordt uitgevoerd, zal hier mogelijk verbetering in brengen.

Inleiding

Dit hoofdstuk vat allereerst de conclusies uit de voorgaande hoofdstukken samen, zodat de belangrijkste ontwikkelingen in het ecosysteem zichtbaar worden. Bekeken zal worden in hoeverre de situatie in 1994 de gewenste referentiesituatie benadert door gebruik te maken van de AMOEBE van het Volkerak-Zoommeer (Vanhemelrijk & De Hoog 1996).

Analyse

Uit tabel 1 blijkt dat er een samenhang is tussen de verschillende conclusies uit de voorgaande hoofdstukken. Er zijn een aantal belangrijke gebeurtenissen te onderscheiden. Naast kolonisatie (vooral in de beginjaren) bepalen interacties tussen organismen (vooral de laatste jaren) hoe het systeem zich ontwikkelt.

Kolonisatie

Door de overgang van een zout naar een zoet systeem en het verdwijnen van het getij, zijn veel organismen verdwenen waaronder veel soorten steltlopers (hoofdstuk 11). Sommige groepen organismen bevinden zich nog steeds in de kolonisationsfase, zoals de macrofauna waarvan het aantal soorten nog steeds toeneemt (hoofdstuk 9). De geleidelijke toename van blauwalgen tot zij dominant werden in de periode 1987-1994 heeft ook gedeeltelijk te maken met kolonisatie (hoofdstuk 5).

Bij vis heeft het verschil in de wijze van verspreiding van de larven een sterke invloed gehad op de veranderingen in de vissamenstelling in de periode 1987-1994 (hoofdstuk 10). Kolonisatie vond plaats door instroming van vislarven vanuit omliggende wateren, vooral uit het Haringvliet/Hollandsch Diep. Pelagisch levende larven van Snoekbaars en Baars verspreidden zich snel en domineerden de eerste jaren de visstand. De bij de oever en op de bodem levende larven van Blankvoorn, Brasem en Pos verspreidden zich langzamer. Het Zoommeer werd gekoloniseerd vanuit het Volkerak en liep daardoor achter in ontwikkeling. Uit berekeningen met het model PISCATOR blijkt dat de selectieve bevissing door

Futen en Aalscholvers een extra invloed uitoefent op de samenstelling en biomassa van de visstand (hoofdstuk 10 figuur 5).

Oeverplanten konden zich vestigen doordat kiemkrachtige zaden al aanwezig waren (zoals van Zeebies en Ruwe bies), terwijl zaden van bijvoorbeeld Riet en Moerasandijvie massaal via de lucht werden aangevoerd. Daarnaast vestigden zich ook oeverplanten via drijvende zaden (hoofdstuk 8).

Vanaf 1988 worden waterplanten van zoete systemen aangetroffen. Als eerste soort wordt Tenager fonteinkruid aangetroffen. Doordat delen van de stengels van deze plant gemakkelijk loslaten en elders goed wortelen, verspreidt deze plant zich snel (Van Nes 1991). Na 1989 nam het aantal soorten en de dichtheid van waterplanten explosief toe (hoofdstuk 7 tabel 1).














Ontwikkeling oeverplanten

Door plantenetende vogels zoals de Grauwe gans vindt vraat aan oeverplanten plaats. Gecombineerd met andere factoren (zoutgehalte van de bodem, oevererosie, vraat door vee) heeft dit ertoe geleid dat de oevervegetatie in de vorm van onder meer Riet en biezen zich nog steeds niet goed heeft kunnen ontwikkelen.



Foto 28

In 1990 was het water zo helder in het Volkerak-Zoommeer, dat hoge doorzichten tot meer dan 6 meter gemeten zijn. Het streefbeeld voor het Volkerak-Zoommeer gaat uit van de situatie zoals die op de foto te zien is: helder water met ondermeer waterplanten.

Nutriënten, doorzicht, microverontreinigingen	Kolonisatie	Ontwikkeling oeverplanten	Helderheid 1988-1990	Helderheid 1991-1994	Micro-verontreinigingen
<p>In 1987-1990 neemt het doorzicht spectaculair toe tot ongeveer 3 meter. In 1991-1994 daalt het doorzicht tot 1,4 meter en is niet beperkend voor algengroei. In 1987-1990 daalt totaal-P gehalte. In 1990-1994 totaal-P rond 0,10 mg P/l; P is niet beperkend voor de algengroei. Van 1990 stijgt totaal-N tot > 6 mg N/l in 1994 (niet beperkend voor algengroei). Kwikgehalten gebonden aan zwevend stof dalen vanaf 1989. Cadmiumgehalten dalen vanaf 1989, maar sterke toename in 1994.</p>					
<p>Ecotoxicologie MTR van Aal in 1987-1994 overschrijden voor kwik en ΣDDT, MTR van Driehoeksmossel voor cadmium: deze stoffen vormen een ontoelaatbaar risico voor het ecosysteem. Cadmium- en kwikgehalten in Driehoeksmossels lijken dalende trend te vertonen</p>					
<p>Fytoplankton 1987-1994 geleidelijke ontwikkeling dominantie blauwalgen in de zomer In 1987-1990 daalt het chlorofylla-gehalte. In 1991-1994 neemt chlorofylla-gehalte toe (vooral door toename in de nazomer vanaf 1992; de voorjaarsbloei is sinds 1988 niet toegenomen).</p>					
<p>Zoöplankton 1988-1994 grotere watervlooien (tot 1992 <i>Daphnia pulex</i>, daarna vooral <i>D. galeata</i>) dominant. <i>Daphnia pulex</i> verdwijnt in 1992 als dominante soort</p>					
<p>Waterplanten In 1989-1992 ontwikkelt de waterplantenvegetatie zich bijzonder snel. Aantal soorten neemt toe tot 1993/1994 Na 1992 afname van bedekking en diepte waarop waterplanten voorkomen.</p>					
<p>Macrofauna 1991-1994 sterke toename totale dichtheid. 1987-1994 toename van soortenrijkdom en biomassa.</p>					
<p>Oeverplanten Na een snelle vestiging rond de waterlijn stagneert de ontwikkeling van de oeverbegroeiing.</p>					
<p>Vis Snoekbaars en Baars eerste jaren dominant, daarna verschijnen ook Blankvoorn, Brasem en Pos. Het Zoommeer wordt gekoloniseerd vanuit het Volkerak en loopt daardoor achter in ontwikkeling. De (potentiële) verhouding roofvis-prooivis is sneller afgenomen dan zonder vogels het geval geweest zou zijn. Pos, Blankvoorn, Brasem hebben zich sinds 1992 zeer sterk ontwikkeld.</p>					
<p>Vogels Na 1987 zijn veel steltlopensoorten afgenomen. Kale-grondbroeders als Kluut en Visdief broeden op de nu nog kale eilandjes. Vanaf 1987 gunstige ontwikkeling plantenetende watervogels. Vanaf 1987 gunstige ontwikkeling mosseletende watervogels. Sinds 1992 Futen sterk toegenomen, Aalscholvers geleidelijke toename.</p>					

Tabel 1

Overzicht van de belangrijkste conclusies uit voorgaande hoofdstukken. De gele rondjes geven aan bij welke ontwikkeling/factor (kolonisatie, ontwikkeling oeverplanten, etc.) de desbetreffende conclusie hoort.

Helderheid 1987-1990

In de periode 1987-1990 werd het meer steeds helderder, ondanks de hoge P-belasting (hoofdstuk 3 figuur 5). Toenemende aantallen zoöplankton in de vorm van raderdieren, copepoden en waterlooien hielden de algenbiomassa laag. Waterplanten profiteerden van het grote doorzicht en vestigden zich snel. Dit leidde tot een toename van plantenetende vogels, zoals Knobbelzwanen en Meerkoeten (hoofdstuk 11 figuur 5).

Helderheid 1991-1994

Nutriënten en licht zijn in de periode 1991-1994 niet beperkend voor de algengroei. In deze periode nam het doorzicht sterk af (figuur 1) door een toename van de hoeveelheid algen (in aantal en biovolume) in de zomermaanden. Dit waren hoofdzakelijk blauwalgen, die in het systeem op de bodem overwinteren en die nauwelijks of niet gegeten worden door het zoöplankton. Deze algen hebben geleidelijk voldoende 'zaadkapitaal' opgebouwd om in de zomer uit te kunnen groeien tot dominerende populaties. Naast de slechte eetbaarheid van de blauwalgen is in 1992 de grote watervlo *Daphnia pulex* verdwenen en vervangen door kleinere *Daphnia*-soorten (figuur 1) met een geringere graascapaciteit. Dit verdwijnen van *D. pulex* was zeer waarschijnlijk het gevolg van een zeer hoge dichtheid jonge (planktivore) Blankvoorn in 1992. De aanwezige roofvispopulatie bleek niet in staat om deze succesvolle rekrutering te voorkomen. Figuur 1 laat zien dat vanaf 1992 het doorzicht daalde, gecombineerd met een afname van de lengte van *Daphnia* - een maat voor de graascapaciteit - en een gelijktijdige toename van het chlorofylgehalte. De dichtheid van het zoöplankton bleef vrij constant over de gehele periode. Hieruit blijkt dat vooral de lengte van het zoöplankton en de verdeling over de seizoenen bepalend zijn voor de mate van graas op algen en niet zozeer de dichtheid van de waterlooien.

Het is mogelijk dat ook de aanwezigheid van (slecht eetbare) blauwalgen een rol gespeeld heeft bij de toename van het chlorofylgehalte. In 1993 en 1994 was de predatiedruk van planktivore vis op het zoöplankton vrij constant en heeft mogelijk ook de kwaliteit van het voedsel in de

zomer een rol gespeeld, die wellicht onvoldoende was voor een goede ontwikkeling van de waterlooienpopulatie.

De visstand wordt in 1994 sterk gedomineerd door Brasem en Pos met Snoekbaars als dominante roofvis.

De toename van vis werd gevolgd door een toename van het aantal visetende vogels.

Doordat het doorzicht afnam, namen ook de waterplanten af. Dit had tot nu toe nog geen negatieve gevolgen voor de aantallen waterplanten etende vogels.

De toename van de biomassa van de macrofauna (onder meer van Driehoeksmosselen), als gevolg van een toename van algen en detritus, werd gevolgd door een toename van bodemfauna etende vogels zoals de Kuifeend.

Microverontreinigingen

Het feit dat de belasting met cadmium en kwik een

dalende trend vertoont is ook terug te vinden in de waterkwaliteit: de gehalten aan cadmium en kwik gebonden aan zwevend stof nemen af vanaf 1989 (behalve cadmium in 1994).

AMOEBE Volkerak-Zoommeer

De afkorting AMOEBE staat voor Algemene Methode voor OEcologisch BESchrijving. Met behulp van deze methode kan de biologische toestand van een watersysteem worden gekarakteriseerd (zie kader in hoofdstuk 1). AMOEBE's hebben als doel om waterbeheerders en beleidsmakers de mogelijkheid te geven om verantwoorde keuzes te maken met betrekking tot een gezonde en duurzame ontwikkeling van watersystemen. Voor het Volkerak-Zoommeer is een AMOEBE opgesteld. De nota hierover, AMOEBE van het Volkerak-Zoommeer (Van-

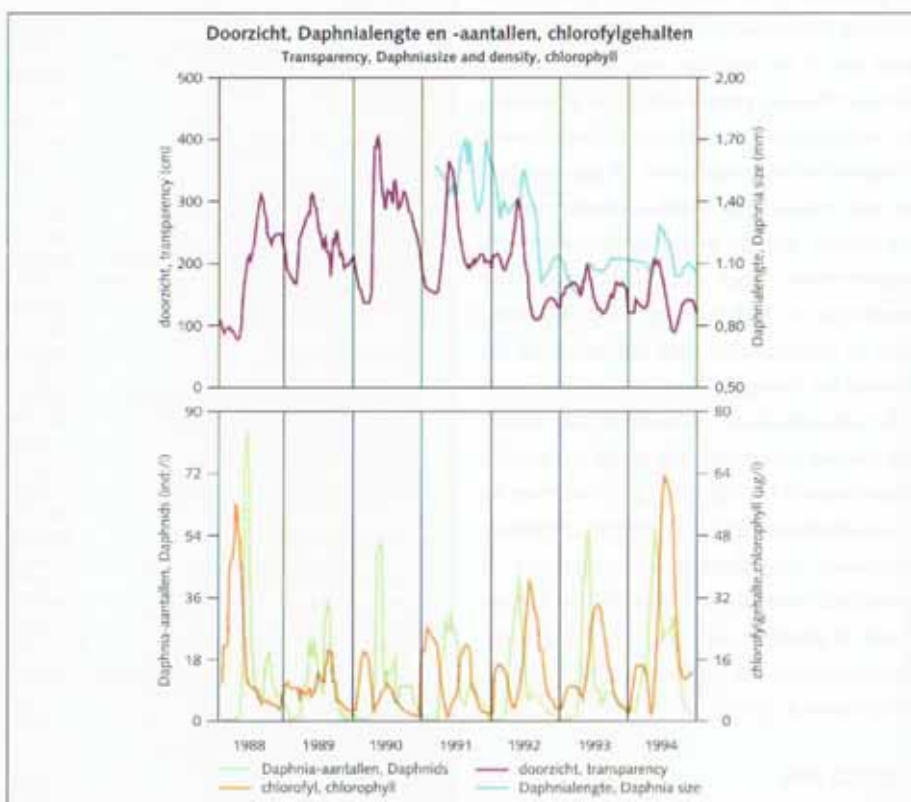


Fig. 1 Doorzicht, chlorofyl-a-gehalte, dichtheid en lengte van *Daphnia* in het Volkerak-Zoommeer (gemiddelde van alle locaties) in de periode 1988-1994. Duidelijk is in deze figuur te zien dat in 1992 het doorzicht daalt, gecombineerd met een toename van het chlorofylgehalte en een afname van de lengte van *Daphnia*. De dichtheid van het zoöplankton lijkt geen duidelijke invloed op deze situatie uit te oefenen. *Transparency, chlorophyll-a, density and length of Daphnia in the Lake Volkerak-Zoommeer (mean of all locations), 1988-1994. Transparency and the length of Daphnia decreased in 1992 whilst chlorophyll-a concentration increased. The density of the zooplankton did not appear to influence this situation.*

hemelijk & De Hoog 1996) zal binnenkort worden uitgebracht; het onderstaand verhaal is gebaseerd op de conceptnota. Ongeveer 30 plant- en diersoorten zijn opgenomen in de AMOEBE van het Volkerak-Zoommeer. In MWTL, het landelijk monitoringprogramma, worden (nog) niet alle soorten die in de AMOEBE staan gemonitord (bijvoorbeeld broedvogels, zoogdieren). Voor deze soorten zijn schattingen gegeven (meestal op grond van incidentele metingen) voor de waarde in 1994 (Vanhemelijk & De Hoog 1996). In tabel 2 staan de waarden van de AMOEBE-soorten in 1994 en voor het referentiebeeld van het Volkerak-Zoommeer weergegeven. In figuur 2 staan de waarden voor 1994 uitgezet tegen de referentiewaarden (de middelste cirkel). Het referentiebeeld is geconstrueerd uitgaande van de algemene karakteristieken van een zoet meer. Voor het referentiebeeld is aangesloten bij het streefbeeld van het Volkerak-Zoommeer, zoals genoemd in de evaluatienota Waterbeheer Volkerak-Zoommeer (Iedema 1992). Dit streefbeeld ziet er als volgt uit: een helder, schoon zoetwaterbekken, gekenmerkt door de rijkdom aan waterplanten, een goed ontwikkelde, brede en vegetatierijke oeverzone en de aanwezigheid van een evenwichtige snoek-zeeltgemeenschap. Het bekken met de aangrenzende oeverzones fungeert onder andere als broedgebied voor reigerachtigen en kikkendieven. Dit streefbeeld geldt als richtingwijzer voor het ecologisch beheer van het Volkerak-Zoommeer en is verwerkt in het referentiebeeld van de AMOEBE. Bijstelling van het streefbeeld lijkt nodig. Zo gaat het referentiebeeld van het Volkerak-Zoommeer uit van een fosfaatgehalte van 0,10 mgP/l. Echter om dominantie van blauwalgen (en daarmee de troebelheid veroorzaakt door algen) in ondiepe meren en plassen te doorbreken wordt een fosfaatconcentratie van 0,03-0,06 mgP/l nodig geacht (Boers e.a. 1995).

AMOEBE 1994

Indien de situatie in 1994 wordt vergeleken met het referentiebeeld (figuur 2) dan valt het volgende op (zie ook Vanhemelijk & De Hoog 1996). Algen, blauwalgen en Snoekbaars en in iets mindere mate Brasem en Blauwborst komen in grote aantallen (tweemaal de referentiesituatie of

meer) voor, terwijl biezen, Riet, Moerasandijvie, Zandoeverdansmug (*Lipiniella arenicola*), Snoek, Kleine zwaan, Kluut, Grutto, Lepelaar, Kwak, Snor, Noordse woelmuis en Otter ontbreken of in zeer lage aantallen (minder dan de helft van de referentiewaarde) voorkomen.

De belangrijkste knelpunten van het Volkerak-Zoommeer komen in de AMOEBE naar voren: de afname van de helderheid door de ongunstige visstand en het vrijwel ontbreken van oevervegetatie. Het vrijwel ontbreken van oevervegetatie blijkt uit de kleine oppervlaktes aan biezen en Riet. Doelvariabelen als de Snor en Noordse woelmuis zijn afhankelijk van oevervegetatie en komen daardoor slechts in kleine aantallen voor. Grote hoeveelheden algen, waaronder veel

blauwalgen, gecombineerd met grote aantallen (bodemwoelende) Brasem kunnen worden gekoppeld aan de afname van het doorzicht in het Volkerak-Zoommeer.

De lage aantallen van Lepelaar, Grutto en Kluut ontstaan door een geringe oppervlakte met ondiep water waar deze vogels kunnen foerageren op macrofauna. Ook de Zandoeverdansmug komt niet veel voor omdat er weinig ondiep gelegen zandbodems aanwezig zijn.

Hoewel er voldoende voedsel in de vorm van waterplanten is, zijn er toch maar geringe aantallen Kleine zwaan aanwezig. Opvallend is ook dat de Snoek amper in het Volkerak-Zoommeer voorkomt ondanks maatregelen zoals de aanleg van paaiplaatsen en het uitzetten van jonge Snoek.

Doelvariabele	Grootheid/eenheid	Situatie	
		Referentie	1994 ¹
Aigen	chlorofyl a µg/l	7,5	31
Blauwalgen (<i>Microcystis</i> gr. <i>aeruginosa</i>)	µm ³ /ml gemid. juni t/m okt	500000	4909000
Waterfloolen (<i>Daphnia</i> sp.)	zomergemiddelde lengte mm	1	1,2
Waterplanten	areaal met bedekkingspercentage > 0 % in ha	3077	3050
Kranswieren (<i>Chara</i> sp.)	areaal met bedekkingspercentage > 0 % in ha	810	580
Biezen (<i>Scirpus</i> sp.)	ha	40	4
Riet (<i>Phragmites australis</i>)	ha	331	30
Moerasandijvie (<i>Senecio congestus</i>)	aantal km-hokken	77	30
Driehoeksmossee (<i>Dreissena polymorpha</i>)	exemplaren/m ²	2300	1140
Zandoeverdansmug (<i>Lipiniella arenicola</i>)	exemplaren/m ²	123	4
Biankvoorn (<i>Rutilus rutilus</i>)	kg/ha	29	15
Baars (<i>Perca fluviatilis</i>)	kg/ha	21	15
Snoek (<i>Esox lucius</i>)	kg/ha	35	0,2
Brasem (<i>Abramis brama</i>)	kg/ha	29	60
Snoekbaars (<i>Stizostedion lucioperca</i>)	kg/ha	4	19
Kleine zwaan (<i>Cygnus bewickii</i>)	vogeldagen	51959	3557
Grauwe gans (<i>Anser anser</i>)	vogeldagen	266706	227848
Kuifeend (<i>Athya fuligula</i>)	vogeldagen	3147284	2601267
Aalscholver (<i>Phalacrocorax carbo</i>)	vogeldagen	384812	354038
Fuut (<i>Podiceps cristatus</i>)	vogeldagen	338686	287128
Kluut (<i>Recurvirostra avosetta</i>)	vogeldagen	584212	136618
Grutto (<i>Limosa limosa</i>)	vogeldagen	830466	40979
Lepelaar (<i>Plectropterus leucorodia</i>)	vogeldagen	26310	11734
Kwak (<i>Nycticorax nycticorax</i>)	broedpaar	5	0
Snor (<i>Locustella luscinoides</i>)	broedpaar	150	0
Blauwborst (<i>Luscinia svecica</i>)	broedpaar	162	936
Noordse woelmuis (<i>Microtus oeconomus</i>)	aantal km-hokken	20	7
Otter (<i>Lutra lutra</i>)	exemplaren	8	0
Randvoorwaarden			
Gemiddeld Winterpeil	m+NAP	0,15	0,00
Gemiddeld Zomerpeil	m+NAP	-0,30	0,00

¹ waarde in 1994 berekend als in Vanhemelijk & De Hoog 1996, behalve blauwalgen (gemeten waarde op VZ3).

Tabel 2

Overzicht doelvariabelen Volkerak-Zoommeer met bijbehorende hoeveelheden in de huidige situatie in 1994 en de referentiesituatie (naar Vanhemelijk & De Hoog 1996)

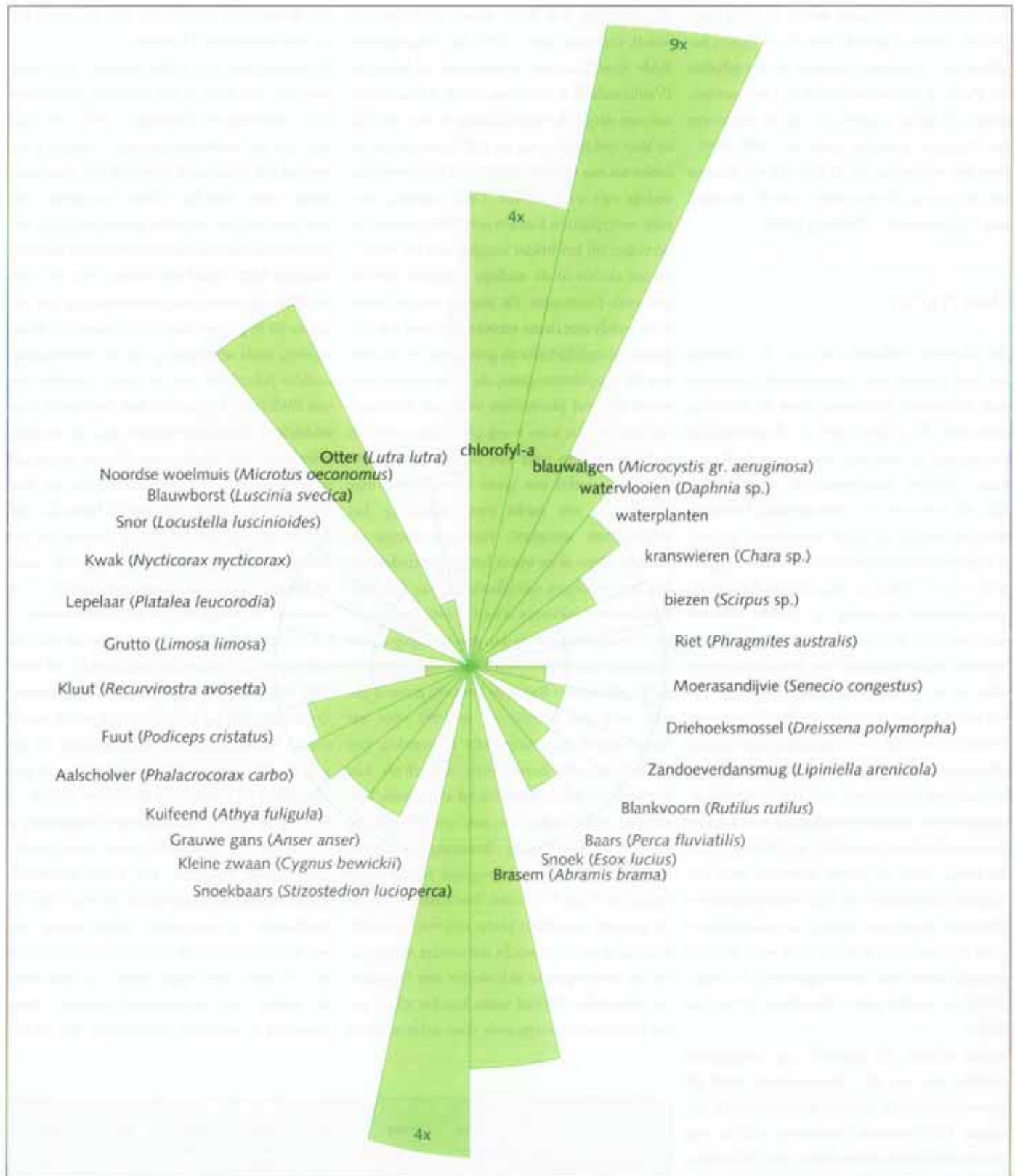


Fig. 2
 AMOEBE van het Volkerak-Zoommeer: de huidige situatie 1994 uitgezet tegen de referentiesituatie. De binnenste cirkel is de referentiewaarde, buitenste cirkel is de referentiewaarde maal 2.
 AMOEBE of lake Volkerak-Zoommeer: present situation (1994) compared with a reference situation. The inner circle indicates the reference situation. The outer circle indicates twice the value of the inner circle.

Het Volkerak-Zoommeer vormt in 1994 geen geschikt (voedsel)gebied voor Otters gezien het gehalte aan verontreinigingen in vis. De gehalten aan PCB's in Aal overschrijden in 1994 met ongeveer 250 µg/kg natgewicht, ruim de oternorm van 25 µg per kg voedsel (Min. van LNV 1989). Voor een verklaring van de toe- dan wel afname van de overige doelvariabelen wordt verwezen naar Vanhemelrijk & De Hoog (1996).

Maatregelen

Het Krammer/Volkerak van voor de afsluiting was een gebied van internationale betekenis voor ondermeer steltlopers. Door de afsluiting verdwenen de getijbeweging en de geleidelijke overgangen van zoet naar zout en van land naar water. Nieuwe natuurwaarden ontwikkelden zich, die eveneens een internationale betekenis gekregen hebben. Zo blijkt bijvoorbeeld dat van 14 vogelsoorten een aanzienlijk deel van de gehele Noordwest-Europese populatie in het Volkerak-Zoommeer aanwezig is. Hiertoe behoren ondermeer de Kievit en de Slobeend. Van de Slobeend blijkt bovendien dat de maximale aantallen in het Volkerak in 1992/1993 groter zijn dan elders in de zoete Nederlandse rijkswateren (Noordhuis 1995). In vergelijking met andere watersystemen in Nederland is het doorzicht in het Volkerak-Zoommeer - een van de randvoorwaarden voor natuurontwikkeling - met 1,4 meter (zomerhalfjaargemiddeld) in 1994 nog relatief hoog. Door dit grote doorzicht kent het Volkerak-Zoommeer een rijke waterplantenvegetatie tot dieptes die elders in de zoete rijkswateren niet begroeid zijn. In 1992 werd hier de grootste variatie aan soorten gevonden in vergelijking met andere zoete rijkswateren (Prins e.a. 1993).

Helaas vertoont dit doorzicht een neergaande tendens. Nog niet alle natuurwaarden, zoals de oevervegetatie, zijn volledig tot ontplooiing gekomen. Het Volkerak-Zoommeer voldoet nog niet aan het streefbeeld zoals dat door de beheerder geformuleerd is, zoals blijkt uit de AMOEBE van het jaar 1994.

De verwachting is dat zonder maatregelen het systeem zich steeds verder van de referentie af

zal bewegen: het meer wordt troebeler. Zo wordt verwacht dat in 2015 het zomergemiddelde doorzicht circa 8 decimeter zal bedragen (Vanhemelrijk & De Hoog 1996). Terugdraaien van een dergelijke ontwikkeling is zeer moeilijk en kost veel inspanning en tijd. Troebel water zal leiden tot een verdere afname van de oppervlakte bedekt met waterplanten. Dit is nadelig, want juist waterplanten kunnen een stabiliserende rol vervullen bij het helder houden van het water - zij het slechts in de ondiepe gebieden van het Volkerak-Zoommeer. De afname van het doorzicht wordt met name veroorzaakt door het stijgende chlorofylgehalte als gevolg van een afname van de zooplanktongraas, die weer veroorzaakt wordt doordat planktivore vis groot zooplankton weg eet. De kans is erg groot dat er op niet te lange termijn weer een situatie als in 1992 ontstaat, waarbij een grote hoeveelheid jonge Blankvoorn een sterke predatiedruk op het zoöplankton uitoefent. Hierdoor neemt de graas op algen af en wordt het meer minder helder. Het vermogen van rekrutering van vissen als Brasem en Blankvoorn is heel groot. Computerberekeningen laten zien dat, gezien de populatiedynamica van Blankvoorn en die van roofvissen als Snoekbaars en Baais, de kans erg groot is dat zich weer een situatie als in 1992 voor zal doen waarbij een succesvolle rekrutering van Blankvoorn niet door roofvis onderdrukt kan worden. De visstand zal zich bij afnemende helderheid ontwikkelen tot een systeem waarin Brasem en Snoekbaars domineren (Ligvoet 1993). Omdat Snoek als oogjager helder water nodig heeft om te kunnen functioneren, zal in dit systeem nauwelijks plaats zijn voor deze vis. Daarnaast wordt verwacht dat zonder maatregelen de oevervegetatie zich slechts zeer langzaam zal uitbreiden. Troebel water kan het effect van het peilbeheer ondergraven door achteruitgang

van de vegetatie. Maatregelen zijn dus nodig om het referentiebeeld te bereiken.

De maatregelen die zullen worden uitgevoerd voor het jaar 2015 in het Volkerak-Zoommeer staan ondermeer in Santbergen (1992). De maatregel om het nutriëntengehalte te verlagen is essentieel om een situatie te creëren met duurzaam helder water. Het lijkt echter onmogelijk, ook met door middel van extra maatregelen, de nutriëntenbelasting drastisch te doen dalen in de periode tot 2015. Vanaf het ontstaan van het meer in 1987 is de externe nutriëntenbelasting met ongeveer 50 % gedaald dankzij brongerichte maatregelen, zoals afkoppeling van de zuiveringsinstallatie Nieuwveer van de Dintel, defosfatering van RWZI's en het gebruik van fosfaatvrije wasmiddelen. Aanvullende nieuwe (externe) maatregelen zullen niet verder reiken dan een daling van het fosfaatgehalte (jaargemiddeld) van de Brabantse rivieren Mark-Vliet van 0,25 naar 0,21 mg P/l. Dit gehalte valt binnen de variatie van het fosfaatgehalte van de Brabantse rivieren (zoals de Dintel) van de afgelopen jaren (tabel 3) en heeft tot nu toe geleid tot een fosfaatgehalte in het Volkerak-Zoommeer schommelend rond de 0,10 mg P/l (zomerhalfjaargemiddeld). Dit betekent dat het fosfaatgehalte van het Volkerak-Zoommeer niet zal veranderen. Er wordt vanuit gegaan dat een mogelijke fosfaatreductie als gevolg van de mestwetgeving pas (ver) na het jaar 2015 effect zal hebben (De Bruijckere 1995).

Zo lang het nutriëntengehalte niet laag genoeg is voor een duurzame situatie, wordt Aktief Biologisch Beheer toegepast. Dit Aktief Biologisch Beheer bestaat uit maatregelen om (specifiek) de snoekstand te bevorderen (zoals aanleg van een snoekpaai gebied in de Dintelsche Gorzen en het uitzetten van jonge Snoek) en daarnaast de aanleg van ondiep-watergebieden, plasdraszones en eilandjes. De komende tijd zal een

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Fosfaatgehalte (mgP/l)	0,47	0,45	0,31	0,21	0,22	0,19	0,26

Tabel 3

Jaargemiddelde fosfaatconcentratie in de Dintel (locatie Dintelbrug) in de periode 1988-1994 (Griffioen & Breukers 1996)

P-concentration (yearly average) in the Dintel (location Dintelbrug) in 1988-1994 (Griffioen & Breukers 1996)

visstandsbeheersplan met een aantal potentiële maatregelen worden opgesteld. Doel van dit visstandsbeheersplan is om een evenwichtige visstand op te bouwen waarbij roofvis de hoeveelheid zoöplankton etende vis in de hand kan houden. Vis eet vooral groot zoöplankton. Door het wegvallen of verminderen van de predatie door vis, zal de gemiddelde lengte en daarmee de graascapaciteit van het zoöplankton toenemen. Meer algen worden wegegeten en de helderheid van het water zal toenemen.

Welke vorm van visstandsbeheer uiteindelijk te kiezen is, moet een zorgvuldige afweging zijn van het netto-effect van visstand, vogels en visserij op de visstand en vissamenstelling en van de belangen van waterkwaliteit, natuurwaarde en visserij.

Een visstandsbeheersplan bestaande uit het volledige wegvangen van planktivore en benthivore vis, uitgaande van de huidige nutriëntenbelastingen, zal alleen bij een rigoureuze afvissing tot een tijdelijke verbetering van het doorzicht leiden. Een dergelijke visstandsreductie zou moeten leiden tot het niveau van de visbiomassa in 1987, zodat de visstand als het ware weer opnieuw in de start-situatie zit. Vermoedelijk is een dergelijke rigoureuze reductie van de vis niet mogelijk. De vangst-efficiëntie zal waarschijnlijk niet meer dan 80 % bedragen, door moeilijkheden bij het afvissen zoals de aanwezigheid van diepe geulen en de open verbinding met de Dintel. Dit is niet voldoende om de paai-populaties van Blankvoorn zodanig uit te dunnen dat een succesvolle rekrutering van deze soort door roofvis onderdrukt kan worden (zoals in 1992). De kans is dan ook groot dat

het systeem snel terugglijdt en het doorzicht weer afneemt.

Uitgaande van het feit dat de huidige nutriëntengehaltes niet zullen leiden tot een duurzame heldere situatie, wordt hier een keuze gemaakt voor een visstandsbeheer dat leidt tot een optimalisatie van de huidige situatie (het handhaven van de huidige visstand door visserij). Deze methode is naar analogie van het visstandsbeheer zoals dat in de Friese Boezem gevoerd is (Lammens & Klein-Breteler 1995) en bewerkstelligt een maximale predatiedruk op planktivore vis en het zoveel mogelijk wegvangen van Brasem. Een maximale predatiedruk zal ontstaan door een permanente visserij op grote Snoekbaars (> 60 cm) met staande netten. Hierdoor wordt het minst produktieve deel van de roofvispopulatie verwijderd. De bedoeling hiervan is dat de structuur van de prooi-populatie zal veranderen doordat de predatiedruk (van grote Snoekbaars) op relatief grote prooivis zal verschuiven naar relatief kleine (planktivore) prooivis door kleine Snoekbaars. Deze visserij zou gekombineerd kunnen worden met een zegenvisserij gericht op Brasem. Grote Brasem draagt bij aan het troebel worden van het systeem doordat deze bij het voedsel zoeken de bodem omwoelt. Grote Brasem is echter door zijn lichaamsvorm moeilijk eetbaar voor roofvis en zal dus zonder maatregelen in het systeem aanwezig blijven. Deze vorm van visserij kan zichzelf bedreiven; de verkoop van Snoekbaars kan de kosten van het wegvangen van Brasem compenseren. De kans is echter groot dat dit visstandsbeheer niet tot het juiste resultaat zal leiden door de

invloed van andere factoren. De (intensieve) visserij door middel van fuiken kan gecombineerd met de predatie door vogels (met name Aalscholvers) de rekrutering van de roofvissen Snoekbaars en Baars sterk beperken. Dit is gebeurd in het IJsselmeer en de Kop van Overijssel (Van Dam e.a. 1995). Verwacht wordt dat de biomassa van Brasem en Snoekbaars bij dit visstandsbeheer sterk zal afnemen. Het aantal Snoeken zal zich niet uitbreiden. Het plan vergt wel een permanente afvissing, wat niet overeenkomt met een duurzaam functionerend ecosysteem. Zonder maatregelen zal het systeem echter vrijwel zeker afglijden.

Het toekomstige peilbeheer is een belangrijk onderdeel van het beleid. Om de ontwikkeling van de oevervegetatie te bevorderen (en daarmee de natuurwaarde van het systeem) wordt overgegaan op een meer natuurlijk peilbeheer: hoog in de winter en lager in de zomer. Voor een optimale natuurontwikkeling in de vorm van een brede oeverzone van 200-400 ha, is een verschil gewenst tussen zomer- en winterpeil van 45 cm. De eerste stap die inmiddels in deze richting is gezet, is een fluctuerend peilbeheer tussen NAP +0,15 cm en NAP -0,10 cm. Neveneffecten van het fluctuerend peilbeheer zijn een toename van het paaigebied voor Snoek en daarnaast in de zomer een verminderde waterinlaat uit het Hollandsch Diep (Iedema 1992). Effecten van dit laatste op het fosfaatgehalte van het Volkerak-Zoommeer zijn nog niet helemaal duidelijk, verwacht wordt wel dat dit een vermindering van de belasting met microverontreinigingen betekent (Schmidt & Termeer 1992).

13. Aanbevelingen voor monitoring en onderzoek

Waterkwaliteit

De verwachting was, dat de verhouding zwevend stof/gloeirest zou afnemen over de jaren doordat de erosie na aanleg van de vooroevers. Dit lijkt niet het geval te zijn. Er zou onderzocht kunnen worden, waarom het zwevend-stofgehalte niet daalt.

De invoering van een wisselend peil kan effecten hebben op het fosfaatgehalte, doordat minder water uit het Hollandsch Diep nodig is. Wat deze effecten precies zullen zijn, is nog onbekend.

Ecotoxicologie

Door overschrijding van het Maximaal Toelaatbare Risico wordt duidelijk, dat het ecosysteem risico loopt door de aanwezigheid van bepaalde stoffen. Welke organismen precies een risico lopen en wat voor effecten de microverontreinigingen hebben, is vrijwel onbekend. De relatie tussen gehalten in bodem, zwevend stof en water aan de ene kant en organismen aan de andere kant is nauwelijks gekwantificeerd.

Het is niet bekend hoe representatief het routinepunt Volkerak-Zuid (VZ3) is. Waarschijnlijk ligt dit te diep voor het nemen van macrofaunamonsters ten bate van toxiciteitsonderzoek (Driehoeksmossels).

Zoöplankton

De bemonsteringsfrequentie van eenmaal per 14 dagen tijdens de voorjaarsperiode in de jaren 1991 t/m 1993 is aan de lage kant voor een vaststelling van maximale dichtheden. Wanneer een vergelijking van maximale dichtheden in opvolgende jaren gewenst is, is het aan te bevelen om van april tot en met juni eens per week te bemonsteren.

Niet bekend is in hoeverre de groei van het zoöplankton geremd wordt door toxicanten, die niet routinematig gemeten worden. Er zijn aanwijzingen dat via atmosferische depositie incidentele piek-concentraties in het water op kunnen

treden van bestrijdingsmiddelen afkomstig uit de landbouw. Daarnaast zijn er in Rijn- en Maas-water negatieve effecten gemeten op de fertiliteit van watervlooiën die waarschijnlijk veroorzaakt worden door tot nu toe niet geïdentificeerde stoffen.

Fytoplankton

Over de toxiciteit van dominante blauwgierten (*Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*) voor de in het Volkerak-Zoommeer aanwezige populaties van *Daphnia*-soorten is weinig bekend.

Ook over de invloed van koude winters op de ontwikkeling van blauwgiertbloei en de vorming van drijfslagen is weinig bekend.

De invloed van de manier van bemonsteren op de resultaten van chlorofylla-bepalingen en fytoplankton-analyses kan groot zijn tijdens het optreden van drijfslagen. Als onder een drijfslaag gemonsterd wordt, geeft dat heel andere resultaten dan als in de drijfslaag gemonsterd wordt.

Waterplanten

De lengte van het groeiseizoen zegt waarschijnlijk veel over de helderheid van het water. De lengte van het groeiseizoen is echter onbekend net als het verloop van de biomassa gedurende het groeiseizoen. De beste opnameperiode (tijdens de piek in de biomassa) is dus ook onbekend.

De relatie tussen het voorkomen van waterplanten en de helderheid van het water kan waarschijnlijk beter onderzocht worden als ook extincties tijdens de opnames worden gemeten naast doorzichten.

Over de biomassa van waterplanten is weinig bekend: deze is belangrijk in verband met voedselrelaties en de relatie met macrofauna.

De vraag is of de raaien (geselecteerd op basis van gegevens uit 1990) nog representatief zijn voor het Volkerak-Zoommeer (ondertussen zijn talloze eilandjes aangelegd, ook dwars door de raaien).

Oeverplanten

De beschikbare monitoringgegevens geven slechts een ruwe indicatie van de omvang van de helofytenbegroeiing in de oeverzone van het Volkerak-Zoommeer. De oeverbegroeiing is veelal beperkt tot een smalle strook rond de waterlijn waardoor luchtfotoïnterpretatie geen geeigende methode is.

Er is nog weinig kennis over de effecten van zout in de bodem op de verschillende levensstadia van helofyten. Deze kennis kan een belangrijke aanvulling vormen bij de interpretatie van de monitoringsgegevens.

Macrofauna

De vergelijkbaarheid van de verschillende bemonsteringsmethoden van macrofauna is belangrijk. Welke methode geschikt is voor welk doel, zou beter bekend moeten zijn.

Er zou een schatting van de biomassa gemaakt moeten worden, zodat een betere vertaling mogelijk wordt naar andere delen van het systeem. Als er een verschillend zomer- en winterpeil wordt ingevoerd, kan onderzocht worden of *Chironomiden* in de oeverzone dan een belangrijke aanvulling vormen op het menu van steltlooper's.

Mogelijk wordt, als de oevervegetatie aanslaat, ook macrofauna op oeverplanten een interessant onderwerp van onderzoek.

Vogels

Over het gedrag van vogels is weinig bekend: waar foerageren vogels die op het Volkerak-Zoommeer worden waargenomen? Wat eten ze als ze in het Volkerak-Zoommeer foerageren? Ook is niet precies bekend welke soorten in het Volkerak-Zoommeer ruïen.

In 1994 is een keer waargenomen dat Aalscholvers in groepen jagen, maar onbekend of ze dat geregeld doen in het Volkerak-Zoommeer.

13. Literatuur

1. Inleiding

1. Van der Velden, J., 1993. De AMOEBE als toets methode voor ecologisch beleid. In: R. Noordhuis (red.), Biologische monitoring zoete rijkswateren 1993, RIZA notanr. 93.028.
2. Vanhemelrijk, J. & A. de Hoog, 1996. AMOEBE van het Volkerak-Zoommeer, Een studie naar ecologische ontwikkelingsrichtingen, RIZA notanr. 96.. (concept)

2. Watersysteembeschrijving

1. De Bruijckere, F.L.G., 1992. Ontstaan, inrichting, planvorming en beheer, Waterschapsbelangen, 14: 569-572.
2. Griffioen, A. & C.P.M. Breukers, 1996. Waterfosfaat- en stikstofbalansen van het Volkerak-Zoommeer in 1994, RIZA werkdocumentnr. 95.195X (concept).
3. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1993. Nationaal Milieubeleidsplan plus, Den Haag.
4. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1993. Vierde Nota Ruimtelijke Ordening, Den Haag.
5. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1990. Nationaal natuurbeleidsplan, Regeringsbeslissing, Den Haag.
6. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989. Water voor nu en later, Derde Nota Waterhuishouding, Den Haag.
7. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989. Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer, Den Haag.
8. Santbergen, L.L.P.A., 1993. Regionota Zeeuwse wateren 1993-1996, RWS Dir. Zeeland, notanr. AX93.031.
9. Turkstra, E. & H.L.F. Saeijs, 1992. Duurzaam flexibel, Waterschapsbelangen, 14: 569-572.
10. Van Nes, E.H., 1991. Het Volkerak-Zoommeer zoet en helder, RIZA notanr. 91.027.

3. Waterkwaliteit

1. Bijlsma, L., 1989. Het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer (opzet, ervaringen en mogelijkheden), H₂O (22) 1989, nr.21: 649-655.

2. Breukers, C.P.M., 1995. Volkerak-Zoommeer. Situatie tot en met 1994, korte prognose gekoppeld aan een aanbeveling voor het beheer, RIZA werkdocumentnr. 95.088X.
3. Breukers, C.P.M., E.M. van Dam & S.A. de Jong, 1996. Lake Volkerak-Zoom: a lake shifting from the clear to the turbid state, Submitted to Hydrobiologia.
4. Buiteveld, H., 1990. UITZICHT. Model voor berekening van doorzicht en extinctie, RIZA notanr. 90.058.
5. CUWVO, 1987. Vergelijkend onderzoek naar de eutrofiëring in Nederlandse meren en plassen; resultaten van de derde eutrofiëringensquête, Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren, Rijkswaterstaat DBW/RIZA, Lelystad.
6. Griffioen, A. & C.P.M. Breukers, 1996. Water-, fosfaat- en stikstofbalansen van het Volkerak-Zoommeer in 1994, RIZA werkdocumentnr. 95.195X (concept).
7. Kasemier, E., 1995. Eutrofiëringsbericht 1994, RIZA werkdocumentnr. 95.108X.
8. Kouer, R.M., K. Termeer & C.A. Schmidt, 1994. Microverontreinigingen Volkerak-Zoommeer, Jaarrapportage 1991, RIZA notanr. 94.001.
9. Sas, H. (red.), 1989. Lake restoration by reduction of nutriënt loading: expectations, experiences, extrapolations, Academia Verlag Richarz, St-Augustin.
10. Schmidt, C.A., & J.L. Maas, 1994. Microverontreinigingen. In: R. Noordhuis (red.), 1994, Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren, Jaarrapportage 1992, RIZA notanr. 93.028.
11. Schmidt, C.A., & K. Termeer, 1992. Het Volkerak-Zoommeer chemisch onder druk? Waterschapsbelangen, 14:576-581.
12. Schmidt, C.A., K. Termeer & C.L.M. van der Ven, 1993. Balansstudie en trend-analyse van microverontreinigingen in het Volkerak-Zoommeer in de periode 1987-1990, RIZA notanr. 92.023.
13. Van Dam, E.M., 1995 & C. Breukers. Natuurontwikkelingen Volkerak-Zoommeer 1993, RIZA notanr. 95.022.
14. Van den Hark, M.H.C., 1993. Eutrofiërings-

onderzoek Volkerak-Zoommeer; ontwikkelingen van 1988-1990 en prognoses, RIZA notanr. 92.027.

15. Van der Eerden, D., 1990. Fosfaatnalevering en zuurstofverbruik van het Volkerak-Zoommeer in 1989, RIZA notanr. 90.005X.

4. Ecotoxicologie

1. AquaSense, 1993. Biologische Typologie Zoete Waterbodems, Normaalwaarden voor biologische parameters, AquaSense Amsterdam; in opdracht van RIZA, Dienst Getijdewateren en regionale directies van Rijkswaterstaat, AquaSense rapportnr. 92.0241.
2. AquaSense, 1995. Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren, Meting effectparameters aan muggelarven in het veld; periode 1992-1994, AquaSense Amsterdam; in opdracht van het RIZA, AquaSense rapportnr. 95.0321/ RIZA werkdocumentnr. BM94.04.
3. Beek, M.A., 1995. De risico's van normen, RIZA werkdocumentnr. 95.097X.
4. Bosveld, A.T.C., 1995. Effects of polyhalogenated aromatic hydrocarbons on piscivorous avian wildlife, Proefschrift, Universiteit van Utrecht, Utrecht.
5. Beek, M.A., & J.L. Maas, 1995. MTR voor aquatische systemen. In: K. H. Prins, M. Klinge, W. Ligetvoet & J. de Jonge (red.), Watersysteemrapportage IJsselmeer en Markermeer 1992, RIZA notanr. 94.060.
6. De Jong, E.J., 1995. Ecotoxicologie. In: R. Noordhuis (red.), Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren 1993, RIZA notanr. 95.002.
7. De Zwart, D. & H.J.G. Polman, 1993. De toxiciteit van Maas- en Rijnwater in 1992, RIVM, Bilthoven, RIVM rapportnr. 719102 023.
8. Koeman, J.H., H.C.W. van Velzen-Blad, R. de Vries & J.G. Vos, 1973. Effects of PCB and DDE in Cormorants and evaluation of PCB residues from an experimental study, J. Reprod. Fert. Suppl. 19, 353-364.
9. Kraak, M.H.S., D. Lavy, H. Schoon, M. Tousseint, W.H.M. Peters & N.M. van Straalen, 1994. Ecotoxicity of mixtures of metals to

- zebra mussel *Dreissena polymorpha*, *Environm. Toxicol. and Chem.* 13, 109-114.
10. Kouer, R.M., K. Termeer & C.A. Schmidt, 1995. Microverontreinigingen Volkerak-Zoommeer, Jaarrapportage 1991, RIZA notanr. 94.001
 11. Maas, J.L., 1993. Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren, Operationele uitwerking ecotoxicologische parameters, Werkgroep ecotoxicologische parameters, RIZA werkdocumentnr. 91.152FX.
 12. Marquenie, J.M., P. Roele & G. Hoornsman, 1986. Onderzoek naar effecten van contaminanten op duikenden, TNO Delft; in opdracht van RIZA, TNO rapportnr. 86/066.
 13. Marquenie, J.M. & J.W. Simmers, 1988. Environmental behaviour of PCB's, who are at risk and why, Proceeding International Conference on Environmental contamination, Venice, september 1988, CEP Consultants Ltd. Edinburgh. Dienst Getijdewateren, Den Haag, RWS/DGW notanr. GWAO-88 030.
 14. Pieters, H., 1995. Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen - 1994, RIVO-DLO, IJmuiden; in opdracht van RIZA, RIZA-werkdocumentnr. BM94.13, RIVO rapportnr. C015/95.
 15. Pieters, H., V. Geuke & B.L. Verboom, 1995. Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren: microverontreinigingen in rode aal - 1994, RIVO-DLO, IJmuiden; in opdracht van RIZA, RIZA-werkdocumentnr. BM94.10, RIVO rapportnr. C009/95.
 16. Reijnders, P.J.H., 1980. Management and conservation of the harbour seal, *Phoca vitulina*, population in the international Wadden sea area, *Biol. Conserv.*, 18, 1-13.
 17. Schmidt, C., J. Maas, R. Knoben & H. Pieters, 1995. Ecotoxicologie. In: K. H. Prins, M. Klinge, W. Ligetvoet & J. de Jonge (red.), *Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren: watersysteemrapportage IJsselmeer en Markermeer*, RIZA notanr. 94.060.
 18. Van der Gaag, M.A., M. van den Bergh, A. Brouwer, S. Dirksen, T. Boudewijn & G. van Urk, 1989. Impaired breeding succes of some Cormorant populations in the Netherlands: the net tightens around compounds with a dioxinlike effect. In: *The effects of micropollutants on components of the river Rhine*, Publications and reports of the project Ecological Rehabilitation of the river Rhine, publ.no. 35 (1991).
 19. Witteveen en Bos, 1995. Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren, Het bepalen van de toxiciteit van sediment en poriewater met behulp van bioassays, fase 3: 1994, Witteveen en Bos Raadgevende ingenieurs bv; in opdracht van RIZA, RIZA werkdocumentnr. BM94.09.
- ## 5. Fytoplankton
1. Berndorf, J. & M. Henning, 1989. *Daphnia* and Toxic Blooms of *Microcystis aeruginosa* in Bautzen Reservoir (GDR), *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 74: 233-248.
 2. Bijkerk, R. & A.M.T. Joosten, 1995. AMOEBA Volkerak-Zoommeer, Selectie van doelvariabelen uit de groep blauwwieren (*Cyanoprokaryota*), in opdracht van RIZA, rapportnr. 95-11, Koeman en Bijkerk bv, Haren.
 3. Ferguson, A.J.D., J.M. Thompson & C.S. Reynolds, 1982. Structure and dynamics of zooplankton communities maintained in closed systems, with special reference to the algal food supply, *J. Plankton Res.* 4: 523-543.
 4. Fulton, R.S., III, 1988a. Grazing on filamentous algae by herbivorous zooplankton, *Freshwater Biol.* 20: 263-271.
 5. Fulton, R.S., III, 1988b. Resistance to blue-green algal toxins by *Bosmina longirostris*, *J. Plankton Res.* 10: 771-778.
 6. Fulton, R.S., III & H.W. Paerl, 1987. Toxic and inhibitory effects of the blue-green alga *Microcystis aeruginosa* on herbivorous zooplankton, *J. Plankton Res.* 9: 837-855.
 7. Gilbert, J.J., 1988. Susceptibilities of ten rotifer species to interference from *Daphnia pulex*, *Ecology* 69: 1826-1838.
 8. Gilbert, J.J., 1990. Differential effects of *Anabaena affinis* on cladocerans and rotifers: mechanisms and implications, *Ecology* 71: 1727-1740.
 9. Hancy, J.F., J.J. Sasner & M. Ikawa, 1995. Effects of products released by *Aphanizomenon flos-aquae* and purified saxitoxin on the movements of *Daphnia carinata* feeding appendages, *Limnol. Oceanogr.* 40: 263-272.
 10. Jacobsen, B.A., 1994. Bloom formation of *Gloeotrichia echinulata* and *Aphanizomenon flos-aquae* in a shallow, eutrophic Danish lake, *Hydrobiol.* 289: 193-197.
 11. Komárek, J., 1994. Current trend and species delimitation in the cyanoprokaryote taxonomy, *Algological Studies* 75: 11-29.
 12. Paerl, H.W., 1988a. Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine, and inland waters, *Limnol. Oceanogr.* 33: 823-847.
 13. Paerl, H.W., 1988b. Growth and reproductive strategies of freshwater bluegreen algae (*Cyanobacteria*). In: C.D. Sandgren (red.), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*, Cambridge University Press, Cambridge: 261-315.
 14. Pechal, L. & J. Fott, 1991. On the occurrence of *Aphanizomenon flos-aquae* var. *flos-aquae* in fish ponds, *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 76: 57-66.
 15. Pechal, L. & J. Masojidek, 1995. Colonial forms of the cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* represent protection against photosystem II photo-inactivation - fluorescence quenching analysis, *Algological Studies* 77: 37-43.
 16. Prins, K.H., M. Klinge, W. Ligetvoet & J. de Jonge, 1992. Biologische monitoring zoete rijkswateren: watersysteemrapportage IJsselmeer en Markermeer 1992, RIZA notanr. 94.060.
 17. Reinikainen M., M. Walls & M. Ketola, 1994. Acute toxicity of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* (strain PCC 7820) to *Daphnia pulex* (Cladocera), *Algological Studies* 75: 229-237.
 18. Reynolds, C.S., G.H.M. Jaworski, H.A. Cmiec & G.F. Leedale, 1981. On the annual cycle of the blue-green alga *Microcystis aeruginosa*, Kütz. emend. Elenkin. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 293: 419-477.
 19. Steiner, R.W., 1989. The Role of Grazers in Phytoplankton Succession. In: I Sommer (red.) *Plankton Ecology*, Springer-Verlag,

Berlin: 107-170.

20. Zohary, T. & R.D. Robarts, 1989. Diurnal mixed layers and the long-term dominance of *Microcystis aeruginosa*, J. Plankton Res. 11: 25-48.

6. Zoöplankton

1. AquaSense, 1995. Voedselkwaliteit in relatie tot *reproductie en conditie van Daphnia in het Volkerak in 1994*, Analyse-rapportnr. 95.0578.
2. Bijkerk, R. & P.I. Dekker, 1994. De ontwikkeling van het plankton in het Volkerak-Zoommeer in 1993, Rapport 94-10, Koeman en Bijkerk bv, Haren.
3. Boersma, M. & J. Vijverberg, 1994a. Resource depression in *Daphnia galeata*, *Daphnia cucullata* and their interspecific hybrid: life history consequences, J. Plankton Res. 16 (12): 1741-1758.
4. Boersma M., & J. Vijverberg (1994b) Seasonal variation in the condition of two *Daphnia* species and their hybrid in a eutrophic lake: evidence for food-limitation, J. Plankton Res. 16 (12): 1793-1809.
5. Breukers C.P.M., M.P. van Veen & M.H.C. van den Hark, 1995. Eutrofiëring Volkerak/Zoommeer 1992, RIZA, werkdocumentnr. 95.051X.
6. De Bernardi, R. & G. Guissani, 1990. Are blue-green algae a suitable food for zooplankton? An overview, Hydrobiol. 200/201: 29-41. In: R.D. Gulati, E.H.R.R. Lammens, M.L. Meijer & E. van Donk (red.), Biomanipulation - Tool for water Management, Kluwer Academic Publishers Dordrecht.
7. De Mott, W.R., 1989. The role of competition in zooplankton succession. In: U. Sommer (red.), Plankton Ecology, Succession in plankton communities, Springer Verlag Berlin, p.57-106.
8. Gliwicz, Z.M. & W. Lampert, 1993. Body-size related survival of cladocerans in a trophic gradient: an enclosure study, Arch.Hydrobiol. 129 (1): 1-23.
9. Gulati, R.D., 1990. Structural and grazing responses of zooplankton community to biomanipulation of some Dutch water bodies, Hydrobiologia200/201: 99-118.
10. Hovenkamp, W., 1990. Population dynamics of coexisting *Daphnia* species in LakeVechten, Proefschrift Universiteit van Amsterdam.
11. Ketelaars, H.A.M., J.A. van der Velden, J. Schutten & R.Bijkerk, 1993. Invasie van *rovende Staartwatervlo in Nederland*, BioNieuws 3(17): 5.
12. Kiefer, F., 1978. Freilebende Copepoda. In: H. J. Elster & W. Ohle (red.), Die Binnengewässer, Band XXVI, 2.Teil, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart.
13. Lampert, W., 1982. Further studies on the inhibitory effect of the toxic blue-green *Microcystis aeruginosa* on the filtering rate of zooplankton, Ergeb. Limnol. Arch. Hydrobiol. 95: 207-220.
14. Notenboom-Ram, E., 1981. Verspreiding en ecologie van de Branchiopoda in Nederland, Rijksinstituut voor Natuurbeheer Arnhem, rapportnr. 81/14.
15. Peterson Holm, N., G.G. Ganf & J. Shapiro, 1983. Feeding and assimilation rates of *Daphnia pulex fed Aphanizomenon flos-aquae*, Limnol. Oceanogr. 28 (4): 677-687.
16. Porter, K.G. & R. McDonough, 1984. The energetic cost of response to blue-green algal filaments by cladocerans, Limnol. Oceanogr. 29 (2): 365-369.
17. Prins, K.H., M. Klinge, W. Ligvoet & J. de Jonge, 1995. Biologische monitoring zoete rijkswateren: watersysteemrapportage IJsselmeer en Markermeer 1992, RIZA notanr. 94060.
18. Rutner-Kolisko, A. (1972) Rotatoria. In: H.J. Elster & W. Ohle (red.), Die Binnengewässer Band XXVI, 1.Teil, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung Stuttgart.
19. Threlkeld, S.T., 1976. Starvation and the size-structure of zooplankton communities. Freshwat. Biol. 6: 489-496.

7. Waterplanten

1. De Kogel, T.J. & D.J. de Jong, 1983. Vegetatiekartering van de schorten in de Ooster-

schelde en het Krammer-Volkerak 1978, Rijkswaterstaat, Deltadienst notanr. 80-20.

2. Smit, H., S. Dirksen & M. Snoek, 1989. Snavelruppia op de Hellegatsplaten: ontwikkeling en consumptie door watervogels, De Levende Natuur 3: 72-79.
3. Van Dam, E.M., 1995. Waterplanten in het Volkerak-Zoommeer in 1994, RIZA werkdocumentnr. 95.046X.
4. Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra, 1991. Nederlandse Oecologische Flora, Wilde planten en hun relaties 4, IVN/VARA/VEWIN.

8. Oeverplanten

1. Coops, H., R. Boeters & H. Smit 1991. Direct and indirect effects of wave attack on helophytes. Aquatic Botany 41: 333-352.
2. Coops, H. & J. Schutten 1991. Oeverplanten langs het Volkerak/Zoommeer in 1990. RIZA werkdocumentnr. 91.012X.
3. Dirksen, S. & T.J. Boudewijn, 1994. Begrazing van oevervegetaties door watervogels en Muskusratten: literatuurstudie en aanzetten voor inrichting en beheer, Bureau Waardenburg bv/ Rijkswaterstaat, RIZA notanr. 94.21.
4. Geilen, N., 1994. Oeverplanten langs het Volkerak/Zoommeer in 1994. RIZA werkdocumentnr. 94.173X.
5. Ivens, E., 1990. Natuurontwikkeling in de drooggevallen gebieden van het Krammer-Volkerakmeer en Zoommeer in 1989, RWS/Dienst Weg- en Waterbouwkunde, rapportnr. MI-OL-90-42.
6. Ivens, E., 1991. Natuurontwikkeling in de drooggevallen gebieden van het Volkerak/Zoommeer van 1987-1990, RWS/Dienst Weg- en Waterbouwkunde, rapportnr. MI-OL-91-04.
7. Joenje, W., 1978. Plant colonization and succession on embanked sandflats; a case study in the Lauwerszeepolder, The Netherlands, Diss. Groningen.
8. Meetkundige Dienst, 1992. Vegetatiekaart Krammer Volkerak, opname juni 1989, MD-NR. 437-45.
9. Meetkundige Dienst, 1994. Vegetatiekaart Krammer Volkerak, opname juni 1993,

MD-NR. 437-45.

10. Schutten, J., E.F.M. Geilen & H. Coops, 1991. Oeverplanten langs het Volkerak/Zoommeer in 1991, RIZA werkdokumentnr. 91.177X.
11. Slager, H., 1993. Het onderzoek naar de abiotische ontwikkelingen op de oevergebieden in het Volkerak/Zoommeer in 1990 en 1991, Rijkswaterstaat, Directie Flevoland. Intern rapport 1993-2 LIO.
12. Slager, H. & K.P. Groen, 1995. Planten in de peiling, Zoutdynamiek in de bodem langs de oevers van het Volkerak-Zoommeer, RWS Directie IJsselmeergebied, RIZA/RWS Directie Zeeland, RIZA notanr. 95.042.
13. Ter Heerdt, G.N.J., 1995. Planten in de peiling, Literatuurstudie naar de invloed van het zoutgehalte in de bodem op de ontwikkeling van helofyten, Rapport Planten in de Peiling, nr. 2, RIZA notanr. 95.041.
14. Vulink, T. & H. Coops (red.), 1995. Planten in de peiling, Ontwikkeling van oeverplanten in het Volkerak-Zoommeer onder invloed van peilbeheer, Projectplan, RWS Directie IJsselmeergebied, RIZA, RWS Directie Zeeland, RIZA notanr. 95.037.
15. Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra, 1994. Nederlandse oecologische flora: wilde planten en hun relaties, deel 5, IVN i.s.m. VARA en Vewin.

9. macrofauna

1. Bijkerk, R., 1990. Verspreiding van bodemalgen en muggelarven in het Volkerak-Zoommeer, 1990, in relatie tot diepte, expositie en korrelgrootte. (concept)
2. Frantzen, N., 1992. De stand van *Dreissena polymorpha* in het Volkerak-Zoommeer in 1991, RIZA werkdokumentnr. 92.046X.
3. Greijdenus-Klaas, M., A. bij de Vaate & J. van der Hout, 1995 (concept). Driehoeksmosselen in het Volkerak-Zoommeer: de situatie in de winter van 1993/1994, RIZA werkdokument.
4. Lang, C. & O. Reymond, 1993. Recovery of Lake Neuchâtel (Switzerland) from eutrophication indicated by the oligochaete communities, Arch. Hydrobiol. 128 (1):

65-71

5. McLachlan, A.J., 1974. The development of chironomid communities in a new temporary impoundment, Ent. Tidskr. 95 suppl.: 162-171.
6. Moller Pillot, H.K.M., 1984. De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera), deel 1A: Tabellen tot geslacht, Landbouwhogeschool Wageningen, Vakgroep Natuurbeheer.
7. Moller Pillot, H.K.M. & R.F.M. Buskens, 1990. De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera), deel 1C: Autoecologie en verspreiding, Nederlandse Faunistische Mededelingen, Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden.
8. Morduchar-Boltovskoi, F.D., 1961. Die entwicklung der Bodenfauna in den Staunseen der Wolga, Verh. int. Ver. Limnol. 4: 647-651.
9. Provincie Noord-Holland (red.), 1993. Macrofauna atlas van Noord-Holland, Verspreidingskaarten en responsies op milieufactoren van ongewervelde waterdieren, Dienst Ruimte en Groen, Basisinformatie nr. 7.
10. Smit, H., J.A. van der Velden & A. Klink, 1994. Macrozoobenthic assemblages in littoral sediments in the enclosed Rhine-Meuse delta, Netherlands journal of aquatic ecology 28 (2): 199-212.
11. Vaate, B. bij de & M. Greijdenus-Klaas, 1995. Macrofauna, Hoofdstuk 6. In: K.H. Prins, K.H., M. Klinge, W. Ligvoet & J. de Jonge (red.), Biologische monitoring zoete rijkswateren: IJsselmeer en Markermeer 1992, RIZA notanr. 94.060.
12. Van Dam, E.M., 1995. Waterplanten in het Volkerak-Zoommeer in 1994, RIZA werkdokumentnr. 95.046X.
13. Van den Berg, M.S., H. Coops, R. Noordhuis, J. van Schie & J. Simons, 1995. Macroinvertebrate communities in relation to submerged vegetation in two *Chara*-dominated lakes, submitted to Hydrobiologia.
14. Wiederholm, T., 1980. Use of benthos in lake monitoring, J. Wat. Pollut. Cont. Fed. 52: 537-547.

10. Vissen

1. Backx, J.J.G.M. & W. Ligvoet, 1994. Proefmatige visserij met schietfuiiken op pos in het Volkerak in 1993, Rapport Boz. 81.13 Witteveen & Bos Raadgevende ingenieurs b.v., Deventer.
2. Breukelaar, A.W., E.H.R.R. Lammens, J.G.P. Klein-Breteler & J. Tatrai, 1994. Effects of benthivorous bream (*Abramis brama*) and carp (*Cyprinus carpio*) on sediment resuspension and concentrations of nutrients and chlorophyll a, Freshwater Biology 32: 113-121.
3. Breukers, C.P.M., E.M. van Dam & S.A. de Jong, 1996. Lake Volkerak-Zoom: a lake shifting from the clear to the turbid state, Submitted to Hydrobiologia.
4. Buijse, A.D., M.R. van Erden, W. Dekker & W.L.T. van Densen, 1990. Elements of a trophic model for IJsselmeer (The Netherlands), a shallow eutrophic lake, p. 90-94 in: V. Christensen & D. Pauly (red.), Trophic models of aquatic ecosystems, ICLARM Conf. Proc. 26.
5. Buijse, A.D., 1992. Dynamics and exploitation of unstable percid populations, Proefschrift Landbouw Universiteit Wageningen.
6. Cazemier, W.G., 1975. Onderzoek naar de oorzaken van groeiverschillen bij brasem (*Abramis brama*) Visserij 28: 197-207.
7. Cazemier, W.G. 1986. Beschrijving van de populaties van snoekbaars, baars, brasem, blankvoorn en spiering in het IJsselmeer, RIVO.
8. Dekker, W., L.A. Schaap & J.A. van Willigen, 1993. Bijvangst in de fuikvisserij op het IJsselmeer, RIVO-intern rapport 93.011.
9. De Nie, H.W. 1988. Food, feeding and growth of the eel (*Anguilla anguilla* L.) in a Dutch eutrophic lake, Proefschrift I.U. Wageningen.
10. Gulati, R.D., E.H.R.R. Lammens, M.L. Meyer & E. van Donk, 1990. Biomanipulation, tool for water management, Kluwer.
11. Houthuizen, R.P., J.J.G.M. Backx & A.D. Buijse 1993. Exceptionally rapid growth and early maturation of perch in a freshwater lake recently converted from an

- estuary, *J. Fish Biology* 43: 320-324.
12. Kaspers, J., 1992. Voedsel en groei van pos (*Gymnocephalus cernuus*) in het IJsselmeer in relatie tot plaats, grootte en leeftijd en een vergelijking met het voedsel van Aal (*Anguilla anguilla*), Landbouwniversiteit Wageningen, Vakgroep Visteelt en Visserij, doctoraalverslag nr. 1387.
 13. Lammens, E.H.R.R., 1982. Growth, condition and gonad development of bream (*Abramis brama* L.) in relation to its feeding conditions in Tjeukemeer, *Hydrobiol.* 95: 311-320.
 14. Lammens, E.H.R.R., J.G.P. Klein Breteler 1995. Evaluatie van een zegen- en staandennetvisserij als beheersmaatregel t.b.v. sport- en beroepsvisserij in de Friese boezemwateren, RIZA werkdocumentnr. RI 95.145X.
 15. 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.
 16. Lammens, E.H.R.R., M. Scheffer & E. van Nes. 1995. PISCATOR, a model for the interaction between fish stock and fishery in IJsselmeer and Markermeer, Version 0.0, RIZA werkdocumentnr. 95.198X.
 17. Ligtoet, W. 1993. Visstandsontwikkeling Volkerak-Zoommeer 1987-1997: scenario voor het eutrofiëeringsproces? *Sterna* 38(3):108-115.
 18. Ligtoet, W., R. Houthuizen & M.P. Grimm, 1991. Kwantificering van de visintrek/visinlaat via de volkeraksluizen en de in het meer uitmondende rivieren in 1990, Rapport Boz. 81.2, Witteveen & Bos Raadgevende ingenieurs b.v., Deventer.
 19. Ligtoet, W. e.a., 1991, 1992, 1993, 1994, 1995. Omvang en samenstelling van de visstand in november 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, Rapport Boz. 81.1, 81.2, 81.3, 81.7, 81.17, 81.20, Witteveen & Bos Raadgevende ingenieurs b.v., Deventer.
 20. Mooij, W.M., 1992. Recruitment of fish in a shallow eutrophic lake (Tjeukemeer, The Netherlands), Proefschrift, Universiteit van Amsterdam.
 21. Paulisse, J., 1993. Het voedselgedrag van aal (*Anguilla anguilla*) in het IJsselmeer in relatie tot plaats, grootte, sexe en morfologie, Landbouwniversiteit Wageningen, Vakgroep Visteelt en Visserij, doctoraalverslag nr. 1432.
 22. Van Beck, G.C.W., 1992. Resultaten maagdarmonderzoek visfauna Volkerak-Zoommeer 1991, Bureau Waardenburg, Culemborg.
 23. Van Dam, C., A.D. Buijse, W. Dekker & M.R. van Eerden, 1995. Aalscholvers en beroepsvisserij in IJsselmeer, Markermeer en Noord-West Overijssel, rapport IKC Natuurbeheer nr. 19.
 24. Van Dam, E.M. & C. Breukers, 1995. Natuurontwikkelingen Volkerak-Zoommeer 1993, RIZA nota 95.022.
 25. Van Densen, W.L.T. & J. Vijverberg, 1982. The relations between 0+ fish density, zooplankton size and the vulnerability of pikeperch, *Stizostedion lucioperca*, to angling in the Frisian lakes, *Hydrobiol.* 95: 321-336.
 26. Voslamber, B., 1988. Visplaatskeuze, foerageerwijze en voedselkeuze van aalscholvers *Phalacrocorax carbo* in het IJsselmeergebied in 1982, Flevobericht: 286
 27. Willemsen, J. 1977. Population dynamics of percids in Lake IJssel and some smaller lakes in the Netherlands, *J. Fish. Res. Board Can.* 34: 1710-1719.
 28. Willemsen, J. 1985. De invloed van de visserij met fuiken op de snoekbaars en baarsstand in het IJsselmeer, RIVO, IJmuiden, Rapport 85-02.
 29. Winkler, H.M. 1989. Fische und Fangerträge in Greifswalder Bodden, Meer und Museum 5: 52-58.
- ## 11. Vogels
1. Cramp, S. (chief editor), K.E.L. Simmons, I.J. Ferguson-Lees, R. Gillmore, P.A.D. Hollom, R. Hudson, E.M. Nicholson, M.A. Ogilvie, P.J.S. Olney, K.H. Voous & J. Wattel, 1977. The birds of the Western Palearctic, Handbook of the birds of Europe the Middle East and North Africa, volume 1, Oxford University Press.
 2. De Kraker, K., 1994. De Grevelingen geteld, Watervogeltellingen en broedvogelinventarisaties 1986-1993, Staatsbosbeheer regio Deltagebied, Natuur- en Recreatieschap De Grevelingen.
 3. De Leeuw, J. & R. Noordhuis, 1991. Predatie van driehoeksmosselen door watervogels, RIZA nota 91.050.
 4. Dirksen, S., T.J. Boudewijn, R. Noordhuis & E.C.L. Marteiijn, 1994. Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* in shallow eutrophic freshwater lakes in the Netherlands: prey choice and fish consumption in the non-breeding period and effects of large-scale fish removal, Paper to be submitted for publication in *Ardea-special on Cormorants*. (concept)
 5. Doornbos, G., 1984. Piscivorous birds on the saline lake Grevelingen, The Netherlands: abundance, prey selection and annual food consumption, *Neth. J. Sea Res.* 18 (3/4): 457-479.
 6. Hustings, F., R. Foppen, N. Beemster, H. Castelijns, H. Groot, R. Meijer & R. Strucker 1995. Spectaculaire opleving van Blauwborst *Luscinia svecica cyaneacula* als broedvogel in Nederland. *Limosa* 68: 147-158.
 7. Marteiijn, E.C.L. & R. Noordhuis, 1991. Het voedselaanbod van Aalscholvers in het Maasplassengebied in Midden- en Zuid-Limburg, *Limburgse Vogels* 2: 59-69.
 8. Meijer, R. 1991. Blauwborst *Luscinia svecica cyaneacula* in Biesbosch over hoogtepunt heen? *Limosa* 64: 113-114.
 9. Meininger, P.L. & J.F. Bekhuis 1990. De Zwartkopmeeuw *Larus melanocephalus* als broedvogel in Nederland en Europa, *Limosa* 63: 121-134.
 10. Meininger, P.L. & H. Snoek, 1992. Non-breeding Shelduck *Tadorna tadorna* in the southwest Netherlands: effects of habitat changes on distribution, numbers, moulting sites and food, *Wildfowl* 43: 139-151.
 11. Meininger, P.L. & H. Schekkerman 1990. Broedende Stelkluten *Himantopus himantopus* in Nederland in 1989, *Limosa* 63: 11-15.

12. Meininger, P.L., C.M. Berrevoets & R.C.W. Strucker, 1993. Kustbroedvogels in het Krammer-Volkerak, 1987-93, *Sterna* 38: 88-92.
13. Meininger P.L. & H. Schekkerman, 1991. Broedende Steltkluten *Himantopus himantopus* in Nederland in 1990, *Limosa* 64: 72-72.
14. Noordhuis, R., M. van Eerden & M. van Roomen, 1994. Watervogels. In: K.H. Prins, M. Klinge, W. Igtvoet & J. de Jonge (red.), Watersysteemrapportage IJsselmeer en Markermeer 1992, RIZA nota 94.060.
15. Noordhuis, R. & M. van Roomen, 1995. Watervogels. In: Biologische monitoring zoete rijkswateren 1993, RIZA nota 95.002, concept.
16. Ouweneel, G.L., 1993. Grauwe ganzen *Anser anser* in het Hollandsch Diep-Haringvlietgebied in het zomerhalfjaar, *Limosa* 66 (2): 66-67.
17. Spaans, B., 1994. De broedvogels van het Volkerak-Zoommeer in de eerste vijf jaar na de afsluiting, *Limosa* 67: 15-26.
18. Van Nes, E.H. & H. Smit, 1990. Natuurontwikkelingen Volkerak-Zoommeer, Periode augustus 1989 tot en met december 1989, DBW/RIZA nota 90.065.
19. Veldkamp, R., 1994. Voedselkeus van Aalscholvers *Phalacrocorax carbo sinensis* in Noordwest-Oeverijssel, rapport Bureau Veldkamp, in opdracht van Rijkswaterstaat RIZA.
20. Voslamber, B., 1988. Visplaatskeuze, foerageerwijze en voedselkeuze van Aalscholvers *Phalacrocorax carbo* in het IJsselmeergebied. Flevobericht nr. 286, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
21. Voslamber, B. & M.R. van Eerden, 1991. The habit of mass flock fishing by Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* at the IJsselmeer, the Netherlands. In: M.R. van Eerden & M. Zijlstra (red.), Proc. workshop 1989 on Cormorants *Phalacrocorax carbo*, Rijkswaterstaat Directorate Flevoland, Lelystad: 182-191.
- ## 12. Ecosysteemanalyse en toetsing aan AMOEBE
1. Boers, P.C.M., W.F.M. Laane en L. van Liere, 1995. Regionaal omgaan met landelijke normen, *Landschap* 12 (6):15-21.
2. De Bruijckere, F.L.G., 1995. Discussienotitie bestrijden voorkomen eutrofiëring Volkerak-Zoommeer (9/11/1995).
3. Iedema, W., 1992. En de zee werd meer... Evaluatie waterbeheer Volkerak-Zoommeer, RWS/Dit. Zeeland, nota AX 92.087.
5. Lammens, E.H.R.R. & J.P.G. Klein-Breteler, 1995. Evaluatie van een zegen- en staande netten visserij als beheersmaatregel t.b.v. spott- en beroepvisserij in de Friese boezemwateren, RIZA werkdocumentnr. 95.145X.
6. Ligtoet, W., 1993. Visstandsontwikkeling Volkerak-Zoommeer 1987-1997: scenario voor het eutrofiëringsproces? 108-115.
7. Min. van I.N.V., 1989. De otter in perspectief; een perspectief voor de otter. Herstelplan leefgebieden otter, J. Walter (red.), Den Haag.
8. Noordhuis, R., 1995. Biologische monitoring zoete rijkswateren 1993, RIZA nota 95.002.
9. Prins, K.H., R. Noordhuis, F.C.L. Martéijn & M. Snoek, 1993. Biologische monitoring zoete rijkswateren 1992, RIZA nota 93.028.
10. Santbergen, J.L.P.A., 1993. Regionota Zeeuwse Rijkswateren 1993-1996, RWS/Dit. Zeeland AX 93.031.16.
11. Schmidt, C.A., & K. Termeei, 1992. Het Volkerak\Zoommeer chemisch onder druk? Waterschapsbelangen 14: 576-581.
12. Van Dam, C., A.D. Buijse, W. Dekker, M.R. van Eerden, J.G.P. Klein Breteler & R. Veldkamp, 1995. Aalscholvers en beroepsvissers in het IJsselmeer, het Markermeer en Noord-west Overijssel, rapport IKC Natuurbeheer nr. 19.
13. Van den Hark, M.H.C., 1993. Eutrofiëringsonderzoek Volkerak-Zoommeer; ontwikkelingen van 1988-1990 en prognoses. RIZA nota 92.027.
14. Vanhemelrijk, J.A.M. & J.E.W. de Hoog, 1996. AMOEBE Volkerak-Zoommeer. Een studie naar ecologische ontwikkelingsrichtingen, RIZA-nota 96.. (concept).
15. Van Nes, E.H., 1991. Het Volkerak-Zoommeer zoet en helder, RIZA notanr. 91.027.

Verantwoording

Omdat in deze watersysteemrapportage ook de Natuurontwikkelingsrapportage Volkerak-Zoommeer geïntegreerd is (zie inleiding), zijn hierin zowel gegevens verwerkt uit het MWTL-programma als ook projectmatige verkregen gegevens.

Niet alle gegevens die zijn verzameld in het kader van de biologische monitoring (als onderdeel van MWTL) zijn in dit rapport gepresenteerd. Een overzicht van de in 1994 bepaalde parameters wordt gegeven in de nota Milieumeetnet Zoete Rijkswateren, 92.051. Een up-date van deze nota, RIZA nota 96.005, geeft een overzicht van de chemische en biologische parameters welke in de periode 1995-1999 bepaald zullen worden. In de periode 1996/1997 worden de in MWTL kader verzamelde biologische gegevens in "DONAR", het centrale gegevensopslag systeem van Rijkswaterstaat, opgeslagen. Voor vragen over deze biologische gegevens kunt u terecht bij de afdeling meetnetten (IMM) van het RIZA; contactpersoon is de heer P. Jesse. De projectleider van het totale (fysische, chemische en biologische) MWTL-programma is de heer

L.J. Gilde. Programmaleider van de biologische monitoring is de heer K.H. Prins.

Vanaf de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer in 1987 tot op heden is het merensysteem (projectmatig) uitgebreid gemonitord. Dit houdt in dat naast abiotische parameters de ontwikkelingen van het fyto- en zoöplankton, de bodemfauna, de water- en oevervegetatie, de vis- en vogelstand intensief zijn gevolgd. De belangrijkste punten waar het onderzoek zich momenteel op richt zijn: 1) de ontwikkeling van natuurwaarden in het gebied en 2) de vraag of, en zo ja onder welke randvoorwaarden, het Volkerak-Zoommeer zich kan ontwikkelen tot een stabiel, helder systeem. Naast werkdokumenten, die ieder de ontwikkeling van een groep organismen in een bepaald jaar behandelen, verschijnt jaarlijks in het kader van dit project een Natuurontwikkelingsrapportage Volkerak-Zoommeer. Voor vragen over dit monitoring-project kunt u terecht bij de projectcoördinator, mevrouw C.P.M. Breukers.

Omdat uit het monitoringproject is gebleken dat de oevervegetatie zich slecht ontwikkelt in het Volkerak-Zoommeer, worden proeven genomen om de invloed van een wisselend peilbeheer op de oevervegetatie te kunnen onderzoeken. Vragen over dit onderzoek kunnen worden beantwoord door de heer T. Vulink of de heer H. Coops.

Alle hier boven vermelde personen zijn werkzaam bij het RIZA.

adres: RIZA
Postbus 17
3200 AA Lelystad
telefoonnummer: 0320-298411

Beheerder van het Volkerak-Zoommeer is de directie Zeeland. Voor vragen op het gebied van beleid en beheer wordt u verwezen naar mevrouw S.A. de Jong of de heer F.I.G. de Bruijckere.

adres: Directie Zeeland
Postbus 5014
4330 KA Middelburg
telefoonnummer: 0118-686000

Colofon

lay-out en figuren:

Afdeling Presentatie RIZA

omslagontwerp:

Bureau Beekvisser bNO

drukwerk:

Koninklijke Vermande

fotoverantwoording:

E. van Nes (foto 1)

MD, Afd. Grafische technieken (foto 2,3,5,15,20)

MD, Afd. Reprografie (foto 4)

OVB (foto 6, 22)

R. Winters (foto 7)

J.C. Duker (foto 8, 26, 27)

R. Bijkerk (foto 9)

H. Schutten (foto 10)

RIZA (foto 11)

P. Dekker (foto 12)

S. Zwerver (foto 13)

E. van Dam (foto 14,16)

W. Kolvoort (foto 17, 23, 28)

H. Coops (foto 18, 19)

M. Greijdanus (foto 21)

J. Backx (foto 24)

W.G. Cazemier (foto 25)

Engelse correcties:

A. Spink (EcoSystem Consultancy)

